当代经济学系列丛书
Contemporary Economics Series
主编 陈昕

国家“十三五”重点图书

衍生证券、金融市场和风险管理

当代经济学教学参考书系

[美] 罗伯特·A.加罗　阿卡德夫·查特吉　著
于研　等　译

格致出版社
上海三联书店
上海人民出版社

世纪出版

衍生证券、金融市场和风险管理

在当今复杂的世界里，现代金融机构必须使用衍生工具，才能够成功地管理其资产和负债的各类风险。本书旨在成为第一本（而不是最后一本）详细介绍衍生工具的书。本书力图紧密联系金融市场，考察人们对金融衍生工具的使用，警示人们不要对这些工具进行滥用，并且希望通过浅显易懂的方式使读者掌握必要的定量分析技巧。

本书非常直观，并且较之我现在所使用的教材有更多深入浅出的例子，颇具启发性。这简直太棒了！

——Kelly Welch，堪萨斯大学

本书有两个地方特别吸引我，也是我觉得它非常独特的地方，就是它涵盖了许多关于利率衍生工具和市场宏观结构/制度交易细节方面的知识。

——Farid Aitsahlia，佛罗里达大学

本书不仅仅介绍了各种金融产品，还对这些金融产品的实际应用进行了阐释。

——Joel Vanden，宾夕法尼亚州立大学

ISBN 978-7-5432-2750-7

定价：128.00元
易文网：www.ewen.co
格致网：www.hibooks.cn

格致出版社向**使用本书授课的教师**提供教学资源
授课教师可以通过如下方式联系到我们：

邮箱：hibooks@hibooks.cn

微信　　天猫

当代经济学系列丛书
Contemporary Economics Series
主编 陈昕

衍生证券、金融市场和风险管理

[美] 罗伯特·A.加罗 阿卡德夫·查特吉 著
于研 等 译

当代经济学教学参考书系

格致出版社
上海三联书店
上海人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

衍生证券、金融市场和风险管理/(美)罗伯特·A.加罗,(美)阿卡德夫·查特吉著;于研等译.—上海:格致出版社:上海人民出版社,2017.7

(当代经济学系列丛书/陈昕主编.当代经济学教学参考书系)

ISBN 978-7-5432-2750-7

Ⅰ.①衍… Ⅱ.①罗… ②阿… ③于… Ⅲ.①金融衍生产品-金融市场-风险管理-研究 Ⅳ.①F830.95

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 075474 号

责任编辑 程筠函
装帧设计 敬人设计工作室
吕敬人

衍生证券、金融市场和风险管理

[美]罗伯特·A.加罗 阿卡德夫·查特吉 著
于研 等译

出 版
格致出版社·上海三联书店·上海人民出版社
(200001 上海福建中路 193 号 www.ewen.co)

格致出版

编辑部热线 021-63914988
市场部热线 021-63914081
www.hibooks.cn

发 行 上海世纪出版股份有限公司发行中心

印 刷 浙江临安曙光印务有限公司
开 本 787×1092 1/16
印 张 42.75
插 页 3
字 数 980,000
版 次 2017 年 7 月第 1 版
印 次 2017 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5432-2750-7/F·1027

定价:128.00 元

国家“十三五”重点图书

上世纪80年代，为了全面地、系统地反映当代经济学的全貌及其进程，总结与挖掘当代经济学已有的和潜在的成果，展示当代经济学新的发展方向，我们决定出版“当代经济学系列丛书”。

“当代经济学系列丛书”是大型的、高层次的、综合性的经济学术理论丛书。它包括三个子系列：(1)当代经济学文库；(2)当代经济学译库；(3)当代经济学教学参考书系。本丛书在学科领域方面，不仅着眼于各传统经济学科的新成果，更注重经济学前沿学科、边缘学科和综合学科的新成就；在选题的采择上，广泛联系海内外学者，努力开掘学术功力深厚、思想新颖独到、作品水平拔尖的著作。“文库”力求达到中国经济学界当前的最高水平；“译库”翻译当代经济学的名人名著；“教学参考书系”主要出版国内外著名高等院校最新的经济学通用教材。

20多年过去了，本丛书先后出版了200多种著作，在很大程度上推动了中国经济学的现代化和国际标准化。这主要体现在两个方面：一是从研究范围、研究内容、研究方法、分析技术等方面完成了中国经济学从传统向现代的转轨；二是培养了整整一代青年经济学人，如今他们大都成长为中国第一线的经济学家，活跃在国内外的学术舞台上。

为了进一步推动中国经济学的发展，我们将继续引进翻译出版国际上经济学的最新研究成果，加强中国经济学家与世界各国经济学家之间的交流；同时，我们更鼓励中国经济学家创建自己的理论体系，在自主的理论框架内消化和吸收世界上最优秀的理论成果，并把它放到中国经济改革发展的实践中进行筛选和检验，进而寻找属于中国的又面向未来世界的经济制度和经济理论，使中国经济学真正立足于世界经济学之林。

我们渴望经济学家支持我们的追求；我们和经济学家一起瞻望中国经济学的未来。

陆昕

2014年1月1日

序　言

T·S.艾略特在一首名为《枯叟》的诗中写道:“历史有的是狡猾的小道,拼凑的走廊。”而我们也可以这样来形容期权和期货的历史。衍生工具已经在伦敦、纽约以及一些欧洲大陆的场外市场上交易了几个世纪。大米期货市场于1688年在日本大阪推出,并在此后兴盛了250多年。为了保护农民免受商品价格波动风险,芝加哥交易所于1848年建立,随后现代商品期货市场逐渐开始起步。又过了几十年,芝加哥商品交易所这一世界上第一个金融期货市场和芝加哥期权交易所分别于1972年和1973年成立。巧合的是,1973年同样见证了获得诺贝尔奖的布莱克—斯科尔斯—默顿(Black-Scholes-Merton)期权定价模型的发表,更完善的定价和对冲方法进一步刺激了市场的发展。

尽管财经媒体和大众对衍生工具是好还是坏的看法在不停地转变,但它在过去几个世纪里扮演的重要角色还是不能被忽视的。2007年的信用危机过后,近年来大多数衍生工具又再次被视为有害证券,同时新的金融监管制度也纷纷出台来对其加以约束。也许是出于善意,但这些针对衍生工具的攻击都源自人们不了解它们恰当的使用方法。如果使用得当,衍生证券可以减少风险并且促进实体经济的发展。在当今复杂的环境下,若是没有衍生工具,现代金融机构就无法管理其资产和负债所面临的各种风险。我们编写本书的宗旨是希望通过对衍生工具详尽的阐述和分析来帮助大家更好地理解如何合理地对其进行运用。

这本书旨在成为关于衍生工具研究的第一本书。我们旨在编写一本与真实市场紧密相关、考察衍生工具的使用并抵制其滥用的书。我们只用浅显易懂的方式为大家阐述必要的量化分析相关知识,不会涉及更复杂的内容。

基于我们的写作意图,本书和其他现有的衍生工具教材在一些关键的地方有所不同:

- 第一，这本书是一本导论。我们希望编写一本能帮助 MBA 和本科生更好地理解概念和计算方面知识的书。期权定价通常被视为对数学要求较高的复杂专题。而在我们看来，这一专题可以用更简单且直观的方式呈现。
- 第二，本书中涉及对金融市场的分析。我们希望编写一本关于经济学，而不是关于计量学的衍生工具书籍。自从第一本关于期权定价的教材[①]出版后，衍生工具教材一直以定量和百科全书式的方法来阐述问题，很少在其中穿插经济学知识。从经济学的视角看待问题能紧密地将市场结构与模型所基于的假设相互联系。我们会在本书中告诉你如何基于模型的假设来判断何时适合使用该模型。
- 第三，本书涉及了风险管理。我们通常要面临四种风险：(1)市场风险，涉及商品(包括股票)的价格风险、利率风险和外汇价格风险；(2)信用风险；(3)流动性风险；以及(4)操作风险。我们通过重点分析市场风险来研究这些不同的风险，并讨论如何在经营活动和个人生活中处理它们。
- 第四，政府不仅监管市场，许多政府还会运用衍生工具来促进公共福利。本书会常以监管者和公共政策的角度来讨论相关问题。
- 第五，本书另一个特色是对于赫斯—加罗—默顿(Heath-Jarrow-Morton，HJM)，这一先进并得到广泛使用的衍生工具定价模型进行了直观且易懂的阐述。为了使这个模型易于理解，我们首先会以通俗的方法着重于 BSM 模型来对经典期权定价理论进行讲解。然而，我们对 BSM 模型的讲解都是为 HJM 模型做铺垫，书中仅会把重点放在 BSM 模型里那些在后面将会用到的几个部分上，这样的话，在我们学习 HJM 模型的时候就不需要额外的拓展了。我们会用相同的套路阐述 HJM 模型与 BSM 模型，使读者观其一可知其二。
- 第六，期权定价的历史十分有趣，穿插着形形色色的人和事。我们会与读者来分享这段历史。这些故事源自一些经典书籍(现在都可在互联网上很方便地查到)、当代书籍、报纸以及杂志上的文章、网络和个人经历。
- 第七，我们以插页和附录的形式为专业读者提供了丰富的阅读材料。很多插页都涉及了市面上教科书中从未有过的最新研究视角。

本书独特的设计架构使其适合在期权、期货、衍生工具、风险管理、投资学、固定收益证券以及金融机构的相关课程教学中使用。本书适用的三大主要课程教学包括：(1)衍生工具，(2)期货与商品，(3)固定收益证券和利率衍生工具。某种意义上来说，这样一本书能够抵得上好几本教材。

- **衍生工具**：这是一门关于基础衍生工具的标准课程，介绍远期协议、期货、期权和互换，但很多地方并不涉及利率衍生工具。这部分主要分布在第 1—20 章和第 22 章中的大部分，可以在 MBA 一年级、金融工程硕士以及商学院、工程学院和经济系的高年级本科生的课程中使用。
- **期货和商品**：这是一门关于期货和商品的课程，但并不包含期权的定价。第 1—6 章和第 8—13 章可在这部分的教学中使用，教学适用的对象同上。

① 参见 Jarrow and Rudd(1983)；Cox and Rubinstein(1984)。

- **固定收益证券和利率衍生工具**：这个领域相关的知识需要建立在模型的基础之上。加罗已经在康奈尔大学教授此类课程 20 余年，同时不断将课程与目前的研究进展紧密结合。为此，第 1、2、4、6、9 章和第 15—26 章可在 MBA 以及数学基础较好的高年级本科生的教学中使用。
- **案例教学**：我们还在每章最后提供一些案例，使老师们能够轻松地开发一门案例分析导向型的衍生工具课程。
- **其他领域课程中的使用**：会计学和法学的课程可将本书作为背景材料。

我们将从这几十年的研究、教学和咨询经验中所总结的对市场和衍生工具的理解和看法全部写进了这本书。这些教学材料都通过在康奈尔大学、赫尔辛基经济与工商管理学院、香港科技大学、印度管理学院艾哈迈德巴德分校和加尔各答分校、印第安纳大学伯明顿分校、科罗拉多大学波尔得分校以及北卡罗来纳大学教堂山分校的课堂教学得到了检验。我们希望读者能够在阅读这本书后对衍生证券和风险管理模型有更好的理解。尽管我们付出了很多努力，但也未必能让教材上的一切都准确无误，望读者在发现错误后及时通知我们。

补充材料

教材附有很多重要的补充学习材料，有助于促进学生的学习体验和老师的教学体验。

为学生设计

解答手册 全部由本书作者罗伯特·加罗和阿卡德夫·查特吉编写，解答手册提供本书所涵盖的所有习题的解答。ISBN：978-0-393-92094-9。

为老师设计

Powerpoint 课件 由作者之一的阿卡德夫·查特吉制作。课件包含了书中主要知识点。另外还有单独一套关于固定收益证券课程的课件，由罗伯特·加罗结合书中的相关章节制作。

题库 由本书作者罗伯特·加罗和阿卡德夫·查特吉编写。

可在 wwnorton.com/instructors 上下载的文件格式有：

- PDF
- Word
- ExamView® Assessment Suite

致谢

Bob 感谢 Peter Carr，Dilip Madan，Philip Protter，Siegfried Trautmann，Stuart

Turnbull 和 Don van Deventer 多年来有关衍生工具方面的观点。

Bob 和 Arka 感谢 Jeffery Abarbanell, Sobhesh K.Agarwalla, Jiyoun An, Warren B. Bailey, Gregory Besharov, Sommarat Chantarat, Surjamukhi Chatterjea, Soikot Chatterjee, Sudheer Chava, Paul Moon Sub Choi, Steve Choi, Hazem Daouk, Werner Freystätter, Suman Ganguli, Nilanjan Ghosh, Michael A. Goldstein, Jason Harlow, Philip Ho, Michael F.Imhoff, Keon Hee Kim, Robert C.Klemkosky, Junghan Koo, Hao Li, Banikanta Mishra, Debi P. Mohapatra, Gillian Mulley, B. V. Phani, George Robinson, Ambar Sengupta, Asha Ram Sihag, Yusuke Tateno 以及 Han Zheng 贡献的许多有助于完善本书的观点、建议和材料。

感谢我们的家人和朋友支持我们完成这个长期项目。特别感谢 Kaushik Basu, Nathaniel S. Behura, Amitava Bose, Alok Chakrabarti, Jennifer Conrad, Judson Devall, Ram Sewak Dubey, David Easley, Diego Garcia, Robert H.Jennings, Surendra Mansinghka, Robert T. Masson, Indranill Maulik, Tapan Mitra, Peter D. McClelland, Uri M. Possen, Erik Thorbecke 以及 Daniel J.Wszolek。

我们很荣幸有一批专业的审稿人在本书的原稿成型过程中进行了审阅，他们中肯的建议为本书最后的定稿起到了不小的作用。我们对他们感激不尽：Farid AitSahlia(佛罗里达大学)，Gregory W.Brown(北卡罗来纳大学教堂山分校)，Michael Ferguson(辛辛那提大学)，Stephen Figlewski(纽约大学)，Scott Fung(加州州立大学东湾分校)，Richard Rendleman(达特茅斯学院)，Nejat Seyhun(密歇根大学)，Joel Vanden(宾夕法尼亚州州立大学)，Kelly Welch(堪萨斯大学)以及 Youchang Wu(威斯康辛—麦迪逊大学)。

最后我们还要特别感谢诺顿出版社的编辑员工们将原稿编辑成书所做的贡献：Hannah Bachman, Cassie del Pilar, Jack Repcheck, Nicole Sawa 和 Amy Weintraub。

目 录

第一部分 导 论

003 1 衍生工具和风险管理

003 1.1 引言
004 1.2 金融创新
008 1.3 衍生证券的交易
012 1.4 风险的界定、度量和管理
012 1.5 监管机构对风险的分类
013 1.6 投资组合的风险管理
014 1.7 企业财务风险管理
016 1.8 本书中的风险管理视角
017 本章小结
017 案例分析
017 习题和思考题

020 2 利率

020 2.1 引言
021 2.2 回报率
023 2.3 基本利率:单利、复利和连续复利
027 2.4 贴现(PV)和复利(FV):货币的时间价值
031 2.5 美国国债市场
032 2.6 美国联邦债务拍卖市场
035 2.7 投资国债的不同方式
037 2.8 美国短期、中期和长期国库券以及资产剥离证券(STRIPS)
041 2.9 Libor 与 Bbalibor
042 本章小结
043 案例分析
043 习题和思考题

045 3 股票
045 3.1 引言
045 3.2 一级市场、二级市场、交易所和场外市场
048 3.3 证券市场中的经纪人、交易员和交易商
052 3.4 交易的自动化
053 3.5 场内证券交易的三个步骤
055 3.6 股票的买卖
060 3.7 美元股利和股利收益
062 3.8 股票卖空
063 3.9 保证金:促进交易的押金
066 本章小结
067 案例分析
067 习题和思考题
069 4 远期和期货
069 4.1 引言
069 4.2 远期合约
073 4.3 远期交易的场外市场
076 4.4 期货合约
079 4.5 期货合约的场内交易
087 4.6 利用远期和期货避险
088 本章小结
088 案例分析
089 习题和思考题
090 5 期权
090 5.1 引言
090 5.2 期权
092 5.3 看涨期权
097 5.4 看跌期权
100 5.5 场内期权
104 5.6 多头和空头在不同市场的含义
104 5.7 下单策略
107 本章小结
108 案例分析
108 习题和思考题
111 6 套利与交易
111 6.1 引言

111 6.2 套利的概念
114 6.3 衍生工具定价的无套利原理
115 6.4 有效市场
118 6.5 寻找套利机会
125 6.6 非法套利机会
129 本章小结
130 案例分析
130 习题和思考题

132 7 金融工程和互换

132 7.1 引言
132 7.2 组合与分解法
133 7.3 金融工程
136 7.4 互换交易概述
137 7.5 互换的运用
137 7.6 互换的类型
148 本章小结
148 案例分析
149 习题和思考题

第二部分 远期和期货

153 8 远期和期货市场

153 8.1 引言
153 8.2 远期和期货的应用和用途
154 8.3 远期和期货发展简史
161 8.4 期货合约特征与报价
166 8.5 商品价格指数
168 本章小结
169 案例分析
169 习题和思考题

171 9 期货交易

171 9.1 引言
171 9.2 经纪人、交易员和期货业
172 9.3 期货合约的场内交易
175 9.4 期货头寸的买入和卖出
177 9.5 保证金账户和每日结算

181 9.6 期货和远期价格的关系
185 9.7 价差交易
187 本章小结
187 案例分析
188 习题和思考题

190 10 期货监管

190 10.1 引言
190 10.2 哪些市场存在期货?
196 10.3 美国期货市场的监管
201 10.4 期货市场操纵
206 10.5 管理商品市场
207 本章小结
208 案例分析
208 习题和思考题

210 11 持仓成本模型

210 11.1 引言
211 11.2 一个持仓成本的例子
214 11.3 假设
216 11.4 持仓成本模型
221 11.5 远期合约持有期内的定价
223 11.6 不同到期日的远期价格的联系
224 本章小结
225 案例分析
225 习题和思考题

227 12 持仓成本模型的扩展

227 12.1 引言
227 12.2 远期定价模型汇总
229 12.3 支付股利的股票的远期合约
241 12.4 持仓成本模型的扩展
243 12.5 现货溢价、远期溢价、正常现货溢价和正常远期溢价
245 12.6 市场的不完整性
247 本章小结
247 案例分析
248 习题和思考题

250 13 期货避险

250 13.1 引言

251　13.2　对冲还是不对冲
256　13.3　期货对冲
260　13.4　风险最小化对冲
263　13.5　期货对冲和远期对冲
264　13.6　电子表格的应用：计算 h
266　本章小结
266　附录
270　案例分析
271　习题和思考题

第三部分　期　　权

277　14　期权市场和交易
277　14.1　引言
277　14.2　场内交易期权
278　14.3　期权的历史
289　14.4　期权合约的特征
293　14.5　期权交易、行使以及到期过程
294　14.6　期权报价
294　14.7　期权市场的管理和操纵
300　本章小结
301　案例分析
301　习题和思考题
303　15　期权交易策略
303　15.1　引言
303　15.2　期权市场的交易商
305　15.3　利润图
305　15.4　期权交易的具体细节
306　15.5　期权策略
310　15.6　避险策略
313　15.7　价差期权策略
323　15.8　组合策略
326　本章小结
327　案例分析
328　习题和思考题

330 16 期权关系
330 16.1 引言
331 16.2 平价关系的图解法
332 16.3 欧式期权的看跌—看涨平价关系
334 16.4 市场不完整
338 16.5 期权价格的限制
346 16.6 美式期权的提前行权
351 本章小结
352 案例分析
353 习题和思考题
355 17 单期二项式模型
355 17.1 引言
356 17.2 二项式模型的应用
357 17.3 期权定价模型简史
361 17.4 例子
364 17.5 假设
366 17.6 单期模型
373 本章小结
374 附录
377 案例分析
377 习题和思考题
380 18 多期二项式模型
380 18.1 引言
380 18.2 多期二项式期权定价模型
383 18.3 2 期的二项式模型
388 18.4 多期的二项式期权定价模型
393 18.5 二项式模型的扩展
396 18.6 电子表格的应用
400 本章小结
401 案例分析
401 习题和思考题
404 19 布莱克—斯科尔斯—默顿模型
404 19.1 引言
404 19.2 应用
405 19.3 获得诺贝尔奖的成果(1973 年)
408 19.4 假设

411 19.5 定价和套期保值论证
412 19.6 布莱克—斯科尔斯—默顿公式
415 19.7 理解布莱克—斯科尔斯—默顿模型
416 19.8 希腊字母
421 19.9 输入因素
424 19.10 布莱克—斯科尔斯—默顿模型的扩展
428 本章小结
429 附录
436 案例分析
436 习题和思考题

438 20 布莱克—斯科尔斯—默顿模型的应用

438 20.1 引言
438 20.2 模型使用的简史
441 20.3 希腊字母对冲
446 20.4 期权组合的对冲
446 20.5 Vega 对冲
450 20.6 校准
455 20.7 布莱克—斯科尔斯—默顿模型:附言
456 本章小结
456 附录
461 案例分析
462 习题和思考题

第四部分　利率衍生工具

469 21 收益率和远期利率

469 21.1 引言
471 21.2 收益率
480 21.3 传统方法
484 21.4 远期利率
490 21.5 基本利率衍生工具合约
500 本章小结
502 案例分析
503 习题和思考题

505 22 利率互换

505 22.1 引言

505 22.2 互换简史
510 22.3 交易特征
512 22.4 估值
516 22.5 利率互换:补充说明
520 22.6 互换与远期利率协议
524 本章小结
524 案例分析
525 习题和思考题

527 23 单期二项式 HJM 模型

527 23.1 引言
528 23.2 基础利率衍生工具
532 23.3 利率衍生工具定价模型的简史
533 23.4 假设条件
537 23.5 单期模型
549 本章小结
550 附录
552 案例分析
553 习题和思考题

555 24 多期二项式 HJM 模型

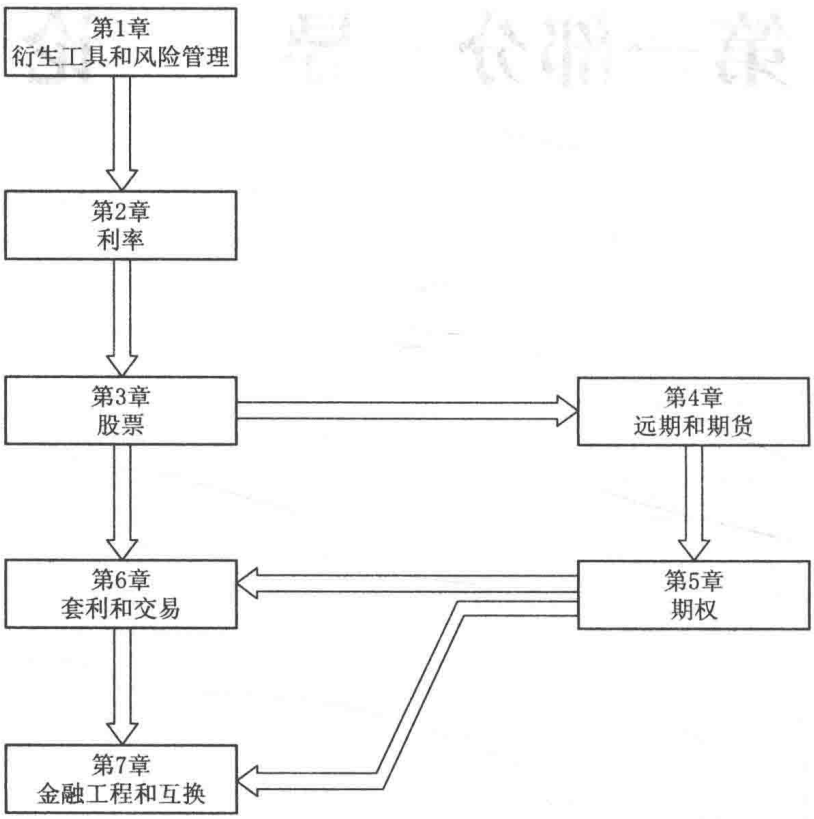
555 24.1 引言
555 24.2 假设
558 24.3 两期模型
566 24.4 多期模型
567 24.5 远期、期货和互换期权
571 本章小结
572 附录
574 案例分析
574 习题和思考题

576 25 HJM Libor 模型

576 25.1 引言
576 25.2 为什么要研究单期利率上限期权
577 25.3 单期利率上限期权定价的历史
579 25.4 假设
586 25.5 单期利率上限期权定价
589 25.6 输入变量
593 25.7 理解 HJM Libor 模型
595 25.8 利率上限期权和利率下限期权

597　25.9　运用 HJM Libor 模型
602　25.10　美式期权、期货、互换期权和其他衍生工具
603　本章小结
604　案例分析
604　习题和思考题
606　26　金融风险管理模型
606　26.1　引言
607　26.2　金融风险管理框架
609　26.3　计算损失分布
610　26.4　风险价值和情景分析
616　26.5　四种风险
624　26.6　2007 年的信用危机
631　26.7　模型和交易的衍生工具的未来
632　本章小结
633　案例分析
633　习题和思考题
635　附录 A　数学和统计
635　A.1　指数和对数
637　A.2　二项式定理
638　A.3　正态分布
639　A.4　泰勒级数展开式
641　术语表
653　符号
655　参考文献
664　译后记

第一部分　导　论


第1章
衍生工具和风险管理
第2章
利率
第3章
股票
第4章
远期和期货
第6章
套利和交易
第5章
期权
第7章
金融工程和互换

▶1

衍生工具和风险管理

1.1 引言

房价泡沫的破灭、2007 年的信用危机、信用违约互换和债务抵押债券数千亿美元的损失以及著名金融机构的倒闭永远地改变了公众对衍生工具的看法。如今衍生工具不仅仅关系到华尔街，同时也关系到普通大众的利益。而信用衍生工具又因被视为 2007—2009 年大萧条、经济产出下滑和失业率居高不下的罪魁祸首之一而饱受诟病。

那么衍生工具究竟是什么呢？**衍生证券**或**衍生工具**是一份金融合约，它的价值由标的资产的价格，如股票或商品，甚至是标的金融指数，如利率，来决定。将衍生工具用作保险（用金融术语来说就是避险）用途可以减少风险，而使用其对未来事件进行投机则会放大风险。衍生工具以不同于普通证券的方式帮助人们投资和管理财富。

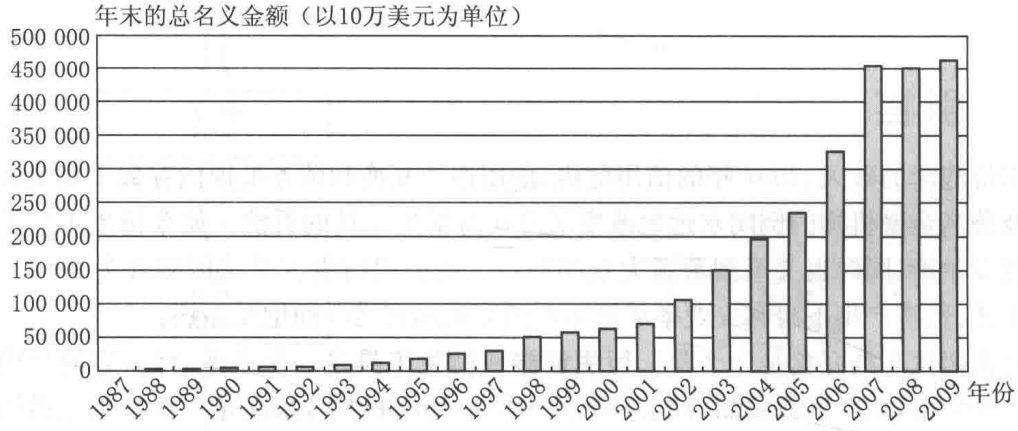
衍生工具的发展历程漫长而又曲折。在 20 世纪 60 年代，只有少数人研究衍生工具，涉及该领域的学术书籍尚未面世，高校里也未见有相关课程。衍生工具市场并不大，大多位于美国和欧洲西部。那时仅有期货市场和华尔街上的少数交易商使用衍生工具。期权市场当时仅为供专业交易员进行交易的平台[称为场外交易（OTC）市场]，交易量很小。同时，期权市场也因为时不时的欺诈指控而落下坏名声。那时候没有人把衍生工具当作鸡尾酒会上助兴的话题，但也没有人像今天这样对其指责和批评。在当时，开着外形酷炫的汽车、轻触一个按键就能转走数百万美元的傲慢衍生工具交易商还并不存在。尽管爱因斯坦已经发表了相对论，航天员也登上了月球，但并没有人知道该如何对期权定价。因为在 20 世纪 60 年代，没人会在意这些，衍生工具无足轻重。

而随后的几十年却发生了如此惊人的巨变！从 20 世纪 70 年代早期开始，衍生工具合约种类开始呈现爆炸式的增长，它对金融和实体经济的重要性也与日俱增。从图 1.1 可看到，2006 年后发行的衍生工具合约名义总价值超过了 450 万亿美元。这些市场如今都已迈向国际化，规模也以万亿美元来衡量。衍生工具定价领域的学术著作和文章也有成百上千篇。各所高等院校如今都在教授衍生工具课程，相关教材也层出不穷，衍生工具领域的专家也处处受到追捧。事实上，华尔街聘用了许多数学和工程学博士以及自然科学家来开发衍生工具，他们被尊敬地称为“火箭科学家”（或是“宽客”）。懂衍生工具在当年是

件很时尚的事情，你会因此受到欢迎但也可能让人敬而远之。而在今天，了解衍生工具的运作是金融机构的风险管理中不可或缺的环节。

市场为了顺应衍生工具交易经历了三方面的改变：引进新合约和新交易、合并和连通交易所以及引入计算机技术。有时候这些变化都发生在一瞬间。例如，当 2002 年欧洲 12 个国家将本国货币替换成欧元后，以欧元计值的利率衍生工具市场发展势不可挡，甚至在某些领域超过了以美元计值的利率期货。

本章将向你介绍衍生工具交易发展的有趣历史和随着它们的兴起而产生的争议。要想看懂这段故事，你必须先了解金融风险的涵义。因此我们接下来会分别从监管者、投资经理和公司财务经理的角度讨论金融风险。我们将在书中运用这些独特的视角来帮助大家更好地理解如何正确使用衍生工具。本章末会有一个小结。



资料来源：ISDA 对于 1987—2009 年间所有参与调研的衍生工具合约在年末的未结清名义金额的调查。这些衍生工具包括利率、货币、股票和信用衍生工具。

图 1.1　全球衍生工具市场

1.2　金融创新

无论是好是坏，衍生工具都是金融创新的核心。如专栏作家大卫·维塞尔（David Wessel）于 2008 年 1 月 17 日在《华尔街日报》一篇名为《泡沫危机的根源》的报道中所写到的：

> 现代金融事实上和现代科学一样强大和具有创新性。更多人拥有了自己的房子（其中许多还在支付他们的按揭贷款）——因为这些按揭贷款被转化为了在世界各地交易的证券。更多的工人爱上了稳定的工作，因为金融使他们不用再害怕商品价格的波动。更多天才发明家借助风险投资得以实现梦想。更多的顾客在华尔街魔法的帮助下得到了更合理、更便宜的保险或是更丰厚的退休金。

由于文章发表时世界上大部分国家都处于大萧条，许多谴责衍生工具是危机罪魁祸首的人纷纷对其表示质疑。而这篇文章随后确实也提到了："全美最大金融机构在新型投资工具（衍生工具和其他复杂衍生证券）上几百亿美元的损失、信口开河的博士们迟来的领悟以及那些计算机天才们当年的自负——这都表明要是这些华尔街智囊团在别的领域

工作的话，可能还会更有价值。”

然而，衍生工具已经以不同的形式交易了 2 000 多年。人们从未停止过，因为恰当使用的衍生工具可以降低市场参与者的投资组合风险，人们可以通过运用专业技术和信息借此获取收益。衍生工具能够帮助人们提前或延迟现金流的收复（借款和贷款）、积累财富（储蓄）、避免不利的结果（保险或避险）、投入资金以获取收益（投资）以及承担高风险以获取高回报（投机或赌博），而这通常伴随着投资规模的扩大，即杠杆的使用。衍生工具的存在使金融市场的运作更加高效，因而带动了金融市场的发展，也使实体经济更加繁荣。这是我们整本书会反复讨论的一个主题。

1.2.1 衍生工具市场的拓展

诸多因素刺激了衍生工具市场的发展，其中包括了监管体制的改革、国际贸易的增长、人口的增长、政治变革、世界经济的一体化以及信息技术（IT）的革命性飞跃。如今，金融市场间互相关联，于是也更容易受到全球震荡和金融危机的影响。从业内的角度来看，金融市场如今已经成为了疯狂、糟糕而又危险的领域！经济周期波动愈发剧烈、主权国家违约、对冲基金高风险的杠杆式赌注、资历尚浅的投资者在各种复杂证券上的非理性投资以及交易员不负责任的欺诈行为都潜在地动摇着金融市场的核心。金融监管当局的存在便是为了避免那些灾难的发生，而衍生工具的合理使用也可以减轻危机对社会总财富的影响。

为了稳定经济，美国中央银行，联邦储备体系（通常被称为联邦储备，或简称美联储），长久以来一直通过实施货币政策工具来保持利率的稳定。[①]1979 年起，美联储又开始针对货币供应量的增长进行调节。虽然有央行的监管，但 20 世纪七八十年代的石油危机和供给面的失调还是造成了两位数的通胀率，最终导致利率也上升至两位数，波幅前所未有。利率波动越来越大，企业也越来越需要能够规避这类风险的证券。于是利率衍生工具应运而生。芝加哥期货交易所（CBOT；现属 CME 集团）于 1975 年发行了第一张利率衍生工具合约——吉利美期货（政府国民抵押协会抵押凭证期货合约），在 1977 年发行了广受欢迎的长期国债期货。

外汇市场是世界上最大的金融市场之一，每天都有数以亿计美元的交易量。从 20 世纪 40 年代中期到 20 世纪 70 年代早期，世界经济按照布雷顿森林体系固定汇率的体制运行——所有货币都与美元挂钩，而美元按照每一盎司 35 美元与黄金挂钩。这种稳定的货币体系在这几十年中并没有出现什么问题。然而伴随着金价飙涨，问题开始暴露。各个国家纷纷将其货币兑换成美元并以每盎司 35 美元的低价从美国购买廉价黄金，从中获取巨额收益。这是一种套利的行为，一种无需初始投资便可获得无风险收益的交易。最终美国黄金储备量严重下降。由于所有货币都与美元挂钩，美国无法通过调整美元汇率来应对这场危机。所以美国总统理查德·尼克松在 1971 年宣布放弃布雷顿森林体系。

① 宏观经济学、货币金融学、银行学、金融市场和金融机构的课程教授中央银行如何使用货币政策工具来调整经济：(1)设定成员银行向其借款的利率（在美国称为贴现率），(2)设立存款准备金（每家成员银行必须持有一定准备金数额以保障其偿付能力），(3)购买和出售政府债务或债券（公开市场业务）。

虽然中央银行频繁地干预货币汇率，但是如今外汇市场上汇率的浮动在一定程度上来说还是自由的。浮动汇率比固定汇率的波动更频繁。因此，为了规避新出现的汇率风险，规模庞大的外汇衍生工具市场诞生了。国际货币市场于1972年成立，作为芝加哥商品交易所的分部负责外汇期货的交易。世界上第一份场内金融衍生工具合约就此诞生！

近几十年来，由于监管制度不断完善以及利率和外汇衍生工具市场平稳运行，很多经济学家都坚信一个宏观经济更加稳定的新时代，即“大缓和”时代已经到来。在新世纪到来前的20多年间，实际产出和通货膨胀的增速都在逐渐减少，股票市场的波动越来越小，经济周期也更加平缓。一位支持这个观点的著名人士——普林斯顿大学教授兼美联储主席本·伯南克(Ben Bernanke)在2004年2月20日的讲座中讲解了这三种趋势：结构调整(经济制度、科技以及其他因素的改变)、宏观经济政策不断完善，以及运气好(“危机对经济的冲击更小，发生的频率也更低”)。

然而，令很多经济学家震惊的是，这个局势很快便扭转了。在2007年9月，很多国家都已深陷大萧条的泥沼，经济产出锐减，失业率剧增。通常用来衡量股票市场波动程度的VIX指数，从10%一路飙升到2008年10月惊人的89.53%。[①]波动率的回升仿佛带着仇恨。

1.2.2 两种经济学动机

监管制度的改变对市场具有极大的冲击力。诺贝尔经济学奖得主默顿·米勒(Merton Miller)在1986年发表的一篇文章中曾表明监管和税收促成了金融的创新。他这样说是有原因的，通常衍生工具的设计初衷就是针对政府的监管另辟蹊径。同时由于大部分国家针对不同收入来源(和用途)收取不同税率的税金，金融创新可以帮助节税。金融创新的初衷另一方面是为了降低交易成本。这个观点来自另一位诺贝尔经济学奖得主——芝加哥大学经济学家罗纳德·科斯(Ronald Coase)：金融机构设计出的衍生工具通常用来尽可能地减少经纪商的佣金和证券交易商买卖的差价(详见拓展1.1)。

拓展1.1：监管、税收和交易成本对金融创新的影响

早期，金融主要包括法律事务、机构职能以及依靠经验的投资法则。20世纪中叶，随着金融经济学作为经济学的一个分支逐渐地兴起，这一切都发生了变化。在20多年的时间里，基于严谨分析的新金融学诞生了。詹姆斯·托宾(James Tobin)和哈里·马科维茨(Harry Markowitz)的资产组合理论(20世纪40年代后期到20世纪50年代早期)；弗兰克·莫迪利安尼(Franco Modigliani)和默顿·米勒的关于公司资本结构和股利政策之间无关性的MM命题(20世纪50年代后期到20世纪60年代早期)；威廉·夏普(William Sharpe)、约翰·林特纳(John Lintner)和简·莫森(Jan Mossin)的资本资产定价模型(20世纪60年代中期)；以及费希尔·布莱克(Fischer Black)、迈伦·斯科尔斯(Myron

① 详见芝加哥期权交易所网站 www.cobe.com。

Scholes)和罗伯特·默顿(Robert Merton)的期权定价模型(20世纪70年代早期)建立了基础理论体系。这些成果都受到了诺贝尔经济学奖的表彰。①②其他诺贝尔经济学奖得主包括肯尼斯·阿罗(Kenneth Arrow)、罗纳德·科斯(Ronald Coase)、吉拉德·德布鲁(Gerard Debreu)、约翰·希克斯(John Hicks)和保罗·萨缪尔森(Paul Samuelson),他们都在金融领域做出了杰出的贡献。世界最著名的经济学家之一——约翰·梅纳德·凯恩斯(John Maynard Keynes),也在期货定价、投机的作用以及股票市场领域有所研究。以上这些诺贝尔奖得主中,有两位曾对金融创新提出过观点。

米勒的观点:监管和税收刺激了金融创新

是什么带来了金融机构和金融工具革命性的变化?芝加哥大学教授默顿·米勒(1923—2000)认为,监管和税收是带来金融创新的主要原因。创新性的金融证券设计的初衷通常是为了规避政府对其他有利可图的交易所进行的监管。同时,由于许多国家针对不同来源(和用途)所征收的税率不同,衍生证券也可以为节税而设计。

米勒(1986)给出了下面几个例子:

- 美国的Q条例为商业银行定期存款利率设置了上限。尽管这在战后大多数时间里没暴露出什么问题,但在20世纪60年代末和70年代初期,美国出现了居高不下的通胀率,银行存款对投资者的吸引力开始下降。美国的银行这时突然意识到,Q条例并不适用于其在海外分支机构提供的美元计值定期存款,因此它们迅速开始通过欧洲美元账户提供更具吸引力的利率。有趣的是,Q条例早已废除,而欧洲美元市场却始终活跃着。
- 20世纪60年代后期,美国政府针对在美国本土出售给海外投资者的债券所支付的利息征收30%的代扣所得税。因此对于非美国居民,美元计值的债券市场从美国转移到了伦敦以及欧洲其他的金融中心。欧洲债券市场就此诞生并一直发展至今。
- 英国政府曾经限制了英国企业的美元融资以及非英国企业的英镑融资。互换正是针对这种限制而生,它使得交易对手双方可以交换不同形式的现金流。
- 1981年,美国税法允许在对长期的高折扣零息债券的隐含利率进行计算时使用线性逼近。这使得利息抵税项的现值显著增加,任何一家纳税企业都可以通过发行零息债券来获利。不出所料,美国企业纷纷发行了大量零息债券。直到财政部意识到这个疏漏之后发行量才逐渐减少。

科斯的观点:交易成本是影响经济活动的关键因素

1937年,27岁的伦敦经济学院教师罗纳德·科斯发表了《企业的性质》一文,文章虽简短但却影响深远。科斯认为,交易成本来源于"谈判的过程、合约的拟定、必要的检查以及为解决纷争而进行的安排等"。只有当可以降低交易成本时,企业才会出手。将这个逻

① 以瑞典发明家、工业家阿尔弗雷德·贝恩哈德·诺贝尔(1833—1896)命名。诺贝尔在巴黎工作期间偶然发现了液体烈性炸药硝化甘油。他克服重重困难,最后成功地通过加入惰性物质使得炸药更加安全并以"达纳炸药"为名将其注册。安全炸药的发明让他积累了很多财富。在他去世后,他的部分财产被用来成立基金,用以设立每年在物理、化学、生理学或医学、文学及和平各领域的奖项。资料来源:"阿尔弗雷德·诺贝尔——他的人生和成就",摘自诺贝尔基金会网站,www.nobelprize.org/nobel_prizes/economics/laureates/。

② 在1968年值其成立300周年的庆典上,瑞典中央银行(Sveriges Riksbank)设立了瑞典国家银行纪念阿尔弗雷德·诺贝尔经济学奖。该奖项与其他诺贝尔奖一同于每年12月在瑞典颁发。

辑用于金融市场，那么市场参与者通常会选择以最小的成本实现自己的目标。金融衍生工具的设计初衷通常就是为了减少这些成本。

作为一种经济动机，降低交易成本在20世纪90年代和21世纪尤为重要。伴随着经济和政治版图的变迁以及信息技术的革命，交易成本显著地降低，甚至是淘汰一些交易环节中像经纪商和交易员这种传统的职业，都越来越有可能成为现实。例如，交易商之所以从国库券市场转移到了欧洲美元市场主要便是出于这一原因。欧洲美元市场不受美联储监管，没有国库券拍卖环节复杂的程序，市场不完善因素较少且流动性成本较低。

我们可以总结出一句真理，即本书的指导思想：交易往往趋向于成本最低且监管约束最小的市场。

1.3 衍生证券的交易

证券，例如股票或债券，给予其持有者对于某项资产或现金流的所有权。它的形式有纸质文件或电子凭证，且通常有组织地在市场上进行交易。你可能对债券和股票比较熟悉，它们分别代表发行人的债务以及给予投资者在发行公司的权益。购买债券和股票都需要初始投资。多数债券会在到期时按照约定支付一定金额（称为本金或面值）。有些债券会定期地兑付利息（息票），通常半年付息一次。有些则是零息债券，不支付利息，以本金折现出售。股票投资不会偿还本金，股票的持有者通常会在每季度获得股利作为股票所有权的回报。股票价格的增长为投资者带来资本利得，这份收益在出售股票的时候获得。相反，若是股票价格下跌则会造成资本损失。

在股票和债券的基础上可以创造新类别的证券，这便属于衍生工具这一多样化的领域。如前所述，衍生证券的自身价值依赖于一个或多个标的资产或指数，如股票、债券、商品、外汇、指数、利率，甚至是其他衍生证券。远期、期货和期权等是衍生工具的基本类型。我们会在之后对此进行讲解。

了解一些专业用语有助于我们更好地理解不同的衍生工具合约：

（1）**实物资产**包括土地、建筑物、机械设备和商品，而**金融资产**包括股票、债券和货币——实物资产和金融资产都具有实实在在的价值。

（2）**名义变量**包括利率、通胀率和证券指数，它们属于变量而非有形资产。

衍生证券是指价值或现金流的设定取决于实物资产价格、金融资产价格和名义变量未来表现的金融合约。早期衍生工具的设计仅基于金融和实物资产。例如，在20世纪60年代，大宗农产品期货是美国交易最为活跃的衍生工具合约。然而随着经济的发展，名义变量以及基于这些名义变量的衍生证券也纷纷诞生。

我们通常会在概括经济状况时引入名义变量。打开《华尔街日报》的“货币与投资”专栏，你会惊讶地发现那里有各种各样的指数。不仅有普通的股价指数，如道·琼斯和标准普尔指数，还有各种其他不同的指数，分别基于包括技术、医药、墨西哥、公共事业等板块的股票以及债券和利率等。除此之外，名义变量还可被用于设计不同的衍生工具。一个经典的例子便是简单利率互换，其中的标的便是浮动利率与固定利率。

1.3.1 关于衍生工具的不同看法

衍生工具的投机十分简单：买入，下单边的大额赌注，最后笑着赶去银行或是哭着倾家荡产！冒巨大风险，草率地使用衍生工具的现象并不少见。如前所述，很多机构都因此损失惨重，包括宝洁公司(P&G)和巴林银行等。衍生工具设计复杂，因此人们对它的印象并不好：难以理解、高杠杆并时常没有足够的抵押物担保。高杠杆意味着标的证券价格的小幅变动会导致衍生工具价值的大幅波动。

出于上述原因，针对衍生工具的正反双方辩论一直很激烈。著名投资家沃伦·巴菲特(Warren Buffet)和彼得·林奇(Peter Lynch)对衍生工具十分排斥。林奇(1989)曾表示应当宣布股票期货和期权为非法。在伯克希尔·哈撒韦公司 2002 年年报中致股东们的“董事长信函”中，巴菲特将衍生工具比作了“交易者和经济体系的定时炸弹”。伴随着 2007—2008 年间严重的经济衰退，金融机构在衍生工具上的损失达到了数千亿美元，而这些观点也得到了证实(详见巴菲特简介)。

然而，前美联储主席艾伦·格林斯潘(Alan Greenspan)曾在 1999 年期货行业协会的讲话中表示，衍生工具将风险进行了“分类”，通过严谨的计算将风险分配给了“有能力且愿意承担的投资者”，使资产配置更加高效(详见格林斯潘简介)。《默顿·米勒论金融衍生工具》一书中曾盛赞了“衍生工具革命”的影响：

> 与人们的普遍看法相反，衍生工具的存在让世界变得更加安全，而非更加危险。衍生工具的应用使得企业和机构能够高效和低成本地应对曾经困扰它们数十年，甚至几个世纪之久的风险。一些企业和金融机构的确在衍生工具上亏了一大笔，但这些企业和机构在其他领域未必不会亏损。没有人天生就具备良好的判断能力和极佳的运气。对于那些关于衍生工具耸人听闻的故事，我还是得强调一下，世界上所有银行处理的房地产坏账远多于它们在衍生工具上遭受的损失。

表 1.A 沃伦·巴菲特和艾伦·格林斯潘简介

作为内布拉斯加州奥马哈市一名众议员的儿子，**沃伦·巴菲特**(生于 1930 年)就读于宾夕法尼亚大学沃顿商学院，后转学并于内布拉斯加大学林肯分校获得学士学位。之后考入哥伦比亚大学，并师从著名价值投资先驱本杰明·格雷厄姆(Benjamin Graham)，最终获得经济学硕士学位。巴菲特 13 岁挣得第一笔工资，32 岁当上百万富翁，在 2008 年成为了登顶福布斯排行榜的亿万富翁。他以朴素的箴言而广受欢迎，其中包括：“以合理价格买进一家业绩很棒的公司，远胜过以很高的价格买进一家业绩平平的公司”“最好的持有期是永远”以及“你所付出的只是价钱，你所得到的才是价值”。作为衍生工具的强烈反对者，巴菲特只有在充分了解其中的风险时才会从事衍生工具的交易。	**艾伦·格林斯潘**(生于 1926 年)在著名的茱莉亚音乐学院学习过黑管并加入过旅行乐队，后就读于纽约大学并获得经济学博士学位。他成立了一家有名的经济咨询公司并担任了美国经济顾问委员会主席(1974—1977 年)以及美国联邦储备委员会主席(1987—2006 年)。格林斯潘因 1987 年股市危机时对局势的出色掌控而闻名，并因其丰富的资本市场经验而受到尊敬。他曾被授予美国最高平民荣誉奖章和总统自由奖章。格林斯潘因坚定地支持市场自由并抵制对衍生工具实施更严格的监管而在 2007 年金融危机期间饱受批评。

资料来源：摘自 www.brainyquote.com/quotes/authors/w/warren_buffet.html；艾伦·格林斯潘的生平来自 www.alangreenspan.org/。

有趣的是，2008 年美国国会听证会上格林斯潘承认道："他之前太过相信自由市场的自我修正机制，并且未能预见到规模空前的抵押贷款自我毁灭能力。"（摘自《纽约时报》2008 年 10 月 23 日刊登的《格林斯潘承认监管存在缺陷》一文）结合默顿·米勒的观点，这场信用危机中的损失，源自住房贷款的坏账以及在错误定价且难以理解的复杂衍生工具上失败的投资（第 26 章中会对这场危机更加详细地讨论）。

诺贝尔物理学奖得主戴维·格罗斯作过一个形象的比喻：他把知识比作不断向外扩张的球体，而无知则是这个球体的表面。对于衍生工具，我们在过去 30 年积累了大量相关知识，但仍然爆发了海啸般的金融危机，我们需要学习的东西还有很多。

1.3.2 衍生工具的功能与应用

衍生工具市场**净供给为零**，每一个买方都对应一个卖方。当你使用衍生工具进行避险时，交易的另一端（交易对手）可能在使用其做投机。避险和投机像一枚硬币的正反面，交易双方做零和博弈，一方的收益来自一方的亏损。例 1.1 中对这些概念做出了解释。

【例 1.1】 衍生工具交易中的避险与投机

- 4 月到了，所得税申报表上交就要截止，玉米种植的季节也来临了。农产品便是我们所提到的商品中的一个例子。
- 假设有一名美国中西部农民 S 先生，他的经营范围涵盖了用于生产廉价玉米的土地、劳动力、种子、化肥和农药。他希望等到 9 月份能将收获的玉米卖出。
- 即使是玉米种植专家也没办法预测 9 月份的玉米价格。如果 S 先生想睡个好觉，他会希望在 4 月份种植玉米的时候就锁定 9 月份卖出玉米的价格。
- 要想知道是如何锁定的，我们先假设大家预期 9 月份玉米价格在每蒲式耳 10 美元。一名交易商和投机者 L 女士，希望可以在 9 月份以每蒲式耳 9.95 美元的价格购买 S 先生的玉米，这个价格称为**远期价格**。
- 为了转移自己的风险，S 先生欣然地接受了这个远期价格。他们两人一起签订了**远期合约**——在未来以约定价格进行交易的承诺。尽管 S 先生按照预期会损失 5 美分，但是他对于能够锁定价格非常满意。远期合约转移了他在经营过程中所要面对的产品价格不确定性。S 先生将这 5 美分视为为了避免未来发生不利结果的保险费。在规避了玉米卖出价格的风险后，S 先生可以专心地干他最擅长的事情——种玉米了。
- L 女士也很高兴——并非是因为她疯狂地喜欢承受风险，而是因为她作为一个理性的人愿意额外接受一些风险，而预期的 5 美分收益则作为风险的补偿。往后读下去，你就会知道投机者是如何通过在另一场交易中扮演另一端的角色来控制风险的。

这个简单的例子说明了一个有价值的重要原则：成立于 1848 年的第一个现代衍生工具交易所 CBOT 的初衷就是为了帮助农民们规避农产品价格风险。即使是最尖刻的衍生工具批评家也不否认这个作用。

如今，衍生工具的用途多种多样。考虑如下这些场合：

- 规避产品价格风险：金矿开采公司可以通过出售黄金期货合约来锁定黄金的卖出价格。
- 规避原材料成本风险：香肠制作厂商可以通过买入冷冻猪腩期货来规避原材料成本风险。
- 规避外汇风险：一家从德国购买机器的美国制造商需要在 3 个月后付款，可以通过买入外汇远期合约来转移美元兑欧元汇率波动所带来的风险。
- 规避利率风险：养老基金经理担心他的债券投资组合会因利率上涨而蒙受损失，那么他可以通过欧洲美元期货（或这类期货的期权）来保护投资组合。
- 在市场崩溃时保护投资组合：在投资组合上获利颇丰的基金经理可以通过购买看跌期权来留住这部分收益。
- 规避市场限制：为了规避交易所对卖空的限制，交易商可以选择在期权或期货市场上做空。
- 毁掉自己：在衍生工具上做赌注的可怜虫可能会输掉其所有财产。

在阅读这本书的过程中，你会慢慢对衍生工具在这些不同场合中所扮演的角色有所了解，但除了最后一种场景。赌博的癖好源自人类的内心，关于这方面，我们并没有特别地去研究。

1.3.3 对更先进模型的探索

人们对衍生工具的广泛认可始于 1997 年，罗伯特·默顿和迈伦·斯科尔斯在那一年就用于期权估值的**布莱克—斯科尔斯—默顿（BSM）模型**获得了诺贝尔经济学奖。模型合作研究者费希尔·布莱克于前些年去世，由于该奖项只颁发给在世的人，因此他错过了该奖项。这个模型后来成为了现代期权定价的核心。尽管 BSM 模型十分有用（期权交易商纷纷将其编写进了计算机程序），但公式的限制性假设过多。除了不考虑利率风险外，其他的一些限制性假设使得该模型仅适用于特定的衍生工具（我们会在后续章节讨论 BSM 模型的假设）。

之后的学者们放宽了这些限制性假设并开发了适用于考虑利率风险的衍生工具定价模型。在华尔街使用的该模型的基础版被称为**赫斯—加罗—默顿（HJM）模型**。HJM 模型可以用于利率衍生工具、长期金融合约和信用衍生工具的定价。信用衍生工具是华尔街上最新的产品品种。它诞生于 20 世纪 90 年代早期，目前各类信用衍生工具构成了庞大的市场。2007 年信用危机爆发后，人们关于它们的争论越发激烈。

由于数学计算复杂，我们并未在导论中提及 HJM 模型。我们这本书的一个特别之处就是对 HJM 模型和它的一个通俗版本 Libor 模型进行直观的描述。人类文明的发展历程中总是有深奥的道理逐渐被大众广泛知晓的例子出现——那些专家研究的领域现在也属于大众，BSM 模型便是如此。在学习了 HJM 模型和 Libor 模型后，你会在衍生工具交易方面具备一定的优势——它们会帮助你了解现实情况并对未来做好准备。

为什么我们要研究和开发更先进的定价模型？假设你每天要交易多笔不同类型的证

券，如果你的模型更先进，你便可以先于竞争对手知道证券的合理价值。在每笔交易过程中，基于合理价值进行买卖——高于合理价值卖出，低于合理价值买入——这便是模型的价值所在。投资银行和华尔街的企业别无选择，只能使用最先进的模型，因为这对它们的生存至关重要。更强大的模型同样也可以帮助交易商管理风险。

1.4 风险的界定、度量和管理

风险的概念难以捉摸且难以界定。在金融市场和企业中，界定和度量风险的方法多种多样，但并没有一种完全通用的方法。不同的角度会看到不同的风险。接下来，我们首先从监管机构的角度认识风险。然后从个人和机构交易商的角度讨论风险。最后从公司治理的角度探讨风险。

1.5 监管机构对风险的分类

1994 年，各国银行和证券监管部门纷纷针对迅速发展的衍生工具市场出台了指导意见。巴塞尔银行监管委员会和国际证监会组织（IOSCO）都提出，为了使国际金融体系更加稳定，各国监管部门必须确保银行和证券公司对由其所涉及的衍生工具交易带来的风险进行足够的管控。①

巴塞尔委员会的《衍生工具风险管理指引》（1994 年 7 月，10—17）定义了机构所参与的衍生工具交易中涉及的相关风险。IOSCO 技术委员会当时也颁布了类似的文件。②

- **信用风险**（包括**结算风险**）指的是交易对手无法履行其义务的风险。
- **市场风险**指的是市场价格朝不利的方向波动时，机构财务状况所面临的风险。和**价格风险**意思相同。
- **流动性风险**在衍生工具交易活动中存在两种形式：一种与特定产品或市场相关，而另一种与机构在衍生工具交易活动中的融资行为相关。前一类风险指的是当市场深度不够或市场数据中断时，机构可能无法或难以以市场价或接近市场价的价格平仓或解除一个特定的头寸。融资流动风险是指机构可能无法履行偿付义务或达到保证金要求（我们会在后文讲到这一点，与追加安全储备金的意思相同）。
- **操作风险**（也称作**运作风险**）是指由信息系统和内部控制的缺乏而可能导致非预期损失的风险。这一类风险与人为失误、系统故障、操作流程和管理不当有关。
- **法律风险**指的是合约不具备法律效力或记录错误时存在的风险。

① 1974 年，十国集团的中央行长联手建立了巴塞尔银行监管委员会。巴塞尔协会制定了广泛适用的监管标准并建议各个部门采取措施，通过具体的安排以实现最佳的效果，以立法或其他形式采取最适合各国体制的方法（详见《巴塞尔委员会和其会员的历史》，www.bis.org/bcbs/history.htm）。国际证监会组织前身是成立于 1974 年的证监会美洲协会，1983 年重组成立了 IOSCO。如今该组织已真正成为了一个国际性的证券监管机构的合作主体（见 www.iosco.org/about/about）。

② 这两份报告见 www.bis.org/publ。这些定义在引用报告原文的基础上略加修改。

市场风险或者说价格风险的管理是本书的一个主题。首先，这个领域受到很多学者和从业人士的关注。同时，它也是我们需要了解和学会管理的重要风险之一。其他风险仅在市场活动出现异常时才会出现。信用风险的度量如今已成为高端研究的领域之一。[①] 场内衍生工具市场由于设计方面的因素而几乎不存在信用风险，关于这点我们会在后面提到。流动性风险是在买卖不那么方便的市场中的交易商普遍遇到的问题。第 3 章会对影响市场流动性的因素进行讨论。操作风险作为业务运营中的一部分，是大家都会遇到的问题，适当的管理检查和协调可以降低这类风险。法律风险对于场内合约的影响不大，但却是场外市场中不容忽视的问题。我们把这个问题交给法院和法学院的人来解决。

字字珠玑的巴塞尔委员会报告中还提到了，董事会和高层管理人员应当对衍生工具交易操作进行监督，同时还需要引入复杂的内部控制和审核程序。报告督促各国的监管机构确保企业和银行在业务操作时务必基于严格的风险控制、健全的度量程序和信息系统、持续的风险监控以及日常的管理报告。巴塞尔委员会在对衍生工具的监管方面的影响十分显著。在掌握一些衍生证券的基本要素之后，我们会在下一章节再回来探讨这个问题。

1.6 投资组合的风险管理

我们从个人和机构投资者的角度来看看投资组合风险管理有哪些需要注意的问题。金融领域有一句至理名言：*要想获得更高的预期收益，就必须承担更大的风险*。这句话同样适用于投资组合中的风险，即**投资组合风险**，我们用投资组合收益率的标准差来衡量这类风险。

由同种证券组成的投资组合的风险可以被分解为两部分：(1)**不可分散风险**，来源于市场层面，而(2)**可分散风险**，仅影响某单个证券，可以通过分散化来消除这类风险。马科维茨(Markowitz, 1952)、夏普(Sharpe, 1964)、林特纳(Lintner, 1965)和莫森(Mossin, 1966)作为该领域研究的先驱，开发出了资本资产定价模型——α 和 β——市场从业者和金融学者们广泛使用的理论和概念。

现代资产组合理论旨在引导投资者通过自顶向下的方法来构建投资组合。这个方法包括三个步骤：(1)资产分类，意思是确定将投入的资金按何种比例分配到各项资产类别中，如现金、债券、股票还是房产；(2)筛选证券，意思是确定每个资产类别中分别选择持有哪些证券；(3)定期考察这些标准，并相应地调整投资组合。投资组合的风险管理对于类似对冲基金和共同基金这样的投资公司来说至关重要。这些金融中介集中投资者的资金，并将其投资到不同的金融证券，最后将除去费用和开支后的收益或亏损返还给投资者。共同基金的投资策略相较对冲基金限制较多，而管理费用较低。对冲基金通常会做有杠杆的高风险投资，并且仅对富有的投资者开放，他们也许会因为基金业绩的下滑而捶胸顿足，但并不会因此而倾家荡产。

① 穆迪和标准普尔这些公司通过信用评级的方式对一家公司和证券的信用风险进行评估。在 HJM 模型中可以将类似的信用评级运用到定价模型中(Jarrow and Turnbull, 2000)。

1.7 企业财务风险管理

1.7.1 企业所面临的风险

要想了解一家企业所面临的风险，我们先来看一张企业的资产负债表。资产负债表是一个重要的会计工具，通过归纳一家企业截至某一特定日期的资产、负债和所有者权益情况，向我们展示这家企业的财务概况。**资产**反映了企业的经济效益，而**负债**则反映了企业未来需要偿付的义务。这两者之差对公司所有者来说便是**所有者权益**(换言之，资产便是负债加上所有者权益)。基于资产或负债期限是短期(1 年或小于 1 年)或是长期的，它们又被分为流动或非流动的。①表 1.1 中列举了企业资产负债表中一些项目可能面临的风险。

表 1.1 企业所面临的风险

资产 流动资产 ● 现金和现金等价物(利率风险) ● 应收账款(利率风险、汇率风险) ● 存货(商品价格风险) 长期资产 ● 金融资产(利率风险、市场风险、汇率风险) ● 房产、厂房和设备(利率风险、商品价格风险)	**负债** ● 应付账款(利率风险、汇率风险) ● 金融负债(利率风险、汇率风险) ● 养老金债务(利率风险、市场风险) **权益** ● 所有者的持股份额

我们认为一家普通的公司通常会面临三种风险：汇率风险、利率风险和商品价格风险。这些是市场风险的三个组成部分。

(1) 如果你公司经营活动的很大一块涉及进出口或者你在海外的经营活动带来很大利润，那么你或多或少会受到汇率波动的影响，有好也有坏。你必须了解这类风险，并决定是否使用汇率衍生工具来规避它。

(2) 利率风险同样不容忽视。很少见到像微软这样有数百亿的库存现金以备投资的企业，绝大多数企业是资金短缺的。利率的波动会影响企业的融资成本，并进而影响它们的投资活动。利率衍生工具的存在提供了多种规避这类风险的途径。

(3) 除金融机构以外，其他大多数公司都会面临商品价格波动带来的风险。商品价格的上涨增加了购买原材料的成本，而这部分成本的增加却未必能够由顾客承担。例如，如果原油价格上涨，那么航空燃料的价格和航空公司的燃油成本也会上涨。有时航空公司会征收燃油附加费，但这样做并不受欢迎且效果很差。解决这个问题的另一方法就是通

① 流动资产包括公司日常营业周期中使用的或接下来 12 个月内准备交易的现金、现金等价物、应收账款、待售资产、低值易耗品等。其他资产都属于非流动资产(见 IAS 1.57)。流动负债指的是在公司日常营业周期中偿还或在 12 个月内到期的债务，以及持有供交易或不具备无条件权利在超过 12 个月后偿付的债务。其他负债是非流动的(见 IAS 1.60)。在 IAS 1 小结中的财务状况表下，给出了这些概念的定义。“IAS”是由国际会计准则委员会(IASC)制定的《国际会计准则》的简写。资料来源：www.iasplus.com/。

过石油衍生工具来规避价格风险。

1.7.2 无法规避的风险

尽管市面上已经有许多复杂的衍生工具帮助人们规避风险(以及投机),有些风险虽然说不上不可能,但也非常难以规避。比如,规避操作风险就十分困难。操作风险是由人为失误、欺诈或是管理不当而导致损失的可能性。一家银行可以通过购买保险来保护自身免受火灾带来的损失,但没有保险公司会为银行交易员按错按键而导致错误的债券交易来买单。在第 26 章中我们会给大家带来更多有关操作失误带来的损失。其他一些难以规避或无法规避的风险还包括没有期货合约可供交易时的商品价格波动风险。

1.7.3 一家蓝筹股公司的风险管理

美国财务会计准则(SFAS)的 133 号《衍生工具与避险业务会计准则》的修订本中要求美国的企业按照公允价值报告资产负债表中所有的衍生工具,同时还对避险关系建立了设计和有效性的标准。我们看一下由宝洁公司(P&G)提交给美国证券交易委员会的 10-K(年报)表格。[①]宝洁是一家拥有众多世界知名品牌的大型企业。

P&G 使用了大量的衍生工具来进行风险管理。仔细阅读这份年报后,你会发现 P&G 在风险管理中的一些有趣的特点。

- P&G 面临我们之前所提到的三类风险。
- P&G 将这些风险汇总了起来并试图让其中的一部分风险互相抵消,然后使用衍生工具来规避剩下的风险。
- P&G 并不为交易目的而持有衍生工具。
- P&G 使用了众多方法来监控衍生工具头寸,包括观测市场价值、敏感性分析和计算风险价值。当没有数据可以使用时,P&G 会使用合理的方法如估算波动率和市场因素间的相关性来进行代替。
- P&G 使用利率互换来规避基础债务的利率风险,并通过特定的货币利率互换为公司海外投资项目避险。
- P&G 在很多国家都进行产品的生产和销售。它主要依靠远期合约和期权来减少短期汇率波动带来的负面影响(公司政策会对避险的规模做出限制)。
- P&G 使用期货、期权和互换来管理原材料价格的波动。
- P&G 会指明每个证券所对应规避的特定潜在风险,并且持续关注它的有效性。
- 对于 P&G 的汇率和利率方面的风险敞口,公司有 95%的信心这些因素的波动不会对公司的财务状况造成严重的影响(前提是这些变量未来的表现不会和历史数据有太大的偏差)。P&G 预计在商品价格避险行为和信用风险敞口上不会出现太大的问题。

① 见 www.pg.com/content/pdf/home/PG_2008_AnnualReport.pdf。

- P&G 允许对高层管理者和负责人进行股票期权激励，但对股票奖励行为予以限制（员工的股票期权使用二叉树模型估值，你会在这本书的第三部分中学会如何使用这个模型）。

如何理解、制定并实施避险和风险管理策略以达到 P&G 的效果？往后看，你就知道了。

1.8 本书中的风险管理视角

巴塞尔委员会对风险的定义成为了市场参与者观察、分类和了解衍生工具市场上不同风险类型的标准途径。在本书中，我们仅将视线集中在市场风险或价格风险，因此我们在探讨风险管理时通常会扮演四种角色：个体交易商、金融机构、非金融企业和做市商交易员。

在上一章，我们首先从个体交易商的角度探讨金融证券及其市场。这种简单又直观的方法使得读者理解起来十分方便。这种方法从历史经验的角度来看也是正确的，因为无论是股票、期货还是期权市场，最先参与的都是个体交易商。

然而时至今日，衍生工具市场已经成为金融机构的领地。这并没什么奇怪的，因为随着经济的发展，国内生产总值中服务业的占比越来越大，而服务业中金融机构又占了半壁江山。这些机构通常会进行十分复杂的投资。我们之所以会从金融机构的角度探讨衍生工具和风险管理，是因为你在未来很可能会到一家机构里面工作，又或者会在日常和这些机构处理金融事务。机构一词涵盖了很多意思，包括商业银行和投资银行、保险公司、养老基金、基金会以及类似于共同基金和对冲基金这样的金融公司。在后面的章节中，我们会接触互换和利率衍生工具，而这些市场则几乎是金融机构（和非金融机构）专属的领域。

非金融企业比金融企业参与更多的实体经济活动。非金融企业给我们提供食物、发明机器、建造房屋、组装汽车、从原油中提炼汽油、发电、提供航空服务、研制家用化学品并制造了让我们储存文件和表达想法的计算机。这些企业买入原材料再生产出产品，遇到的各类风险（包括汇率风险、利率风险和商品价格风险）可能会对经营活动造成严重影响。金融工程此时便登场了，它将各种工具融合到金融合约中以满足企业的需求。这便是我们扮演的第三种角色：从非金融企业的风险管理视角来探讨衍生工具。

有时我们还会站在做市商交易员的角度。作为金融中介，做市商对他的客户报出买入价和卖出价，并从价差（这两个价格之差）中获取利润，因此做市商交易员必须管理好交易账目，小心地控制证券的存货以尽可能减小风险。个体交易商和金融机构都会在金融市场上扮演做市商的角色。

这四种视角并非是独立的，我们会在需要的时候进行视角的转换。我们在最终的分析环节中会在不同范畴间切换，这对于一个有理想的衍生工具高手来说并非坏事。借用不朽诗人威廉·莎士比亚在《哈姆雷特》中写到的话，（如果我们忘记了精神的自由，而投身于世俗中），“天地之大，赫瑞修，比你能够梦想到的多出更多”。所以，打起精神好好学习衍生工具的知识，培养你对风险管理的悟性，慢慢了解市场，学会定价模型并知道它们都有哪些不足。

本章小结

1. 衍生工具是由标的资产价格或指数决定价值的金融证券。衍生工具通常被用来规避由资产价格波动而引起的风险。例如,在20世纪的最后30年中,我们已由固定汇率时代过渡到了浮动汇率时代。而由市场决定的汇率波动也越来越大,因此人们亟需汇率衍生工具。

2. 如今全球经济互相关联,从四处袭来的风险可能是机遇但也可能是挑战。衍生工具可以用来放大风险(做杠杆和赌博),也能够减小风险(用作避险)。由于利用衍生工具赌博的行为在很多地方都依然十分常见,且衍生工具带来的不幸常会占据报纸头条,很多交易商在使用衍生工具避险时都十分谨慎。

3. 风险有很多类型。监管机构除了关注市场风险外,还需要考虑信用风险、流动性风险、操作风险和法律风险。尽管这些工作看似十分乏味,但这些风险的存在确实会蚕食企业的利润并扰乱衍生工具市场的平稳运行。

4. 衍生工具的使用有助于投资组合,即一篮子证券的风险管理。投资组合风险管理无论是对个体投资者还是类似于对冲基金和共同基金这样的金融企业来说都非常重要。

5. 很多企业都面临汇率风险、利率风险和商品价格风险,并且使用了衍生工具来进行避险。美国的企业都会通过10-K格式表格(年报)向证券交易委员会上报衍生工具的使用情况和敞口。例如,P&G公司在报告中提到,公司面临汇率风险、利率风险、商品价格风险和信用风险。P&G将风险整合在一起以试图让一部分自然地互相抵消,并使用衍生工具规避剩下的风险。

6. 我们站在不同角度讨论风险管理:个体交易商、金融机构、非金融企业和做市商交易员。而这些视角并非互相独立,我们会根据需要进行穿插讲解。

案例分析

汉密尔顿金融投资公司:基于信任的特许经营(哈佛商学院案例198089-PDF-ENG)。案例中探讨了一家在管理共同基金的同时提供折扣经纪服务的金融企业所面临的各种风险。

格罗夫纳集团(哈佛商学院案例207064-PDF-ENG)。案例中探讨了一家全球化的房地产投资公司是否应当参与房地产衍生工具交易以改变资产配置和管理企业。

法国兴业银行(A和B):热罗姆·凯维埃尔(Jerome Kerviel)事件(哈佛商学院案例110029和110030-PDF-ENG)。案例讲述了一个衍生工具交易员违规交易长达一年却从未被人察觉的故事,验证了在一个高风险和高复杂性的企业环境中内部控制的重要性。

习题和思考题

1. 衍生证券是什么?请举一个衍生工具的例子并解释它为什么是衍生工具。

2. 请列举几个衍生工具的主要功能。

3. 评价下面这句话:“避险和投机行为在衍生工具市场是并存的。”

4. 一家企业一般会面临哪些风险?

5. 请解释一下为什么如今金融期货取代农产品期货成为了世界上交易最活跃的合约。

6. 请解释一下为什么衍生工具交易是零和博弈。

7. 请解释一下为什么并非所有风险都可以规避。举个无法规避的风险的例子。

8. 名义变量是什么意思?它与资产价格之间有什么不同?

9. 请解释一下衍生工具如何给予交易商高杠杆。

10. 请解释一下默顿·米勒对金融创新动因的观点。

11. 请解释一下罗纳德·科斯对金融创新动因的观点。

12. 人们是否会随着市场波动越来越大而越来越多地使用衍生工具?请说明你的理由。

13. 国际银行监管机构在1994年的报告中是如何界定风险的?和现代资产组合理论中的定义有什么区别?

14. 实物资产和金融资产有什么区别?

15. 请解释市场风险、信用风险、流动性风险和操作风险之间的区别。

16. 请简要叙述沃伦·巴菲特和艾伦·格林斯潘对衍生工具的看法。

17. 假设一下情景:2005年阳光明媚的南加州,房价在过去几年迅速飙升,并达到了历史最高点。内森,一名软件工程师,以150万美元的价格购买了第二套房子。5年前,他在同一地块以30年的按揭贷款筹集了35万美元购买第一套房子。他已经偿还了第一笔贷款中的15万美元,目前第一套房子的价值为90万美元。内森打算把第一套房子租出去并搬到第二套房子里住。试问内森这样做是在投机还是避险?

18. 在2000年左右的时候,很多经济学家将过去的几十年称为“大缓和时代”。举例来说:

- 经济学家奥利维尔·布兰查德(Olivier Blanchard)和约翰·西蒙(John Simon)在实证研究中发现:“实体经济产出的季度增长率的变异(用其标准差来衡量)自20世纪80年代中期开始逐渐减少并已减半,而季度通胀率的变异已减少了三分之二。”
- 《华尔街日报》2008年3月19日一篇题为《巨变让波动的终结成为了神话》中提到,作为衡量股市波动性的重要指标,“芝加哥期权交易所波动率指数自2002年10月到2007年早期熊市结束时下滑了75%”;这篇文章同样还提到:“在过去的25年间,相较再往前的25年,其中经济只有16个月是处于衰减阶段。”

  a. “大缓和时代”指的是什么?

  b. 美国经济从2007年1月到2010年12月间的表现是否依旧符合“大缓和时代”?材料中(1)国内生产总值的季度变化、(2)季度通胀率的变化以及(3)这段期间的VIX波动率指数可以作为参考。

19. 请从你的角度来列举两种风险的例子,一种能轻松规避,而另一种则无法避免。

20. 请从公司网站或证券交易委员会网站上下载 P&G 的 10-K(年报)表格,并基于年报回答下列问题:

a. P&G 需要面对哪些风险?

b. P&G 是如何管理这些风险的?请指出该公司使用了哪些衍生工具并阐述是如何使用的。

c. 请指出 P&G 在风险管理中运用的方法。

d. P&G 是否允许对员工使用股票期权奖励?如果有的话,请简要说一下计划安排。公司在对员工股票期权奖励定价时使用了什么估值模型?

▶2

利　率

2.1　引言

绅士爱债券。也许你会说，我是套用了玛丽莲·梦露的电影《绅士爱美人》的表示方法。实际上，前任美国财政部长安德鲁·梅隆(Andrew Mellon)①早在这一电影问世之前就已经发现了债券这一现象。梅隆阐述这一观点主要是因为他认为投资于债券比投资于股票更安全。公司可能不对股票进行分红，但会在未来固定的日期有法定义务对债券还本付息。如果不支付债券利息则发生违约，公司将面临法律诉讼和企业倒闭的风险。不过，我们在这里假设债券无违约(信用)风险，这将大大简化我们的分析。所以，本章中讨论的债券为美国国库券。在掌握了无违约风险债券的基本特性后，我们将在本书的后面章节(第 26 章)中分析信用风险。

大多数债券都按照固定的时间安排支付利息，因而被称为**固定收益证券**。债券有助于人们将一段期限内的资金转移到另一期限。货币随着时间的推移是否保留其价值？不一定。*通货膨胀*，即一般物价水平的上涨将逐渐降低货币的购买力。在美国，最常用的衡量通胀率的指标是*消费者物价指数*(CPI)。在每一天，CPI 衡量的是一般美国居民消费的将近两百种固定商品和劳务。除了像计算机和电子产品等因技术进步而价格大幅度下跌的产品，一般而言，100 美元今天能够买到的东西远不如 10 年以前。为了降低通胀的成本，货币赚取利息。于是，人们不再将现金放在床垫下面，而是存入银行账户中安全地增值。

那么，利率是什么？**利率**是货币的借贷价格。你认识到 100 美元的借款成本是一年向贷款者支付 5 美元的利息。假设年通胀率是 3%，与美国本世纪初的通胀率非常接近。如果无风险贷款的年利率是 3.1%，于是，借款利率出奇便宜，而这类贷款的 30%会非常昂贵。利率在一定程度上弥补了贷款者承担的通胀风险，并对其将消费延迟到以后加以

① 安德鲁·威廉·梅隆(1855—1937 年)曾是一位极为成功的商人，他拥有银行、钢铁厂和其他几个不同的产业。他曾在三届总统任期内(1921—1932 年)担任美国财政部长，他提出“供给方税收减免”，比里根总统普及这一概念早了将近 60 年。资料来源：大不列颠百科全书在线版中的安德鲁·梅隆传记；美国财政部网站：www.ustreas.gov/education/history/secretaries/awmellon.html。

补偿。

计算利率的方法有很多。三种基本方法是:单利、复利和连续复利。在金融理论和实践中,每一种利率概念都有其用途。无论是风险贷款还是无风险贷款,都涉及利率的计算。本书中讨论的第一种利率是无风险利率。

如何找到无风险利率?美国政府发行的国库券被视为无违约风险证券,因为联邦政府有征税职能。各种不同期限的无风险利率都可以很容易地从其价格中扣除。我们会简单地解释如何扣除,之后阐述美国国库券市场如何运作,我们将对该市场上交易的短期、中期和长期国库券、资产剥离债券(STRIPS)和财政部通胀保护债券(TIPS)进行介绍。在本章的最后,我们将讨论伦敦银行同业拆放利率,该利率在国际衍生工具市场上起着非常重要的作用。

本章的开始,我们首先介绍回报率,之后我们将讨论利率的三种基本类型。

2.2 回报率

在金融领域,我们会时常提及通过价格计算出的回报率。回报率衡量的是一个投资行为已经赚了多少钱。例如,如果你今天按照 50 美元购买一支债券,6 个月后按照 52 美元卖出,则你的投资所得为 2 美元。这段期限内你的投资回报率为 4%(即,(52 − 50)/50 = 0.04)。

如果我们不提及投资的时间长短,那么,是很难对回报率进行比较的。我们需要知道投资的期限是 6 个月,还是 37 周或 91 天。因此,我们有必要按年来标准化地计算回报率。在此案例中,**年化回报率**是 8%。

$$\left(\frac{12}{6}\right)\times 0.04 = 0.08 \text{ 或 } 8\%$$

计算回报率更精确的办法是假设一年有 365 天(有些计算是假设闰年有 366 天),将实际投资的天数纳入计算中。假设这里 6 个月的实际天数为 181 天,则年化回报率为 8.07%。

$$\left(\frac{365}{181}\right)\times 0.04 = 0.080\,7 \text{ 或 } 8.07\%$$

这一投资的**资本利得**为 2 美元,即卖出价(最终)与买入价(初始)间的差价,但是在 6 个月期限中,有可能产生其他现金流。例如,债券产生利息支付,股票支付红利。如果我们 50 美元的投资在这期间产生 0.50 美元的利息,则年化回报率为:

$$\left(\frac{365}{181}\right)\times\left(\frac{52+0.50-50}{50}\right) = 0.100\,8 \text{ 或 } 10.08\%$$

在这一投资中,投资利润是 2.5 美元,经纪人佣金等费用将从利润中扣除。如果投资或商业活动中产生总盈利,则投资将产生利润。当总收益减去总成本之后为正值时,该投资活动产生利润;反之,为负值时将产生亏损。在金融领域中,

$$\text{利润(或亏损)} = (\text{卖出价} + \text{收入}) - (\text{买入价} + \text{支出}) \tag{2.1}$$

其中，卖出价为最终价，买入价为初始价。如果计算结果为正值则意味着利润；为负值意味着亏损。①

通过上述讨论，我们得出计算年化回报率(即算术回报率)的公式。

结论 2.1

年化回报率

$$\text{年化算术回报率}=\left(\frac{365}{T}\right)\times\left(\frac{\text{卖出价}+\text{收入}-\text{支出}-\text{买入价}}{\text{买入价}}\right)$$

$$=\left(\frac{365}{T}\right)\times\left(\frac{\text{利润或亏损}}{\text{买入价}}\right) \tag{2.2}$$

其中，T 表示期限，即债券投资期限内的具体天数；收入和支出分别表示投资中产生的现金流为正值和负值(回报率一般以百分比表示，所以计算结果需要乘以 100)。

在拓展 2.1 中，我们具体讨论了数字四舍五入、报告数据和时间度量的一些合理惯例，本书也采用了这些惯例。

拓展 2.1　利率的四舍五入、数据报告和时间度量的惯例与规则

为了维持一致性，将不必要的误差最小化，我们在利率的四舍五入、数据报告和计算方面遵循一些规则。通常在报告利率数据时将利率水平保留在小数点后面 4 位数。在所有的计算中，在报告数据之前，为了精确起见，我们保留 16 位数。根据四舍五入计算出的报告结果和计算结果之间的差额是因为以下几种情况产生的：

- 如果小数点后第 5 位数字大于 5，则加 1 到小数点后面第 4 位数中，例如 0.234 56 就变成了 0.234 6；
- 如果小数点后第 5 位数字小于 5，则小数点后面第 4 位数字不变，如 0.112 23 变成了 0.112 2。
- 如果小数点后面第 5 位数字正好等于 5，则加 1 到小数点后面的第 4 位数中，例如 0.123 452 变成了 0.123 5。

在一些情况下，我们需要在小数点后面保留更多位数字，这一做法将在适当的时候加以提示。

虽然我们通常将利率水平保留在小数点后面第 4 位，但美元利率通常是保留在小数点后面 2 位数，通常只在最终的数据结果前面加上美元的货币符号“$”。在一些段落中，如果大家都明白是美元，我们也可能将美元的货币符号省略。

不同的市场遵循不同的时间惯例。短期国库券的利率计算惯例是一年中的实际天数除以 360 天。许多银行支付的利息是每天计复利。互换交易采用半年计单利的方式，而

① 卖空是一个例外(参见第 3 章)。在卖空交易中，卖出发生在先，买入发生在后，但在表达式中还是保留了正值和负值。

许多公式使用的是连续复利率。

许多模型用年来衡量时间。如果我们以时间 0 开始，证券在 T 年到期，则该证券的期限为 T 年。如果以 t 作为起始年，则证券的期限就为 $(T-t)$ 年。我们倾向于在公式中用第一种惯例。时间期限按照以下惯例加以转换。

- 如果时间期限是用天数来计算，则使用实际天数和一年有 365 天的惯例（除非专门强调），比如将实际天数 32 天换算成 0.087 7 年，即 32/365 = 0.087 7 年。
- 如果时间期限是用周来计算，则使用一年有 52 周的惯例，例如 7 周相当于 0.134 6 年，即 7/52 = 0.134 6 年。
- 如果时间期限是用月来计算，则使用一年有 12 个月的惯例，例如 5 个月相当于 0.416 7 年，即 5/12 = 0.416 7 年。

归纳起来，我们遵循以下规则和计算惯例。

数字的四舍五入规则及报告数字和衡量时间的惯例

- 报告数字保留到小数点后面 4 位。所有的计算都采用 16 位数字，不使用四舍五入后的数字。经过四舍五入后的报告数据与实际计算结果之间的差异都是因数字的四舍五入产生的。
- 最后的美元计算结果保留小数点后面 2 位数，并且为最后的计算结果添加美元的货币符号。
- 时间期限用年来衡量。如果我们以时间 0 作为开始，证券在 T 年到期，则该证券的期限为 T 年。如果以 t 作为起始年，则证券的期限就为 $(T-t)$ 年。

2.3 基本利率：单利、复利和连续复利

所谓利率是即将发生的贷款的承诺回报率或已经发生贷款所实现的回报率。计算利息的方式很多。银行、信用卡公司等金融机构已经设计出聪明的方式，以使利率表面上看起来不如实际上那么高。这就是为什么政府在利率方面制定标准以有助于顾客了解利息成本。例如，在美国，所有贷款者必须按照年百分率（Annual Percentage Rate，APR）披露其收取的贷款利率，该利率是年化单利率。

计算利率的方式有很多。对于某一标出的利率水平，其最终产生的利息多少会因为以下原因而不同：(1)计算复利的方法；(2)计算复利的频率（年复利、月复利、日复利或连续复利）；(3)一年中的天数（52 周、360 天、365 天或闰年的 366 天）；(4)贷款的天数（实际天数或按月增加）；(5)其他术语和条件（先得到一半贷款额，另一半贷款额随后得到；保持一个补偿性余额）。我们并不想在这里提供利率计算惯例的一个复杂清单，而是集中讨论利率的三个基本方法：单利、复利和连续复利，帮助我们学习贴现和按复利计算终值，从而能够让我们对现金流进行时间转换。

单利被用于一些复杂的衍生工具中，如上限期权和互换交易等。在单利率情况下，货币不计复利。报价采用年利率。当我们需要计算几个月的利率水平时，需要将年利率

分解。

复利是指原始本金和应计利息两者赚取的利息。银行对你账户中的每日余额提供利息。当银行计复利时，用年利率除以复利频率(每天、每周或每月)，再乘以这些利息，从而计算出贷款的到期价值。

连续复利是指在连续的基础上支付利息。当复利间隔数越来越大，赚取利息的间隔时间越来越小时，一个人可以将连续复利视为复利限额。例 2.1 演示了三种利息的计算方法。

【例 2.1】 单利、复利和连续复利利率

(1) 单利率

- 假设你今天投资 $100，年利率 6%是单利。
  —1 年后，该投资将增值为 $106。
  —6 个月后，该投资将增值为 $103，即 $100\times[1+0.06(1/2)]=\$103$。
  —1 天后，该投资将增值为 $100.02，即 $100\times[1+0.06(1/365)]=100.164=\$100.02$。
  —250 天后，该投资将增值为 $104.11，即 $100\times[1+0.06(250/365)]=\$104.11$。
- 通过上述计算，我们可以用代数的方式归纳出投资增值按单利计算的公式。这里：$L=\$100$，是本金，即初始投资额。该投资额按照利率 $i=6\%$ 投资 T 年，T 用年或一年的一部分来衡量，在前面的表述中 T 分别为 1、1/2、1/365 和 250/365。按照单利计算，将 L 金额按照 i 投资 1 年后的结果为 $L(1+i)$，投资 T 年后的结果为 $L(1+iT)$。这一计算方法在图 2.1 中加以描述。需要注意的是，单利也是回报率，如果 T 为 1 年，则可以推导出与式(2.2)有关联的按照 365/365 惯例来计算的回报率，即 $[L(1+iT)-L]/L=i$。

(2) 复利率

- 利滚利是怎么回事？这便是复利的概念，即将本金和累计利息两者合在一起计算利息。我们将 T 期限分割，并且将我们的资金在 m 间隔内投资。在每一个间隔时间段，货币赚取的是单利。在每一个间隔段结束时，本金和累计利息变成了赚取利息的新的本金。
  —如果每半年计复利，则 $100 在 1 年后的投资结果是①

$$
\begin{aligned}
&100\times\left[1+0.06\left(\frac{1}{2}\right)\right]\times\left[1+0.06\left(\frac{1}{2}\right)\right]\\
&=100\times\left[1+0.06\left(\frac{1}{2}\right)\right]^{2}\\
&=106.09
\end{aligned}
$$

① 附录中讨论了如何书写包括指数在内的表达式，而且还阐述了这些表达式的计算规则。需要注意的是，APR 保持 6%，但你的投资所赚利润在该年底将多于 6%，这便是有效年利率(effective annual interest rate，EAR)概念，即实际实现的年化利率，用 $(1+i/m)^m-1$ 表示，m 是计复利频率，在这里，因为 $m=2$，所以，EAR 为 0.060 9，或 6.09%。

—如果1年计3次复利，则1年后的投资结果是

$$100\times\left[1+0.06\left(\frac{1}{3}\right)\right]^{3}=106.12$$

—如果你的当地银行对你的投资每天计复利，则1年后的投资结果是

$$\begin{aligned}&100\times\left[1+0.06\left(\frac{1}{365}\right)\right]\times\left[1+0.06\left(\frac{1}{365}\right)\right]\cdots 365\text{ 次}\\&=100\times\left[1+0.06\left(\frac{1}{365}\right)\right]^{365}\\&=106.18\end{aligned}$$

—现在假设一笔期限为 T 年的贷款，如果按照天计复利，则250天(或250/365年)后，$100将增加到：

$$\begin{aligned}&100\times\left[1+0.06\left(\frac{1}{365}\right)\right]\times\left[1+0.06\left(\frac{1}{365}\right)\right]\cdots 250\text{ 次}\\&=100\times\left[1+0.06\left(\frac{1}{365}\right)\right]^{250}\\&=104.19\end{aligned}$$

—归纳起来，将上述计算步骤中的第二步改写为：

$$100\times\left[1+0.06\left(\frac{1}{365}\right)\right]^{365\left(\frac{250}{365}\right)}$$

(本书的附录中给出了这些复利的计算规则。)

- 与前面一样，为了计算复利，我们用符号替代前面的数字。假设：$L=\$100$，是本金，该投资额每年按照利率 $i=6\%$ 投资 T 年；但是，利息每年被计复利 m 次。m 分别为1/2、1/3和1/365。$T=1$ 年，除了在上例中为250/365。于是，按照复利计算，L 金额投资1年后将变为 $L(1+i/m)^{m}$，如果投资 T 年，最终的投资结果将(如图2.1所示)为

$$L\left(1+\frac{i}{m}\right)^{mT}$$

(3) 连续复利

- 为什么计复利的最高次数为365？而不是1年计复利100万次？如果1年计复利100万次，则1年后的投资结果将增加到$106.183 654 5。有两件事情需要强调。一是随着复利频率增加，赚取的利息也会增加，但利息增加额将递减，即投资一段时间后，货币增值将减缓。例如，年复利频率1 000万次，将只会在年底带来$106.183 654 7的结果。
- 接下来我们讨论连续复利，其中利率 r(注：我们用 r 替代先前用的 i)被连续复利。如果年复利频率 m 数值越来越大，则在每一个复利间隔期限内利率值 r/m 会越

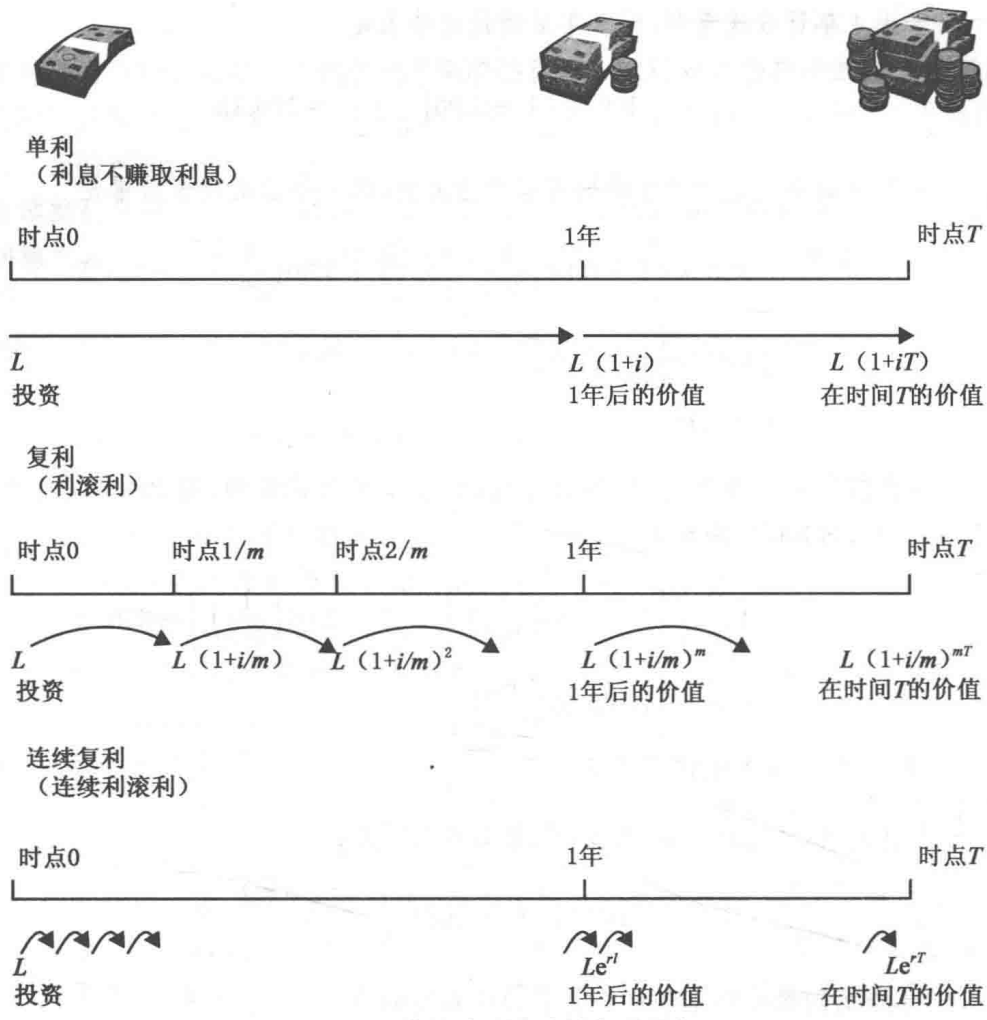


图 2.1　单利、复利和连续复利利率

来越小。如果一开始为 $1，则在年末会变为 Le^r（其中，指数函数 e 是自然对数的底（从数学的角度来看，$\log x \equiv \ln(x) = M$，即 $e^M = x$），约为 2.718 3。计算器中用 e^r 或 exp(…)表示的就是指数函数。

- 但这里只是计算了 1 年的复利。投资额在 T 年后增加为 e^{rT}。归纳起来，在计算连续复利时，投资额 L 按照年利率 r 投资 1 年后的结果为 Le^r，投资 T 年后的结果为 Le^{rT}（在附录中我们对产生过程进行阐述，并在图 2.1 中加以描述）。在我们所举的例子中，年末的投资结果为：

$$100e^{0.06} = 106.183\,654\,7$$

注意，虽然年利率为 6%，但有效年利率 $= e^r - 1 = 6.183\,7$。

这是**连续复利回报**（或**对数回报**）的例子。在布莱克—斯科尔斯—默顿模型中连续复利利率被用来作为一个输入变量。从我们的例子中看出，对于（年末结果为 $106.18 的）日复利而言，（年末结果也为 $106.18 的）连续复利比（年末结果只为 $106 的）单利要准确一些。

我们在结论 2.2 中汇总了三种利息计算方法。

结论 2.2

单利、复利和连续复利

单利

本金 L 美元投资 T 年后的结果是：

$$L(1+iT) \tag{2.3a}$$

其中，年利率 i 是单利率。

复利

本金 L 美元投资 T 年后的结果是：

$$L[1+(i/m)]^{mT} \tag{2.3b}$$

其中，i 是以百分比表示的复利率，m 是每年计复利的次数。

连续计复利

本金 L 美元投资 T 年后的结果是：

$$L\mathrm{e}^{rT} \tag{2.3c}$$

其中，r 是以百分比表示的连续复利率，e 是指数函数。

2.4 贴现(PV)和复利(FV)：货币的时间价值

我们可以使用利率来发现美元回报或为零息债券定价。如果我们今天投资 1 美元，该美元不断地赚取利息而我们并不支取，则在到期日的最终金额就是**美元回报**。美元回报衡量的是所投资的美元如何随着时间的流逝而增值。在现实生活中，你可以将美元投资于**货币市场账户**(mma)来赚取美元回报，在每一段期限内赚取无风险利率。

美元回报的倒数是零息债券的价格。**零息债券**以折价出售，在债券的期限内不产生任何利息支付，在债券的到期日以本金(或面值)偿付。

零息债券和货币市场账户利率密切相关：零息债券价格(B)和按照 mma 利率投资所得到的美元回报($1+R$)之间是倒数关系，即 $B=1/(1+R)$。零息债券和 mma 利率都是为了帮助人们赚取货币的时间价值。关于美元回报和零息债券价格的计算，详见例 2.2。

【例 2.2】 货币的时间价值——美元回报和零息债券价格的计算

- 假设单利年利率 6%，今天为时点 0，债券在时点 $T=1/2$ 年到期，则按照 mma 利率投资 6 个月的美元回报为：

$$1+R=1\times[1+0.06(1/2)]=1.03 \text{ 美元}$$

该美元回报就是今天 1 美元投资的终值。

- 对于 6 个月后支付 1 美元的零息债券，其今天的价格为：

$$B\equiv 1/(1+R)=1/1.03=0.970\,9 \text{ 美元}=0.97 \text{ 美元}$$

这就是 6 个月后收入为 1 美元的现值。

结论 2.3

美元回报和零息债券现金流的复利和贴现

假设今天(时点 0)的现金流为 $C(0)$,在一段时间后(时点 T)现金流为 $C(T)$,于是,今天的现金流乘以美元回报(或除以零息债券价格)便得到其未来价值:

$$C(0)R = C(0)/B \tag{2.4a}$$

用未来现金流 $C(T)$ 乘以零息债券价格(或除以美元回报)便得到其现值(或贴现值):

$$BC(T) = C(T)/(1+R) \tag{2.4b}$$

其中,$(1+R)$ 是今天投资的 1 美元在时点 T 的美元回报,$B \equiv 1/(1+R)$ 是时点 T 支付 1 美元的零息债券在今天的价格,T 是至到期日的年数。参见图 2.2。

在单利的情况下:

$$1+R = (1+i \times T) \tag{2.4c}$$

其中,i 是每年的单利率。

在连续计复利的情况下:

$$1+R = e^{rT}$$

其中,r 是每年的连续复利率。

你可以利用上述方法轻易地计算出发生在不同期限的现金流的时间价值(详见拓展 2.2)。例 2.3 描述的是,当给定一个无风险连续复利率时,如何计算现金流的复利以及对现金流进行贴现。

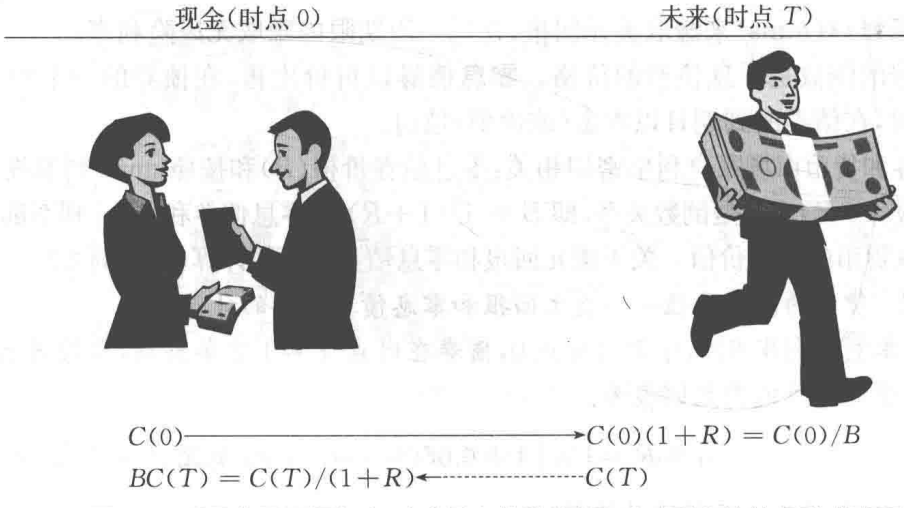


图 2.2 利用美元回报(1+R)或零息债券价格(B)对现金流计复利或贴现

【例 2.3】 利用连续复利率计算现金流的现值

- 假设我们将在 6 个月后收入 100 美元,如果无风险连续复利率 r 为 6%/年,则 $C(T)$=100 美元,r=0.06,T=0.5 年,利用等式(2.4b)和等式(2.4d),100 美元的

现值为：

$$100e^{-0.06\times0.5}=97.044\,6=97.04 \text{ 美元}$$

- 沿用前面所界定的标号，$B=0.970\,446$ 美元，如果你按照6%的连续复利率将这一金额进行投资，则6个月后将收入1美元，因此，我们也可以将6个月后的100美元的现值(PV)表示为$100B$。
- 需要强调的是$(1+R)=1/B=1.030\,454\,5$，于是，利用等式(2.4a)和等式(2.4d)，100美元6个月后的终值(FV)为：

$$100(1+R)=103.045 \text{ 美元}$$

连续复利将被用于诸如布莱克-斯科尔斯-默顿模型等著名的期权定价模型中。如果你正在试图计算期权价格，并且已知零息债券的市场价，那么，如同例2.4，你可以计算出无风险连续复利率，并将其嵌入布莱克-斯科尔斯-默顿模型中。

拓展2.2 计算现金流的时间价值

在本书中，计算现金流的时间价值将是很重要的工具，人们可以利用利率、零息债券和mma利率进行具体的计算。

【例1】 计算现金流的时间价值

- 假设你将在1年后毕业，并期待得到一份工作，争取在年底有5 000美元的储蓄。此外，你期待年底有10 000美元的奖金。我们做以下假设：(1)摒弃风险现金流必须按照风险贴现率进行贴现的基本原理；(2)假设不同期限的贷款利率是相同的——我们借入这些未来现金流，并用这些资金帮助你支付学费。
- 你的银行向你提供年利率为6%的贷款，每天计复利，用连续复利率来计算，假设无风险连续复利率$r=6\%$，则将在2年后到期的零息债券价格为：$B(2)=1/e^{rt}=e^{-0.06\times2}=0.886\,9$美元(保留到小数点后面4位数)，$C_1(2)=5\,000$美元，$C_2(2)=10\,000$美元，将现金流逐一贴现并加总，我们先得到：$B(2)C_1(2)=0.886\,9\times5\,000=4\,434.60$美元，$B(2)C_2(2)=0.886\,9\times10\,000=8\,869.20$美元，于是，将两者加总：

$$B(2)C_1(2)+B(2)C_2(2)=13\,303.81 \text{ 美元} \tag{1}$$

- 另一计算方法是：将现金流加总之后，再乘以零息债券价格来贴现：

$$B(2)[C_1(2)+C_2(2)]=0.886\,9\times(5\,000+10\,000)=13\,303.81 \text{ 美元} \tag{2}$$

上述两种计算方法得出的结果是相同的。在实际计算过程中，$B(1)$和$B(2)$的计算都不是保留到小数点后面4位数(参见拓展2.1)。

- 等式(1)和等式(2)可被简化为某一特定期限内($t=2$)现金流的贴现公式：

$$B(2)C_1(2)+B(2)C_2(2)=B(2)[C_1(2)+C_2(2)] \tag{3}$$

等式(3)还可被表示为：

$$B(2)\left[\sum_{s=1}^{2}C_s(2)\right]=\sum_{s=1}^{2}B(2)C_s(2) \tag{4}$$

- 如果将上述结果拓展到不同期限的现金流的计算会怎样？接前例，假设你的祖父母通过投资享受税收优惠的教育储蓄账户为你的大学作准备，1 年后（$t=1$）你的祖父母将赠予你 $C_1(1)=12\,000$ 美元，你的外祖父母将赠予你 $C_2(1)=10\,000$ 美元，利率 r 为 6%，1 年后到期的零息债券价格为 $B(1)=e^{-0.06\times1}=0.941\,8$ 美元，则这些现金流的现值为：

$$B(1)[C_1(1)+C_2(1)]=0.941\,8\times(12\,000+10\,000)=20\,718.82\text{ 美元} \tag{5}$$

- 假设你现在要根据这些未来现金流的水平，来决定今天需要得到的贷款金额，则需要计算四个现金流的现值，其中包括 1 年后发生的两个现金流和 2 年后发生的两个现金流，无论采用哪种计算方法，计算结果都是相同的，均得到 34 022.63 美元的结果，即：

$$\begin{aligned}&B(1)C_1(1)+B(1)C_2(1)+B(2)C_1(2)+B(2)C_2(2)\\&=B(1)[C_1(1)+C_2(1)]+B(2)[C_1(2)+C_2(2)]\end{aligned}$$

- 我们可以将上述计算方法概括为结论 1。

结论 1

现金流的现值加总等于加总额的现值

假设有 S 只证券，并提供 s 个现金流（$s=1,2,\cdots,S$），一些现金流可能为零。这些现金流可能发生在期限 t（$t=1,2,\cdots,T$），于是，证券 s 在期限 t 产生的现金流为 $C_s(t)$。于是，每一现金流的现值之和等于(1)所有证券在某一期限 t 产生的所有现金流之和；(2)计算加总现金流的现值；(3)将所有期限产生的现金流的现值加总。计算公式如下：

$$\sum_{t=1}^{T}\sum_{s=1}^{S}B(t)C_s(t)=\sum_{t=1}^{T}B(t)\left[\sum_{s=1}^{S}C_s(t)\right] \tag{5}$$

其中，$B(t)$是在时间 t 支付 1 美元的零息债券的价格。

【例 2.4】 从零息债券中推导连续复利率

- 假设一支零息债券今天值 0.90 美元，并在 2 年后偿付 1 美元。假设货币按照每年 r 连续计复利，则：

$$0.90e^{2r}=1$$

或

$$e^{2r}=1/0.90$$

- 因为 $\log(e^r)=X$，因此，取自然对数：

$$2r=\log(1/0.90)$$

或 $r=(1/2)\log(1/0.90)=0.052\,7$ 或 5.27%。

我们用符号替代上述表达式中的数字（$2=T$，$0.90=B=1/[1+R]$），便得到结论 2.4，将一个名义变量（利率）延伸到一个交易资产的价格（一支零息债券或美元回报），反之亦然。

结论 2.4

从零息债券或美元回报中推导连续复利率

我们可以利用下列等式，从零息债券 B（或美元回报 $1+R$）中推导连续复利率的年利率水平：

$$r=(1/T)\log(1/B)=(1/T)\log(1+R) \tag{2.5}$$

其中，T 是至到期日的年数。

通过上述讨论，你已经知道了如何为零息债券定价、计算货币的时间（T）价值、计算美元回报（$1+R$）和连续复利率（r），你可能很想知道零息债券价格是怎样来的。我们接下来讨论美国国债市场，即美国政府债务的交易市场。

2.5 美国国债市场

现代金融已经使国库券（国债）变成了一个有趣且令人激动的领域，基于国库券，人们已经开发出各类衍生工具。虽然国库券看上去很一般，但它已经成为金融领域的基石，具体表现为五个方面：

（1）国库券的 5 个特点是尤其重要的：①这些债券证券不存在违约风险，因为它们由美国政府提供十足的信用担保；②它们在国际金融市场上的买卖差价是最小的（大多数交易活跃的国债买卖差价只有 1 到 2 个基点，1 个基点是万分之一）；③国债利息免征州和当地的所得税；④国债的最小面值为 1 000 美元；⑤国债的期限从 1 天到 30 年不等。

（2）国债价格可以帮助我们确定未来的借贷利率。如果 10 年后要借入两年期的资金，其利率是多少？如同在第 21 章中所阐述的，我们很容易从国债价格中来确定这一利率水平。

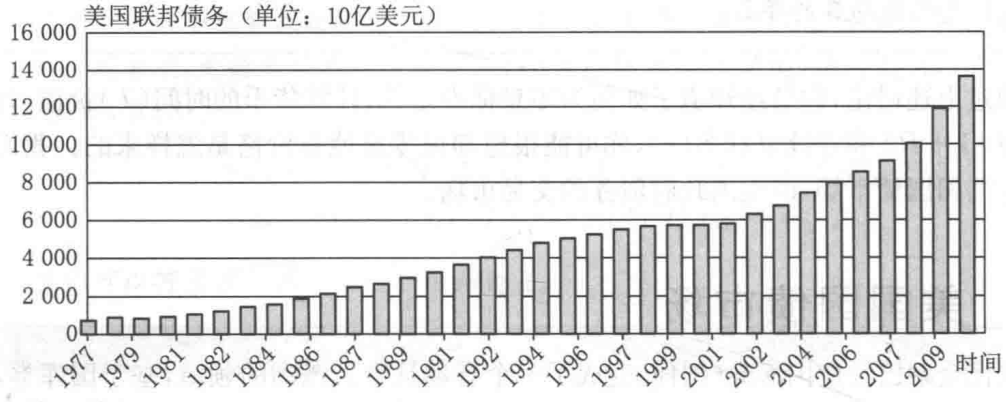
（3）我们将研究国债的期货和期权。我们在第 1 章中已经提及国债期货。国债期货已经成为最活跃的期货交易产品。当今金融市场上风险日益增大，而固定收益衍生品可以成为人们规避利率风险的有力工具。

（4）诸如赫斯—加罗—默顿模型等利率期权定价模型，放宽了布莱克—斯科尔斯模型中设定利率为常数的假设。它们经常使用不同期限的国债利率作为必要的输入变量。

（5）此外，越来越多的金融公司通过证券化将许多个人贷款和债务包装成证券并出售给第三方投资者。你的住房抵押贷款、汽车贷款和信用卡贷款可以以证券化方式得到融资。将贷款在更广阔的市场上出售可以为消费者提供更有竞争力的利率。资产支持证券的利率定价是通过在相应期限的国债利率的基础上加上一个基点价差得出的。我们将在第 26 章中讨论资产证券化，并对资产证券化在 2007—2009 年的金融危机中产生的重要影响进行分析。

2.6 美国联邦债务拍卖市场

人们曾经问美国前总统里根对日益增加的财政赤字有何想法，回答是："财政赤字足以应付其自身的问题！"无论哪一个党派在华盛顿执政，在过去的几十年里，政府的开支一直大于税收。这些年，财政赤字（＝政府收入－政府开支）已经导致美国巨额政府债务，截至2010年美国政府债务已经超过了13万亿美元（图2.3给出的是美国政府债务每年的增加情况）。这一现象不足为奇，因为执政党上任后总是为了迎合选民的要求而大量花钱上马众多的建设项目。



资料来源：www.treasurydirect.gov/govt/reports/pd/histdebt/histdebt.htm。

图2.3 美国未结清债务

无论什么原因，美国的政府债务和赤字在20世纪90年代迅猛增加，并且成为美国政治的一个焦点问题。不断增长的赤字让美国百姓认为未来的税收会更高。里根总统执政时期的减少供给方税收不再奏效，联邦收入所得税率被立即抬高。繁荣经济也增加纳税收入。其结果是，美国政府开始在2000年之后偿还债务，但政府盈余很快消失，财政赤字又重现。

环境决定命运。巨额联邦债务迫使财政部采取有效方式筹集资金。结果是，美国通过密封投标拍卖，开发了一个极其复杂的出售国库券的系统，密封投标拍卖模型已经被很多国家所采用。具体做法是，国债的买方提交密封投标书，该投标书是一份书面承诺，承诺按照某一固定价格买入一定数量的国债，出价最高的买方将有机会买入国债。实际上，这些密封投标书是收益拍卖，投标者在其中规定一个收益，而财政部将该利率折算为一个价格。美国财政部每年进行的国债拍卖次数超过150次，每次出售的国债在100亿至200亿美元间不等，用于为政府的债务融资。

2011年10月31日，美国共有21个国债一级交易商，它们是：法国巴黎银行、巴克莱资本公司、杰拉德公司、花旗环球金融、（美国）瑞士信贷证券公司、日本大和证券美国公司、德意志银行证券公司高盛、汇丰证券美国公司、J.P.摩根证券公司、日本瑞穗证券美国公司、摩根士丹利、RBS证券公司和UBS证券公司。纽约联储主要与这些大型证券公司买卖国债，并操作公开市场业务进而调整货币供应量。这些证券公司与其他直接或间接

的竞价者一样，也积极在国债拍卖中参与竞价。由于一旦竞价出错，即使出现几个基点的差错，都可能产生百万乃至千万美元的利润和亏损的差别，因此它们竞价都很谨慎。总之，国债拍卖中参与竞价者都利用各种信息在尽可能接近截止日期日才提交竞价。

假设你在东部时间下午 1 点之前走进联储办公室，此时投标时间即将在 1 点截止，你会看见竞价投标代表手持手机和即将填写完毕的竞价投标表格，就剩下国债收益（即价格）和数量两项内容未填写。在投标的最后一刻，投标交易员们急于要做的事情是，报出所投标的国债收益和要求回购的国债数量。回购者草草地记下这一关键信息，并立即在投标时间的最后一刻，提交竞价。

是否国债所有的投资者都参与了竞价投标？不是的，对于小额国债投资而言，财政部允许非竞争性投标。这些投标总是能足额拍卖，它们的价格由那些有竞争力的投标者决定。以往，10%—20%的典型国债拍卖被非竞争性投标者买入。非竞争性投标鼓励一般老百姓直接参与国债拍卖过程。

竞争性和非竞争性投标的报价被公布，投标成功者最终买入国债。拍卖结果在新闻发布会上公布。《华尔街日报》和其他媒体都刊登投标结果。在美国，一年中国债投标次数超过 150 次。

国债拍卖本身是怎么回事？是否具体的拍卖程序存在优劣之分？拓展 2.3 中考察了多年以来美国国债拍卖采用的两种主要方式。

拓展 2.3 多价格拍卖和统一价格拍卖

为什么要拍卖？虽然美国在 1929 年开始通过拍卖的方式出售国债，但长期债务（中期和长期国库券）一直是通过**固定价格报价**来进行出售的，所谓固定价格报价是指国债价格、利率和到期日是被提前公布的。固定价格报价也存在问题。如果提供的价格比较优惠，则许多国债购买者就会踊跃购买，反之，国债则无人问津。结果是，为了吸引国债购买者，报价必须是抑价。这一抑价导致财政部每年产生额外的 1—2 亿美元的成本。然而，拍卖避免了上述问题，它可以让投标者正确地为证券定价。

拍卖可以有很多方式。似乎在学术界，人们一直在探讨并评价国债的拍卖方式，探讨的重点是要发现哪一种拍卖方式能：(1)为财政部筹集更多的资金，以低成本弥补财政赤字；(2)不被恶意投标者操纵，维持国债市场的公平声誉。多数人不赞成歧视，然而，美国财政部曾通过**多重价格拍卖**（或**歧视性价格拍卖，DA**）出售国债，让成功的投标者来为同一证券支付不同的价格。这一“你支付的就是你的投标价”赢家诅咒便由此产生，于是，成功投标者（赢家）支付的平均价往往高于证券本身的价值。详见下例。

【例 1】 多价格拍卖和统一价格拍卖

- 假设有 5 个投标者为买入 3 个相同的银杯而分别出价 100 美元、98 美元、96 美元、95 美元和 90 美元。

  —出价最高的三个人得到银杯。

  —在多价格拍卖中的平均价为 98 美元。

  —出价最高的投标者支付 100 美元，高于平均价 98 美元。

(表 2.1 中给出了投标标价小结(拓展 2.3)。)

- 诺贝尔奖获得者威廉·维克里(William Vickrey)有其新的见解。在其 1961 年发表的论文中,他引入了**第二价格拍卖**的概念(也称为维克里拍卖),即出价最高者赢得投标,但赢得投标者支付的金额等于投标的第二高价。这一奇怪的想法让国债拍卖成为一件有趣的事情。米尔顿·弗里德曼将这一见解用于国债市场,他在 1959 年向美国财政部提出采用**统一价格拍卖(UPA)**,即所有赢得投标者将支付的价格为投标未成功者中的最高报价。他否定了多价格拍卖,理由是赢者诅咒,以及赢得投标者之间有勾结和信息共享的可能。
- 统一价格拍卖终结了多价格拍卖,并且看上去更公平一些。但是否会减少财政部的收益?也许不会。金融和经济学领域的一个主要教训是,机构的作用重要,并且游戏规则影响人们的行为。在统一价格拍卖中,投标者可能会出较高的报价,该行为会使财政部的收益高于多价格拍卖下的收益。这取决于需求曲线在统一价格拍卖中向外移动的程度。需要注意的是,多价格拍卖下产生的额外收益与统一价格拍卖下更激进的报价和更大程度的参与所可能产生的收益之间,呈现此消彼长的关系。

美国财政部于 20 世纪 70 年代开始采用统一价格拍卖,但效果不理想。是否存在勾结?研究发现,20 世纪 80 年代墨西哥国债的发行方式从多价格拍卖转变成统一价格拍卖,这一做法减少了相互勾结的交易员获得的利润。在 1991 年 5 月所罗门兄弟公司操纵了 2 年期国债拍卖之后(故事细节参见第 10 章),弗里德曼和其他学者主张采用统一价格拍卖。大多数学者认为,统一价格拍卖提高了收益并减少了市场操纵的机会(Chatterjea and Jarrow, 1998, p.277)。于是,美国财政部再次采用了统一价格拍卖,可喜的是,带来了市场的广泛参与,并于 1998 年 11 月 2 日在所有的拍卖中都采纳了这一做法。

表 2.1　向 5 个投标者出售 3 个银杯

	多价格拍卖(DA)	统一价格拍卖(UPA)
投标 1(最高价)	100	105
投标 2	98	103
投标 3	96	100
投标 4	95	99
投标 5(最低价)	90	95
支付的平均价	98	99
评　　述	报价最高的 3 个人得到银杯并支付其投标价	3 个出价最高的人得到银杯但支付价为投标失败者中所出的最高价

2.7 投资国债的不同方式

在国债拍卖中竞价并不是买入国债的唯一方式。例如，还可以：(1)在二级市场买入；(2)通过回购和逆回购市场买入；(3)通过利率衍生工具买入。这里将着重讨论采用上述各方式买入国债的具体操作。除去非常少的一些个例外，这些市场的流动性通常较强，并且(商业银行、投资银行、养老金、共同基金和对冲基金等)机构投资者是主要的市场参与者。

2.7.1 国债拍卖及相关市场

在国债拍卖之前的一周左右，财政部公开即将发行的国债规模、期限和被拍卖的国债面值。财政部允许进行国库券的远期交易，期限为公布之日与拍卖日以及即将被拍卖的日期之间的这段时间。交易商在国债预发行市场上持有头寸，于是，一致价格出现。国债发行市场将国债需求延续 7—10 天，这样便使市场对证券的吸收表现出一个平稳过程。在发行市场上，当国债经过拍卖得以供应之后，买卖双方便履行其承诺。

新拍卖的国债称为新发行的国债，其交易价差比先前拍卖的已发行的国债要低一些。国债还有一个非常活跃的再出售(二级)市场，投资者们可利用该市场获得投资国债的机会。三个市场买入国债的时间节点如图 2.4 所示。

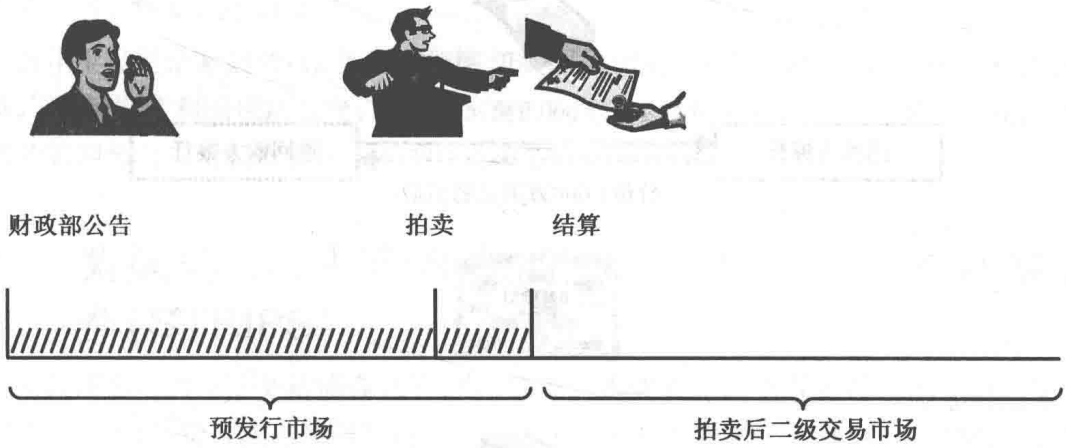


图 2.4 国债拍卖流程及关联市场

2.7.2 回购和逆回购市场

投资银行从事证券交易业务，它们通过对其资产负债表中的资产和负债提供高杠杆(详见第 1 章中所介绍的一家公司典型的资产负债表)，从买卖标准证券的交易以及为客户度身定制的产品交易中赚取利润。例如，如果一家公司认为买入国债将赚钱而通过国债融券并卖出国债将亏损，则它会只用 50 亿美元的资金来支持 1 000 亿美元的国债买入和 950 亿美元的国债融券。像这种高杠杆通常是通过回购和逆回购市场实现的，详见拓展 2.4 的举例说明。

国债回购市场之所以广受欢迎，一个主要原因是最初该市场提供了卖空国债和公司债券的唯一方式(参见拓展 2.4)。在利率衍生工具问世之后，该卖空技术变得过时。衍生工具带动了相同交易，但更加有效。我们将在本书的最后一章中进行相应的阐述。虽然回购市场的这一作用已经显得不那么重要，但回购市场仍然活跃，并且是国债市场的重要组成部分。

拓展 2.4　回购协议

假设回购银行已经买入了大量的国债，而且需要隔夜贷款为其买入国债融资。回购银行预期在次日将国债出售，所以隔夜贷款足以满足需求。为了为这一国债头寸融资，它与另一(虚拟的)逆回购银行签一份回购协议，而该逆回购银行则进行了一笔逆回购交易，在下例中我们将简要地阐述该交易的主要机理。

【例 1】 国债回购和逆回购的例子

- 从交易的标准化角度而言，假设回购银行从逆回购银行那里得到 1 000 万美元，并在第二天将国债按照稍高一点的价格出售给逆回购银行——该额外金额取决于年化回购率的高低。虽然该交易中涉及证券的买入和回购，但显然，回购的本质是一笔由高质量抵押品担保的短期贷款[参见图 2.5(拓展 2.4)]。

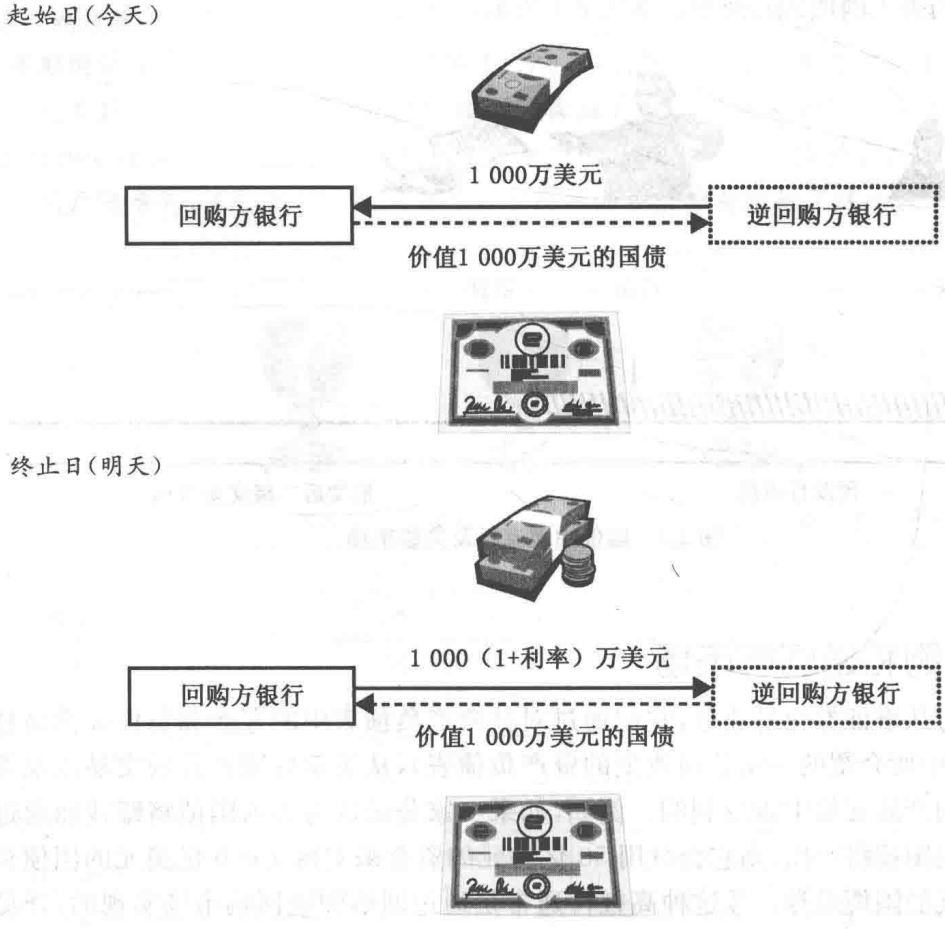


图 2.5　隔夜回购和逆回购交易

- 如果回购银行违约，则逆回购银行持有证券。如果逆回购银行不能交割国债，则回购银行以更长的时间持有现金。于是，回购被延展一天，但协议条件不变——回购银行在后天支付原本明天应该支付的金额，即回购银行以零利息的成本额外多一天来持有贷款资金。该做法可以日复一日地重复，直到现金和证券被双方进行交换。显然，持有稀有证券的一方在回购市场上有能力按照接近于零的利息成本借入资金。
- 回购为国债和公司债券提供了卖空路径。逆回购银行在获得了证券之后，可以将证券卖给第三方。之后，它可以在市场上买入这些证券，如果能赌赢，还可以以较低的价格买入。随后，将证券返还给回购银行，并了结证券的回购。
- 签订一份回购协议相当于以国债为抵押品借入一笔短期资金。回购利率就是回购银行的有效借款利率，也是逆回购银行的贷款利率。
- 回购通常是隔夜借款，又称为**隔夜回购**。如果回购银行打算再多借一天，则必须重复这一过程。此外，定期回购则可以将期限设定为一天以上的固定期限，而开放式回购则是指没有固定期限，交易双方中若一方提出终止则回购结束。国债回购市场规模巨大，主要市场参与者包括了美国联邦储备银行、州和当地政府、商业银行和投资银行、共同基金和大公司。

2.7.3 利率衍生工具

当衍生品是依赖国债(以及与国债密切关联的债券)来定价时，它们被称为**利率衍生工具**。[①]国债期货和国债期权允许投资者以杠杆的方式对利率进行赌博或避险。我们将在本书的第四部分中对利率衍生工具的定价模型进行讨论。

2.8 美国短期、中期和长期国库券以及资产剥离证券(STRIPS)

财政部出售两类可交易债券：(1)**息票债券**。该债券每 6 个月支付一次利息，并在到期时支付本金(平价或债券面值)；(2)零息债券。该债券不支付利息，但在到期日偿还本金。美国财政部发行期限在 1 年或 1 年以下的**短期国债**(T-bills)时，采用零息债券的形式发行。息票债券有两种名字：期限在 2—10 年的息票债券为中期国债(T-notes)；期限在 10 年以上，最多可至 30 年的，为长期国债(T-bonds)。中期国债和长期国债在整个期限内支付固定的利息和本金。

1997 年发生过一个特例，财政部出售了通胀指数债券(Inflation-indexed bonds)或财政部通胀保护债券(Treasury Inflation Protected Securities，TIPS)。这些债券确保有一个固定回报率，即在债券期限内，由以美元表示的名义回报率减去用 CPI 度量的通货膨胀率。每年根据美国 CPI 的变动来筹集债券的本金。每年，利息支付额是通过用实际回报

① 欧洲美元存款与国债密切关联，我们将在本章的后面进行讨论。

率乘以调整后(以及增加)本金额计算得出。

"息票"似乎听上去有些奇怪。在以前,债券都有息票附在上面。持有债券者撕下息票并将其送给发债者,发债者随后将利息额支付回来。如今,息票已经几乎绝迹。实际上,自1983年以来,所有国库券都是通过在联邦储备银行的计算机上以记账方式保存。债券投资者得到所有权凭证,并从美联储那里直接收入存款。但是,息票这一术语沿用下来。

财政部不发行长期的零息债券。许多投资者还是喜欢纯粹的折现发行且在到期时只有单一支付的债券。华尔街的公司找到一个赚钱的方式,即向人们出售其需求的东西,华尔街的公司买入附息国债,并将其纳入信托以确保所发行的债权本金和不同的利息支付的安全性。这是一个套利机会:这些公司买入原始国债时支付的金额少于其随后出售人为创造的零息债券所收到的金额。1985年2月,财政部运作了此类业务,允许国库券被剥离出售。

如何运作资产剥离债券业务(将已登记的利息和本金分离)?虽然财政部不直接向投资者发行和出售资产剥离债券,但它允许金融机构以及政府证券的经纪商和交易员使用商业银行记账系统剥离中期或长期国债现金流,并向零息债券的散户进行出售。从国债债券中产生的现金流是合成创造的不同期限的零息债券。此外,投资者可以从市场上买入零星的剥离债券并重构原始的中期和长期国债。图2.6中描述的是一个新发行的15年国债是如何创造出31个资产剥离债券。

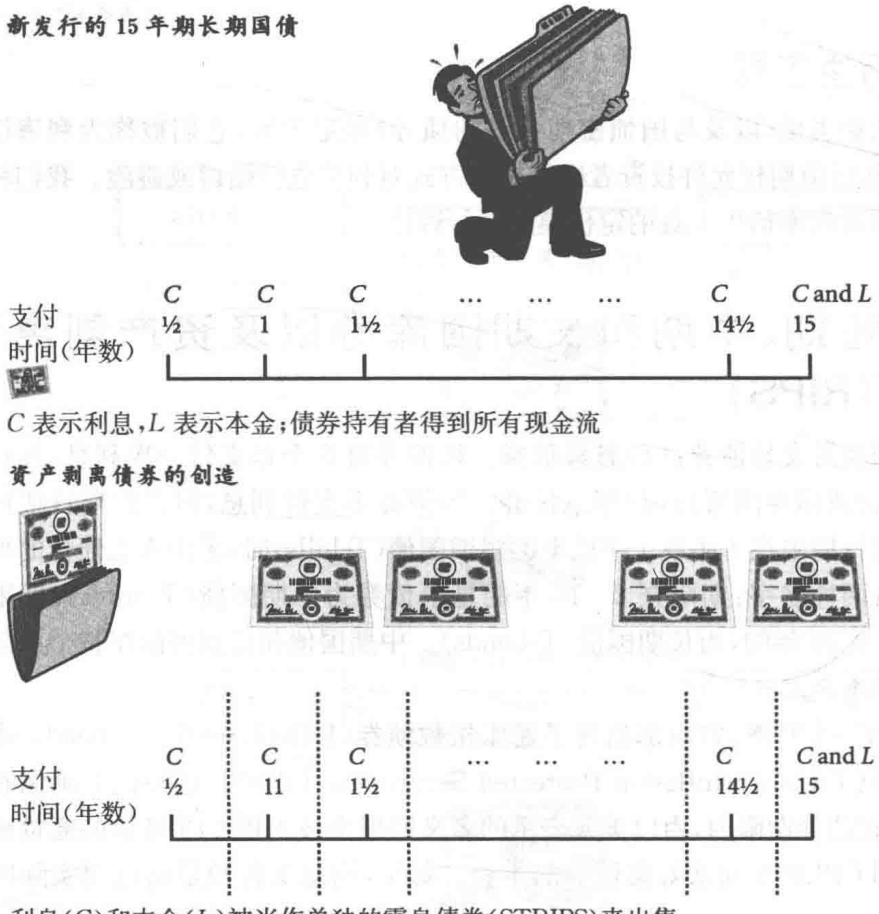


图2.6 从15年期长期国债来创造资产剥离债券(STRIPS)

国债可以在其发行日至到期日之前的任何时候被剥离。为了便于跟踪，在某一日期到期的每一现金流，根据其来源，都被给予相应的美国证券库斯普(CUSIP)号码——于是，这些现金流被归类为息票利息(ci)、中期国债本金(np)和长期国债本金(bp)。即便息票利息是由不同的国债产生的，但在某一日期到期的息票利息都有相同的 CUSIP 号码，并且可以被合并，进而创造出一个息票支付中期国债或长期国债。相反，对某一证券而言，中期国债本金和长期国债本金有其自身特点而不能相互转换。

资产剥离债券之所以一直运作很成功，是因为：

(1) 此类债券可以使国债对投资者更具吸引力，产生更大的市场需求、更高的价格、更低的收益，以及国债更低的融资成本。例如，不会有太多人会对 30 年期且产生 60 次现金流的债券感兴趣。但是，一个新发行的 30 年期的债券可以被剥离出 60 次半年息票支付和一次最终的本金支付。这些现金流可以被出售给不同的投资者，这些投资者对不同期限的零息债券有需求。例如，祖父母可能会将一个资产剥离债券作为礼物送给刚出生的孙辈，以支付其未来的教育成本。

(2) 此类债券可以识别利率的期限结构，并将至到期日的债券利率在图中描绘出来。在本章的开始，我们已经就了解不同期限的无风险利率的好处进行了阐述，在本书的第四部分，我们将就利率衍生工具定价中，无风险利率作为重要输入变量加以阐述。

我们一旦得到国债的价格，便可以计算出其将产生的现金流。短期国债和资产剥离债券的价格对不同时间点的现金流的计算尤其重要。

在《华尔街日报》和《投资者日报》等金融类报纸中，我们可以找到国债的价格。国债的报价是从场外市场上收集而来，而且是针对 100 万美元及以上的交易报价。中期国债、长期国债和资产剥离债券的报价采用的是 32 位进制。如果一个在 1 年后到期的资产剥离债券报价为 93：08(买入价)和 93：09(卖出价)，则表明一个交易员买入债券的价格为 93 美元加上 8/32，而 93 美元加上 9/32 则为交易员出售债券的价格。这些报价是基于债券的平价为 100 美元而给出的。

短期国债价格的报价方式完全不同，它们是以银行折现收益来报价的。在介绍短期国债的报价方式之前，有必要来分析一下其回报率和**债券等值收益**是如何确定的。

将年化回报率(参见结论 2.1)运用于短期国债时，我们得到其债券等值收益。这在《华尔街日报》上被报道为“买价收益”，它相当于从交易员那里买入短期国债时赚取的债券等值收益。短期国债价格的债券等值收益是：

$$\text{债券等值收益} = \left(\frac{365}{T}\right)\frac{(1-B)}{B} \tag{2.6}$$

其中，B 是短期国债价格，以一个在到期日支付 1 美元的债券表示；T 为从结算日到到期日的天数。

但是，短期国债的报价是以**银行折现收益**表示的，通常报出买价和卖价。**买价**是指投资者打算从交易员那里买入债券的价格，而**卖价**是指一个人立即出售债券的价格。这跟一个汽车交易员将要出售或买入一辆二手车的报价方式是相同的。

银行折现收益与债券等值收益不同，主要表现在两个方面：(1)分母有面值而不是支付的价格(注意分母为 1)；(2)利率以一年 360 天为基础被年化。银行折现收益用下列等

式表示：

$$\text{银行折现收益}=\left(\frac{360}{T}\right)\frac{(1-B)}{1} \tag{2.7a}$$

或，

$$\text{债券价格 } B=\left[1-(\text{银行折现收益})\left(\frac{T}{360}\right)\right] \tag{2.7b}$$

其中，1 是短期国债的面值(平价)；B 是短期国债价格；T 是自结算日(所有权转移之日，时点 0)到国债到期日的天数。

例 2.5 中，我们将金融媒体的相关数据运用到上述公式中，计算出短期国债价格。

【例 2.5】 短期国债价格计算

- 金融媒体报道如下：
  —至到期日的天数为 24 天；
  —卖价为 4.71%；
  —买价为 4.67%；
  —价格变动 0.01；
  —买价收益 4.75%。
- 利用式(2.7b)，并假设短期国债的本金为 1 美元，则该国债的买入价为：

$$1-0.046\,7\times(24/360)$$
$$=0.996\,887 \text{ 美元}$$

换言之，0.996 887 美元是零息债券的买入价，该零息债券在 24 天后支付 1 美元。同样，0.996 860 美元是零息债券的卖出价，该零息债券在 24 天后支付 1 美元。

- 我们的投资实际赚取多少利润？用债券等值收益可计算得出(金融媒体报道为买价收益，因为是从买价计算得出)。利用式(2.6)

$$\text{(为计算买价收益) 债券等值收益}$$
$$=(365/24)\times[(1/0.996\,887)-1]$$
$$=0.047\,5$$

上述计算就是对媒体报价的验证。

债券价格与利率之间的相反关系也使买价和卖价报价与利率之间呈相反关系。在大多数市场上，买价报价高于卖出价。但是，当我们将买卖价格当作银行折现收益进行报价时却并非如此。利用例 2.5 中的数字，该情况如图 2.7 中所示。

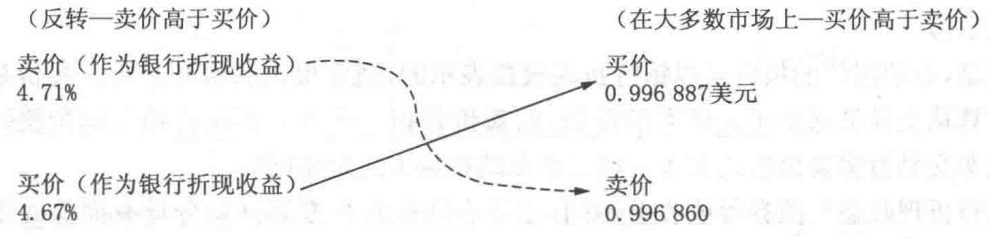


图 2.7 作为银行折现收益进行报价时买价和卖价的反转

由于银行折现收益有助于为短期国债定价，所以这一数字很重要。通过在分母中使用面值或在计算中使用 360 天，并没有任何经济重要性。这只是国债市场上发展至今的定价惯例。对利率报价时采用 360 天，以及在(式(2.2))分母中使用 1，只是为了便于计算。

2.9 Libor 与 Bbalibor

虽然美国国债市场对国际债券市场至关重要，但还有其他利率也被广泛使用和关注，例如，非美国银行中美元存款的利率水平等。这些利率与**伦敦银行同业拆放利率**(Libor)有关，该利率被用于确定互换市场上大多数互换合约的现金支付。我们将在第 7 章和第 22 章中对互换进行详尽的阐述和分析。

为了了解 Libor 是怎样被创造出来的，我们可以先了解一下伦敦银行同业市场。由于在该市场上，银行需要开拓业务，所以，银行和其他金融机构经常碰到资金的余缺问题。美国的银行通过在银行同业联邦基金市场上借贷来管理其现金。伦敦的主要银行通过在伦敦银行同业市场上借贷不同期限的存款来处理其银行的资金失衡。这些存款中，最重要的存款是欧洲美元，即在美国的境外所存入到外国银行或美国银行的海外子银行中的美元存款。由于这些存入境外的美元存款不受美国监管，欧洲美元一直受到央行、金融机构、企业和散户投资者的广泛青睐。

如今，一家有资金盈余的银行将资金贷给另一银行一定期限，该期限内使用的利率是 Libor。欧洲美元的拆借利率就是欧洲美元利率(如，3 月期存款的年利率为 5.02%)。相反，借入资金的银行支付的利率为伦敦银行同业借款利率(Libid)：欧洲美元的 3 月期 Libid 可能是 5%。这些利率有可能每分钟都在变动，而且各家银行的定价不尽相同，但由于竞争激烈，在任一给定时点，各家银行的报价几乎是相同的。

英国银行家协会(BBA)从主要银行的隔夜到 1 年的不同期限的存款利率中来收集 Libor 报价并计算出 Bbalibor。对欧洲美元存款而言，BBA 从 16 家银行那里收集 Libor，去掉每一期限的两个最高价和两个最低价，将其余价格加总平均后便得到 Bbalibor。BBA 在每一交易日的伦敦时间上午 11 点向市场公布 Bbalibor。BBA 对 9 种其他货币存款也进行相同的运作，总共公布 10 种期限结构。在本书中，根据市场惯例，我们所提及的 Bbalibor 针对的是欧洲美元的存款。

Bbalibor 是国际上最受欢迎的短期基准利率，大量的衍生工具合约中都用到该利率。由于指数不易被市场操纵，所以，市场上用的不是具体银行的欧洲美元利率，而是一个利率指数。由于 Bbalibor 有一定的信用风险，所以其价值比相似期限的国债利率水平高，两者之间的价差被称为**国债/欧洲美元价差**，即泰德(TED)价差。许多大型金融机构在衍生工具的定价模型中采用 Bbalibor，而不是国债利率。与美国国债一样，欧洲美元的利息计算也假设一年中的天数为 360 天。

欧洲美元市场当今的规模已经达到数万亿美元。在本书后面的章节中，我们将研究规模庞大的利率衍生工具市场，这些市场使用欧洲美元作为基础商品。

本章小结

1. 利率是指货币的借或贷所赚取的回报率。一个投资的年化回报率的计算为：

$$\text{回报率}=\left(\frac{365}{T}\right)\times\left(\frac{\text{卖价}+\text{收入}-\text{支出}-\text{买价}}{\text{买价}}\right)$$

$$=\left(\frac{365}{T}\right)\times\left(\frac{\text{盈或亏}}{\text{买入价}}\right)$$

其中，T 是时间间隔，用投资的天数来衡量；收入和支出表示投资在该期限内产生的任何现金流的正值或负值。

2. 计算利率的方式有很多。对于某一报出的利率，实现的利率可能会因为以下原因而不同：(1)计复利的方式；(2)复利频率(每年、每月、每天或连续计复利)；(3)一年中的天数(52 周；360 天或 365 天或闰年中的 366 天)；(4)贷款的天数(实际天数或按月增加)。

3. 计算利率有三个基本方法：单利、复利和连续复利。在单利中，整个贷款期限使用一个年利率。在计算几个月的利息时，将该年利率拆分。在复利中，既要对原始本金也要对应计利息额计算利息。连续计复利则涉及对本金和应计利息在连续基础上计算支付利息。

4. 利率帮助我们对零息债券进行定价。这些债券折价发行并在到期日偿还面值，不支付利息。用任何美元金额乘以一个零息债券价格便得到其现值，或用现值除以美元金额便得到其终值。

5. 美国国债的支付是由美国政府的征税能力提供担保，因此无违约风险。国债有助于我们确定无风险利率。国债是通过密封投标单一价格拍卖而出售的，在这一拍卖方式下，所有成功的投标者支付与最低的成功投标价相同的价格。人们买入国债通过：(1)在拍卖中以及在关联市场上交易；(2)从事国债回购或逆回购交易，回购是指短期债务由高质量债务担保；(3)对利率衍生工具进行投资。

6. 可交易的国债被划分为：短期国债、中期国债和长期国债。短期国债是零息债券，期限一般为 1 年或 1 年以下。息票债券有两个名字：期限在 2—10 年的为中期国债，期限在 10 年以上，甚至最长为 30 年的为长期国债。

7. 金融机构、经纪商和政府证券的交易员可以通过剥离中期国债和长期国债的现金流并将其向公众出售来创造零息债券。这些被人为创造出的零息债券称为资产剥离债券(STRIPS)。

8. 在债券市场上，年化回报率被称为债券等值收益。对于短期国库券，

$$\text{债券等值收益}=\left(\frac{365}{T}\right)\frac{(1-B)}{B}$$

其中，B 是短期国债价格，以一个在到期日支付 1 美元的债券表示；T 为从结算日(所有权转移日，时点 0)到到期日的天数。但短期国债是以银行折现收益报价的，

银行折现收益用下列等式表示：

$$\text{银行折现收益}=\left(\frac{360}{T}\right)\frac{(1-B)}{1}$$

9. 除了国债，国际金融市场上的主要利率还有 Libor 和回购利率等。Libor 和 Libid 分别是伦敦银行同业拆放利率和同业拆借利率。英国银行家协会(BBA)(1)从主要银行的存款中收集 10 个不同币种的 Libor 报价；(2)对每一个币种，收集期限从 1 天到 1 年的不同期限的 Libor 报价；(3)去掉几个最高报价和最低报价之后，计算剩余报价的平均值；(4)在伦敦时间每一个交易日的上午 11 点对外公布。这一利率被称为 bbalibor。

10. 欧洲美元存款(即在美国境外不受美国银行法规监管的以美元计值的存款) bbalibor 已经成为国际金融市场上最受欢迎的短期基准利率，并且被用于为大量的利率衍生工具定价。许多大型金融机构正在用 bbalibor 作为无风险利率以替代国债利率。许多浮动利率的确定是在相应的国债利率或 bbalibor 基础上加上一个价差。

案例分析

破坏规矩(哈佛商学院案例 310135-PDF-ENG)。该案例旨在帮助学生了解货币市场基金的运作以及在 2008—2009 年金融危机期间管理这些基金面临的挑战。

外国对美国国债的持有(达顿商学院案例 UV1366-PDF-ENG，哈佛商学院出版)。该案例描述了美国国债市场的运作，并探讨了海外大国持有美国债务的影响。

财政部的创新：财政部通胀保护债券(A)(哈佛商学院案例 204112-HCB-ENG)。该案例围绕开发一个新的证券产品会产生的各种风险和政策问题进行了探讨。

习题和思考题

1. 假设年利率为 5%，请利用单利计算出 6 月期零息债券价格。

2. 假设年利率为 5%，请利用每月计复利的复利率计算出 6 月期零息债券价格。

3. 假设年利率为 5%，请利用连续复利率计算出 6 月期零息债券价格。

4. 假设年利率为 5%，请利用银行折现收益计算出 6 月期零息债券价格(零息债券是美国 180 天到期的短期国债)。

5. 什么是固定收益证券？

以下三个问题基于以下表中的内容，其中，年利率为 4%，每年计一次复利。

时间(年数)	现金流(美元)
0(今天)	−105
1	7
2	9
3	108

6. 请计算上述现金流的现值。

7. 请计算上述现金流在3年后的终值。

8. 请问:2年后上述现金流的公允价值是多少?

9. 如果一个在3年后到期的零息债券的价格为0.88美元,那么,其连续复利回报率是多少?

10. 美国国债市场上的一级交易员的作用是怎样的?

11. 美国国债的预发行市场是什么意思?该发行市场在帮助美国财政部拍卖国债时起怎样的作用?

12. 新发行国债和已发行国债有什么不同?

13. 什么是回购协议?请用一个回购交易图对这个问题进行回答。

14. 什么是国债资产剥离债券(STRIPS)?国债资产剥离债券交易带来怎样的好处?

15. 请解释英国银行家协会(BBA)是怎样计算bbalibor的。

16. 什么是欧洲美元存款?泰德(TED)价差是什么意思?

17. 短期国债、中期国债和长期国债有什么不同?什么是财政部通胀保护债券(TIPS)?TIPS与短期、中期和长期国债有什么不同?

18. 假设你花了40美元买入1股,收入红利1美元,在5个月后按照41美元卖掉,请问:你投资的年化算术回报率是多少?

19. 请用微观经济学标准的供求分析来解释一下,统一价格拍卖与多价格拍卖相比,其产生的收益是多还是少。

20. 假设你打算在未来2年后攻读硕士学位,届时的学费将是16万美元,你预期有以下资金:

- 从你现在的工作中,你一年后可有5 000美元存款,两年后可有7 000美元存款。
- 你预期一年后获得年终奖10 000美元,两年后有12 000美元的年终奖。
- 你的祖父母为支持你读书,已在税收支持储蓄账户中存入一笔钱,并将在一年后给你18 000美元。
- 你的父母向你表示,任何时候只要需要,可以从他们那里得到50 000美元,但该金额将从遗产中扣减。你父母是风险厌恶型投资者,将资金投资于政府债券,并得到每年2%的回报。

假设银行的借贷年利率为4%,每日计复利。请按照连续复利计算,你2年后开始攻读硕士学位时需要借入多少资金?

▶3

股　票

3.1　引言

在经济中，一些作用相似的机构可以在表面上看来差异很大。非洲偏远村庄里的一家农贸市场与北美郊区的华丽购物中心都是市场。那些出售为客户度身定做的衍生工具的 MBA 学历持有者与出售东方地毯的小商贩都是交易员。那些在机场帮助你在美丽的沙滩旁寻找便宜旅馆的人与帮你安排购买度假房产的房产经纪人都是经纪人。正如上述例子所描述，不同的经济现象通常具有相同的特点。

这就引出了本章的主题——“差异性中的共性”，在本章中，我们将试图阐述不同证券市场及其交易商的共同特点。[①]我们会介绍一级市场和二级市场、交易所和场外市场、经纪人和交易员，以及交易员给出的买价和卖价。我们还会讨论金融的一个分支，即市场的微观结构，以便掌握市场组织以及交易商影响买卖差价的动机。我们将根据从事交易的策略来对交易商的类型进行划分。我们会描述交易的自动化是如何进行的，以及从事交易所场内交易时，交易过程中通常所涉及的执行、清算和结算三个步骤。随后，将分析股利对股票价格和组合产生的影响，进而探讨如何管理复制股票指数的股票组合，以及所出售的该组合衍生工具的定价。最后讨论股票的卖空过程及保证金问题。

在第 2 章中，我们已经从债券市场的角度讨论了证券交易过程、市场交易者以及促成市场交易的人。但是，本章的重点是讨论股票市场，因为股票市场是最容易理解的市场，不同衍生工具的交易可以被视为证券交易过程的拓展。

3.2　一级市场、二级市场、交易所和场外市场

随着一家小企业的成长，其运作需要更多的资金。从创立者和朋友那里得到初始融资或者从风险投资者那里得到股权融资之后，这家企业随后便需要进入资本市场。**初始**

① “差异性中的共性”是欧盟(“差异性中团结起来”)、加纳、印度尼西亚、南非和其他国家的官方座右铭。人们曾经用该术语来描述印度。

发行(IPO)是指私人持有的企业第一次向公众发行股票,这便是发行股票的**一级市场**。为了发行股票,你需要雇用投资银行家管理该过程。通过准备繁琐的书面材料、印刷信息小册、从政府机构那里得到批文,投资银行家在这一过程中赚取了你未来收益中很大的一块作为服务费用。

股票一经发行,便进入**二级市场**进行交易,变更其所有权。二级市场主要有交易所和场外市场(OTC)两种类型。从传统上说来,交易所的主要特点是,有具体固定场所,买方和卖方聚集在一起按照交易所的监管规则和要求进行标准化证券的交易,纽约证券交易所(NYSE)就是一个典型例子。但自从 20 世纪 90 年代信息革命以来,尤其是 21 世纪以来,随着信息技术的进步,场内交易已经逐渐被场外交易替代,特别是美国以外的交易所,它们利用集中的计算机网络进行交易的匹配。①

相反,凡是在交易所以外从事的交易都被称为**柜台交易**,即**场外交易**。②之所以称为柜台交易,是因为早年在美国,银行充当债券和股票的交易员在柜台完成交易。场外交易有专门的市场,市场参与者包括商业银行、投资银行、机构投资者、经纪人和交易员。此类场外市场(也称为银行同业市场)没有固定场所。电话、电传和计算机网络将分散在不同地区的交易商连结起来,使场外市场的交易成为可能。在美国,曾经有大量的股票交易是在证券交易所完成的,但近年来,有组织的场外市场的作用日益凸显。

人们曾经认为,在具体的证券交易所内从事股票交易,有利于股票公允价格的形成。在交易所内从事交易(直接在大厅交易或参与交易所的网络交易活动)要有会员资格,也称为席位。席位最早起源于纽约证券交易所,会员们坐在指定的椅子上,于是,交易所成员拥有席位。由于供应有限,所以席位成为昂贵资产,席位的价格反映了交易所大厅的获利机会,有时非常贵。从 90 年代后期到新世纪,纽约证券交易所的席位价格波动很大,这反映出该交易所未来的不确定性增大。例如,1999 年 8 月,该交易所的席位价格达到 265 万美元的峰值,而 2004 年 8 月 3 日,席位价格跌到 125 万美元,为 1998 年以来的最低水平(详见 2004 年 8 月 4 日的《华尔街日报》)。在 2005 年 12 月,纽约证券交易所的席位又重新涨到历史最高位 400 万美元。③虽然许多交易所仍有席位,但是纽交所 2007 年与欧洲交易所合并成为一家公众持有的公司——纽约泛欧证券交易所(NYSE Euronext)。该交易所取消席位,单独出售交易许可证。

美国股票交易所由联邦政府机构证券交易委员会(SEC)监管,旨在保护投资者利益,惩罚违规者,防止欺诈。在 1934 年证券交易委员会成立之前,股票交易所被视为损害普通投资者利益的违规活动的温床。马克·吐温在其小说《傻瓜威尔逊》(1894)中写道:"10 月,是炒股票最危险的月份之一,其他危险的月份为 7 月、1 月、9 月、4 月、11 月、5 月、3

① 在《美国法典》中,交易所是指"任何组织、协会或团伙,无论是法人或不是法人,只要它构成、维持或提供一个市场或设施,将证券的购买者和出售者聚集在一起。该场所所起的作用类似于股票交易所,包括市场场所以及其他由这类交易所维护的相关设施"。(美国 1934 年颁布的《证券交易法案》第三部分[a][1]对交易所进行了界定(详见 15 USC 78c[a][1])。)交易所一词指的是任何有组织的交易所或交易设施。

② 大多数美国场外交易涉及交易员,该交易员随时准备买入证券或从其维持的存货中卖出证券。在下一部分中,我们将对交易员进行更详细的讨论。

③ 参见《纽约证券交易所今天终止出售会员席位——交易许可拍卖将在下周三,1 月 4 日进行》。资料来源:www.nyse.com/press/1135856420824.html。

月、6月、12月、8月和2月。”有趣的是，许多老百姓不再将股票交易所视为坏东西或危险的地方；相反，他们将交易所视为投资者通过承担可接受的风险以追求财富的一个场所。衍生工具交易所因其神秘，已经轻易地洗刷了其以往的坏名声。

包括衍生工具在内的所有交易所交易的证券，在被出售给公众或在交易所交易之前必须满足政府的要求。例如，商品期货交易委员会(CFTC)作为联邦政府监管机构，对每一个将要推出的期货合约进行审批。此外，对于要在交易所内进行交易的证券，发券公司的资产、年盈利、股东权益和审计要求等必须满足一些上市要求。在美国的证券交易所中，纽交所的上市要求最严格，与亚洲和欧洲相比，美国的上市要求要严格许多。

交易所通常有严格的监管规则、行为准则和自我治理程序。通过降低市场操纵和欺诈的可能性，交易所让交易商感觉踏实，进而增加交易量。任何一家交易所都不希望政府监管者介入交易所的管理，而一个良好的自我治理程序就可以让交易所远离政府监管者的介入。此外，自律可以避免那些对交易所不满并以为自己被欺骗的客户采取法律措施。自律的成本比较贵，但与打疫苗一样，收益大于成本。

大多数交易所还有仲裁(arbitration)体系，以将问题化解在萌芽状态，降低到法院进行诉讼的可能性。虽然小的犯规可免于追究，但大的违规事件则会遭到重罚。监管者和交易所通常会定期公布违规个人的名单以及对他们的处罚。媒体也会向公众公布有关信息。

场外合约不需要监管许可。相比于交易所，有组织的场外市场中的限制大大减少，它通过互联网将分散在不同地区的交易商连结在一起。场外市场给投资者提供更多的投资选择，但交易的安全性大大降低。对于许多场外市场而言，交易对手存在不履约的风险。在场外市场中，你需要记住格言：“了解你的客户。”

表3.1中列出了世界上主要的交易所和场外市场。本书中涉及的多数证券都是在美国的以下交易所中交易的证券，它们是：纽约证券交易所(现在是纽约泛欧交易所的一部分)、纳斯达克股票市场(NASDAQ，现属于NASDAQ OMX集团)、芝加哥期权交易所(CBOE)或CME集团[包括芝加哥商品交易所(CME)]。CME集团成立于2007年7月9日，当时CME和芝加哥期货交易所(CBOT)结束了长期竞争，合并为单一的电子交易平台和单一的交易大厅。CME集团为达到相同的目的，于2008年8月兼并了纽约商品交易所(NYMEX)。

表3.1 几个主要交易所和场外市场

交易所名字	备 注
美国交易所	
芝加哥交易所(CBT或CBOT，现并入CME集团)	美国期货和期权交易所
芝加哥期权交易所	美国股票、指数、利率和基金期权交易所
芝加哥商品交易所(CME，并入CME集团)	美国主要期货和期权交易所
纽约商品交易所(NYMEX，现并入CME集团)	美国主要大宗商品期货交易所
NASDAQ股票市场(NASDAQ，现并入NASDAQ OMX集团)	美国主要电子股票市场
纽约证券交易所(NYSE，并入纽约泛欧证券交易所)	美国主要证券交易所

（续表）

交易所名字	备　　注
国际交易所	
澳大利亚证券交易所(ASE)	由澳大利亚证券交易所与悉尼期货交易所合并后创立的澳大利亚交易所
巴西圣保罗股票商品期货交易所(BM & FBOVESPA)	巴西交易所
蒙特利尔证券交易所(Mx)，加拿大期货交易所	加拿大衍生工具交易所
日本中央商品交易所(C-COM)，福冈期货交易所(FFE)，关西商品交易所(KANEX)，大阪证券交易所(OSE)，大阪商品交易所(OME)，东京商品交易所(TOCOM)，东京谷物交易所(TGE)，东京国际金融期货交易所(TIFFE)，东京证券交易所(TSE)，横滨商品交易所(Y-COM)	日本从事衍生工具和其他证券交易的交易所
大连商品交易所(DCE)，上海期货交易所(SHFE)，郑州商品交易所(ZCE)	中国内地主要的衍生工具交易所
欧洲期货交易所(Eurex)	从事以欧元计值的期货和期权交易的交易所
欧洲交易所(Euronext)(并入纽约泛欧交易所)	从事基础证券和衍生工具交易的泛欧交易所
香港交易及结算所有限公司(HKEx)	从事股票和衍生工具交易的亚洲交易所
韩国交易所—期货市场部	2003 年和 2004 年世界上衍生工具交易量最大的交易所
伦敦金属交易所(LME)	有色金属衍生工具交易的主要交易所
墨西哥衍生工具交易所(MexDer)	墨西哥从事金融期货和期权交易的交易所
印度国家证券交易所(NSE)和孟买证券交易所(BSE)	印度从事股票、债券和衍生工具交易的交易所
美国 OMX 交易所(现已并入 NASDAQ OMX 集团)	从事股票、债券和衍生工具交易的一体化的北欧波罗的海市场
新加坡交易所(SGX)	亚太地区第一家非互利和一体化的证券和衍生工具交易所
南非期货交易所(SAFEX)	南非衍生工具交易所
台湾期货交易所(TAIFEX)	中国台湾地区的期货交易所
特拉维夫证券交易所(TASE)	以色列从事股票和衍生工具交易的交易所
场外市场	
外汇市场	世界上最大的金融市场
场外市场交易柜台(OTCBB)	美国从事场外证券交易的报价服务
粉单市场	美国非上市证券的场外报价系统
货币市场	以美国为中心的从事期限在 1 年或 1 年以内高质量债券交易的场外市场
互换市场	以伦敦为中心的场外市场

3.3　证券市场中的经纪人、交易员和交易商

你想买一套房子或买一份保险吗？打电话给经纪人吧。你需要买一辆新车或打算买

一个新奇电子小配件吗？找一个交易员吧。由于人们在不同的时间进行交易，并且他们希望能够在众多的商品中进行选择，所以，交易员能帮忙。交易员通过维持商品库存充当了人们在不同时点的商品买卖中介。

买方可从交易员那里买入，卖方可向交易员出售。客户的买价就是交易员的卖价(offer 或 ask price)，客户的卖价就是交易员的买价(bid price)。第 1 章中，我们已经对买价和卖价进行了界定。(在上方写 a 表示卖价，在下方写 b 表示买价，客户买入商品的价格就是交易员的卖出价(abc)。)例如，一个二手车交易员通常有两个价格：一个是其出售汽车的零售价格，一个是买入汽车的批发价格。

交易员从事买卖赚取的是**买卖价差**(bid/ask Spread)。在金融领域，价差有四个用途：(1)股票或其他证券的买卖价差；(2)跨式组合，即同时单独买卖同一商品的具有不同交割期限的期货或期权合约；(3)证券承销商赚取的从一家企业那里买入证券的价格与其向公众出售证券价格之间的差价；(4)债券发行者在借入资金时支付的高于固定收益基准水平的价格。上述关于价差的这四个概念中，除了第三个概念与公司金融课程关系更密切，其他三个概念将在本书中使用。

证券交易的障碍是缺乏交易机会的相关信息。经纪人(brokers)是为了帮助人们克服这一障碍促成交易的中介。他们能够使买卖双方成交，并收取佣金作为服务费用。经纪人因其不用自己的账户进行交易，且没有库存，所以不承担任何价格风险。交易员则因有自己的库存，因而承担了交易的损益。

无论是在交易所还是在场外市场，经纪人和交易员都起着非常重要的作用。他们通过确保市场交易有序顺利进行而生存。许多交易所指定专门的交易员作为**做市商**(market makers)。在每一个交易日，他们通过主动对外进行买价和卖价的报价，并随时准备按照自己的报价进行交易而创造市场。他们从自身服务带动市场交易的过程中赚取收益。在场外市场，一些交易员起着做市作用。经纪业务和交易员业务存在风险，即，如果收费太贵则会吓跑顾客，收费太少则业务做不下去。它们的风险源自许多方面：

- *确定保证金水平*。保证金水平高，则经纪人会感觉交易安全，但对顾客而言则成本更贵。
- *需要维持的存货*。存货量越大则将来可出售的证券更多，但是维持存货的成本也越大，交易商将承担更大的价格下跌风险。
- *给出的买卖报价*。买卖价差越小会促成越多的交易，但每笔交易赚得的利润也越小；而如果买卖价差大，则结果就是相反的。
- *按照那些价格进行卖或买的证券量*。在任一价位上从事的证券交易量越大则交易商承担的价格剧烈波动的风险就越大。

经纪人和交易商了解这些因素的冲抵关系，并且能够在竞争非常激烈的市场上很好地平衡风险与回报。交易商需要作出的最重要的决定就是确定买价和卖价。市场微观结构就是一个研究这些定价决定的金融分支学科(参见拓展 3.1)。

拓展 3.1　证券市场的市场微观结构

影响买卖价差的因素有哪些？作为金融经济学的一个分支，**市场微观结构**(market microstructure)可以回答该问题。至少有三个因素影响买卖价差：

1. **指令的处理成本**，指交易的物理成本，如席位成本、会计和计算机成本、交易费、证券存款(保证金)和税收。

2. **交易的存货理论**(Inventory Theory of Trading)。交易员调整其买卖价差以维持其最佳存货水平。为了明白这一过程，我们假设交易员对 100 美元一股的股票买入报价为 100.1 美元，但发现其股票存货迅速增加——每个人都在卖出而没有人买入。于是，他应该降低股票的买入价，如从 100 美元降低到 99.95 美元，这样的话，市场上卖出者会减少，其存货规模就会稳定。之后，可以降低其在市场上的卖出价格，以使股票对顾客更有吸引力。相反，如果存货规模在减少，则交易员可以提高卖出股票的价格，从 100.15 美元提高到 100.20 美元，然后再提高买入股票的价格，这样，市场上买入股票的顾客就会减少，交易员可将存货规模保持在合理的水平上。

3. **交易的信息理论**(information theory of Trading)。该理论假设一些交易商能够比市场上其他人更了解某一证券的相关信息。交易商有两类：(1)**知情交易商**(informed trader)，他们有特殊信息并且进行策略性交易；(2)**不完全知情交易商**(uninformed trader)，他们交易的目的是为了将资产转换为现金，或是为了使其组合再次达到平衡。此时的交易员被称为不完全知情的交易商。

从事证券交易存在两类盈亏：(1)**市场盈亏**(market gains or losses)，即因市场价格的涨跌而产生的盈亏；(2)**交易盈亏**(trading gains or losses)，即由于信息成本而产生的盈亏。只有知情交易商在交易中赚钱，而不完全知情交易商则蒙受交易损失。当交易员与知情交易商交易时他们总是赔钱，因为交易商知道何时买或卖、何时不进行交易。

交易员在与知情交易商进行交易时，为了保护自己免受损失，一方面维持买卖价差，另一方面只按照标出的买卖价格进行限量交易。交易员可以扩大买卖价差以使知情交易商难以赚钱。交易员通过与不完全知情交易商交易来弥补其与知情交易商交易产生的亏损。不完全知情交易商包括那些《华尔街日报》的读者，以及那些自以为自己知情的交易商。实际上，那些信息早已被包含在价格中。他们越是对交易不知情，交易员们就越开心。当绵羊的数量超过狼的数量时(股票卖方多于买方时)，他可以缩小买卖价差。

总之，(1)交易员赚取的预期利润(用经济行话来表述就是“正常利润”)为零；(2)知情交易商在交易中赚钱；(3)不完全知情交易商在交易中赔钱。交易员充当了知情交易商和不完全知情交易商之间资金转移的渠道。

市场微观结构对金融市场上几个观察到的现象给出了简要通俗的解释。

(1) 与比较知情的交易商进行交易总是存在风险。在美国，利用一家公司不公开的专有信息(内幕消息)进行交易是违法的，会坐牢。但是，在其他许多金融市场很发达的国家，此类限制要宽松许多。当你满怀激情地去买外国股票时，不要忘记一些国家会像美国一样，对内

幕消息交易有严格的监管要求。①即便是在美国，知情交易仍会躲过人们的视线。

(2) 交易活跃的股票买卖价差小。交易活跃的股票被很多分析师追随，而且被投资者广泛持有。例如，与 NASDAQ 中交易不活跃的股票相比，像沃尔玛和通用电气这样的大型跨国公司的股票，无论是绝对还是相对买卖价差，都要小许多。

(3) 价格反映信息。当一家公司发生不好的事情时，人们得到该信息后就会卖出其股票，该信息很快就反映在价格中。后面进行交易就不再赚钱，因为人们不会从历史信息中获利。金融经济学家认为市场是"有效的"，因为证券价格反映信息。(市场有效性将在第 6 章中讨论。)如果市场是有效的，人们为什么要进行交易？一个原因是将剩余资金进行投资赚取与风险回报一致的正常回报。也可能是因为人们获得了不同的信息，因而对未来价格有不同的预期。当一个人对投资前景极度乐观并且坚信买入某支股票一定能赚钱时，金融学术界的提醒是："你比市场更了解该股票吗？"

(4) 交易方向和交易规模携带信息。买入指令会倾向于抬高股票的价格，与小额交易指令相比，大额交易指令对股价产生的影响更大。假设你要买入一支在 NASDAQ 上市的小盘股。没有分析师重视该股，而且没人对其感兴趣——平均一天成交量只有 100 股。假如你突然看到 10 000 股的买入指令，你会立刻推断该公司发生了好事，进而提高买价和卖价以保护自己。

由于有内部交易限制，与股票市场上的交易量相比，知情交易商在监管较宽松的衍生工具市场上的交易量更大一些。

这些概念对分析证券、解释市场和了解交易商心态有极大的帮助。

在证券市场上，有很多方式来勾勒交易商的特征。区别它们常用的办法是看他们是个人投资者还是机构交易商。在本书中，交易商的交易策略不同，则其身份也略有不同，他们可以是套利者、避险者或是投机者。**套利者**寻求从证券的价格差异中赚取无风险利润。**避险者**寻求通过证券交易减少风险，这也是衍生工具市场存在的主要原因。**投机者**通过承担度量过的风险来赚取利润。投机者又可分为抢帽子者、当日交易商或以持有头寸时间长短为基础的头寸交易商。②

(1) **抢帽子者**(scalpers)。他们一天交易多次以希望从每一笔交易中赚取小额利润。他们出现在交易所的交易大厅且支付很低的交易成本。他们的持股时间经常用分钟和秒来度量。造市商是抢帽子者。抢帽子者因时刻准备按标出的价格进行买卖而使股票市场流动性更强。流动性是证券市场上人们期待的很重要的因素，它反映了资产变现的难易程度。

(2) **当日交易商**(day trader)。他们在一天之内从价格变动中获利。他们在早上建

① Bhattacharya 和 Daouk(2002)研究了 103 个国家，发现虽然有 87 个国家有限制内幕消息交易的法律，但是只有 38 个国家付诸实施。两位学者建议，法律的实施与法律的存在相比更重要。在法律付诸实施的国家，权益成本被降低了大约 5%。

② CFTC 员工题为《商品互换交易员和指数交易商的佣金推荐》(2008)的报告中界定了商品市场上第四类投机者：商品指数交易商。这些长期投资者不是对价格变动进行赌博，而是出于分散化目的，在其投资组合中添加一个商品风险。

仓，并在交易日结束之前平仓。

(3) **头寸交易商**(position trader)或**趋势跟随者**(trend followers)。他们在较长的期限内维持投机性交易头寸。头寸交易商通常试图识别和捕捉两个资产之间的异常价差，并希望在该价差恢复到历史价值时赚取利润。

不同类型交易商的差异不是一成不变的，他们的角色有时是相互转换的。

3.4 交易的自动化

进入21世纪以来，信息技术(如手机、互联网和计算机等)的迅猛发展促使我们的产品和服务发生巨变。交易所、经纪人和交易员利用这些技术降低了交易成本，并且在很多情况下使交易过程无需人力实际参与。IT技术也促使交易发生变革与创新：如电子化交易、线上经纪业务账户以及不同交易所之间的网络联通如今比比皆是。关于技术的采纳，交易过程中通常有三个层面(见图3.1)。

在**一级技术层面**(level I)，传统的证券交易系统主要依赖人工。证券交易在证券交易大厅进行，顾客打进电话，由经纪人记录下来之后转给书记员，书记员之后将指令递给场内经纪人。如果是进行债券、期权和股票交易，经纪人和交易员在交易所的固定*交易席位*(trading posts)见面。如果是进行期货交易，则经纪人和交易员是在期货交易所的*交易大厅*(pit或ring)进行，该大厅往往是中间低、四周逐渐增高。

当买卖双方就交易的条款和条件，以及价格和数量达成一致时，交易便可执行。交易信息通过股票报价栏给出。*股票报价栏*(ticker tapes)是滚动纸带或电子信息栏，其中给出证券的交易、报价，并为场内和场外证券认购者报道相关新闻。有关这方面，你已经在财经电视节目中接触到了：电视屏幕的下方，有电子滚动条给出*代码*(ticker symbols)(如通用汽车的代码是GM)和价格，而与此同时，电视中播报的是相关的财经新闻。这就是IT革命之前的交易过程，即使今天，一些交易所依然采用该方式运作。

在**二级技术层面**(level II)，证券交易系统在交易的开始阶段使用计算机以减少人力的投入，并直接将交易指令传递给交易大厅的经纪人，纽约证券交易所以及一些包括芝加哥大交易所在内的其他期货交易所都采用这一模式。

在**三级技术层面**(level III)，电子交易平台通过消除场内交易来简化交易过程。虽然NASDAQ 1971年开始运作电子交易平台，但是，IT革命在20世纪90年代才让电子交易平台真正起飞。电子交易平台使用计算机终端匿名给出买卖双方的指令。交易商通过打电话给经纪公司或通过公司的网站传递交易指令。之后，交易指令进入公司指令处理中心，进而进入交易平台的计算机系统，由计算机系统复杂的软件来撮合交易指令执行交易。

三级技术支持下的证券交易促进了交易程序，并带来程序化交易。假设一个交易商想迅速利用价差来建一个包含100支股票的证券组合，若要召集经纪人并向他们发出指令来立即买入100支不同的股票，将是一件非常困难的事情。用计算机程序就可以解决该问题。设计一个计算机程序，就可以立即买入这些股票。这就是**程序化交易**(program trading或algorithmic trading或algo)的一个例子。它利用(包含一些交易规则和连续步骤的)计算机程序迅速识别实时市场数据带来的交易机会，立即捕捉潜在的获利交易机

会。我们将在第 6 章详细讨论程序化交易。

电子交易平台正在得到日益广泛的认可。许多新成立的交易所，如波士顿期权交易所、欧洲的欧洲交易所、韩国期货交易所、墨西哥衍生工具交易所、印度国家证券交易所，以及美国的国际证券交易所，从一开始运营就是完全的电子交易所。许多其他交易所，如伦敦国际金融期货和期权交易所、中国香港期货交易所，以及特拉维夫证券交易所，都先后用电子交易平台替代了原先利用电子系统进行公开喊价的交易模式。

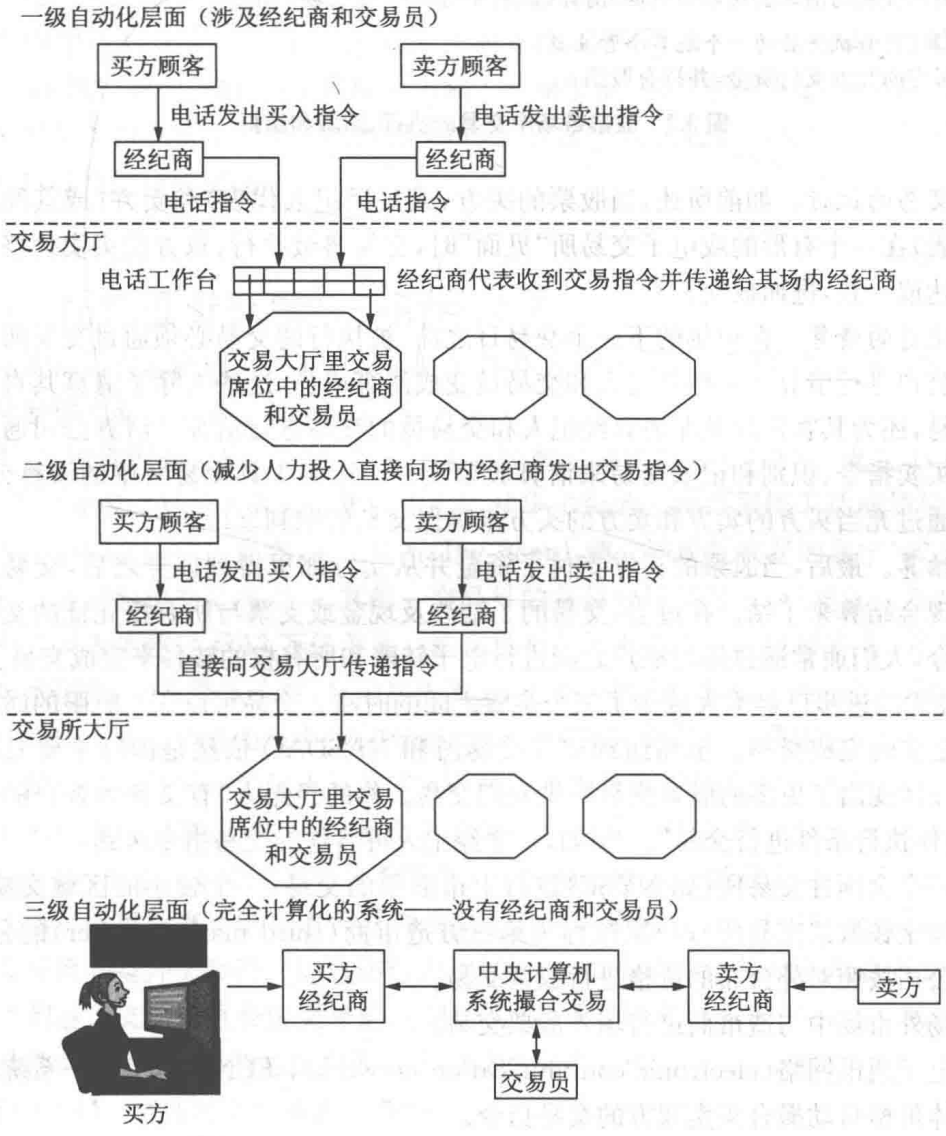
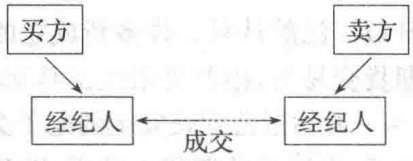


图 3.1 证券交易自动化的不同层面

3.5 场内证券交易的三个步骤

在交易所内进行的股票交易通常涉及三个步骤：执行、清算和结算。股票的场外交易，除了无第三方进行清算，别的步骤与场内交易相似（图 3.2 描述的是一个典型的股票交易的三个步骤）。

A) 执行



(或者,交易员会替代交易商或其经纪人)

B) 清算(交易所闭市之后,但在下一个交易日开市之前)
经纪公司代表与清算公司职员见面,清算(识别并记录)一笔交易

C) 结算(交易执行后的一个或多个营业日)
股票买方向卖方支付资金,并持有股票

图 3.2 股票市场中交易的执行、清算和结算

- 交易的执行。如前所述,当股票的买方(或其经纪人代表)和卖方(或其经纪人代表)在一个有形的或电子交易所"见面"时,交易将被执行,双方就买卖价格和数量达成一致,进而成交。
- 交易的清算。在市场的下一个交易日之前,被执行的交易必须通过交易所的清算公司进行清算。一些经纪人和交易员变成清算成员,这些人除了清算其自己的交易,还为其客户以及非清算经纪人和交易员的交易进行清算。清算公司通过撮合买卖指令、识别和记录交易来清算股票交易。衍生工具交易所中的清算公司,还通过充当买方的卖方和卖方的买方来确保交易的顺利进行。
- 结算。最后,当股票的买方支付了资金并从卖方那里得到证券之后,交易最终以现金结算来了结。在过去,交易的了结涉及现金或支票与所有权凭证的交换。如今,人们通常通过经纪账户之间进行电子转账和所有权的转移来完成交易。

IT 技术的进步已经大大减少了三个步骤之间的时滞。交易可以在一眨眼的时间内完成,甚至是实时完成交易。虽然纽约证券交易所和 NASDAQ 依然是国际主要股票交易所,但已经涌现出了更多的股票交易所供人们交易。你的经纪人"有义务为客户的指令寻找一个最佳执行条件进行交易"。[①]例如,一个经纪人可将你的交易指令送到:

- 一个全国性交易所(如 NYSE)进行上市股票的交易;一个较小的区域交易所(如波士顿股票交易所);一家被称为第三方造市商(third market maker)的公司,该公司按照对外公布的价格进行股票交易。
- 场外市场中与造市商进行场外股票交易。
- 电子通讯网络(electronic communication networks, ECN)中,由电子系统按照具体价格自动撮合买卖双方的交易指令。
- 公司的另一个部门,该部门将交易指令与其内部自己归档的库存进行撮合交易。

你也可以要求经纪人将你的交易指令传达给某一具体的交易所、一个具体的交易员或事先决定的电子通讯网络。

① 这一讨论主要是基于一篇文章《交易的执行:每个投资者都需要知道的事情》,资料来源:www.sec.gov/investor/pubs/tradexec.htm。最佳执行条件是指"你的经纪人必须评价其汇总的从所有客户那里收到的所有指令,并定期分析相互竞争的市场、造市商或 ECN 中,哪一方给出的执行条件最有利"。

3.6 股票的买卖

在欧洲，股票交易已经有几百年历史。历史最悠久的股票交易所于1602年成立于阿姆斯特丹，荷兰的联合东印度公司发行了纸质股票。伦敦股票交易所（现在是纽约泛欧交易所的一部分）于1698年成立，当时被称为“交易所和其他东西”的股票和商品价格以列表形式被印制出来，因其喧哗吵闹而被皇家交易所驱逐出来的股票交易员开始在街道和咖啡馆周围进行交易（详情可登录伦敦股票交易所网站：www.londonstockexchange.com）。19世纪属于英格兰，不列颠人引领了股票浪潮，大英帝国永远日不落，伦敦曾是世界上最繁荣的商业城市。第一次世界大战之后，世界商业和证券交易中心从伦敦转移到了纽约以及纽约证券交易所。

3.6.1 纽约证券交易所的股票交易

纽约证券交易所成立于1790年，但于2008年被NASDAQ OMX集团收购，美国最早成立的股票交易所是费城股票交易所。

但是，纽约证券交易所一直是国际主要股票交易所之一。NYSE成立于1792年，当时24名主要股票经纪人和商人集中于曼哈顿华尔街的一棵梧桐树下达成协议，收取统一的股票交易佣金比率。最终，大交易所（Big Board，纽交所最受欢迎的名字）成为世界最知名的和最大的股票交易所之一，其每一交易日的交易规模超过15亿美元。在纽交所上市的所有公司市值超过了13万亿美元。该交易所在技术方面投入巨额资金，并在很多方面进行技术创新，如股票报价栏、自动报价服务、电子报价系统和电子指令展示簿。

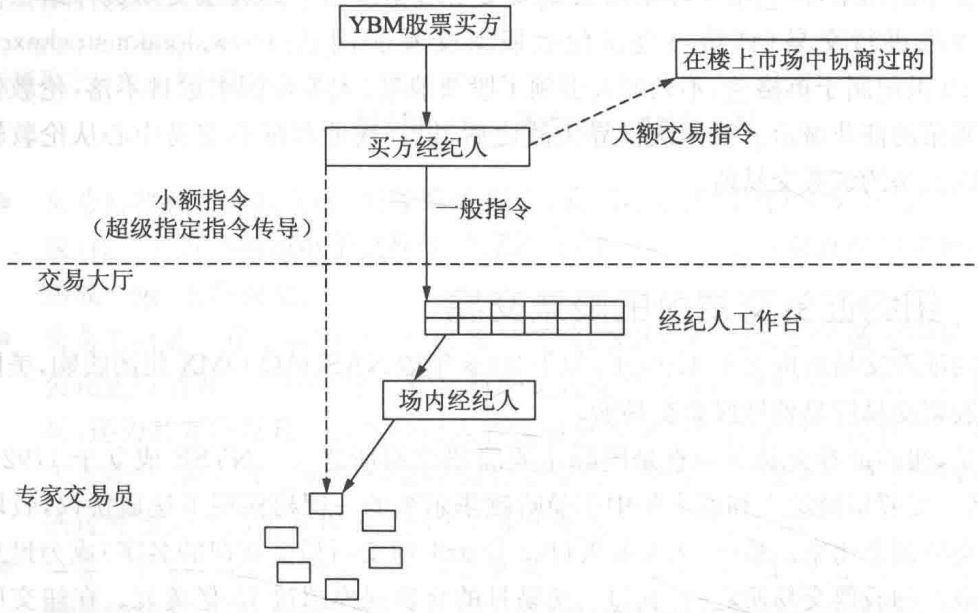
纽交所通常被描述为最典型的证券市场。该交易所设有交易席位，专家交易员站立其中。他们是交易员—经纪人造市商，确保指派给他们的股票交易有序地在市场完成。任一专家交易员可能是30—50支股票的唯一造市商。纽交所允许双重身份交易（dual trading），即，虽然一个专家交易员不能在同一交易中既充当经纪人又充当交易员，但他在同一交易日既可充当经纪人也可充当交易员。许多专家反对双重身份交易，因为他们认为这会导致利益冲突和潜在的欺诈行为，专家交易员会将自己的利益放在首位，进而牺牲客户的利益。支持双重身份交易的人则认为，双重身份交易有助于一般交易商带动市场的流动性。例3.1给出的是纽交所一个假设的股票交易。

【例3.1】 交易所中的股票交易

交易指令

- 假设L女士要买入YBM公司的整数股票（如100股），YBM是你喜爱的机器公司（Your Beloved Machines）的股票，本书中我们将一直使用这一虚构的公司名称。假设正如许多美国大公司一样，YBM股票在纽交所上市。L女士已经在经纪公司开户并为股票交易存入足够的资金。她打电话通知经纪人或通过互联网下达交易指令。
- 经纪人代表记录指令和下单时间，网络上会自动记录该信息。小额指令会直接通

过超级指定指令传导(designated order turnaround, DOT)系统。经纪人代表传递常规指令给交易大厅中经纪人工作台中的职员,该职员填写了指令表之后交给传递员,传递员随后将指令递给**场内经纪人**(floor broker)之一,后者随后交给专家交易员席位以执行交易。凡是涉及1万股或1万股以上的**大额交易**(block trades)通常不在交易大厅进行,经纪人此时可有可无,此类交易是在**楼上市场**(upstairs market)协商完成。图3.3显示了不同的指令是如何被传输的。



交易指令到达专家处由其来处理YBM股票
若是市价指令——与卖方或专家交易员进行交易
若是限价指令——在被填单之前依然存在于限价指令簿上

图3.3 纽约证券交易所中交易程序

- 专家交易员保存一本记录需要填写的指令的**限价指令簿**(limit order book)。一个**限价指令**(limit order)必须按照陈述价格或更好的价格填写,或者根本不交易。相反,一个市价指令必须按照可得到的最好市场价立即进行交易。一只**流动股票**(liquid stock)是指交易活跃的股票,并且在市场价上下有很多限价买卖指令。这样,相当规模的股票头寸可按最低价值损失被轻易地转换为现金。专家交易员以未结清限价指令为基础,并考虑到其所认为的谨慎价格(如果他能提供的价格高于限价指令簿中的价格,他会按谨慎价格用自己的账户进入交易),将股票的报价从100美元提升到100.10美元。这意味着他愿意从你那里按照每股100美元(买入价)买入股票并按照100.1美元(卖出价)向你卖出该股票。①

交易的执行

- 假设L女士发出市价指令,并在市场上寻求交易对手(counterparty)作为交易的

① 两个世纪之前,纽交所中股票交易的传统做法,是按照1/32的最小波动价位进行报价和交易。纽交所在2001年将最小波动价位转为十进制,此后股票报价和股票期权报价的最小波动单位为1分,其他美国交易所的做法与之相同。

另一方。该交易对手可能是场外某一投资者，也可能是场内交易大厅中的一个职业交易员。在纽交所，如果没人给出相同的价格或更高的价格，专家交易员入市并按照每股 100.10 美元的价格向 L 女士卖出 YBM 公司股票，交易于是得以执行，L 女士为其买入的股票和经纪人佣金支付 10 010 美元。一个折价经纪人可能会向其收取 5 美元的佣金，而一个综合经纪人可能会向其索取更多的佣金。

清算和结算

- 股票交易执行后，纽交所通过计算机将交易记录传递给全国证券清算公司(National Securities Clearing Corporation，NSCC)进行清算和结算。该交易被视为锁定(locked-in)交易，即，由计算机提前撮合的买方和卖方的交易细节已经被记录在内。NSCC 也“在股票市场参与者中采用净额结算法，每个交易日可平均减少的交易规模，相当于需要交易的 98%的股票价值”。①它通常以 3 个营业日($T+3$ 基础)为一个周期来进行清算和结算。拓展 3.2 介绍了当今有效的结算系统。

专家交易员系统并不是股票交易的唯一方式。法国交易所 MATIF(现在是纽约泛欧交易所的一部分)曾经将股票的买方和卖方指令汇总，之后定期确定一个所有指令都能交易的价格。即使在今天，一些交易所(包括位于巴黎的泛欧交易所)也还在交易日开始时使用这一方法进行股票交易。衍生工具交易所(如芝加哥商品交易所)采用的是公开喊价法进行交易，即，在环形的交易大厅(trading pit)中人们通过公开喊价来完成每一笔交易。如前所述，许多历史比较悠久的交易所已经淘汰了场内大厅交易，取而代之的是电子交易所。

纽交所通过在技术方面的巨额投资，已经建立起一个每天能进行几十亿股票交易的系统。该交易所最初的策略是围绕专家交易员的需求来开发一切，如前面所讨论过的二级自动化技术一样。但是，有了复杂的技术装备，电子交易所可以为顾客提供更好的增值服务，使得原先的专家交易员和场内交易已经没有了存在的必要。面对这些威胁，纽交所采取了一系列大胆的举措：于 2006 年 3 月 7 日与完全电子化的群岛交易所(ArcaEx)合并，成为一个盈利性的公众持有公司——纽交所集团公司。2007 年 4 月 4 日，纽交所与欧洲主要跨境交易所——泛欧交易所合并，成为世界上最大的交易所集团——纽约泛欧交易所(NYSE Euronext)。纽交所已经调整了自己的定位来适应世界的变化。

拓展 3.2：新世纪后台的运作

当今的交易商享受着极好的交易氛围——交易可以即刻执行、立即确认、快速清算和精准结算。纽交所的计算机在 2007 年 2 月 27 日轻易处理的交易达到 41.21 亿股。这在 20 世纪 60 年代简直不可想象，那时，股票日交易规模超过 1 000 万股时，华尔街公司的后台和纽交所得关门来处理积压的文书工作。

为了解决文书工作危机，美国于 1968 年成立了中央凭证服务机构(Central Certificate Service，CCS)，由其持有所有的纸质股票凭证，该机构取消了持有纸质股票，并使证券进行电子转让成为可能。CCS 于 1973 年被存款信托公司(Depository Trust Company)替

① 可登录：www.dtcc.com/about/subs/nscc.php。

代，该机构于1999年被重组，成为新成立的存款信托和清算公司(Depository Trust and Clearing Corporation，DTCC)的子公司。DTCC作为世界上最大的交易后金融服务公司，通过其旗下子公司提供股票、固定收益证券和场外衍生工具的清算和结算服务。

由DTCC旗下的子公司来参与的一个典型的股票交易的清算和结算步骤如下："交易后的清算和结算周期是自交易执行当天开始。在这一天，交易的具体细节通过电子系统传递给其子公司NSCC进行处理，交易的处理几乎是实时的。"①全国证券清算公司(NSCC)成立于1976年，该公司提供证券交易的清算、结算、风险管理和中央对手服务。

交易日(T)

就股票交易而言，99.9%的交易被发送为锁定交易，即市场在交易执行时已经对其进行比对，确认所有细节，包括交易的股数、价格和证券名称。NSCC向市场参与者发送自动报告，该报告是记录所有交易细节的法律文书，并确认股票交易已经进入清算和结算程序。

$T+1$

NSCC担保结算一般在$T+1$和$T+2$之间的午夜开始。在这一时点，NSCC介入交易并充当了交易对手，其承担了买方的信用风险和卖方的交割风险。这一担保消除了市场参与者的不确定性并提升公众信心。

$T+2$

NSCC发布所有比对过的经纪人—交易员小结，包括到期或需要结算的每一证券的净头寸。

$T+3$

$T+3$是指结算，即，通过交割净买方得到证券，净卖方得到支付款项。经纪人—交易员向其结算银行发出指令，(通过联邦储备银行)DTC代理NSCC来划拨或收入资金。由于所有权一般被电子系统记录下来，所以交易各方不经手证券的实际交换。

3.6.2 场外交易

场外市场和区域性交易所一直是那些不能在纽交所上市的小市值股票和其他证券交易的主要场所。自70年代以来，NASDAQ一直被看作美国主要的场外市场。然而，NASDAQ的网站(www.nasdaq.com)历史表明交易所市场和场外市场的区别有时是不明显的：

- SRO NASD的形成。1934年颁布的证券交易法案使证券交易委员会和自律组织NASD(全美证券交易商协会)成立以监管美国证券行业。自律组织(SRO)由证券业内成员组成，并对证券业加以监管。
- 发起NASDAQ，并使之成为美国第一个电子交易所。1971年，NASD发起成立全美证券交易商自动报价协会(NASDAQ)。NASDASQ是场外交易的延伸，并且很

① 详见：www.dtcc.com/about/business/tplus3.php。

多年被称为场外市场。最初，它只是上市股票的计算机报价系统，并没有将买方和卖方连接起来。股票的实际交易是通过电话进行的。很多年以来，NASDAQ通过添加自动交易系统，其本身已经超出了股票市场。20世纪80年代，NASDAQ演变为世界上第一个真正的电子股票交易所。

- SRO脱离NASDAQ。2000年，NASD将NASDAQ分离出去，并使之成为公众交易公司NASDAQ股票市场公司（简称NASDAQ）的一部分。NASDAQ是一家注册的美国全国性股票交易所，主要从事在NASDAQ上市的证券交易。
- 新SRO的成立。2007年，NASD和纽交所的成员规管、实施和仲裁功能被归并在一起，成为一个新的SRO——金融行业监管机构（FINRA）。
- 场外市场。随着1990年《低价股股票改革法案》（Penny Stock Reform Act）的出台，场外柜台交易平台（OTCBB）开始运作，该平台提供的是“股票规管的报价服务，给出实时股价、最后出售价格，以及场外股票的交易规模信息”。①
- NASDAQ OMX集团。2008年，NASDAQ股票市场买下（控制了7家波罗的海股票市场的）瑞典—芬兰金融公司，并成立了NASDAQ OMX集团。

后来，美国的OTC市场演变为场外柜台交易平台和粉单报价市场，粉单市场在过去几年的扩大，给场外股票市场带来更大的透明度。只有造市商可以在OTCBB对证券报价，FINRA规则要求其免费提供此项服务。OTCBB通过供应商终端和网站公布市场数据。粉单报价市场（因先前股票报价用粉色纸来印刷而得名）是电子系统，它将从经纪人和交易员那里得到的股票报价公布出来，以便于人们在场外市场从事风险最大的股票交易。证券交易委员会（SEC）在网站上提醒潜在的交易商“除了少数外国发行者，在粉单报价市场上列出的公司的股票可以长期持有，交易规模极小，换手率极低。这些公司中的大多数都不能满足在全国性证券交易所上市的最低要求……它们中的许多公司不定期向证券交易委员会提交报告或经审计的财务报表，这使得投资者很难找到这些公司可信任的、无偏的信息”。②该市场上的指导原则是“买方小心”。

3.6.3 另类交易系统：暗池和电子通讯网络

技术革命使证券交易可能在不透明的系统中交易。这些新的交易系统被称为另类交易系统（alternative trading system，ATS）。暗池和电子通讯网络（ECNs）是由证券交易委员会批准的基于非交易所的证券交易市场。此类非交易所交易系统是证券交易委员会1998年出台ATS条例（交易所和另类交易系统条例）后的产物。③

① 参见：www.otcbb.com/aboutOTCBB/overview.stm。

② 参见：www.sec.gov/answers/pink.htm。

③ ATS条例界定另类交易系统“与其他系统一样，有以下几个特征：（1）组成、维持或提供一个场所，该场所能够将证券的买方和卖方聚集在一起，或按照交易所法案3b-16规则行使股票交易所具有的一般功能；（2）规则的制定不是为了监管认购者的行为，而是监管此类认购者对此类组织、协会、个人、群体或系统所从事的证券交易，或是约束认购者，而非将其排除在交易之外”。该条例（见ATS条例中的脚注38）将交叉网络系统界定为“允许市场参与者按照非定价指令进行证券买卖”。交易指令在具体时间按照从另一市场获得的价格被交叉发送（参见：www.sec.gov/rules/final/34-40760.txt）。

暗池(或流动性暗池)有以下几个特点:第一,它们是神秘交易网络,不直接向交易所发送交易指令或直接在限价指令账簿中展现出来;第二,感兴趣的交易商既可以与潜在的交易对手进行议价,也可以通过暗池将交易进行匹配;第三,市场几乎是排他性的,机构投资者的大额指令占主导。全国性交易所,如纽约泛欧交易所和 NASDAQ 股票市场,也将其一些指令发送至暗池。2008 年 5 月 8 日,《华尔街日报》上刊登的一篇题为《暗池的兴起——交易网络正在让华尔街头疼》的文章中报道,42 个活跃的暗池网络已经占美国股票日交易规模的 10%,而 2003 年 7 家暗池占美国日交易规模不足 1%。2008 年 8 月 19 日《华尔街日报》刊登的另一篇题为《警惕暗池中的鲨鱼》的文章,提醒暗池中的机构投资者提防被"鲨鱼袭击的风险"。

ECN 是在证券交易委员会注册为经纪人—交易员的另类交易系统。ECN 的参与者是认购者,包括机构投资者、经纪人—交易员和造市商。散户交易商通过开户并通过经纪人—交易员认购者,可间接从事交易。ECN 中主要从事股票和货币交易。交易指令通常为限价指令,ECN 按照协议撮合买方和卖方达成交易。如果 ECN 找不到匹配的交易指令,可以将该指令发送到另一市场进行交易。与暗池不同,交易指令都是向所有认购者公开展现出来的。

机构网络(Instinet)成立于 1969 年,旨在向机构提供电子交易,它已经成为美国电子交易的先驱,并在 1997 年成为美国的第一个 ECN。1971 年成立的 NASDAQ 可被视为早期的 ECN。1998 年,证券交易委员会出台了 ATS 条例后的当年,ECN 被正式承认和批准。ECN 通过取消交易费并提供更好的交易执行,得以快速发展。例如,BATS 交易(更好的另类交易系统)是一家 2005 年成立,并由 11 家投资银行拥有的 ECN,该系统已经成为美国第三大股票市场,仅次于纽约泛欧交易所和 NASDAQ OMX。

3.7 美元股利和股利收益

T.S.艾略特在他 1934 出版的《岩石中的合唱词》中写道:"所有的人都准备好用他们的钱做投资,但大多数人期待的是股利。"如同艾略特所观察的那样,以现金支付股利(**现金股利**)或送股(**股票股利**),对公司而言是回馈股东们的老办法。对于股利支付而言,除息日是重要的日子。如果你在除息日之前买入股票,你得到股票和股利(买入含息股票);但是,如果你在除息日当天或之后买入股票,那么,你得到的是不含股利的股票(即买入除息股票)。

让我们来分析一下除息日当天的股票价格。假设含息股票价格为 100 美元,公司支付 2 美元的股利,那么,我们会认为除息股票价格为 98 美元。为什么?如果不是该价格,那么寻求获利的交易商便会利用任何价格偏差进行买卖,无论是赚还是亏,交易活动将最终消除市场价格与除息股价之间的价差。

下面来分析操作的过程。假设除息股票价格为 99 美元,聪明的交易商会在除息之前买入该股票。他们的 100 美元的投资将立即变成 101 美元(除息股票价格 99 美元加上 2 美元的股利),交易商能立即将该股票卖出并赚取 1 美元利润。相反,如果该股票价格在除息之前下跌幅度超过 2 美元,如下跌到 97 美元,则交易商可以持有股票空头寸(融券并

卖出该股票),并在该股票除息后再买入,进而立即锁定 1 美元的利润。这样,98 美元就是股票除息前的唯一价格,这与无风险利润机会下的股价一致。

我们可以将这一观察结果用公式表示。

结论 3.1

除息前后股票价格之间的关系

在无风险利润机会市场中,①

$$S_{CDIV} = S_{XDIV} + \text{div} \tag{3.1}$$

其中,S_{CDIV}是含息股价,S_{XDIV}是除息股价,div 是股利额。

股利以美元支付。但是,要用不同的估价对不同股票的美元股利进行比较,人们需要计算**股利收益**。股利收益是被当作股价一部分来表示的股利。在本例中,股利收益(2/98)=0.020 4 或 2.04%。用股价来除便使美元股利规范化,进而使得不同股票之间股利在公平合理的标准的基础上进行比较成为可能。

当人们在与诸如标准普尔 500(S&P 500)等股票指数打交道时,股利收益也是有用的,标准普尔 500 指数是美国 500 家主要公司股票价格的加权平均指数(第 6 章中我们将进行详细的阐述)。计算成百上千的股利(S&P 500 中有将近 2 000 股利),并相应地对指数价值进行调整是一项很艰巨的任务。利用股利收益作为一个简单的工具进行相应的调整,涉及以下几个步骤:(1)将一年中所有支付的股利加总,并用指数价值的百分比产生的股利收益表示为 δ;(2)假设 δ 在一年中是连续支付的,与指数水平成正比;(3)假设股利被连续地再投资于指数,进而指数以单位数增加。指数中一个单位的初始投资,在一年后变成 e^{δ},在 T 年后变成 $e^{\delta T}$。我们用例 3.2 对此计算加以描述。

【例 3.2】 股利收益

- 假设有一个虚拟的股票指数"INDY 指数"在 1 月 1 日为 1 000 点,其股利收益为 δ= 0.06 或每年 6%。假设股利一年支付次数 m = 3 次,在股利支付日,每一次支付额为 δ/m = 0.02 乘以 INDY 价格。我们假设买入 1 单位的"INDY 现货"指数。
- 4 个月后,INDY 指数为 1 100,股利支付额为 0.02 乘以这一指数,为 22。我们将股利用于再投资,这与股利额无关——我们现在需要知道的是,从现在起,我们有 1×1.02=1.02 单位的指数。
- 再过 4 个月,我们将获得指数的 2%作为股利。由于我们先前持有 1.02 单位的 INDY 现货指数,则我们现在持有的 INDY 现货指数单位为:1.02^2=1.040 4 单位。同样,在年底,我们将持有的指数单位为:1.02^3=1.061 208 单位。
- 接下来,我们修正支付股利的频率。假设股利被连续支付,并在每次支付之后被

① 后面,我们将称之为套利机会。严格意义上讲,这一结果取决于有一个连续样本的路径股票价格过程(Heath and Jarrow, 1988)。当然,这个结果还依赖市场满足标准无摩擦的竞争市场假设,这个假设将在后面章节中介绍。

继续投回组合中。在本例中，1 个单位的 INDY 现货指数在 T 年后将值 $e^{\delta T}$（见附录 A）。8 个月后，我们持有的指数单位数为：

$$e^{\delta T} = e^{[0.06\times(2/3)]} = 1.040\,811$$

该资产价值可以用结论 3.2 重新陈述。

结论 3.2

为一个连续支付股利并计复利的资产估值

如果一个资产每年连续支付股利收益 δ 并计复利，股利再被投资于资产中，则今天投资于该资产的 1 个单位，在 T 年后将增加为 $e^{\delta T}$。

需要注意的是，结论 3.2 给出的是对包含股利支付的股票价格的数量调整，而结论 3.1 则是一个价格调整。在本书后面讨论股票支付股利时，我们将使用这两个修正。

3.8 股票卖空

卖出股票有两种方式：一是从现有的组合中卖出股票；二是卖空自己不拥有的股票。第一种交易与股票买入一样直接，而第二种交易则涉及更复杂的程序。**卖空者**从现有的股东那里融券，之后将股票出售。他有义务在未来再将股票买回并偿还给融券者。此外，卖空者需要将上市公司支付的股利交给融券者。有趣的是，卖空股票行为本身人为地创造出多于一级市场上最初发行的总股数。在本书的后面章节中，读者会看到，卖空行为会成为市场操纵交易方案的关键因素。

买入股票者之所以买入，是因为他对市场**看涨**，预期股票价格将上涨；卖出股票者之所以卖出，是因为他对市场**看跌**，预期股票价格将下跌。与只是简单地卖出股票者不同的是，卖空者在看跌市场之后更激进，他从事的是一个风险相当大的赌博交易，一旦赌输，则会损失惨重。我们将在第 10 章中讨论一个案例，在该案例中市场操纵者操纵市场并导致卖空者蒙受损失。

股票卖空如何操作，详见例 3.3。

【例子 3.3】 股票卖空

- SEC 网站上的一篇文章中阐述道："一般而言，当你要卖空时，经纪公司会向你融券，你所得到的融券可能是经纪公司自己的存货、该经纪公司其他客户的保证金账户或其他经纪公司。"①
- 假设 H 先生在 B 经纪公司中开立账户，账户上拥有（虚拟的）BUG 公司股票 100 股。为了便于卖空，股份以"街名"持有，而 H 先生并不从中获利，他只是帮助 B 公司赚取一些佣金。为了简便起见，我们假设 B 公司是这个镇上唯一的经纪

① 《市场监管部门：关于监管 SHO 的关键点》中描述了散户卖空过程（参见 www.sec.gov）。在 2007 年 7 月 6 日之前，SEC 规定，只有当交易价格高于前一交易价格（股票报升）时，或者，交易价格等于前一交易价格（股价零加标）时，允许卖空。美国关于卖空的监管法规仍在不断地变化，未来会进一步完善。

公司。

- B公司从H先生那里借入100股，之后向卖空者S先生提供融券，并帮助S随后将股票卖给N先生(见图3.4)。在未来，无论BUG股票价格如何，S将不得不买入100股BUG公司股票，并还给H先生。在此之前，S所得到的股票股利都要转给B公司，而B公司随后将股利打入H先生的账户中。
- 市场上有人买入了200股，而卖出了100股BUG公司股票。但从BUG公司的角度来看，只有N先生持有了100股未结清股票。H先生持有的另外100股以及卖空者S先生卖出的100股都是人为创造出来的，两者是相互抵消的。N先生从BUG公司那里收到股利并持有投票权。
- 奇怪的是，在卖空过程中，H先生最初的股份变成了人造股数。这些人造股数是S先生需要照顾的孩子。因此，卖空者S先生必须匹配任何现金股利、股票股利等，而H先生则有权利收入这一切。
- 股利降低了股票价值并让卖空者S先生受益，因为S先生可以以更低的价格买进100股。如果价格为50美元的股票的股利为1美元，则股票除息价格为49美元，如果S先生买回100股则可以赚取前后差价1美元，向H先生支付这一美元将使每一个人开心，因为这样做是很公平的。
- H先生失去的唯一东西是投票权，因为BUG公司不会承认任何一个额外的股东。H不会介意这一点，除非他计划对BUG公司竞争代理权以迫使公司进行一些重大变革。

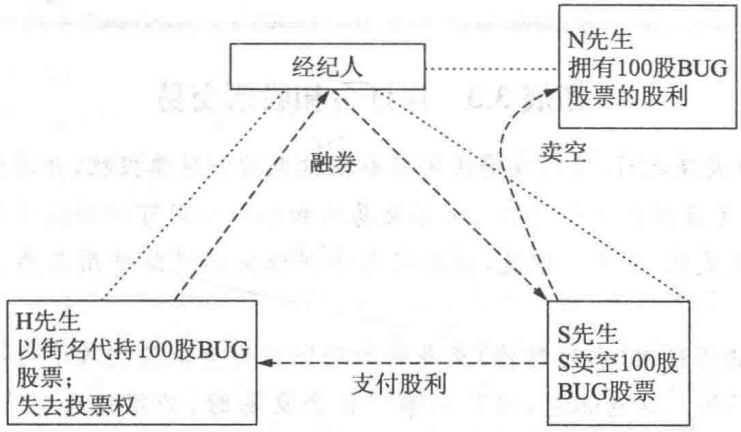


图3.4　卖空示例

3.9　保证金：促进交易的押金

“margin”一词有很多涵义。在经济学里，边际(margin)和边际的(marginal)通常被用来表示一个很小的变化或一个单位的变化带来的结果。在会计学里，(业务的)利润率(profit margin)是指收入超过成本的金额。在金融市场上，(根据网上牛津字典)保证金(margin)是指“投机者在经纪人那边的账户中存入的一笔用来抵补交易风险损失的资金；当今，尤其是指买入交易中的保证金”。对于任一证券市场上涉及外在或隐含借款的交易

而言，保证金或抵押物都是至关重要的。

下面我们将讨论几个例子。

- 融资买股。你决定利用杠杆来买股以增加潜在的回报。假设你自己投资 10 000 美元并从经纪人那里得到 8 000 美元的贷款以买入价值为 18 000 美元的股票。你必须在经纪人那里开立一个保证金账户(也称为现金和保证金账户)。你的股票投资额 10 000 美元是保证金或抵押金，实际上就是安全性存款。现在你的杠杆组合的回报为 10%，即股票投资将赚取 1 800 美元，相当于投资金额的 18%。但是，杠杆的作用有利有弊，一旦发生亏损，损失也是被放大的。由于你在偿还贷款之前，经纪人要对你的贷款每天的余额收取利息，因此，你的实际回报会低一些。
- 股票卖空。一个股票卖空者也需要开立保证金账户。经纪人要求你将卖空股票所得收益以及额外资金存入保证金账户中。因为如果你要卖空股票，首先需要融券。

在从事需要保证金的证券交易之前，你必须缴纳**初始保证金**。该初始保证金可以是现金或高质量、低风险证券。为了保护经纪人，有一个**维持保证金要求**：证券交易者必须要在账户上保持保证金的最低金额。如果你的头寸发生亏损，导致保证金账户余额减少至该临界值时，经纪人会通知你立即以现金的方式**追加保证金**(维持保证金永远都是现金的方式)，使保证金账户余额恢复到维持保证金水平。如果你做不到这一点，则经纪人将清算你的组合。拓展 3.3 中阐述了保证金账户的调整过程。

拓展 3.3　保证金和股票交易

1929 年股市大跌之后，美国政府决定采取措施来控制股票投机，并委托联邦储备委员会就证券交易制定最低保证金要求。证券交易所和经纪公司可以将最低保证金金额设定在更高(但不能是更低)水平。但是，金融交易中保证金的实际作用是为了将对手的信用风险降至最低。

当今，美联储将股票(和可转债)交易的初始保证金要求设定在 50%的水平，而维持保证金设定在 25%。这意味着，当你从事保证金交易时，必须将自有资金的 50%作为保证金，并从经纪人那里通过贷款融资获取其他资金，经纪人将向你收取贷款利息。因为这属于担保贷款(由抵押担保的低风险贷款；股票市值远大于所借入资金额)，所以，经纪人将可能向你收取通知贷款利率(或经纪人通知贷款利率)和很小的溢价。经纪人贷款利率通常是在基准利率 bbalibor 的基础上加上一个价差。该利率水平通常在《华尔街日报》的“货币和投资”栏目里或其他报纸的商业栏目里公布。以下公式用于保证金的计算。

公式 1(拓展 3.3)股票交易的保证金计算

与(通过从经纪人那里获取贷款)用保证金买入股票或卖空股票有关的保证金(或押金)的计算公式如下：

保证金＝(资产的市值－贷款)/资产的市值

如果维持保证金是25%，则你的权益必须至少是组合价值的25%。如果你的权益市值低于这一水平，则会收到追加保证金的通知，存入额外资金，并将权益市值恢复到25%的水平。你的公司可能会将自己的保证金要求设定在更高的水平上，如维持保证金为40%。

保证金的调整会很复杂(参见Sharpe, Alexander and Bailey, 1999)。下例中描述了保证金调整过程中涉及的计算步骤。

【例1】 股票交易的保证金账户调整

以保证金方式买入股票

- 假设你按照每股100美元的价格买入YBM公司股票200股。购买价为2万美元，你打算一半资金通过从经纪人那里融资解决。你投资于股票的资金为1万美元，采用我们的公式，则可计算出初始保证金：

(20 000－10 000)/20 000＝0.5或50%

- 假设YBM公司的股价上涨至每股110美元，则：
  —你的资产的市值为200×110＝22 000美元；
  —贷款金额还是10 000美元；
  —你账户中的投资价值为(资产的市值－贷款)＝22 000－10 000＝12 000美元；
  —你账户中的保证金＝12 000/22 000＝0.545 5。
- 假设YBM公司的股价下跌至60美元，则：
  —你的组合的市值为200×60＝12 000美元，你的投资价值为：12 000－10 000＝2 000美元；
  —保证金＝2 000/12 000＝0.166 7；
  —你将被通知追加保证金1 000美元，这样才能满足25%的维持保证金的要求。

股票卖空者的保证金账户

- 假设你决定卖空YBM公司的股票，并希望利用20 000美元的收益买一辆新的红色小轿车。但是，经纪人不仅拒绝让你动用这笔资金，而且要求你向保证金账户中存入额外的50%资金，即10 000美元。这样做是否太过分？
- 如果你仔细一想，经纪人的要求是完全合理的。设想一下，如果他只存有2万美元，股票价格只上涨1分钱，则你账户中的余额将为负值，即－200×100.01＋20 000＝－2美元。50%的初始保证金要求为他的需要提供了缓冲。因此，买入股票者的保证金账户可开可不开，而股票卖空者则永远需要开立保证金账户。
- 与一般的买入股票相反，股票卖空不仅涉及股票的初始出售，还涉及随后的买入。因此，任何股价上涨将会增加负债，并使保证金账户中的资金减少。

本章小结

1. 本章有两个主题：研究了一般的证券交易，并重点讨论了股票交易。金融机构的行为在金融领域至关重要。股票交易是最容易理解的证券交易。不同衍生工具的交易则是在此基础上的拓展。

2. 股票首先是在一级市场上发行，然后在二级市场上交易。

3. 交易所是买卖双方都聚集在一起进行买卖的具体场所。当今，许多交易所都已经完全实现电子化交易，由中央计算机执行交易。

4. 任何在交易所以外进行的交易都被称为场外交易。有组织的场外市场（银行同业市场）上，买卖双方通过发达的网络和通讯设施连接在一起。

5. 经纪人通过撮合买卖双方进行交易来赚取佣金。交易员是以自己的账户从事证券交易并赚取买卖差价。

6. 交易商可以被划分为三个类型：避险者利用证券交易来降低风险；投机者通过预期进行证券交易获利并承担风险；套利者通过采取贱买贵卖策略赚取证券交易的差价。根据持有证券头寸的时间长短，投机者可以被进一步细分为抢帽子者、当日交易商和头寸交易商。

7. IT 革命不仅促成了不同交易所之间的线上经纪业务、电子化交易和网络连接，而且也极大地便利了散户投资者参与证券交易。电子化交易将证券交易的人工成本降至最低，并使得场内交易大厅内的交易没有了存在的必要。

8. 有组织的证券交易所内的交易通常涉及三个基本步骤：交易的执行、清算和结算。如今的执行选择比以往任何时候都多。一笔交易指令可以被发送到全国性交易所、一个较小的区域性交易所、一个第三方造市商、一个场外市场的造市商、一个诸如电子通讯网络的另类交易系统或一家企业的另一个部门。

9. 纽约证券交易所是一个典型的证券市场。大多数证券交易是在证券交易大厅内进行的。被称为专家交易员的经纪人—交易员立足于其交易岗位，确保证券交易在市场上有序进行。监管问题以及电子交易所之间的竞争，迫使纽交所放弃其传统模式。纽交所已经与一家电子交易所合并，通过重组，将自己转型为一家盈利公司。

10. 股利支付是回报股票投资者的一种老方法。当股票除息之后，含息股票价格等于除息股票价格加上股利。

11. 连续计复利概念可以被用于研究组合投资，它可以模拟一个股票指数的现金流。假设某一资产一个单位的投资按照收益 δ 连续计复利来支付股利。股利又再被投资于资产中（假设支付的股利为 δ/m，每年计 m 次复利，m 变为无限大。）那么，在 T 年之后，证券组合中将包括 $e^{\delta T}$ 单位的资产。

12. 一个卖空者融券，以街名持有并将股票卖空。原始股票拥有者失去了投票权，卖空者以支付股利的方式向股票拥有者进行补偿。

13. 虽然对于不同的证券交易而言保证金概念是相似的，但交易是不同的。只有当交易商愿意用从经纪人那里得到的贷款来为其购买的部分股票融资时，买入股票的交易商才会开立保证金账户。保证金是安全性存款，其可以是现金或一些高质量证券。保证金账户持有者必须以初始保证金开始。当账户余额低于维持保证金水平时，经纪人会通知

其追加保证金，账户持有者必须追加足够的现金，以使保证金余额恢复到维持保证金水平。卖空者必须开立保证金账户，并将整个出售证券的收益及额外的保证金放入其在经纪人那里开立的保证金账户中。

案例分析

2008 年马丁格尔资产管理有限公司：130/30 基金和一个低变动率策略(哈佛商学院案例 209047-PDF-ENG)。该案例讨论了杠杆的运作机制和经济影响以及投资策略中的卖空，评价了最小波动性股票投资策略，并概述了量化投资。

德国交易所(哈佛商学院案例 204008-PDF-ENG)。该案例分析了德国交易所收购了一家专注于清算、结算和证券的跨境托管的公司之后所产生的影响。

ICEX：在冰岛造市(哈佛商学院案例 106038-PDF-ENG)。该案例考察了冰岛股票交易所在国际金融领域产生的日益重要的影响，并分析了这段时期随着国家经济的强劲发展，股票交易增长过程中各种期权的使用。

习题和思考题

1. 请解释股票和债券之间的区别。

2. 请解释交易所和场外市场的区别。

3. 请解释经纪人和交易员之间的区别。

4. 请解释买价和卖价之间的区别。

5. 请解释市价指令和限价指令之间的区别。

6. 远期市场是从事某一商品未来买卖交易的市场，现货市场是立即从事某一商品买卖交易的市场。请问：股票市场是远期市场还是现货市场？

7. 对于股票市场，一家公司发行的总股数与投资者持有的该公司的总股数有区别吗？如果有区别，请解释为什么。

8. 股票交易的执行和结算之间有什么不同？

9. 请解释牛市和熊市的区别。

10. 证券交易委员会监管美国股票市场。但是纽约证券交易所会员有自律委员会。纽交所是一家盈利机构，但为什么会员们要自律，而这样做只会增加其业务成本？

11. 为什么一个交易员只在买价和卖价上从事固定金额的股票交易？

12. 你是一个交易员，并且将要买入的股票的要价从 50 美元提高至 50.5 美元，市场上买方多于卖方，你的存货在减少，你应该如何调整自己的买价和卖价？为什么？

13. 套利者、避险者和投机者之间有什么不同？

14. 什么是程序交易？什么是算法交易？

15. 除息股票交易与附息股票交易有什么不同？

16. 假设一支股票在时间 t 支付股利为 5 美元，公布股利的时间为 $t-1$，此时该股票在交易所按照附息价 100 美元的价格进行交易。请问，该股票在时点 t 的除息价格应该是多少？请解释。

17. 假设你手头不持有某一股票，请解释如何进行股票卖空，为什么要进行股票卖空？

18. 考虑以下数据：YBM 的股票价格是 100 美元，初始保证金是 50%，维持保证金是 25%，如果从经纪人那里借入 50%的资金(10 000 美元)买入 200 股，请问，在什么价位你会被通知追加保证金？

19. 如果股票价格是 105 美元，公司已经在前两年每一个季度支付 0.50 美元，还有两个季度分别每季支付 0.55 美元，请问该股票的股利收益是多少？

20. 假设某一资产每年支付连续计复利的股利收益 $\delta=0.05$ 美元，股利又被再投资于资产中。如果你在该资产中投入一个单位，请问 1.5 年后你会拥有多少单位？

▶4

远期和期货

4.1 引言

令人惊讶的是，很多人将衍生工具视为新事物并且很复杂，但事实并非如此。远期合约是最早的衍生工具，其起源可以追溯到印度（公元前 2000 年）和古巴比伦（公元前 1894—1595 年），甚至追溯到罗马商人与埃及人进行谷物贸易。[①]期货合约产生得较晚。最早的期货合约交易是在 16 世纪中叶荷兰的阿姆斯特丹进行的，1688 年在日本的第一个期货交易所——大阪堂岛大米交易所，进行了最早的大米期货交易。因此，1 000 多年来这些衍生工具的存在对商品交易起到了促进作用。至于有人认为衍生工具是金融创新并且只有三四百年的历史，那么，在此之前的上千年的时间里人们相互间都做了什么？

我们将从远期和期货这两种最简单、最基本的衍生工具开始讨论。首先要介绍的是场外市场交易的远期合约，之后讨论期货合约。远期和期货合约就像孪生兄弟，两种衍生工具很相似但不相同。我们将探究其异同，随后，站在企业的角度看，如何利用远期和期货合约来规避其投入和产出的价格风险，更详细的讨论将在第 13 章中展开。

4.2 远期合约

简单而言，一份远期合约可使交易双方今天约定未来交易的价格，即，今天签合约，未来进行交易。规范说来，**远期合约**是买方和卖方所达成的未来按照某一固定价格进行交易的合约。该固定价格被称为**远期价格**（或**交割价格**，用 F 表示），未来交易日期被称为**交割日**（或**到期日**，用时点 T 表示）。远期合约是衍生工具，因为其价格是由基础资产的现货价格派生出来。

① 详见第 8 章中有关历史的详细描述。

按照市场惯例，远期和期货合约在被创造之初是不产生货币交换的。只有当买卖双方对合约条件满意并认为合约公允时，即合约价格为零时，才进行货币的交换。为什么？假设一份远期合约对商品买方而言价值为正值，则意味着该合约对卖方而言价为负，这意味着卖方与买方签约之际，其财富立即减少，他被买方欺骗了！一个理智的卖方是不会这样签约的。反之也是如此。因此，如果双方签约时不产生货币交换，则该合约的价值为零。于是，合约中达成的交割价格必须是未来资产交易的公允价格。我们该如何确定交割价格？很简单，第 11 章和第 12 章将对定价的基本经济原理进行阐述。

衍生工具交易可在交易所进行，也可在场外市场进行。如同魔术师变戏法一样，衍生工具也可以凭空产生。的确，当一方想进行某一衍生工具交易时，合约便被创造出来，即找到另一方作交易对手，就价格进行协商之后成交，交易双方在净供应为零的市场上进行交易。只有当交易发生时衍生工具才产生，这与股票交易不同，买方和卖方的头寸被冲掉，之后，使得衍生工具的净供应为零。因此，衍生工具交易是零和游戏。交易一方的赚（或亏）就是另一方的亏（或赚）。

一些市场术语有助于人们了解衍生工具交易。如果你同意在未来某一天买入，则持有**多头寸**或**长头寸**；如果你同意在未来某一天卖出，则持有**空头寸**或**短头寸**。当人们对未来基础商品的价格看涨时买入；当人们看跌时则卖出。例 4.1 中描述的是关于远期合约的具体运用。

【例 4.1】 远期合约的运作程序

- 假设今天是 1 月 1 日，L 女士在年中按照固定价格买入了一些黄金持有其长头寸，远期交易在场外（银行同业间）市场进行。在该市场上，L 女士找到了 S 先生。两者同意在 6 月 30 日按照每盎司 1 000 美元的价格交易 50 盎司黄金，交易场所为双方都认为方便的地方（见图 4.1）。
- 在远期合约的开始，交割价格被进行调整以使合约在被执行时不涉及任何现金交换。最终，交割价格是公允的，合约的市场价值在开始的时候为零。
- 在交易双方就合约条款达成一致后，衍生工具（远期合约）开始运作。经纪人通过撮合买卖双方交易而收取佣金。
- 如果交易双方同意，可以通过协议提前了结他们的头寸。从理论上讲，他们各自可以在二级市场上将自己持有的交易头寸卖掉。但实际上几乎不可能。当然，他们可以彼此交易以停止价格风险，但信用风险还会存在。如果他们不早点了结其头寸，则双方将在到期日 6 月 30 日那天见面。
- 6 月 30 日将发生什么情况取决于当天的现货价格水平。由于双方同意进行实物交割，所以，S 先生按照 1 盎司 1 000 美元的价格向 L 女士卖出 50 盎司黄金。如果他们决定进行现金结算，则亏者应该向赢者支付价差。如果现货价格高于交割价每盎司 1 000 美元，则多头赚空头亏，多头一方按照比现货价格低的价格买入了黄金。相反，如果到期时，现货价格低于交割价，则空头赚多头亏，因为多头一方按照比现货价格更高的价位买入了黄金。双方交割后远期交易便结束。

现在(交易起始日)
(时点 0=1 月 1 日)

中间日

交割日/到期日
(时点 T = 6 月 30 日)

L 女士与 S 先生同意在 6 月 30 日进行 50 盎司黄金的买卖	交易商通过进行反向交易可以冲掉交易头寸(即先前买入随后卖出,或先前卖出随后买入)	L 女士支付每盎司 1 000 美元的价格从 S 先生那里买入黄金。如果金价上涨到 1 000 美元以上,则 L 女士从远期交易中获益;如果金价低于 1 000 美元,则 S 先生从远期交易中获益
双方不进行资金的交换	如果他们不冲掉合约头寸,则双方将在 6 月 30 日见面	零和游戏——一方的损失就是另一方的盈利
买卖双方议价,远期价格 F = 1 000 美元,并就合约其他条款达成一致*		L 女士的支付额为 $S(T)$ − \$1 000。S 先生的支付额为 −[$S(T)$ − \$1 000 美元]

* 均为每盎司价格。

图 4.1 远期交易的运作程序

下面,我们将用代数和公式来进一步对多头(L 女士)和空头(S 先生)在到期日的盈亏加以解释。首先,先就一些有用的惯例归纳在下表中。

表:惯例

(除非有其他说明)
● 价格都是指一个资产或一个商品的单位价格,乘以合约单位就得到交易总价值
● 我们从时点 0 开始
● 为了避免混淆诸如 t 和 T 的表述,我们会简化一些表述,如用 $F(t)$ 或 F 来替代 $F(t, T)$

图 4.1 给出的是远期交易中的主要日期。由于在远期交易交割之前不产生任何现金流入或现金流出,所以,我们可以着重分析交易的开始和结束。假设远期交易今天开始,因为我们在前面说过,*今天交易,以后交割*,所以,用 $F(t, T)$ 表示远期价格(或交割价格),用时点 t 表示现在,即报出远期价格的日期,用 T 表示交割日。为了方便起见,我们通常在时点 0 开始交易,远期价格是 $F(0, T)$,为了避免混淆,我们将 $F(t, T)$ 或 $F(0, T)$ 简写为 F 。①

交割价格是怎样与远期价格关联起来的? 当远期合约开始时,就定义而言,远期价格

① 为了简便起见,我们忽略市场不完整性,如交易成本、税收和持有基础资产多头产生的便利收益率。在后面的章节中,我们将涉及市场的不完整性。

等于交割价格，用 F 表示。在合约期限内，交割价维持不变。而远期价格，即先前签约时的交割价格，可以经常变动。如果等待一天，明天($t+1$ 或 1)签订新的远期合约买入黄金，交割日也与先前的交割日是同一天，则远期价格可能是不同的。新的交割价格或远期价格是 $F(t+1, T)$或 $F(1, T)$。但那不是我们的价格，我们要在交割日(时点 T)支付的是 $F(0, T)$。无论价格有利与否，我们将在合约到期时按照商定的交割价来交割。

现货价用 $S(\cdot)$表示现货交易中商品的现货价格(或现金价格)。一般而言，$S(t)$是任何时点 t 的现货价格。在时点 0 时的现货价格为 $S(0)$，交割日 T 的现货价格为 $S(T)$。我们只要以打电话给经纪人，就很容易得到 $S(0)$，但是否可以预知交割日 T 时的现货价格 $S(T)$？没有人可以准确地预知该价格，因为交割日的现货价格是无法预测的。事实上，如果你能够利用衍生工具准确预测股票价格，你很快就富得流油了。

结果是，当下，我们无法知道在交割日(T)多头持有的远期合约价值，于是：

$$\text{多头在交割日 } T \text{ 的支付额} = [S(T) - F] \tag{4.1}$$

如果存在实物交割，则多头将得到价值为 $S(T)$的商品，并且可立即将该商品出售，现金流为正值；而多头支付的交割价 F 为负值。

如果存在现金结算，则当 $S(T) > F$ 时，多头从空头那里得到 $S(T) - F$；当 $S(T) < F$ 时，多头向空头支付 $F - S(T)$。

$$\begin{aligned}\text{空头在交割日 } T \text{ 的支付额} &= -[S(T) - F] \\ &= F - S(T)\end{aligned} \tag{4.2}$$

如果进行实物交割，发生现金流入，则空头得到的支付额为交割价，同时，他在市场上向多头提供价值为 $S(T)$的资产。

如果进行现金结算，则当 $F > S(T)$ 时，空头得到的支付额为 $F - S(T)$，反之，将向多头支付 $S(T) - F$。

显然，多头和空头的支付额完全相同、方向相反。如前所述，远期交易是零和游戏——多头和空头的支付额加总后为零。

【例 4.1(续)】 多头和空头的支付

- 我们接着先前的例 4.1 进一步讨论远期交易的支付细节。假设今天是 1 月 1 日(时点 0)，L 女士和 S 先生同意交割日(时点 T)在 6 月 30 日的黄金的远期价格 $F(0, T) = F = 1\,000$ 美元(所有价格都是指每盎司的价格)。
- 假设交割日(T)的现货价格 $S(T) = 1005$ 美元。多头在远期交割日的获利为 5 美元(1 005－1 000)，赚 5 美元，这意味着多头在现货市场上花 1 000 美元就可以得到价值为 1 005 元的黄金。空头在时点 T 的远期获利为 －5 美元[－(1 005－1 000)]，亏 5 美元。远期合约迫使空头在交割日接受一个比市场价还低的价格出售黄金。
- 相反，如果交割日当天的黄金现货价格为 990 美元，则多头在远期交割日的获利为 －10 美元[－(990－1 000)]，亏 10 美元，这意味着多头在现货市场上花 1 000 美元才得到价值仅为 990 美元的黄金。空头在时点 T 的远期获利为 10 美元[－(990－1 000)]，赚 10 美元。观察现货价格 $S(T)$的每一种可能出现的情况，

不难发现，多头和空头的获利加总后为零，所以，远期交易是一个零和游戏。

- 多头和空头在交割日(时点 T)远期头寸的支付情况如图 4.2 所示。横轴表示黄金的现货价格 $S(T)$，纵轴表示远期合约产生的损益。
- 多头的盈亏线是一条呈 45 度的虚直线，并在 −1 000 美元的位置与纵轴相交，表明最大损失为 1 000 美元，这一情况意味着黄金一文不值，而多头还得花 1 000 美元来买入。在这一价位之上，黄金价格每上涨 1 美元，多头的损失就减少 1 美元。如果黄金价格为 1 美元，则多头的损失为 1 000 − 1 = 999 美元。如果黄金价格为 800 美元，则多头的损失为 200 美元，在 1 000 美元的价位上，多头和空头盈亏平衡。如果在交割日，黄金价格超过 1 000 美元，多头将赚，空头将亏。图 4.2 中显示，持有远期多头的盈利可能是无限大。
- 空头的盈亏线是一条向下与纵轴呈 45 度的直线。如果将横轴当作一面镜子，则空头的盈亏线与多头的盈亏线完全是镜像，多头的赚(或亏)就是空头的亏(或赚)。当黄金价格为零时，空头赚 1 000 元，相当于他出售了一文不值的黄金却赚到 1 000 美元。空头的盈亏线与纵轴在 1 000 美元的价位相交。在这一价位之下，黄金价格每上涨 1 美元，空头就少赚 1 美元。如果黄金价格为 1 美元，则空头将赚 1 000 − 1 = 999 美元，以此类推。如果黄金价格上涨到 1 000 美元以上，空头开始亏钱。空头的亏可能是无限大——如果黄金价格疯涨，空头会跌入万丈深渊。这便是裸卖空(即在根本不持有基础资产冲抵头寸的情况下卖空)的风险。

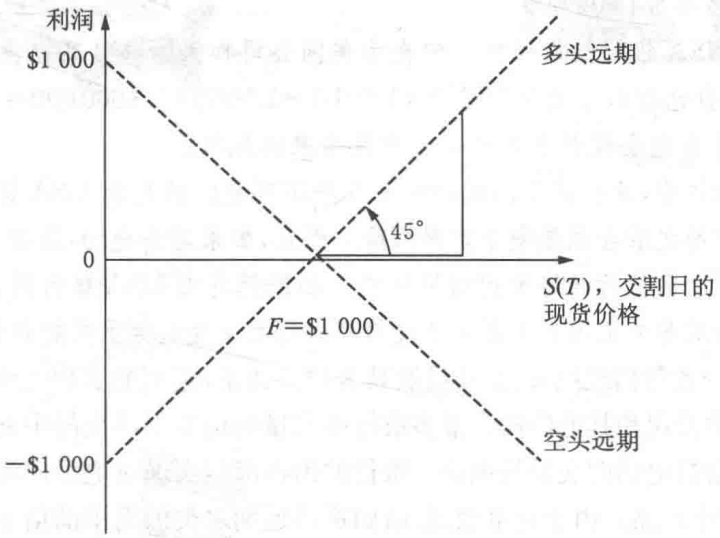


图 4.2 远期交割日多头和空头的盈亏线

4.3 远期交易的场外市场

在过去的 40 多年里，衍生工具场外市场发展迅速。外汇远期市场、货币市场工具和互换市场规模巨大。由于信用等级高的大银行是这一市场的主角，因此，该市场又被称为银行同业市场。市场参与者可通过电话、电传和计算机进行交易，他们通常分散在世界主要金融中心，如伦敦、纽约和东京等。例 4.2 中给出的是外汇远期市场上的一个典型交易。

【例 4.2】 外汇远期交易

合约

- 假设一家美国公司从德国制造商那里买入了价值 300 万欧元的机器，并将在 3 个月后付款。美国公司的财务经理认为现汇市场上 1.49 美元/欧元的价格较低①，而担心未来欧元会升值，如果欧元汇率升到 1.6 美元，则该公司将承担汇兑损失 330 000 美元。
- 财务经理今天想支付货款，但公司没有现金，他随后向一家大银行——德意志 USA 银行（虚构的银行）询价，银行对该公司报出的 3 月期远期汇率为买入价 $1.500 0、卖出价 $1.501 0（见图 4.3）。该公司于是与银行按照 $1.501 0 签订了远期合约，将未来买入 300 万欧元的美元成本锁定在 1.501 0 × 3 000 000 = $4 503 000。这一远期交易帮助美国公司规避了欧元升值风险，从而集中精力提升公司核心竞争力。

交易员的避险策略

- 德意志 USA 银行如何规避汇率风险？大银行因其业务广泛、客户多样，通常会找到另一家公司作为交易对手。假设德意志 USA 银行在德国有分行，通过联系其客户，可找到一家德国进口商，该进口商需要从美国进口价值 300 万欧元的计算机零部件，3 个月后支付货款。为了规避汇率风险，该进口商从银行按照 $1.500 0 的汇率买入 3 月期远期欧元，将买入欧元的美元成本锁定在 $1.500 0 × 3 000 000 = $4 500 000。
- 德意志 USA 银行做得很酷。它在为美国公司和德国进口商提供了远期交易避险的同时，自己赚取了无风险价差 (1.501 0 − 1.500 0) × 3 000 000 = $3 000。经验丰富的交易员完全规避了场外交易为其带来的风险。
- 在实际操作中，这种完全匹配的交易几乎不可能。德意志 USA 银行在冲抵了其所有外汇交易之后会承担剩余汇率风险。而且，如果对手违约，还会承担信用风险，在交易交割之前银行始终承担信用风险。如果德意志 USA 银行愿意，它可以通过做外汇期货或与外汇市场上另一个交易员做远期来规避其承担的剩余汇率风险。

场外市场参与者包括经纪人、交易员及其客户。通常，它们的客户是银行、企业、共同基金、对冲基金、保险公司和其他机构。很多银行在大量的衍生工具交易中充当了交易员和造市商。有时客户会打电话向交易员询价。银行的销售部门会通过电话向潜在客户和现有客户营销，出售其衍生产品。由于竞争激烈，诸如货币远期之类的简单的衍生工具对客户的吸引力已经不大。银行专属交易柜台通过识别有特殊需求的客户并为其定制产品来赚取更多的利润。大的银行都有交易室，在室内设有现汇交易、远期和期权交易岗。银行的远期报价分为买价和卖价，因为没有诸如 6 月和 9 月等特定的交割月份，远期交易报价的期限可以为距今的 1 个月、2 个月、3 个月、6 个月或更长的期限。近年来，随着新的监管规定的出台，许多银行正在逐渐淡化专属交易岗位的运作，而着重开发更多的代理商业务（dealership business）。

① 国际标准化组织（ISO）为货币和基金设定了代码，主要有：美元为 USD、澳大利亚元为 AUD、欧元为 EUR、日元为 JPY、英镑为 GBP 等。为了防止混淆，本书中美元用 $、日元用 ¥、欧元用 €、英镑用 £ 表示。

德意志USA银行完美对冲了账面风险同时还赚取33 000美元的价差，这里包含了信用风险但没有价格风险

图4.3 远期合约交易中中介机构的角色

4.4 期货合约

远期和期货合约就像孪生兄弟。两者的相同点是，交易双方在合约一开始商定价格，在未来某一天为买入的资产进行货币的交换。两者的不同点（见表 4.1 和图 4.4）也显而易见。如果说，汽车的气囊、防抱死制动系统、动力方向盘和安全带，可以让汽车驾驶更容易和安全，那么，期货交易与远期交易相比，则流动性更强、易转让。远期合约是非标准化合约，而期货合约是标准化合约。

期货合约与远期合约不同，其交易是在交易所内进行的。在规管的交易所内，买方和卖方集聚在一起从事标准化合约的交易。在美国，联邦商品期货交易委员会和行业的美国全国期货协会来监管商品交易所。相反，远期交易是在场外市场进行，没有监管者对市场参与者进行买卖的监管。

由于期货合约是标准化合约，因此，合约的流动性很强，易于转让。一个交易商只需要在交易所内对其要买入或卖出的合约数和合约价进行公开喊价。合约标准化有助于二级市场的形成，在降低交易成本的同时促进了市场的流动性。做空者在交割日之前通过从另一交易商那里买入相同的合约轻易地将其头寸对冲。卖出合约的该交易商便持有了新的空头，而先前的多头保持不变。实际上，大多数期货合约都在交割日之前被对冲掉，因为实物交割的成本太高，将合约对冲的成本则低得多。如果某一头寸在到期之前未被对冲，则必须在交割期限内的某几天进行实物交割。第 9 章中将对期货交割的细节进行阐述。

表 4.1 远期交易与期货交易的比较

期货交易	远期交易
a. 监管严格	大多不被监管
b. 在交易所内进行交易	在场外市场进行交易
c. 合约标准化	合约根据客户需要度身定制
d. 通常流动性强且有二级市场	流动性差且无二级市场
e. 有多个交割日	通常只有一个交割日
f. 通常为了避免实物交割而在到期日之前被对冲掉	通常在交易结束时实物交割或现金结算
g. 由清算公司做担保，无信用（对手）风险	无担保，承担对手信用风险
h. 交易在陌生人之间进行，与个人信用无关	远期交易商彼此了解，通常有较高的信用等级或需要抵押
i. 需要缴纳保证金（安全性存款）	无保证金要求（但可能需要抵押）
j. 交易成本低	交易成本高
k. 每日结算	在到期日结算

期货与远期交易相反，远期合约是交易商双方私下商定的。因此，远期交易成本高。如果要提早结束交易，则需要双方达成一致——在交割之前，任何一方不得单方面对冲交易头寸。所以，远期合约的流动性很差，没有二级市场，双方往往持有合约至到期日。然而，远期合约是度身定制的，能满足交易对手的具体需求和目标，即便不存在对应的期货合约，人们可以照样从事远期交易。

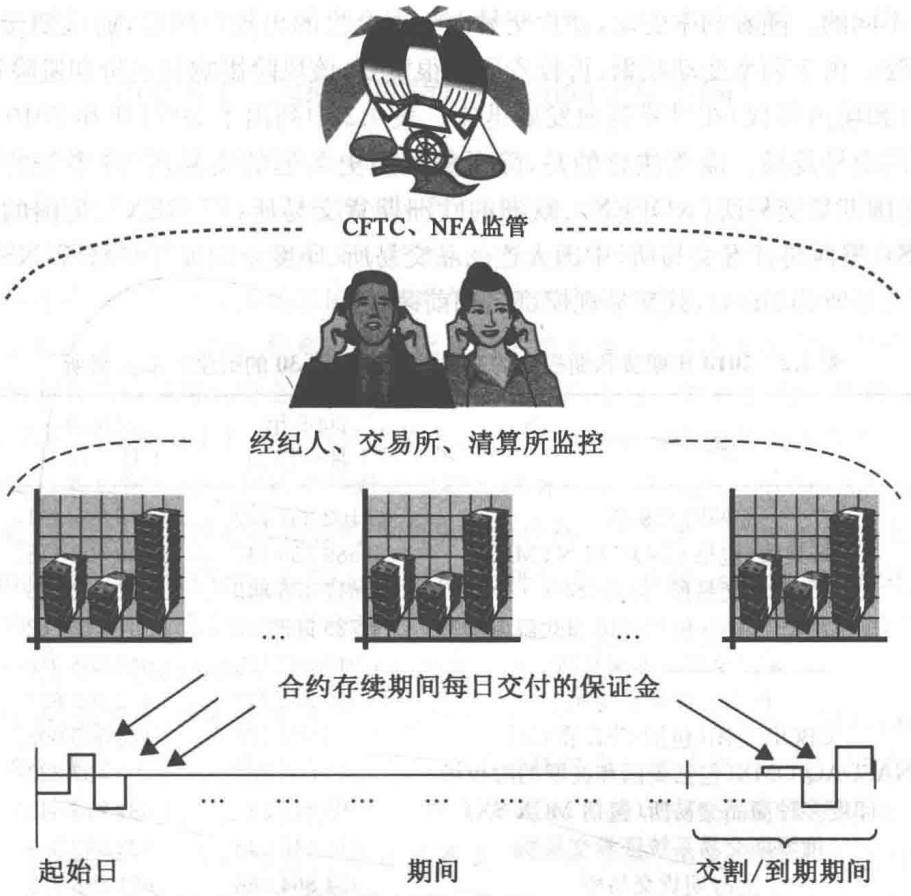


图 4.4 期货合约图解

期货交易所与清算所有关。清算所的职能是对已经执行的期货交易进行清算，并通过充当买方的卖方和卖方的买方来确保交易的顺利进行。因此，它消除了期货交易中的对手风险。清算所通过要求交易商在其经纪业务账户中保持保证金存款来控制对手风险，保证金账户余额需要逐日清算，并在每一个交易日即将结束时进行结算。在第 9 章中我们将对此进行详尽的讨论。相反，远期合约将双方未来的交割价格固定下来，并在整个合约期限内锁定该价格，结算只发生在交割当天。

期货合约的问世旨在向人们提供风险管理工具。期货交易很少涉及实物交割，因为交易地点一般是在芝加哥或纽约，而大多数交易商们却有可能距离交易所很远，买卖双方几乎不可能通过运输货物来进行实物交割。美国法律考虑到这一点，并对合约如何结束加以区分。如果双方打算实物交割并且经常发生，则该合约被定性为远期合约，否则就定性为期货合约。在 20 世纪 60 年代和 70 年代早期，一些经纪公司提供场外远期合约，但合约标准化，与期货相似(详见 Edward and Ma, 1992)。监管者试图将其纳入监管范畴，但在 1974 年，美国国会对此否决，将远期合约定义为延迟的交割合约，这样，合约自然以交割结束，从而允许此类交易在交易所之外进行。

虽然机构差异是重要的，但从经济角度来看，远期和期货也是不同的，因为期货交易每天产生现金流，而远期交易只有在到期时产生现金流。这一支付特点意味着期货价格和远期价格通常是不同的(详见拓展 4.1)，但更重要的是，持有期货合约与持有远期合约

的风险是不同的。随着利率变动，期货交易面临现金流的再投资风险，而远期交易则不存在此类风险。由于利率变动频繁，再投资风险很重要，该风险影响到定价和避险策略。

期货（和场内期权）在世界各地发展迅速。表 4.2 中列出了 2009 年和 2010 年国际期货和期权的交易规模。需要注意的是，除了美国历史久远的交易所，许多新的国际交易所，包括韩国期货交易所（KOFEX）、欧洲的欧洲期货交易所（EUREX）、美国的国际证券交易所（IS）、墨西哥证券交易所、中国大连商品交易所、印度全国证券交易所（NSE）和中国台湾期货交易所（Taifex），其交易规模都名列前茅。

表 4.2　2010 年期货和期权合约交易数量排名前 30 的衍生产品交易所

排　名	交　易　所	2009 年 1 月—12 月	2010 年 1 月—12 月	百分比 变动
1	韩国交易所	3 102 891 777	3 748 861 401	20.8
2	CME 集团（包括 CBOT 和 NYMEX）	2 589 555 745	3 080 492 118	19.0
3	欧洲交易所（包括 ISE）	2 647 406 849	2 642 092 726	−0.2
4	纽约泛欧交易所（包括美国和欧盟市场）	1 729 965 293	2 154 742 282	24.6
5	印度全国证券交易所	918 507 122	1 615 788 910	75.9
6	巴西圣保罗交易所	920 375 712	1 422 103 993	54.5
7	CBOE 集团（包括 CFE 和 C2）	1 135 920 178	1 123 505 008	−1.1
8	NASDAQ OMX（包括美国和波罗的海市场）	815 545 867	1 099 437 223	34.8
9	印度多种商品交易所（包括 MCX-SX）	385 447 281	1 081 813 643	180.7
10	俄罗斯交易系统证券交易所	474 440 043	623 992 363	31.5
11	上海期货交易所	434 864 068	621 898 215	43.0
12	郑州商品交易所	227 112 521	495 904 984	118.4
13	大连商品交易所	416 782 261	403 167 751	−3.3
14	洲际交易所（包括美国、英国和加拿大市场）	263 582 881	328 946 083	24.8
15	大阪证券交易所	166 085 409	196 350 279	18.2
16	南非约翰内斯堡交易所	174 505 220	169 898 609	−2.6
17	台湾期货交易所	135 125 695	139 792 891	3.5
18	东京金融交易所	83 678 044	121 210 404	44.9
19	伦敦金属交易所	111 930 828	120 258 119	7.4
20	香港交易所和清算所	98 538 258	116 054 377	17.8
21	ASX 集团（包括 ASX 和 ASX24）	82 200 578	106 386 077	29.4
22	波士顿期权交易所	137 784 626	91 754 121	−33.4
23	以色列特拉维夫证券交易所	70 914 245	80 440 925	13.4
24	伦敦证券交易所集团（包括 IDEM 和 EDX）	77 490 255	76 481 330	−1.3
25	西班牙期货和期权交易所	93 057 252	70 224 176	−24.5
26	土耳其衍生品交易所	79 431 343	63 952 177	−19.5
27	罗萨里奥证券交易所	51 483 429	62 046 820	20.5
28	新加坡交易所（包括 Sicom 和亚洲清算交易所）	53 237 389	61 750 671	16.0
29	中国金融期货交易所	0	45 873 295	—
30	蒙特利尔交易所	21 937 811	30 823 273	40.5

注：这里对交易所的排名没有涵盖那些没有向期货行业协会（FIA）报告交易规模的交易所。

资料来源：期货行业协会官网（www. funturesindustry. org/downloads/volume-Mar_FI% 28R% 29.pdf）“交易规模统计”中的“年交易规模概览”。

拓展 4.1 远期和期货价格:相同还是不同?

假设利率不是随机变动,并且剔除信用风险,则远期和期货价格是相同的,这一点已经被 Cox、Ingersoll 和 Ross(1981),以及 Jarrow 和 Oldfield(1981)证实。事实上,由于受很多因素的影响,利率的变动是随机的,而又因为期货交易存在再投资风险,而远期交易不存在此类风险,所以,期货价格和远期价格是不同的。就在交割日对商品产生的最终支付额而言,再投资风险带来不确定性。而远期合约则不存在此类的不确定性,所以两者是有区别的。此外,远期合约和期货合约的信用风险也不同。场外交易的远期合约可能存在大量的对手违约风险,但场内交易的期货合约承担的信用风险较小,这也是两者价格不同的另一原因。

实证检验结果如何?学术领域自然对此类研究很有兴趣。Rendleman 和 Carabini(1979)的研究结论是,美国短期国债的远期合约和期货合约价格差异不大。在外汇市场上,Cornell 和 Reinganum(1981),以及 Chang 和 Chang(1990)的研究发现,英镑、加拿大元、德国马克、日元和瑞士法郎 5 种货币的远期和期货价格几乎相同。但是,Dezhbakhsh(1994)用了更多的数据,并研究发现,几种货币的价格存在严重的偏离。在商品领域,Park 和 Chen(1985)研究了黄金、白银、银币、铂和铜,结果发现,它们的远期和期货价格存在很大差异。因此,我们能得出怎样的结论?至少从已有的实证研究中我们得不出任何肯定的结论。

但重要的是我们需要记住,远期合约与期货合约的不同,不仅表现在价格上,更重要的是它们的风险不同。远期合约在到期日只产生单一现金流,而期货每个交易日都产生现金流。其结果是,由于期货存在再投资风险,所以,远期和期货的现金流和价值需要不同的避险策略。这意味着,从风险管理的角度来看,它们是不同的证券。

4.5 期货合约的场内交易

多年来,期货交易有效地满足了人们的需求。我们将对期货交易的交易细节进行阐述分析,这样有助于我们加深对期权交易所的认识,因为它是从期货交易所演变而来的。以公开喊价的形式在期货交易所内交易的方式,如今还被很多交易所采用,如芝加哥交易所(CBOT)、芝加哥商品交易所(CME)、纽约商品交易所(NYMEX)和(由芝加哥商品交易所运作的指定合约市场)商品交易所(期货交易所的技术名称,详见第 10 章的详细阐述)。许多专家认为,电子交易将最终取代场内交易方式。

【例 4.3】 期货合约的场内交易

发出指令

- 今天是 1 月 1 日。L 女士和 S 先生打算用期货的场内交易来做例 4.1 中描述的交易,双方打算在 6 月 30 日按照固定价格做 50 盎司的黄金交易。
- CME 集团下的 NYMEX 和 CBOT 及其他交易所都提供黄金期货交易。在正常营业时间,交易是在交易所大厅进行,每一黄金期货合约标准化单位是 100 盎司,也有较小面值的合约单位。没有 6 月份到期的黄金期货合约,有 4 月和 7 月到期

的合约，但这两类合约不一定满足L女士和S先生的需要。合约的标准化有利于提高市场交易的流动性，但不利的是，可供选择的期货合约品种太少。

- 期货交易商应该首先到期货佣金商(FCM)处开立保证金账户(用现金或可接受的证券作为安全性存款)。[①]老式的交易方式是，S先生给FCM打电话，并发出市价指令按照最有利的可得价格卖出一份7月份黄金期货合约。FCM代表对指令进行记录并将指令传递给期货交易所内的场内书记员(见图4.5)。
- L女士可以在FCM的网站上发出其市价指令。期货交易商除了市价指令，还可用其他多种方式传递指令(详见第5章的例5.8和拓展5.2中关于不同指令的安排策略)。从FCM处理中心，网上下达的指令可以通过计算机传递给期货交易所的场内书记员。场内书记员随即填写交易指令表，并将其发送给交易大厅内的场内经纪人。场内经纪人是交易商代理人，有受信义务保护顾客的利益，并从其服务中赚取佣金。
- 期货交易大厅是一个中间凹、四周呈阶梯状的场所。在交易大厅内，场内经纪人、场内交易员、交易所官员、书记员、市场分析师、记者及其他人都聚集在一起。交易规则要求公开喊价——场内经纪人或交易员在大厅内对其要买入(或卖出)的合约进行喊价，这样其他人都来参与竞价。通常信息的传递还借助于手势完成。在更先进的交易系统中，买卖价格会在计算机终端或电子显示屏上给出。
- 期货交易之所以采取在单一场所市场内用公开喊价的方式进行，目的是为了给每一个市场参与者机会，让交易更透明，更能体现期货交易的价格发现功能。当然，大厅内报价有助于信息的传播。

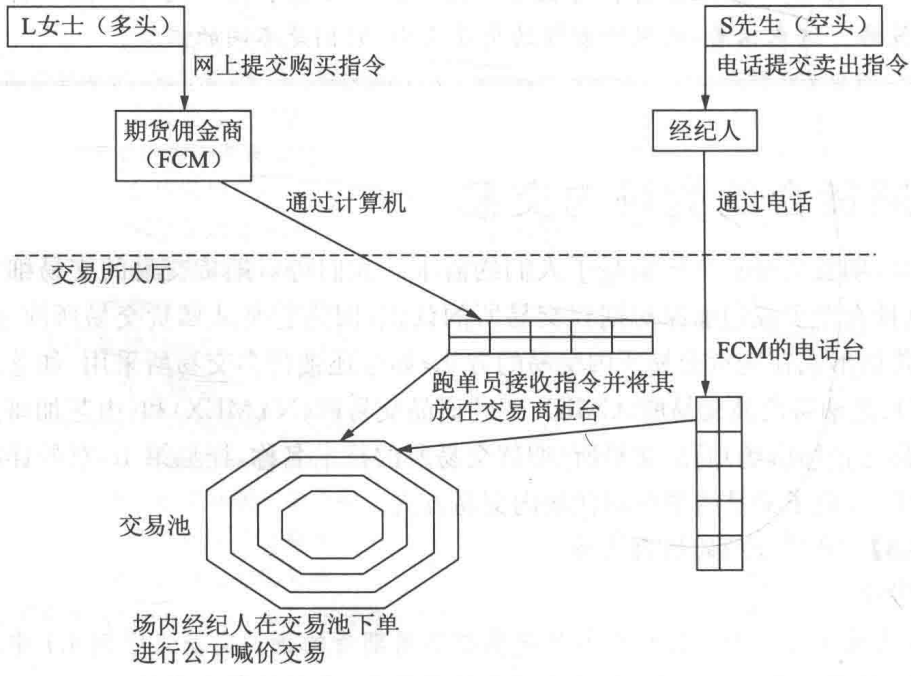


图4.5 期货合约的公开喊价交易

① 期货佣金商为所有的期货交易提供一站式服务，包括：发起交易、传递期货交易指令、接受顾客的支付、为客户提供信贷、持有保证金存款、记录交易过程、跟踪账户和进行交易记录。

交易的执行

- 期货交易所大厅的S先生的经纪人对报价进行核实，并且发现交易的大多数报价比1 000美元稍高一点。此时，他对外喊价1 001美元卖出期货合约。站在大厅中的L女士经纪人期待找到交易对手。当双方就价格达成一致时，交易被执行。
- 随后，经纪人迅速地在指数卡上记录交易，并将指数卡传给交易所雇员，由该雇员在交易所的计算机中输入相应的信息。有关信息随即在交易大厅上方的大型电子报价屏幕上显示，并同时在全球的交易显示屏上显示。
- L女士和S先生各自就买卖交易金额向经纪人支付佣金。开始持仓时不支付交易费用，但当期货交易结束之时，需要支付全额费用。不同的交易商要求支付的佣金不同，折价经纪人收取的佣金很低，为每轮买卖金额的10%，而综合服务经纪人收取的佣金则可能要高许多。

期货交易的清算

- 在交易所再开始之前，清算成员代表将交易记录交给交易所的清算所。清算所核对交易记录，一旦交易匹配，则清算所通过识别和记录交易而进行清算。
- 清算所通过充当买方的卖方和卖方的买方确保交易的顺利进行(见图4.6)。清算所通过为交易所成员持有保证金以将违约风险最小化，而交易所成员则为其顾客持有保证金。

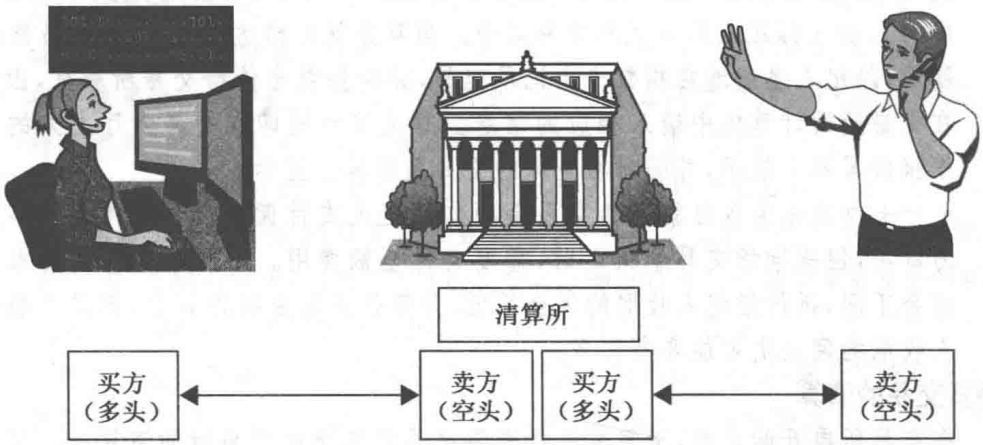
期货交易的结算

- 股票交易的结算方式是，当买方支付了现金之后便从卖方那里得到股票所有权。期货结算则相反，需要每日结算，交易双方的盈亏需要每日支付。在每一个交易日结束之际，期货头寸被逐日盯市，交易商的保证金账户需要每日计算盈(亏)，盈(亏)金额等于昨天和今天期货价格之差。如果期货价格走高，则多头赚；如果期货价格走低，则空头赚。
- 逐日盯市将未结清期货合约到期日的交割价重新设定为刚成交的期货合约的现价。这一逐日盯市过程也使得期货合约在每一个交易结束之时的价值为零。
- 为了加深对逐日盯市的理解，我们假设在7月，多头按照每盎司1 001美元的价格从空头那里买入100盎司，假设次日的结算价为1 004美元，如果告诉多头必须在7月按照1 004美元的价格买入100盎司，她会非常愤怒！因为她认为自己已经将价格锁定在1 001美元！但是，如果你打算向她支付先前与现在价格的价差每盎司(1 004－1 001)＝3美元，那么，她会同意按照1 004美元的价格买入黄金。为了处理这一支付款项，3美元×100＝300美元将从空头的保证金账户划账给多头的保证金账户。那么，300美元在银行账户中赚取利息吗？此类的每日收入或支付额是否是不可预测的？对这两个问题的回答是：是的。如前所述，这就是期货合约不同于远期合约之处。第9章将对逐日盯市进行更详细的讨论。

交易的完成

- 一个月后，L女士将其持有的7月份黄金期货合约出售给另一位多头小姐，实现合约对冲，交易了结。通过逐日盯市之后，L女士的有效卖出价是1 001美元，剔除税收、保证金账户利息和其他市场不完整性等因素，实际价格会与1 001美元稍微不同。该多头小姐将会在市场上持有期货头寸。

- S先生在7月的交割期限内决定实物交割黄金，按照期货交易所要求，向多头小姐交割100盎司黄金，并收入100 100美元。



衍生工具交易在交易所完成，其中买方和卖方通过经纪商联系。交易结算后，清算所成为了买方的卖方和卖方的买方，其中包含了交易对手的信用风险，而没有价格风险

图4.6　清算所在衍生工具交易中的角色

期货交易已经在世界各地得到迅速发展，其中也包括一些过去与美国外交关系比较敌对的国家。拓展4.2讨论的是一些发展中国家的期货交易情况，如埃塞俄比亚、中国的现代期货交易所和印度的由农民参与的村镇互联网交易所。

拓展4.2　中国、印度和埃塞俄比亚的期货交易所以及印度乡村的e-Choupal

将商品从农场运送到消费者手中

当你阅读格林童话时，会看到农民会在家中囤一部分粮食供家庭消费，并将其余部分在市场上卖掉。即便是在今天世界上很多国家还是如此，其农村商品市场依然很活跃。但是，当粮食被运送到城镇时，便需要供应链——仓储、运输、分销和零售集于一体的网络，该网络将食物从农民那里运送到消费者手中。

发达国家在供应链的每一个环节都运用先进技术来降低成本并确保产品质量。例如，为了确保水果和蔬菜新鲜度，将其装入控温的冷藏卡车，这样，餐馆就能保证食材的新鲜，如缅因龙虾、阿拉斯加蟹王、夏威夷鬼头刀鱼和俄罗斯鱼子酱。沃尔玛等很多公司的运作表明，高端的供应链可以在竞争激烈的市场中大大地降低成本，最终使消费者受益。

但是，在很多落后的国家，当商品从农村运往城市时，情况并非如此。农民将自己手头多余的粮食卖给中间人，他们是经纪人或交易商。这些中间人看着农民将粮食堆起来，装上运货马车，送到中间人的仓库内检查、称重，之后按照他们自己给出的价格将粮食卖出。产品经过很多中间人之后才最终到零售商手中。因涉及不同的中间人重新检查、重新包装、野蛮装卸，所以会产生很大的浪费，而且由于缺乏必要的冷藏措施，产品数量也会减少。农民只能得到最后出售价的很小一部分。的确，不同的中间人都起到了一定的经济作用，但这只是因为这些国家的基础设施落后，缺乏先进的风险管理工具。

中国的期货交易

中国的人口超过了13亿。在20世纪的80年代和90年代，中国致力于发展先进的金融市场和金融机构。1993年，中国有了期货市场。但是在最初几年的发展中，“新的交易所野蛮增长，投机行为猖獗”(Qin and Ronalds，2005)，最终，监管当局关闭了40多家交易所。大连商品交易所、上海期货交易所、郑州商品交易所和(成立于2006年的)中国金融期货交易所是一直运作至今的期货交易所。在这些期货交易所中，既有纯电子交易也有公开喊价和电子交易融为一体的交易方式。上述四家交易所被列入世界前30位衍生工具交易所的名单中(见表4.2和图4.7)。

起飞

对比中国与西方相应衍生工具市场的规模，用交易的合约数来衡量，单位：百万。

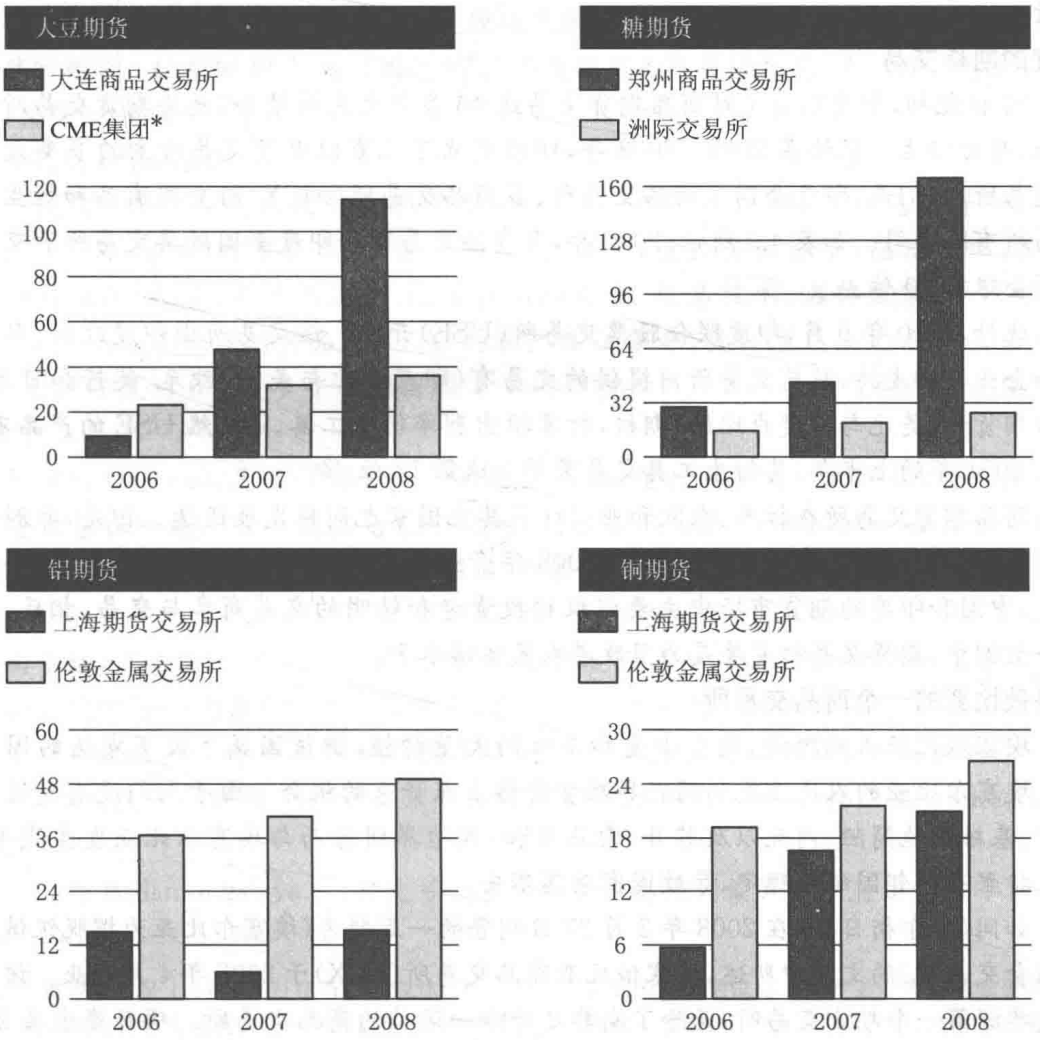


图4.7 中国在一些商品市场上的影响正在扩大

*包括芝加哥交易所(CBOT)和纽约商品交易所(NYMEX)。

资料来源：From “China Nurtures Futures Markets in Bid to Sway Commodity Prices” by James T. Areddy, WSJ.com, Oct 12, 2009. Reprinted by permission of The Wall Street Journal. Copyright © 2009 Dow Jones & Company, Inc. All Rights Reserved Worldwide.

有趣的是，2009 年 10 月 12 日，《华尔街日报》中有一篇题为《中国为争取大宗商品定价权而发展期货市场》的文章中报道，“中国政府打算利用期货交易所与抬高价格的外国供应商争夺大宗商品定价权”。中国经济的迅速增长需要进口很多大宗商品：中国购买了全球 10%的原油（这使中国成为继美国之后的第二大石油进口国）、进口了全球 30%的铜以及 53%的大豆。通过发展三个商品期货交易所，成为“金属、能源和农产品的主要定价者”，中国希望削弱别的交易所价格对其产生的影响。

该文章报道了中国的宏伟计划，但是，这并没有立即对芝加哥、伦敦和纽约的交易所构成威胁，这三地的交易所还主导着多数大宗商品的价格。这是因为，中国限制外资参与本国的交易所业务。期货交易商们调侃“除了天气，中国是影响大宗商品价格的第二大因素，但较难预测”。中国期货价格已经对全球的许多主要商品价格产生影响，例如，2008—2009 年（见图 4.7）中国对全球原油的需求成为影响原油价格的主要因素。

印度的期货交易

21 世纪初，印度取消了对商品期货交易达 40 多年之久的禁令，允许期货交易所重新开业，起死回生。很快在 2002—2003 年，印度成立了三家以电子交易为主的多类大宗商品交易所，它们是：印度全国多商品交易所、多商品交易所（MCX）与全国商品和衍生工具交易所有限公司。如表 4.2 所示，2010 年，多商品交易所和印度全国股票交易所的交易量名列全球前 10 位。

此外，2010 年 9 月，印度联合股票交易所（USE）开业。该交易所由印度政府、私人银行和企业共同支持，目前交易所内提供的交易有（印度卢比与美元、欧元、英镑和日元的）货币期货和（美元与印度卢比的）期权，打算推出利率衍生工具。[①]虽然 USE 的产品不多，但在 2011 年的上半年，其衍生工具交易量排全球第 13 位。[②]

商品期货交易所在拉美、东欧和亚洲许多其他国家也同样发展迅速。但是，非洲的期货交易发展缓慢。下面就埃塞俄比亚 2008 年开业的期货交易所作一个介绍。需要强调的是，中国和印度的期货市场中主要以机构投资者和精明的交易商参与交易，相反，下面两个案例中，期货交易的发展是为了改善农民生活水平。

埃塞俄比亚的一个商品交易所

埃塞俄比亚土地肥沃，适合小麦和玉米的大量种植，但该国属于最不发达的国家之一。埃塞尔比亚的农民没能利用世界粮食价格上涨带来的机会。由于人们没有受过良好教育、基础设施简陋、内乱以及苏丹、索马里和（因边界纠纷而与埃塞尔比亚发生战争的）厄立特里亚等邻国的不稳定，导致国家动荡不安。

如同《华尔街日报》在 2008 年 2 月 27 日刊登的一篇题为《埃塞尔比亚为摆脱饥饿而发展粮食交易所》的文章中所述，埃塞俄比亚商品交易所（ECX）于 2008 年 4 月开业。该交易所是非洲第一个期货交易所，是除了南非之外唯一运作的商品交易所。项目资金共 2 100 万美元，其中由政府出资 240 万，世界银行、联合国某些机构、国际粮食政策研究院

① 可登录网站：www.useindia.com/genindex.php#。

② 可登录网站：www.futuresindustry.org/downloads/complete_Volume%2811-11_FI%29.pdf。

(IFPRI)和美国等国家都为该交易所的筹建予以资助。①曾在世界银行工作过的埃塞俄比亚人 Eleni Zaude Gabre-Madhin,回国后成为 IFPRI 开发策略和治理项目负责人,她为该国交易所的成立立下了汗马功劳,是交易所第一任首席执行官。

ECX 的成立旨在使农民免于被中间商剥削,使农民直接与国际市场产生联系。ECX 借鉴了 CBOT 的经验,也采取了公开喊价的方式从事 6 种农产品的期货交易。农民直接将粮食送到 ECX 分散在全国各地的仓库,仓库称重并划分类别,(为收进的粮食)开具收据,之后,由仓库将粮食立即或以后在商品交易所卖出。国家在全国 20 个市场镇上建立电子显示屏,给出世界不同市场(包括埃塞俄比亚首都亚的斯亚贝巴以及伦敦和芝加哥的交易所)的实时粮食价格。农民们粮食的卖出价有了定价依据。

埃塞俄比亚借鉴了 CBOT 160 多年的发展经验,打算开始现货交易并增加期货交易品种(参见 2008 年 4 月 17 日《华尔街日报》的《价格的上涨与商品交易所的作用》)。《华尔街日报》的文章中提到,Gabre-Madhin 发现埃塞俄比亚的情况与美国 CBOT 成立之前的情况非常相似。她希望 ECX 起到的作用是"与美国商品交易所相同:统一质量标准,公平'价格发现'和期货合约"。

印度乡村的 e-Choupal

印度最大的烟草商应该用互联网自助终端在印度乡村做什么?先前得知,印度皇家烟草公司(ITC)每年有 51 亿美元的盈利,其"经营业务面很多,包括香烟、宾馆、纸板和特殊纸、包装、农产品业务、包装食品和甜食、信息技术、名牌服装、个人护理、文具、安全火柴和快速消费品"。②ITC 的农产品业务部,是印度最大的农产品出口商之一,它在印度的 6 000 多个村里开设了 e-Choupal,并计划未来 10 年将网点增加到 10 万个以上。

所谓的 Choupal,是指村里集会场所,e-Choupal 是指互联网自助终端,将农民与各类服务连接在一起。这一设施是 ITC 主席 Yogesh Chander Deveshwar 的点子。他对该项目非常热衷,甚至预计 e-Choupal 在未来的 5 年里对公司的重要性超过香烟本身。

由于缺乏"电话线、电以及农民无知"等因素,e-Choupal 的实施一直比较困难,"香烟和虚拟的教堂"如此提及(参见《经济学人》杂志 2004 年 6 月 3 日的文章)。ITC 通过采用 VSAT 卫星设施、太阳能电池和精心挑选的导管,由受过良好教育的农民维护 e-Choupal 的运行,来克服这些难题。文章中这样描述了印度中央邦一个小村庄里 e-Choupal 的运作:

在 Badamungalaya 村,村民可以在网上查询离他们最近的政府运作的市场上大

① 世界银行是 1944 年 7 月在布雷顿森林会议上决定成立的国际金融机构。世界银行集团由成员国拥有的五个密切相关的机构组成。它们的使命是"消除贫困并提高发展中国家的生活水平"。其中,国际复兴开发银行和国际开发协会被称为世界银行(www.worldbankgroup.org)。国际复兴开发银行的职能是"向中等收入和信用良好的更贫穷的国家提供贷款、援助以及相应的分析和咨询服务"。国际开发协会的职能是"向 81 个最贫穷的国家提供无息贷款"。联合国是 1945 年成立的综合性国际机构,该机构旨在结束战争、维护基本人权、建立公平、遵守条约和国际法规,并促进"社会进步和生活水平在更大自由程度上的改善"(www.un.org/aboutun/charter/index)。

② 资料来源:www.itcportal.com/sets/itc_frameset.htm。

豆的价格，甚至芝加哥期货交易所中的价格。他们查看天气预报，在线订购化肥和除草剂，当庄稼成熟时用邮件向农学家进行咨询，一些人还用它买人身保险。当地的店主在网上订购盐、面粉和糖果。两个富有的村民还在网上订购了摩托车。其他俱乐部还一起租用了拖拉机。学校里的孩子在网上查看考试成绩。（运作 e-Choupal 的）Nagodia 先生说："村子已经与世界连接，距离不再是问题。"

ITC 官网中说，发展 e-Choupal 模式，是旨在"应对印度农业面临的特殊挑战，如农场分散、基础设施落后和存在大量的中间商等"。

在期货交易中，有必要将未结清利益和交易规模两个概念加以区分：**交易规模**是指交易的合约总数，而**未结清利益**是指未结清的期货合约的总数，也指多（或空）头寸的总数。交易规模可度量市场的流动性，交易规模越大，则表明市场越活跃。相反，未结清利益度量的是市场对某一交割日的某一商品未结清需求或风险。例 4.4 进一步对两个概念的区别加以阐述。

【例 4.4】 交易规模和未结清利益

- 假设一份 7 月份黄金期货合约适合交易。H 女士从 K 先生那里买入 20 份该合约。交易记录细节如下（为了方便起见，在表 4.3 中也列出）：
  —H 是 20 份合约的多头。
  —K 是 20 份合约的空头。
  —交易规模为 20 份合约。
  —未结清利益是 20 份合约。
- H 决定降低其风险，她卖出 10 份合约给 T。结果是：
  —H 现在是 10 份合约的多头。
  —T 是 10 份合约的多头。
  —K 与先前一样，是 20 份合约的空头。
  —交易规模增加到 30 份合约。
  —未结清利益与先前一样，还是 20 份合约。
- K 减少其空头寸。他从 H 那里买入 5 份合约，结果是：
  —卖出 5 份合约之后，H 是 5 份合约的多头。
  —T 是 10 份合约的多头。
  —K 在交易后是 15 份合约的空头。
  —交易规模增加到 35 份合约（即交易合约总数）。
  —未结清利益现在是 15 份合约（即所有多（或空）头寸加总）。

表 4.3 黄金期货合约的交易记录

K 向 H 出售 20 份合约				
交易商	多头	空头	交易规模	未结清利益
H	20		20	20
K		20		

（续表）

H向T出售10份合约				
交易商	多头	空头	交易规模	未结清利益
H	10		30	20
K		20		
T	10			
H向K出售5份合约				
交易商	多头	空头	交易规模	未结清利益
H	5		35	15
K		15		
T	10			

4.6 利用远期和期货避险

远期和期货被人们广泛用于规避未来日期的商品价格风险。假设一家企业，用投入生产出一个或多个产品。投入和产出都会面临价格波动的风险。通常，只要避险成本不高，一家企业就会寻求规避投入和产出的风险，这样其精力可以集中于生产。换言之，企业可以集中精力做它最擅长做的事情。显然，决定规避什么风险和承担什么风险就很重要。

假设企业要规避其投入所承担的价格风险，可以采取持有远期多头寸的**多头避险**（或**买入避险**）策略。例如，一家公司在偏僻的地区开采和提炼黄金，并利用天然气来发电，此时，该公司会买入一个天然气的远期合约。如果未来天然气价格上涨，公司在现货市场上支付更高的价格，那么，远期合约中的赚能够帮助企业弥补现货市场上的亏。相反，如果未来天然气价格下跌，则现货市场上的赚能够弥补其远期合约带来的亏。避险策略的结果总是如此。利用远期（或期货）避险的利弊在于：帮助避险者锁定价格规避风险的同时，也使得避险者失去了利用更有利的现货价格带来的潜在好处。

如果企业要规避其产出的价格风险，可以采取在远期交易中持有空头的**空头避险**（或**卖出避险**）策略。如果公司卖出黄金远期，则它可以规避或减少未来现货价格下跌所产生的风险损失。如果现货市场价格下跌，则该公司按照更低的现货价格出售黄金会亏钱，但远期合约的赚能规避其在现货市场上产生的亏。同样，当现货价格上涨时，现货市场上的赚能够弥补远期合约产生的亏。

避险相当于买入一个商品价格的保险。当市场价格朝着对避险者不利的方向变动时，该保险向避险者进行支付补偿。但是，与所有的保险一样，避险者为此要付出代价——保费。如果价格并没有朝着对客户不利的方向变动，那么，你便向保险公司贡献了保费。这就是避险的成本。尽管存在这一成本，但厌恶风险的个人还是会买保险。同样，企业还会经常为其投入和产出规避价格风险。

本章小结

1. 远期合约的买方和卖方商定在未来的交割日按照某一固定交割(远期)价格进行某一商品的交易。远期合约是零值净供应合约。远期交易是零和游戏。在合约到期日,买方(或多头)的支付额等于现货价减去交割价。卖方(或空头)的支付额与买方(或多头)的支付额金额相等但方向相反。

2. 远期交易是在有组织的场外(银行同业)市场进行的,银行和其他机构交易商是主要参与主体。这些市场规模很大。例如,外汇远期市场每一天的交易规模达到几十亿美元,而未结清的远期交易规模高达几万亿美元。

3. 期货合约的买方和卖方商定在到期日按照一个固定的交割价进行某一商品的交易。期货合约与远期合约相似。远期和期货合约多头寸的持有者商定买入商品,而空头寸的持有者商定卖出商品。买卖双方达成远期或期货合约时确定的价格使双方不产生任何现金流交换。这意味着合约的初始价值为零。

4. 场内交易的衍生工具受到严格监管,并在交易所内从事交易。清算所对交易进行清算并确保交易的顺利进行。交易商需要保持保证金账户(安全性存款),该账户每日调整以将违约风险最小化。交易所也充当了二级市场,在该市场上交易商可以获利止损,也可以退出市场。

5. 在芝加哥交易所和芝加哥商品交易所等老式的交易所内,期货合约是在交易所大厅通过公开喊价的方式进行的。想要进行交易的人为了使其他交易员和经纪人听见,必须大声喊出其报价。交易所雇员也在交易所大厅内报告价格并确保系统正常运行。

6. 许多公司通过期货交易和远期交易来减少价格风险。一个公司可以通过买入远期合约持有多头寸来设置多头避险以规避价格上涨风险,通过卖出远期合约持有空头寸来设置空头避险以规避价格下跌风险。

案例分析

堂岛大米市场和期货交易的起源(哈佛商学院案例 709044-PDF-ENG)。该案例将商务历史与围绕在堂岛交易所推出大米期货以及世界上最早的有组织(但未批准的)期货市场等政策问题综合在一起展开分析。

联合粮食种植者有限公司(A)(哈佛商学院案例 201015-PDF-ENG)。该案例分析了一家加拿大粮食分销商是如何识别和管理各种风险的。

ITC e-Choupal 行动(哈佛商学院案例 297014-PDF-ENG)。该案例讨论了互联网技术和衍生工具合约的使用是如何帮助印度乡村贫穷的农民的。

习题和思考题

1. 如何定义远期合约？假设黄金的远期合约被双方商定为每盎司 1 487 美元，如果在合约到期时黄金的现货价格为每盎司 1 518 美元，那么，远期合约的买方收到的支付金额是多少？如果在合约到期时黄金的现货价格为每盎司 1 612 美元，请问，合约卖方得到的支付金额应该是多少？

2. 如何定义期货合约？

3. 请阐述远期合约和期货合约的异同。

4. 对一个玉米种植者而言，他做远期交易的成本和收益是怎样的？如果他预期 3 个月后玉米丰收，请问他应该远期买入还是远期卖出？

5. 就远期合约和期货合约而言，哪一种合约的对手风险更大？为什么？

6. 请阐述期货合约标准化的好处。

7. 期货交易中，清算所起着哪两方面的作用？

8. A、B、C 和 D 四个人正在从事期货交易，请从下列几种交易情况中仔细地计算一下每个交易商的交易规模和未结清利益：

a. A 从 B 那里买入了 5 份 10 月份的银期货合约；

b. C 向 B 卖出了 9 份 12 月份的银期货合约；

c. D 从 C 那里买入了 10 份 10 月份的银期货合约；

d. B 向 A 卖出了 5 份 12 月份的银期货合约；

e. A 向 C 卖出了 3 分 10 月份的银期货合约。

9. 假设你是专做玉米、小麦、燕麦、大麦和其他农产品期货的交易商。请从下列风险中，挑选出你将面临的风险：信用风险、市场风险、流动性风险、结算风险、运营风险和法律风险。

10. 对于远期和期货交易，实物交割与现金结算有什么区别？

11. 为什么期货合约在一开始的价值为零？

12. 期货交易中逐日盯市的涵义是什么？为什么逐日盯市对降低对手风险很重要？

13. 为什么说期货交易对多头和空头而言是零和游戏？

14. 远期交易是金融市场上的新产品吗？请解释为什么。

15. 你能否想出一个理由为什么相同商品、其他方面都相同的远期和期货合约的远期和期货价格不一定相同？

16. 什么是衍生工具交易的场外市场？场外市场与交易所有何不同？

17. 当你持有期货合约多头时，如果你不打算交割实物资产，应该做什么交易？请解释。

18. 当你持有期货合约空头时，为什么你不必从第三方那里借入期货合约来卖空？

19. 期货合约的价格是否等于期货合约的价值？如果不是，那么在期货合约的一开始，其价值是怎样的？请解释。

20. 远期价格是否等于远期合约的价值？如果不是，那么在远期合约的一开始，其价值是怎样的？请解释。

▶5

期 权

5.1 引言

在一节中级财务课上，教授为大家介绍了期权，随后问道："购买车险是一种期权(option)吗？""不是，因为按照州法律大家都必须购买，但是你拥有选择不同保险公司的权利。"前排一名十分认真的学生答道。虽然这名同学表述得完全正确，但是这并非教授所期待的答案。教授深吸一口气，接着告诉大家，保险合约之所以与看跌期权十分相似是因为它们可以补偿资产贬值带来的损失，而且很多期权的术语都源自保险业。当然他也决定以后在问问题的时候表述得更清楚些。

就像例子里提到的，"option"这个单词在日常生活中有很多涵义。场内期权是有明确定义的合约，拥有很多具体的特征。本章会介绍期权的这些特征以及它是如何交易的。在本章末，我们会讨论交易商是如何针对不同的策略目标来买卖期权的。

5.2 期权

期权有两种基本类型：看涨期权和看跌期权，而这些名词你以前都听说过。**看涨期权**给予买方：

(1) 在未来特定有效期限内；

(2) 以今天约定的行权价格；

(3) 从期权卖方购买特定数量的金融或实物资产的；

(4) 一种权利，而非是一种义务。

期权的买方又被称为其持有者或拥有者。期权的卖方被称为沽家、发行者或是立权人。有效期限又被称为到期日，而指定好的价格又被称为**行权价格**或**敲定价格**。期权持有者在行使看涨期权时会以行权价格买入标的资产，否则他会使期权过期失效。

相对而言，看跌期权给予的是卖出的权利。具体来说，**看跌期权**的持有者拥有在到期日前将资产以敲定价格出售给期权卖方的权利。期权买方在行使期权的时候卖出标的资产，同时收到了期权卖方支付的敲定价格，而他也可以使期权过期作废。期权不是免费

的——期权的买方在购买这份权利时必须向卖方支付一定的费用，即**期权费**。

看涨和看跌两个词的区别在于两种期权买方都可以做些什么。看涨期权给予的是是否购买的选择权，即从期权卖方手中买入你看涨的资产。而看跌期权给予的是选择是否将这份资产出售给期权卖方的权利。期权卖方在这两种情况下都要时刻准备好应对期权买方做出的选择。我们常说买入看涨期权的人看好行情，因为他预期标的资产价格未来的走势会上扬，而看跌期权的买方则对行情持看跌的情绪，因为他预期资产价格会走低。当然，他们的交易对手方对市场行情走势持有的是相反的观点：看涨期权卖方看跌行情，而看跌期权卖方看好行情。我们通常也称期权买方持有了期权的多头寸，卖方持有了期权的空头寸。

值得注意的是，看涨期权和看跌期权与保险之间有很多相通的地方，因此可以被视为为了对冲和降低风险的一种保险合约。如果某人把车撞了，保险公司会参照车辆的原有价值支付车主一定的钱来修车（按免赔额度的具体情况而定）。同样的，看跌期权使得其持有者在其资产贬值的时候得到补偿。看涨期权买方受益于资产的升值，却不会因其贬值而蒙受损失。他所购买的就是一种当股票下跌时可以避免损失的保险，而这份保险由期权的卖方提供。出于这些原因，期权价格和保费的英文是一样的，购买这份保险时所支付的便是期权的费用。

看涨期权和看跌期权是典型的“普通衍生品”，或者说是标准衍生品。后面，我们会讨论收益更复杂的非标准的奇异期权。“普通期权”通常有两种定义方式：欧式或是美式。欧式期权只能在期权到期日被行使，而美式期权可以在到期日及到期日前任意一天被行使。我们在之前所给出的是美式的看涨期权和看跌期权的定义。欧式和美式这两个形容词透露的仅仅是两者行权时间选择上的不同，和它们在哪里交易没有任何关系——在欧洲、美洲、非洲、亚洲、澳洲或甚至是在南极洲都无所谓。欧式期权的交易可以横跨大西洋来到美国，美式期权也可以在欧洲进行交易。

在到期日当天，若美式期权未被提前行使，则它和欧式期权的价值相同。然而在到期日前的美式期权价值则大于或等于其相对应的欧式期权。美式期权包含了欧式的所有功能，同时还拥有可以提前行权的特点。功能越多，当然价格就越贵。第 6 章将阐述无套利假设是如何解释这一切的。在从事期权交易时，这些基本的观察能力是必要的。

在下一章我们会研究一个更重要的问题，如何为期权定价？学术界曾为这个问题饱受困扰，直到 1973 年问世的布莱克—斯科尔斯—默顿（BSM）期权定价公式带来了重大突破（参见第 19 章）。BSM 模型的重要性不言而喻——是它的发现促成了今天整个衍生品定价领域的蓬勃发展。然而期权定价依然是一个艰巨的任务，比如我们在求美式期权价格时无法使用广义的封闭解。[①]这个问题很关键，因为美式期权是交易量最大的期权品种，为此需要得到它们的定价。当我们无法得到封闭解时，数值方法（计算机编程）就取而代之成为了广泛使用的方法（详见 Wilmott，1998；Duffie，2001；Glasserman，2003）。在定价方面有很多开放性的问题，而期权的定价仍然是一个伤脑筋的领域，我们期待这个领域有更多有价值的突破。

① 封闭解指的是一个精确的数学公式。如 $x = (a+b)^2$，当你知道 a 和 b 的值时，可以很容易求出 x。BSM 模型所求出的期权价格基于已知的变量和函数，如累积正态分布函数。

5.3 看涨期权

5.3.1 看涨期权的收益和盈亏图

在完整市场下，假设不存在交易费用、税收以及交易限制等市场不完整因素，期权在到期日或在该日之前的收益是很容易理解的。现实生活中的市场则包含了这些因素。为期权交易做配对的经纪人会收取佣金。交易商会为期权费报出卖出价(如 4 美元)和买入价(如 3.90 美元)。巨额的交易往往会对市场产生影响，而交易指令也未必与交易商提供的报价完全匹配。遗憾的是，现实世界的种种因素影响了我们对于最基础的期权收益的理解。因此我们考虑的是在完全市场的框架下研究期权的收益。当明白了这些合约的具体内容后，可以再去结合市场的不完整因素作一定的调整。

下面的案例可以很好地解释看涨期权买卖双方在到期日的收益和盈亏图示的含义。

【例 5.1】 欧式看涨期权的收益和盈亏图

看涨期权买方的收益

- 今天是 1 月 1 日(时点 0)，L 女士(期权买方)以期权费 $c=4$ 美元的价格从 S 先生(期权卖方)购买了标的资产为 YBM 股份有限公司股票的 April 100 欧式看涨期权。看涨期权的行权价 $K=100$ 美元，在 4 月的第三个周五停止交易，而这天(时点 T)也是这份欧式看涨期权唯一的行权日，详见图 5.1 中的期权时间轴。①
- L 女士是否决定行权取决于行权日当天的股票价格 $S(T)$。在价格 $S(T)$为 106 美元时，L 女士会选择行权，因为此时的价格高于行权价(称期权为**实值**的)。她在以行权价购买价值为 $S(T)$的股票的过程中收获了 $[S(T)-K]=6$ 美元。期权费 4 美元作为一笔沉没成本，对行权的决定没有影响。
- 相反地，若是股票价格低于行权价，此时期权便没有价值了，从交易商角度称其为**虚值**的。如果 L 女士执意要购买该只股票，她应当选择股票市场。行使虚值的期权是十分草率的行为。比方说，如果 $S(T)$为 92 美元，她执行看涨期权会导致 $92-100=8$ 美元的损失，这个结果本不应该发生。另外，当 $S(T)$与行权价相等时，期权为**平价**，期权的买方对于是否选择行权并不在意。在现实情况中，购买股票的不同交易成本之间的差异有可能会影响行权的决定。举例来说，若是 L 女士计划购买一支交易并不活跃的股票，在报价和现价间价差过高的情况下，她会更倾向于行使平价期权(或略微虚值的看涨期权)来以更小的成本购买股票。
- 俗话说得好："一张图胜过千言万语。"期权收益的特定模式可以很好地通过画图展现出来。我们在图中标注了到期日的股票价格，横轴和纵轴分别为 $S(T)$和期

① 期权结算公司(OCC，www.optionsclearing.com/about/publications/expiration-calendar-2010.jsp)和交易所网站上将随后的周六标注为了到期日。这是一个技术性问题，第三个周五(即时刻 T)是一个使用起来相对简便的日期，因为(1)期权在当天停止交易；(2)当天是欧式期权行权的唯一日期；(3)当天是美式期权可被行权的最后日期。为简便起见，行权日和到期日这两个词可以交换着使用。

权的收益。看涨期权买方的收益在股票价格小于或等于 $K=100$ 美元时都为 0（见图 5.2）。在超过 K 后，期权收益沿 45 度线上升，即 $S(T)$每增加 1 美元，收益增加 1 美元。

看涨期权卖方的收益

- 由于期权交易是零和博弈，L 女士和 S 先生在看涨期权上的收益关于横轴对称。行权日当天，期权的卖方在当 $S(T)$小于或等于 100 美元时没有损失。而超过该值后，他的收益沿−45 度下行。S 先生在 $S(T)$为 106 美元时损失 6 美元，而这恰好是多头得到的收益。$S(T)$为 92 美元时，S 先生没有损失。

今天（起始日）
（0 时点）

期间

到期日/行权日
（T 时点）

买方 L 女士（多头）向卖方 S 先生（空头）支付期权费购买看涨期权（以电子账户的形式）	多头可以行使美式期权	若 $S(T)>K$，多头行权：期权多头支付敲定价格，从空头处得到股票，净赚 $S(T)-K$
	交易商可以平仓	若 $S(T)\leqslant K$，期权过期作废
	（或上述情况没有发生，则交易双方等到 T 时点）	

图 5.1 看涨期权的时间轴

看涨期权买方的盈亏

- 收益图并不能很好地说明为什么在收益可能为零或甚至为负的情况下，空头仍然选择承受风险做空期权。这个问题可以通过盈亏图来说明，它在交易者收益的基础上考虑了期权费用带来的影响。盈亏图横轴为 $S(T)$，但纵轴上考虑了期权交易带来的成本。简便起见，我们忽略保证金账户中期权费所赚得的利息。我们可以通过这样做来将期权在起始日和到期日的现金流结合在同一张图上。
- 若 $S(T)$未能超过敲定价格 $K=100$ 美元，多头会损失 $c=4$ 美元，即她购买期权所支付的费用，而这也是她最大可能遭受的损失。当 $S(T)$超过 100 美元时，多头必然会行使期权。$S(T)$每增加 1 美元，其仓位的价值便增加 1 美元，同时减少了损失。因此在盈亏图中，在 $S(T)$达到敲定价格之前为一条值为−4 美元的水平线，超过后则沿 45 度角上升。当 $S(T)=104$ 美元时，多头 4 美元的期权收益与初始 4 美元的期权费用恰好相抵，净利润为 0。$S(T)$越是超过 104 美元，其获利就越多。技术层面上来说，看涨期权持有者的潜在收益是没有上限的（参见图 5.2）。

同理，多头在当 $S(T)$ 为 106 美元时拥有 2 美元的净利润，因为其期权收益为 6 美元，而购买期权花费了 4 美元。相反，在当 $S(T)$ 为 92 美元时，多头不会行权，仅会损失 4 美元的期权费。

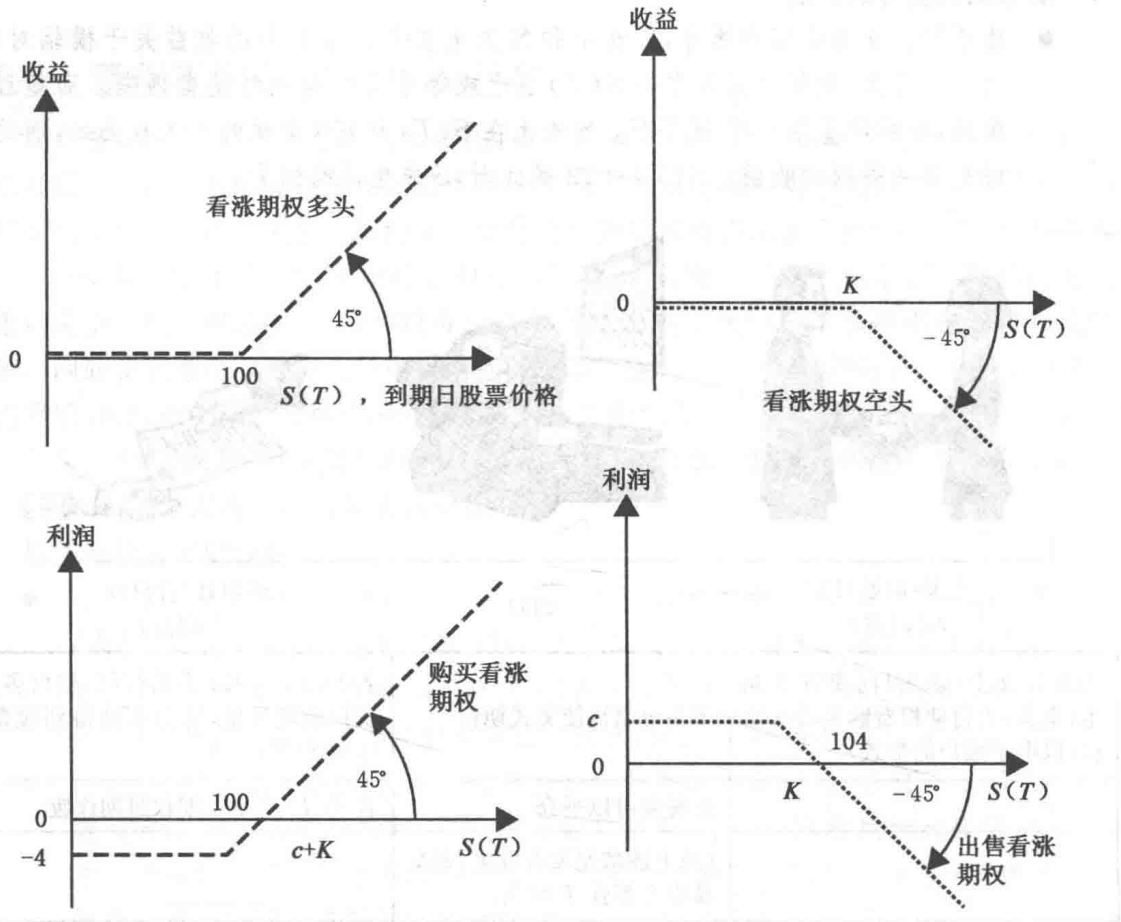


图 5.2　April 100 看涨期权在到期日时的收益和盈亏图

看涨期权卖方的盈亏

- $S(T)$ 低于行权价时，看涨期权卖方保留起始日收取的 4 美元期权费，而这也是其最大可能的利润。当 $S(T)$ 超过 100 美元时，多头的行权会使空头的利润减少。盈亏平衡点出现在当 $S(T)=104$ 美元时，当 $S(T)$ 高于该价位时，空头的损失会逐渐扩大（见图 5.2）。举例来说，当 $S(T)=106$ 美元时，空头损失了 2 美元。$S(T)=92$ 美元时，多头不会行权，因此空头的利润为 4 美元。因为期权的交易是零和博弈，交易双方的总利润之和为 0。而在现实情况下，经纪业务佣金会减少各交易商的实际利润。
- 如图 5.2 中所示，看涨期权空头可能遭受的损失远超过了多头。期权买方的最大损失仅为期权费。而相反，期权卖方可能会因此倾家荡产，因为其最大损失并不可控。针对这种不对称性，期权交易所要求看涨期权卖方比买方缴纳更多的保证金。

5.3.2 看涨期权的内在价值和时间价值

除了可以在到期日前行权外，美式看涨期权和欧式看涨期权在其他方面是一样的。前面我们说过，如果美式期权没有提前行权，那么它和欧式看涨期权在到期日拥有相同价值，而它们的收益图也是相同的。而在到期日之前，美式期权的行权策略需要注意两个方面：(1)不应行使处于虚值状态的期权，以及(2)提前行使实值的看涨期权的收益为股票价格减去行权价格。换句话说，提前行使美式看涨期权的收益和到期日当天欧式看涨期权的收益类似。

我们来做一下总结。

结论 5.1

看涨期权的内在价值(或"行权价值")

看涨期权持有者在到期日或提前行权时的收益为

$$\text{看涨期权的内在价值}=\begin{cases}S-K, \text{当 } S>K \text{ 时}\\ 0, \text{其他}\end{cases} \tag{5.1a}$$

也可以把它写作

$$\text{看涨期权的内在价值}=\max(S-K,\ 0) \tag{5.1b}$$

其中 S 为股票在行权日的价格，K 为行权价格，max 函数的意思是取括号内两者的较大值。

这便是看涨期权的边界条件，看涨期权的收益也被称为它的内在或行权价值。

这说明什么？若 $S<K$，$S-K$ 为负值，不应行使看涨期权，因此它的价值为 0。而 $S\geqslant K$ 时，看涨期权的价值等于 $S-K$。从收益中扣除期权费后便可得到利润。

据此可以得到一个很简单的推论：股票价格为 0 时，看涨期权价格也为 0。如果股票真的跌到了 0，那根本就没有前景可言了，更别说什么时候股价可以恢复正值了。那么由于看涨期权给予了在未来购买股票的权利，它的价值也应当为零。

内在价值仅是期权费用中的一部分，剩下的部分为期权的附加价值，因为股票价格在到期日前可能会有所上涨。因此，我们将欧式或美式期权的**时间价值**定义为：

$$\text{期权的时间价值}=\text{期权价格}-\text{期权的内在价值} \tag{5.2}$$

时间价值随着到期日的临近而逐渐趋于 0(由其定义可得)。例 5.2 阐述了如何计算看涨期权的时间价值。

【例 5.2】 看涨期权的时间价值

- 到期日前的某时点 t，假设 YBM 公司的股价 $S(t)$ 为 101 美元，看涨期权价格 $c(t)$ 为 2.50 美元。如果敲定价格 K 为 100 美元，则

$$\begin{aligned}\text{看涨期权的时间价值}&=\text{看涨期权价格}-\text{看涨期权内在价值}\\&=c(t)-[S(t)-K]=2.50-(101-100)=1.50 \text{ 美元}\end{aligned}$$

5.3.3 美式看涨期权的价格边界

虽然我们还没有谈到如何给期权定价，但我们可以通过了解期权定价的边界条件和一些简单的推理来判断看涨期权的价格是否合理。

【例 5.3】 美式看涨期权的价格边界

- 和例 5.1 一样，假设美式看涨期权的敲定价格为 $K=100$ 美元。该期权的价格是应当小于标的股票价格的，因为从本质上来说，看涨期权是一种给予持有者以敲定价格购买标的股票的证券。假设你面临两个选择，是选择无偿地被赠予一只股票还是花钱去购买它？当然是选择接受赠予的股票，这也说明股票本身的价值超过了期权。
- 因此，看涨期权是永远不会超过其标的股票价格的。图 5.3 的横轴为今天股票的价格 $S(t)$，简写为 S，纵轴为看涨期权的价格。从原点向右上方倾斜 45 度的直线代表了股票价格，看涨期权的价格是不可能位于该直线上方的，该直线即期权价格的上界。参考结论 5.1 给出的边界条件，一个理性的投资者是不会接受价格小于 $\max(S-100, 0)$ 的看涨期权的。而这也构成了期权价格的下界，即一条从原点出发，当股票价格等于 100 时开始沿 45 度上行的折线。
- 我们用一些数字来具体地阐述一下：

  —当看涨期权为虚值时，打个比方，股票为 90 美元，由于期权价格中还包含了时间价值，因此它不会为零，此时应位于横轴的上方。然而看涨期权价格始终不会超过股票价格 90 美元，因此它位于从原点出发的 45 度直线下方。

  —当看涨期权为实值时，假设股票价格为 115 美元，此时行权看涨期权价值至少为 $S-K=115-100=15$ 美元，因此看涨期权价格始终不会低于这条下界。同时期权价格也不可能超过上界 115 美元。

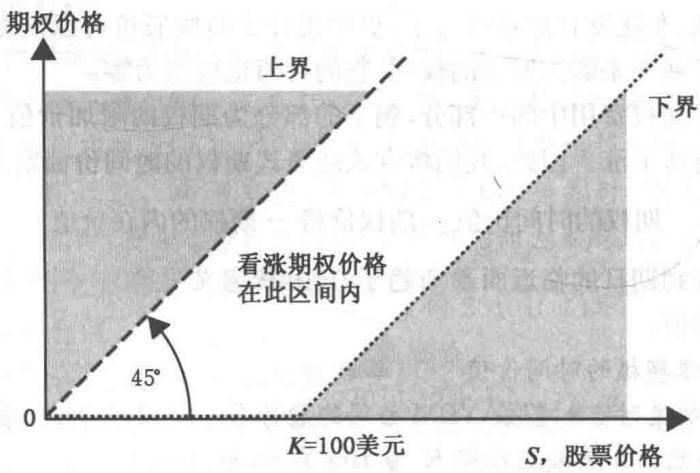


图 5.3 美式看涨期权的价格边界

5.4 看跌期权

5.4.1 看跌期权的收益和盈亏图

我们通过一个例子来解释看跌期权的收益图和盈亏图。

【例 5.4】 欧式看跌期权的收益和盈亏图

看跌期权的收益

- 今天是 1 月 1 日(0 时点)。L 女士以 $p=6$ 美元的价格从 S 先生处购买了 BUG 公司的 May 50 欧式看跌期权。这份看跌期权给予了 L 女士在行权日当天,即在 5 月的第三个周五(T 时点)以敲定价格 $K=50$ 美元出售 BUG 公司股票的权利。
- 看跌期权的时间轴和在图 5.1 中给出的看涨期权类似。如果看跌期权没有提前行权,交易双方就要等到行权日(T 时点)。如果股票价格低于敲定价格(称看跌期权为**实值**的),L 女士会行使期权,以 K 美元出售了价值为 $S(T)$ 的股票,在此过程中收益为 $[K-S(T)]$。举个例子,如果 $S(T)=40$ 美元,L 女士可以以 50 美元卖出股票获得 10 美元的收益。相反,如果 $S(T)$ 比 K 大(称看跌期权为**虚值**的),行权是不明智的。假设此时 $S(T)=55$ 美元,L 女士行权所得的收益为 (50−55)=−5 美元,不行权则没有损失。BUG 股价恰好为 50 美元时(称看跌期权为**平价**的),行权与否就无关紧要了。①
- 有了以上这些结论,我们就可以画收益图了。当股价远大于敲定价格时,看跌期权持有者的收益为零,即与横轴重合。随着股票价格的降低直到低于敲定价格,收益从 K 开始沿 45 度逐渐上升。股票价格每下降 1 美元,收益便增加 1 美元(见图 5.4)。股票一文不值的时候收益最大,L 女士可以按期权合约将股票以 K 美元出售。
- 期权交易是一个零和博弈,因此看跌期权卖方和其买方的收益沿横轴对称。当 $S(T)$ 超过 50 美元时,期权卖方没有损失,其收益与横轴重合。而当股价低于敲定价格时,其收益从横轴 $S(T)=K$ 处开始沿 45 度下行,当股票价值为零时到达最低点。

看跌期权的盈亏

- 在期权收益图上考虑期权费用的影响,可以得到期权盈亏图。如果 $S(T)$ 超过 $K=50$ 美元,期权多头损失了期权费 $p=6$ 美元,而这也是可能的最大损失。$S(T)$ 低于 50 美元时,多头行使期权——$S(T)$ 每下跌 1 美元,其仓位价值就增加 1 美元。

① 交易成本和流动性成本可能在一定程度上改变这一决定。如果期权多头持有大量的标的股票,标的股票交易量少,且多头有将其出售的意愿,那么她可能会行使平价的或略微虚值的看跌期权来以最少的交易成本出售股票。

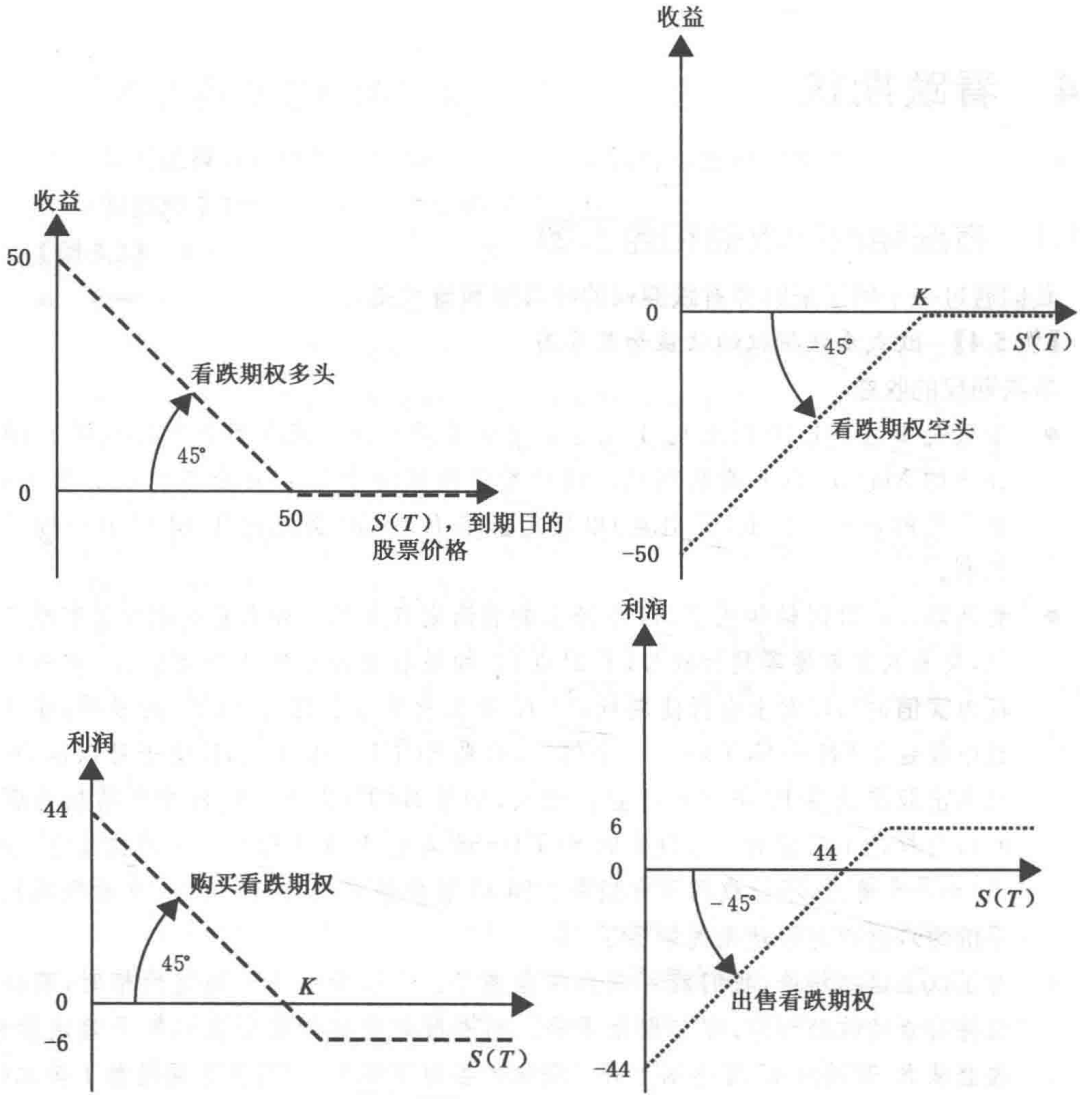


图 5.4　May 50 看跌期权在到期日时的收益和盈亏图

- 因此，当 $S(T)$处于较高价位时，盈亏线为水平线，值为－6 美元。而当 $S(T)$跌至 50 美元及以下时，盈亏线随之沿 45 度上行，并与横轴交于 $S(T)=44$ 美元处，即其盈亏平衡点。当 $S(T)=44$ 美元时，盈亏线与纵轴交于 44 美元处。看跌期权持有人和买方的盈亏图关于横轴对称。需要注意的是，看跌期权的最大利润和最大损失都是有限的。
- 接下来我们来阐述一下如何计算盈亏。假设 $S(T)=40$ 美元，期权多头行使期权获得 $(50-40)=10$ 美元收益，除去之前支付的期权费 6 美元，净利润 $10-6=4$ 美元，而这也是空头亏损的数额。$S(T)=55$ 美元时，多头不会行使期权，因此其损失 6 美元的期权费，而这也是空头的获利。

5.4.2　看跌期权的内在价值和时间价值

美式看跌期权也可以在到期日前提前行权。当然，若是美式看跌期权没有提前行权，

它和欧式看跌期权在到期日当天的价值是相同的，因此两者的收益也是相同的。在到期日来临前，两个因素决定了美式期权是否应当提前行权：(1)期权为虚值时不应当行权；(2)提前行使实值看跌期权得到的收益为敲定价格减去股票价格。提前行权时，美式看跌期权的收益和到期日当天的欧式看跌期权差不多。

把以上观点总结一下可以得到结论 5.2。

结论 5.2

看跌期权的内在价值(或"行权价值")

看跌期权持有者在到期日或行权时的收益为

$$\text{看跌期权的内在价值} \equiv \begin{cases} K-S, \text{当 } S<K \text{ 时} \\ 0, \text{其他} \end{cases} \tag{5.3a}$$

也可以把它写作

$$\text{看跌期权的内在价值} \equiv \max(K-S, 0) \tag{5.3b}$$

其中 K 为敲定价格，S 为行权日或到期日的股票价格，max 函数意味着取括号内两者的较大值。

这便是看跌期权的边界条件，看跌期权的收益也被称为它的内在或行权价值。

举例来说，假设看跌期权敲定价格 $K=50$ 美元，当股价 $S(T)=55$ 美元时，$K-S(T)=-5$ 美元。很显然，−5 美元和 0 之间的较大者是 0，因此到期日当天的看跌期权价值 $p(T)=0$。当 $S(T)=40$ 美元时，期权内在价值为 $K-S(T)=10$ 美元。如果 $S(T)<K$，期权的收益为正值 $[K-S(T)]$。如果 $S(T)\geqslant K$，$K-S(T)$ 不再为正值，此时看跌期权的内在价值变为 0。

用接下来的例子来讲解一下如何计算看跌期权的时间价值。

【例 5.5】 看跌期权的时间价值

- 在 t 时点，假设 BUG 公司股票的价格 $S(t)$ 为 48 美元，其看涨期权价格 $p(t)$ 为 3 美元。当敲定价格 $K=50$ 美元时，

$$\begin{aligned} &\text{看跌期权的时间价值} \\ &=\text{看跌期权价格}-\text{看跌期权内在价值} \\ &=p(t)-[K-S(t)] \\ &=3-(50-48) \\ &=1 \text{ 美元} \end{aligned}$$

5.4.3 美式看跌期权的价格边界

和看涨期权一样，我们可以使用边界条件来判断看跌期权的价格边界。

【例 5.6】 美式看涨期权的价格边界

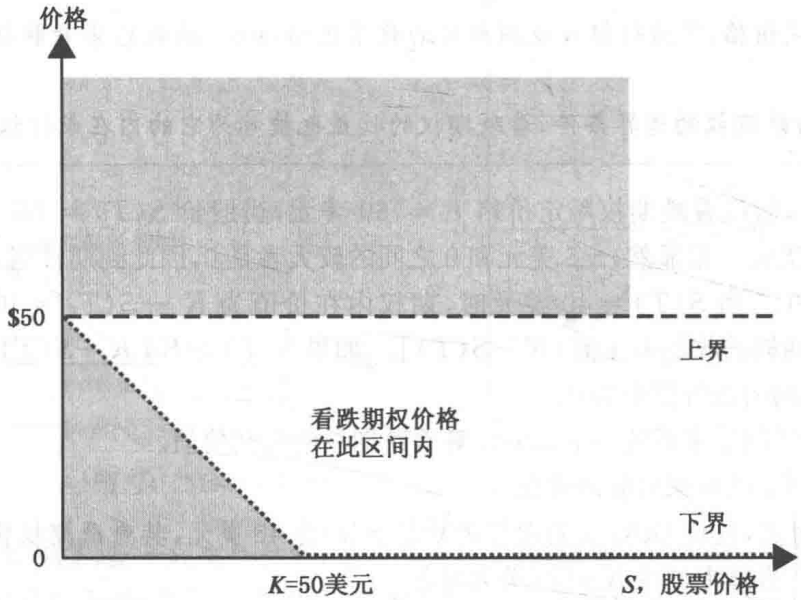
- 和例 5.4 一样，假设美式看跌期权的敲定价格 $K=50$ 美元。由于看跌期权给予其

持有者的权利是以敲定价格出售标的股票，因此期权的价值不应超过敲定价格。因此看跌期权的最大收益就是敲定价格 $K=50$ 美元，而这也构成了看跌期权的上界，即图 5.5 中值为 50 美元的水平线。

- 看跌期权的价格不应低于 max(0，50－S)，该下界由式(5.3)给出的边界条件得到。这条折线起于纵轴上的 50 美元处，沿 45 度下行直至交于横轴的 50 美元处，随后呈与横轴重合的水平线。
- 我们举个例子来说明一下这些边界条件：

  —当看跌期权为实值时，假设股价为 10 美元，那么看跌期权的价格不应低于其敲定价格 50－10＝40 美元。由于看跌期权不能够超过其上界 50 美元，因此其价格位于 40 美元和 50 美元之间。

  —当看跌期权为虚值时，假设股价为 60 美元，那么看跌期权的价格不应低于横轴，因为没有人愿意去行权而导致亏损。当然，期权的价格也不应超过上方值为 50 美元的水平线。



看跌期权的价格不可能位于上下界之外的阴影区域中

图 5.5　美式看涨期权的价格边界

5.5　场内期权

和期货合约相比，场内期权还算是新人。1973 年，随着芝加哥期权交易所(CBOE)的诞生，场内期权才开始交易。如今，期权交易由多个大型的交易所主导，其中包含了多条产品线(股票、债券、期权、期货等)。这些交易所包括纽约证券交易所(即 NYSE，下属有 AMEX 和 Arca 交易所的期权交易平台，太平洋证券交易所早先被并入了 Arca 交易所)、CME 集团、纳斯达克—OMX 集团(下属 BX 市场，即先前的波士顿交易所，及 PX 市场，即先前的费城交易所)、欧洲期货交易所(其全资子公司为国际证券交易所)、CBOE(下属 C2

期权交易所)以及 BATS(基于电子通信网络)。

期权清算公司(OCC)负责清算大部分的场内期权,保障了买卖双方对合约的履行。如之前所说的,清算所使得期权交易更加安全、助力二级市场更好地发展、准许了匿名交易并且使得交易商不再需要跟踪交易对手,这些方面很好地推动了期权市场的发展。拓展 5.1 中更加详细地讨论了场内期权的作用。2011 年与 OCC 进行交易清算的交易所有 BATS 期权交易所、C2 期权交易所、CBOE、国际证券交易所、纳斯达克—OMX 的 BX 市场和 PHLX 市场、纳斯达克股票市场以及纽交所的 AMEX 和 Arca 期权交易平台(详见 OCC 网站,www.theocc.com)。

拓展 5.1:场内期权的作用

场内期权的引入从根本上改变了期权市场。在这里我们列举了场内期权合约的诸多贡献,更加详细的内容见《了解股票期权》一文(发表于 2007 年 9 月,详见 www.optionsclearing.com)。场内期权的一些特点和一般的场内衍生证券类似,有些则是其特有的。尽管我们现在是站在美国的角度进行讨论,但其中大部分适用于全球所有的场内期权。

(1) 市场交易核心:交易所是市场交易的核心,它有助于价格发现、收集和传播价格信息,同时进行监督和管理。期权价格报告机构将美国众多的期权市场连接起来,广泛地传达最新交易和报价以及各种期权交易相关的数据。

(2) 有序、高效、流动性强及交易成本低的市场:期权合约的要素如合约规模、敲定价格以及到期日都由交易所出具。合约的标准化方便了更快地收集报价和执行交易。组织架构良好的市场有助于高效且有竞争力的市场的发展。对于交易频繁的证券,价差较小且信息能够很快地反映在价格中。

(3) 灵活性大:期权是灵活且多用途的投资工具,与证券组合相结合可以进行套期保值或对风险敞口做投机。就像香料和调味品能使食物更美味一样,合理地运用期权会带来神奇的效果。我们会在第 15 章里详细地讨论期权交易策略。

(4) 大多数交易商的风险可控:期权买方和看跌期权卖方的风险是有限的,而看涨期权卖方的风险是不可控的。就像半瓶水是半满还是半空取决于你看待它的角度一样,尽管许多期权仓位的风险是有限的,许多期权交易商仍有较短时间内损失一切的可能。

(5) 合约履行有保障:尽管股票和指数的期权在美国不同交易所内交易,但是大部分交易都是和 OCC 对接的。作为一个清算所,OCC 消除了信用风险。一旦 OCC 对交易单的匹配进行核实,它便对交易进行清算,使买卖双方分离,同时成为原买卖双方的交易对手。

(6) 二级市场活跃:场内期权的二级市场十分活跃,交易商能较为方便地建仓或平仓。比如,期权卖方可以买回其早先卖出的期权,同时告知交易所已经平仓,交易所便会结清交易并让其完全退出交易。

(7) 克服了股票市场的局限:期权可以避免标的资产所属的市场上可能出现的限制。回顾一下第 3 章,股票市场上有时存在一定限制,如许多国家禁止卖空股票。为了规避这种限制,你可以通过购买看跌期权来做空股票。

(8) 无纸化交易:股票和债券都是有所有权证的,在近些年逐渐进入了无纸化时代。期权交易从诞生起就是无纸化的,因此减少了大量文书和交易成本。期权的诞生源于计算机的运用,经纪人若确认即可证明其所有权。

由于CBOE的建立源自芝加哥期货交易所,因此它和期货股票交易所有很多相同之处。例5.7中所模拟的CBOE期权交易场景详细地描述了这些特点。

【例5.7】 交易所的看涨期权交易

交易指令的下达

- 今天是1月1日(0时点)。L女士和S先生开设了保证金账户,获准委托各自的经纪商进行期权交易。在互相不认识的前提下,他们同时决定交易10手YBM公司的April 100看涨期权。这些美式看涨期权行权价格$K=100$美元,到期日为4月的第三个周五。由于1手期权合约是交易100股,10手的合约则最终体现为1 000股的盈亏。
- 懂点科技的L女士打开电脑登录了交易商的账户,发现有YBM公司4月份的看涨期权买入价为4.00美元和卖出价为4.05美元,她输入限价指令,让交易商以不高于4.00美元的价格购买10手合约。老派的S先生打电话给经纪商,下达市价指令并迅速成交。小额的委托通过计算机进行匹配,几秒钟便可完成交付和确认。大部分期权交易都是在交易所内完成。
- 我们假设L女士和S先生的指令都是分别通过计算机发送给交易柜台上的交易商代表的。几百个设备齐全的交易柜台整齐地排列在交易大厅里,被分别租给不同的清算公司。一旦交易指令到达交易柜台,会由场内经纪人带到交易平台,经纪商和交易员们会在那里撮合交易。
- 通常类似于CBOE的交易所都在大厅里设有许多交易站,每个交易站里有十多个交易平台。每个交易平台负责几只股票,同一股票对应的所有期权只在其所对应的交易平台进行交易。通常每个柜台上都会有一名指令簿记管理员(或场内经纪商)和其助手,他们记录交易并完成指令簿,其中包含了所有未成交的限价指令。
- 通常买入和卖出的指令都是随机下达的,很少恰好同时发生。为了保障期权市场的流动性,做市商会储备持有一定的存货以备交易。每个做市商都有对应负责的期权,并对其所负责的期权合约提供双边持续报价,报价数量至少为20手,一般情况下为50手。
- 不同交易所有不同的条例。交易所的交易机制随着技术革新和行业间的竞争而不断发展。虽然大多数交易所还保留着交易员提供做市业务,但越来越多的活都交给了电子撮合交易系统。一些具体的细节,读者可以直接到交易所网站上查阅。

交易的执行、清算和结算

- S先生的经纪商接受了L女士的限价指令,以$c=4.00$美元的期权价格执行了10手合约的交易。场内经纪商通过手持电脑传回了交易信息。L女士在网页上看到交易已经确认,S先生也收到了由经纪商代表打来的交易确认电话。交易的重

要数据同时被记录在了交易所的计算机系统内。

- 不同经纪商的佣金有所差别。折扣经纪商通常收取单笔交易5—20美元的固定费率以及对单份标的为100股的期权合约收取50美分至2美元不等的可变费率。许多公司针对以下情况收取较低佣金:(1)网上下单;(2)活跃的交易商;(3)类似于市价指令这样简单的委托指令;(4)小额指令,因为这样的委托通常不会和内幕消息相关;但同时也可以将顾客的(5)大额指令进行分解。经纪商收取两笔佣金:第一笔是在购买(或出售)的时候,第二笔是在出售(或买回)或是行使期权的时候。
- 假设L女士的折扣经纪商收取了10美元的交易费用外加每份合约收费1美元,合计20美元。她的经纪人账户上会扣除购买期权的费用和佣金,即

$$\text{期权费}\times 100\times(\text{合约数量})+\text{佣金}$$
$$=4\times 100\times 10+20=4\,020\ \text{美元}$$

- S先生找到的是综合服务经纪商,收取了50美元的交易费外加每份合约收费3美元,总计80美元。他的保证金账户上会存入卖出期权所得收益,同时扣除佣金:

$$\text{期权费}\times 100\times(\text{合约数量})-\text{佣金}$$
$$=4\times 100\times 10-80=3\,920\ \text{美元}$$

由于出售期权带来的风险更大,因此S先生的经纪商要求其在保留收益的同时在保证金账户里再多交一笔保证金。

合约平仓

- 场内期权在二级市场进行交易,交易商能够非常灵活地获取收益或及时止损。L女士可以将期权出售给第三方来进行平仓,而她也会在平仓时有所盈亏。在另外一端,S先生可以从第三方那里将期权购回进行平仓。由于这是美式看涨期权,L女士可以在到期日前任意时刻行使期权。
- 期权价格的波动反映在保证金账户的余额里。假设明天YBM公司股价走高,其看涨期权价格也上涨了3美元,L女士的保证金账户里便会增加3 000美元,S先生保证金账户中会减少相同的数额。如果S先生账户的保证金水平低于了所要求的维持保证金,他便需要追加一笔保证金。
- 假设期权没有提前行权或是进行平仓,交易对手双方会在到期日做出最后的决定。为了省去经纪商对行权收取的费用以及交易YBM股票付出额外的交易费,他们决定在期权到期前平仓,并以7美元的期权费进行交易。最终L女士的盈亏为

$$\text{买卖收入}-\text{成本}$$
$$=(7\times 100\times 10-20)-4\,020=2\,960\ \text{美元}$$

S先生的盈亏(强调一下,他付的经纪费用更多)为

$$\text{买卖收入}-\text{成本}$$
$$=3\,920-(7\times 100\times 10+80)=-3\,160\ \text{美元}$$

5.6 多头和空头在不同市场的含义

从业人员通常使用多头(long)和空头(short)两个词语来表达买入和卖出的概念。但在不同市场上这两个词可能有不同的意思。对于衍生工具市场,多头的意思是"买",空头的意思是"卖"。衍生品市场的净供给为零,每一个买方都需要有一个卖方匹配。在衍生工具市场上,多头和空头是同一场交易中对立的双方,因此他们的交易是零和博弈,一方的收益来源于另一方的损失。

股票市场上的卖空者(short seller)的含义更复杂些,他将借来的股票卖出,一段时间过后再将其购回并归还。对于期货和远期合约,多头和空头都有在未来履行交易的义务,多头同意购买资产,空头同意卖出。

期权给予其买方在到期日前以约定价格购买(认购)或卖出(沽出)的权利。无论是看涨还是看跌期权,期权的买方都是期权的多头,他们有权决定是否行权。相反,期权的卖方作为期权的空头,需要按照多头选择的期权合约条款履行义务。期权买方需要在事先支付卖方一笔期权费。

5.7 下单策略

所有交易商都面临相同的问题:究竟是立即交易还是等一段时间看看是否有更合适的价格。如果你想要立即成交,可以提交市价指令;如果你想等更合适的价格,可以提交基于价格、时间和其他相关因素交易的**或有指令**。但两种方法都有利有弊:市价指令成交的价格未必合理,而或有指令可能无法成交。

例 5.8 中列举了几种不同假想情况下的股票交易下单策略,这些策略同样适用于期货和期权。我们先简单地以股票交易为例来讨论一下,然后再将这些策略延伸到类似于期权这样的衍生证券上。

【例 5.8】 下单策略

市价指令(a market order)

- 交易商对 YBM 公司的股价报出了每股 100.10 美元的卖价和 100.00 美元的买价。由于你预期它股价会上涨,希望尽快地买到手,因此你可以下达市价买入指令(market buy order),以当前经纪商可以找到的最好价格快速成交——非常可能是 100.10 美元。突然地下单或卖单可能会导致你需要多付或者少赚一点点。除非遭遇股市崩溃,市价指令总能够成交。
- 市价指令也是购买期权和期货最简单的方法。上一个例子我们提到 S 先生下达市价卖出指令并以 4 美元,即买入价卖出期权。如果交易所报出黄金期货 1 500.10 美元的卖价和 1 500.00 美元的买价,此时的市价买入指令极有可能以 1 500.10 美元的价格成交。

价格或有指令(a price-contingent order)

- 有时可能过一段时间会有比当前更好的报价。你可以下达限价指令(limit

order)，仅以指令中所下达的或更好的价格成交，若是不满足条件则不成交。下指令时必须明确是当日有效指令(day order)还是一直有效指令(good-until-canceled order，GTC)。未成交的当日有效指令会自动在当天收盘后撤销，而一直有效(GTC)指令则会在成交之前一直留在专家经纪人的指令簿上。许多经纪商会在一段时间过后，如 60 天后，自动将过期的 GTC 指令撤销。

- 假设你下达了 99.00 美元的限价买入指令(limit buy order)，如果股价从 100.10 美元下跌到了指令价格并且成交了，那么你从中便减少了 1.10 美元的成本。然而你同时也冒了股价上涨导致指令无法成交的风险。类似地，若 YBM 股票期权报出了 4.00 美元的买价和 4.05 美元的卖价，希望从市场波动中获利的交易商会下达 4.50 美元的限价卖出指令。

时间或有指令(a time-contingent order)

- 限时指令(time-of-day order)明确了成交的确切时间点或时间跨度。例如你可以要求在下午 2 点成交，或者要求在下午 2 点 30 分到 3 点之间成交。拓展 5.2 中会列举更多基于时间或其他因素的指令。

相关指令的组合(combinations of related orders)

- 有时交易商会下达组合指令。例如下达价差(spread)指令可以通知经纪商在当两支证券价格之差到达一定值时成交。下达取消指令(cancel order)和直接取消指令(straight cancel order)可以将之前的指令完全撤销。取消替换指令(cancel replace order)将已存在的指令替换成新指令。拓展 5.2 中列举了其他一些类似的指令替换策略。

拓展 5.2 对例 5.8 进行了一定补充来更深入地讨论一些策略。这些策略同样适用于期权和期货，以及债券和我们在第 2 章介绍的国债的交易。

拓展 5.2：其他下单策略

例 5.8 中讨论了一些基本的下单策略，但那些仅仅是所有可用策略中的一小部分。我们首先为大家演示在普通限价指令上一些小小的变动是如何创造出一系列不同的策略的，之后我们会给大家举一些基于时间或其他因素的策略以及与其他证券组合而成的策略。此外，为了使内容更加丰富，我们还会探讨期货和期权交易的下单策略。

【例 5.8】 下单策略(续)

价格依赖指令(price-dependent orders)

- 假设做市商交易员为 YBM 公司股票报出了 100.10 美元的卖价和 100.00 美元的买价，而你下达了每股以 99.00 美元买入的一直有效限价指令。即使 YBM 公司股票触及了 99.00 美元，你的限价指令可能也未必成交。这种情况通常的发生原因是，市面上有许多未成交的 99.00 美元限价指令，而没等你的指令成交，股价便开始回升。如果你真的打算以 99.00 美元交易一支股票，那么你应该下达触及市价指令(market-if-touched order)。一旦市场上有以 99.00 美元这一特定价格成交时，该指令会变为市价指令。

- 假设你预期 YBM 公司股价会反弹。那么你可以以高于现价 100.10 美元的价格，如 101.00 美元，下达 YBM 公司股票的止损买入指令(stop order to buy)，又称止损买单(buy stop order)。当市面上有以 101.00 美元或高于 101.00 美元的价格报出买入价或成交时，该指令会变为市价指令。
- 止损买入对应的是停止损失指令(stop-loss order)，又称止损卖单(sell stop order)，指令的价格低于股票现价。假设 YBM 公司股票在你购买之后一路飙涨到了 120 美元，你可能会打算锁定收益。因此，你可以下达止损指令(stop order)，当股价低于 118 美元时将其卖出。而若是 YBM 股票之后一路继续上涨，你的收益也会继续增加。而若是股价回落，你可以通过以 118 美元的价格卖出以保留之前的收益。
- 还有一种策略叫做止损限价买入指令(buy stop-limit order)。假设你以高于现价的价格 101.00 美元下达了止损限价买入指令。一旦市场上出现了价格为 101.00 美元或者更高的买入报价或成交价，该指令会变为限价买入指令。这类指令的风险在于可能永远无法成交。例如，当股价击穿 101 美元并迅速拉升时，经纪商便无法再以 101.00 美元或更低的价格买入。

  鉴于止损限价指令的复杂性，很多交易所并不允许这类指令。

依赖于时间或其他因素的指令(time-and other factor-dependent orders)

- 之前我们探讨了限时指令，其旨在某一特定时间点或区间内成交。其中一类特别的指令名为收市买卖指令(market on close order，MOC order)，即在收盘前的最后一分钟变为市价指令。只要你希望在今天收盘的时候草草成交，无所谓价格是好是坏(而你潜在的交易对手也知道你急着在交易结束前迅速成交)。MOC 指令也因此被称为“收盘杀戮”指令。
- 非足额即撤销指令(fill or kill order)，即 FOK 指令，必须立即全数成交，否则取消委托。因此在使用此类指令时的委托价格不能与现价偏离太多——若是偏离太多则成交希望渺茫，而你的交易商也会因此伤神。专业交易商有时会使用 FOK 指令来检验市场的强弱。
- 足额执行指令(all or none order)，即 AON 指令，必须全额成交。假设你下达了限价指令购买 3 000 股 YBM 公司股票。而一家交易商仅愿意卖给你 1 000 股。通常情况下，限价指令会进行匹配，而你的指令则是部分成交。你的指令可能无法全额成交，除非有人愿意卖给你指令中剩余的 2 000 股。而对于足额执行指令，你的经纪商必须为你的 3 000 股买单找到匹配的 3 000 股卖单；其他情况下，你的限价指令无法成交。
- 本周内有效指令(good this week order)，即 GTW 指令，仅在下达指令的该星期内有效。
- 全权委托指令(discretionary order)，又称不为市场约束指令(market-not-held order)或免责指令(disregard tape order，DRT order)，是一种市价指令，但经纪商可以根据自己的判断延迟指令的下达以求更优的价格。通常在进行大宗股票的交易时会使用这类指令，因为这给予了经纪商更大的灵活性。

组合指令(combination orders)

- 价差指令(spread order)中包含了买入一个期权并出售另一个期权的市价指令。例如,如果你手头有两个 YBM 公司股票的看涨期权,行权价格分别为 100 美元和 105 美元。你可以组合出一个价差指令,买入行权价格较高的期权,出售另外一个。价差指令注重的并非期权的绝对价格水平,而是期权价格之间的价差。本书往后几章里会给出更多的价差策略案例。
- 分段指令(scale order)包括了一系列分段的价格的交易。假设你打算购买 4 月交割的 YBM 公司股票看涨期权,行权价格为 100 美元。尽管最新交易价格报出了 4 美元,但你担心若是此时下单会造成冲击以至于可能最终仅是部分成交。因此,你可以考虑下达分段指令,分别以 4.00 美元、4.10 美元、4.20 美元和 4.25 美元的价格下达各购买 25 份合约的限价指令。
- 我们之前提到了取消指令或直接取消指令,这类指令可以将上一个指令完全撤销。我们还提到了取消替换指令,将已下达的指令替换为新指令。这里要说的另一种衍生指令叫做一份成交、另一份马上撤销指令(one cancels the other order, OCO order),即选择性指令(alternative order),其中包含了一系列指令,当其中一个成交时,其他便马上撤销。假设你现在打算购买行权价格为 1 000 美元的黄金看跌期权。如果你下达 OCO 指令以 5 美元限价购买 10 月交割的看跌期权(期权现价为 6 美元),或以 7 美元限价购买 12 月交割的看跌期权(现价为 9 美元),当其中有一个指令成交时,另一个便成为了无效指令。OCO 指令可以帮助选择最先以较优价格成交的合约。
- 转换指令(switch order)指的是与上一个成交头寸相关的价差指令。假设你购买了 12 月交割的黄金看涨期权,指望可以通过黄金价格的上涨获利,而结果却并非如此,但你依然满怀信心期待这轮上涨会在明年 4 月之前到来。这样的话,你可以使用转换指令将 12 月到期的期权替换成 4 月到期的期权。

本章小结

1. 看涨期权给予期权买方("多头"一方)从期权卖方("空头"一方)在到期日或到期日之前以今天约定的行权价格购买特定数量的金融或实物资产的权利而非义务。而看跌期权给予了期权持有者卖出资产的权利。看跌期权和保险合约类似,会在资产贬值时给予一定的补偿。期权的卖方会为这些权利的出售而相应地收取期权费。

2. 欧式期权只能在到期日当天行权,而美式期权可以在行权日前的任何一天包括行权日当天行权。"欧式"和"美式"与期权交易地点无关。在美国,几乎所有场内期权都是美式的。

3. 看涨期权持有者在期权到期或提前行权时的收益等于期权的内在价值,在当股票价格大于行权价格(看涨期权为实值)时,内在价值为股价减去行权价;其他情况下(看涨

期权为虚值)内在价值为0。而看跌期权的内在(行权)价值为:当行权价格大于股票价格时,内在价值为行权价格减去股价;而当股价大于或等于行权价格时,期权内在价值为0。内在价值仅构成了期权价值的一部分,剩余的部分为期权的时间价值,这部分包含了对期权价值在到期前上涨的预期。

4. 在到期日当天,不同期权头寸的收益作为股价的函数呈现出特有的形式,这些收益形式可以在收益图上表现出来。在收益图的基础上考虑期权费并做相应的调整后可以得到盈亏图。

5. 随着1973年CBOE的开张,期权开始有组织地在交易所内进行交易。传统交易所的交易大厅中设有许多交易站,经纪商和交易员们在其中撮合特定种类期权的交易。如今,全球各交易所的衍生品交易互相连通。技术的变革大大地改变了衍生品交易的方式。一些传统的交易所放弃了在交易大厅内进行交易,转而投向自动电子交易系统,而那些新开张的交易所则都已全面地电子化了。

6. 交易商会匆忙下达市价指令以期快速成交。愿意等待一阵子以期以更优价格成交的交易商可以有策略地下达限价指令。限价指令中包含了价格、时间和其他相关因素,也可以和其他指令进行组合。而这两者都有利有弊:市价指令成交价格可能十分糟糕,而追求更优成交价格的指令可能永远无法成交。这些或有指令在股票、期权和期货交易中都有使用。

案例分析

高盛(Goldman Sachs)与日经指数认沽权证(Nikkei Put Warrants)—1989(哈佛商学院案例292113-PDF-ENG)。这个案例讲述了一家投资银行是如何对日经股票平均价格指数进行设计、研发(对冲)和定价的。

奈克斯特合伙人公司(Nextel Partners):看跌期权(哈佛商学院案例207128-PDF-ENG)。这个案例探讨了关于奈克斯特公司股东投票决定是否行使看跌期权以要求公司最大股东——斯普林特奈克斯特公司(Sprint Nextel Corp.)购买其早先并不拥有的所有股份。

皮克斯尼克斯公司(Pixonix Inc.)——如何应对汇率风险敞口(毅伟商学院案例908N13-PDF-ENG。哈佛商学院出版社)。这个案例探讨了汇率波动对公司现金流带来的影响以及如何使用衍生品来管理此类风险。

习题和思考题

1. 请解释期权交割日和到期日的区别。

2. 请解释欧式期权和美式期权之间的区别。期权的名称和地理位置之间有关系吗?

3. 请解释看涨期权和看跌期权之间的区别。它们之间的关系是完全相反吗?

4. 请解释股票市场中多头和空头的区别。请说明如何做空一支股票。

5. 请解释期权市场中多头和空头的区别。期权买方和卖方之间的区别是什么?

6. 请解释期权的内在价值和时间价值有什么不同。它们两者同期权价格之间的关系是怎么样的?

7. 请解释期权到期日和行权日之间的区别。欧式期权的行权日是哪一天? 美式期权呢?

8. 请解释并详细描述下列四种证券头寸。如果必要的话,请画出它们各自的收益图:

a. 卖空一份交割价格为 100 美元的远期合约;

b .卖空一支价格为 100 美元的股票;

c. 卖出一个行权价为 100 美元的看涨或看跌期权。

9. 假设铂金现价为每盎司 400 美元。假设你预期在 3 个月内铂金价格会上涨到每盎司 425 美元。而你又担心铂金价格有较小的可能性跌至 390 美元或更低。在对铂金价格投机时使用何种证券比较合适?

10. 为什么美式期权的价值大于或等于类似的欧式期权? 怎样的行权策略可以使得美式期权等同于欧式期权?

11. 你向经纪人询问日星公司(一家虚构的公司)March 110 看涨期权的价格。经纪人回复说,目前期权的市价为 7.00 美元。如果你想购买 3 份合约,那么算上佣金,你总共需要花多少钱? 假设经纪商收取 17 美元的固定费用外加每份合约收取 2 美元。

12. "因为看涨期权给予了买入的权利,而看跌期权给予了卖出的权利,那么在一个看涨期权多头的基础上再做多一个看跌期权,那么头寸就为零了。"这句话你认可吗? 为什么?

13. 当期权行使时,看跌期权的空头一方有购买相应资产的义务。这不就和看跌期权概念中的"卖出"一词相违背了吗? 请解释你的答案。

14. 下列为日星公司股票的期权价格,股价为 50.00 美元:

行权价格	看涨期权价格	看跌期权价格
45	5.50	1.00
50	1.50	1.50
55	1.00	5.50

请分别计算各期权的内在价值,并指出它们分别是实值、平价还是虚值的。

15. 你同意这句话吗:"虚值期权的内在价值为零,反之亦然?"请解释你的答案。

16. 请计算远期合约空头在到期日当天的盈亏,远期价格为 303 美元,而到期日的现货价格为 297 美元。

17. 请计算 December 45 看涨期权多头在到期日的盈亏,期权费为 3 美元,而到期日的现货价格为 47 美元。

18. 请计算 November 100 看跌期权空头在到期日的盈亏,期权费为 7 美元,而到期日的现货价格为 96 美元。

19. 由于期权是零和博弈，因此卖方和买方的收益恰好相反。试着解释一下下列式子（使用代数式或代入数字）：

a. 看涨期权卖方在到期日的收益为：$-\max(0, S-K)=\min(0, K-S)$。

b. 看跌期权卖方的收益为：$-\max(0, K-S)=\min(0, S-K)$。

20. 市价买入指令和限价买入指令有什么区别？什么时候使用市价指令？什么时候使用限价指令？

▶6

套利与交易

6.1 引言

从前，一位精明的金融学教授与他的两个研究生走进麦当劳餐厅吃工作午餐。其中一个学生注意到，巨无霸正在进行买一送一活动，学生激动之余，跑到导师跟前分享了这一消息。当他靠近导师时话又咽了下去，因为坐在那里的导师跟前已经有两个巨无霸，正在讨论将其第二个巨无霸按半价卖给另一个学生。“你也知道此事?”教授回答，“是的，这是套利。”将第二个赠送的巨无霸按照半价卖出是一个套利机会！

上面的故事告诉我们，所谓**套利**是指在无投资的情况下赚取无风险利润。在建立定价模型时，套利概念非常重要。所谓定价模型是对有关证券的衍生工具进行定价的数学公式。自 20 世纪 70 年代以来，金融市场一直不断地通过对简单的金融证券附加新的特点，设计全新的具有复杂支付的衍生工具，将几种衍生工具组合为单一复合证券来创造出新颖的衍生工具。就最后一个例子而言，复合证券的价格必须等于组合中这些较简单的衍生工具的价格之和。否则，精明的交易商可以通过买入两个证券中相对便宜的证券再卖出价格较贵的证券来赚取套利利润。这一观察可以让我们得出这样的结论，即，*在不存在套利的情况下，所有具有未来相同支付的组合或证券，今天必须具有相同的价值*。这是本章后面进一步讨论的无套利原理的本质。

简单套利的机会是很少的，但我们还是从简单套利机会开始，因为这为我们理解今天在市场上更复杂的套利奠定基础。套利机会的存在意味着市场在一定程度上不十分有效。我们将分析不同概念的市场有效性，并讨论一旦有效性被破坏将会发生什么。随后我们研究一些定价异例，以及从定价异例中获利的交易策略。最后，我们对对冲基金进行介绍。对冲基金在很多寻求套利机会的先进交易工具方面领先，而且至今仍被经验丰富的衍生工具使用者们广泛采用。

6.2 套利的概念

金融市场对其参与者是比较残忍的。没有人劝说那些大意的交易商来修正其糟糕的

报价，相反，人们抓住错误定价的机会赚钱，而给出错误报价的交易商眼看着其财富消失。先前，我们将套利定义为在没有投资的情况下赚取无风险利润的机会。这一通俗的描述掩盖了这样一个事实，即该套利活动每天涉及的金额达上亿美元。激进的交易商利用计算机屏幕展示不同市场上的价格，并从其中寻找套利机会。套利行为维持了很多人的生计。那种坐在扶手椅上读一读金融报道就能找到套利机会的日子已经一去不复返了。如今的套利者要赚钱是很困难的事。

交易商们寻找套利是一种合理并且可预期的行为。从地面上捡起来 100 美元是一个正常行为。[①]如果不是不可能，人们很难将行为模型化，即，如果一个人经常去捡那张纸币而有时不捡，有时在一些情况下去捡，但会留下几块钱等后面来的人捡。因此，对于随后的理论，我们假设一个人从来不会给后面的人留下钱，自己捡起所有的钱不给别人任何套利的机会。后面我们会发现，这一假设有很重要的涵义，它是本书中我们讨论衍生工具定价模型的核心。

套利的类型有很多。有一些套利很容易理解并操作，但它们几乎不存在。而其他套利则相反，所有此类套利可以被分解为三类，包括不同地点的错误定价、不同时间的错误定价，以及部分产品定价与产品整体定价存在偏差。例 6.1 中我们将讨论这三种套利机会。

【例 6.1】 三类套利机会

- **地点套利**（见图 6.1）。YBM 公司在纽交所的股票买入价为 100 美元，在东京为 101 美元。如果经纪人成本是每股 0.10 美元，则人们可以在纽交所按照较低价位买入的同时在东京按照较高的价位卖出该股票，每股的套利利润为 80 美分。
- **时间套利**（见图 6.1）。免费的彩票就是时间套利的例子。第 3 章的结果 3.1 中阐述道，在除息日当日，股票价位的下跌正好等于股票股利，否则，就存在时间套利的机会。
- **部分产品定价与整体产品定价存在偏差**（见图 6.1）。一些人在多元化经营的超大型公司中发现套利机会。他们认为，公司的股价没有真实地反映出基础资产的真实价值，股价太低。企业狙击手会买入公司的股票，并将其一些部门或资产出售，出售所得多于其初始投资额。臭名昭著的企业狙击手阿舍·埃德尔曼（Asher Edelman）在将目标盯在法国一家大公司时说："我认为企业的各组成部分的价值总和超过了正在交易的股票总价值。"[②]而从事企业并购的投资银行家的观点则相反。他们认为并购创造套利机会，企业的部分资产价值总和低于企业股票的总价值。如果股票或资产的前后买卖价格相同，则被称为**一价定律**。

① 民间流传一个故事，两个金融学教授在一起散步，他们看见地上有 100 美元的纸币。当一方犹豫是否要捡起来时，另一方回答不要捡，因为钱没有真正地在那里："因为市场是有效的，一定有人在此之前已经捡起来过。"这个故事通常被用来澄清一个有效市场的"理想"概念，同时耻笑金融学术界。

② 企业狙击手阿舍·埃德尔曼曾在哥伦比亚大学开过一门商学课，并在课堂上承诺，如果哪一个学生能够为他找到一个目标公司，则他奖励该学生 10 万美元。但是，学校拒绝了此项奖励。在 20 世纪 90 年代后期，他将目标盯上了法国大公司 Societe du Louvre，于是就有了正文中的那段陈述（详见《华尔街日报》1998 年 11 月 11 日刊登的一篇文章，题为《香槟酒的味道：一位美国袭击者在巴黎挑战一家旧世界王朝——Asher Edelman 是选择家族价值还是股东价值——免费将酒店粉刷成粉色》）。

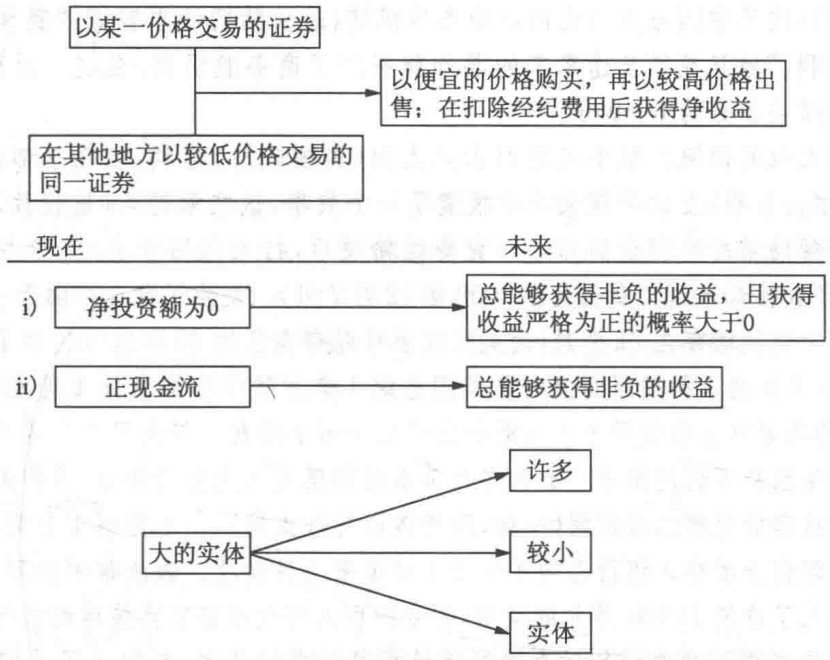


图 6.1 套利机会的三种类型

在当今的金融市场上，技术进步已经降低了经纪业务成本，并且在瞬间就可以转移上亿元的资金，此类套利机会是否还存在呢？大多数经济学家对该问题的回答是否定的，即便存在套利机会，在运作良好的有效市场上也几乎找不到。也许在新兴市场上能找到，但套利机会会很快消失，因为交易商们会迅速抓住机会套利。有时，套利机会似乎只存在于完美世界中（交易成本、买卖差价、税收以及资产可分性的限制等市场不完整性或市场摩擦因素都不存在），当市场不完整性存在时，套利机会也就消失。在金融市场实际运作中，当人们在考虑套利机会时必须考虑到市场摩擦因素。

下面我们将讨论几个真实的套利的例子。

【例 6.2】 *真实的套利*

- *运动套利*。不久前，世界杯足球赛决赛最终在巴西和德国队之间展开。声称曾参观过华尔街公司的S大叔与朋友打赌。首先，如果巴西队夺冠，他将同意向朋友支付10 000美元，否则将从朋友那里收取5 000美元。之后，S大叔又说，他还访问过另一家公司，与第二个人打赌，如果巴西队夺冠，则朋友向他支付11 000美元，否则，他将向朋友支付4 000美元。无论哪个队夺冠，S大叔已经将其利润锁定在1 000美元水平上。虽然他的妻子对此反感，但他平静地告诉妻子，自己已经通过赚取价差将套利利润锁定在了1 000美元，可以安心地欣赏足球赛！
- *航空里程套利*。航空公司对机票、提供小食品、随身携带的行李有很多限制，还经常让乘客忍受航班延误甚至取消航班。《华尔街日报》在2008年12月16日曾经刊登过一个故事——《精明的乘客是怎样乘飞机的》，以取笑那些在飞机上受罪的乘客。故事中描述了一些精明的乘客对其经常乘坐的航空公司航班里程进行套利。正常情况下，常旅客买的机票会使其每一英里得一分奖励。有人研究如何获得更多的奖励积分。一位先生通过互联网向其“朋友们”支付每英里1.3分，之后

用积分购买中国与美国之间的商务舱机票，这位精明的乘客说："我称其为航空里程套利。"他只花了长途客车的票价就买到了商务舱机票，在这一过程中，每英里赚的航空积分为6—9分。

- **山姆大叔的慷慨。**很多人想对山姆大叔（美国政府）套利，但几乎都没赚。然而，《华尔街日报》上的一篇文章中报道了一个故事，该文章题为《里程数没用：政府是如何帮助常旅客制造铸币——免费运输硬币，打入信用卡中，免费去旅游；"泡菜先生"收拾起来》（文章刊登于2009年12月7日）。发生了什么？由于一张美元纸币只在流通领域存在21个月，而美元硬币可以存在长达30年以上。为了促进硬币的使用，美国铸币局按照面值出售美国总统1美元硬币和原住民1美元硬币，免费配送，购买者可以用信用卡买入而不会产生任何手续费。但是用心良苦的计划有时带来的是预料不到的结果。套利者从铸币局那里买入大量的铸币，用信用卡支付并得到常旅客的免费旅游机票（一般，购买铸币时每支付一美元得到1分奖励），之后，他们立即将硬币存入银行为购买信用卡硬币来支付款项。该故事中讲到，一名软件顾问买入了价值15 000美元的硬币，并专门雇人将硬币装车直接运到银行存入。美国铸币局发现了此类动作后直接写信给那些潜在的买者，并阻止了人们的进一步买入。铸币局还在网站上提醒人们，信用卡公司应该将此类硬币的买入视为现金预支（cash advances），不应该赚取里程数。铸币局官员总结这一情况时说："这一做法合法吗？不合法。人们这样做对吗？不对，这不是最初该项目的宗旨。"

6.3 衍生工具定价的无套利原理

现代金融理论在假设了套利机会在运行良好的金融市场上不存在的前提下派生出许多重要结果。米勒（Miller）和莫迪利安尼（Modigliani）在公司金融中的假设称，如果不考虑税等市场不完整性的前提下，债务或股利政策不影响一个企业的价格（税收属于不完整性。谁说金融行话是枯燥的？）。在本书中，衍生工具定价模型假设套利机会是不存在的，包括布莱克-斯科尔斯-默顿模型和本书中的赫斯—加罗—默顿模型。本章中将对此进行讨论。

6.3.1 一价定律

假设我们要对市场上正在交易的某一衍生工具"组合A"进行定价。假设在到期日之前，该被交易的衍生工具无现金流产生，只需要考虑两个日期——今天以及衍生工具何时到期。现在假设组合B，由一组不同的被交易的证券组成，该组合中的证券价格已知，并且在到期之前不产生现金流，这样一来，组合B与组合A的支付在到期日是匹配的（见图6.2）。两个组合的价值由一个*非套利原理*关联在一起：为了阻止套利，今天两个具有相同支付的组合应该具有相同的价值。[①]利用这一原理，创造组合B的成本是正在交易的衍生工具组合A的

① 假设该原理不成立。如果今天组合A比组合B便宜，则根据"贱买贵卖"原则：买入A，卖出B。你在未来的现金流将为零，因为现金流入将取消现金流出。你今天抓住的价差变成套利利润。如果组合B比组合A便宜，则从事方向相反的交易赚取套利利润。

公允价值或无套利价值。[①]这便是**一价定律**。

6.3.2 无中不能生有

接着上述讨论，如果我们从组合 B 中减去组合 A，则会得到第二个陈述，该陈述将是我们证明结果的主要方法(见图 6.2)。就构造而言，这一新的组合的价值在到期日肯定是 0。为了避免套利利润，该组合今天的价值也应该为 0。从这一条件中可以解决衍生工具的价格。这一见地可被解释为无中不能生有。[②]当相同现金流证券被剔除时，则在未来的某一天产生零收益，结果为 0，现在也是 0。

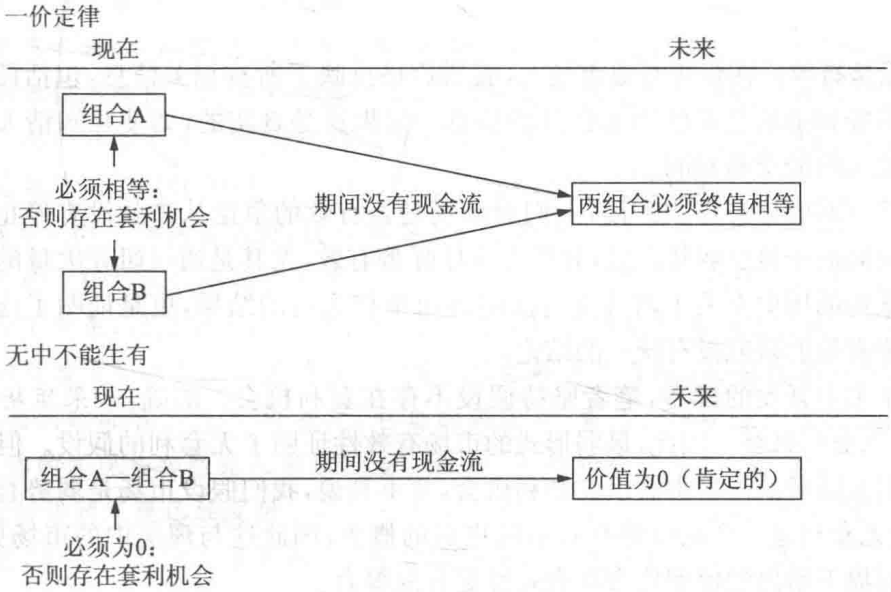


图 6.2 衍生工具的定价

在本书的第 11 章之后，衍生工具定价使用的是两个标准技术。

如同我们经常观察的那样，在运行良好且有效的市场上，套利机会几乎不存在。但是，“有效市场”究竟是什么意思？下面我们就做出相应的分析与阐述。

6.4 有效市场

在经济学里，“有效”有不同的意思(见拓展 6.1)。但是，从金融学的角度来看，有效只有一个意思。当金融学界表述“市场是有效的”，是指**信息有效市场**：在市场上资产价格很快吸收并“充分”反映所有相关信息。但是，相关信息是指什么？

有效市场假说(efficient market hypothesis，EMH)呈现的是三种不同形式所包含的

① 当衍生工具的价格是已知的，但支付额是未知时，也会有相同的争议。例如，远期合约在开始时价值为零，但是支付中的远期价格是未知的，则无套利远期价格可以解决这一问题。

② “无中不能生有”最初是公元前 15 世纪的希腊哲学家巴门尼德在其论文中用到的一个哲学表述。

信息：

（1）**弱势有效。**在弱势有效市场上，股票价格反映了所有相关信息，这些信息可以通过考察目前和过去的价格得到。如果信息是真实的，则技术分析将不会产生超过风险的回报，技术分析是指通过了解价格变动方式来预测未来股票价格是否会上涨或下跌。此外，更重要的是，*如果市场是弱势有效，则不存在套利机会。*为什么？因为是否能发现套利机会只取决于包含在现在和过去价格中的信息。就是这一联系将一个有效市场与衍生工具无套利定价关联起来。

（2）**半强势有效。**在半强势有效市场上，股票价格不仅反映了历史价格信息，也反映了与这些股票有关的所有公开的可得信息。如果这一假设成立，则基本面分析就无用武之地（基本面分析涉及的是解读一家公司的会计和金融信息以确定是否该股票价格被高估或低估）。

（3）**强势有效。**在强势有效市场上，股票价格反映了所有相关信息，包括任何一个市场参与者可能知道的公开的和未公开的信息。如果这是真实的，即使是知情人也无法赚取超过涉及风险的交易利润。

在三种不同的信息形式方面，人们对市场是否有效的争论从来就没有停止过。大多数研究结果倾向于接受弱势有效，并极力排斥强势有效，尤其是通过研究大量的从证券交易委员会获得的历史上关于内幕交易法院诉讼指控之后的结果，更是证明了这一点。人们对半强势有效的研究没有统一的结论。

关于本书中开发的模型，笔者坚持假设不存在套利机会。的确，*如果市场是弱势有效，则不存在套利机会。*因此，最弱形式的市场有效性证明了无套利的假设。但大家不要混淆。我们在随后的模型中假设无套利机会，并不是说，我们假设市场是弱势有效。如前所述，假设无套利是一个比弱势有效市场更弱的概念，因此这与现实中的市场更吻合，在这一假设前提下给出的模型比市场有效性更有说服力。

拓展 6.1　有效市场假说

经济效率

在经济学里，“效率”有不同的涵义。微观经济学中的第一门课就是帕累托效率，这个概念是以意大利经济学家维弗雷多·帕累托的名字命名的，是指在没有使任何人境况变坏的前提下，使得至少一个人变得更好（Varian，2003）。生产效率是指在固定投入量下，制造出最大可能的产量。人们可以讨论有效率的工厂、有效率的制造过程和有效率的劳动者，相反，金融领域强调的是信息效率，即信息被吸收并被反映在资产价格中的速度有多快。当人们认为市场是信息有效时，这一观点就是**有效市场假说**。

信息有效市场这一概念，应该追溯到法国数学家路易斯·巴舍里耶（Louis Bachelier），他被视为期权定价的奠基者（参见第 17 章中对路易斯·巴舍里耶的简介）。经济学家阿尔弗雷德·考尔斯（Alfred Cowles）、霍尔布鲁克·沃金（Holbrook Working）、哈利·罗伯茨（Harry Roberts）和尤金·法玛（Eugene Fama）、空间物理学家莫里·奥斯本（M.F.Maury Osborne）以及统计学家莫里斯·肯德尔（Maurice Kendall）是研究证券价格

实证特点的先驱。这些早期的学者发现，股票价格呈现出非预期价格方式。1965 年，保罗·萨缪尔森(Paul Samuelson)在《工业管理评论》杂志上发表了一篇突破性论文——《合理预测随机波动价格之证明》。该论文从理论上证明了在信息完全的市场上所观察股票价格的随机性。

伯顿·马尔基尔(Burton Malkiel)教授在其 1992 年出版的《漫步华尔街》(引自 Campbell, Lo and Mackinlay, 1997, 20—21)一书中对效率给出了一个很好的解释：

> 当资本市场在确定证券价格时完全并正确地反映了所有相关信息时，该市场是有效的。严格说来，就一些信息形式而言，如果证券价格不被披露给所有的市场参与者的信息所影响时，市场是有效的。此外，就某一信息形式而言，有效性意味着市场参与者不可能基于该信息形式赚取经济利润。

该定义意味着，人们可以通过研究因向市场披露的信息而带来的价格反应来测试市场效率。如果信息披露没有带来价格变动，则市场对该信息是有效的。此外，通过观察人们基于该信息的证券交易是否能赚取经济利润来测试市场的有效性。如果是，则市场是无效的。有效市场假说(EMH)是通过三种不同的信息形式呈现的：

(1) 弱势有效。该假说认为，股票价格反映了所有相关信息，这些信息可以通过考察目前和过去的价格得到。如果信息是真实的，则技术分析不带来利润。此外，这一假说认为套利机会不存在，因为套利是建立在现在和过去的价格数据基础上。这是将衍生工具定价与市场有效性联系起来的关键点。如果你已经研究了 YBM 公司股票价格波动方式，并发现，无论何时价格下跌到 90 美元，它会回调到 95 美元。你发现价格已经触及 90 美元，可以将你的发现告知经纪人采取行动。但是，当你开始交易时，股票价格已经反弹到 95 美元，此时你的发现已经没用。技术分析师会将 90 美元称为支撑价位，因为当价格跌到该价位时，更多的买方入市买入，结果是价格上涨。支撑价位是技术分析法的一个例子。显然，在弱势有效市场上，技术分析法不产生经济利润。学术界的研究倾向于认同弱势有效，因为价格似乎反映了现在和过去的价格数据中所包含的信息。尤其是，这一假说认为市场极少存在套利机会。

(2) 半强势有效。该假说认为，股票价格不仅反映了历史价格和成交量信息，也反映了与某一股票有关系的所有公开可得信息。因此，任何旨在挖掘与获利交易有关的公开可得信息的努力是徒劳的。如果这一假说成立，则基本面分析是无用的。例如，你从早报上获悉，YBM 公司与另一家公司建立了密切合作关系，并且你预计其股价会上涨 4 美元。如果你希望从这一基本面分析中获利，会急着买入。然而，你发现该股票价格已经上涨了 4 美元，你的预期利润已不存在。半强势有效意味着基本面分析无法产生超过所涉及风险的收益。学术界关于半强势有效的观点并不统一。这说明，基本面分析有时也许会起作用。

(3) 强势有效。该假说认为，股票价格反映市场参与者所知晓的所有公开与未公开的相关信息。如果这是真实的，则即使是(有公司内幕信息的)知情者也无法通过交易获利。学术界的实证研究极力排斥强势有效。这意味着股价不反映所有相关信息，知情者能够利用其知晓的信息赚取交易利润。下面讨论一个极端的例子。假设你是一家主要上市公司的首席执行官，我们正在一起开心地打高尔夫球，置身于俱乐部的新鲜空气中，你与我

分享了关于你的公司要被 YBM 购买的信息。此时市场上还不知道此事，并且股价不反映这一信息，这是内幕消息。利用该信息进行交易，你必然会赚取超过涉及的风险的利润——并且还要把你送进监狱！许多国家的法律都禁止内幕交易。监管者谨慎地研究那些有可能拥有该信息的人们的交易行为，一经发现就对知情者重罚并绳之以法。

在一个有效市场上存在一个有趣的悖论，桑福德·格罗斯曼(Sanford Grossman)和约瑟夫·斯蒂格利茨(Joseph Stiglitz)(1980)在其论文《关于信息有效市场的不可能性》中有所提及。他们认为，只有分析师挖掘、揭示或分析有关公司的信息，市场才能有效。如果股价已经反映了该信息，则分析师们就没有了做此类研究的动机。如果分析师们停止做此类研究，则价格停止反映此信息，并且市场不是有效的。显然，这是悖论！但有效市场假说还是成立。信息获得成本突破这一悖论。假定获得信息是有成本的，市场的有效性使收集信息的经济利润恰好等于其成本。

6.5 寻找套利机会

足智多谋、精明的市场参与者为了利用套利机会而进行交易。如下所述，学术界已经揭示了此类套利似乎存在的一些现象。

6.5.1 封闭式基金之谜

人们经常认为封闭式基金存在套利机会。为了理解这一点，我们首先应该对封闭式基金有所了解，为此，首先需要了解投资公司。

投资公司负责卖出股票，按照所陈述的目标，将收入的资金投资到各种证券中，并在扣除了开支和费用之后，将投资的盈或亏返还给投资者。联邦证券法规将投资公司的基本类型划分为三类：共同基金(即法律意义上的开放式公司)、封闭式基金(即法律意义上的封闭式公司)和 UITs(即法律意义上的单位投资信托)。共同基金，如同富达和先锋公司一样，都是开放式基金，并可在任何时候进行新的投资。一个股东随时可以直接从基金中赎回其股份。**封闭式基金**只在创立时发行股份，此后不再发行。封闭式基金与一般股票相同，是在交易所上市交易，但不可赎回，投资者只能在二级市场通过出售来了结交易。最后，单位投资信托股份可以像共同基金一样被赎回。此外，单位投资信托股份有一个到期日，这一天基金资产被出售，收益被支付给投资者。

共同基金和 UITs 的赎回支付的是公司每股净资产价值。**净资产价值(NAV)**是指公司的总资产价值减去总负债价值，通常是以每股为基础加以表示。例如，如果一家投资公司有价值 1.1 亿美元的证券和其他资产，并有 500 万美元的负债，则其净资产为 1.05 亿美元。如果投资公司已经发行了 100 万股，则净资产价值(NAV)就是每股 105 美元。由于股票市场波动，NAV 每天也发生变动。共同基金和 UITs 需要(通常)至少在每一个工作日(往往在闭市之后)计算一次其 NAV。但封闭式基金不同，没有公布 NAV 的要求。

因怀疑或争执等原因，大多数封闭式基金股份以低于资产价值的折价方式在市场上

交易，这就是人们常说的**封闭式基金之谜**。[①]折价意味着潜在的套利机会。现举例说明。假设一支封闭式基金的市值为 1 亿美元，但标的证券的 NAV 为 1.05 亿。人们可以怎么做？人们可以将所有股份买入，并将标的证券卖掉，进而赚取 500 万美元的套利利润（见图 6.1c）。但是，并非所有的封闭式基金都是折价交易。一些基金，如 20 世纪末神话般的沃伦·巴菲特的伯克夏·哈撒韦公司，是以超出标的资产价值的溢价方式交易的。为什么？同样，这是一个谜。

6.5.2 价差交易

许多套利策略的核心是价差交易。**价差交易**是指，当一个或多个相似证券的价差较大，而随后价差会趋同于某一目标价值时，套利者会通过现在买卖证券赚取套利利润。

例如，假设 YBM 公司有两类具有不同投票权的股份。你发现 A 类股票交易价为 100 美元，B 类股票交易价为 85 美元。这里价差为 100－85＝15 美元。但是，你发现以往两者之间的价差为 10 美元，并且预期价差会恢复到这一水平。

为了利用这一价差带来的机会，你可以买入价格被低估的 B 股，并出售价格被高估的 A 股。如果你的预期是正确的，价差会恢复到 10 美元，则可以从事反向交易，并获取 5 美元的利润。需要注意的是，你在这里是对价差进行了预期，并没有对股票价格本身变动的方向进行预期。价差交易是金融市场上最常用的套利交易策略之一。接下来我们将对人们广泛运用的指数套利进行讨论。

6.5.3 指数套利

股票指数是指按照某些事先确定的标准挑选出的股票价格的平均值。例如，道琼斯工业股票价格平均指数（又称为 DJIA、Dow 30、Dow Industrial、Dow Jones，或简称为 Dow）是美国 30 种最主要的股票的价格加权平均值，而标准普尔 500 指数（S&P 500）是 500 种股票的市场价值加权平均值（详见拓展 6.2 对指数的讨论）。

拓展 6.2 股票指数

股票指数有两类基本类型：价格加权平均指数和价值加权平均指数。将用例子予以描述。

【例 1】 价格加权指数（PWI）

- 将股票价格加总，并除以总股数，便得出价格加权指数。假设在表 6.1 中有两支假设的股票价格数据。YBM 公司今天的股票价格为 100 美元，明天为 110 美元。

---

① 参见 Sharpe 等（1995）提到的，三个最典型的封闭式基金定价之谜是：（1）最初，股票定价按照高于净资产价值 10%的溢价出售，但不久价格就跌落到净资产价值 10%的折价；（2）这一折价幅度在一定时间内大幅波动；（3）似乎买入具有最大折价的基金有可能赚取异常高的收益。

BUG 公司的股票今天的价格为 50 美元，明天为 45 美元。则价格加权平均指数的计算如下：

股票价格加总 / 股票数
=(100＋50)/2＝75(今天的股价)，并且得到(110＋45)＝77.5(明天的股价)

YBM 和 BUG 两支股票在指数中的权数(持有每支股票的百分比)分别等于 50%。

- 当一支股票价格上涨，而另一支股票价格下跌时，PWI 会上涨 2.5 点，或：

(明天的指数值－今天的指数值)/ 今天的指数值
＝(77.5－75)/75＝0.033 3 或上涨 3.33%

- 这就是价格加权平均指数，因为当两支股票被看作股票组合时，每一支股票的回报是加权的，权数是按照股价占组合价值的百分比计算得出。

DJIA 计算的是不同行业 30 种蓝筹股的价格加权平均指数。成分股是《华尔街日报》编辑们精心挑选而来。成分股名单定期修正以便更准确地持续反映美国股票市场状况。由于美国公司存在兼并、收购或倒闭，所以此类修正是必要的。

表 6.1　股票价格数据

股　票	今天的价格（美元）	明天的价格（美元）	未结清股数（百万）	今天的市值（百万美元）	明天的市值（百万美元）
YBM	100	110	50	5 000	5 500
BUG	50	45	20	1 000	900
总市值				6 000	6 400

【例 2】 价值加权指数(VWI)

- 用股价乘以未结清总股数(得出股票总市值)，之后，将所有股票加总，便得出价值加权指数。利用表 6.1 中给出的数据，我们可以计算出 VWI：

股价乘以股数之后加总
＝(100×50＋50×20)＝6 000(今天的市值)，
并且得到(110×50＋45×20)＝6 400(明天的市值)

指数中的权数(持有每支股票的百分比)计算如下：

YBM 股票的权数＝5 000 美元 /6 000 美元＝0.833 3
BUG 股票的权数＝1 000 美元 /6 000 美元＝0.166 7

- VWI 的变动百分比为：

(明天的指数值－今天的指数值)/ 今天的指数值
＝(6 400－6 000)/6 000＝0.066 7 或指数上涨 6.67%

- 在实际操作中，为了指数的报道方便起见，指数经常被常态化，使其价值等于给定日期的一些人为数字。例如，VWI 指数值可以通过除以 60 而常态化为 100。数字 60 也必须除所有未来日期的指数值。这样，明天的指数值将为 6 400/60＝ 106.67。

- 这就是价值加权指数，因为当人们将两支股票看作组合时，每一支股票的回报被加权，权数是股票市值除以股票市场总市值。

标准普尔500指数是美国500家大公司的市值加权指数。市值加权指数也可被表述为大公司市值加权指数(market-cap weighted index)。

股票指数历史

1882年，有三名年轻记者，他们分别叫查尔斯·道、爱德华·琼斯和(后来成为合伙人的)查尔斯·博格斯特莱斯，他们三人在华尔街15号地窖办公室创办了一家报社——道琼斯公司。报社随后蓬勃发展，并于1889年出版了《华尔街日报》，4个版面的报刊当时只卖2美分一份。如今，该报刊已经成为世界知名的财经报纸。

查尔斯·道也是股票市场指数的先驱。股票指数问世的故事告诉我们，即便是在当今复杂的世界，指数为什么重要的原因。在19世纪，公司披上了神秘的外衣，几乎不向外界披露自己的信息。此外，持有这些公司的股票有风险，公司管理层与经纪人和交易员勾结在一起频繁操纵这些公司的股票。①股票价格出现异常波动，人们无法理解股票走势。1884年，道琼斯公司为了帮助投资者了解股票走势，开始对外报道11支主要股票价格的平均值，其中有9支股票属于铁路公司。曾有人批评，该指数不能代表股票市场整体情况。因此，1896年道琼斯公司将股票指数分开报道，一个是铁路指数，一个是12家烟囱公司的股票平均价格，即道琼斯工业平均指数。铁路指数后来变成道琼斯运输业股票价格平均指数，该指数目前其中有20家运输业公司股票，其中有航空、卡车、铁路和船运公司。

从那以后，股票指数现在比比皆是。下面给出的是今天股市上的不同指数以及指数提供者：

- 道琼斯指数发展、维持并许可了3 000多个指数，它们被分类为：蓝筹指数(蓝筹股的指数)、道琼斯威尔希尔指数(衡量美国不动产市场的指数)、基准指数(如对冲基金策略指数、总市场指数和组合指数)、特殊产业指数(如公司债券指数、DJ-AIG商品指数、DJ-CBOT国债指数、互联网指数、伊斯兰市场指数、细分产业指数和REIT指数)、中国指数、海关指数和信用衍生工具指数(资料来源：www.djindexes.com)。
- 标准普尔金融服务公司维持了无数指数。标普指数属于股票指数(该指数又被细分为：S&P全球指数、美国指数、欧洲指数、中国指数、印度指数和新兴市场指数)、标准普尔商品指数(从17种商品期货价格中计算得出)、标准普尔综合价差、标准普尔对冲基金指数、标准普尔欧洲—注册基金指数系列、结构性融资指数和标准普尔投资者工具市政债券指数(资料来源：www.nasdaq.com)。
- 全美证券交易商协会自动报价系统维持了市场指数，如NASDAQ综合指数(该指数涵盖的股票超过3 000支，都是在NASDAQ股票市场上市的公司股票)、NASDAQ 100指数(该指数涵盖了在NASDAQ股票市场上上市的100家最大的公司股票)和许多领域指数，如NASDAQ金融100指数和NASDAQ工业指数(资料

① 然而，在1934年联邦监管机构——证券交易委员会(SEC)成立之前，这些问题始终存在。罗斯福总统任命老约瑟夫·肯尼迪(1888—1969)为证券交易委员会的第一任主席，老约瑟夫·肯尼迪建立了美国政治上强大的肯尼迪帝国。肯尼迪总统的上任，禁止了股票市场操纵，市场操纵者曾因这一行为而变得富有。

来源：www.nasdaq.com）。

- 摩根士丹利资本国际公司是另一家提供（国际和美国）股票指数、固定收益指数和对冲基金指数的国际领先大公司（资料来源：www.msci.com/overview）。
- FTSE 集团每日计算 60 000 个指数。FTSE 的旗舰产品是 FTSE100 指数（即富时指数），该指数是价值加权指数，涵盖了“100 家市值最高的蓝筹股，这些公司代表大约 80%的英国股票市场状况”（资料来源：www.ftse.com）。
- 日经公司（Nikkei）提供了几种指数，包括日经 225 股票平均指数，该指数涵盖了 225 支东京股票市场上交易最活跃的股票，此外，还有日经 300 股票平均价格指数，该指数涵盖了 300 支主要股票（资料来源：www.nni.nikkei.co.jp）。

有时，一个股票市场指数值与指数期货合约的无套利价格是不一致的。在这种情况下，就存在**指数套利**机会。假设正在交易的指数期货合约价格是高估的，套利策略便是卖空该期货合约并买入一个合成期货合约，该期货合约产生的现金流与正在交易的期货合约现金流相同。合成期货合约是用基础指数下正在交易的股票组合构建而成。该策略将锁定时间 0 的股票价差，并且之后的现金流为零。套利打破了无中不能生有的原理。拓展 6.3 中描述了指数套利的一个简单例子。

纽交所的官员通常关注指数套利是否会产生大的价格波动。在 1987 年 10 月股灾之后，纽交所采取了交易限制，称为熔断机制。该措施规定，当指数波动超过一定的点数之后，禁止人们买卖股票。[①]期货交易者和交易所一直抵制熔断机制，并认为这会减少市场交易量，降低流动性。如同日内限价制一样，熔断机制同样引起支持者和反对者的强烈争议。

拓展 6.3　指数套利

下面将就指数套利进行阐述。为了简化起见，讨论中用远期替代期货。在描述这一点上，远期与期货的区别不重要。我们曾在第 4 章中讨论了期货与远期的区别，在随后的章节中我们将进一步澄清两者的不同。

指数套利是指通过采用无套利原理赚取无风险利润。下面简单举例说明。

【例 1】 无套利原理

- 建立 PWI 投资组合，该组合是通过计算 YBM 和 BUG 股票价格的平均值得到，即，今天价值分别为 100 美元和 50 美元的股票平均值为 75 美元，则今天的指数值为 75 美元。

  —假设一个交易员对 PWI 1 年期的远期合约的报价为 80 美元。

  —假定年利率为 6%，并且两支股票在未来的一年里都不支付股利。
- 随后，假设一个交易商认为该远期价格太高，于是，他想卖出交易中的远期合约，

① 对道琼斯指数而言，目前的交易限制水平可登录网站：usequities. nyx. com/markets/nyse-equities/circuit-breakers。

并通过借入资金买入一个 PWI 指数组合来建立一个合成远期合约，且持有该组合直至所交易的远期合约到期。交易商的具体操作步骤如下：

—他向交易员卖出两份远期合约，将指数中的每一合约的卖出价锁定在 80 美元，于是两份合约共 160 美元。

—同时，他在市场上通过借入资金，花费 150 美元买入两支股票。需要注意的是，他今天的现金流为 0，因为远期合约在开始时不产生现金流。

—一年后，他将指数中的两支股票交给曾向其卖出远期的交易员。由于他先前已经买入了两支股票，所以此时他的成本为零，而从交易员那里得到 160 美元的回报。

—但他需要偿还融资的本金和利息，则现金流为：

$$\text{今天指数的买入价} \times (1 + \text{利息成本})$$
$$= 150 \times 1.06 = 159 \text{ 美元}$$

—由于他收入了 160 美元，而支付了 159 美元，则套利利润为 1 美元。无论该指数在一年中如何变动，他赚取的套利利润就是 1 美元。

在第 11 章和第 12 章中，我们广泛地使用该技术开发持仓成本模型。

6.5.4 高频交易

IT 革命孕育了**程序化交易**(绰号 algos)，又称**高频交易**。这些计算机程序驱动的交易试图从错误定价或套利机会中获利。“当今，高频交易已经占美国股票交易量的 60%，并且正在扩散到世界其他市场中。”①

显然，证券市场新招层出不穷。复杂定制的证券需要人们仔细的理解，并且证券交易需要更多的人力投入。但是人们进行标准化证券交易的时间大幅度地下降。高频交易试图减少从指令的发出到执行的时间间隔。人们为了开发程序化交易投入了大量的资金，交易速度大大提升，证券交易可以将时间分解为千分之一秒，这有助于交易商根据市场信息变化几乎同时做出反应。

在当今世界，人们迅速地从新闻以及基于新闻所进行的交易中捕捉信息，进行程序化交易。在暗箱交易和统计套利交易中，时间差的减少更是至关重要，计算机程序试图捕捉的是哪怕只持续不到一秒钟的价格扭曲带来的机会。在处理交易指令时，将大额交易分解为若干小额交易，并以极快的速度抓住电子市场上的最优价格带来的交易机会。

一般的证券散户不做程序交易。程序交易要求人们对计算机、程序和数据的输入进行大量的资本投入。投资世界并非是一个水平竞技场。高频交易有利也有弊。支持者认为高频交易带动了市场流动性并提高了市场效率。反对者认为由于此类计算机交易在执行方面有给定优先权，这样便排挤了一般散户，导致市场扭曲并增加了波动性。争议到目前还很激烈且仍未有结果。

① 资料来源：hft.thomsonreuters.com/2009/11/20/quiet-evolution-drawn-into-the-light/。

6.5.5 对冲基金

长期以来，对冲基金始终处在金融领域的前端，是许多复杂的金融衍生工具的先驱，并采用包括利用套利机会获利的复杂交易策略。

什么是对冲基金？对冲基金是一类很特别且只有富有的个人才可以进行投资的投资公司。富有的投资者利用复杂的交易策略投资于一些监管较少的领域。因此，与共同基金和封闭式基金不同，它们是受监管较少的实体[不需要在证券交易委员会(SEC)或商品期货交易委员会(CFTC)注册]。与共同基金和封闭式基金相同的是，对冲基金从投资者那里筹集资金，并将资金投资于证券，投资者按比例承担投资的盈亏。共同基金与对冲基金的主要区别如表 6.2 所示。

表 6.2 共同基金与对冲基金的对比

共同基金	对冲基金
a. 受监管，并在 SEC 注册	大部分无监管；通常不需要在 SEC 注册
b. 有限的投资策略	对冲基金经理倾向于专门采取某一投资策略，但有很大的投资灵活性
c. 有限的杠杆，有限的衍生工具使用	证券组合中可大量使用杠杆；对衍生工具的使用没有限制
d. 投资者通常可以赎回其股份，并很快收回其资金	在很长期限内现金通常是被锁住的
e. 对投资者的身份没有限制；将许多投资者的资金汇总后投资于多元化资产	投资者是高净值个人或机构，他们希望从对冲基金经理的高超资产投资水平中获利
f. 投资者一般不愿承担太大风险；波动性取决于既定的投资策略	投资者一般更愿意冒险；但取决于所使用的投资策略
g. 投资回报一般与市场指数走势相关	投资回报通常与市场指数的走势关系不大
h. 投资者需要支付的各种费用一般占所投资资产价值的百分比很小	与共同基金相比，投资者支付的各种费用要高许多，这在很大程度上取决于对冲基金的业绩

对冲基金的组织形式是有限合伙制，投资者是有限合伙人而基金经理是普通合伙人。在大多数国家，对冲基金的结构旨在规避直接监管和征税。对冲基金经理通常专门使用某一类型的投资策略，并具有很大的投资灵活性(详见拓展 6.4 中对主要对冲基金投资策略的讨论)。对冲基金对其行为保密，几乎不对外披露其相关信息。由于它们通常采取复杂难懂的投资策略，因此许多对冲基金对投资者何时可撤回资金加以限制。

拓展 6.4 对冲基金投资策略

对冲基金不构成相同的资产类别。虽然大量的对冲基金都将自己描述为买空或卖空股票，但许多对冲基金采取的是不同的投资策略：

- 股票买空或卖空策略。该策略是指通过买入价值低估的股票并卖出价值高估的股票来建立股票组合。1949 年，由阿尔弗雷德·温斯洛·琼斯(Alfred Winslow Jones)成立的第一个对冲基金，是采取该策略的先驱(参见 www.awjones.com)。

—股票市场中性策略指的是，在多头寸和空头寸之间维持市场价值的一个封闭差额。

—偏向空头策略指的是持有较大的股票空头市场价值。

- 全球宏观策略。该策略是指，对冲基金参照在国际市场上基于宏观经济因素的同类资产价值，寻找错误定价的资产。亿万富翁乔治·索罗斯(George Soros)就是此类投资策略的典型代表。20世纪的最后20年，索罗斯成为世界上最知名的投机者之一。他通过对货币、股票、债券和其他市场进行激进的杠杆式的赌博赚取利润。
- 套利策略。该策略是指对冲基金寻找套利机会：

—可转换套利。该策略是指在买入可转换证券的同时卖出发行者的普通股。这一策略也被视为市场中性策略，因为它通过对冲规避了市场风险(或价格风险)。

—固定收益套利。该策略是指在债券价格中寻找并利用其错误定价套利。

—统计套利(简称StatArb)。该策略是指通过对那些偏离统计关系的证券进行交易，赚取套利利润。配对交易就是一种常用的统计套利策略。该策略指的是，将股票按照基本面或基于市场的相似性进行配对，当配对中的一支股票表现优于另一支股票时，由于预期表现较差的股票价格将会上涨并接近于表现优异的股票价格，于是，买入表现较差的那支股票，卖出表现较优的那支股票。

—衍生工具套利。该策略是指利用一个衍生工具与其标的证券之间的错误定价进行套利。

- 陈旧价格套利。该策略是指从闭市的市场价格中套利。2003年发生过一个典型丑闻。当时许多共同基金选择性地向一些客户提供了此类套利机会，包括一些对冲基金(参见2008年8月26日《华尔街日报》上刊登的文章《5年以来，交易丑闻的传说；“陈旧价格”交易让小额投资者吃亏，但带来改革》)。当美国股市呈现大幅度上涨态势时，投机者就在市场闭市之前冒着巨大的国际风险转向共同基金，他们的预期是，那些已经闭市的外国市场在次日会上涨，于是，考虑到外国公司股票在那些共同基金中是按照外国市场的闭市价格来估值的，并没有反映美国市场随后的行情，所以，他们按照低价买入外国公司股票。
- 事件驱动策略。该策略强调专门利用一些事件的发生进行套利。

—不良股票策略，即投资于不良股票。

—风险套利，即如果企业并购成功，则从买卖收购公司和目标上市公司的股票交易中赚取利润。

6.6 非法套利机会

套利是一个宽泛的概念。有些套利交易是非法交易活动。医学院的学生在他们研究异常和疾病之前，他们首先要学习一个健康的身体如何运转。在前面的内容中，我们阐述了促进市场效率的合法的套利机会。接下来，我们将着重分析非法套利机会。这些非法套利机会存在于不规范的证券市场上，并且已经成为国内、当地和金融报道中的热门话题。交易的滥用和操纵就是我们接下来要讨论的非法套利机会的表现形式。

6.6.1 大厅交易滥用

监管当局监管的宗旨是禁止交易欺诈，但个人操纵市场的例子比比皆是。此类交易属于非法的套利交易。下面我们将就交易规则和违规行为进行阐述。

为了保护客户，商品交易法(CEA)和交易所规则禁止**虚构交易**。所谓虚构交易泛指的是不真实的、没有竞争的、无公开喊价的交易。下面要讨论的大厅交易行为就是违反了CEA。

- 串通交易，即，在牺牲场内经纪人的客户利益的基础上，为他人谋利。例如，为了帮助其他客户而终止已经执行的客户指令，为了让另一交易商获利而延迟发送客户的指令，以及故意剥夺一个客户利润。
- 利用顾客资金买空卖空，即，经纪人不在交易所进行公开和竞争性地执行指令，而是直接或间接地将客户交易进行反向操作。
- 交叉交易，即，将一个客户对应另一卖出指令所发出的买入指令进行冲抵或非竞争性配对。通常，这一行为是被禁止的，但是当按照CEA和CFTC所制定的合约市场监管法规执行交易时，该行为是被允许的。
- 场外交易，即，在官方市场闭市之后用电话或其他方式进行的交易。最初该交易的发生是在交易所之外的街道上。
- 分散交易，即，一个场内经纪人在执行一个指令(尤其是一个大额指令)时，以一个价格输入部分指令中，以另一价格输入到剩余的交易指令中，以规避关于不能将交易细拆递增的交易所规则。
- 事先安排的交易，即，两个经纪人事先就交易价格达成一致。
- 虚卖，即，对相同商品的买卖交易的目的并不是为了产生真实的交易。这些交易一般不产生所有权变更，通常被用来避税。

大多数美国的商品交易所是在自由聚集系统下运作的，场内成员同时为其自身或客户而进行买卖竞价。交易通常在交易大厅的不同地点同时进行。相反，纽约证券交易所是在专家系统下通过双重交易运作的，专家交易员或造市商在一些交易中可以充当交易员，而在另外一些交易中充当经纪人。在纽交所，这一做法运作良好，专家交易员交易受到严格的审查监督。但是在嘈杂和混乱的交易大厅内，情况就截然不同，经纪人很容易置客户利益不顾，而为了自己的利益从事交易。

商品市场上，在同一交易日，双重交易的发生情况有：(1)场内经纪人执行客户的指令，并同时也为自己交易；(2)一个期货经纪商为其客户交易，同时也为自己的雇员或允许自己的雇员为了自己的利益而从事交易。双重交易存在潜在的职权滥用，经纪人同时在为两类人的利益而操作，一是为交易商的自身利益而交易，二是为客户的利益而交易，但两者存在利益冲突。非法预先交易就是其中的一种，该交易是指基于另一人的即将发生的交易而进行的交易。例如，一个场内交易商可能先于其客户的买入指令而为自己买入，之后，在执行客户的买入指令时将其先前买入的股票按照更高的价格卖给该客户，从而赚取不道德利润。

1993年，CFTC禁止在商品市场进行双重交易：在某一给定日期，一个场内交易商必须告知交易所，其在该交易日是要充当场内经纪人还是为自己买卖(交易员)。但是，也有例外。

例如，当合约交易量较小或交易所有良好的审计系统的情况下，双重交易是被允许的。

6.6.2 市场操纵

自由市场面临的棘手问题是，一些个人经常为了自己的利益而操纵价格。长期以来，市场操纵已经成为证券市场上的焦点问题。例如，美国参议院委员会在1934年的证券交易法案的报告中写道："该法案的宗旨是……在证券交易所内清除价格操纵行为，这些行为已经妨碍了证券交易所行使其繁荣公开市场的基本职能，在证券交易所内，供求双方的成交价应该是不受操纵或控制的价格"。①商品交易法案中写到，操纵或企图操纵一个商品的未来交割价格是违法的，然而要想在法院上证明操纵并不是一件容易的事。

法律要求，如果要证明操纵，必须是发现操纵者：(1)有能力确定一个人为的期货价格；(2)企图确定一个人为的价格；(3)已经成功地确定了一个此类价格。但是，什么是一个"人为的期货价格"？人们会回答，该价格没有反映正常的供求关系。但是，什么是"正常的供求关系"？有关这一问题一直争论不休。因此，在美国，由法院来决定什么是操纵。

下面我们将讨论一些著名的市场操纵案例。

【例6.3】 *粉饰行情或证券组合作假*

- 对冲基金与每天计算价格的共同基金不同，它们是每月或每季度报告业绩。因为业绩将决定基金经理的薪酬，所以，公布报告是一个重大事件。这也会影响投资者的去或留的决定，一旦业绩很差，投资者会立即火冒三丈。
- 假设现在到了做账的时候，而基金的业绩比较差。该做什么？拿出一家小公司，基金公司已经持有其大量股票，在市场上买入该公司更多的股票，促使其价格上涨。这样，所有的股票价格都处在高位，基金的业绩会显得漂亮。这一做法就是证券组合作假或粉饰行情。
- 《华尔街日报》上刊登的一则故事《多头和空头：揭秘对冲基金的虚构交易》(2005年9月7日)中阐述道，粉饰行情通常发生在交易量小以及小市值股票中，因为一个大的买家可以轻易地变动其价格。

空头袭击交易是指美国市场在19世纪和20世纪早期盛行的产生套利利润的市场操纵策略。我们在第2章阐述了怎样操作卖空——卖空者通过融券，承担向融券者支付股利的义务，并同意在未来某一日期向融券者返还证券。组织空头袭击的交易商持有一家公司股票大量的空头寸，散布不利的谣言并使得股价进一步下跌，在其他股东陷入恐慌并按照被打压的价格卖出其持有的股票之际，交易商再大量地买进。

如果卖空者陷入市场垄断和空头轧平，他们会损失惨重。这是股票市场发展早期一个普遍存在的问题。下面将就市场垄断和空头轧平进行举例说明。

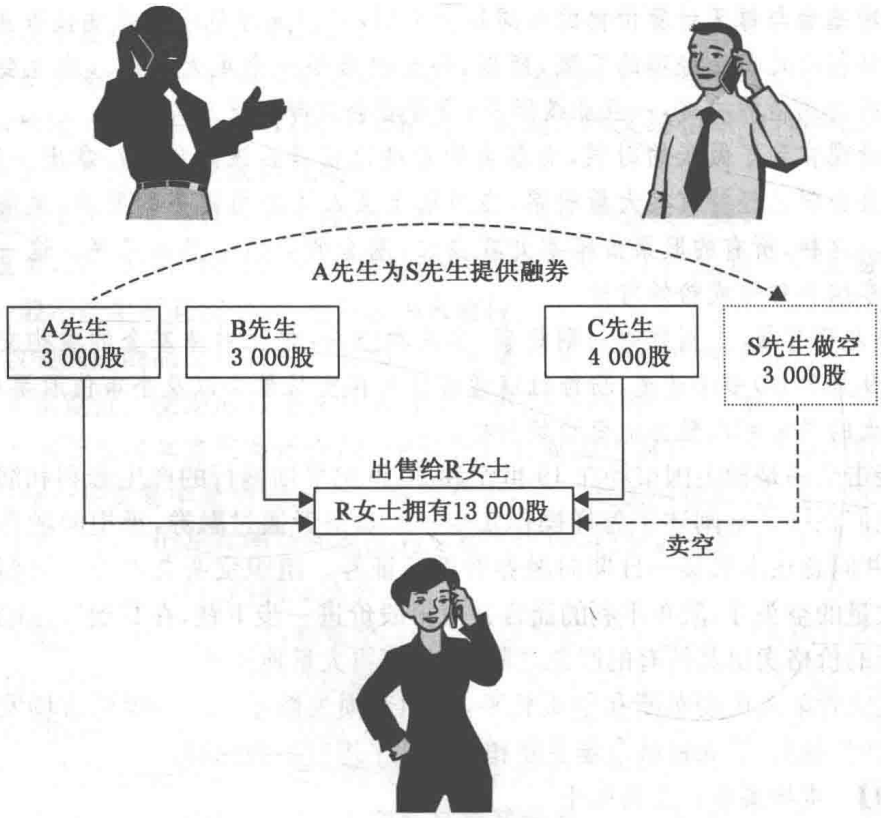
【例6.4】 *市场垄断和空头轧平*

- 假设一家公司有10 000股未结清股票，该股票的市场售价为50美元。这是可交

① 银行和货币委员会的报告《股票交易所实践》，美国参议院第1455号报告，73d Cong., 2d Sess., 1934(弗莱彻报告)。文中所引部分摘自其第一章中"证券交易实践"的第11部分"交易所的治理"(b)部分——"在1934年证券交易法下监管的必要性"。

割供应，其中，A 先生持有 3 000 股，B 先生持有 3 000 股，而 C 先生持有 4 000 股。他们三人的股票由其共同的经纪人布鲁克曼以街名持有，于是卖空者便可以融券（详见图 6.3）。

- S 先生看跌该公司的股票并预期其股价会从 50 美元降到 40 美元，他卖空 3 000 股，这 3 000 股是其经纪人布鲁克曼从 A 先生那里得到的融券。3 000 股按照每股 50 美元的价格卖给了 R 女士，R 女士随后便成了“冷酷的操纵者”。
- R 女士现在从 A、B 和 C 那里买入所有股票。于是她有一个垄断头寸，她买入的股票比可交割供应 10 000 股还多 3 000 股，总共 13 000 股。R 女士已经垄断了市场。
- 在结算时，A 没有股票给 R，他要求布鲁克曼将自己的 3 000 股返还。由于 R 持有了所有的股票，没人愿意对外融券，正常情况下，S 只要自己愿意，他可以持有其敞开的空头寸。由于股票的稀缺性已经使 A 不可能进行结算，布鲁克曼通知 S 必须立即返还其先前的融券。
- S 无路可走只能从 R 那里买入股票。这便是拥挤现象：S 试图抵补其空头寸，却发现没有可供应的融券；R 不愿意出售其股票，除非价格大幅度升高。换言之，R 是在轧空头。R 可以轻易地让 S 破产。



虽然可交割供应为 10 000 股，但 R 女士控制 13 000 股

R 女士已经垄断了市场

R 女士将向 S 先生出一个高价来出售她手头的 3 000 股，而 S 先生为了偿还从 A 先生处得到的融券不得不按此价格买入

图 6.3　市场垄断和空头轧平的例子

上述例子可以很容易地延伸到期货市场。首先，交易商持有期货合约多头，该期货合约数超出了立即可交割供应合约数。然后，对其持有多头寸不做对冲，最终获得所有的可交割供应合约，并持有了垄断头寸。她在垄断了市场之后便轧空头。她需要交割，但持有空头者除了从 R 那里买入合约，无法找到任何供应合约来抵补其头寸，此时 R 顺势抬高自己的卖价。

上述这些人们不愿看到的情景违反了商品交易法案。CFTC 为了制止轧空头，可以暂停交易，并强迫按照发行合约的交易所确定的“公允”价格进行结算。1979 年和 1980 年发生的亨特兄弟持有的白银期货合约就是这种情况。通过设计合约条款，允许交割的资产质量（按照适当的价格调整）发生变化，并且延长交割期，增加可交割供应，使发生操纵行为的可能性最小化。但是，即便如此，操纵行为还是会发生，我们将在第 10 章中对期货市场操纵进行更详尽的讨论。

本章小结

1. 套利是一种不进行投资而赚取无风险利润的机会。赚取套利利润的方式有几种：时间套利、地点套利以及利用部分价格与整体价格存在价差来进行套利。

2. 无套利定价原理是指熟练地创造一个资产组合，以复制一个被交易的衍生工具的支付，之后，称该组合就是被交易衍生工具的“公允”或“无套利”价值。这是为衍生工具定价时使用的标准技术。

3. 在有效市场上套利利润不存在，市场价格反映了所有现在和过去的价格信息。但是，市场不能总是有效，水平高超的交易商利用复杂的工具和技术赚取套利利润。

4. 对冲基金是作为复杂的衍生工具和交易策略的最杰出使用者和推动者出现的。这些未被监管的投资工具从高净值投资者和机构那里获取资金，投资于分散的证券中，并在扣除了大量固定费用以及基于业绩的提成之后，将损失或收益传给投资者。

5. 交易所禁止一些场内交易的滥用，如“虚构交易”“串通交易”“利用顾客资金买空卖空”“交叉交易”“场外交易”“分散交易”“事先安排的交易”和“虚卖”。双重交易指的是交易所成员在同一天同时充当了交易员和经纪人，因存在交易所内滥用的可能性，所以双重交易被禁止。

6. 自由市场上面临的棘手问题是交易商试图为其自身利益而操纵价格。市场操纵是一种非法套利机会。期货市场上长期以来始终存在操纵问题，但很难抓到把柄。美国的法院是根据案例来判定操纵的。

7. 市场垄断或空头轧平是期货市场上以往常见的操纵技巧。该技巧通常涉及一个交易商在持有期货合约的同时，在现货市场上随后轧平空头，而此时空头持有者正急于抵补其空头寸。

案例分析

在政府债券市场上套利?(哈佛商学院案例 293093-PDF-ENG)。该案例考察了大型及流动性国债市场上的定价异例,发现可赎回长期国债的价格似乎与不可赎回国债的定价是不一致的,存在套利机会。

RJR 纳贝斯科控股资本公司—1991(哈佛商学院案例 292129-PDF-ENG)。该案例考察了与一起大的杠杆收购事件有关的两个几乎相同的债券,发现其定价差异很大,探讨了如何利用暂时异象捕捉套利机会并赚取利润。

日经 225 重建(哈佛商学院热门案例 207109-PDF-ENG)。该案例分析了一个机构交易商,因与日经 225 指数的重新定义有关,该交易商可能会收到客户几十亿美元的交易指令。这一行为可以为市场提供流动性,并赚取套利利润。

习题和思考题

1. 什么是地点套利机会? 请举例。

2. 什么是时间套利机会? 请举例。

3. 什么是一价定律?

4. 请解释定价原理"无中不能生有"。

5. 假设一个 2 年期的中期国库券的交易价是平价 1 000 美元。考察现金流,如果在市场上分别将其出售,你得到的 6 月期息票为 47.85 美元,1 年期息票为 45.79 美元,1 年半的息票为 43.81 美元,2 年期息票为 41.93 美元,本金为 838.56 美元。

请问:a. 这些价格正确吗?

b. 如果不正确,请阐述你在本案例中可以怎样捕捉套利机会获利。

6. 假设一个 2 年期零息债券的价格为 0.90 美元,3 年期零息债券的价格为 0.85 美元。一家银行允许你按照 4%进行借或贷,并按年计复利。请根据这两个价格,用两种方式进行套利获利。

7. 你可以在美国和欧洲分别以每股 77 美元和 50 欧元的价格交易 BUG 公司的股票。假设经纪人佣金在美国为每股 0.10 美元,在欧洲为每股 0.10 欧元。一个外汇交易员对欧元汇率的报价为:买入价 1.500 0 美元,卖出价位 1.501 0 美元。

请问:a. 这些价格正确吗?

b. 如果不正确,你怎样通过交易 BUG 公司的股票赚取套利利润?

8. 什么是有效市场? 市场弱势有效、半强势有效和强势有效是什么意思?

9. 如果市场是弱势有效,是否存在套利机会? 请解释。你认为套利机会存在吗? 请解释。

10. 什么是封闭式基金? 什么是"封闭式基金之谜"?

11. 假设 BUG 公司有两类股票,其投票权不同。你发现 A 类股票和 B 类股票的交易

价格分别为每股 49 美元和 37 美元。但是，从以往来看，两者之间的差价一直为 15 美元，你预期价差会达到该水平。

请问：a. 请解释你如何建立一个价差交易。如果一旦价格本身是对的，那么，你预期会赚取多少利润？

b. 如果 A 类股的价格上涨到每股 75 美元，那么，请问先前的策略是否还奏效？

12. 什么是股票指数？请描述道琼斯工业股票平均价格指数和标准普尔 500 股票价格指数。

13. 什么是高频交易？如何利用它来赚取利润？高频交易与程序交易是如何关联的？

14. 请解释对冲基金与共同基金的区别。是否任何人都可以投资于对冲基金？如果不是这样，那么，谁可以投资于对冲基金？为什么？

15. 什么是虚卖？你能否解释为什么税务当局禁止使用虚卖交易？

16. 什么是非法预先交易？请解释，为什么一旦经纪人做了预先交易，投资者需要警惕。

17. 什么是双重交易？请解释，为什么一旦专家交易员做了双重交易，投资者需要警惕。

18. 请问，若要在法律上证实市场操纵需要哪三个条件？证实市场操纵是困难还是容易？为什么？

19. 什么是轧空头？什么情况下会发生轧空头？

20. 什么是空头袭击？空头袭击是如何与基于内幕消息的交易联系在一起的？

▶7

金融工程和互换

7.1 引言

1993年1月，法国化学与医药巨头罗纳普朗克向其雇员提供了一个机会，即，买入折价股份以作为公司即将实施的私有化方案的一部分。本着“广泛的雇员参与”的宗旨，该方案涉及一系列复杂的安排，如最低投资激励、价格折扣、无偿股份、无息贷款、税收利益、除息和含息期权，以及在一定期限内为买入股份的支付进行分期付款等。尽管公司尽力设计了详细方案，但最终彻底失败。随后，美国的信孚银行参与进来，该银行以其衍生工具和交易技巧高超而著名（当然，该银行也因其客户P&G和Gibson Greeting公司的巨额亏损广受批评而臭名昭著）。信孚银行将罗纳普朗克的私有化方案进一步合理化，并添加了一个至关重要的安全性特征——投资将会确保有一个最低投资回报，但一旦股价上涨还会有额外收益。该修正方案最终实施成功。

他们是怎样确保有一个最低投资回报？用你所学的衍生工具知识，便会明白这一点。该方案（通过买入一个看跌期权）规避了罗纳普朗克公司股价下跌风险，但（通过出售一个看涨期权）让投资者分享了股价上涨带来的好处。这便是金融工程的一个例子。

金融工程研究的是企业如何设计衍生工具来解决实际问题并利用经济机会。在世界各国的许多大学里，这一课程的讲授深度不一。通过一些简单的举例，我们介绍互换，该交易是金融工程领域最早使用的一种交易。我们将简单地阐述互换的使用，并描述利率互换、外汇掉期、货币互换（包括定价公式）、商品互换、权益互换和被广泛使用但遭受诽谤的信用违约互换。第22章中我们将更详细地讨论互换市场和利率互换。最后，我们将浏览品种繁多的互换和衍生工具合约。

7.2 组合与分解法

有时，孩子们将一些塑料积木搭在一起组成漂亮的玩具。有时，他们又将完整的造型拆成简单的结构。我们采用简单的**组合与分解法**。有时，我们将衍生工具和金融证券合并在一起组成新的衍生工具以满足客户的需求，有时我们将一个复杂的衍生工具分解为

简单的组成部分。这样做很重要，主要有两方面的原因。

第一，可以为衍生工具定价——*将衍生工具分解为简单的部分，为简单的部分定价，加总后就得到衍生工具最初的价格*。套利就像胶布一样，将组成部分的价格合并在一起就得到了整个产品的定价，并确保该技术是有用的。例如，你可以将一个可转换债券定价分拆为两部分——一个普通债券价格和将债券转换为固定数量股票的期权价格。为一个延展债券定价时，可将其分解为两部分——一个普通债券的价格和延长债券期限的期权的价格。因此，当一个行家试图按照一个高价向你出售一个复杂的衍生工具时，你可以用上述方法进行估价以免上当受骗。

第二，可以为了满足不同的投资目标，用衍生工具来修正组合回报。例如，假设一家公司打算在高利率水平上发行固定收益债券以为其投资项目筹资。但该公司担心未来万一利率下跌，其融资成本会不划算。为了规避这一情况的发生，公司可发行可赎回债券。一旦未来利率降低，公司可行使债券中的赎回条款，并按照事先确定的价格买回债券。该公司从哪里得到资金以买回债券？它可以按照较低的利率发行新的固定利率债券。

7.3 金融工程

20 世纪末，金融工程问世，并为金融和运作研究增添了新的活力。[①]*金融工程将工程方法运用于金融*。就最简单的程度而言，金融工程和风险管理将我们的组合和分解方法加以运用。分析金融实务界金融工程的几个例子，是了解这一方法最简单的方式。

7.3.1 现金流与资产价值

对一个初学金融工程的学生而言，当组成和变现证券组合时，现金流和资产价值可能会是两个含糊的概念。为了避免混淆，我们进行以下观察。当人们建立一个证券组合时，资产价值为正，表明你在买入一个资产；于是产生的是现金流为负值。例如，如果你在买入 YBM 公司股票，你的证券组合中显示价值为正，但是你是花了 100 美元买入的，现金流为负。如果价值为负，那么你正在形成负债，此时现金流为正值。例如，借入 90 美元会产生正的现金流 90 美元，而 90 美元是负债，你将来必须要偿还。需要强调的是，*当人们组建一个组合时，现金流和资产价值的表示符号是相反的*。

在进行清算时，关系发生变化。当人们清算一个价值为正的头寸时，意味着你在出售一个资产，此时产生的现金流为正。例如，YBM 在你的组合中价值为正，则按照 120 美元的价格出售将产生正的现金流。如果在清算之前价值为负，则现金流为负，因为你在清偿债务。例如，你的 90 美元的贷款是负债，在组合中的价值为负，如果在清算日按照 94 美元偿还，则产生负的现金流。需要强调的是，*在清算时，现金流和资产价值的表示符号是相同的*。我们通常将清算时产生的现金流和资产价值称为**支付额**。因为它们的表示符号相

① 康奈尔大学最早设立金融工程学位，在该大学的官网（www.orie.cornell.edu/orie/fineng/index.cfm）上，有这样一段话："在 1995 年康奈尔达大学设立金融工程学位之前，罗伯特·加罗和大卫·赫斯已经在该领域指导学生很多年，该大学是美国最早开设金融工程硕士学位的大学，也是世界上最早设立金融工程学位的大学。"

同，所以不会产生混淆。

当我们证明计算结果时，对一些论据我们考虑的是现金流，而对于其他一些论据，我们考虑的是资产价值。只要将这些关系记在脑中，你就不会弄混。关键是“跟着钱走!”。

7.3.2 举例说明

首先我们讨论一个商品衍生工具——一个支付与黄金价格挂钩的债券。

【例 7.1】 一个挂钩黄金价格的债券

- G公司是一家采金公司。该公司在世界市场上出售的是高度标准化的产品——纯金。它需要资金来勘探、建矿、运作并进行黄金提炼。该公司业绩随着黄金价格的变动出现下滑。
- 公司打算通过出售债券来筹集资金。因这一做法可以减税所以有吸引力。但是债务让公司容易遭受财务困境——就定义而言，一家无债务的公司永远不会破产。
- 一家投资银行设计了一个债券，该债券在到期日 T 有以下支付额：
  —支付 1 000 美元；
  —挂钩每盎司黄金价格的额外支付，$S(T)$，即，

$$\begin{cases} 0, & \text{如果 } S(T) < 950 \text{ 美元} \\ 10[S(T)-950], & \text{如果 } 950 \text{ 美元} \leqslant S(T) \end{cases}$$

- 这一支付在表 7.1 中给出，并在图 7.1 中加以描述。你可以通过投资于一个零息债券来合成产生第一笔支付。第二笔支付与持有看涨期权多头相似：按照敲定价 950 美元买入 10 份看涨期权。结果是，从所交易的债券中产生的现金流可以通过建立一个组合来合成获得。该组合包括：(1)一个零息债券，价值为 $1\,000B$，其中 B 是零息债券今天的价格，该债券在到期时支付 1 美元；(2)买入 10 份欧式看涨期权，每份期权的价格为 c，敲定价为 950 美元(见表 7.2)。
- 无套利原理确保的是，复制组合的价值必须与所交易的债券价值相等，因此，债券的价值为 $(1\,000B + 10c)$。在后面的章节中，你将学会如何利用二项式或布莱克—斯科尔斯—默顿模型来为该看涨期权定价。
- 为什么要像这样卖出证券？首先，公司可以提前筹集更多资金。其次，为 G 公司规避了其产出的价格风险。如果在到期日，黄金价格高，则分享金价上涨带来的利润——这不算太坏。而如果金价下跌，则只有本金被偿还。

表 7.1 所交易的挂钩黄金价格债券的支付

债券支付	时间 T(到期日)现金流	
	$S(T) < 950$	$950 \leqslant S(T)$
	1 000	1 000
	0	$10[S(T)-950]$
净现金流	1 000	$1\,000+10[S(T)-950]$

表 7.2 挂钩黄金价格的合成债券的现金流

组 合	时点 T 现金流	
	$S(T)<950$	$950\leqslant S(T)$
零息债券多头(面值 1 000)	1 000	1 000
10 份看涨期权多头(敲定价 950)	0	$10[S(T)-950]$
净现金流	1 000	$1\,000+10[S(T)-950]$

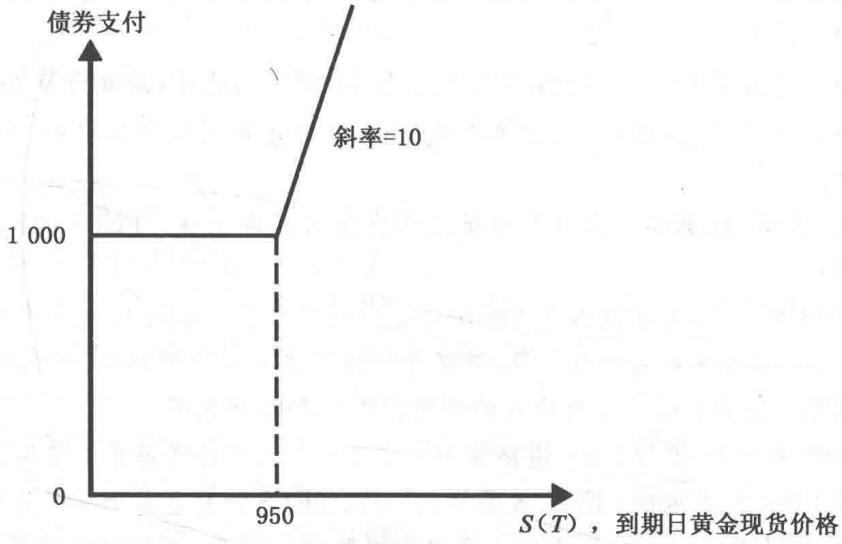


图 7.1 挂钩黄金价格的债券的收益图

前面刚刚讨论过的商品—指数化票据一例中，票据的回报与一种(如铂金、黄金、白银或石油等)商品的价格表现或(如 Bridge/CRB 期货指数，一种 1957 年就问世的商品期货指数等)商品指数挂钩。有时，(如同在本例中)期权持有者在价格上涨后获得无限收益，但在价格下跌或稳定的情况下其获利是有限的。

与这些衍生工具同时问世的是权益关联票据(ELN)。权益关联票据是一个零息票(或低息票)组合，该组合的回报是基于一支股票、一篮子股票或一个股票指数的表现[详见 Gastineau 和 Kritzman(1996)给出的定义和讨论]。此类的产品品种繁多，奇特的交易名称有 ASPRINs、EPICs、GRIP、SIR 和 SUPER。由权益成分衍生出来的因素使得这些证券对买者产生吸引力，有助于发行者事先筹到更多的现金，并规避其业务中的内在风险。

下例中，我们将讨论旨在对一个已经增值的股票达到节税目的而创造的混合证券。

【例 7.2】 混合证券

- 假设你是一家 V 公司的首席执行官，该公司已经按照每股 3 美元的价格买入了创业公司 S 的 100 万股。其创业很成功并且打算上市。由于 V 公司是通过私募买入这些股票，证券法禁止这些股票在两年之内出售。但是，该公司想处理这些股票，因为金融学术界的研究发现，初始公开上市之后获得的高价格通常在 6 个月后消失。
- 你该怎么做？V 公司的一种做法是发行混合债券(又称为结构化票据)，该债券是

一个债券和一支股票的组合。你的投资银行家可以设计溢价权益参与证券(PEPS),该证券将允许你在根本不实际卖出S公司股票的情况下却能从股票出售中获利。

- 怎样操作?假设投资银行家设计3年期债券,其对PEPS出售价20美元支付的年息票率为4%。每一位PEPS买入者在3年后得到一股S公司的股票。许多投资者喜欢在未来按照20美元的价格买入S公司股票,并在中间的年份中得到息票支付。无套利原理确保的是该证券等同于买入一支债券的同时卖出一支股票。
- V公司卖出了100万PEPS,并筹到资金2 000万。此外,只有当V公司3年后出售S公司股票时,它才支付资本利得税,并且每年从税收中扣减80万美元的利息支付。
- 美国、亚洲、欧洲和澳大利亚市场上都在出售混合证券。PEPS的两个典型例子如下:

  —1996年3月,美国媒体巨头时代之镜公司发行了1 305 000股5年期PEPS。按照39.25美元的发行价计算,该债券的债务成本为年利率4.25%,或每年1.668美元。标的股是5年后收入的美国在线(AOL)普通股。

  —1999年9月29日,基于堪萨斯市的联合公用公司按照每单位价格25美元出售了1 000万单位的PEPS,收益为9.75%。PEPS持有者基于届时的普通股股价,于2002年11月16日收入了公用公司股票。PEPS于这一日期的两年之后到期。公用公司用大约2.5亿美元的净收益"来减少其因并购、建设项目、长期债务以及企业一般经营所发生的短期债务和其他短期负债"(详见公用公司的新闻杂志于1999年第三季度创刊号中的报道)。

金融工程知识有助于很多金融从业人员:发行证券的公司财务经理;从事证券的设计、定价和交易的银行家;积极运作证券组合的投资经理;监管金融市场、了解企业行为以及避免金融灾难的金融监管者。当今,风险管理者也采用金融工程技术。金融工程有望在未来显得日益重要。

7.4 互换交易概述

互换交易是金融工程中最成功的工具之一。**互换**是指两个对手通过签订协议,在合约期限内交换一系列(通常为)半年现金流。所罗门兄弟公司在1981年安排了IBM公司与世界银行做了世界上第一笔互换交易。互换交易已经被广泛运用。25年后,互换市场未结清交易本金已经达到了250万亿美元。①

互换合约中,交易对手就标的货币、采用的利率、支付的时间表和信用担保等内容达成一致。因互换交易是场外交易,所以,就交易的保护程度而言不如场内交易的衍生工具。互换对手签订合约时,必须对条款谨慎小心,必要时需要用抵押条款来规避信用风险

① 资料来源:www.bis.org。

(详见第 22 章中对互换文件的详细讨论)。

由于互换交易是度身定制的,所以其种类繁多。最简单的互换交易为*普通互换*,更复杂的互换为*奇异互换*。在普通利率互换中,互换对手进行固定利率与浮动利率的交换。在普通货币互换中,互换双方进行固定支付与固定支付的货币交换。

长期以来,在大多数互换合约中,欧洲美元的 bbalibor(详见第 2 章)是现金支付中最常用的浮动利率参考指数。当今,大多数互换交易中涉及的币种是欧元区的欧元、日元和英镑等国际主要货币。由于互换交易可以很有效地用很低成本将一种现金流转换成另一种现金流,所以其运用日益广泛。本章中的讨论有助于我们进一步地了解,追逐低交易成本是如何重塑国际市场的(详见拓展 1.1)。

7.5 互换的运用

互换有很多金融工程用途:

- *改变贷款利率*。一家公司通过利用普通利率互换,可以将固定利率贷款转换成浮动利率贷款,或将浮动利率贷款转换成固定利率贷款。
- *规避汇率风险*。一家日本制造商在将其美国子公司的利润汇回母国时,可以通过做一个将美元换成日元的交叉货币互换,来规避汇率风险。
- *改变资产/负债结构*。20 世纪 70 年代,由于利率大幅度上升,导致专门从事住房抵押贷款的存贷银行(S&L)倒闭。利率的上升(使银行向存户支付的存款利率更高)导致负债价值增加,但(由于银行提供的贷款主要是固定利率住房贷款)对资产产生的影响不大。存贷银行可以通过利用一个利率互换来规避利率风险,即在互换中,银行支付固定利率并收入浮动利率。这一互换减少了存贷银行浮动利率负债(存款)与固定利率资产(抵押贷款)之间所产生的现金流的不匹配。
- *间接达到避险目的*。因飞机燃油不存在场内交易衍生工具,航空公司若要规避其燃油成本上涨风险,可以从事一个商品互换,即在互换中支付一个月中航空燃油的平均价,并收入固定利率。
- *规避市场限制*。一个国际投资者若因当地政府限制而无法买入该国股票,则可以从事一个权益互换,并在该互换中收入一个与当地股票市场指数挂钩的回报。

7.6 互换的类型

互换市场与其他金融市场一样,有其金融中介。这些*互换服务商*(也称为*互换银行*或只称为*银行*)既充当了(如今已经不多见的)经纪人也充当了交易员。为了简便起见,我们在举例中忽略交易员的存在。交易的原理不变。交易员通常作为中介,从现金流中赚取几个点的中介费而不改变交易的本质。

7.6.1 利率互换

普通利率互换是指交易双方在未来日期进行固定利率与浮动利率的交换。因为所有的现金流都是以一种货币计值，所以用名义本金来确定支付金额，双方最终进行现金流净额结算。2011年，利率互换占了国际金融市场场外衍生工具合约的50%以上。[①]例7.3中分析了普通利率互换的设计和现金流(参见第22章中互换的定价公式)。

【例7.3】 (固定利率与浮动利率的)普通利率互换

合约的设计

- 假设FT公司借入3年期1亿美元浮动利率贷款，利率为1年期的bbalibor，但该公司要将浮动利率贷款转换成固定利率贷款。FC公司借入了相同期限、相同金额、6%的固定利率贷款，但该公司现在要将固定利率贷款转换成浮动利率为1年期bbalibor的浮动利率贷款。
- 两家公司进行互换。双方商定FT公司同意向FC公司支付6%的固定利率并收入1年期的浮动利率bbalibor，互换中的名义本金额为1亿美元，互换期限为3年。互换交易框架如图7.2所示。
- 虽然互换中双方通常每季进行支付，但我们在这里还是为了简便起见，假设在每年年底进行现金流的交换。根据互换协议，FT公司的现金流为(−bbalibor+bbalibor−6%=)−6%×名义本金额，FC公司的现金流为(−6%+6%−bbalibor=)−bbalibor×名义本金额。通过互换，双方改变了其各自贷款的利率结构。
- 因为双方没有必要同时进行1亿美元对1亿美元的本金交换，所以1亿美元就是互换交易中的**名义本金**，它仅是一个名义概念，不进行实际转手，只是帮助双方计算利息支付额。

现金流

- 假设bbalibor在第1年、第2年和第3年的利率水平分别为5%、6%和7.5%，我们计算双方进行的净支付额。

  (第1年，bbalibor=5%)

  FT向FC支付6%×名义本金额。

  FC向FT支付5%×名义本金额。

  第1年年末，FT公司将向FC公司支付1亿美元的1%，即100万美元。

  (第2年，bbalibor=6%)

  净支付额为0。

  (第3年，bbalibor=7.5%)

  FT向FC支付6%×名义本金额。

  FC向FT支付7.5%×名义本金额。

  第3年年底，FT公司从FC公司处收入1亿美元的1.5%，即150万美元。互换交易结束。

① 资料来源：www.bis.org/publ/qtrpdf/r_qs1112.pdf。

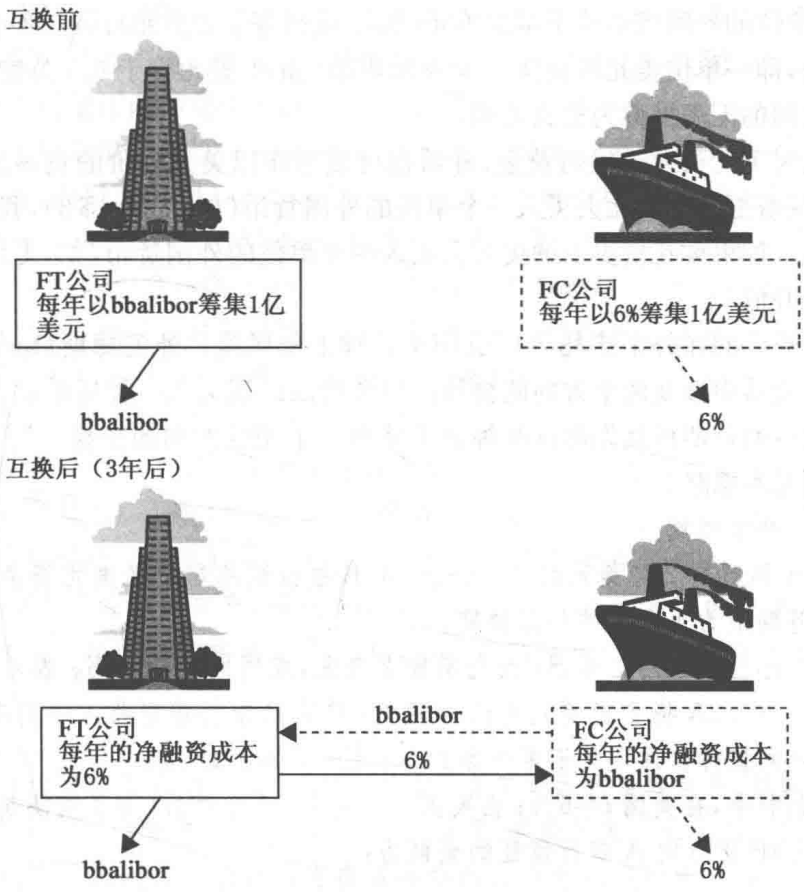


图 7.2 举例说明普通利率互换是如何将固定利率贷款转换为浮动利率贷款的

- 在实际操作中，互换以及其他场外衍生工具的交易对手签订详细的双边协议。国际互换交易商协会（后改名为国际互换与衍生工具协会）自 1985 年成立以来，在促进交易中的合约文本便捷方面做了很多工作。

7.6.2 外汇掉期

“统治吧，不列颠尼亚，不列颠尼亚统辖海洋。”[①]18 世纪早期，英国皇家海军称霸 200 多年，成为世界上强大的海军，英镑因此也具有了其在世界上的霸权地位。然而，在 20 世纪中期，随着布雷顿森林体系的建立，美元成为标准货币之后英镑丧失了主导地位。于是，国际贸易和经济交易中越来越多地以美元作为计值货币。

在外汇市场上，美元的主导地位表现在，大多数货币的交易都是与美元之间的交易。[②]外汇市场是全球最大的金融市场，每日的交易规模达到 1 万亿美元。所谓**汇率**是指将一种货币转换成另一种货币的兑换比率。汇率的标价法有两种，一种是直接标价法或美式

① “统治吧，不列颠尼亚”是爱国的英国民族歌曲，源自苏格兰诗人詹姆斯·汤姆逊在 18 世纪中叶写的一首同名诗歌。

② 参见如克鲁格曼和奥博斯菲尔德（Krugman and Obstfeld，2000）撰写的国际金融教科书中对外汇市场的阐述。

标价法，即一单位的外国货币等于多少美元（如，1 英镑等于 2 美元）；另一种是间接标价法或欧式标价法，即一单位美元可兑换多少外国货币（如，1 美元等于 0.5 英镑）。美元以外的两种货币之间的汇率被称为**交叉汇率**。

如同你支付美元买入一盎司黄金，外币也可被当作以美元报价的贸易品。如果价格上涨，则你将花费更多的美元去买入一个单位的外国货币（如，£1＝$3），我们此时会说，美元已经贬值。如果你花费更少的美元去买入一个单位的外国货币（如，£1＝$1），则意味着美元已经升值。

外汇掉期被人们在外汇市场上广泛用于管理汇率风险。**外汇掉期（forex swap）**交易是指一笔货币交易中涉及两个方向的交易：（1）合约以即期买入一种货币卖出另一种货币开始；（2）在随后的日期再就先前这两种货币从事一个相反方向的交易。例 7.4 阐述的就是外汇掉期的基本思路。

【例 7.4】 外汇掉期

- 假设 A 银行有 2 亿美元的多余资金，而 B 银行则急需 2 亿美元资金，两家银行从事一笔期限为 1 个月的外汇掉期。
- 以直接标价表示的汇率 S_A 为每英镑 2 美元，或用间接标价 S_E 表示为每美元 0.5 英镑。今天，A 将 2 亿美元卖给 B 银行，并从 B 银行那里收入 1 亿英镑（即，美元金额×间接标价法下的汇率＝$2 亿×£0.5/$＝£1 亿）。
- 年单利利率，在美国 $i=6\%$；在英国 $i_E=4\%$。1 个月后（为了简便起见，按月来计算利息）B 银行向 A 银行偿还的金额为：

$$\text{美元金额}\times\text{美元回报}=2\text{ 亿美元}\times[1+(0.06/12)]=2.01\text{ 亿美元}$$

A 银行向 B 银行偿还的金额为：

$$\begin{aligned}&\text{外币金额}\times 1\text{ 英镑的投资在 1 个月后的价值}\\&=1\text{ 亿英镑}\times[1+(0.04/12)]=1.003\,333\text{ 亿英镑}\end{aligned}$$

外汇掉期交易有其自身特点、市场惯例和行话。[①]外汇掉期不一定立即开始，可以在未来某一日开始。大多数外汇掉期的期限是用周数来度量，而不是月数。这些用途广泛的工具可以被用来（1）管理进、出口相关的现金流；（2）管理外汇的借款和贷款；（3）处理外汇余额；（4）暂时将一种盈余货币换成另一种货币。

7.6.3 货币互换

普通**货币互换**（或**交叉货币互换**）是两个对手之间的安排，涉及（1）在起始日进行两种不同货币的等额交换；（2）在互换期限内双方定期进行两种货币贷款的利息支付；（3）在互

① 香港线上交易的网站陈述道："如果自交易日后，两个日期都少于 1 个月，则称其为短期掉期；如果自交易日后，一个日期或两个日期为 1 个月或多于 1 个月，则称为远期掉期……在实际操作中，大多数交易的到期日是几个有限的标准到期日。交易的一端通常是即期交易，而 2/3 的另一端外汇交易的期限都是在 1 周以下。然而，也有期限在 1 周以上的外汇掉期。"网站中还陈述道："如果，例如一位美国交易商即期买入一定金额的英镑的同时，卖出 6 月期的远期英镑，则该掉期被称为买/卖英镑掉期。"（www.onlinetrading.hk/fx-swaps.html）

换到期时，双方进行本金的再次互换。由于货币互换是场外交易，所以双方需要商定交易的条件。有些互换交易不进行本金的交换，只将本金当作名义本金用于计算双方的利息支付额。利息支付是用两种货币进行的，很少进行净额冲抵。

虽然货币互换是最早进行的互换交易，但利率互换的交易规模如今已经超过了货币互换。即便如此，2011 年 6 月 30 日，在国际场外衍生工具市场上，货币互换和货币远期的未结清名义金额达到了 533 410 亿美元，总市场价值达到了 20 050 亿美元。①想了解该市场规模究竟有多大，可以拿美国 2011 年 6 月的 GDP 总量略高于 15 万亿美元来对比了解。

企业利用货币互换将一种货币换成另一种货币，这样做旨在将利润汇回母国或在海外建新的工厂。在下一个例子中我们将对此进行阐述。

【例 7.5】 （固定利率与固定利率的）普通货币互换

- 假设美国 A 汽车公司打算在英国建一家汽车工厂，英国 B 汽车公司也打算在美国建一家汽车工厂。要在当地建厂，就需要当地货币。通常，制造商因与本国银行的关系较好所以很容易在本国获得融资。两家公司在看到外汇买卖价差比较大之后，都打算在本国融资，通过做一笔货币互换来进行货币的转换。这便是普通的固定利率与固定利率的货币互换，在互换期限内双方将进行定期的固定利息支付。

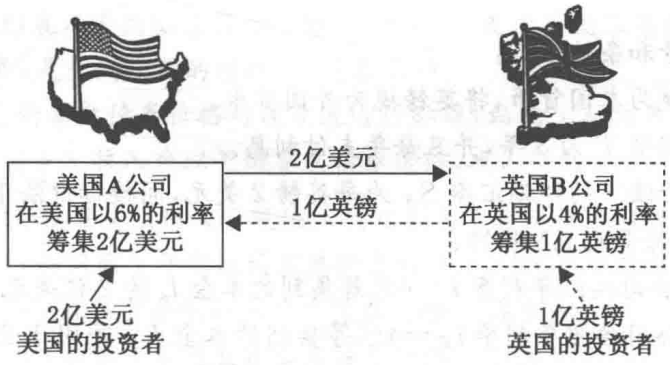
互换合约

- A 公司和 B 公司从事一笔 3 年期、本金为 2 亿美元的互换交易，即期汇率 S_A 为每英镑 2 美元。A 筹集了 1 亿 $\times 2 = 2$ 亿美元，并给了英国 B 公司。B 公司筹集了 1 亿英镑给了 A 公司。假设双方在 3 年中的每年年底进行利息支付。A 公司向 B 公司支付的英镑利率为 4%，而 B 公司向 A 公司支付的美元利率为 6%。显然，两家公司进行的是其所借款项的交换。

现金流

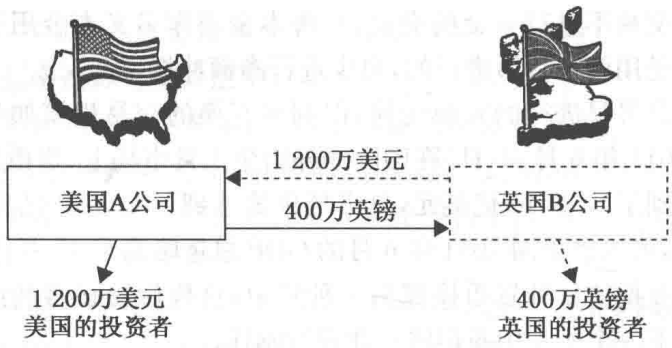
- 双方在进行了 3 年定期支付之后，互换交易结束。双方进行本金的再次互换。图 7.3 描述了这些现金支付。

今天：互换的第一步为本金的交换



① 资料来源：www.bis.org/publ/qtrpdf/r_qs1112.pdf。未结清的名义本金使人们得以“度量市场规模”，这也是确定衍生工具支付额的主要参考依据。但在险金额可能大大低于市场规模。总市场价值被定义为“所有未结清合约的绝对价值总和，该数值在报告日按照市场价格计算替代价值时，可能是正值，也可能是负值”。参见国际清算银行(2005)。

期间：在第 1 年和第 2 年年末支付利息



到期日：支付利息及偿还本金

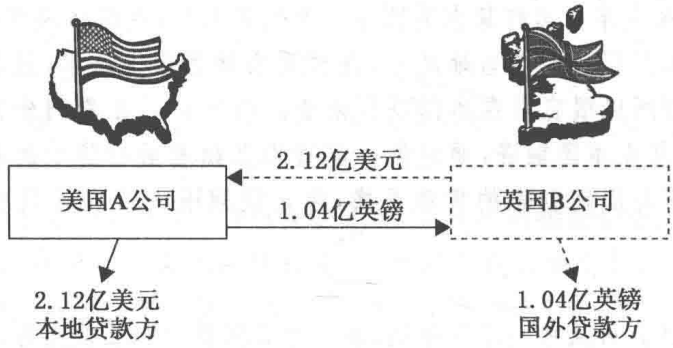


图 7.3　普通货币互换

拓展 7.1 给出的是固定利率与固定利率的货币互换的估价公式。

拓展 7.1　固定利率与固定利率的货币互换

下面，我们将在例 7.5 的基础上开发货币互换的估价公式。

【例 7.5(续)】 货币互换的估价公式

合约的设计

- 互换的情景和条件如下：
  - —将美元视为本国货币，将英镑视为外国货币。
  - —互换的期限 T 为 3 年，并且每年支付利息。
  - —直接标价法下的即期汇率 S_A 为每英镑 2 美元，间接标价法下的即期汇率 $S_E = 1/S_A$ 为每美元 0.5 英镑。
  - —美国 A 公司按照年利率 $i = 6\%$ 筹集到的本金 L 为 2 亿美元。
  - —英镑 B 公司按照年利率 $i_E = 4\%$ 筹集到的本金 L_E 等同于 2 亿美元，按照即期汇率乘以美元金额来计算，为：$L \times S_E = L_E = 2\text{亿} \times 0.50 = 1\text{亿英镑}$。
  - —美国 A 公司向投资者支付的金额：

$$C = (\text{以国内货币计值的})\text{本金} \times (\text{美元本金的})\text{利率}$$
$$= L \times i = 2\text{亿} \times 0.06 = 1\,200\text{万美元}$$

3年中的每一年年底：

—英镑B公司向投资者支付的金额：

$$C_E = (\text{以英镑计值的})\text{本金} \times (\text{英镑本金的})\text{利率}$$
$$= L_E \times i_E = 1\text{亿} \times 0.04 = 400\text{万英镑}$$

现金流

- 互换产生的现金流如下(见图7.3)：

时点0:今天

双方进行本金的初始互换，美国A公司向英国B公司支付$L=2$亿美元(图中用实线描述)，并从英国B公司那里收入$L_E=1$亿英镑(图中用虚线描述)。

时点1(1年后)和时点2(第2年底)

双方在每一年年底支付利息。美国A公司向英国B公司支付$C_E=400$万英镑(见实线)，B公司随后向英国初始投资者支付其投资回报(见虚线)。英国B公司向美国A公司支付$C=1\,200$万美元(见虚线)，A公司随后向美国初始投资者支付其投资回报(见实线)。两家公司已经进行了本金的交换。美国A公司已经将其美元负债转换成英镑负债，而英国B公司已经将其英镑负债转换为美元负债。

时点3(3年后)

双方进行了本金的再次互换和最后一次利息支付之后，互换交易结束。美国A公司向英国B公司支付400万英镑利息并偿还1亿英镑本金，英国B公司向美国A公司支付的金额为2.12亿美元。

定价模型

- 今天的现金流取消，不影响互换的估值。由于美国A公司将收入美元、支付英镑，所以，我们可以通过将A收入的所有美元款项的现值加总后，减去A支付的所有英镑款项的(美元)现值，得到该互换对A公司的估值。
- 要计算现值，首先要找到两个国家的零息债券价格，它们是美国和英国的政府债券。英国政府发行的债券被称为金边债券，金边债券有各种期限、半年息票支付、STRIP特点、可赎回债券和抵御通胀证券。英国还发行过永远不到期的永续债。
- 我们用$B(t)$表示美国零息债券价格，用$B(t)_E$表示英国零息债券价格，其中$t=1$、2和3年，是至到期日的时间(详见表7.3)。
- 通过用各自的零息债券价格对现金流进行贴现(结论1和拓展2.1给出了这一计算过程)。将美元收入乘以美国零息债券价格，我们得到如下：

$$\begin{aligned}
&\text{A公司美元收入的现值} = \text{美元利息支付现值} + \text{美元本金现值}\\
&=[(\text{美国第1年到期的零息债券价格} \times \text{利息支付额})\\
&\quad +(\text{在第2年到期的零息债券价格} \times \text{现金流})\\
&\quad +(\text{在第3年到期的零息债券价格} \times \text{利息})]\\
&\quad +(\text{3年到期的零息债券价格} \times \text{本金})\\
&=[B(1)C+B(2)C+B(3)C]+[B(3)L]\\
&=(0.95+0.89+0.82)\times 1\,200\text{万}+(0.82\times 2\text{亿})\\
&=1.959\,2\text{亿美元}=PV
\end{aligned} \tag{1}$$

表 7.3　美国(本国)和英国(外国)零息债券价格

至到期日的时间（年）	美国(国内)零息债券价格（美元）	英国(外国)零息债券价格（英镑）
1	$B(1)=0.95$	$B(1)_E=0.96$
2	$B(2)=0.89$	$B(2)_E=0.91$
3	$B(3)=0.82$	$B(3)_E=0.85$

用英镑支付额乘以英国零息债券价格，我们可以得到英国 B 公司英镑收入的现值，这一现值等于美国 A 公司的支付额。结果如下：

$$\begin{aligned}\text{A 公司英镑支付额的现值}&=\text{以英镑计值的利息支付现值}+\text{英镑本金现值}\\&=[B(1)_E C_E+B(2)_E C_E]+[B(3)_E L_E]\\&=(0.96+0.91+0.85)\times 4.00+0.85\times 100\\&=9\,588\text{ 万英镑}=PV_E\end{aligned}\tag{2}$$

- 通过乘以即期汇率，将英镑金额转换为美元：

$$\begin{aligned}&\text{A 公司的英镑支付额的现值按今天的汇率转换成美元}\\&=PV_E\times S_A=9\,588\text{ 万}\times 2=1.917\,6\text{ 亿美元}\end{aligned}\tag{3}$$

- 对美国 A 汽车公司而言，货币互换的美元价值计算如下：

$$\begin{aligned}&\text{对国内投资者而言货币互换的价值}\\&=(A\text{ 公司美元收入现值})-[(\text{以美元计值的})A\text{ 公司英镑支付现值}]\\&=PV-PV_E\times S_A=1.959\,2\text{ 亿}-1.917\,6\text{ 亿}=416\text{ 万美元}\end{aligned}\tag{4}$$

这意味着 A 公司必须向 B 公司支付 416 万美元以从事货币互换。

- 由于存在信用风险，谨慎的做法是避免任何事先支付，使货币互换成为平价互换，即今天的价值为 0。要实现这一点，可以对利率进行调整直到达到平价互换。例如，如果将利率 i 固定下来，则该利率水平为 $i_F=0.047\,647$，这样，货币互换就是一个平价互换。

下面对计算结果加以表述：

结论 1

普通货币互换的估价

货币互换在时点 0 开始，此时：

(1) 国内对手(美国 A 公司)向外国对手(欧洲公司或外国公司)支付美元本金 L，并收入以外国货币计值的等额资金 L_E。

(2) A 公司同意在每一期限末，向外国对手支付固定利率的外国货币，并收入固定利率的美元利息(时点 $t=1, 2, \cdots, T$)。

(3) 在到期日 T，双方进行本金的再次互换。

于是：

$$\begin{aligned}&\text{对美国A公司而言，互换的价值}V_{SWAP}\\&=\text{美元收入的现值}-(\text{按照即期汇率转换成美元的})\text{外国货币支付额现值}\\&=PV-PV_E\times S_A\end{aligned}\tag{5}$$

其中，PV 是美国A公司未来将收入的美元现金流的现值，PV_E 是未来外国货币支付额的现值，S_A 是直接标价下的即期汇率。

现金流现值的计算如下：

$$PV=\sum_{t=1}^{T}B(t)C+B(T)L\tag{6}$$

$$=[\sum_{t=1}^{T}B(t)i+B(T)]L\tag{7}$$

其中，$B(t)$ 是美国零息债券今天的价格，该债券在时间 t 支付1美元；C 是美元本金在时点 $t=1, 2, \cdots, T$ 支付的利息[即，美元本金乘以单利率 $(L\times i)$]。

PV_E 是用相似的方法计算出的现值，用 E 做了下标。意思是，用外国货币现金流以及外国零息债券价格替代了先前公式中的本国货币现金流。

货币互换有几个重要的特点。第一，互换的价值取决于两个利率：具有不同到期日的本币利率和外币利率。[①]第二，虽然我们在例子中假设的是一年支付一次，但大多数互换是每半年支付一次利息。人们可以灵活设定利息的支付频率。请注意，拓展7.1中的结论1是非常普遍的，与互换中的利息支付是每年一次还是每半年一次关系不大。第三，互换价值是无套利价值。如果一个不老练的交易员对相同的互换给出了不同的报价，那么，你可以"进行互换交易的贱买贵卖"赚取套利利润。第四，由于互换交易是场外交易，因此，可以根据对手的偏好来设计产品结构。

7.6.4 商品和权益互换

例7.6中描述的是一个简单的商品互换。

【例7.6】 用商品互换规避航空燃油成本上涨的风险

- 航空燃油是航空公司的主要成本(参见拓展13.1中对航空公司及其燃油成本的讨论)。一些航空公司通过从事一个商品互换规避价格风险，在互换中，航空公司支付一个固定价格并收入前一个月航空燃油的平均价格。
- 假设H航空公司每月需要1 000万加仑的燃油，该公司通常在现货市场上买入燃油。但随着最近几年油价(以及航空燃油价格)的上涨，H公司担心燃油价格上涨会进一步拖累航空公司，于是，决定从事一笔商品互换交易来规避价格风险。

① 利用抵补套利平价公式(见结论12.3)，你可以消除外币利率，并用即期汇率和货币远期汇率来重写公式。

- 互换结构如下(见图 7.4 中该互换交易的交易框架):
  —互换的名义本金为航空燃油 1 000 万加仑。
  —互换期限为 2 年,每月底双方进行支付。
  —H 公司每月底按照每加仑 1.5 美元的固定价格向交易员支付 1 500 万美元(即 1 000 万×1.5)。
  —交易员向 H 公司支付浮动价格,该价格是前一个月燃油现货的平均价。
  —双方进行净额支付。
- 假设上月的平均价格为每加仑 1.6 美元:
  —交易员将在月底支付 1 600 万美元(即 1 000 万×1.6)。
  —由于双方进行净额支付,则航空公司收入 100 万美元。
  —额外支付有助于航空公司规避现货市场上航空燃油价格上涨的风险。
- 假设航空燃油出乎意料地下跌,上月平均燃油价为 1.30 美元,但 H 公司此时必须按照合约规定向交易员支付 200 万美元,即公司从现货市场下跌的价格中得到的好处必须支付给交易员。

图 7.4 H 公司规避航空燃油价格风险

由于商品互换中涉及平均价格,所以,很难对该互换定价[参见 Jarrow 和 Turnbull (2000)对该互换定价公式的讨论]。

权益互换与之前提到的这些互换类似。**权益互换**涉及的是,互换双方中一方支付固

定利率，而另一方则向对手支付一个挂钩某一股票或某一股指的浮动金额。双方支付的金额是以名义本金为基础计算得出，并且在互换的期限内定期进行支付。该指数可以是一个涵盖面较广的指数（如标准普尔 500），也可以是一个局限于某一行业板块的指数（如生物技术领域的指数等）。权益互换使投资经理能暂时改变其组合的性质并对市场进行赌博。假设有两个投资经理，他们对未来股市的走势有完全相反的预期。他们可以进行一笔权益互换，在互换中，股市看涨的投资经理收入的是挂钩股指的浮动回报，并向股市看跌的投资经理支付一个固定利率。

7.6.5 信用违约互换

信用违约互换（CDS）曾经在“现代金融奇迹”的好时代大受追捧，而在 2007 年金融危机爆发后又被视为企业都不应该触碰的一个“庞氏骗局”（参见 2008 年 11 月 6 日《经济学人》的《信用衍生工具：巨大障碍》一文）。本书的第 26 章讨论了 CDS 在次贷危机中所起的作用。CDS 是由 J.P.摩根在 20 世纪 90 年代设计的衍生工具，它将保险概念和互换组合在一起，进而创造出一个对经济产生积极作用的组合工具。当一个投资者持有的债券信用风险较大时，可以将隐含在债券中的信用风险出售给一个愿意承受该风险的对手。下面将就 CDS 的操作过程进行阐述。

CDS 是对现有的公司债券或政府债券的定期保险。典型的 CDS 期限一般为 1—5 年，其名义本金与被担保的债券的面值是相等的。大多数 CDS 在 1 000 万—2 000 万美元之间。CDS 的出售者（承保人）通过出售保险，定期（通常为一个季度）收入保费。如果信用事件发生（债券违约），则 CDS 购买者（被保人）将把债券转让给 CDS 出售者，并从 CDS 出售者那里收入债券的面值。[①]当信用事件发生时，CDS 合约结束。

保险费支付额的高低是以 CDS 价差的方式报价的（例如，每年 100 个基点）。实际支付的金额大小是由（随支付期限的长短来）按比例调整的价差乘以名义本金来计算的。由于 CDS 价差是在市场上报价的，所以，当 CDS 被出售时是不进行现金交换的。这意味着在交易开始时，CDS 的价值为零。下面给出的是 CDS 的运作过程。

【例 7.7】 *规避违约风险*

- WB 基金公司已经买入了 CE 公司发行的债券。该债券期限为 5 年，年息票率为 5.5%，名义本金为 500 万美元。养老金基金经理担心 CE 公司因经济衰退而在明年发生利息支付违约，她想在不出售债券的情况下规避该违约风险。
- 为了规避明年 CE 公司的违约风险，WB 公司买入 1 年期的 CDS，名义本金为 500 万美元。CDS 价差报价为每年 400 基点，每季一付。
- WB 基金公司每季支付的保费为：

$$(0.04 \times (1/4) \times 500 \text{ 万} = 5 \text{ 万美元})$$

- CDS 的出售者无论哪一种情况先发生，即，在 CDS 到期之前或 CE 公司债券发生

① 这是实物交割。如果是现金交割，则互换的买方收入债务面值与（通常通过拍卖来确定的）违约债务的市场价格之间的差价。

违约风险之前，每季得到保费支付。当违约事件发生时，CDS出售者向WB公司支付500万美元，并随后拥有CE公司的债券。

但是，对上述简单的CDS进行定价并不容易。在本书的第26章我们将阐述标准CDS的估价公式。在讨论资产担保证券时也涉及CDS，即ABS CDS，不过，它们产生的现金流是不同的(Jarrow，2011)。

本章小结

1. 我们强调组合与分解法，即，衍生工具可以被分解成几个部分，或与其他衍生工具组合，从而创造出新的产品。

2. 一旦理解了搭积木的原理，人们便开始从事金融工程，即，把工程方法运用于金融经济学。

3. 所谓互换，是指两个互换对手在一定期限内进行一系列现金支付的交换。互换有助于交易对手将一种现金流转换成另一种现金流。互换交易是场外交易，可以根据对手的需求度身定制。最简单的互换交易有以下结构：

a. 普通利率互换交易中，互换的是固定利率与浮动利率支付。由于双方从不进行本金交换，所以被称为名义本金，该名义本金只被用来计算现金流。当现金流是由一种货币来计值时，双方可以进行净额结算。

b. 外汇掉期是指在进行一笔现汇交易之后，在未来某一日期，再从事一笔方向相反的(本金加上相关利息)等额的货币交换。

c. 普通货币互换(或交叉货币互换)是指两个互换对手之间进行以下安排：(1)在起始日，进行两个不同币种的等额交换；(2)在互换的期限内，双方进行两种货币贷款的利息支付；(3)在互换到期日，双方进行本金的再次互换。

d. 商品互换是指互换对手进行的是某一商品名义数量的平均价格与固定支付额之间的交换。

e. 权益互换是指双方进行固定利息支付与挂钩某一股票或某一股指的浮动支付额之间的交换。

f. 信用违约互换是债券的定期保险单。

案例分析

时代之镜公司PEPS方案回顾(哈佛商学院案例296089-PDF-ENG)。该案例着重分析了为增值普通股节税方案而设计的溢价权益参与证券。

罗纳普朗克公司的私有化——1993(哈佛商学院案例295049-PDF-ENG)。该案例描述了一家最近实施私有化的法国公司如何利用金融工程为雇员设计一个投资计划以增加

他们持有的公司股份。

ICICI 银行对汇率风险的咨询服务(哈佛商学院案例 205074-PDF-ENG)。该案例分析的是一家印度大银行如何利用包括利率和货币的互换、期权和期货合约在内的各种衍生工具,来规避其承担的利率和汇率风险。

习题和思考题

1. 请简单描述普通利率互换。互换双方在交易的起始日和到期日是否进行名义本金的支付?

2. 请简单描述货币互换。互换双方在交易的起始日和到期日是否进行名义本金的支付?

3. 一个普通的利率互换与货币互换有什么不同?

下列两个问题基于以下信息:

一家美国汽车公司与一家欧洲汽车公司从事了一笔普通货币互换。美国公司按照年利率 8%筹集到 3 000 万美元,欧洲公司按照 9%筹集到 3 300 万欧元。双方将各自得到的贷款进行互换,互换期限为 3 年,并且每年年底双方进行定期支付。

4. 请问:互换的本金是多少?双方在互换的起始日和到期日是否进行本金的交换?

5. 请计算两家公司在互换交易中发生的支付总额,并阐述清楚各自支付给对方的是什么资金。

下列两个问题基于以下信息:

E 银行与互换交易商 L 从事了一笔普通利率互换交易。E 公司向 L 每年支付 8%的固定利率,并从 L 那里收入 bbalibor+1.5%的浮动利率。本金为 1 500 万美元,互换期限为 5 年,双方在每年年底进行定期支付。

6. 请问:互换的名义本金是多少?双方在互换的起始日和到期日是否进行本金的交换?

7. 哪一方在互换中收入固定利率?哪一方在互换中支付固定利率?

8. 请计算互换中涉及的净支付额,并阐述清楚,如果在第 1 年、第 2 年、第 3 年、第 4 年和第 5 年底,bbalibor 分别为 7%、6.5%、7%、7.5%和 6%,那么,在每一种情况下谁向谁支付了什么?

接着例 7.5 以及从拓展 7.1 延伸出来的例 7.5(续):

- 汽车制造商从事一笔本金为 2 亿美元,期限为 3 年的互换。
- 即期汇率 S_A 为每英镑 2 美元。A 公司将筹集到的 2 亿美元(1 亿×2)给 B 公司,而 B 公司将筹集到的 1 亿英镑给 A 公司。
- 在 3 年中的每一年年底,A 公司向 B 公司支付本金 1 亿英镑的 4%的利息,B 公司向 A 公司支付本金 2 亿美元的 6%的利息。

现在假设两家公司每 6 个月进行支付:互换交易在 6 个半年支付之后结束,双方在互换到期时进行本金的再次互换。

9. 利用下面给出的(每6个月到期的)零息债券价格,计算这一互换的价值。

美国(本国)和英国(外国)市场上零息债券价格

至到期日时间(年)	美国(本国)零息债券价格(单位:美元)	英国(外国)零息债券价格(单位:英镑)
0.5	$B(0.5) = 0.99$	$B(0.5)_E = 0.98$
1	$B(1) = 0.97$	$B(1)_E = 0.96$
1.5	$B(1.5) = 0.95$	$B(1.5)_E = 0.93$
2	$B(2) = 0.93$	$B(2)_E = 0.91$
2.5	$B(2.5) = 0.91$	$B(2.5)_E = 0.88$
3	$B(3) = 0.88$	$B(3)_E = 0.85$

10. 如何利用货币互换来规避汇率风险?

11. 如何利用利率互换将固定利率贷款变成浮动利率贷款?

12. 请问:一家存贷银行如何利用利率互换使其长期固定利率投资与其短期浮动利率活期存款负债的风险相匹配?

13. 什么是权益互换?什么是商品互换?

14. 假设一个投资者因政府监管不允许购买一个国家的股票但可以投资该国的政府债券。请设计一个互换交易来规避监管。

15. 什么是外汇掉期?如何操作外汇掉期?

16. 在第2章中,我们描述了美国国债STRIPS是如何运作的。请解释华尔街公司是如何通过金融工程设计出类似于STRIPS的产品的。

17. 什么叫可赎回债券?何时会用到此类债券?

18. 什么叫可卖回债券?何时会用到此类债券?

19. 什么是可转换债券?你怎样将其分解成简单的部分?如何定价?

20. 请上网或借助于其他资料,回答以下问题:

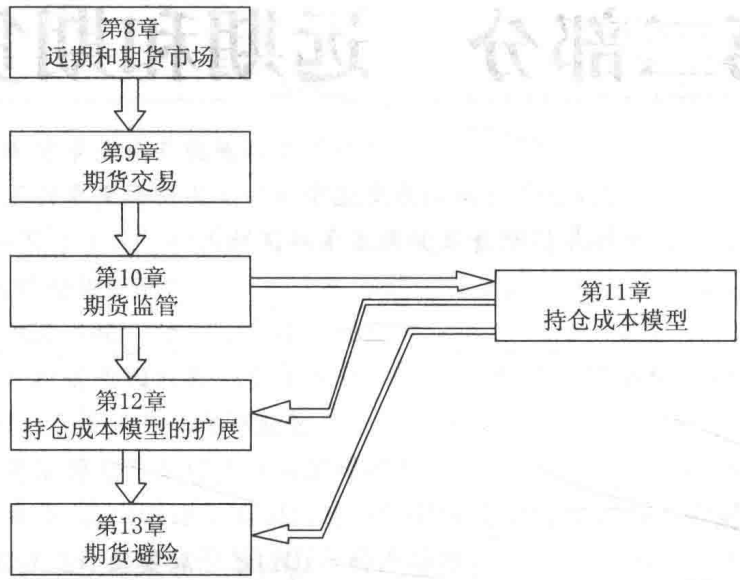
a. 请简单描述美国政府出台的不良资产处置计划(TARP)。

b. 该计划中曾经使用了什么衍生工具?为什么美国政府将该"毒药"当作衍生工具合约进行交易?

c. 你如何对TARP中使用的证券进行定价?

d. 请站在今天的角度,讨论该计划的成功之处。

第二部分　远期和期货


第8章
远期和期货市场
第9章
期货交易
第10章
期货监管
第11章
持仓成本模型
第12章
持仓成本模型的扩展
第13章
期货避险

▶8

远期和期货市场

8.1 引言

在1688年，世界上第一个期货交易所堂岛大米交易所成立。它位于当时被称作“国家厨房”的日本商务中心——大阪。如果当时你掌握大米，那么你就掌握了日本经济。堂岛大米交易所设计了一套与当今期货交易具有诸多共同特征的交易体系。一天的交易时间是由壁炉系统决定。早晨，市场伴随着悬挂木盒中烛芯的燃烧开始，并在烛芯完全燃尽后闭市。如果烛芯熄灭得早，那么当天的所有交易将被取消。你可以想象亏钱的交易员是多么努力地使烛芯早点熄灭，而赢钱的交易员和交易所工作人员努力阻止此类计划。不好的情绪有时通过争吵和互殴得到释放（参见 Alletzhauser，1990；West，2000）。甚至在当今期货交易所的交易大厅内，此类冲突也会偶尔爆发。

正如这则故事提及，情绪（和赌注）在期货交易所可能很高涨，而它的运作原理将在本章中进行阐述。我们开始学习第4章中提到的远期和期货。我们将讨论远期和期货合约的有用性并阐述一段简史。尽管期货合约已经在很多时候和地方进行交易，但现代期货合约的改革始于19世纪中期的芝加哥，并在大约75年里完成。在几十年的相对平静之后，20世纪70年代见证了期货市场翻天覆地的变化。这些发展可以归为四个类别：(1)新期货合约的引入，(2)新交易所的开设，(3)交易所之间的合并和更紧密的联系，以及(4)自动化交易。最后，我们考察黄金期货合约并学习期货价格是如何在财经新闻中被报道和被供应商报价的。

8.2 远期和期货的应用和用途

远期和期货市场突飞猛进的增长（并且规模巨大的证券市场不会凭空存在）说明它们一定在经济体中起到了非常重要的作用。而且这种增长不仅仅局限于像玉米和黄金这样的商品期货。20世纪70年代见证了基于金融资产（例如外币）和经济或金融变量（例如利率）的金融期货的引入和应用。这些合约已经变得炙手可热。

包括那些基于金融资产和金融变量发行的远期和期货的效用是什么？期货和远期将

投资者带到一个超越股票和债券的投资领域，引用电影《星际迷航》(*Star Trek*)中的台词，就是，这个领域是“前无古人(where no man has gone before)”的。思考下列观点：

(1) 通过事先买入远期和期货，交易商使得因供求不匹配带来的期货价格波动变得平缓。

(2) 远期是指在未来一个日期以固定价格购买一种商品。期货很少用于资产交易，因为要支付包括实物运输在内的诸多成本。但是，它们的特征使其成为了出色的价格风险管理工具。

(3) 远期和期货使市场更加完整。在一个完整市场中，充分的证券交易让投资者可以构造能够获得所有未来可能回报的概率分布的资产组合。

(4) 它们帮助交易商投机。投机者在绝大多数期货市场上处于有利地位。投机者增强了流动性和市场有效性，但是不稳定性投机也有可能发生，我们将在第 10 章中讨论几个操纵案例。

(5) 它们允许投资者对资产使用杠杆并且持有大量不与现金绑定的交易仓位。但是，就像投机一样，杠杆是把双刃剑，并且有时候弊大于利。例如，期货赌注摧毁了英国两百年来受人尊重的巴林银行。

(6) 远期和期货的交易过程产生了关于期货价格预期的重要信息，因此这个过程被称为价格发现，此项功能将在第 10 章进行更详细的阐述。

8.3 远期和期货发展简史

远期交易始于早期文明的初期(见表 8.1)并持续至今。据推测，现在远期市场是期货市场规模的好几倍。要解释这个现象，注意外汇(“forex”)远期是构成世界最大金融市场之一的外汇市场的很大一块。互换可以被看作一系列远期合约，其市场规模有数万亿美元之大。

表 8.1 远期和期货型合约的早期交易

年　份	发　展
公元前 2000 年及以后	远期合约在希腊、印度和罗马帝国交易
公元 11、12 世纪及以后	中世纪集市
1531	第一个商品交易所成立于比利时的安特卫普
16 世纪 50 年代及以后	期货和期权合约在荷兰阿姆斯特丹交易
1571	英国伦敦皇家商品交易所
1688	堂岛大米交易所在日本大阪成立

远期和交易所交易的期货历史可以分为 3 个阶段：

(1) 远期和期货型合约的早期交易。远期合约在世界很多地方分别交易。有时它们在当地市场中心按照规范化的交易规则和被一些学者标签为期货合约的合同条款进行交易。

(2) 现代期货合约的演变。如今的期货合约成形于 19 世纪的美国，并在随后的 75 年中发展为现在的形式。

(3) 自 20 世纪 70 年代以来的发展。在 20 世纪最后 30 年里，各种期货产品的设计和

销售令人眼花缭乱。交易所合并，新交易所出现，然后交易所开始建立联系。另外，交易开始变得更加自动化，把经纪人和交易商从配对过程变为让交易商们通过电子交流进行互动。

8.3.1 远期和期货型合约的早期交易

远期合约总是用来规避风险。公元前2000年的印度已经有远期合约交易出现，而在古希腊和罗马、中世纪欧洲以及日本，远期合约交易出现于17世纪（见表8.1）。

按照罗马帝国的规定，中世纪的欧洲演变成城邦。在第二个千年，国家建立了贸易展览会，来自不同地区的商人前来卖他们的商品。贸易让所有人获益：商业蓬勃发展，王国得以兴盛，并且君主得到税收。商业法出台以管制和协调贸易、使合同标准化以及解决纠纷。在现货市场上，商品被交换成金属货币或者其他产品。

久而久之，交易凭证便形成了。交易凭证（fair letter）指定未来某一天在一个固定地点交割商品。这极为方便，省去了拖着大批商品从一个地方到另一个地方的麻烦。交易凭证为存放在安全仓库中的货物所有权提供证明。此外，它们变得可转让，在结算之前可以转手多次。交易凭证是远期合约和今日期货的前身。

但是一年中交易会只举办几次，所以一个必然的发展趋势是：建立买卖双方定期进行交易的交易所。这个开辟者就是比利时的安特卫普市。在1531年这个城市建立了交易所，次年对合约执行实行规则管理办法，并在接下来的10年间建立了一套法律框架以支持金融交易。金融和商业交易欣欣向荣，衍生工具合约蓬勃发展，投机活动（包括政治事件投机和通过外汇期权的赌注）变得猖獗，操纵商品价格成为对市场的威胁。

与此同时，阿姆斯特丹成为粮食、鲱鱼以及其他散装大宗商品的主要市场（见Gelderblom and Jonker，2005）。由于担心投机者会利用衍生工具来操纵价格，而操纵食物价格将导致社会动乱，因此政府政策经常在禁止和允许远期交易间摇摆。但是在禁止时，市场并没有消失。市场只是转移到地下。记录表明，阿姆斯特丹的谷物交易商在16世纪50年代和接下来的几十年里同时使用期货和期权。随后，市场扩大到包括远期、期货和股票的看涨、看跌期权。

1571年由伊丽莎白一世揭幕的伦敦皇家交易所是最早的商品交易所之一。如今交易所的原址已是一家高档的购物商场。但著名的伦敦金属交易所和伦敦证券交易所都是溯源到皇家交易所。

正如第2章提到的，世界上最古老的证券交易所于1602年在阿姆斯特丹设立。随后期货和期权合约开始交易。同一时间郁金香在荷兰变得日益受到追捧。几十年后，荷兰人就卷入了一场不寻常的稀有郁金香球茎投机热潮，并且设计出期货和期权来辅助公众投机。正如其他价格泡沫一样，当价格猛然下跌以及衍生工具交易枯竭时，著名的郁金香球茎价格泡沫破灭。

正如本章开篇曾提到的，堂岛大米交易所于1688年开设。因其合约标准化、具有固定期限、准备金要求，并且有清算所，它是公认的世界上第一个组织有序的期货市场。超过1 300名交易所会员在此交易大米凭证，他们根据交易凭证来界定其在仓库中存放大米

的所有权。就像之前描述的一样，交易通过壁炉系统来决定。West(2000)认为，壁炉系统促进了交易的相互监督，并阻止了价格操纵。交易所运营了几百年，并因战时控制一度关闭。

8.3.2 美国期货交易所和现代期货合约的演变，1848—1926 年

不管其他地方有趣的发展，芝加哥交易所(CBOT 或者 CBT)的建立开始了 19 世纪中期芝加哥的现代期货交易。为什么是芝加哥？芝加哥位于密歇根湖风岸，“风城”很靠近美国中西部的农场地区。19 世纪，芝加哥成为美国农产品主要的运输和配送中心。农民将他们的谷物用船运输到芝加哥，然后大部分又向东运往绝大多数美国人口居住的东部。

但是农产品贸易季节性强。当丰收时，农民带着他们的谷物涌入芝加哥，谷物价格暴跌；然后如果谷物数量合适并且变得紧俏时价格又上涨。因此就有必要建立集中市场来调节这样的供需不平衡。期货市场的设计就是为了填补这个空白。

为了使谷物按照标准化的质量和数量交易，82 名商人在 1848 年建立了芝加哥交易所。现货市场立即开始运行，紧接着有了更多发展。表 8.2 描述了美国期货交易是如何逐步发展并完善至今。在 1849 年和 1850 年间，目的地交货合约(to arrive contract)开始慢慢增加，它是一种在固定地点交易的简单期货合约。该合约允许农民以事先固定的价格卖出谷物。这些合约协商从丰收时期开始以周为间隔而交割。芝加哥交易所十分活跃。

表 8.2 当今期货合约的演变(1848—1926 年)

年 份	发 展
1848	芝加哥交易所为谷物标准化交易而建立
1849—1850	目的地交货合约开始在芝加哥交易所交易
1865	芝加哥交易所设立一般性规则来使期货合约标准化；要求交易商缴纳保证金
1874	芝加哥农产品交易所为进行农产品交易而设立；它在 1898 年成立了芝加哥黄油和鸡蛋交易所；1919 年，它和自己的清算所构成芝加哥商业交易所
1877	芝加哥交易所允许投机者进行交易
1882	纽约商业交易所建立
1925	清算所在芝加哥交易所建立

19 世纪 60 年代中期，芝加哥交易所使交易现代化并且使合约在规模、商品质量、交割日期和地点方面进一步标准化。这些合约开始被称作期货。最为主要的是，芝加哥交易所还要求债券买卖双方缴纳保证金。这规避了交易对手的风险。芝加哥交易所在 1877 年允许投机者进行交易。在此之前，只有生产者和购买者才能交易。相比之下，投机者只为利润交易，并没有避险目的。

与此同时还有进行黄油、鸡蛋、家禽和其他农产品交易的需求。对这些商品进行交易的商人们在 1874 年成立芝加哥农产品交易所；随后在 1898 年发展为芝加哥黄油和鸡蛋交易所，并在 1919 年形成了芝加哥商品交易所(CME 或 Merc)。它以交易奶制品、肉类和家禽等传统期货合约而广为人知。

这些发展使得芝加哥成为美国商品交易中心。此时纽约的发展滞后于芝加哥。在 19

世纪，纽约发展得很繁荣，但当时储藏、定价和运输农产品、奶制品和肉制品的基础建设很缺乏。为了解决这个问题，一群商人建立了纽约黄油和奶酪交易所，并在 1882 年更名为纽约商业交易所(NYMEX)。另外一个主要的美国期货交易所——由四家小交易所合并形成的纽约商品交易所(COMEX)在 1933 年成立。纽约商品交易所之后成为黄金、白银和铜期货的主要交易场所。

另外一项创新是伴随着 1925 年芝加哥交易所清算所的建立和 1919 年芝加哥商品交易所的重组而出现。正如前面提到的，在交易所交易的衍生工具市场，清算所对买卖双方匹配，接受和记录交易，以及(近乎)规避双方违约风险起着至关重要的作用。这些发展几乎创造了我们今日了解的期货合约。

8.3.3 近年的发展，1970 年之后

期货市场自 1970 年以来经历了巨大变化(见表 8.3)。我们将这些变化归纳为四个类别：(1)新期货合约的引入，(2)新交易所的开辟，(3)交易所之间的合并和更紧密的联系，以及(4)自动化交易。

表 8.3 自 1970 年以来期货交易历史的里程碑

年 份	发 展
1972	第一个成功的金融期货——外汇期货开始在芝加哥商品交易所新建的芝加哥国际货币市场(IMM)交易
1973	芝加哥交易所成员创建芝加哥期权交易所
1974	美国国会通过商品期货交易委员会法案并成立商品期货交易委员会
1975	第一个利率期货——政府国民抵押协会期货合约开始在芝加哥交易所交易
1977	国债期货开始在芝加哥交易所交易
1981	第一个现金结算合约——欧洲美元期货——开始在芝加哥商品交易所交易
1982	由期货行业的公司和从业人员自己组织的美国期货协会建立
1982	美国国债期货的期权开始在芝加哥交易所交易
1982	第一个指数期货合约——价值线指数期货——开始在堪萨斯城交易所交易；仅仅几个月后，标普 500 股票指数期货开始在芝加哥商品交易所交易
1984	芝加哥商品交易所/新加坡国际金融交易所共同交易通道，即第一个国际期货通道建立
1992	全球电子交易系统 Globex 由芝加哥商品交易所和路透社发起

1. 新期货合约

当汇率稳定时，没有规避外汇风险的需求。然而在 1971 年布雷顿森林体系后期，汇率由固定变为浮动。这使人们对规避外汇风险的衍生工具的需求突然增加。在 1972 年，芝加哥商品交易所随之设立国际货币市场(IMM)来从事外汇期货交易。因为第一个金融期货的成功交易，七种外币期货开始在芝加哥国际货币市场交易。如今最活跃的十大交易合约中绝大部分属于金融期货。玉米、小麦和其他农产品期权长达一个世纪以来的主导地位很快消失。

芝加哥国际货币市场的建立是个关于学术思想和市场实践相互作用的有趣故事(见《城市新游戏》，《华尔街日报》，1972 年 5 月 16 日)。经济学家和诺贝尔奖得主米尔顿·弗

里德曼(Milton Friedman)对芝加哥国际货币市场的建立起了关键作用。他的自由市场理论受到了包括芝加哥商品交易所主席利奥·梅拉梅德(Leo Melamed)等诸多人的支持。弗里德曼是实行固定汇率的布雷顿森林体系的坚决反对者,他在1967年认为英国英镑价值高估,于是在提供必要的担保后,他通过三家芝加哥银行卖出英镑远期。但是觉得好笑的银行工作人员拒绝了教授的出价,因为他们认为这一外汇交易不会带来任何"商业利益"。1971年11月13日,梅拉梅德在早餐时遇见弗里德曼,征询他对开设货币期货市场的意见。弗里德曼强烈支持这个想法,并且接受委托执笔写了题为《对货币期货市场的需求》的可行性研究报告。弗里德曼具有重大意义的研究和他坚定的支持帮助克服了监管抵制。在1972年5月16日,芝加哥国际货币市场开张,芝加哥商品交易所成为了第一个成功建立金融期货市场的交易所。

但是交易所的运作不是总能成功。1970年,由纽约农产品交易所的会员成立的国际商业交易所,是世界上第一个货币期货交易所,然而该交易所于1973年关门。它的运作失败可以归纳为几方面原因:(1)错误的时机(它成立时,布雷顿森林体系仍然在实行),(2)小交易所的局限性,(3)合约规模较小,(4)没有充分推动自身发展,(5)较高的保证金要求,以及(6)较昂贵的经纪费(见《城市新游戏》,《华尔街日报》,1972年5月16日)。

20世纪60年代是美国的繁荣时代。大丰收降低了农产品的价格,但是美国政府的价格支持政策将价格撑住①,并且没有出现波动。结果是,衍生工具没有了存在的意义,农业期货市场完全枯竭。为了寻找新方法增加收入,芝加哥交易所的会员们开设了世界上第一个期权交易所,也就是芝加哥期权交易所(CBOE)。

新产品和新市场为监管带来新的需求。1974年,美国国会通过了《商品期货交易委员会法案》(Commodity Futures Trading Commission Act, CFTC),依据该法案,成立了"期货交易联邦监管机构"。在1982年,全国期货协会(National Futures Association, NFA)建立。全国期货协会从事大量自律活动,从而(记得第1章中提到的)提高期货市场的声誉并减少更大程度的监管需求。

20世纪70年代,石油危机和其他供给问题导致通货膨胀率大幅度上扬,进而带来利率的剧烈波动。1975年,芝加哥交易所为保护抵押持有人规避利率风险,发起政府国民抵押协会[GNMA,又称吉利美(Ginnie Mae)]期货。这是第一个利率衍生工具。由于1977年美国开发的美国国债期货能够更好地规避同类风险,这种合约便自然消亡(见Johnston and McConnell, 1989; Duffie, 1989)。尽管吉利美已经消亡,但它引发了全球市场中大量利率衍生工具的创造,其中就包括1981年芝加哥商品交易所开发的欧洲美元期货。

欧洲美元期货是世界上第一批以现金结算的期货合约。一般来说,当期货合约进行交割时,卖方收集交易价格并且交付基础商品。现金结算期货合约不涉及实物交割。如果持有到期,现金支付等于合约期末的结算价格与前一天的结算价格的差额。

现金结算允许期货合约持有到期,用托马斯·艾略特的话说,就是:"不是轰隆一响,而是唏嘘一声。"由于免去了运输的麻烦,因此基于名义变量如指数、利率和其他无形资产

① 见约瑟夫·索利文(Sullivan, 1988)的回忆录。索利文绰号"期权先生",负责芝加哥期权交易所的发展——最初在芝加哥期货交易所任副主席,后担任芝加哥期权交易所第一任主席。

的衍生工具的设计成为可能。

1982年,期货期权和股指期货期权问世。在第5章中,我们已经介绍了基于基础资产或者名义变量的现货期权。诸如福特公司和IBM公司的蓝筹股期权就是简单的例子。相比较下,期货类期权或者期货期权以期货合约为基础资产。这个市场以1982年美国国债期货业务的运作为起点。如今,大部分期货期权与其基础期货合约一起在各自的交易所中进行交易。

指数期货自然成为下一个开发内容。指数期货是以指数作为基础变量的现金结算期货合约。美国最早的期货交易所之一——(1856年成立的)堪萨斯城交易所是最早从事指数期货交易的交易所。1982年,经监管机构的批准,该交易所发起了价值线指数的期货交易。价值线指数是著名投资建议提供者价值线公司跟踪超过1 700支股票得到的平均值。几个月后,芝加哥商品交易所引入标准普尔500指数期货,并迅速超越前者。指数期货在实施包括避险、投机和指数套利在内的不同交易策略中广受欢迎。

随后几年,各种各样的新期货合约不断涌现。包括芝加哥商品交易所集团和纽约泛欧交易所在内的各大交易所,都先后提供了美元(欧洲美元)、欧元、日元和英镑等主要货币的利率期货合约。另外,各大交易所还推出了短期基准利率的期货交易,基准利率的确定方法类似bbalibor(见第2章),并用IBOR或者BOR(代表"银行间利率")后缀。这类例子还包括布达佩斯的BUBOR、中国香港的HIBOR、韩国的KORIBOR、莫斯科的MOSIBOR和斯德哥尔摩的STIBOR利率期货。欧洲共同体的出现创造了市场对以欧元为基础的期货的需求。只需打开《华尔街日报》的"金钱与投资"板块或者上网进入任意一家期货交易所就能发现期货合约的多元化。

2. 新建立的交易所

从交易量来看,世界上最大的一些期货和期权交易所是在近年来开设的。正如表4.2所示,例如,新交易所如欧洲期货交易所、美国的国际证券交易所、墨西哥衍生工具交易所、中国上海期货交易所和中国台湾期货交易所,以及印度全国证券交易所的排名已经跻身于芝加哥商品交易所集团和伦敦金属交易所行列。甚至在一些如孟加拉国、洪都拉斯、拉脱维亚和突尼斯这样的国家里,其新兴金融市场中都已有期货交易所。总之,现在已有将近100家期货交易所存在。它们大多借鉴了美国期货交易所的经验,甚至依靠美国技术专家建立(回顾拓展4.2)。

2000年以来,美国在衍生工具领域长期以来的主导地位受到挑战。穿过大西洋,欧洲已创建了以欧洲共同体为首的共同市场。在1998年中期,为了在变化时期处于有利地位,两个重要的欧洲交易所——德国期货交易所(交易所从1989年成立之初就是全电子化期货交易)和瑞士期权与金融期货交易所开始交易,并通过统一技术平台欧洲期货交易所进行结算。欧洲期货交易所是完全分散式的系统,其运作与场外交易市场非常相似。无论会员身在何方,只要连上全球网络便可进入。欧洲期货交易所因拥有大量可选择的衍生工具,已超越了芝加哥交易所和芝加哥商品交易所,在1999年完成合约3亿,2000年该数目为4亿,成为第一大衍生工具交易所。

2000年,阿姆斯特丹、布鲁塞尔和巴黎股票交易所合并产生了泛欧交易所。2002年,它兼并了伦敦国际金融期货和期权交易所,并与葡萄牙证券交易所合并。公司的全球衍

生工具业务(泛欧交易所与纽约证券交易所合并,另外还兼并了其他交易所)已经跻身表4.2中全球前五大交易所行列。韩国期货交易所排名第一。自从2005年1月27日以来,韩国期货交易所变为新成立的韩国证券交易所的一个部门。当欧洲期货交易所每年的合约交易量刚刚超过10亿时,2003年韩国期货交易所的合约交易量达到了令人惊愕的29亿,2004年达到25亿,占全球合约数量的25%。2010年,韩国证券交易所的交易量是令人震惊的37.48亿,而排名第二的芝加哥商品交易所集团的合约交易量为30.80亿(见表4.2)。它们交易量的很大部分来自韩国综合股价指数期权(KOSPI)。

3. 合并与联系

欧盟的口号"多元一体"是对当今金融世界的恰当描述:大量在远距离、多元化产品线的交易通过迅猛发展的电子终端与客户连接。第一个全球期货连接是在1984年成立的新加坡国际货币交易所,它是第一个在亚洲建立的金融期货交易所,与芝加哥商品交易所建立共同交易通道。这些做法史无前例。

近些年有延长交易时间的趋势。1992年发起的全球电子交易系统(Globex)是由全球新闻供应商英国路透社运营的自动下单撮合交易系统。该交易系统起初是为芝加哥商品交易所发起的全球电子交易系统,参与者包括巴西圣保罗股票商品期货交易所、马来西亚证券交易所、绿色交易所、迪拜商品交易所、韩国证券交易所和明尼阿波利斯谷物交易所。全球电子交易系统将上百个终端与相互联系的全球网络连接。其开盘时间比芝加哥商品交易所稍晚,而收盘时间比芝加哥商品交易所常规交易时间稍早,大多数在芝加哥商品交易所上市的期货和期权产品的交易为23小时。如今,常规交易时间已经意义不大。许多期货合约的交易做到了真正的国际化并且不分昼夜。

在20世纪的最后10年里,长期出现在企业界的兼并收购,也出现在期货市场上。2007年4月4日,泛欧交易所与纽约证券交易所合并成立了纽约泛欧交易所(NYSE Euronext)。在很多年里,芝加哥商品交易所和芝加哥交易所为争夺美国期货交易所的头名而激烈竞争。但是在2007年它们合并成立了芝加哥商品交易所集团(CME Group)。在1994年早些时候,纽约商品交易所与纽约商品期货交易所合并。2008年,纽约商品交易所成为芝加哥商品交易所集团的全资子公司。目前,芝加哥商品交易所集团运作四大指定合约市场,这和商品期货交易委员会监管下的传统期货交易所类似[见第10章商品期货现代化法案(2010)讨论]。

4. 自动化交易

正如第3章所讨论的,先进的计算机技术通过电子化交易所、网上经纪账户和互联网的普及,改变了证券交易。为了方便,我们将技术的实施过程分为一级、二级和三级技术层面。一级技术层面是极少机械化的传统证券交易系统;二级技术层面是在交易开始阶段用电脑代替个人直接向交易所经纪商下单的中间模式;三级技术层面是完全电子化交易。很多如波士顿期权交易所、泛欧交易所和韩国期货交易所等新建的交易所都以完全电子化的交易所形式起家。许多历史悠久的交易所,如纽约泛欧交易所集团旗下的伦敦国际金融期货交易所和特拉维夫证券交易所都已不做产品的人工喊价,交易都已开始完全通过计算机完成。面对这样的发展,市场观察家们预测,自动化和电子化代替场内交易是大势所趋。

8.4 期货合约特征与报价

这里，我们将讨论期货合约的规范以及价格和交易是如何被记录的。

8.4.1 商品和金融期货合约

期货合约被分为商品或者金融期货。**商品期货**通常是指以牲畜、咖啡、铜矿和玉米这样的商品为基础的期货合约。**金融期货**是指基于如债券、货币的金融资产，甚至像股指、利率这样的名义变量的期货合约(见表 8.4)。①

交易所间更紧密的联系很大幅度上扩大了期货交易的可选范围。大部分期货，特别是在美国交易所交易的期货拥有相似的特征。由于“看到其中一个就像看到所有一样”，我们选择其中一个流行的合约，并检验其规范。因为很多美国交易所都有黄金期货交易，在至少 10 个国外的交易所也是如此，因此黄金是很自然的选择。

表 8.4 在美国交易的期货合约示例

类 别	示 例 商 品
商 品 期 货	
谷物和油籽	玉米、大豆、麦子、油菜籽等
牲畜与肉类	牛、猪肉、生猪等
食物和纤维	咖啡、橙汁、蔗糖、棉花等
金 属	铜、金、铂金、银等
能 源	原油、燃油、天然气、电等
其他产品	氨、木材、夹芯板等
金 融 期 货	
利 率	加拿大债券、欧元银行间拆放利率、欧洲美元、国库证券等
货 币	欧元、比索、英镑、瑞士法郎等
指 数	道琼斯、纳斯达克、日经、标普 500 等

8.4.2 黄金期货合约

让我们来考察一下在芝加哥商品交易所集团旗下纽约商品交易所交易的黄金期货的规范(见例 8.1)。②

① 法律上的“商品”具有更为广泛的定义，包括近乎所有的商品和服务(见《美国法典》第 1a 部分第 1 章(商品交易所)第 7 小节(农业))，在法律定义下，金融期货被认作商品期货。

② 资料来源：2012 年 1 月 7 日，www.cmegroup.com/trading/metals/precious/gold_contract_specifications.html。

【例 8.1】 在芝加哥商品交易所集团旗下纽约商品交易所交易的黄金期货合约

- 识别期货合约的交易或者订单符号。黄金期货合约的订单符号是 GC。
- 交易月是指合约交割月份。黄金期货合约总是在“当前日历月交割;在接下来的两个月;23 个月内任何的 2 月份、4 月份、8 月份和 10 月份;以及本月开始的 60 个月内任何的 6 月份和 12 月份”。①表 8.5 给出了这些合约的实际价格范围和交易月份。对于一些商品交易选择交易月份十分重要。尽管全年黄金产量十分平稳,但是在一年里有规律地隔一段时间进行交割仍是有意义的。农产品期货总是在丰收期出现集中交易月。
- 交易单位或者合约单位(也称正常交易单位)是每份合约 100 金衡制盎司。一些商品有多样的数量规模。芝加哥商品交易所集团旗下的纽约商品交易所进行微型 miNY 50 盎司黄金期货合约交易(订单符号是 QO)和全球电子交易系统进行基于 10 金衡制盎司黄金的电子黄金期货交易(订单符号是 MGC)。
- 交易所的公开竞价交易时间(所有时间都按照美国东部标准时间)是上午 8:20 到下午 1:30。电子交易是通过芝加哥商品交易所集团的全球电子交易系统平台,从周日下午 6 点开盘到周五下午 5:15 点收盘交易,并且每日下午 5:15(交易日当日)和下午 6:00(下个交易日)之间有 45 分钟休息时间。合约也在芝加哥商品交易所清算平台(CME Clear Pot)交易。它是一种场外交易清算系统,其交易时间与全球电子交易系统相同。
- 报价是按照美元和盎司计价。如果报价是 500 美元,那么合约的头寸大小是 500×100=$50 000。
- 最小价格波动或最小变动价位衡量的是最小价格跳跃。黄金期货合约的最小变动价位是 10 美分($0.10)每盎司黄金或者每合约$10。例如,如果黄金期货价格是$500.00,那么下一个更高的价格就是$500.10,再下一个是$500.20,以此下去。每次价格跳动,多头头寸利润和空头头寸损失$10。如果价格从$500.00 下跌到$498.50,那么多头头寸每合约损失$150。
- 每日价格最大波动或者每日价格限制是每日允许的最大价格变动。有些商品具有价格限制(细节请见相关交易所网站)。如果期货价格上涨达到上限,则合约涨停;如果下跌到下限,则合约跌停。当此类涨跌停牌出现时,交易便停止。为什么要设立价格限制?支持者(包括很多监管机构)认为价格限制通过强制交易员在价格巨大变动后冷静下来从而减少“疯狂状态”并降低价格波动。反对者(包括很多经济学家和金融学术者)相信价格限制创造的人为壁垒妨碍了正常的供需关系,并且没有起到任何有益作用。
- 最后交易日是交割月的倒数第三个到最后一个工作日。这是到期黄金期货合约在本月可以交易的最后一天。
- 交割是期货合约结束的传统方式。黄金期货合约下的黄金交割必须附带一个黄金提炼商赋予的一个系列数码和识别印记,并且经交易所许可且上市才行。交割

① 资料来源:2012 年 1 月 7 日,www.cmegroup.com/trading/metals/precious/gold_contract_specifications.html。

的黄金实物必须来自交易所许可的仓库。

- 除了实物交割，合约也可能在进行期货合同的实物交易所(EFP)结束。此情形下，买卖双方私下协商期货头寸兑换成等量的实物头寸。实物交易所的地址与交易所大厅不同。
- 交割期限是指交割可以进行的时段。第一个交割日是交易月的第一个交易日，而最后交割日是这个月的最后一个交易日。像大多数期货一样，如果要交割实物，黄金期货合约的卖家决定交割是否发生，什么时候开始走流程以及交割等级如何。这个十分关键，因为以往卖家通常是持有要出售实物商品的避险者。
- 以结算价交易允许交易商以当日收盘价作为交割价在交易时间中交易。这仅仅适用于特定月份。
- 交割级别和质量规格方面，在交易中，卖方必须按照买方可接受的含量和精度等众多规格交割100盎司黄金(只要有要求，交易所会告知细节)。
- 头寸限制约束了投机者持有特定商品的合约数量(更多细节请见相关交易所网站)。头寸限制是为了防止交易商进行市场操纵，即通过积聚大量多头寸来挤压看空卖家。许多远期和期货市场操纵案例将在第10章中讨论并揭示其真实风险。
- 保证金是开户和保持期货头寸的安全性存款。非会员持有投机头寸必须保持每份合约的初始保证金(开户时的安全性存款)。维持保证金是如果账户余额下降到这个水平，交易商必须补给资金以使得保证金维持在初始保证金水平。具体美元保证金要求，请见相关交易所网站。

8.4.3 黄金期货报价

线上新服务、网站和很多大型日报上都对期货进行报价。虽然报道方式有些不同，但是我们这里只讨论芝加哥商品交易所的黄金期货报价。表8.5给出了纽约商品交易所网站上2007年8月24日(周四)的报价(该合约目前是在芝加哥商品交易所集团的纽约商品交易所交易；网上有报价①)。报纸提供了基本信息，如合约交易地点、合约规模和报价。这些冗余的信息在纽约商品交易所网站上并不报道。

第一栏列出的是交割月份，其次是最后交易价格：2007年12月份合约的价格是$678.00。许多交易所都以合约月份的公开竞价时段开始每个交易日。在此时段中，最开始的一些竞价和交易价格决定了开盘价或者开盘范围。这个可以产生不同的高开或者低开价格，例如2007年12月份合约的价格可以是$671.20或者$670.90。常规的交易在每个人有机会以开盘价执行交易后开始。

最高价和最低价是每天每份合约的最高和最低交易价格。2007年12月份黄金合约的最高价格是$679.00，而最低价是$666.70。最高和最低之间的价差决定了交易环节的交易区间。

① 资料来源：见www.cmegroup.com/trading/metals/precious/gold_quotes_globex.html。

表 8.5　2007 年 8 月 24 日(周四)纽约商品交易所黄金期货收盘价格

黄金(纽约商品交易所分支,纽约商业交易所)100 盎司;$ 每盎司										
	上一收盘价	开盘最高价	开盘最低价	最高价	最低价	最新结算价格	变动	未平仓量	预计交易量	最后更新
2007.08	668.10	n/a	662.10	668.80	662.10	668.00s	+0.1	261	204	2007 年 8 月 24 日 2:57:39PM
2007.09	667.00	659.60	659.60	667.00	659.60	668.70s	−1.7	234	41	2007 年 8 月 24 日 2:58:42PM
2007.10	671.20	665.00	664.00	673.10	661.00	671.50s	−0.3	35 815	2 069	2007 年 8 月 24 日 3:32:29PM
2007.11	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0	n/a	n/a	n/a
2007.12	678.00	671.20	670.90	679.00	666.70	677.50s	+0.5	188 352	59 490	2007 年 8 月 24 日 3:41:59PM
2008.02	683.00	n/a	673.90	683.10	673.00	683.40s	−0.4	16 264	659	2007 年 8 月 24 日 1:49:42PM
2008.04	679.40	679.40	679.40	679.40	679.40	689.10s	−9.7	17 710	9	2007 年 8 月 24 日 1:41:15PM
2008.06	694.00	685.00	685.00	694.00	685.00	694.70s	−0.7	14 606	37	2007 年 8 月 24 日 1:42:53PM
2008.08	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	700.10s	0	7 541	47	2007 年 8 月 24 日 1:41:15PM
2008.10	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	705.50s	0	1 469	n/a	2007 年 8 月 24 日 1:41:15PM
2008.12	710.00	n/a	701.30	710.00		710.90s	−0.9	15 978	181	2007 年 8 月 24 日 1:41:15PM
2009.02	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	716.60s	0	11 076	n/a	2007 年 8 月 24 日 1:41:15PM
2009.04	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	722.20s	0	1 630	n/a	2007 年 8 月 24 日 1:41:15PM
2009.06	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	727.80s	0	10 983	n/a	2007 年 8 月 24 日 1:41:15PM
2009.12	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	744.90s	0	2 566	n/a	2007 年 8 月 24 日 1:41:15PM
2010.06	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	762.30s	0	2 569	n/a	2007 年 8 月 24 日 1:41:15PM
2010.12	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	780.10s	0	2 585	n/a	2007 年 8 月 24 日 1:41:15PM
2011.06	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	798.10s	0	1 724	n/a	2007 年 8 月 24 日 1:41:15PM
2011.12	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	816.50s	0	1 035	n/a	2007 年 8 月 24 日 1:41:15PM
2012.06	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	835.90s	0	0	n/a	2007 年 8 月 24 日 1:41:15PM

就像开始一样，交易结束的方式也很特别。交易结束前总是最繁忙的时候。因为此时许多交易商为了避免隔夜头寸保证金而进行平仓。结束前短短的这段时间称为收盘，或者交易的最后时间，也被称为交易关闭时间，此时收盘价或者收盘范围产生。

对于交易活跃但价格波动很小的合约，交易所清算委员会将从收盘价范围中选择一个作为结算价格，通常是最后一笔交易价格。结算价格（简称结算）是合约收盘时的公允价。对于2007年12月份合约来说，最近的结算价格是$677.50。这个任务对于交易较少的合约来说更困难。例如，2008年4月份合约交易了9份合约，其中有可能是在收盘前几小时进行交易。但是更多合约，如2009年2月份合约、4月份合约和6月份合约根本没有交易。这种情况下，结算委员会认为这些期货价格存在价差。不同期限的期货价格的价差是平稳的。例如，4月份和2月份合约结算价格的价差是$5.70，6月份和4月份合约的价差是$5.60，以及8月份和6月份合约的价差是$5.40。这里2009年2月份和4月份合约的价差与2009年4月份和6月份合约的结算价格（合约不包括目前交易量）价差确定在$5.60。

下一栏反映了与前一交易日相比，合约结算价格的变化。例如2007年12月份合约结算价上升了$0.50并达到$677.50。

一些表格反映的历史最高价和最低价是指自合约月份进行交易开始至今，所记录的最高和最低交易价格。这类信息此处没有。

未平仓量是特定到期月份的未结清合约数量。2007年12月份有188 352份未平仓合约。这类合约必须以平仓、交割或者实物交易的方式结束。

现阶段对2007年12月份的预计交易量是59 490份合约，并且最后更新给出了最后一笔交易的时间。

8.4.4 交易所和清算所

美国股票交易所受一系列严密的规章制度监管。长期以来，它们是自愿、非营利性组织。个体交易商持有交易会员或者席位。交易席位带给会员宝贵的特权，例如经营现场经纪生意、拥有在现场交易的特权、更低的交易佣金和参与交易所监管的能力。因此，交易席位像其他资产一样可以被买卖和租赁。席位的交易价格反映了交易大厅的利润空间。在过去，美国大型交易所的席位的单价已经超过$400 000。

美国的期货交易所通常都有清算所分支。有时交易所是非利润机构，其股东是交易所的会员。例如交易清算公司的董事会过去是芝加哥期货交易所的交易清算所。其他时候，它们作为交易所的一部分设立，例如芝加哥商品交易所的结算中心为芝加哥商品交易所的交易服务。有时一些交易所共用一个清算所：国际商品清算所为很多英国期货交易所进行结算，而期权清算公司为众多美国期权交易所提供结算业务。

清算所是期货交易所建立的基础。正如前面所提，它有几个功能：它结算交易（并且针对每份合约收取一定的清算费用），确保每位合约交易商交易的顺利进行，并向清算会员收取保证金。清算所中因为匹配账簿，所以没有市场风险，但是它有对手方风险。为了规避此类信用风险，它有几层金融保护。最高层的保证金，规定会员必须在清算所保证一

定资金量。在会员违约的情况下，清算所首先用其保证金交付，然后从会员保证金中支付，随后是清算费基金盈余，最后根据制定的条款从所有会员的保证金中支付。

私有化浪潮最近冲击着期货交易所。许多美国期货交易所正在转型为股份制营利性公司。在2000年11月，芝加哥商业交易所和纽约商业交易所都成功地进行了股份制改革，并且在特拉华合并成立公众持股公司。特拉华是一个很小的州，但是它宽松的公司法律法规吸引了众多公司来此注册。会员随后成为股东。美国还属于追随者，而不是遥遥领先，因为世界上许多交易所已经作为营利性公司而设立。

8.5 商品价格指数

我们已经用了如道琼斯工业平均指数和标准普尔500这样的股票市场指数来理解股票市场历史，判断市场走势，评估组合表现，以及甚至作为衍生工具的基础。在商品市场上，指数还能扮演这类角色吗？答案是肯定的。

考虑图8.1中的路透/杰弗里斯CRB指数，这个商品价格指数将在之后讨论。在20世纪50—60年代，通货膨胀率很低，商品价格相对稳定，所以波动性也不是人们关注的焦点。20世纪70—90年代，商品价格的波动性增大，但是指数还无法呈现这一趋势。2003年之后，商品价格波动性不仅增大而且呈现明显的上升势头。这并不惊讶，商品价格波动性增大伴随着商品期货的大量交易。拓展8.1展示了一个有趣的争论，关于商品期货价格在牛市和熊市中的波动方向。

资料来源：www.crbtrader.com/crbindex/images/crb-ci.gif。

图8.1 路透CRB指数（1956—2012年）

一些商品价格指数应运而生。最受欢迎的商品价格指数是路透/杰弗里斯CRB指数（RJ/CRB），它计算了19种不同商品期货价格的平均值。自从商品调查局在1957年第一次计算开始，为了提供“一个流动性更强且和经济更加相关的基准来及时并准确地呈现资

产组合中的商品”，路透/杰弗里斯 CRB 指数经历了数十次修改。[①]第十次修改(2005)结束了之前的等权重和将商品分为四类的做法。第一类包括三种石油产品，剩下的类别包括能提供流动性和多元化利润的众多商品。

还有其他一些商品价格指数在美国也颇受欢迎。标准普尔发布世界产品权重：基于 24 种商品价格的标准普尔高盛综合商品指数。它分别包括四个与标准普尔高盛综合商品指数相关的指数：现货指数、超额回报指数、总回报指数以及期货价格指数。1998 年开始的道琼斯—AIG 商品指数(DJ-AIGCI)由基于 19 种实物商品的期货合约指数组成，计算过剩和总回报的基点以反映现货和远期指数，并且可以用美元以及其他几种外币表示。罗杰斯国际商品指数(RICI)是由商品投资者詹姆斯·罗杰斯在 1998 年开发(见 RICI 手册，2008)。相比其他指数，该指数涵盖了更多商品价格，它是与全球经济包括不同国家不同交易所中以不同货币计价期货交易相一致的美元总回报指数。

这些指数有何特点？首先，因为这些指数都是加权平均，发展迅速的能源板块拥有更高的权重，该权重从路透/杰弗里斯 CRB 指数和道琼斯—AIG 商品指数中占 30%，已经上升到 2008 年标准普尔高盛综合商品指数中占 70%。第二，由于这些指数是基于在常规基点上到期的短期期货合约，因此指数经理必须定期将相似的新合约代替到期期货合约，进行期货指数展期。第三，许多衍生工具的建立基于这些指数。例如，交易所交易基金或交易所交易型票据以这些指数为基础，并且期货或期货期权都是按这些指数交易。交易所交易基金类似于共同基金但是在交易所按照实时基准交易(见拓展 12.2 对于交易所交易基金的讨论)。交易所交易型票据是承销银行发行的债券，承诺按照市场基准(像商品价格指数)或一些投资效益支付回报(扣除费用)。

拓展 8.1 末日论者与繁荣论者

关于商品价格未来走势的对立观点

第一阵营，一般称为末日论者，其观点始于伟大的英国经济学家托马斯·马尔萨斯，他的人口增长经济学被称为马尔萨斯主义。[②]他认为随着生产力增长和新大陆的发现，食物供给按照算数比例增长，例如 1，2，3，……但是由于人口按照几何比例增长，例如 1，2，4，8，……因此，像战争、饥荒和瘟疫这样的事件将控制人口增长，相对于食物增长，人们总是只能维持温饱水平。无怪乎经济学也被称为悲观科学。

在此思想基础上，末日论者学派认为人口增长和有限的自然资源造成的供给缺乏会迫使商品价格上升。

新马尔萨斯主义的一个杰出代表是斯坦福大学教授保罗·埃利希，他在 1968 年《人口爆炸》一书中警告说：“让所有人吃饱的战斗已经结束，在 20 世纪 70 年代，不管是否有毁

① 见手册《CRB 指数：汤森路透/杰弗里斯》第 6 页；资料来源：www.jefferies.com/pdfs/TRJCRB_Index_Materials.pdf。

② 出生于富裕开明的英国家庭，托马斯·罗伯特·马尔萨斯(1766—1834)在他父亲等一系列家庭教师的指导下，获得了剑桥大学的奖学金和荣誉毕业生的称号，成为了黑利伯瑞的东印度公司学院的历史和政治经济学教授，并在接下来被推选为伦敦皇家学会和法国、柏林皇家学会会员，以及组建了伦敦统计学会。

灭性事件发生，成千上万的人将被饿死。”尽管其预言并没有实现，但是这本书售出了超过三百万本，并且因唤起人们对环境问题的重视而赢得赞赏。

反方阵营，一般称为繁荣论者，拥护自由市场环境，认为自由市场、合法权利和良好的法律体系将保护市场环境。他们驳回了对方的繁荣或者毁灭。他们提及20世纪70年代的高通胀，实际价格并没有证明缺乏性的增长将会导致价格明显上升趋势。

第二阵营的代表是朱利安·西蒙（生于1932年），在1998年逝世前曾是马里兰大学教授。1981年他的《最终的资源》一书挑战了马尔萨斯毁灭论，并提出了一个代替解释。他认为人类的发明和适应能力是最终的资源。西蒙证明了在通胀和工资上涨后所做的调整，使得原材料价格在过去十几年间下降。引用披头士的歌词来说，“它总是在变好”。

末日论者与繁荣论者的赌注

繁荣论者西蒙与末日论者埃利希基于他们的观点打赌（见《当繁荣论者抨击末日论者，一个新的赌注——生态与经济巨头的冲突重新点燃了一场关于地球未来的辩论》，《华尔街日报》，1995年6月5日）。打赌的情形是这样的：在1980年9月29日，埃利希用200美元纸币分别买入五种策略贵金属（铬、铜、镍、锡和钨）。如果10年后，它们的通货膨胀调整价格上升，那么西蒙将支付每个组合的通货膨胀调整价格。如果下降，那么西蒙将会收到相应金额。注意，教授们正在交易一种衍生工具，它的本质是价格调整过的远期合约组合。

埃利希和他的同事发现了一个套利机会：“我和我的同事，约翰·霍尔德伦（加州大学伯克利分校）以及约翰·哈特（劳伦斯伯克利实验室），在其他人参与进来之前，一起接受了西蒙令人惊讶的邀请。10年后，由于众多原因，其他人无礼地参与进来，五个贵金属的真实价格和其中三个的名义价格下降。”有线杂志（《末日论者》，www.wired.com/wired/archive/5.02/ffsimon_pr.html）报道了其对末日论者感情的彻底受伤，因为西蒙给了埃利希和他的同事选择这五种金属的权利。一个月后，打赌结束，埃利希教授静静地给西蒙教授寄去了价值$576.07的支票。

本章小结

1. 远期和期货合约都锁定了未来的交易价格。它们有很多不同：与远期不同，期货合约是（1）有监管的，（2）交易所交易，（3）标准化的，（4）流动的，（5）清算所担保，（6）可调整保证金，（7）每日结算，（8）通常早于到期日结束，以及（9）可选择交割日期。

2. 期货和远期用途广泛：（1）它们能够使因供需不匹配而造成的价格波动变得平稳，（2）它们创造了完全竞争市场，（3）它们帮助人们参与投机，（4）它们允许交易商对资产使用杠杆，（5）它们使有效交易具有可能性，以及（6）它们帮助发掘有效信息以及辅助价格发现。

3. 远期交易历史悠久。今日的期货合约始于19世纪的芝加哥，在随后的80年里发展成现在的样子。自从20世纪70年代以来期货的种类之多可谓是令人惊讶，其中主要是

金融期货创新，此外，交易所合并，新的交易所出现以及全球电子交易代替传统交易方式。

4. 期货合约的标准化提高交易速度。期货合约的规范在交易所网站上可见。

5. 许多卖主给出期货合约报价。一个典型的报价表给出开盘价、交易日最高和最低价格、结算价、与前一交易日清算价格的变动、历史最高和最低价格、每一合约的未平仓量及其他信息，例如某商品的预计交易量和总未平仓量。

6. 有些商品价格指数如路透/杰弗里斯 CRB 指数、标准普尔高盛综合商品指数、道琼斯—AIG 商品指数家族和罗杰斯国际商品指数都用以估测商品价格走势，并创造衍生工具来让投资者增加其组合中的商品价格敞口。

案例分析

芝加哥商品交易所集团(哈佛商学院案例 711005-PDF-ENG)。案例描述了全球最大的商品交易所——芝加哥商品交易所集团的期货和期货期权合约、历史、监管和公司面临的策略选择。

将场外交易回归交易所：泛欧交易所伦敦国际金融期货交易所推出的 ABC(哈佛商学院案例 706489-PDF-ENG)。案例考察了在场外交易进行匹配、结算和确认服务等情形下，价值创造、市场设计和衍生工具交易所竞争地位等问题。

经验学习？布鲁克斯利·伯恩和场外衍生工具市场(A)(哈佛商学院案例 311044-PDF-ENG)。案例研究了场外衍生工具市场的一般监管，监管不当或许是 2007—2009 年金融危机爆发的一大因素。

习题和思考题

1. 全球第一个现代期货交易所是何时何地建立的？阐述该交易所如何进行交易。

2. 讨论自 1970 年以来期货合约发展历史的四个不同类别，并分别给出每个类别下两个主要发展例子。

3. 期货交易的三个不同技术层面是什么？并为每个技术层面下的交易举例子。

4. 简要描述一下期货市场每日价格限制的利弊。

5. 思考一个完全不流动的期货合约不进行交易。这个合约是否需要结算价格？如果需要，那么交易所如何决定该结算价格？

6. 阐述收盘价和结算价的不同。它们是相同的还是不同的？哪个价格是被用来盯市的？

7. 为什么早期美国商品期货市场是由美国农业部直接监管控制？这在 1974 年发生了怎样的改变？

8. 如果监管不利于商业，那么，为什么美国期货协会对其会员进行大量监管？

9. 思考黄金期货合约在芝加哥商品交易所集团旗下的纽约商品交易所交易。什么是交易单位规模和最小变动价位?

10. 使用表 8.5，2008 年 6 月份期货合约的最新结算价格是什么？最新结算价格是什么意思?

11. 使用表 8.5，2008 年 6 月份期货合约的未平仓量是多少？未平仓量是什么意思?

12. 使用表 8.5，观察 6 月份期货合约的开盘价、最高价和最低价，阐述该期货合约在这段时间中的价格变化趋势。

13. 使用表 8.5，观察哪三个期货合约交易最活跃?

14. 简述第一个利率衍生工具合约的历史。

15. 第一个现金结算期货合约是什么？如今它们还在交易吗?

16. 第一个指数期货合约是何时何地开始交易的？讨论该合约成功或失败的因素。

17. 现在期货合约只在美国交易所交易吗？阐述你的观点。

18. 期货合约的交易主要是为了避险、投机还是两者都需要？请阐述你的观点。

19. 阐述远期合约在过去几个世纪交易的原因。它们起到了什么经济作用？相比远期合约，期货合约有什么改进？请阐述你的观点。

20. 关于末日论者与繁荣论者，请回答以下问题：

a. 埃利希和西蒙教授提出的相对观点是什么?

b. 请描述繁荣论者与末日论者的赌注以及打赌结果。

▶9

期货交易

9.1 引言

电影《颠倒乾坤》中描绘了一场戏剧性的期货交易。一个特定场景中，丹·艾克罗伊德和艾迪·墨菲非常紧张地进入交易所，卖空橙汁期货。但他们很快意识到，强大的公爵兄弟正试图垄断橙汁期货市场。这是基于对橙子生产州遭霜冻损害的预期，一些交易商认为公爵兄弟掌握了橙子损失程度的内幕消息，继而参与竞争。期货价格上涨，丹、艾迪和其他出售者很快意识到他们正陷入无底洞。突然一切反转，商务部长通过电视宣布霜冻绕开橙子生产州，这意味着橙子的大丰收及价格疲软。丹和艾迪陷入狂喜，橙汁期货价格急速下跌，他们大赚了一笔。公爵兄弟也破产了，一切都发生在一个小时内。尽管电影是虚构的，但也反映出了期货交易的阴暗面(它被指与下章节所讲的亨特兄弟的白银操纵故事雷同)。

结合电影，联系全文，本章主要阐述期货合约交易的机制。我们首先介绍经纪人、交易员和其他交易所参与者；然后列举多种进入和退出期货交易的方式；随后阐述保证金和每日结算；接着介绍多种期货合约和远期价格；最后探讨期货价差交易策略。

9.2 经纪人、交易员和期货业

经纪人将买方和卖方进行匹配，从中赚取佣金，同时也代表客户交易和结算；交易员在没有其他人提供更高的价格时买入并持有期货。就像二手车交易员持有汽车，然后以零售价格进行交易一样，期货市场上的交易员持有期货合约，并竞价、询价以使收入最大化。此外，经纪人和交易员也是第一层次的市场监管者，因为他们有责任向交易所监管部门和政府监管者报告不规范及欺诈行为。

期货市场中的经纪人和交易员可以作为散户进行交易，也可以形成协会、合伙公司、公司、甚至托拉斯，他们必须向 CFTC(美国商品期货委员会)登记。2009 年，CFTC 登记并监管超过 66 000 个使用个人账户帮助散户进行期货交易或为其自身账户从事交易。①

① 资料来源：www.cftc.gov/reports/par/2009/2009par050104.html。

任何人要想开立期货交易账户，必须通过期货佣金商(FCM)或者在期货佣金商那里注册的介绍经纪人(IB)。介绍经纪人的作用和责任是有限的：一个介绍经纪人可以寻求或接受指令，但必须再传递给执行经纪人(通常是期货佣金商)去执行。介绍经纪人不能接受资金，资金必须直接存入执行经纪人。相反，期货佣金商提供期货交易的一站式服务，包括销售、执行指令、接受客户支付的资金、为客户提供贷款、持有保证金存款、制作交易文件、维持账户和交易记录。期货佣金商也被看作佣金公司或电讯公司，雇佣一些通常被称作账户执行人、期货业务员、注册商品代表或者顾客接待员的人。实际上，期货业务员是一个包罗万象的类别，它指的是那些在 FCB、IB 或农产品期权交易商办公室处理客户的个人。①

场内经纪人(FBs 或 pit brokers)在交易所内执行客户的交易。同样在交易所内的还有为自己账户交易的场内交易商(floor trader 或 locals)。为了扩大利润，经纪人们通常捆绑在一起形成一个经纪人协会。这个经纪人协会的每个成员知道其他成员的未完成指令，并且有责任去执行这些指令。经纪人共同努力可以更好地操作大额的尤其是涉及几种不同期货的复杂指令。与此同时，协会成员共担交易活动中的收支和盈亏。

人们去哪寻求交易建议？找商品交易顾问(commodity trading advisors)，他们通过时事简讯提供观点或者通过个人观点向客户提供建议。他们大多数是技术分析师，通过过去的价格变动去预测未来价格走势。

想和专业经理人一起投资，你可以去找商品基金经理人(commodity pool operators，CPOs)。他们运作商品基金，这是一种共同基金，从事期货投机。这些基金很少有业绩良好的，回报通常为负值，若回报为正值，也往往低于风险调整后的市场表现。再者，他们收取大额管理费用并要求高额保证金存款。

9.3 期货合约的场内交易

尽管电子交易迅速抢占市场份额，但在大多美国期货交易中，场内交易仍然是主导的交易方式。例 9.1 讨论了场内交易的几个方面。

【例 9.1】 场内期货交易

交易大厅

在交易所大厅，期货交易在交易大厅内或交易池内进行。它是一个内陷的多边形的环状空间。从外面看，台阶的第一级略微高起，从外围通过向下的台阶通往中心。台阶外的是协助场内经纪人的站立书记员。里面的台阶上是场内经纪人和交易员。最活跃的合约通常是最邻近交割日的合约，它在场内最高一级台阶上交易，这一台阶最接近期货佣金商的电话桌。一些区域可能被分成处理不同交割日期交易的楔形的几条。每一个交易所有许多不同的区域用于交易不同期货，黄金可能在这个区域，白银则在另外一个区域等等。

接到一个交易指令后，期货佣金商在交易大厅内的书记员会下单给传递员，传递员将

① CFTC 术语表定义了农产品期权交易商为“任何请求或进入未执行、已执行或遵守交易规则的所列举的农业商品期权的人”。

其交给场内经纪人或其场内助手。

如果是市价指令，它将立刻被执行，传递员将消息传回电话书记员，该书记员会将情况反馈给原始经纪人。如果是或有指令，例如一个限价指令，场内助手会把它放在一个合适的位置，场内经纪人会在合适的时间下单。

以公开喊价的方式交易，是指场内经纪人和场内交易员必须在交易大厅内喊出他们的买入价或卖出价以便其他人参与进来。信息也可能同时用手势传递，这种方法强调通过手势判断交易者意图。例如，手掌面对人群表示卖出指令，手掌面对自己表示买入指令。不同的伸出和攥起手指的方式表达数字。更先进的系统可以通过计算机终端和电子显示板展示价格。这一由交易商在一个特定位置喊出指令的交易方式的背后含义是，使每个人有参与交易的机会，从而使交易更透明，更好地体现期货的价格发现功能。

交易商清楚喊出和用手势示意的是以何种价格买入或卖出多少份合约。一个卖出黄金期货的指令可能喊出“1 at 1 000.8”意味着交易商想以 1 000.8 美元每盎司的价格卖出一份合约。一个买入指令可能喊出“1 000.3 for 3”，意味着她想以 1 000.3 美元每盎司的价格买入三份合约。这种反向喊出价格和数量是很必要的，以免由交易所内喊叫和噪声影响而产生混乱。如果最小报价单位或者最小波动价位是 10 美分每盎司（在芝加哥商品交易所集团的纽交所交易的黄金期货），报价是报到小数点后一位，而不是按照惯例的小数点后两位。

报价板

交易所显眼的地方有一块或多块报价板。它们以电子的形式，用大写字母显示重要的交易信息。图 9.1 显示交易日特定时段某黄金期货的样本报价板和自动收报机纸条，数据是假设的。

—交易合约的代码在表的最顶端给出。

—最上两行是开盘价格区间，995.1（美元每盎司）是开盘最高价，994.0 是开盘最低价。

—第 3 行和第 4 行是交易日当日实际记录的最高价（1 002.5）和最低价（994.0）。

—第 5 行是估计交易量——截至目前，143 份合约已经成交。

—第 6—13 行，显示最近 7 次的卖出和买入价，下一行是最后成交价（1 000.4）。价格后的 A 表示卖方报价，B 表示买方报价。其他所有价格都是真实交易价格。如果一笔新的交易发生，或者买入/卖出价格在交易所报出，则它会成为新的第 13 行的数字，其他数字上移一位。先前的最后成交价 1 000.4 现在是在 1 的位置（简记为 00.4），以此类推，最顶端的 1 000.3 被移除。

—第 14 行给出了价格变动净值（+5.4），这是当日最后成交价与前一交易日结算价之差。结算价和收盘价类似，它是保证金的计算基础。

—第 15 行给出前一交易日的结算价，995.0。

—最后，样本板的最后两行显示期货交易开始以来，最高（1 665.0，可能是交易价或出价）和最低（867.5，可能是交易价或要价）记录价格。

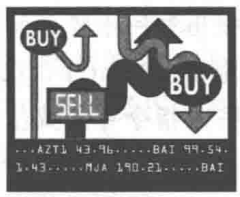
图 9.1 也显示了自动收报机条的一部分。这是一个交易中的自动收报机条，显示合约自动收报符号、最后成交价 1 000.4 和交易时间。许多收报条还显示额外的信息，包括成交量、买价/卖价的报价。

当交易狂热出现时会发生什么呢？在这种情况下，价格播报可能延迟，交易可能被视为速动市场。人们知道在混乱的情况下，报价板上呈现的价格和信息可能是不准确的。更少的价格出现在报价板上，例如，4 个价格代替原有的 7 个，其他的位置用“FAST”代替。

报价板

	交易合约的代码
开盘	995.1
区间	994.0
最高价	1 002.5
最低价	994.0
估计交易量	143
7	1 000.3
6	00.2A
5	00.5B
4	00.3
3	00.1
2	00.3B
1	00.3
最后成交价	1 000.4
价格变动净值	5.4+
结算价	995.0
历史最高价	1 655.0
历史最低价	867.5

自动收投机纸条



自动收投符号

1000.4　　时间

图 9.1　样本报价板和自动收报机纸条

交易的执行

当两个经纪人和交易员同意条款并完成交易时，交易被执行。然后他们在一张索引卡上记录价格、数量、交割月份、清算公司名称、初始对手方。他们将索引卡给报价人员，报价员会将交易记录在电脑系统，之后呈现在交易所内大的电子报价板上，同时通过自动收报机传递到世界各地。

期货交易的清算

交易结束，即为清算时间。在市场重开前，清算会员的代表和非清算会员将交易记录提交给交易所的清算公司。一旦记录匹配，清算所通过识别和记录它们来清算。这和股票交易中清算所的职能类似。然而，清算公司在衍生品交易中还扮演另一关键的角色。清算公司通过做每一个买方的卖方和每一个卖方的买方来保证合约执行（见图 4.6）。清算公司通过向清算会员收取保证金来保证交易的执行，而清算会员也向它们的客户或是通过它们提交交易的非清算会员收取保证金。当然，非清算会员也向它们的客户收取保证金。这是一个金字塔型的结构（见图 9.2）。有清算公司作为一个监管者存在，交易商们可以专注于交易策略而不用担心合约表现的潜在障碍或者违约风险。

交易出现差错：一个交易商的认定可能会被错误记录或者错误的价格被记录下来。

在这种情况下，交易不被清算，而是被算作错账。为了解决这个问题，每个经纪行会雇用一名错账职员，专门在清算时间关注记录，通过几轮的调和来匹配交易。大多数错账会在交易重启前自愿更正。没有解决的错账会通过仲裁或交易所的审判程序来处理。当然，电子交易不会有这些问题，但是仍有一些惩罚，因为指令输入错误是不能被更正的。

期货合约的结算

记住，期货交易按照公允价格进行，并且在交易开始时，没有现金换手。盈亏是在每一交易日结束时实现的，并且是分别计入贷方或借方的，在这一过程中交易商的保证金账户是每日结算的。本章的后面，我们会阐述如何进行操作。

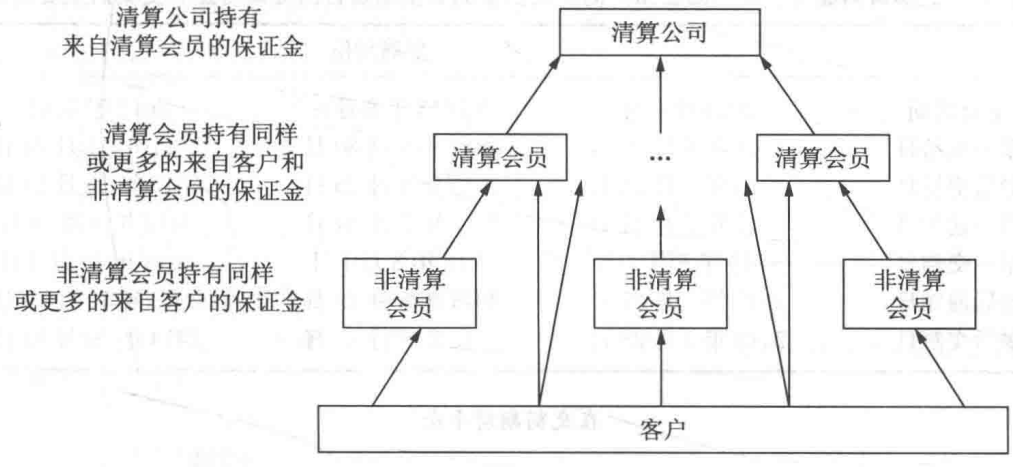


图 9.2 保证金的金字塔结构

9.4 期货头寸的买入和卖出

成为多头或空头方是很容易的：你只需打电话给经纪人，下达一个开盘指令。你也可以在到期前很轻松地平仓，即，对同种期货合约进行相反方向的操作，同时通知经纪人这是一个收盘指令。

正如你在第 1 章所见，有许多种下达指令的方法来开始或了结你的期货合约头寸，你也可以买卖场内交易证券。在合约到期前平仓并不是结束一个期货合约的唯一方法。有四种结束期货合约头寸的方法，再回顾一下之前看到的：平仓交易，实物交割、现金结算、实物交易（见图 9.3）：

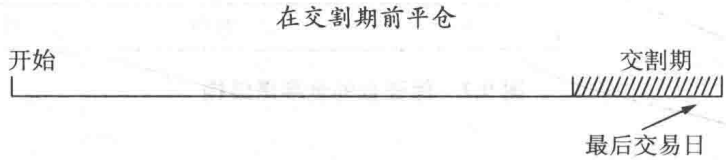
（1）平仓交易。假设你持有 12 月份黄金期货合约的多头。你有义务在合约交割期间以期货价格买入黄金。但可以通过平仓交易或反向操作提前结束合约头寸，你只需在同种 12 月份黄金期货合约上做空头。之后你有义务在 12 月交割时以期货价格卖出黄金。这样撤销了初始的合约头寸，告诉经纪人第二个交易是平仓交易，他将会把你的交易一笔勾销。期货交易中，有超过 95%的期货合约在到期前被平仓。

（2）实物交割。以往，这是了结期货交易的唯一方式。采用实物交割时，空头方从多头方处取得现金，并且取得一张代表在仓库中货物所有权的仓单或者代表某交易许可机构运输特定货物的运输凭证。期货合约明确①可接受的交割等级（一些合约允许给予折

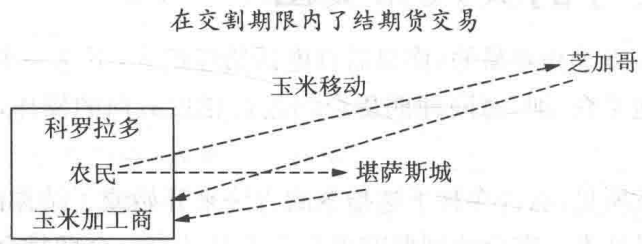
扣的替代或低级等级和附带额外费用的高级等级)，②可接受的交割时间(通常是最后交易月内，例如，包含最后交易日的月份)，③可接受的交割地点(依不同地点进行价格调整)。尽管概念相同，各交易所的交割方式却各不相同。对于大多数期货合约，空头方有权利发出交割通知。交易通常将他和最初存在的多头方匹配。在典型的交割过程中，会有第一通知日、最后通知日和最后交易日。第一通知日是空头方可以提交交割通知的第一天，最后通知日是最后一天。最后交易日通常是最后通知日的前一天或几天。交易通常不实际交割，他们只是明确交割过程如何进行。表 9.1 显示芝加哥商品交易所集团在纽交所的，2013 年 8 月和 10 月到期的 100 盎司黄金合约的到期和交割的重要日期。

表 9.1　芝加哥商品交易所集团在纽约商品交易所的黄金期货合约交易终止和交割的重要日期

	交割月份		
重要日期	2013 年 6 月	2013 年 8 月	2013 年 10 月
第一交易日	2008 年 6 月 30 日	2011 年 9 月 30 日	2011 年 11 月 30 日
最后交易日	2013 年 6 月 26 日	2013 年 8 月 28 日	2013 年 10 月 29 日
第一通知日	2013 年 5 月 31 日	2013 年 7 月 31 日	2013 年 9 月 30 日
第一交割日	2013 年 6 月 3 日	2013 年 8 月 1 日	2013 年 10 月 1 日
最后通知日	2013 年 6 月 27 日	2013 年 8 月 29 日	2013 年 10 月 30 日
最后交割日	2013 年 6 月 28 日	2013 年 8 月 30 日	2013 年 10 月 31 日

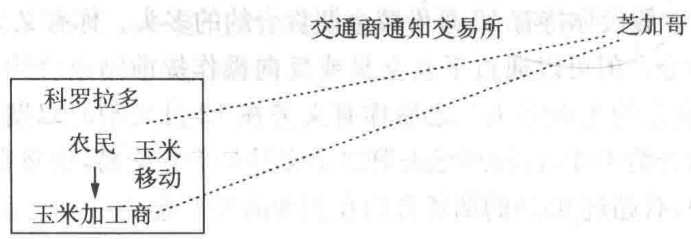


(a) 平仓交易(了结期货合约的最受青睐方式)



(b) 实物交割(不方便，交易成本高。例如，农民将玉米运往芝加哥或堪萨斯城交割玉米取得现金；加工商必须将玉米运回科罗多拉)

(c) 现金结算(没必要运送指定货物；合约通过最后交易日的保证金调整来结束)



(d) 实物交易(套期保值者避免了不必要的交易成本，例如，农民和加工商同意交割并通知交易所结束合约)

图 9.3　了结期货合约的四种方式

(3) 现金结算。在采用现金结算方式时,最后的调整是通过买卖双方的保证金账户平衡掉交易日结算价格和之前一天的结算价格的价差①,然后合约终止。

(4) 实物交易。另一种可能的方式是现货市场交易,双方真的有当前货物的买卖需求,并且通过期货多头和空头套期保值。这就叫做实物交易(EFP)。他们通知交易所和清算公司这笔交易,之后,他们的交易被清空。下面的例子显示这种方式是如何操作的。

【例 9.2】 实物交易

- 假设一农民在科罗拉多种植玉米。她卖出 50 份玉米合约去锁定她的卖出价格。一玉米加工厂位于农民五英里外。加工商买玉米并卖给加工玉米片的谷物加工商。玉米加工商买入 50 份玉米合约锁定买入价。双方交易者都是避险者:农民真的有卖出玉米的需求,同时加工商有买入需求。
- 在交割时间,为什么运输 25 000(=50 份合约 × 5 000 蒲式耳/每份合约)蒲式耳玉米到芝加哥或堪萨斯城,然后再运回科罗拉多?这会产生不必要的运输费用和时间推迟。
- 直接交易会更好:农民将玉米运送到加工厂并得到当日的结算价格(尽管规定允许实物交易以双方同意的价格进行)。双方将价格和数量报给芝加哥交易所,交易所会根据报告来匹配并结束 50 份多头和空头头寸。

实物交易近年来已十分流行。大多数石油期货是实物交易,并且实物交易在黄金和白银期货市场上不断增加。

9.5 保证金账户和每日结算

要买卖期货,交易者必须在经纪人处开立期货账户。开始一个期货头寸,必须缴纳初始保证金(或履约保证金),相当于履约债券。大多数交易所允许初始保证金以现金、银行信用证、短期国库券缴纳。经纪人如果是清算会员,将保证金存入交易所的清算公司;如果不是,她将保证金给清算会员,清算会员再交给交易所。这些钱保证了如果交易出现困难,这困难不至于影响到整个期货交易系统!

9.5.1 每日结算

当期货价格上涨,多头头寸得到价值。这是有意义的:如果你以一个固定价格买入某物,新的买入价上升了,你一定会获得利润。卖方的处境正相反。当期货价格上升时,多头方的账户贷记变动保证金,这种变动是前一交易日的结算价格变动,空头方账户会借记同一金额。这种在每个交易日结束时的增加和减少被称作每日结算。这种方式执行时,保证金账户被称作逐日盯市。交易者只需保持少量的保证金,通常是头寸规模的 5%或更低(例如,如果黄金期货的价格是 $1 000,初始保证金是 $5 000,那么 5 000/(1 000 × 100)

① 对于标准普尔 500 指数期货合约,最后交易日后的早晨开盘价被用来现金结算。这是避免和三巫时刻相联系的异常价格,三巫时刻是 3 月、6 月、9 月、12 月的第三个周五的交易最后一小时——这一天股指期货、股指期权、股指期货期权同时期满。

=5%)，并且仍能交易。

逐日盯市实际上降低了信用风险并且使期货比远期合约更安全。原理很简单。期货最大的损失是期货价格一日的波动。远期合约，最大的损失是整个合约存续期的远期价格变动。保证金缓冲了期货的较小风险，然而抵押品也缓冲了远期合约的较大风险。

下一个例子展示了期货合约的每日结算是如何进行的。

【例 9.3】 黄金期货合约的每日结算

- 在星期一这天，L 女士从 S 先生处买入 3 份黄金期货合约。双方都有保证金账户。我们将星期一记作时点 0，星期二记作时点 1，以此类推。合约在星期五(时点 T 或 4)当日交易结束时到期。为了方便起见，我们用当日结束的现货价和结算价进行说明。所有的价格和计算都以每盎司为基点。
- 星期一(时点 0)
  - —星期一，现货价格 $S(0)$ 是 \$1 000.00。
  - —星期五到期的合约在星期一的期货价格是 $\mathcal{F}(0, 4) = \$1\,000.60$。为了简便起见，我们省略期货价格符号 $\mathcal{F}(0, T)$ 中的 T，简记为 $\mathcal{F}(0)$。稍后当考虑不同到期日期货时，我们再重新介绍它。表 9.2 第一栏记录了交易日，第二栏记录期货价格。
  - —由于期货合约总是以平价结算，所以在星期一交易关闭时进入头寸是没有现金换手的。
- 星期二(时点 1)
  - — $S(1) = \$1\,006.00$。
  - — $\mathcal{F}(1) = \$1\,006.40$。
  - —昨天，L 女士锁定了星期五的黄金购买价，\$1 000.60。现在价格是 \$1 006.40，她很焦虑是可以理解的。然而，如果 S 先生支付给她价差，那她就没有区别。通过每日结算，这个差额 $\mathcal{F}(1) - \mathcal{F}(0) = \$1\,006.40 - \$1\,000.60 = \$5.80$，在星期二收市后贷记 L 女士的保证金账户(借记 S 先生的保证金账户)。这在表 9.2 的第三栏列示。L 女士的合约现在的期货价格是 $\mathcal{F}(1) = \$1\,006.40$。
- 星期三(时点 2)
  - — $S(2) = \$996.00$。
  - — $\mathcal{F}(2) = \$996.20$。
  - —L 女士将会为能在星期五以 \$996.20 的价格买入黄金而高兴，相反，S 先生会为这个价格卖出而不高兴。逐日盯市，L 女士的账户将会借记保证金变动 $\mathcal{F}(2) - \mathcal{F}(1) = \$996.20 - \$1\,006.40 = -\$10.20$。S 先生的账户将贷记同一金额。价值再次平衡。
- 星期四(时点 3)
  - — $S(3) = \$988.00$。
  - — $\mathcal{F}(3) = \$988.20$。
  - —L 女士的现金流为 $\mathcal{F}(3) - \mathcal{F}(2) = \$988.20 - \$996.20 = -\$8$。

- 星期五(时点 T 或时点 4)
  —$S(4)=\$995.00=\mathcal{F}(4)$。
  —星期五的交易结束时现货价格和期货价格相等。它们应该相等,因为期货合约到期瞬间和现货市场交易是一样的,因此期货价格必须和现货价格相等。
  —L 女士从 S 先生处得到 $\mathcal{F}(4)-\mathcal{F}(3)=\$995.00-\$988.20=\$6.8$。

表 9.2 L 女士的期货价格和保证金账户

日 期	期货结算价	期货结算价格变动	每日期货收益或损失(最后一栏×300)	基于先前平衡的利息	保证金账户平衡	保证金追加	保证金账户平衡(调整后)
星期一	$\mathcal{F}(0)=1\,000.60$				15 000.00		15 000.00
星期二	$\mathcal{F}(1)=1\,006.40$	5.80	1 740	1.50	16 741.50		16 741.50
星期三	$\mathcal{F}(2)=996.20$	−10.20	−3 060	1.84	13 683.34		13 683.34
星期四	$\mathcal{F}(3)=988.20$	−8.00	−2 400	1.64	11 284.98	3 715.02	15 000.00
星期五	$\mathcal{F}(4)=995.00$	6.80	2 040	1.50	17 041.50		17 041.50

这些调整是如何实际获取的呢?如果你的期货头寸升值,你可以拿走超出初始保证金的资金,但是如果价值下跌,经纪人就不舒服了。因此有一定的强制金额,即维持保证金(通常是初始保证金的 75%)需要一直维持在账户里。如果账户价值触及或低于这个标准,经纪人会要求你追加保证金,你需要立刻缴纳现金形式的保证金以使账户达到初始保证金要求。如果你不能追加保证金,你的经纪人会强行平仓。如果你的头寸在清算时发生亏损,则有可能被要求缴纳更多的现金来存入保证金账户中。为了避免这种麻烦,交易商通常持有的资金比要求的初始保证金要多一些。

实际上,其他的一些问题也需要被考虑到。例如,交易成本和保证金账户利息。若考虑这些因素,我们的讨论很快会变得很复杂,为了简化,我们仍拥护旧的准则"跟着钱走"。遵照这个准则,我们从一个账户持有人的视角,记录该保证金账户的现金流,包括每日利息。

【例 9.4】 保证金账户的现金流,包括利息收入

- 接着前一个例子,我们跟踪 L 女士的保证金账户,她在星期一以 $\mathcal{F}(0)=\$1\,000.60$ 每盎司的期货价格买入了 3 份黄金期货合约。我们将期货合约数量记为 $n=3$,将合约规模记为 $\kappa=100$ 盎司,保证金账户平衡为 $Bal(t)$,$t=0,1,2,3,4$,这些日期是期货存续期间的日子。
- 作为一名非交易所会员的投机者,L 女士必须保证商品交易所规定的初始保证金每份合约 \$5 000,合计 \$15 000,我们记作 $Bal(0)$。L 女士的保证金账户余额记录在表 9.4。她的维持保证金是每份合约 \$4 000。保证金账户余额赚取利息。假定利息率 $i(0)$在星期一是一个基点。假定隔夜的利率随时间随机变动,并在每交易日的开始公布。
- 星期二,黄金期货的结算价是 $\mathcal{F}(1)=\$1\,006.40$。L 女士的保证金账户贷记头寸价格的增长并赚取前一天账户余额的利息收益,价值显示在表 9.2 的第四栏和第五栏。星期二的保证金余额为:

$$
\begin{aligned}
Bal(1) &= [\text{期货价格(星期二)} - \text{期货价格(星期一)}] \times \text{合约数量} \times \text{合约规模} \\
&\quad + (1 + \text{每日利息率}) \times \text{保证金账户余额(星期一)} \\
&= [\mathcal{F}(1) - \mathcal{F}(0)] \times n \times \mathcal{K} + [1 + i(0)] \times Bal(0) \\
&= 5.80 \times 3 \times 100 + (1 + 0.000\,1) \times 15\,000 \\
&= 1\,740 + 15\,000 + 1.50 = 16\,741.50
\end{aligned}
$$

- 这个金额在第六栏。因为没有追加保证金的要求，我们在第八栏重复该数字。L女士如果想的话，她可以取走超额保证金$1 741.50。我们假定她保留在保证金账户中。
- 星期三，黄金期货的价格下跌至 $\mathcal{F}(2) = \$996.20$，L女士的期货头寸价值下跌。假设星期二的利率 $i(1)$ 是 0.000 11，新的保证金余额为

$$
\begin{aligned}
Bal(2) &= [\mathcal{F}(2) - \mathcal{F}(1)] \times n \times \mathcal{K} + [1 + i(1)] \times Bal(1) \\
&= -10.20 \times 300 + 1.000\,11 \times 16\,741.50 \\
&= \$13\,683.34
\end{aligned}
$$

- 她的账户余额现在是低于保证金的，因为它已经下跌至低于初始保证金水平了。经纪人此时尽管不舒服但不做任何事。
- 星期四，黄金期货价格又下跌$8。假定 $i(2)$ 是 0.000 12，新的保证金余额是 $Bal(3) = \$11\,284.98$。由于这低于维持保证金的水平 $3 \times \$4\,000 = \$12\,000$，经纪人要求追加保证金，以现金方式追加$3 715.02(在表9.2的第七栏记录，同时图9.4也有显示)。在完成追加之后，她的账户余额重新达到初始保证金水平$15 000，这个数字记录在最后一栏。注意，期货交易者被要求将保证金余额达到初始保证金水平，而不是像股票市场一样达到维持保证金水平。
- 星期五，期货价格上涨$8。如果 $i(3) = 0.000\,1$，她的保证金账户余额是$17 041.50。

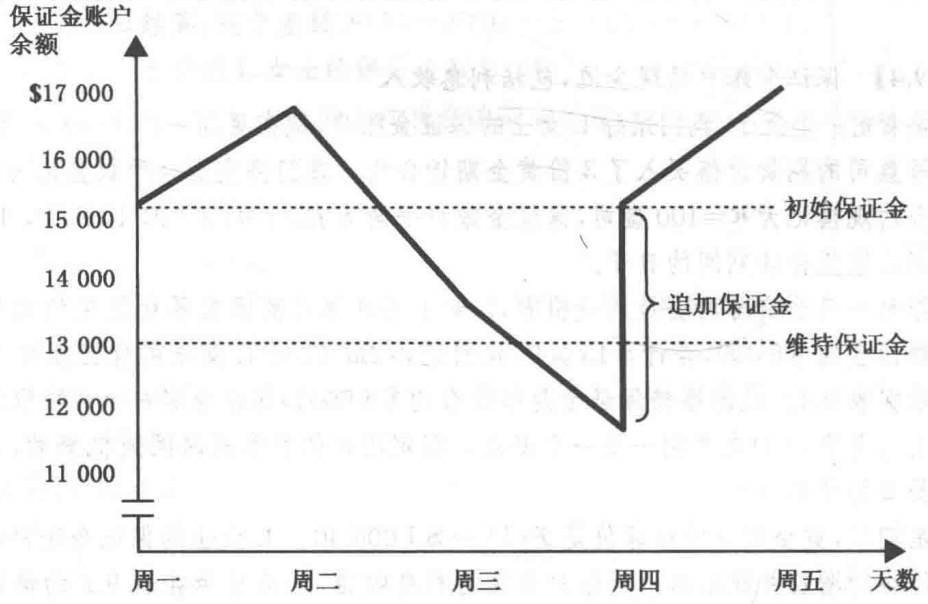


图 9.4 L女士的保证金账户余额

- 假设S先生持有交易的另一端。他的每日期货收益和损失恰是L女士的相反，但是他的保证金账户余额将得到不同的利息。同样，因为期货价格并没有大幅变动，他不需要追加保证金。
- 正如表9.2显示，对于这些投资的量来说，利息收入是微小的(大约$1.50)且不重要的。然而，考虑一下以数以百万的美元为记数的期货头寸。这种情况下，每天的利息收入是可观且不容忽视的。

9.6 期货和远期价格的关系

期货和远期价格之间的关系是怎样的？在回答这个问题前，让我们思考一个例子，这个例子关于头寸可能提前进入和退出时，如何计算期货合约的支付。

【例9.5】 头寸提前平仓期货结算

- 考虑例9.4的数据。L女士在星期一买入黄金期货。根据每日结算，她在星期二的结算是每盎司

$$\begin{aligned}&\text{期货价格(星期二)}-\text{期货价格(星期一)}+\text{星期一保证金余额的利息收入}\\&=\mathcal{F}(1)-\mathcal{F}(0)+\text{利息}=\$5.80+\text{利息}\end{aligned}$$

如果L女士决定在星期二平仓，她可以获得每盎司$5.80的利润加上保证金余额的利息收益。

- 如果L女士在星期二买入期货而不是在星期一，并且在星期四反向交易来平仓，她的结算是每盎司

$$\begin{aligned}&[\text{期货价格(星期三)}-\text{期货价格(星期二)}+\text{星期二保证金余额的利息收入}]\\&+[\text{期货价格(星期四)}-\text{期货价格(星期三)}+\text{星期三保证金余额的利息收入}]\\&=\mathcal{F}(3)-\mathcal{F}(1)+\text{利息}=-\$18.20+\text{利息}\end{aligned}$$

利息收入是事前未知的，因而是随机的。

正如例子中所预测的，利息收入受期货价格变动影响，同时也受利率变动的影响。相对于没有现金流的远期合约，这两种影响共同修正了持有期货合约的风险。事实上，如果利率变动与期货价格变动正相关，期货头寸从利率变动中受益，因为随着现金流的获得，有更多的利息收益。在这种情况下，期货合约相对于其他类似的远期合约的风险轻微减少。相反，如果利率变化和期货价格变动是负相关的，那么期货合约相对于远期合约将遭受利息变动。这里风险增加。明确利率风险是被计入市场清算期货价格的，使现货价和期货价差扩大。因为远期合约没有即期的现金流，因此不暴露利息收入风险。

这个例子的概括给了期货交易者计算收入和损失的有用的结果。使时点0为期货合约起始日，记时间T为交割日。假设一个交易者在时间t_1(最早可以是时点0)以价格$\mathcal{F}(t_1)$持有期货多头寸，在时点t_2(最晚为T)以价格$\mathcal{F}(t_2)$平仓。期货交易者的收入或损失是持有期货头寸期间每日变动保证金和保证金账户利息收入之和，在每盎司的基础上：

$$\text{多头的结算}=\text{平仓价}-\text{初始期货价}+\text{利息收入}=\mathcal{F}(t_2)-\mathcal{F}(t_1)+\text{利息} \quad (9.1a)$$

$$\text{空头的结算}=-(\text{平仓价}-\text{初始期货价})+\text{利息收入}=-[\mathcal{F}(t_2)-\mathcal{F}(t_1)]+\text{利息} \quad (9.1b)$$

当然，多头和空头的利息收入是不同的。

这些结果是有意义的，并且使计算保证金账户余额更容易（见例 9.6）。记住期货价格是由市场决定的，因此交易者在开始时买入头寸是不支付的。标的商品价值上升，期货价格也上升。多头获益，因为她约定以固定价买入的商品价值升值了，同时空头损失，因为他约定以固定价格卖出的商品变得更贵了。

【例 9.6】 期货合约组合的保证金支付

P 小姐是一个投资者。以表 9.3a 给出的价格交易，她在 1 月 20 日买入 2 份黄金期货合约，在 1 月 21 日卖出 3 份铂期货，并在 1 月 23 日买入 5 份白银合约。之后在 1 月 26 日结算所有期货头寸。她的收入和损失在表 9.3b 中计算。她的净收入是

$$\text{多头黄金合约结算}+\text{空头铂合约结算}+\text{多头白银合约结算}$$
$$=2\,200-1\,785+4\,975=\$5\,390$$

为简便起见，我们忽略保证金账户余额的利息收入。

表 9.3a 期货价格

交易日	6 月黄金期货 100 盎司/合约（美元/盎司）	4 月铂期货 50 盎司/合约（美元/盎司）	3 月白银期货 5 000 盎司/合约（美元/盎司）
1 月 20 日	989.1	1 149.0	2 542.1
1 月 21 日	992.8	1 153.3	2 600.0
1 月 22 日	989.4	1 154.1	2 553.3
1 月 23 日	1 007.0	1 169.5	2 623.3
1 月 26 日	1 001.0	1 165.2	2 643.2
1 月 27 日	1 008.4	1 175.0	2 651.8

表 9.3b P 小姐的保证金账户

组　合	收入/损失计算	美元总额
1 月 20 日买入 2 份 6 月黄金期货	(1 000.1－989.1) 每盎司×100 盎司每份合约×2 份	2 200
1 月 21 日卖出 3 份 4 月铂期货	－(1 165.2－1 153.3)×50×3	－1 785
1 月 23 日买入 5 份 3 月白银期货	－(2 643.2－2 623.3)×5 000×5/100	4 975
净收益		5 390

让我们接着例 9.3 和例 9.4 往下去探索远期和期货价格的一些重要性质。

9.6.1 在到期日期货价格和现货价格的相等性

在例 9.3 中，假设星期五结算，期货价格是 $995，但是现货价格 $997。任何人都可以

以$995买期货，以$997在现货市场卖出，获取套利利润$2。买方压力使期货价格上升，卖方压力使现货价格降低，直到二者持平。如果期货价格比现货价格高，套利者可以卖出期货合约，然后交割，获取套利利润。为了防止套利机会，合约到期时期货价格和现货价格必须相等。当然，我们需要假设没有市场摩擦（如交易成本（经纪佣金、买卖差价）、保证金要求、卖空限制、不同税率的税收限制、未完美交割的资产），现货和期货可以瞬间交易，合约在一天到期。

9.6.2 到期前远期和期货价格的相等性

远期和期货价格在到期前是相等的吗？它们只有在一系列严格的假设下才相等，如连续的利率、没有市场摩擦、没有违约风险，否则不相等。我们接下来的例子探索它们及其相关的问题。

【例 9.7】 远期和期货价格的相等性

考虑例 9.3 中介绍的黄金期货合约。之后，考虑一份和该期货合约相似的远期合约。星期一开始，星期五到期，标的是 100 盎司纯黄金。我们通过 L 女士星期一买入来进行比较：买入一份远期合约对比买入一份期货合约。

首先，假设理想状态下利率为零，市场摩擦不存在，对手方无违约风险。现在让我们比较远期和期货交易每盎司的结算。

星期五收盘，L 女士的一份远期多头交易结算：

$$=\text{现货(星期五)}-\text{远期(星期一)}=995-\mathcal{F}(\text{星期一}) \tag{9.2a}$$

这里$\mathcal{F}$(星期一)是星期五到期的合约的远期价格。

星期五收盘，L 女士一份多头期货交易的结算：

$$\begin{aligned}&=[\text{期货价(星期二)}-\text{期货价(星期一)}]+[\text{期货价(星期三)}-\text{期货价(星期二)}]\\&\quad+[\text{期货价(星期四)}-\text{期货价(星期三)}]+[\text{期货价(星期五)}-\text{期货价(星期四)}]\\&=995-\mathcal{F}(\text{星期一})\end{aligned} \tag{9.2b}$$

这里$\mathcal{F}$(星期一)是星期一的期货价格，这个结果是因为星期五收盘，期货价(星期五)=现货价(星期五)=$995。

这两种结算必须相等，因为他们在初始时不支付现金而在同样的日期得到相同的资产。因此比较表达式(9.2a)和式(9.2b)，我们得出

$$\mathcal{F}(\text{星期一})=\mathcal{F}(\text{星期一})=\$995 \tag{9.3}$$

这个例子表明，在零利率假设下，远期和期货价格相等。但如果利率不为零，那远期和期货价格会怎样呢？在这个情况下，可以看到远期和期货价格相等（以 Jarrow 和 Turnbull(2000)作为一个证据），但只有利率不是随机的时候是如此。这是在第一个假设上的一个提升，但是仍旧是不合理的。利率是随机的并且随时间推移不可预测地

变动。

如果允许利率是随机的，这是个事实，那么远期和期货价格相等是不再成立的。最基本的原因是，期货保证金获得利息，而远期合约没有。等式(9.3)是不成立的，这由接下来继续先前的例子说明。

【例 9.7(续)】 远期和期货价格的相等性

让我们允许利率随机，同时其他假设相同。让我们再次比较一份远期和一份期货交易的结算。在每盘司的基础上：

星期五收盘，L 女士的一份远期多头交易结算：

$$=995-\mathcal{F}(\text{星期一}) \tag{9.4a}$$

这里$\mathcal{F}$(星期一)是星期五到期的合约的远期价格。

星期五收盘，L 女士一份多头期货交易的结算：

$$=995-\mathcal{F}(\text{星期一})+\text{期货头寸持有期间保证金余额的利息} \tag{9.4b}$$

像之前一样使结算相等，可以得到

$$\mathcal{F}(\text{星期一})=\mathcal{F}(\text{星期一})+\text{利息} \tag{9.5}$$

表达式(9.5)表明期货和远期价格是不同的。这是因为一个期货交易者从他的保证金账户余额获取利息，而远期交易者没有。

引入额外的市场不完整性，如交易成本等，使远期和期货价格的关系更加复杂化。

此外，远期和期货合约面对不同的风险，市场风险首当其冲。让我们考虑第 1 章陈述的三个风险(信用风险、流动性风险和操作风险)，看每一个因素是如何不同地影响远期和期货合约的。

在交易所交易，期货合约基本上免于信用风险，远期合约则不然。这取决于相关对手方之间事前安排的担保关系。

场外交易的远期合约流动性弱于交易所交易的期货合约，减少了期货交易的流动性风险。

作为场外交易产品，远期合约比交易所交易的期货合约具有更大的操作风险。

这个故事意在说明远期和期货合约是两种不同的证券，因此有不同的价格。它们是兄弟般的两种存在，但不完全相同。

9.6.3 基差的收敛

现货价减去期货价格叫做**基差**。尽管它随时间变化随机变动，但在到期日逐渐变为零。这种期货价格著名的性质叫做**基差的收敛**。

回顾一下，我们看到例 9.4 中，基差分别为−0.60(星期一)、−0.40(星期二)、−0.20(星期三)、−0.20(星期四)、0(星期五)。图 9.5a 描绘了例 9.3 和例 9.4 中的现货和期货价格，图 9.5b 展现了基差随时间变化的表现。

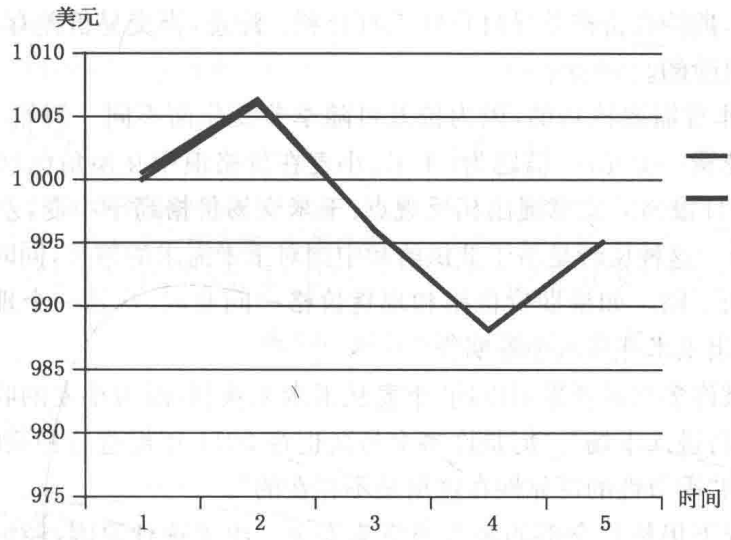


图 9.5a 现货和期货价格

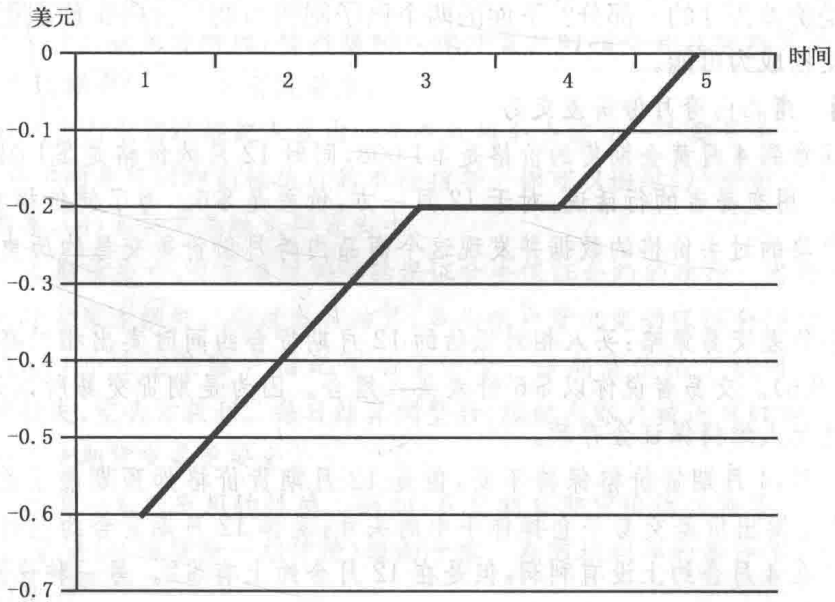


图 9.5b 基差的表现

9.7 价差交易

期货交易商从事纯粹的裸期货交易或者建立各种避险头寸。他们也试图从两种期货价格之间的相对波动中寻求交易利差，这两种期货价格通常因经济的、历史的和其他各种原因而相互跟随对方的价格。

交易商也可以在期货市场上通过同时买卖不同交割日期的同种商品的期货合约建立**商品内跨月份价差交易**，或者**跨品种价差交易**，即通过同时买卖不同或相同交割月份的不同标的的期货合约。当交割日期不同时，这叫做**时间价差**或**日历价差**。

为什么交易价差？如果你对期货进行有方向性的打赌，那么你需要对未来的现货价格有所期待。同样的，市场有时创造两种相互接近的期货价格间的非正常差异。在这种

情况下，人们关注价差，期待在价格差异自我修正时套利。注意，当交易价差存在时，期货价格变动的方向是无风险的。

价差交易可以是非常需要技巧的，因为价差可随季节变化而不同。例如，尽管 1970 年小麦比玉米平均多花费一美元，一篇题为《玉米、小麦在价格浪中互换角色》(参见 2011 年 8 月 9 日的《华尔街日报》)的文章提出相反观点：玉米交易价格高于小麦，差异在 2011 年 7 月达到 66.75 美分。这种反转是由于低供给和中国对玉米需求的增长，同时小麦价格由于许多国家的丰产而下跌。如果期货价格和现货价格一同变动，这是一个理想的跨品种价差交易的配置，卖出玉米并买入小麦期货。

这种策略在那时被许多交易者采用以期“小麦从玉米上获利，因为小麦的收获季节已经过去，而更多的玉米将进入市场”。但是许多交易商也在 2011 年规避这种策略，因为一个农产品顾问所观察的“季节性的可靠性在这里是不存在的”。

价差交易通常情况下仍然比全部的多头或空头安全。出于这种原因，经纪人倾向于对价差头寸比裸头寸收更少的保证金。当平仓一个期货合约或者期权头寸时，他们通常会问这是否是价差头寸的一部分？下面的两个例子阐明当期货价格比预期更窄或更广使得假设价差交易成为可能。

【例 9.8】 *商品内跨月份价差交易*

假设你注意到 4 月黄金期货的价格是 $1 008，同时 12 月的价格是 $1 014(所有的价格是每盎司)。用交易者的行话说，对于 12 月一方，价差是 $6。为了使价格有意义，你分析了你额外收集的过去价格的数据并发现这个商品内跨月份价差交易的历史价差徘徊在 $8 左右。

建立一个价差交易策略：买入相对低估的 12 月期货合约同时卖出相对高估的 4 月期货合约(见表 9.6)。交易者说你以 $6 价差买入组合。因为是期货交易所以无现金变动，但是需要对经纪人维持保证金存款。

假设下个月，4 月期货价格保持不变，但是 12 月期货价格如预期般上涨到 $1 016。通过以 $8 价差卖出价差交易平仓掉你手中的头寸：卖掉 12 月期货合约同时买入 4 月黄金期货合约。在 4 月合约上没有利润，但是在 12 月合约上有 $2。另一种说法是，通过以 $6 价差买入价差组合，以 $8 价差卖出，你获利 $2。

例 9.9 中给出的是跨品种价差交易。

【例 9.9】 *跨品种价差交易*

假设铂期货的价格是每盎司 $1 080，同月份到期的黄金期货的价格是每盎司 $1 000。

假设你是一个技术分析师，持续盯着电脑屏幕上的价格图表。你发现图表揭示出跨品种价差会缩小至 $50。你可以 $80 卖出价差来投机：卖出相对高估的铂期货同时买入相对低估的黄金期货合约。

黄金期货的价格可能上升、持平或下降，铂期货也是如此。假设一个月后，价差缩小到 $50，你可以获利 $30。

当进行价差交易时，要记住一句扭曲的警告(源于经济学家约翰·梅纳德·凯恩斯)：“市场维持非理性的时间可能比你口袋里的现金能维持的时间长。”

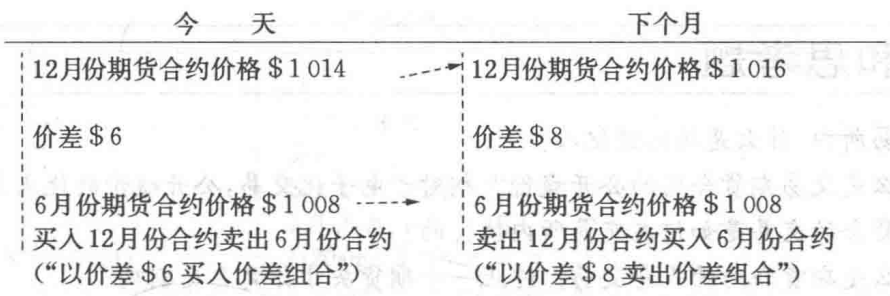


图 9.6 商品内跨月份价差交易

本章小结

1. 商品交易顾问建议客户，商品基金经理人操作商品基金，而期货佣金商和介绍经纪人帮助投资者交易。在交易所内，场内经纪人操作客户的指令并且场内交易者以个人名义交易，在这个过程中使市场具有流动性。

2. 你可以通过打电话给经纪人发出一个开放指令去建立一个期货头寸。有许多指令配置策略，最简单的是可以即刻被执行的市价指令。你可以通过(1)平仓交易，(2)实物交割，(3)现金结算，(4)实物交易结束期货头寸。

3. 开始一个期货头寸，你必须提供初始保证金去保证合约的执行。当期货价格上涨，多头方获利同时空头方损失。通过每日结算，多头账户贷记变动保证金(相较于前一交易日结算价的变动)并且空头账户借记变动保证金。当期货价格下跌时出现相反的变动——多头方损失，空头方获利。每日结算调整后，经纪人账户被逐日盯市。这实质上降低了信用风险并使期货交易更安全。

4. 期货价格有一系列有用的性质。例如，在交割日期货价格必须等于现货价。随着交割日的邻近，基差(=现货价－期货价)趋向于零。在随机利率的条件下，远期价格和期货价格是不相等的。

案例分析

与商品期货相关的投资(哈佛商学院案例 293017-PDF-ENG)。该案例考察了与一个商品期货价格指标相关的投资，并探讨这个指标是如何形成的、商品期货表现如何以及这样投资的投资组合的影响是怎样的。

墨西哥比索期货(哈佛商学院案例 296004-PDF-ENG)。该案例探讨了芝加哥商品交易所就如何设计、是否和什么时间引进墨西哥比索期货相关的问题。

美国铝公司：冷冻浓缩橙汁期货的策略性应用(哈佛商学院案例 595029-PDF-ENG)。该案例探讨当橙树产量的增长导致橙汁产量的过量时，橙汁工厂的价格管理。

习题和思考题

1. 交易所内，什么是场内经纪人？

2. 什么是交易期货合约的公开喊价？相对于电子化交易，公开喊价的优点是什么？

3. 期货合约交易是如何在交易所内执行的？

4. 什么是期货合约的平仓交易？终止一个期货头寸你需要交割吗？

5. 对于期货合约的实物交割，解释三日交割的过程。

6. 请解释逐日盯市的涵义。

7. 期货合约保证金账户和逐日盯市减少的是什么风险？请解释你的答案。

8. 请阐述初始保证金和变动保证金的区别。用一个简单的例子来说明。

9. 请解释什么是追加保证金要求，在什么时候发生。

10. 忽略信用风险，如果利率是连续的且为零，那么远期价格和期货价格相等吗？为什么？

11. 期货合约的基差是什么？用一个简单的例子去说明你的答案。期货合约的基差收敛是什么意思？

12. 忽略信用风险，如果利率是随机的，那么远期价格和期货价格相等吗？请解释为什么。

13. 假设你注意到4月份黄金期货合约的价格是$1 518，12月份期货合约的价格是$1 535(所有价格都是指每盎司)。以往，价差通常是$10。请解释你会采用什么价差策略，假设你预期价差会恢复到历史价差。

14. 1月时，5月份糖期货合约交易价是每磅(国际)7美分，糖每磅(国内)是22美分，你研究了技术图表并得出结论它们的价差会继续扩大到每磅20美分。

a. 请提出在此投资机会下的交易策略。

b. 如果价差果真如预测般扩大，那么，若你每种期货合约交易7份，每份合约单位是112 000磅，你的利润是多少？

15. 假设你以当日收盘结算价$1 300每盎司卖出一份黄金合约。假设你的经纪人公司要求初始保证金是头寸规模(在本例中是$130 000)的百分之五并且维持保证金是初始保证金的百分之八十。合约单位是100盎司。本例中维持保证金不变。如果收盘价发生如下变化，计算你的保证金账户价值。清楚识别追加保证金要求和你必须产生的变动保证金总额。

下面的两个问题基于以下数据：

天	收盘期货价格(美元/每盎司)
0(今天)	1 300
1	1 303
2	1 297
3	1 290
4	1 297

交易所交易的欧元期货有以下特征：

欧元外汇合约特点

交易代码	EC
交易单位(标的)	125 000 欧元
报价	美元/欧元
最小波动价位(波动点)	$0.000 1/欧元=$12.50/合约
合约月份	3月、6月、9月、12月
常规交易时间(RTH)	7:20am—2:00pm(芝加哥时间)
全球电子交易系统2交易时间	2:30pm—7:05am(芝加哥时间);星期日,交易从5:30pm开始
最后交易日	合约月份的第三个星期三前的第二个交易日

假设初始保证金是$2 511,维持保证金是$1 860每合约(交易所定期提供这些数据)。

16. 分别计算一个持有两份合约多头寸的交易商的保证金账户支付金额,对应欧元价值变动如下(以美元计价):0.845 0,0.848 5,0.855 5,0.851 0,0.848 0,0.842 3,0.837 0,0.830 0,0.835 5。

17. 分别计算一个持有一份合约空头寸的交易者的保证金账户支付金额,对应欧元价值变动如下(以美元计价):0.845 0,0.848 5,0.855 5,0.851 0,0.848 0,0.842 3,0.837 0,0.830 0,0.835 5。

18. 假设铂期货的价格是$1 080每盎司,同月份到期的黄金期货的价格是每盎司$1 000(见例9.9)。期望跨品种价差在一个月内会缩小至$50。建立一个价差交易策略,讨论一个月后期货价格的所有可能性,并以图表的形式阐述。

19. 请解释现金结算和实物结算的不同。

20. 请问,当一个期货交易者违约时,谁向对手方支付?

▶10

期货监管

10.1 引言

价格发现是期货市场的一个重要功能。即便如此，当 2003 年 7 月国防高级研究计划局(DARPA)——美国国防部的一个研究部门——宣布“政策分析市场”计划时，美国市民也变得不安。该计划中匿名个体可以交易某种期货，其收益将取决于恐怖分子指标(详情参见拓展 10.1)。美国政府建立一个在线赌博恐怖分子活动的提议激怒了立法者和公众。计划在公之于众后不久就被取消。尽管它存在道德问题，但还是被一些经济学家称赞为好的想法，他们指出期货价格在预测传统和非传统事件上都做得很好。DARPA 辩称，期货市场在预测大事如选举等方面往往比专家们预测得更准确，并且该计划的任务是从市场价格中发掘集体智慧——价格发现——来了解恐怖分子活动的概率。但是国防部的这种论据不能被轻易接受。

本章中将讨论期货市场的价格发现功能、监管和市场操纵。首先，我们探究期货交易所需的市场情形。接下来，我们了解一下期货市场监管。最后，我们讨论期货交易的滥用和市场操纵：市场上强势参与者通过垄断市场和轧空头企图快速获得收益，直到监管者挫败其阴谋的精彩故事。

10.2 哪些市场存在期货?

一个特定商品的期货市场什么时候可能会成功？三种情形——竞争市场、标准化和剧烈波动的价格——似乎是其中必要的关键因素。

*竞争市场*是每个投资者都无法显著影响价格且交易商只能作为价格接受者的市场(参见 Varian，2003)。经济学家把竞争市场看作理想假设。当某些参与者获得市场权力并为了自己的利益操纵价格时，市场就停止了竞争。一旦市场可以被操纵，交易商知道他们可能会失去大量财富，而这些财富会流向操纵者，他们便不愿意交易。例如，考虑以下情形：

- 当一个垄断(单个卖方)、寡头垄断(几个卖方)或卡特尔将商品价格固定下来时，

期货交易可能就不会出现。这种情况符合钻石市场而不是石油市场。拓展 10.1 讲述了一个惊人成功的钻石卡特尔的故事和一个不太成功但有着巨大影响的石油生产国合资企业。

- 当只有单个买方或少量买方驱动市场时，商品的期货市场是不太可能出现的。导弹和武器期货市场是不存在的，因为政府是唯一的买方。

标准化指的是商品能够以标准化单位销售的能力。例如，金和银在数量和质量上都很容易标准化。正因如此，人们很容易签下以大量这种商品为标的的期货买卖合同。相反，汽车就不这么容易标准化了。当前有成百种不同的汽车模型，它们以制造商和其他特征如手动或自动、电动、汽油或柴油等来区别。因此，汽车期货不存在是毫不奇怪的。

剧烈波动的价格是商品的价格以一种不稳定（上涨或下跌）的模式随着时间随机改变。剧烈波动的价格给生产者在决定投入和产出上带来风险。剧烈波动的价格因此导致了对这些价格风险套期保值的需求和预测未来价格的需要。期货市场的存在满足了这两种需要。让我们更详细地探究期货市场的价格发现和套期保值等作用。

10.2.1 价格发现

价格发现与市场有效性（参见第 6 章）的概念相关。在有效性市场中，价格事实上反映了可得的信息。这些信息包括过去和当前价格（弱势有效）、公开可得信息（半强势有效）和内部信息（强势有效）。这个概念不仅对现货市场如此，对期货市场也同样如此。由于期货市场交易者包括具有供需状况的内部信息的生产者，期货市场被广泛认为是有效的（半强势有效），因此能产生出反映更多信息和提供更好价格预测的价格——价格发现——相比于任何普通交易者的信息。这是美国国防部 2003 年 7 月提议建立恐怖主义指标的期货市场的潜在动力。虽然本意是好的，但该计划还是由于其受到道德层面的严厉批判而被搁置（参见拓展 10.1）。价格发现给期货买卖双方都提供了帮助。例如，加工分销玉米的公司可以通过交易期货来将买价或卖价固定下来，或是零售商，它可能就是你所在社区的超市，也同样可以这样做。

拓展 10.1 关于恐怖主义期货市场的五角大楼计划

价格发现是推出恐怖主义的期货市场的动力。美国国防部（因其总部在华盛顿的一幢五角形建筑内从而以五角大楼著称）有个研究部门叫做 DARPA，该研究部门的任务，如其网站上所提到的，是“发展具有想象力、创新性和高风险性的研究想法来为超越寻常改革发展路径产生一个重要的技术影响”。DARPA 对于网络发展非常有用。在他们“跳出固有思维模式”的要求下，DARPA 于 2003 年 7 月向国会提交了一份创立一个“政策分析市场”的提案，这将是一个恐怖分子指标的期货市场。这是一个在线市场，匿名投机者可以“在预测恐怖分子袭击、暗杀和政变上下赌注”。①

---

① 《威胁和响应：计划和批判：五角大楼计划一个针对恐怖袭击的期货市场》，《纽约时报》，2003 年 7 月 29 日。

人们建议该市场采用以下运行模式：假如你有关于某个国家主席将在某个确定日期被赶下台的信息。当前的期货价格没有反映出这个信息。考虑到当前的期货价格太低，我们假设是0.3美元，为了从你的信息中获利，你购买了该事件的期货。假如更多交易者也相信该事件将会发生，那么期货价格将涨到0.6美元或0.7美元。假如那位主席在指定日期离职，那么你的每份期货合约将被支付1美元。否则，你就丢掉了你0.3美元的投资。因此期货价格反映了市场对于某个事件发生概率的总体看法（在调整风险后；参见第17章和风险中性概率的概念）。通过观察期货价格，人们能推断出较为可靠的某个事件发生的概率——这就是价格发现。在之前的情况中，假如最终期货价格是0.6美元，那么基于期货价格事件发生的概率就是60%。

五角大楼为该计划辩护称："研究表明市场是被分散和被隐藏信息的极其高效、有效且及时的集合……期货市场已经证明它们精通于对如选举结果这类事情的预测；它们往往比专家观点更好。"[①]该计划并不是完全新奇的，因为在该提议前在线赌博网站就已经很普遍了。

美国参议院的成员感到不安。很多人担心由于交易是匿名的，潜在的恐怖分子会从交易中获利，并且还会出现一些极端主义者于此投入巨额赌注，然后尝试实施邪恶行动的潜在问题。这项提议从道德伦理维度来说确实是一个顾虑。

该计划在宣布后两天内即被废除。经济学家哈尔·瓦里安（Hal Varian）在7月31日的《纽约时报》中评论，文章题为《有着负面报道的好想法》："这是一个好想法，被糟糕的公众关系扼杀。"他解释了市场是怎样出色地完成从众多非常规背景中收集信息的工作，并解释很多政治家提出的异议通常是基于对实际提案的误解（例如，交易最大收益限制在100美元，能使得潜在恐怖分子在该市场上筹集大量资金变得不太可能；事实上没有人建议推出暗杀期货；假如潜在恐怖分子有"内部交易"的迹象，那么如中央情报局这种情报机构将能追捕到它们的目标）。瓦里安的论据不具有说服力。

10.2.2 套期保值

套期保值在《新牛津英语词典》中被定义为"通过平衡性或补偿性合同或者交易来保护（某人的投资或某个投资者）免于损失"。假如你用期货套期保值（你开始不用支付任何东西），那么你会从价格变动中得到保护。当现货价格朝着相反方向波动时你能获益，但当其朝着有益于你的方向波动时对手方会获益。用期货套期保值有益于公司将投入与产出的价格风险最小化，从而使得成本与收益平滑化。对于生产者（如农场主、制造商）和供给者（如金和铜矿）都是这样。尽管石油生产商形成了以石油输出国组织（OPEC）著称的价格卡特尔（参见拓展10.2），但套期保值是石油期货市场存在的动力。

① 《威胁和响应：计划和批判；五角大楼计划一个针对恐怖袭击的期货市场》，《纽约时报》，2003年7月29日。

10.2.3 投机

相比套期保值，术语投机带有些负面含义。幽默大师马克·吐温(Mark Twain)说过："一个人的一生中有两种情况不应该投机：当他支付不起时和当他支付得起时。"但是投机事实上是套期保值中鲁莽的一面。套期保值者是购买抵御反向价格变动的保险。投机者是卖出保险：赌的是反向价格变动不会发生。

对于期货市场的运作，套期保值者和投机者通常都是必要的，他们都扮演着重要的角色。原因在于套期保值者很难出现在市场的两端(供给者和使用者)来完全抵消需求。正因如此，对于一种商品的套期保值需求通常是单向的。在这种情况下，投机者提供了一个成功期货市场存在所必需的流动性。

除了提供市场流动性的作用以外——作为保险卖方——投机者在期货市场中还有另一个重要作用：他们促进了价格发现，因为他们常常基于高成本调查而获得的内部信息去交易。投机者基于他们的内部信息而交易增加了市场有效性，因为当他们交易时，他们的信息就会在市场价格中反映出来。

如果没有投机者，期货市场将不那么具有流动性和有效性，有时甚至将不会存在。有个关于宝贵的钻石市场的案例，在该市场中钻石卡特尔消除了投机者参与的动机(参见拓展 10.2)。

拓展 10.2 卖方何时有市场势力——两个卡特尔的故事

卡特尔

寡头垄断是被少数几个(多于一个但又不是很多的)卖方主导的市场。例如，美国波音公司、欧洲空中客车公司和一些如伊留申航空集团和图波列夫公司(现在是俄罗斯联合飞机公司的部门)这样的边缘供应商主导了大型客机的生产。寡头成员有时会形成一个卡特尔。卡特尔是垄断某种商品生产和销售的厂商间的联合。卡特尔试图通过控制供给来使其整体利润最大化——它分配给每个成员一个市场份额，设定了销售额，规定了产量并固定了价格。卡特尔通过消除竞争，可以对消费者提价并提高生产者利润。在这个过程中，它可能会使业务上无效率的公司继续存在。卡特尔在英国和美国是被禁止的。然而，它们在世界上很多地方都是合法的，包括高度工业化的国家如法国、德国、意大利和日本。

卡特尔通过控制某种商品的供给从而控制价格，潜在消除了期货市场的套期保值和价格发现的好处。在这种情况下，期货市场将不复存在。这就是钻石卡特尔的情况，但不是石油和 OPEC 的情况。下面将阐述这两个卡特尔的故事。

戴比尔斯和钻石卡特尔

以下引用自南非钻石生产商戴比尔斯集团网站上的话："一个多世纪以来，'戴比尔斯'这个名字已经与钻石同义。"塞西尔·罗兹(Cecil Rhodes)在 19 世纪 80 年代通过联合南非的几个钻石矿建立了该企业。[①]大概与此同时，他成立了伦敦钻石辛迪加来控制世

① 塞西尔·罗兹(1853—1902 年)是一个牧师的儿子，毕业于牛津大学，通过投资南非的钻石和金矿积累了巨额财富。在他死后，他的巨额财富被用于设立罗德奖学金来帮助培养未来世界的领导者，该奖学金授予在牛津大学就读的来自英联邦、美国和德国的年轻人。

界的钻石交易。这后来被欧内斯特·奥本海默爵士(Sir Ernest Oppenheimer)转变为中央销售组织,这是一个在20世纪最后10年之前一直控制着世界大部分钻石交易的市场组织。

2001年2月《财富》中一篇文章(《戴比尔斯的故事:旧垄断的新创伤》)报道戴比尔斯与很多主要的钻石生产商(包括前苏联)达成一致,并领导着一个非常有效的卡特尔。20世纪90年代,全球大约45%的钻石生产是由戴比尔斯开采的,另外25%是经戴比尔斯之手的。2000年,戴比尔斯宣布它将通过购买和储存钻石停止控制钻石市场。后来,戴比尔斯集中销售从自己的矿中开采的钻石,这些钻石被冠以"永恒印记"来保证它们的完整性。这些措施增加了对戴比尔斯钻石的需求。尽管有这样的公告,钻石卡特尔的有效性并没有消失。2008年8月9日《纽约时报》一篇题为《话说商业:钻石在博茨瓦纳是永恒的》的文章报道说:"今天,戴比尔斯有约40%的钻石市场份额——但是它却比以往控制80%市场份额的旧体制下更加盈利。"

戴比尔斯集团对钻石供给强有力的控制破坏了钻石期货市场的价格发现功能,正如记录的那样,因为钻石价格没能反映出供给和需求而是反映了戴比尔斯的活动。尽管套期保值需求对于用钻石经营生产的公司来说依然存在,但市场上没有能抵消套期保值需求的供给者(卡特尔)。对于钻石期货市场的运行,投机者需要提供丢失的流动性,但是戴比尔斯对市场供给强有力的控制消除了投机者参与该市场的愿望。结果是,至今为止世界上仍没有钻石期货市场。

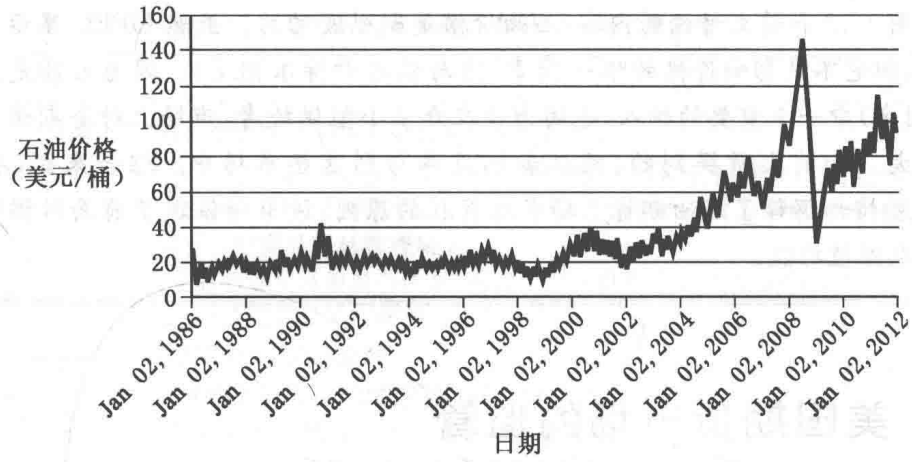
OPEC

很多年来,OPEC似乎只能在辉煌的戴比尔斯钻石卡特尔旁闪烁着微光。五个石油富国(伊拉克、伊朗、科威特、沙特阿拉伯和委内瑞拉)于1960年建立OPEC,该组织现在有另七个成员国:阿尔及利亚、安哥拉、厄瓜多尔、利比亚、尼日利亚、卡塔尔和阿拉伯联合酋长国。OPEC表示,它的目标是"协调并统一成员国间的石油政策,来保证石油生产者公平稳定的价格;对于石油消费国来说的一个高效、经济和常规的石油供给;对该产业投资者的快速的资本回报"。[①]这些国家的石油和能源部长每年在维也纳的OPEC总部至少举行两次会议来决定组织的产出水平。

当20世纪70年代成员国减少生产并提高石油价格时,OPEC开始变得重要。每桶石油价格从1973年的3美元涨到1980年的30美元。然而,总有一些成员国不时地秘密生产更多石油,然后导致油价下跌。

OPEC在之后的几十年一直保持低调。即使需求上升,石油价格通常都维持在较低的水平。由于存在仍有争议的一些原因,原油价格从2004年1月开始大幅上扬。2005年年中现货价格突破了50美元,在油价稍有下跌前(参见图10.1历史上原油价格的走势图)2008年年初价格为100美元。当然,很多因素都影响了石油价格:经济增长、政治事件,或自然灾难,如飓风。商品价格投机者也受到严厉的指责。

① 资料来源:www.opec.org/opec_web/en/about_us/24.htm。

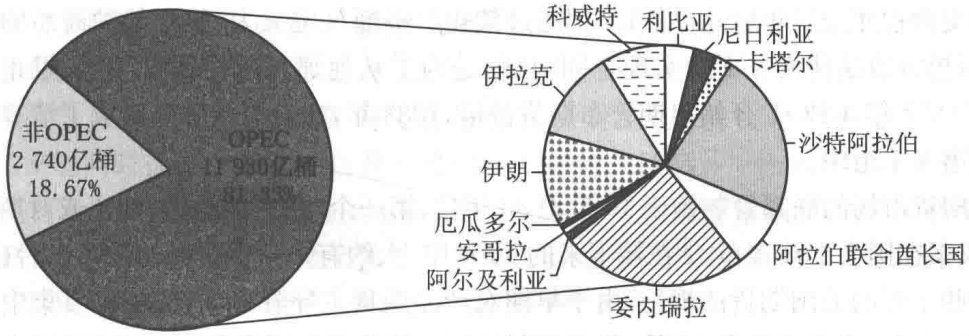


资料来源：美国能源信息管理局关于“石油和其他液体”的数据部分（www.eia.gov/dnav/pet/pet_pri_spt_s1_d.htm），2012 年 1 月 11 日。

图 10.1　历史上原油现货价格走势图

OPEC 在这一切中扮演了什么样的角色？在其网站的“常见问题解答”部分中，OPEC 声称它没有控制石油市场并给出了经典经济学教科书式的答案：“高油价或低油价是由供需关系决定的。”然而，它承认它具有市场影响力，因为虽然它的成员国“生产了世界上大约 42%的原油（2011 年 9 月至 11 月间大约每天 3 000 万桶①）和 18%的天然气”，OPEC 的出口构成了全球约 55%的原油交易（参见图 10.2），它能够对石油市场产生重要影响，尤其当它决定改变生产水平时，情况更是如此。在 2008 年 12 月前，石油价格曾再次退回到每桶 40 美元。全球经济衰退降低了能源的需求和警觉的监管者对投机的遏制是价格急剧下降的可能原因。从那以后，石油价格开始上扬，目前（2011 年 12 月）大概为每桶 100 美元。

2010 年世界原油储备中 OPEC 的份额



截至 2010 年末，OPEC 已探明的原油储量（10 亿桶）

委内瑞拉	296.50	24.8%	伊拉克	143.10	12.0%	利比亚	47.10	3.9%	阿尔及利亚	12.20	1.0%
沙特阿拉伯	264.52	22.2%	科威特	101.50	8.5%	尼日利亚	37.20	3.1%	安哥拉	9.50	0.8%
伊朗	151.17	12.7%	阿拉伯联合酋长国	97.80	8.2%	卡塔尔	25.38	2.1%	厄瓜多尔	7.21	0.6%

资料来源：来自 2010 年石油输出国组织年度统计公告，OPEC 部长。

图 10.2　世界原油储备中 OPEC 的份额（2010 年）

① 资料来源：www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/data_graphs/MI112011.pdf。

正如图 10.2 和前文讨论的内容，石油价格是剧烈波动的。虽然 OPEC 显示了它的市场影响力，但它不是影响价格的唯一因素（这与钻石卡特尔相反）。因为石油是众多生产过程（使用者）中一个重要的投入，也因为存在众多小型供给者，市场上对套期保值两端的需求都很大。如前文所提到的，投机者热衷参与到这些市场中。综合来说，尽管存在 OPEC，这些情形解释了石油期货市场成功存在的原因，该市场体现了前面所描述的价格发现和套期保值功能。

10.3 美国期货市场的监管

期货市场不适合胆怯的人。价格的剧烈波动从一开始就很普遍，人们为操纵期货价格曾有过大量的尝试。竞争市场可以带动经济增长和效率。然而，它们有时不能起到作用，于是有必要加以监管。金融危机期间金融市场出台了很多规则和规章去解决美国证券市场的问题就是很好的证明。

10.3.1 主要的监管法案

美国期货市场的监管开始于 1859 年 2 月的一个寒冷的冬天，当时伊利诺伊州州长签订了一份授予芝加哥交易所（CBOT）公司章程的立法条例。该章程与其他文件一起，授予了交易所对其成员实行自我监管的权力，标准化了商品等级，并提供了交易所雇佣的谷物检查者，他们的决定约束着成员。这是期货合约演化中早期重要的一步。①

另一个主要的步骤发生在 1865 年 10 月，CBOT 发布了正式的交易规则，包括维持保证金和交割程序。三年后，交易所采用通过禁止"'垄断'（定义为'签订某种商品的购买合同，然后想方设法使卖方不能实现合同，目的是为了从他那儿敲诈钱财'）"来阻止操纵的规定。②1877 年，CBOT 开始定期公布期货价格，1883 年，在自愿基础上形成了清算 CBOT 合约的第一个组织。

对期货市场的联邦管制始于 19 世纪 80 年代，第一个"在美国监管、禁止或对期货交易征税"议案在国会上被宣布。③在接下来的 40 年中，大约有 200 个这样的法案出台（参见表 10.1 一些主要的美国期货法规）。由于早期农产品期货主导着市场，法规主要集中于谷物（如玉米、小麦、燕麦和黑麦）交易，监管控制的权力被置于美国农业部（USDA）手中。

1992 年，《谷物期货法案》通过。它管理谷物期货交易，禁止了"场外期货市场"交易，创立了（USDA 的代理机构）谷物期货管理局来管理该法案，并建立了谷物期货委员会（由农业部长、商业部长和司法部长组成），有暂停或撤销合约市场指令的广泛权力。1923 年，谷物期货管理局实施了"一个大型交易商报告系统"，要求报告"以日为基础的每个交易商超过某个特定规模后的市场头寸"。这演变成交易商持仓报告，即"至今为止商品期货交

①②③ 资料来源：《商品期货交易委员会历史：商品期货交易委员会创立前的美国期货交易和监管》，www.cftc.gov/About/HistoryoftheCFTC/history_precftc。

易

表 10.1 美国期货市场联邦法规的一些主要里程碑

年 份	发 展
19 世纪 80 年代	国会上颁布了第一个监管期货市场的法案
1922	《谷物期货法案》通过。作为美国农业部一个部门的谷物期货管理局成立
1936	《商品交易法案》,即 1922 年法案的修正案通过。作为期货市场的第一个联邦监管者的商品交易管理局成立
1974	《商品期货交易委员会法案》通过。这个新创立的商品期货交易委员会是一个独立的“期货交易的联邦监管机构”
1978,1982	《期货交易法案》通过
1982	国家期货协会,一个期货市场的自我监管机构成立
2000	《2000 年商品期货现代化法案》通过
2010	《多德—弗兰克华尔街改革和消费者保护法案》通过。这一法案显著地增强了对场外交易衍生工具市场的管理监督

委员会监督方案中保留下来的不可分割的一部分”。①

1936 年《商品交易法案》修正并扩展了 1922 年法案。它用术语“商品”取代了“谷物”,并扩充了核准清单,将黄油、棉花和鸡蛋这些商品包括在内。谷物期货交易委员会变成商品交易委员会,并被授予建立联邦投机头寸限制的权力。该法案还要求期货佣金商在维持保证金账户中分别保存顾客的资金,并“禁止虚假和伪造交易如虚买虚卖和串通交易,以及所有商品期权交易”②;对于商品期权交易的禁止仅仅在 1981 年解除。1947 年,该委员会发展为商品交易管理局(也是 USDA 的一个机构)。该机构继续实施商品交易法案直到 20 世纪 70 年代中期结束。这个广泛的监管框架,40 多年来经历了不断的小修订之后,支持了美国的期货交易发展。但是 1974 年商品期货交易委员会法案的通过又改变了这一切。

正如前文所述,期货市场在 20 世纪 70 年代经历了快速的扩张:金融期货交易被推出且期货品种比先前更多。国会以通过 CFTC 法案作出回应。这使得 CFTC 成为一个独立的,并在 1975 年最终成为对监管期货交易全权负责的“期货交易的联邦监管机构”。CFTC 法案也同时提出一个建立自我监管组织的建议。随后,一个叫美国全国期货协会(NFA)的行业机构于 1982 年建立,与 CFTC 一起合作帮助监管市场。1978 年和 1982 年出台了更多的法规。这整个立法主体被称为修订的《商品交易法案》(CEA)。商品交易在《美国法典》的第一章(“商品交易”)标题 7(“农业”)中有所讨论。

2000 年 12 月国会通过了《2000 年商品期货现代化法案》(CFMA)并将其写入法律中,这是大幅改变 CEA 的一个里程碑法规。主要变化包括以下方面:

(1) CFMA 一个长期禁令的解除,使交易证券期货产品成为可能,即推出基于单个证券或仅仅基于股票指数的期货合约。CFTC 和证券交易委员会(SEC)一起监管证券期货产品。

(2) 放松对于互换、其他场外交易市场(OTC)衍生工具以及这些产品的交易设施的

①② 资料来源:《商品期货交易委员会历史:商品期货交易委员会创立前的美国期货交易和监管》,www.cftc.gov/About/HistoryoftheCFTC/history_precftc。

监管。虽然CFTC的主席布鲁克斯利·波恩(Brooksley Born),曾对场外市场互换的进一步监管有一个推进,但因艾伦·格林斯潘(Alan Greenspan)(联邦储备主席)和罗伯特·鲁宾(Robert Rubin)(财政部长)对更多监管的一致反对,该努力最终失败,大规模的衍生工具场外交易市场依旧处于不受监管的状态。

(3) 精简管制和三类市场的创造:(1)指定合约市场(DCMs),这是唯一的一种先前就已经存在的市场(DCMs的例子包括芝加哥商品交易所[CME]、芝加哥期货交易所、纽约商业交易所和芝加哥商品交易所集团下的纽约商品交易所),(2)衍生工具交易执行设施,即施加了更少的监管但是对谁可以交易和交易什么却有了更多的限制,(3)有着类似(2)的限制的豁免交易委员会,但可以豁免除了反欺诈和反操纵条款外的CFTC规定。

(4) 新衍生工具清算组织的建立使衍生工具场外交易市场的清算更加简便。

CFMA法规反映了当时普遍希望解除监管的情绪。放松监管的衍生品场外交易市场在2007—2009年金融危机之前似乎都运作得很好,但后来据记录衍生品场外市场的交易却导致了危机的爆发(参见第26章对这个角色的详细阐述)。为了应对监管的缺乏,2010年国会通过了《多德—弗兰克华尔街改革和消费者保护法案》。这个849页的巨型法案[①]是自20世纪30年代大萧条以来监管美国金融市场的最大努力结果。该法案中针对银行和金融市场的监管做了大幅度的变动。《多德—弗兰克法案》中与衍生品相关的一些主要特征如下[②]:

- 管制加强。向证券交易委员会和商品期货交易委员会提供了监管衍生品场外交易市场的权力,从而使今后不负责任的行为和过度的风险不再逃脱监督监管。
- 中央清算和场内交易。为了要求中央清算和场内交易有更多衍生品,该法案用一种新权益,即互换执行设施,代替了衍生品交易执行设施。不论豁免交易委员会还是(另一类有着较少监管的交易组织)豁免商业市场都不如2012年1月那样活跃了。
- 市场透明度。这要求清算所和互换资料库的数据收集来改善市场透明度并向监管者提供必要信息,从而实施监督和应对系统风险。
- 金融保护。通过确保交易员和主要的互换参与者有充分的金融资源,来保证衍生品合约的执行,以增加安全性。

这些规则的详细部分是由各个委员会决定的,直到2012年1月,这些规定仍然在制定中。

10.3.2 商品期货交易委员会、全国期货协会和交易所的监管角色

在建立商品期货交易委员会时,国会就认识到期货市场对经济增长十分重要。商品期货交易委员会又经参议会建议和同意并由总统任命五位委员,他们共要服务交错的五

① 资料来源:www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-111publ203/pdf/PLAW-111publ203.pdf。

② 资料来源:http://banking.senate.gov/public/_files/070110_Dodd_Frank_Wall_Street_Reform_comprehensive_summary_Final.pdf。

年时间，委员会有七个主要的运行单位：总法律顾问办公室、执行理事办公室、互换交易商和中介监督部门、清算和风险部门、市场监督部门、执法部门以及首席经济学家办公室。[①] 他们帮助商品期货交易委员会执行任务：(1)监管期货从而使参与者免于受控制、违规交易操作、欺诈和系统风险，(2)培育金融上的完全竞争市场。为了完成这些任务，商品期货交易委员会实施了一系列活动：

- 商品期货交易委员会必须赞成新合约和已有合约的变化。每份新的期货合约都从三方面被评价：(1)个体期限和状况的说明，即彻底检查合约的详细内容以确保有充足的标的商品阻止市场操纵；(2)一个经济目的测试，其要求交易所说明被提议的合约将对价格发现和套期保值有用；(3)其他公共利益要求。
- 商品期货交易委员会制定了管理全国期货协会和所有期货交易所的规则和规定。这些规定定义了对登记、披露、最低财务标准、每日结算、客户资金分类、监督和内部控制以及其他活动的要求。
- 商品期货交易委员会要求持有客户资金或给出交易意见的公司和个体向其登记。事实上，全国期货协会代表商品期货交易委员会处理登记进程。
- 商品期货交易委员会要确保其规定以及商品交易和《多德—弗兰克法案》的遵守。它负责交易行为的监督和审核选定的登记者。它还调查并检举可疑的对商品期货交易委员会规定的违背。在必要的情况下，商品期货交易委员会将提起法院诉讼。
- 商品期货交易委员会检查并制止操纵、拥堵和价格扭曲。它指挥每日市场监督。如果它认为当前存在操纵，可以进行干预和采取纠正措施。
- 商品期货交易委员会监督经纪商、他们的代表以及其他行业专家的培训。它可以强制经纪商和代表们进行能力测试。商品期货交易委员会同时还要确保所有的登记者都完成道德培训。
- 商品期货交易委员会要进行期货市场的研究并提供技术上的帮助。它为执法调查作经济分析，并随着情况的发展为美国律师办公室、其他联邦和州的监管者以及国际权威提供专家援助和技术上的支持。
- 商品期货交易委员会有利于协调全球监管的努力。它制定了政策和规章来管理国外和跨境交易。
- 商品期货交易委员会处理客户对登记者的抱怨。它听证并决定执法案例。商品期货交易委员会为那些有理由认为其与商品期货交易委员会的某个登记者的交易中因存在违背商品交易法案或商品期货交易委员会的规定而遭受损失的个人，提供赔偿程序。

证券交易委员会监管证券，商品期货交易委员会监管期货，但是谁来监管期权？这两个监管者之间随后迎来一场激烈的势力战争，最终达成证券交易委员会监管股票期权，而商品期货交易委员会监管期货期权的一致意见。但每当具有混合特征的新衍生品出现时战争就会再次爆发。重叠的管辖权的问题到现在都一直未能解决。

① 资料来源：www.cftc.gov/About/CFTCOrganization/index.htm。

监管梯队的下一层级是商品交易所和全国期货协会。这些自我监管组织(SROs)就其他列入商品期货交易委员会规章中的事务,都必须对其成员加强最低财务上和报告上的要求。

作为一个在商品交易法案下登记的期货协会,全国期货协会是一个由期货佣金商、商品基金经理、商品交易顾问、介绍经纪人、杠杆交易商、商品交易所、商业公司和其他在期货行业工作的机构和个人组成的自我监管组织。①银行和交易所也可以加入全国期货协会,但不要求它们必须这样。由于经纪商和交易各方不直接与公众做交易,他们免于加入,而仅仅是被交易规则和规定影响。全国期货协会参与到包括以下方面的各类活动:

- 作为商品期货交易委员会的代表,全国期货协会对所有类别的与期货客户交易的公司和个人进行登记。
- 全国期货协会筛选和测试登记申请者,并确定他们的资质和娴熟程度。
- 全国期货协会要求期货佣金商和介绍经纪人维持充足的资金并保持良好的交易记录。
- 全国期货协会跟踪财务状况、销售活动和期货专家的业务指导,这确保了对要求的遵守。
- 全国期货协会为电子交易所提供一系列的监管服务和方案来帮助他们公平对待客户和保持市场有序。
- 全国期货协会审计、检查并实施财务监督来强制成员遵守。
- 全国期货协会维持一个帮助解决交易争论的仲裁方案。

商品交易所用他们自己的规定补充了联邦法规。这些规定覆盖了期货交易的很多方面,如交易的清算、交易订单和记录、头寸限制、价格限制、惩罚措施、场内交易实践,以及商业行为标准。显然,自我监管组织有动机去做好工作,因为良好的声誉会带来更多的业务。一个有效的自我监管组织项目降低了商品期货交易委员会干预的概率。清算所也参与到监管活动中。最低层级的监管梯队是经纪人和交易员。他们的工作是实施监管和向交易所及其他相关权力机构报告欺诈、市场操纵以及异常事件。

10.3.3 商品期货交易委员会和全国期货协会的执法行为

全国期货协会有"涵盖各个领域如广告、电话游说、风险披露、全权委托交易、费用披露、最低资本要求、报告和盈利测试"的详细合规规则。②全国期货协会对违规者采取惩罚措施,从发出警告信到提出正式投诉,后者可能导致如"驱逐、固定期限的停市、与任何全国期货协会成员进行期货交易的禁令、谴责、惩戒和每次违规高达 250 000 美元的罚款"的惩罚后果。

商品期货交易委员会的执法部门调查并检举可疑的违反商品交易法案和委员会规定的行为。商品期货交易委员会对登记在委员会的公司和个人采取执法行为,包括热衷于在指定的国内交易所进行商品期货和期权交易的机构和个人,以及不恰当地推销期货和

①② 资料来源:www.nfa.futures.org。

期权合约的机构和个人。2008—2009 年的执法行为包括以下这些情形：

- 商品期货交易委员会对一个外币经纪人罚款 200 000 美元，因为他使客户的私人信息出现在网络上，并且商品期货交易委员会要求该经纪商建立制度来避免类似的期货意外事件。
- 商品期货交易委员会对一家能源交易公司罚款 175 000 美元，因为它没能恰当且精确地准备涉及纽约商业交易所天然气期货的交易卡。
- 商品期货交易委员会对一个期货佣金商罚款 500 万美元，并永久禁止它和其当事人解决资本不足和虚假陈述责任。
- 商品期货交易委员会对某个经纪人罚款 50 000 美元，并禁止其入市，因为他故意分配交易到自己的个人账户。
- 商品期货交易委员会永久驱逐了一个纽约商业交易所合规部的前任职员，因为他向纽约商业交易所的场内经纪人公开了非公众信息“关于调查和提议监管”行动。
- 商品期货交易委员会命令一个外国公民支付超过 2.79 亿美元的赔偿和 1 200 万美元的民事罚款并禁止其进入该行业，因为他诈骗了在其管理下的四个商品池的参与者。
- 商品期货交易委员会提出了针对某外国夫妇的执法行动，该夫妇以欺诈性陈述向美国和其他国家至少 900 个人筹集了 650 000 美元，并承诺参与到某个商品池中，但却将池内资产用于个人消费，包括赌博！

商品期货交易委员会还大力调查和检举了庞氏骗局。[①]该名字源自臭名昭著的骗子查尔斯·庞兹(Charles Ponzi)，庞氏骗局是一个将后来的投资者投入的现金作为回报支付给先前的投资者的骗局。一个普遍的做法是开办一个商品池并承诺高额回报来引诱粗心不精明的投资者。最终，整个骗局被澄清，只留下一波受骗的客户。自 2008 年当有消息揭露著名的股票经纪商和金融顾问伯纳德·麦道夫(Bernard Madoff)实施了一个巨大的庞氏骗局骗取投资者上百亿美元时，庞氏骗局引起了人们特别的关注。

10.4 期货市场操纵

1869 年，臭名昭著的金融家杰伊·古尔德(Jay Gould)、詹姆斯·菲斯克(James Fisk)和他们的同谋者试图垄断黄金市场。[②]如《黄金在 160。黄金在 130》(《哈勃周刊》，1869 年 10 月 16 日)里所述，当时美国货币是可赎回黄金的。联邦政府通过买卖黄金来管理货币供给。它的交易实质上在相对较小的只有 1 500 万美元的黄金市场上固定了价格。同谋者们曾期望着通过回扣和贿赂从政府高层得到黄金交易政策的内部信息，他们买入了大

① 2009 年 5 月 21 日，商品期货交易委员会执法总监斯蒂芬·奥比(Stephen J. Obie)说：“商品期货交易委员会继续投入大量执法资源把庞氏骗局中无情地从那些很多时候不能失去其投资的人身上偷窃的骗子们绳之以法……我们已经看到大量庞氏案例，在 2009 年就有 23 起类似案例，我预计有更多的即将发生。”资料来源：www.cftc.gov/PressRoom/PressRelease/pr5659-09。

② 虽然根据我们之前的定义这不是市场垄断(参见第 6 章)，即在这里空头很难完成他们得到和返还稀少证券的义务，但这被看作垄断是由于很多人因各种原因(如对外贸易)需要购买黄金，而他们只能被迫在被操纵的高价上购买。

量黄金并试图市场垄断。结果造成为期两周的黄金市场混乱，这使美国用黄金作为交易媒介的对外贸易进入一个实质性的停滞。为了化解迫在眉睫的经济恐慌并恢复黄金市场的常态，尤利西斯·格兰特(Ulysses Grant)总统下令出售黄金去买债券。1869 年的 9 月 24 日，在财政部长电报指示一笔价值 400 万美元的黄金销售的几分钟后，达到了“黄金屋”，黄金的价格，之前曾是每盎司 160—162 美元，跌到了每盎司 133 美元。这是历史上的黑色星期五，投机者受到了严重冲击。

这只是一个意外。正如我们在第 6 章提到的，市场垄断和轧空头在金融市场上有着很长的历史。市场结构、期货被交易时空头的创造，以及很多标的商品供给的波动让期货市场尤其容易陷入价格操纵和不当的买卖行为。我们在下面将讨论这些市场上一些有名的操纵案例。这些案例给了我们曾发生过并且未来还可能发生的操纵案例所涉及的范围和类型一个直观的感受。

10.4.1 西部大食品经销商和鸡蛋期货

某法院发现了西部大食品经销商在芝加哥商品交易所操纵 1947 年 12 月份的鸡蛋期货合约的罪证。事件主要的发展情况如下：

- 1947 年 12 月份鸡蛋期货收盘价与 1948 年 1 月份期货收盘价相比异常高。另外，1947 年 12 月份冷藏鸡蛋的期货价格和现货价格相比于 1947 年 12 月份新鲜鸡蛋现货价格都异常高。所以价格异常主要是基于历史价差决定的。
- 在合约收盘快结束时，西部大食品经销商有 60%—75%的未平仓合约和 45%—50%的现金交割供应。法院认为该公司在期货和现货市场上都存在市场操纵。有趣的是，法院在交割供应中排除了新鲜鸡蛋和乡下冷藏鸡蛋，因为做空将必须支付很高的运输费用来将它们运到芝加哥以满足交割要求。
- 任何操纵案例中最微妙的部分就是其实施意图。这个案例中西部大食品经销商的一名员工的证词表明实施整个计划为了赚取利润是关键。

10.4.2 洋葱期货是如何被禁止的

洋葱气味难闻并使你想流泪，但那不是洋葱期货没有在美国交易的原因。在 20 世纪 50 年代，农场主为了禁止这些合约的法规能够通过进行游说，因为它们很容易被操纵。这里是洋葱期货禁令背后的故事。①

- 1956 年 6 月 18 日，CEA 发布对一个纽约洋葱种植户 Vincent W.Kosuga 和一个芝加哥生产经销商 Sam S.Siegel 以及国家生产经销商的以下指控：(1)1955 年 11 月份洋葱期货合约的一个尝试性向上操纵，(2)1955 年 11 月份和 12 月份合约的一个尝试性价格稳定操纵，(3)1956 年 3 月份合约的成功向下操纵(1955 年 8 月开始交易时为每 50 磅 2.75 美元但 1956 年 3 月中旬降到 10 美分)。

① 《商品期货交易委员会历史：商品期货交易委员会创立前的期货监管》，www.cftc.gov。

- 一篇名为《有气味的洋葱》(《时代周刊》,1956 年 7 月 2 日)的文章报道 CEA 声称:
  —1956 年秋,Kosuga 和 Siegel 买了 928 车的洋葱并将它们运到芝加哥储存(这占据了芝加哥洋葱期货可交割供应的 98%)。
  —然后,Kosuga 和 Siegel 要求十三个洋葱种植户购买洋葱并威胁如果其拒绝的话,他们将倾销他们所持有的洋葱迫使价格下跌。种植户妥协了并以 168 000 美元的价格买下了 285 车的洋葱。作为回报,操纵者们承诺在 1956 年 3 月前保持他们的洋葱股票退出市场,以此来支持市场的多头方。
  —接下来,Kosuga 和 Siegel 出卖了农场主并转向市场的空头,在 1956 年 2 月达到 1 148 车的水平。价格跌到每包 1.02 美元——他们在 3 月份洋葱期货中正从事于"一个为了掩盖他们的空头而去抑制价格的阴谋"。他们甚至"把一些老洋葱运出芝加哥,将它们筛选、回收并重新包装,然后送回芝加哥,让它看上去像是正运往市区的大量新洋葱"。种植户被自己之前高价买回的洋葱弄得不知所措。
- 1960 年 6 月 3 日,一名美国农业部的司法官员发现被告确实曾有过尝试性价格稳定和成功的向下操纵[案例(2)、(3)],但向上操纵[案例(1)]的证据不足。上当的洋葱种植商所遭受的损失迫使众议院农业委员会举行听证会,这最终带来 1958 年洋葱期货法案的出台,法案禁止洋葱期货交易。

10.4.3 亨特银案

一个秘鲁政府公司(Minpeco SA)起诉亨特兄弟和"共谋者(包括阿拉伯酋长)"要求赔偿 1.5 亿美元,指控他们共谋垄断银市。某陪审团发现了他们的罪证,于是亨特兄弟被处以巨额罚款。代表着 17 000 名投资者的一起共同诉讼也被提出。最终,在 20 世纪 80 年代末,亨特兄弟提出了破产。具体情况如下[参见 Duffie(1989), pp.335—9; Edwards and Ma(1992), p.198—9]:

- 石油富豪亨特(H.L.Hunt),是世界上最富的人之一,有两个妻子。其中一个妻子的儿子(这里指的是亨特兄弟或亨特家族)在 1980 年就有一笔难以想象的超过 50 亿美元的净财富,但在银危机后以破产告终。
- 在 20 世纪 70 年代期间,亨特家族在银的现货和期货市场都持有大量多头,并向前展期他们的套期保值(如,平仓到期期货然后在一份远月期货合约中持有相同的头寸)。他们还投资于很多银生产商。
- 这种模式在 1979—1980 年间大规模地被重复。亨特兄弟(1)持有大量银期货多头[有时达到近 2.5 亿盎司——该数量等价于纽约商品交易所 5 万份合约(在商品交易所交易的)并且比美国国内银的消费量还要多],(2)持有很多近月合约并占据主导的多头,(3)当合约到期时要求交割,(4)持有大量银条和硬币使得供给缺乏。有二十个期货佣金商帮助亨特兄弟,Bache Halsey Stuart Shields 和美林(Merrill Lynch)公司处理了亨特兄弟超过 80%的现货和期货交易。
- 银价急速上升。从历史上来看,银价很少超过每盎司 10 美元,但银的现货和期

货价格却从1979年7月每盎司约9美元上涨到年末的每盎司35美元，并在1980年1月冲到了每盎司超过50美元的顶峰。显然，亨特家族已经垄断了市场。

- 交易所咨询了商品期货委员会并采取措施打破垄断。维持保证金增加了，更严格的头寸限制强加进来，亨特家族被迫实行纯清算交易。他们不能增加银的头寸，除非是出于套期保值的目的。他们还必须在合约到期时退出市场。3月末，银价回落到11美元每盎司。银价的这次下跌毁灭了亨特家族的财富。

10.4.4 所罗门兄弟和美国国库券

美国国库券市场是世界上最大和最具流动性的证券市场之一。像Easterbrook(1986)、Fischel和Ross(1991)这些法律学者都认为垄断国库券的供给几乎是不可能的。不幸的是，当所罗门兄弟公司——国库券市场上的一个主要参与者，承认从1990年开始故意和反复违反国库券交易规定时，这种不可能事实上却发生了。

以下阐述了所罗门公司在1991年5月是如何在2年期美国国库券交易中进行轧空头操作的：

- 购买国库券有三个相关市场：(1)密封投标国库券拍卖，(2)提前拍卖的预发行市场，(3)滞后拍卖的二级市场(参见第2章)。
- 所罗门以其交易的英勇为傲，并自夸自己是世界上最伟大的债券交易公司。为了保证国库券交易广泛的参与(为了阻止所罗门公司的主导地位)，财政部颁布了对于每次交易的35%规定：单个投标者不能以任何特定的收益率投标超过35%的标的，或不可以被授予超过35%的标的。
- 很多华尔街公司在预发行市场上向他们的客户出售国库券，以持有净空头进入交易，并在交易中通过买入证券来完成履行义务。由于在拍卖中(但不是在该拍卖中)供给充分，证券价格略低于预发行价格，所以该业务有利可图。当该国库券在预发行市场以近6.83%的价格进行交易时，所罗门便以近6.81%的收益率提交了有竞争力性的出价(这意味着所罗门要为竞拍到的国库券支付更多的成本)。
- 所罗门公司通过以客户名义提交几十亿美元的投标然后将这些国库券高成本转入自己的账户，来规避35%规定。所罗门公司最终控制了94%的竞争性拍卖债券。在垄断市场后，所罗门公司通过国库券到二级市场上平仓时对其索要溢价的方式，对来自预发行市场的证券轧空头。
- 学者们曾试着测算所罗门公司从轧空头中获得多少利润。研究估计该范围是500万到3 000万美元之间(更多详细内容，参见Jegadeesh，1993；Jordan and Jordan，1996)。
- 对所罗门公司的惩罚是严厉的。它的声誉极其受损。在垄断主张浮出水面和联邦机构开始调查不久后，监管者阻止了所罗门公司利用各种联邦和州政府债券赚钱的行为，这切断了公司收入的一个主要来源。所罗门公司的股票从原本50到

60美元的交易区间，很快跌落到30美元。亿万富翁巴菲特——所罗门公司的一个重要股东，从内布拉斯加州飞过来接手公司。几个高管被辞退，一些才能卓越的员工也选择了离开。所罗门公司承认除了违反国库券交易规定外没有其他的过错，并支付了难以置信的2.9亿美元的罚款。令人敬畏的所罗门公司已经属于过去。它经历了兼并收购，现在成为所罗门美邦公司的一部分，即花旗集团的一个子公司。甚至连所罗门这个名字都被淘汰了。

10.4.5 购买奶酪操纵牛奶期货

操纵可能涉及不同但相关的市场。2008年12月16日，商品期货交易委员会命令总部位于密苏里州堪萨斯的乳制品营销合作社美国奶农(DFA)和其两名前高管支付1 200万美元作为对企图操纵行为和违反投机头寸限制行为的罚款：①

- 商品期货交易委员会发现从2004年5月21日到6月23日，美国奶农和其首席执行官及首席财务官试图操纵芝加哥商品交易所将于2004年6月、7月、8月份到期的三级牛奶期货合约的价格。他们通过在芝加哥商品交易所奶酪现货市场上购买大量干奶酪达到该目的。
- 这些内部市场交易被发现存在操纵性，因为芝加哥商品交易所的干酪价格在三级牛奶期货价格的形成中扮演着重要的角色——整个行业广为人知的事实。此外，美国奶农对三级牛奶期货合约的投机性持有在2004年的某些日子超过了芝加哥商品交易所的投机头寸限制，这与商品交易法案相冲突。
- 委员会禁止了这些经理和美国奶农在接下来几年中进行期货交易，并要求美国奶农实行一项合规和道德计划。商品期货交易委员会还对美国奶农一个子公司的两名前任经理罚款了15万美元，由于他们帮助并煽动了美国奶农违反对投机头寸的限制。

10.4.6 操纵收盘价

技术为操纵价格提供了新的途径。2008年7月24日，商品期货交易委员会在美国的一个联邦地区法院向总部位于荷兰的Optiver Holding公司、其两个子公司和三名员工提起诉讼，指控被告2007年3月在19次不同的情形下曾操纵或试图操纵纽约商业交易所的原油、汽油及燃料油的期货合约，并至少5次成功创造了人为价格。②

被告交易了三种纽约商业交易所的能源期货合约：轻质原油期货合约[原油，也指西

① 资料来源：www.cftc.gov/PressRoom/PressReleases/pr5584-08。

② 商品期货交易委员会于2008年7月24日在纽约南部地区的美国联邦地区法院提起“商品交易法案下对命令及其他公正的救济和民事罚款的诉讼”，要求陪审团审判总部位于荷兰的Optiver Holding BV及其两个子公司和三名员工。我们的讨论基于《控告：美国Optiver有限公司等》《商品期货交易委员会控告Optiver Holding BV及其两个子公司和高层员工操纵纽约商业交易所的原油、燃料油、石油和汽油期货合约》和《CFTC和美国Optiver案例背景信息》(www.cftc.gov/PressRoom/PressReleases/pr5521-08)。

德州中级原油(WTI)]、纽约哈勃燃料油期货合约(燃料油)和纽约哈勃新配方汽油期货合约(纽约哈勃汽油)。

商品期货交易委员会声称被告采用了一种广为熟知的叫做操纵收盘价的行为,这涉及在接近收盘时交易一个较大头寸,紧接着在交易结束前抵消头寸来操纵价格。该计划有如下的组成部分:

- 它包含了原油、燃料油和汽油合约的以结算价交易(TAS)合约。这些是特殊的期货合约,对手方可以在交易时决定合约价格将是结算日价格加上或减去一个一致同意的差额。①假设你交易了一份 TAS 合约,你可以通过在反向市场上再交易一份期货合约来抵消它。
- 由于潜在的操纵,在期货市场上计算结算价很复杂。这三种能源期货合约的结算价取决于在收盘期间发生的期货交易的成交量加权平均价格(VWAP),收盘期间即下午的 2:28—2:30。被告计划控制成交量加权平均价格并在他们记录下的谈话和邮件中写道:"威逼市场。"
- 交易商策划了一个三步体系来赚取投机利润:
  —第一,他们将通过在交易日的不同时间交易来积累大量 TAS 合约的头寸。
  —第二,他们在收盘前期间将其手中约 20%—30%的合约进入收盘交易,这是市场进入收盘前的最后一刻。
  —第三,Optiver 将在 2:28:00—2:29:59 的收盘期间卖出其持有的 70%—80%的合约。
  综合来说,这三步操纵了价格,因而 Optiver 可以从交易中获取利润。
- 商品期货交易委员会声称被告在三种情形下迫使期货价格降低和在两种情形下迫使价格上升,并在此过程中赚取了约 100 万美元。

10.5 管理商品市场

投机者在经济学上的定义是交易而不是套期保值的人。例如,如果一个交易商卖空黄金期货但却没持有黄金存货,则该行为就是投机。相反,假如该交易商为生产目的持有黄金,那么他就是套期保值者。期货规定认为投机者是"邪恶的"并且对他们的头寸规模施加限制——为了阻止以投机交易策略为目的的市场力量的累积。相反,他们认为套期保值者是"圣洁的"并且没有施加类似的规模限制。虽然对投机者和套期保值者经济上的

① 纽约商业交易所于 2002 年 3 月在试点基础上引入燃料油和无铅汽油期货的结算交易合约,然后将其扩展到其他能源期货。TAS 起初只能在当月可得,后来在前面的两个月也能得到。在最后交易日没有 TAS 被交易。换句话说,对于允许 TAS 交易的合约,你有一个选择权——你可以决定交易一份常规的期货合约(它将锁定在当时的期货价格上),或者一份 TAS 合约(它以 TAS 价格加上某个价格调整去交易)。想获得关于 TAS 合约的更多信息,参见 www.cmegroup.com。其他交易所如国际交易所也对很多商品提供 TAS 合约,包括棉花、石油和橙汁。

定义是清楚的，但事实上，界定投机者和套期保值者并不总是如此简单。

在20世纪90年代前，商品期货交易委员会和交易所将期货交易商如农场主、制造商和商品交易商（合法的套期保值需要）归类为**商业交易商**，商品期货交易委员会允许其交易他们想要的任何数量可交易期货合约。这些是套期保值者。相反，他们对所有其他交易者，即被看作**非商业交易商**的那些人，强加投机头寸限制。这些是投机者。显然，在经济学的定义下非商业交易者可以变成套期保值者，但他们不被这么看待。

然而，从20世纪90年代开始，两种新的交易者，商品指数交易者和互换交易者，进入市场并改变了传统的分类。**商品指数交易商**包括如慈善基金和养老基金的机构参与者。他们通过商品指数的被动长期投资来增加商品敞口从而分散他们的投资组合。**互换交易商**扮演着更复杂的角色——一方面，他们通过提供专为客户定制的衍生品在期货市场上参与竞争，但另一方面，他们也在期货市场上交易来对冲他们的互换账目。他们通常隶属于某家银行或其他大型金融机构，作为做市商的互换交易商时刻准备着扮演商业或非商业交易商的对手方角色。

监管框架的一个变化发生于1991年，当商品期货交易委员会授予高盛投资子公司J. Aron与商业交易商同样的投机头寸限制赦免（参见《一些投机者主导石油交易的广泛市场》，《华盛顿邮报》，2008年8月21日）。J.Aron喜欢商品销售并将互换交易作为其业务的一部分。它计划向一个大型养老基金出售基于某个指数的商品互换，该指数包括小麦、玉米和大豆，所有这些都要降到联邦投机头寸限制之下。为了对冲空头商品敞口，它计划购买这些商品的场内交易期货合约。商品期货交易委员会将其归类为善意套期保值，因为互换交易商已经解释头寸“对伴随在商业企业经营和管理中的风险敞口的降低在经济上是适宜的”。一旦门被打开了，更多的豁免将紧跟其后。

本章小结

1. 在美国，期货交易是一项受高度监管的活动。它受商品交易法案的管理。《2000年商品期货现代化法案》对已有的法规做出实质性改变。它让交易证券期货产品成为可能，放宽了场外市场衍生品的监管，允许推出新的期货交易设施和产品，方便了场外市场衍生品交易的清算。2010年，《多德—弗兰克华尔街改革和消费者保护法案》通过，增加了对场外交易衍生品市场的监管，以此来应对2007—2009年期间的金融危机。

2. 美国的市场监管从最高层联邦监管机构开始实施，即商品期货交易委员会，然后是通过自我监管组织，即全国期货协会和交易所它们自身，最后，基层的监管是，通过经纪人处理客户的账户。

3. 商品期货交易委员会监督市场，调查并检举对商品交易法案和委员会规章的违反行为，并对违规者处以罚款和（暂时或永久性的）禁止进入期货行业的惩罚。

案例分析

知名对冲基金不凋花:30 天内烧掉 60 亿(毅伟商学院基础案例 908N03-PDF-ENG,哈佛商学院出版社)。这个案例向学生提供了(1)对整体商品期货市场尤其是天然气市场的一个更深的了解,(2)对对冲基金的介绍和历史上最大对冲基金倒闭原因的了解,(3)对流动性风险、风险价值、价差交易和衍生品的运用这些概念的介绍。

迈兰实验室提议并购国王制药(哈佛商学院案例 209097-PDF-ENG)。这个案例考虑的是对冲基金和其他投资者怎样用衍生品分离股份和选举权及这种能力在法律上、道德上以及经济上的涵义。

大和银行的无赖交易者(A):在不同管辖体系、实践和文化下的管理责任(香港大学案例 HKU442-PDF-ENG,哈佛商业出版社)。这个案例是在某个主要的外资银行在美国经营的背景下检验遵守监管的重要性。

习题和思考题

1. 给出为什么不能推出某个商品的期货交易的两个原因。举例说明支持你答案的商品。

2. 期货合约交易中的价格发现指的是什么?举例说明它的作用。

3. 请解释为什么套期保值和投机像是"同一个硬币的两面"。

4. 为什么美国商品期货市场的早期监管者是直接受美国农业部控制?这在 1974 年又是怎样改变的?

5. 商品期货交易委员会的职责是什么?

6. 全国期货协会是什么,它与商品期货交易委员会的区别是什么?

7. 假如监管对商业不利,为什么全国期货协会对其成员还做出大量的规定?

8. 假设你是为商品期货交易委员会工作的一个经济学家,某个交易所提出将期货交易运用到个股中。你会接受该项提议吗?给出你的理由。

9. 假设离当天收盘还有 5 分钟,你是交易大厅的一个交易员。你的客户给你一个出售 1 000 份合约的订单。你正持有 100 份合约多头。你如何利用该情形?

10. 综述西部大食品经销商操纵案中发生了什么。

11. 综述亨特银案中发生了什么。

12. 综述所罗门兄弟操纵案中发生了什么。

13. 为什么存在操纵可能对于期货交易不利?举例说明可能会出现的不利情况。

14. 鉴于 OPEC 卡特尔的存在,石油现货市场是一个竞争市场吗?你认为 OPEC 卡特尔的活动影响了石油期货的价格吗?解释原因。

15. 为什么不可以交易洋葱期货?

16. 出售保险合同是投机吗?购买保险合同是套期保值吗?保险合同对社会来说是

一个福利吗？解释原因。

17. 解释为什么期货交易中的投机与卖保险合同是相似的。这是否意味着期货投机对经济有利或有害？解释原因。

18. 期货合约需要被监管吗？如果需要，那么没有监管会出现什么不利情况？举例说明。

19. 你能识别出三个操纵案中涉及远期或期货市场的共同特征吗？在典型情况下“权威”如何干预并打破垄断？

20. 简要描述新世纪引起石油价格惊人增长的事件及发展。在你的答案中讨论投机者的作用。

▶11

持仓成本模型

11.1 引言

进行一种现货的远期合约交易时，为了不蒙受大的损失，交易者需要知道公允的远期价格。不过他该如何去确定这一公允价格呢？我们认为，如果理解了第 2 章中所讲解的现值和终值的概念，你应该可以猜出答案。当远期价格等于现货的终值时选择放弃交易，为什么？如果世界一切如常的话，我们应该用今天的价格去购买未来的现货。这一章告诉我们，在一系列合理的假定下，包括第 6 章所研究的无套利的假定下，这一猜测是正确的。

我们用来证明这一猜测的技术手段被称为持仓成本模型。这是第 6 章中无套利定价法最简单也是最初级的应用。后续章节中我们将会使用同样的无套利定价法为更多复杂的衍生工具定价，例如期权。

持仓成本模型是根据基础商品通过借入现金购买并且持有至远期合约到期日的买现卖期交易推导而来。在持有期间，需要支付各种持仓成本（持有费用），例如借入现金的利息和商品的仓储成本。在远期合约的到期日，借入现金需要偿还，同时通过不受限制的商品所有权获利。在买现卖期策略下，购买未来商品的成本很容易确定。所有的要素在初始阶段都可以获取（现货价格、利率、仓储成本）。因为这种策略产生和远期合约相同的支付，所以远期价格可以通过现期构建这一策略的成本来决定。否则，将会产生出套利的机会。毕竟世界一切如常！

构成持仓成本模型的合理性假设如下：无摩擦市场，无现金流的基础商品，无对手方信用风险以及竞争性市场。利率和商品价格是随机的。满足无现金流的金融资产包括远期合约约定期限内无红利的股票以及交割日后到期的零息国债。本章的最终结果就是我们使用买现卖期操作来为持有期间内的远期合约定价，并建立相同标的但不同到期日的远期合约之间的关系。我们采用数据—模型—套利这样一个贯穿全书的方法。这个方法以一个数字化的案例作为开始。然后我们用符号（模型）来代替数字。最终当证券被错误定价时（套利），我们赚取套利利润。

11.2 一个持仓成本的例子

艾略特(T.S.Eliot)在《四个四重奏》一书中写道:“家是一个人开始的地方。”持仓成本模型使用的无套利概念就是我们的“家”,也就是我们研究的出发点。我们通过两种等同的技巧中的任意一种来建立基本的持仓成本模型,这两种技巧也就是第 6 章中的一价定律和“无中不能生有”。这些简单的技巧依靠的是一些核心的假设。我们先阐述涉及的观点,然后再来讨论这些假定。

例 11.1 使用了一价定律。它考虑了两种不同的在未来购买一支股票的方式:购买一支股票的远期合约或者在现货市场上购买股票并持有至到期。我们构造这两种头寸,这样我们可以通过使两种方式购买的股票的现期价格相等来提取出远期价格。我们用符号代替数字来获取基本的持仓成本模型。

【例 11.1】 使用一价定律来获取远期价格

数据

- 今天是 1 月 1 日。假设我们在远期市场上购买 YBM 公司股票的一年期远期合约。除非特别标注,所有的计算都建立在单一股票的基础上。今天没有发生现金转手,因为远期价格 F 是一个公允价格。在到期日,我们通过支付 F 美元,从合约的卖方那里获得价值为 $S(T)$ 的 YBM 公司股票,用表 11.1a 记录如下的现金流:今天的现金流为 0(0 时点),交割日(T 时点)的现金流为 $S(T)-F$。这是投资组合 A,我们将其标记为市场交易的远期。
- 或者,我们还可以在今天的现货市场上买入一手的 YBM 公司股票,并持有至未来。假定 YBM 公司在远期合约的存续期内并不派发股利,那么现金流如表 11.1b 所示,今天是−100,12 月 31 日是 $S(T)$。

表 11.1 构造等收益的资产组合

表 11.1a 组合 A:多头市场交易合约

组　合	现时(0 时点)现金流	交割日(T 时点)现金流
多头远期(远期价格)	0	$S(T)-F$
净现金流	0	$S(T)-F$

表 11.1b 组合 B:多头股票和空头债券(多头人工合成远期合约)

组　合	现在(1 月 1 日)	到期日(12 月 31 日)
在现货市场买入 YBM 公司股票(股票价格 $S=\$100$)	−100	$S(T)$
卖空零息债券来借入远期价格 F 的现值(利率为每年 6%)	$F/1.06$	$-F$
净现金流	$-100+F/1.06$	$S(T)-F$

- 通过卖空零息债券获得远期价格的现期价值来构造一个等于远期价格的未来的负债。这一现金流入减少了今天的净支付，如果利率固定为每年6%，那么现金流如表11.1b中所示：今天是$F/(1+利息)=F/1.06$，一年后是$-F$。这种多头股票和空头债券的头寸构成组合B，也就是我们人工合成的远期合约。
- 通过一价定律，为了防止套利，组合A和组合B在远期有着完全相同的收益，所以必定要在今天有相同的价值。因此

$$-100+F/1.06=0$$

$$\text{或者 } F=100\times 1.06=\$106 \tag{11.1}$$

远期价格等于为了购买股票所借入款项的偿还数额。

模型

- 使用符号来归纳，用S代替100并用R代替0.06，我们可以获得第一个结论（后面被称为结论11.1）：

$$F=S(1+R) \tag{11.2a}$$

$$\text{或者 } S=BF \tag{11.2b}$$

其中$(1+R)$指的是今天投资的1美元的终值（也就是我们通常所熟知的资金收益率），$B\equiv 1/(1+R)$指的是到期日价值1美元的零息债券的现期价格。

图解法

- 我们还可以使用收益图来建立持仓成本模型。回顾第5章，收益图就是以“收益”（或者总收益）为纵轴，以交割日股票价格$S(T)$为横轴。
- 首先，买入一支YBM公司的股票，它的收益是一条从原点出发，以45度角上升的直线。如果股票在远期合约交割日没有价值，那么你将没有任何收益；如果它价值5美元，你将获得5美元的收益，如图11.1所示。然后，画出描述持有空头债券头寸并有F美元未来负债的收益图。这是一条与横轴平行并从纵轴上的$-F$点出发的直线。
- 现在，将两个图的收益垂直相加。空头债券交易降低了多头股票的收益，使其平行地下调了F美元。因此，组合收益从纵轴上的$-F$点开始，以45度角上升并与横轴交于F点，收益呈现不断升高的趋势。这种组合头寸就是一种人工合成的远期合约，因为它在到期日的收益率与市场交易的远期合约是完全相等的。人工合成的远期合约必定是0价值的，因为防止套利，远期价格F被选定为使交易的远期合约的价值为0时的价格。设定人工合成的远期合约的建仓成本$(S-BF)$为0，从而产生了持仓成本模型。

套利利润

- 如果远期价格不同于无套利价格，你会如何做？假定一个交易者对一个远期合约错误报价为110美元。当价格高于106美元时，卖出价格高估的远期合约，买入股票，然后借入110美元的现值。那么

$$-100+110/1.06=\$3.77$$

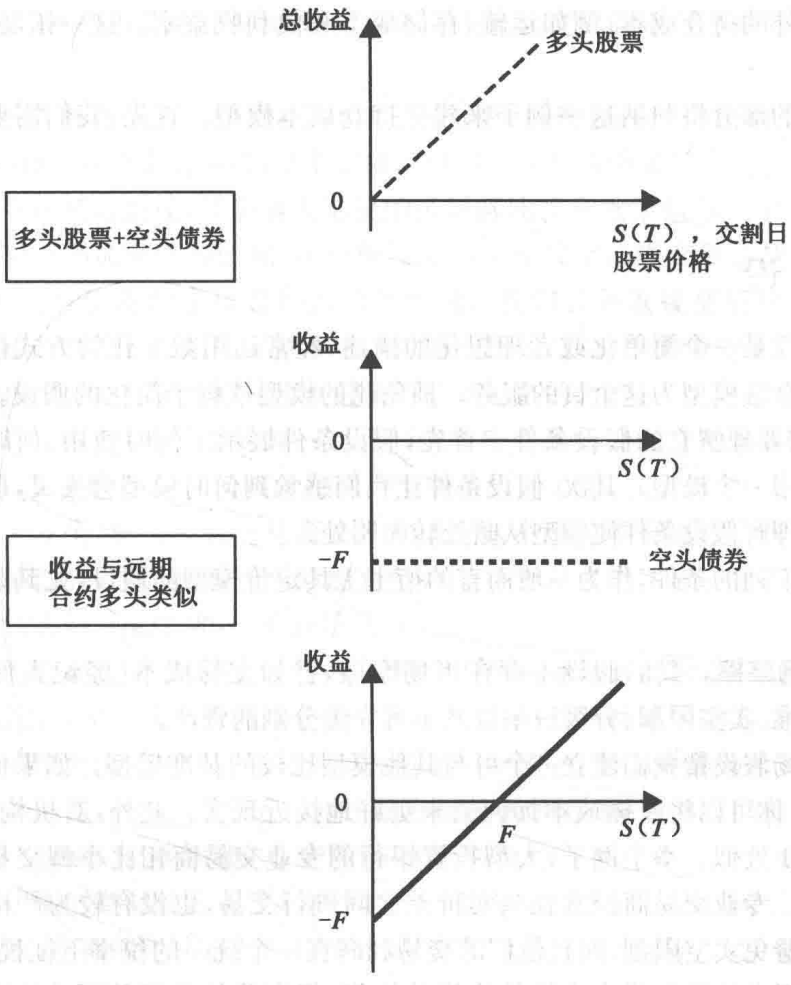


图 11.1 持仓成本模型

3.77 美元就是你立即实现的套利利润。你并不会有未来的现金流，因为空头交易的远期合约和多头的人工合成远期合约的现金流相互抵消了。如果一个交易者报价为 100 美元，交易者们将进行反向操作，获得 $-100/1.06+100=5.66$ 的套利利润。除了非无套利价格(106 美元)的任何远期价格都会产生一个套利的机会。

如果我们从组合 B 中减去组合 A，我们可以用“无中不能生有”原则来替代一价定律的使用。这个技巧产生了一个新的组合，其在未来是 0 价值的，因此在现期也必须是 0 价值的。

这个例子解释了远期价格并没有什么奇妙的地方。远期价格通过持仓成本模型与现货价格相联系，在简单的模型设定里只包含了利息成本。这个简单的模型提出了以下几个问题：

(1) 构成这一模型的隐含假设是什么？下一部分我们将讨论构成这一模型和这本书中其他大多数模型的假设。

(2) 持仓成本模型在其他的情况下还有用吗？在持仓成本模型的简单形式下，它形成了货币或者股票这样的投资性资产的远期价格。例如玉米、铜和石油这些主要持有用来消费或者作为生产投入的消费性资产或者生产性资产的远期价格的获取，可以通过修改

模型来包含额外的持仓成本，例如运输、存储成本和便利收益率。这一拓展将在第 12 章中展示。

本章余下的部分将归纳这一例子来建立持仓成本模型。首先，我们需要介绍一下构成模型的假设。

11.3 假设

一个模型就是一个简单化或者理想化的描述，经常运用数学化的方式帮助我们理解和解释现实。金融模型为这个目的服务。抽象化的模型依赖于简化的假设。为了理解一个模型，我们需要理解它的假设条件。首先，假设条件展示了何时使用、何时不使用以及如何正确地使用一个模型。其次，假设条件让我们感觉到何时模型会失灵，以及模型将会导致的偏差。理解假设条件使模型从暗处转向明处。

我们需要下列的条件，作为一般而言的衍生工具定价模型的假设，尤其是远期定价模型的假设。

A1. 无市场摩擦。我们假设不存在市场摩擦，譬如交易成本（经纪人佣金和买卖价差）、保证金标准、卖空限制、分级税率以及不可完美分割的资产。

无摩擦市场假设帮我们建立一个可与其他模型比较的基准模型。如果你理解了这个理想化的假设，你可以将摩擦成本加回去来更好地接近现实。此外，对机构交易商而言，这是合理的初步近似。举个例子，大型投资银行的专业交易商相比小型交易商有着低得多的交易成本。专业交易商经常在买卖价差之间进行交易，也没有较为严格的保证金标准。他们可以避免卖空限制，而且他们的交易利润在一个统一的税率下征税。当然，专业交易商者需要很大的启动成本来维持这样的操作，但在此处我们并不关注这个成本。引用一个经济学教授的表述，“他们很重要但与我们的目标并不直接相关”。此外，无摩擦市场在一些市场上对于小型交易商而言也可能是合理的初步近似，因为信息技术的持续发展已经大大地降低了交易成本。

A2. 无信用风险。信用风险，也被称为违约风险或者对手风险，指的就是交易的对手方将拒绝履行义务的风险。我们假设不存在信用风险。

如果信用风险存在，那么现金流将会变得不可预测，我们将会在模型初始就陷入困境。无信用风险对于交易所交易的衍生工具而言是一个合理的近似，因为其义务的履行是有清算所保证的。此外，警惕的交易所工作人员、警觉的经纪人和交易者、客户的保证金账户以及交易所的资本已将风险最小化。但是，场外市场的衍生工具可能拥有大量的信用风险。在实践中，谨慎操作可以降低风险，例如只与一个拥有高信用评级的对手方进行交易，并签订证据充足的合法合同且要求当事人保管好抵押品。在信用风险存在的情况下对衍生工具进行定价是一个热门研究领域。Jarrow 和 Turnbull(1995)建立了一个在产业中广泛使用的信用衍生工具定价模型，也就是一个简化方法。这一部分将在第 26 章中进行拓展。

A3. 具有竞争性的且运行良好的市场。在一个竞争性的市场上，交易商的购买或者销售对市场价格不会产生任何影响，因此，交易商是价格的接受者。在一个运行良好的市场

上，交易商同意零概率事件的存在，市场泡沫不会出现。我们假定市场是竞争性的且运行良好。

在一个竞争性的市场上，交易商个体的交易非常小，所以对价格没有产生影响，也没有市场势力。因此，对于市场而言，单个交易商扮演着价格接受者的角色。竞争性市场假设是现代经济学的核心假设，许多重大结论的推导都建立在这个假设之上。但正如第 10 章所揭示的期货市场被操纵的情况，这一假设并不总是成立。当交易者拥有市场势力且价格被操纵的时候，证券的定价是件困难的事情。我们必须重视交易和策略的相互影响——这一观点与概念已经超出了这本书的范围。因此，在这样的设定下，持仓成本模型是一个简易的模型。立足于竞争性市场避免了这些复杂的内容。

同意零概率事件，意味着交易者一定会同意关于商品价格变化的事件不会发生。举个例子，一个事件可能是“商品价格将在两个星期内超过 1 000 美元”。如果一个交易商认为这个事件不会发生，那么所有交易商必须都同意这个事件不会发生。当交易商不同意这样的零概率事件时，他们就不能在考虑套利机会是否存在时达成一致意见。这便使我们证明结论的核心论点无法成立（见假设 A5）。

我们假设不存在资产价格泡沫。当一个资产的价格偏离它的内在价值或者基本价值时，价格泡沫就会出现。基本价值或者内在价值可以通过两种等同的方式来确定。第一种是资产的未来现金流的现值。第二种是你购买一项资产后，如果必须永久性地持有，那么在这一情况下你愿意支付的价格。你仔细考虑这两种方式，会很清楚地发现它们其实是等同的定义。当我们认为出售（再交易）将比永久地持有会产生一个更高的价值时，市场价格与内在价格的差异就出现了，这种差异就是泡沫。这一专有名词反映了对于这一现象的普遍看法：这种偏离是短暂的且终将爆炸的，就像一个肥皂泡。20 世纪 90 年代的众多互联网股票在没有股利支付且财报利润连续为 0 或者为负的情况下，达到令人惊叹的价格，展示了价格泡沫这一现象。我们排除价格泡沫的存在，因为在这种情况下，我们的定价论据将会失灵。

在非竞争性的市场上以及存在泡沫的情况下，对衍生工具进行定价是令人畏惧的工作，但也是研究的热点区域。在第 19 章讨论期权定价的时候，我们将再一次回到这个主题上。

A4. 期间没有现金流。我们假设基础商品在远期合约存续期间内没有现金流。这是我们需要解释的一个简化。

考虑股票的话，大多数公司会通过支付股利的方式来奖励股票持有者。美国公司的股利政策相当保守。它们通常支付固定股利而且不喜欢改变股利支付的日期或者金额，以免市场从它们的行为中推断出负面信息。此外，许多商品都会产生收入或者现金流，附息债券和提供便利收益率的消费性或者生产性资产就是最好的例子。而且，消费性或生产性资产往往会引发交易、存储、保险和其他成本。目前，我们忽略这些成本。

A5. 没有套利的机会。这个假设的含义是不言而喻的。

这五个假设构成了我们分析的基础，决定了模型的有效性。聪明的交易商定期观察市场，检验这些假设是否被满足。如果这些假设并没有被满足，定价模型和交易策略可能就会失效。在这种情况下，我们不能依赖模型。如果我们此时使用模型进行对冲，对冲可

能不再奏效。一个最优的策略可能就是减持头寸，重新考虑，择日回归。正如肯尼·罗杰(Kenny Roger)的歌中所唱，“你该知道何时跟牌，何时扣牌，何时走开，何时继续”。

11.4 持仓成本模型

我们开始汇总之前建模时用到的不同成分来正式推导远期定价模型。如果这些记号看起来很抽象，记住你例子中的数据($S=\$100$，$1+R=1/B=\$1.06$)，来对模型的论据有一个数字化的感觉。

11.4.1 模型建立

持仓成本远期定价模型有以下的结构：

- 有两个日期。在0时点(也就是今天)，我们开始计时，交易并构造一个或多个证券组合。T时点计时停止。我们从交易的证券中获得现金流，用美元标价，计算我们的收益。我们用年来衡量时间。注意$(T-0)=T$是到期时间，或者合约的存续时间，以年或其一部分来计算。
- 三个证券的交易：一支股票、一支股票的远期合约和零息债券。除非特别强调，我们使用术语：资产、商品、股票和现货，很少用其他的词来代替。现货交易与现金市场交易是一个意思。
- 股票的价格今天是$S(0)\equiv S$，在T时点是$S(T)$。远期合约从今天开始，远期价格$F(0,T)\equiv F$由市场决定，因此没有现金换手。这是公允价格。为了理解为什么这个价格是公允的，我们假设一个相反的情况。如果价格并不公允，那么合约的一方将会在买入这个合约的时候遭受一个即期的损失并且没有额外的补偿。相反地，合约的另一方将会在买入合约的同时获得一个即期的收益且没有付出额外的成本。这就是一个套利的机会，因此，是一个不公允的价格。
- 合约在到期日或者交割日以现金结算或者实物交割的方式结束(我们认为它们对于收益计算来说是等同的交易)。多头的收益是$S(T)-F$且空头的收益是$-[S(T)-F]$，两者数额相等，符号相反。
- 交易者可以在无风险利率的水平下通过卖空或者买入零息债券来借入或者贷出资金。假设$B(0,T)\equiv B$是在T时点需要支付1美元的零息债券的现时价格。假设$1+R\equiv 1+R(0,T)$是今天投资1美元于零息债券在T时点可以得到的资金收益。可以发现资金收益是零息债券价格的倒数：$1+R\equiv 1/B$。
- 在第2章，我们使用R和B使资金在时点间移动——用$1+R$乘以今天的现金流得到它们的终值(复利)，反之，用未来的现金流乘以B得到它们的现值(贴现)。我们利用一价定律(参见第6章)来正式推导持仓成本模型。

11.4.2 一价定律的运用

为了找到无套利的远期价格F，我们来考虑未来购买股票的两种不同方式，且满足现

时没有现金流。第一种方式是买入一份远期合约。这种无现金的交易要求你在交割日支付远期价格来获取股票(这就是我们的组合 A)。第二种方式就是今天通过借款买入股票。这种无成本的交易让你获得股票和一个等于现时股票价值的负债及其在相同到期日产生的利息(这就是资产组合 B)。这些交易的过程总结如下:

资产组合 A(买入远期合约):零成本的资产组合(现时)⟶获得股票,支付远期价格 F[可以写作 $S(T)-F$](到期日)

资产组合 B(买入股票,卖出零息债券获得购买股票的费用):零成本组合(现时)⟶获得股票,偿还贷款[写成 $S(T)-S(1+R)$](到期日)

注意,这两种组合的最终收益之间相差一个常数 $[F-S(1+R)]$,这一常数现在是已知的。这两种组合有着同样的初始价值(0),所以必定在到期日也有着同样的价值(见图 11.1)。如果有其中一个价值出现不同,将会产生套利的机会并被警觉的交易商利用,就好比站着准备去捡躺在马路上的钱。他们将会一直交易直到两个价格相等且不存在套利的时候。这表明远期价格必须等于现时的股价加上产生的利息,也就是 $[F = S(1+R)]$。

因为这是如此重要的一个技巧,我们将在拓展 11.1 中使用无中不能生有原则来推导模型。

拓展 11.1 持仓成本模型的推导

这个正式的推导展示了在结果违反假设的情况下,套利机会构成了持仓成本模型的基础。假定无套利,然后,排除这些违反假设的情况。有两种可能的持仓成本模型违反假设的情况,产生两种相反的不均等。利用这两种不均等,可以简单地显示出产生的套利机会和我们模型的应用。

这个证明持仓成本模型的更正规方法非常有用,特别是当我们考虑到市场摩擦,比如税、交易成本、借款与贷款不同的利率以及卖空的限制时尤其如此。第 12 章中给出了一个例子。

我们使用无中不能生有原则来演示这一正规模型。

零价值组合的套利表

我们通过从组合 A 中减去组合 B 来构造一个零价值组合。我们在一个套利表中(详见表 11.2a 和表 11.2b)完成这样的操作。这个方法的优点在于揭示了公允持仓成本价格和从错误定价中获取套利利润的交易策略这两者之间的联系。

表 11.2a 反向买现卖期操作的套利表

组　合	现时(0 时点)现金流	交割日(T 时点)现金流
买入远期合约	0	$S(T)-F$
卖空股票	S	$-S(T)$
通过买入无风险零息债券来投资获利	$-S$	$S(1+R)$
净现金流	0	$S(1+R)-F$

表 11.2b　买现卖期操作的套利表

组　合	现时(0 时点)现金流	交割日(T 时点)现金流
卖出远期合约	0	$-[S(T)-F]$
买入股票	$-S$	$S(T)$
借入资金来购买现货	S	$-S(1+R)$
净现金流	0	$F-S(1+R)$

- 买入一个远期合约。这一交易在现期(0 时点)现金流为 0,在交割日(T 时点)获得 $S(T)-F$ 的回报。你获得了一个价值 $S(T)$ 的资产,同时产生一个等于远期价格 F 美元的负债,表示为 $-F$。在表 11.1a 中记录这些现金流。
- 通过卖空来消除股票头寸。你现期将会得到 S,在到期日将会背负一个 $-S(T)$ 的未来负债(表 11.1b 记录这些现金流,图 11.2 展示了推理的流程)。

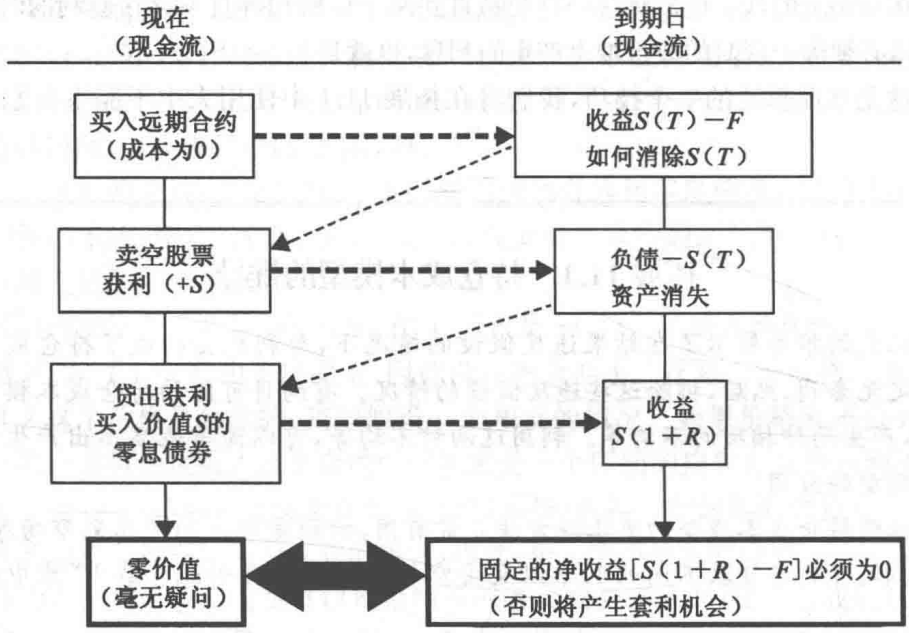


图 11.2　持仓成本模型的无套利流程

- 通过卖空来投资于债券市场上获利。买入零息债券来锁定一个利息,在到期日将支付 $S(1+R)$,这里的 $(1+R)$ 是资金收益。

这个组合的构造是无成本的,并且其在到期日价值为 $[S(1+R)-F]$。为了避免套利,交割时有固定价值的组合在现期没有价值,所以在交割日也必须是零价值的。如果交割日价值不为零,则存在套利机会。这要求考虑两种情况,当交割日价值为正或者为负。

设定一个下限

假设表 11.1a 所示的组合在交割日有一个正的价值。这个正的流入就是一个套利机会——一个无成本组合奖励你一个正的报酬。于是,当现期的现货价格加上持有费用高于远期价格时,你可以通过买入价格相对被低估的远期合约同时卖出价格相对被高估的复制投资组合来获取套利利润(卖空股票同时买入债券)。

这一过程被称为反向的买现卖期交易。因为我们的推理流程涉及卖空资产以及在未

来兑现义务。因此，排除套利后，这个组合不能在未来获得正的价值，所以

$$S(1+R)-F\leqslant 0$$
$$\text{或者 } S(1+R)\leqslant F \tag{1}$$

因此 $S(1+R)$ 是远期价格 F 的下限。

设定一个上限

如果我们的零成本组合在交割日的价值为负，那么会出现什么情况？这样一个回转需要一个反向模型。如果现期的现货价格加上持仓成本小于远期价格，你可以通过出售价格相对被高估的远期合约同时买入价格相对被低估的复制投资组合来获取套利利润。新的报酬有相同数值但在到期日的时候符号为正(如表 11.1b)。

这一过程被称为买现卖期交易。因为我们购买现货并通过支付必要的持仓成本来持有至未来。因此，为了避免套利，这个新的资产组合的报酬不能在交割日为正：

$$F-S(1+R)\leqslant 0$$
$$\text{或者 } F\leqslant S(1+R) \tag{2}$$

因此 $S(1+R)$ 是远期价格 F 的上限。

定价模型

$S(1+R)$ 同时作为远期价格 F 的上限和下限的唯一方式就是两者相等。也就是：

$$F=S(1+R) \tag{3}$$

这就是我们的持仓成本模型。它表明了远期价格就是现货价格的终值。

11.4.3 计算利息的不同方法

回顾第 2 章，我们可以使用非连续复利或者连续复利的方法来计算 B 和 R。到目前为止，我们已经使用单利计算出了 B，这是最简单的情况。我们也可以使用连续复利，零息债券的价格 B 或者资金收益率 $1+R$ 如下所示：

$$B=\mathrm{e}^{-rt} \text{ 和 } 1+R=1/B=\mathrm{e}^{rt}$$

r 就是连续复利算出的利率。

我们收集所有的结论。

结论 11.1

持仓成本模型

考虑一份基于一种商品的远期合约，在 0 时点(现时)开始，在 T 时点到期。然后

$$F=S(1+R) \tag{11.2a}$$

等价于，

$$S=BF \tag{11.2b}$$

等式中的 $F(0)\equiv F(0,T)$ 是 T 时点交割的远期合约的现时远期价格；$S\equiv S(0)$ 是基础商品现时的现货价格；R 是现时投资 1 美元于零息债券在 T 时点的资金收益；$B\equiv 1/(1+R)$ 是 T 时点价值 1 美元的零息债券的现时价格。

资金收益通过下面的公式来计算

$$\text{单利：}1+R=(1+i\times T) \tag{11.2c}$$

$$\text{连续复利：}1+R=\mathrm{e}^{r} \tag{11.2d}$$

其中 i 是每年的单利，r 是每年的连续复利。

当每天计算利息的时候，连续复利是比单利更好的近似。此外，我们将在下一章展示这个假设是建立多种持仓成本模型的基础，包括以指数和商品为标的的合约所产生的存储成本和便利收益率，下一个例子将使用这个公式来计算远期价格和获得的套利利润。

【例 11.2】 确定远期价格和获得套利利润

远期价格

- 使用例 11.1 中的数据。YBM 公司股票的现时价格为 100 美元，一份以 YBM 公司股票为标的的新签订的远期合约将在一年后到期。单利为每年 6%，由表达式(11.2c)可知

$$\text{资金收益 } 1+R=(1+0.06\times 1)=\$1.06$$

$$\text{零息债券价格 } B=1/1.06=\$0.943\,4$$

由表达式(11.2a)可知远期价格为

$$F=S(1+R)=\$106$$

这与例 11.1 中计算出来的价格是一样的。①

获得的套利利润

- 假设一个交易者对远期价格错误报价为 110 美元，那么现货价格和期货价格会产生较大程度的偏离。现货价格是 100 美元，而贴现后的远期价格为 $BF=\$103.77$，所以 $S-BF=-\$3.77$。
- 我们可以使用买现卖期的套利方式来获得利润。买入价格相对低估的股票的同时，卖出价格相对高估的远期合约，并卖空到期日价值为 110 美元的零息债券来构造资产组合。即期的收益为 3.77 美元，到期日的净收益为 0。
- 想要在到期日获得利润？修改债券的头寸——仅仅卖空足够支付股票购买支出的债券，在 12 月 31 日获得 $F-S(1+R)=\$4$ 的收益。
- 现在，考虑一个不同的情况。使用同样的数据，假设远期价格是 100 美元，$S-BF=\$5.66$，说明股票价格过高或者远期价格偏低(或者两者兼有)。通过卖出股票的同时买入远期合约和零息债券来进行一个反向的买现卖期套利。债券头寸依旧被认为可以用来选择在现时或者未来获得利润。如果你买入 100 美元面值的零息债券，你可以在现时获得 $-BF+S=5.66$ 美元的套利利润。

① 如果用的是连续复利，$r=6\%$，那么根据表达式(11.2a)和式(11.2d)，远期价格为 $F=S(1+R)=100\exp(0.06\times 1)=\$106.18$。

11.4.4 套利表法

之前的例子使用套利表法来解决问题以及证明结论。通过系统性地记录不同时点的现金流，套利表可以进行直接比较，更易于证明。尽管没有准确的定位，但我们提议以下三种可行的方法：

(1) 理解问题，如果有必要可以使用数字。不同的变量分别是什么含义？哪些证券产生现金流？何时产生？画出一条时间线。在公式中加入时点和变量价值来对需要证明的结论和如何获得套利利润进行理解。用你的直觉来感知哪一个变量被高估或者被低估，使用“低买高卖”的名言。

(2) 理解现金流。如果现时现金流为正，交割日现金流为 0，然后你可以获得套利利润。又或者，你在现时现金流为 0，在交割日有一个正的价值，你同样可以获得套利利润。

(3) 将变量集中在等式的一边，让某一时点的净现金流为 0。在期初和期末都计算非零现金流非常不方便。如果我们把变量都集中到等式的一边让现时或者交割日的净现金流为 0，那么会变得容易很多。然后，为了避免套利，另一个净现金流也就必须为 0。

11.5 远期合约持有期内的定价

假设你买入一个远期合约并已持有一段时间，远期合约还有剩余的存续期，那么这份远期合约现时的价值是多少呢？如果现货价格高涨或者跌落，那么它将会如何影响远期合约的价值呢？

我们使用一个买现卖期的方法构造一个公式来回答这些问题。这一模型可以被当作模型定价记录，要求每天都记录资产和负债的价值。目前，这一方式的使用在公司和监管者中正变得越来越普遍。例 11.3 介绍了一个数例，可以归纳出相关的结论。

【例 11.3】 远期合约持有期内的定价

数据

- 假设你在 1 月 1 日买入一份远期合约。3 个月过去了，基础价格已经升高。当然，你的多头头寸已经获得了收益，因为你可以通过远期合约以一个固定的价格买入已经升值的基础商品。你持有的多头头寸在现在的准确价值到底是多少呢？让我们用之前的数据来举例说明：
  —在 1 月 1 日(0 时点)，YBM 公司的股价 $S(0)$ 是 100 美元。
  —单利 i 为每年 6%。
  —你买入了一份以 YBM 公司股票为标的的新签订的远期合约，1 年后到期，到期日为 12 月 31 日(T 时点)。
  —远期价格被定为 $F(0)=S(1+R)=\$106$。
- 3 个月过去了。现在是 4 月 1 日(t 时点)。YBM 公司的股价反弹，新的股价 $S(t)\equiv S$，为 120 美元。你仍然有义务在 9 个月后($T-t$ 等于 0.75 年)支付 $F(0)$ 买入

YBM 公司的股票。但是现在你持有的远期合约的价值到底是多少？$V(t)\equiv V$？如果你卖出你的头寸，将会得到多少回报？

- 画出一条时间线来追踪现金流（见图 11.3）。股票价格的升高使得多头远期头寸更有价值。通过套利表（见表 11.3）我们可以获取准确的数额。
- 开始资产组合的构造就好比你支付 V 来买入远期头寸。这让你在 12 月 31 日获得 $S(T)-F(0)=S(T)-106$ 的收益。然后卖空股票，这将在现期让你获得 120 美元，但也同时创造了交割日价值 $-S(T)$ 的负债。股票没有了，但你仍需在到期日准备好 106 美元。这可以通过买入零息债券贷出 106 美元的现值来实现，请注意，在 12 月 31 日价值 1 美元的零息债券在 4 月 1 日的价格为

$$B\equiv B(t,\ T)=1/(1+0.06\times 0.75)=\$0.956\,9\ ①$$

- 这个资产组合在 12 月 31 日价值为 0，为了避免套利

$$-V+120-0.956\,9\times 106=0$$

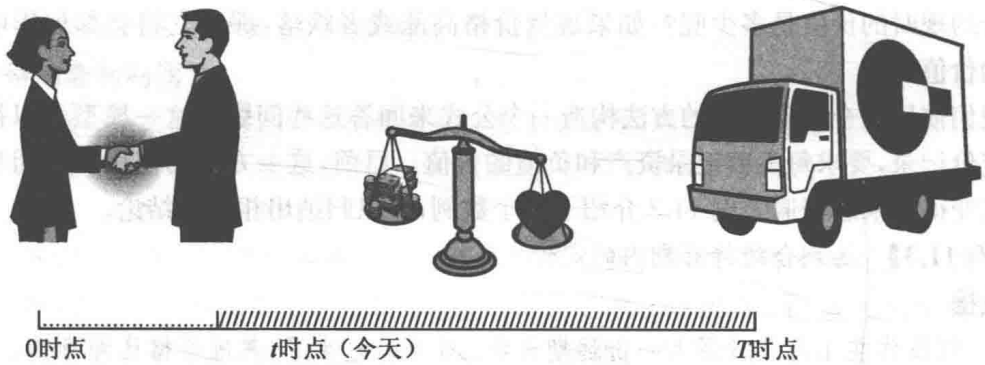
$$即\ V=\$18.56 \tag{11.3}$$

模型

- 在表达式(11.3)中用符号代替数字，可得

$$-V+S-BF(0)=0$$

$$即\ V=S-BF(0)$$



$B=0.956\,9$ ⟶ $1		
1 月 1 日开始的远期合约	今天(4 月 1 号)	从开始日起 1 年后合约到期
远期合约的协议价格 $F(0)$，远期合约多头价值为 0	远期合约多头价值为 $V(t)$	远期合约多头价值 $S(T)-F(0)$

图 11.3　持有一段时间的远期合约的时间线

① 不同的是，如果我们假设一个连续复利利率 r 固定为每年 6%，那么 $F(0)=SR=100\times\exp(0.06\times 1)=\$106.18$，$B(t,\ T)=\exp(-0.06\times 0.75)=\$0.956\,0$，$V=120-0.9560\times 106.18=\$18.49$。因为计算利息的方法的不同使得远期合约的价格出现了 0.07 的差异。

表 11.3 给一份持有一定时间的远期合约定价

组 合	现在,4 月 1 日(t 时点)现金流	到期日,12 月 31 日(T 时点)现金流
买入远期合约(长期价值 $V[t]$ 或者 V),远期价格 106 美元	$-V$	$S(T)-106$
卖空股票现货($S=120$)	120	$-S(T)$
借入远期价格 $BF(0)$ 的现值	$-(1/1.045)106$	106
净现金流	$-V+120-0.9569\times106$	0

这就是结论 11.2,正规的表述如下。

结论 11.2

持有期远期合约的价值

考虑一份产生于 0 时点并在 T 时点到期的远期合约。在一个持有期内的时点 t(现时),

$$V=S-BF(0) \tag{11.4a}$$

其中 $F(0)$ 是时点 T 到期的合约在 0 时点的远期价格。$V\equiv V(t)$ 是多头远期头寸的现时价格。$S\equiv S(t)$ 是基础商品的现时现货价格。$B\equiv B(t,T)$ 是 T 时点价值 1 美元的零息债券的现时价格(t 时点)。

在单利情况下,$B=1/[1+i(T-t)]$,式中的 i 是年利率。在连续复利的情况下,$B=e^{-rt}$,式中的 r 是年利率。

这是我们第一个结论的更一般的版本。如果我们设定 $V=0$,也就是发生在远期合约的起始日,那么结论 11.1 变成结论 11.2 的一个特例。同时使用结论 11.1 和结论11.2,我们可以得到另一结论。首先,我们注意结论 11.1,当应用于 t 时点的远期价格时,其隐含着 $S=BF(t)$。其次,将这个事实代入表达式(11.4a),一些简单的算术产生了一个另类的计算 t 时点远期合约价值的表达式:

$$V=B[F(t)-F(0)] \tag{11.4b}$$

这个表达式表明了远期合约的价值增加了新的交割日价格 $F(t)$ 的现值与原交割日价格 $F(0)$ 的现值之差。现值需要反映一个事实,即在交割日 T 时点之前不需要进行支付。

11.6 不同到期日的远期价格的联系

我们认为存在这样一个市场,持仓成本模型可以非常准确地决定远期价格。如果我们改变交割日期,这个模型会给出一系列与不同到期日的合约相匹配的远期价格。我们也可以使用买现卖期交易来开发一个连结这些价格的公式。当我们只知道持仓成本与另一个远期价格的时候,这个公式可以帮我们确定远期价格。当一些远期合约标的商品相同的时候,这个模型可以帮我们确定是否所有的远期价格都是正确的或者其中一部分定

价不合适。这个模型作为我们的结论 11.3。对这个结论的简单证明如下。

结论 11.3

到期日近的远期价格与到期日远的远期价格之间的联系

分别考虑两份均开始于 0 时点(现时)的远期合约,一份到期日较近(n 时点),另一份到期日较远(d 时点)。那么,考虑 n 时点的情况,

$$F(0, n)=\frac{B(0, d)}{B(0, n)}\times F(0, d) \tag{11.5}$$

其中 $F(0, n)$和 $F(0, d)$是到期日分别为 n 时点和 d 时点的远期合约在 0 时点协商的远期价格。$B(0, t)$是在 d 时点或者 n 时点价值 1 美元的零息债券在 0 时点的价格。

单利情况下,零息债券的价格 $B=1/[1+it]$;在连续复利的情况下,$B=e^{-rt}$,其中 i 和 r 分别是年利率。

尽管我们认为这是个应用型的结论,但这也可以用来归纳。如果你设定到期日较近的远期合约在它的交割日 n,在价格收敛的基础上,$F(0, n)$变成了现货价格 $S(n)$,$B(n, n)=1$,那么表达式(11.5)回归到 t 时点的结论 11.1。

为了证明结论 11.3,我们两次使用结论 11.1。一次用于 n 时点,另一次用于 d 时点,得到两个方程

$$S(0)=B(0, d)\times F(0, d)$$
$$S(0)=B(0, n)\times F(0, n)$$

令这两个方程相等,解出 $F(0, n)$,可以得出结论。

本章小结

1. 我们通过第 6 章中的一价定律和"无中不能生有"原则,使用无套利法则来构建一个远期定价模型。首先,我们构造一个证券组合来复制一份市场交易的远期合约的收益。为了避免套利,复制组合的成本必须等于远期合约的无套利价值。同样,一个买进远期合约并卖空复制组合的另类组合(或相反)在现时和未来都是 0 价值的。两种方法会得出相同价格。

2. 一个由多头股票以及空头远期合约和一些零息债券组成的资产组合可以被构造出来使得在远期合约的到期日价值为 0。为了防止套利,它也必须在开始日就是 0 价值。在这种情况下,远期价格可以被确定。这可以得出结论 11.1,也就是基础的持仓成本模型。它表明了远期价格就是现货价格的终值,即 $F=S(1+R)$。

3. 持仓成本模型建立了一系列的假设:无摩擦成本,无信用风险,竞争性且运转良好的市场,合约存续期间无分红以及无套利机会。

4. 存在许多方式建立持仓成本模型以及解决套利的问题。我们主要使用套利表。它系统地记录了不同时点的现金流。

5. 我们使用买现卖期交易来建立更为复杂的模型。结论 11.2 揭示了远期合约持有期内的某个时点的价值等于现货价格减去之前的远期价格的贴现价值，即 $V=S-BF(0)$。结论 11.3 揭示了当两个不同的远期合约标的商品相同但到期日不同时，到期日较近的远期价格是到期日较远的远期价格的分数，即 $F(0, n)=B(0, d)/B(0, n)\times F(0, d)$。

案例分析

美国 Barrick 资源公司：管理金价风险(哈佛商学院案例 293128-PDF-ENG)。该案例讨论了一个金矿公司如何使用衍生工具来对冲。

巴黎银行：巴黎银行衍生工具担保(哈佛商学院案例 295008-PDF-ENG)。该案例研究了经纪人—交易员通过成立一家衍生工具子公司以获取一个信用等级的相关问题。

AIFS 规避汇率风险(哈佛商学院案例 205026-PDF-ENG)。在这个案例中，公司通过衍生工具来管理汇率风险。

习题和思考题

1. 现货市场上黄金的现时价格是 1 500 美元每盎司。期限为 1 年的零息债券的价格是 0.95 美元。黄金的 1 年期远期价格是多少？

2. YBM 公司股价现在为 109 美元，连续复利利率是每年 5.25%。YBM 公司 5 个月的远期价格是多少？

3. 银的现货价格是每盎司 30 美元。单利为每年 6%。银的半年期远期价格报价为 31 美元。

a. 请问银的半年期远期合约的无套利远期价格是多少？

b. 请阐述你在这个市场上如何获取套利利润。

4. 今天银的现货价格为每盎司 30 美元。单利为每年 6%。银的半年期远期价格报价为 32 美元。无论何时，现货银进行交易的时候，交易成本是每盎司 0.10 美元。交易远期合约的一次性费用是每盎司 0.25 美元。交易债券时没有交易费用。

a. 请问，当没有交易成本的时候，你在这个市场上如何获取套利利润？

b. 如果你不得不支付交易成本，请阐述你在这个市场上如何获取套利利润或者解释为什么你不能够获取任何套利利润。

5. 假如连续复利的利率是每年 6%，9 个月期的铂金远期价格为 1 750 美元，那么现在铂金的现货价格是多少？

6. 无市场摩擦假设是什么含义？这个假设在当前的商品市场是否成立？

7. 如果无市场摩擦的假设是错误的，那么为什么我们在研究模型的时候依然使用这个假设？

8. 什么是竞争性市场假设？这一假设排除了哪些不利于市场的行为？

9. 构成持仓成本模型给远期合约定价的五个基础假设是什么？在当前的商品市场上，这些假设中最有可能被满足的是哪些？

10. 用自己的语言来阐述持仓成本模型的核心结论。

11. 假设今天是1月1日。4月1日到期的黄金远期合约的远期价格为1 500美元每盎司。单利利率为每年6%。那么请问：8月1日到期的黄金远期合约的远期价格是多少？

12. 假设今天是1月1日。到期日为4月1日和10月1日的合约的远期价格分别为103美元和109美元。单利利率为每年8%。假定今天的现货价格是100美元，请给出可利用这些价格获取套利利润的两种方式。

13. 假设今天是1月1日。到期日为4月1日和10月1日的合约的远期价格分别为103美元和109美元。在4月1日，10月1日到期的零息债券的价格为0.97美元。假设基础利率是一个固定的利率，请阐述一种可以从这些价格中获取套利利润的方式。

14. 请用自己的语言描述远期合约的价值等式。

15. 假设你在1月1日买入一份1年期的远期合约。在此时，远期价格为214美元。单利利率为每年7%。6个月后，现货的价格是150美元。那么现在你持有的远期合约的价值是多少？

16. 假设你在今天进行一份1年期的远期合约的交易。远期价格为105美元，单利利率为每年7%。如果6个月之后，现货价格变为150美元，远期合约的价值是20美元，请阐述你如何通过这些价格来获取套利利润。

17. 你已经持有了6个月的远期合约在今天的价值是50美元。远期合约还有3个月到期。如果今天的现货价格是100美元，基础利率是5%，那么当你6个月前买入这份合约的时候，协议的远期价格是多少？

18. 解释远期价格与远期合约价值的差异性。它们两者有关系吗？

19. 相同标的但到期日不同的远期价格之间有什么样的关系？

20. (Excel)从互联网上搜集黄金与白银今天的现货价格以及一年期期货合约的期货价格。此外，搜集不同到期日的国库券的价格。使用以上这些数据，分别展示黄金和白银交易最为活跃的三个期货合约。

a. 假设利息是唯一的持仓成本，使用第11章的结论11.1(持仓成本模型)来计算匹配交易最活跃的三个黄金或者白银期货合约的到期日的远期价格。

b. 将计算出的价格与期货交易价格相比较。能看出明显的差异吗？如果可以，请解释为什么会出现这样的差异。

提示和建议：

- 黄金与白银在纽约市场上的现货价格可以在金属经销商的网站上获取(比如Kitco's)。
- 期货价格可以从交易所(比如芝加哥商品交易所集团)的网站上获取。
  参见 www.cmegroup.com/market-data/index.html。
- 国库券日利率可以在美国国库券网站上获取。
  参见 www.treasure.gov/resource-center/data-chart-center/interest-rates/Pages/TextView.aspx?data=billrates。
- 尽可能地使用结算价。如果买价和卖价被作为现货与期货的报价，取两者的均值。
- 排除本月到期的期货合约，因为它们将会产生流动性问题。

▶12

持仓成本模型的扩展

12.1 引言

康奈尔大学坐落于纽约北部的乡村。校园建在一座小山上，俯视美丽的卡尤加湖和伊萨卡市。这里风景秀丽，群山环绕，甚至有些峡谷是在冰川时代形成的。此地冬天寒冷多雪，驾车行驶非常危险。在伊萨卡岛挑选一辆汽车的时候，当地居民要考虑很多因素。这些因素中关键的一项是选择后轮驱动、前轮驱动还是四轮驱动。为了能在寒冷的道路上安全驾驶，四轮驱动的车是最好的选择。因此，市场上对四轮驱动的车有很大的需求。

类似于伊萨卡居民在寒冷的伊萨卡岛挑选汽车一样，在构建远期价格模型时，也要认真考虑市场环境。商品的区别在于它们是否有现金流、存储成本或者收益率。选择正确的模型进行合理的定价和对冲要与模型中关于市场环境的假设相符。否则，会在实际使用模型时导致“危险驾驶”。

第 11 章提出的无套利远期定价模型基于以下假设：基础商品在远期合约期内没有现金流、储存成本和便利收益。然而，股票和股票指数会支付股利，债券会支付票面利息，外汇价格会受到国内外利率的影响，实物商品如玉米和黄金，会产生储存成本但是也可能会收到便利收益。第 11 章中的模型还假设了无摩擦市场和相等的借贷利率，但是交易除了买卖差价和借贷利率不同外，还涉及经纪人佣金。当放宽假设以得到更好的估计时，怎样修正远期定价模型？本章的目的就是解答这一问题。我们放宽第 11 章的假设 A1 和假设 A4，这样一来就把股利、存储成本、便利收益和市场的不完善都纳入我们的分析框架。

尽管这些附加的复杂性看起来有些让人气馁，但实际上不会的。持仓成本模型的基本逻辑仍然适用，只是附加了一些“铃声”和“口哨”。这些扩展中的大部分只需稍微修改下基本模型就可以得到很好的处理。到本章结束时，你应当有能力在现实市场的“风景”中选择安全的“交通工具”进行远期定价。

12.2 远期定价模型汇总

上一章的持仓成本模型中，利率是仅有的持仓成本，推导出了买现卖期结论，结论认

为远期价格可作为现货价格的未来价值(见结论 11.1)。在第 11 章中,除非特别说明,我们交替使用这些术语:资产、商品、股票和现货。现货交易和现金市场交易有相同的意思。持仓成本模型依赖一些严格的假设,我们为了方便起见在这重申一下:

A1. 无市场摩擦;

A2. 无信用风险;

A3. 具有竞争性的且运行良好的市场;

A4. 期间没有现金流;

A5. 没有套利的机会。

本章研究的是各种条件下的远期价格是如何决定的。图 12.1 提供了相关远期定价模型的指南。我们首先放宽第 4 个假设,引入对股利的介绍来推广模型,从而给出本章的前三个扩展模型。

- 最简单的股利模型假设基础股票在确定的日期支付固定美元股利(结论 12.1A)。这一模型对确定以股票和付息债券为基础资产的合约的远期价格很有用,这些股票和债券在股利支付日以后到期。
- 第二个股利模型假设基础股票支付连续股利(结论 12.1B)。这一模型对确定以股票指数为基础资产的远期价格很有帮助。
- 第二个模型的一个重要应用是确定外汇远期合约的远期价格(结论 12.2)。

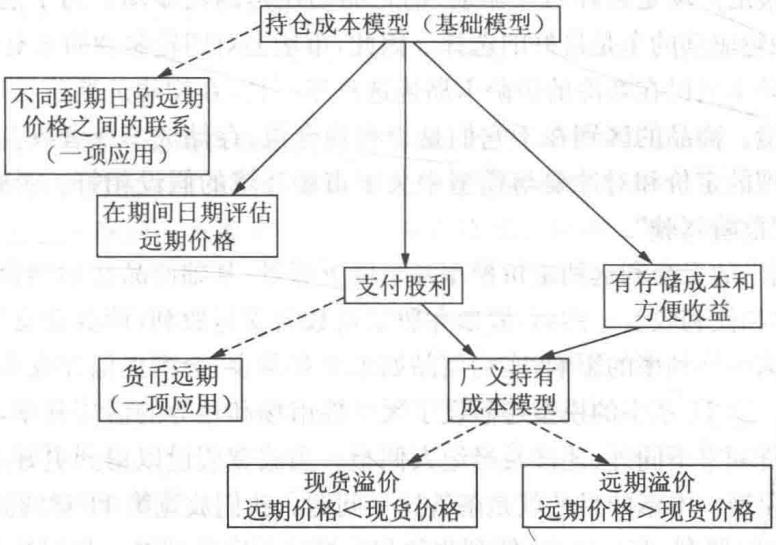


图 12.1　远期定价模型汇总

股利模型为更加丰富的模型做了准备。类似的一个扩展就是考虑持有商品的存储成本,这些商品主要用于消费和生产,比如铜、玉米或者原油。存储实物商品也可能会提供便利收益,比如在暂时短缺时保证产品生产的能力。我们把这些成本和收益考虑进去,进一步扩展了模型(结论 12.3 和结论 12.4)。最后,我们引入市场摩擦如佣金成本、不同的借贷利率以及销售短缺引起的有限收益。这时买卖不再是均衡的。价格不再是确定的,而是在一个范围内变化,无套利远期价格必须在这个范围内(结论 12.5)。

12.3 支付股利的股票的远期合约

大部分成熟的美国公司会定期向股东支付股利(见第 3 章对股利的讨论),市场认为改变股利发放日期或者股利数量是消极因素并导致股价下降,公司不喜欢这样做是为了把股价下降的这种可能性降到最低。公司喜欢表现出一副英国国王的表情,这样你就看不到任何内容(见拓展 12.1 对股利政策事项的讨论)。因此,固定的股利支付日期和固定的股利支付数量是对成熟公司的合理假设。一些资产,比如国库券,其现金流具有很高的可预见性,可以使用类似的模型定价。

12.3.1 附有美元股利的持仓成本模型

考虑一家公司在将来某一事先决定好的日期支付固定股利。事实上,股利支付包括股利宣告日在内的多个日期(见拓展 12.1)。基于我们的目的,我们只关注除息日即可,这一天购买股票不再得到股利。可参见第 3 章我们对此的讨论。

- 在除息日前购买股票可以得到股利;这一期限过后购买股票不会得到股利。
- 在除息日,支付股利的股票价格等于除息价加上股利(结论 3.1)。

股利为持有股票创造了额外的现金流。如果我们要为这些现金流调整股票价格,规范讨论如下所述。例 12.1 显示如何进行讨论。除了用扣掉股利现值的股票价格代替基本模型中的股票价格,最终的定价模型同我们的(之前的)持仓成本模型完全相同。

【例 12.1】 当基础资产支付固定美元股利时的远期价格

数据

- 考虑例 11.1 中的数据。YBM 股价 S 今天是 \$100(1 月 1 日,时点 0),单利每年 6%。考虑一份最新签订的 YBM 远期合约,合约一年后(12 月 31 日,时点 T)到期。
- 现在,假设股票在 3 个月后(4 月 1 日,时点为 t_1)支付 1 美元股利。图 12.2 给出了这些现金流的时间轴。表 12.1 在套利表中添加额外一列来呈现股利。

1 月 1 日
时点 0(今天)

4 月 1 日
时点 t_1(3 个月后)

12 月 31 日
时点 T(一年后)

$B_1 = 1/1.015 \longrightarrow 1$
$B = 1/1.06 \longrightarrow 1$

远期开始	YBM 向股东支付 \$1 股利	远期到期,多头回报是 $S(T) - F$

图 12.2 股票股利的现金流时间轴

- 为了确定远期价格，我们使用无套利原则。我们构造一个证券投资组合，在将来任何日期净收入为0。为了处理股利，我们要借入现金，使得将来的负债偿还量等于将来的股利收入。以下是细节部分：

  —购买一支YMB股票。3个月后获得股利 $div=1$ 美元，1年以后股票价格为 $S(T)$。

  —通过借入相当于股利的现值的资金将其对冲掉。$B_1=1/(1+0.06\times 0.25)=\$0.985\,2$，$B_1$ 是零息债券的价格，3个月后到期，将今天的现金流记为 $B_1 div=\$0.985\,2$，除息日的现金流为 $-\$1$。

  —卖出YBM远期，这样在到期日就可以将股票从证券投资组合中对冲掉。

  —最后，借入远期合约价格 F 的现值，将期货合约价格对冲掉。简记现金流 $BF=(1/1.06)\times F$ 为现在的价值，$-F$ 为1年以后的价格。

- 为了避免套利，今天的净现金流也必须为0：

$$-100+0.985\,2\times 1+0.943\,4F=0 \qquad (12.1)$$

$$\text{或者，}F=\$104.96$$

模型和套利利润

- 用符号代替表达式(12.1)中的数字，移项得到

$$S-B_1 div=BF \qquad (12.2)$$

- 假设有一个经纪人忘记调整股利，而且远期价格报价为$106。通过构建一份表12.1中的投资组合，就可以得到套利利润。这份组合在经纪人报价高估的远期上为空头，在自己构建的远期上为多头。那么

$$\begin{aligned}&-S+B_1 div+BF\\&=-100+0.985\,2+(106/1.06)\\&=\$0.985\,2\end{aligned}$$

  股利的现值就是立即可得到的套利利润。

- 如果报出的远期价格比无套利价格低，反向操作上述交易就可以获得套利利润。

表12.1 确定支付股利的股票的远期价格套利表

组　合	今天，1月1日（时点0）现金流	除息日，4月1日（时点 t_1）现金流	股利支付日，12月31日（时点 T）现金流
购买股票，3个月后获得股利	-100	1	$S(T)$
借入股利 B_1 的现值	$(1/1.015)\times 1$	-1	
卖出远期	0		$-[S(T)-F]$
借入远期合约价格的现值 BF	$(1/1.06)F$		$-F$
净现金流	$-100+0.985\,2\times 1+0.943\,4F$	0	0

将这个例子加以归纳就可以得到第一个结果。

结论 12.1A

附有股利的持仓持本模型

考虑一份今天签订的远期合约，合约的基础资产是在将来某一确定的日期支付固定美元股利的股票。那么

$$S - B_1 div = BF \tag{12.2}$$

其中，今天(0时点)≤除息日(t_1时点)≤到期日(T时点)，S是现货价格，F是今天在T时刻的远期价格，而且$B_1 \equiv B(0, t_1)$，$B \equiv B(0, T)$分别是在除息日和股利支付日到期的零息债券今天的价格。

零息债券价格B是$1/(1+iT)$，这是单利计息的一个例子，e^{-rT}是连续复利计息，这里i和r都是年利率。在这些扩展中，B_1是用t_1代替T计算得到的。

拓展 12.1 股利政策

按季度支付股利是美国公司的常规特点。季度股票股利的支付包括多个日期。股利宣告日是公司董事会宣布股利会在将来某一登记日期发放给全体在册股东的日期。为了减少股利支票邮寄给错误的人的可能性，经纪人和交易所设立了除息日，通常是登记日的前两个工作日。如果你在股票除息日之前购买，你会获得支付股利的股票(也称为购买附息的股票)。如果你在除息日之后购买，你就不会得到股利(也称为购买除息股票)。

1956年，一项由约翰·林特纳带领的针对美国主要工业企业的调查研究发现，股利决策受到已确立的股利政策和股利实践的影响，不会受到公司盈利的影响。大部分管理者相信市场喜欢稳定或者平稳增长的股利。因此，管理者尽量避免股利支付率在一两年内出现反转，管理者支付股利以实现目标股利支付率。股利支付率是指股利和每股净利润的比例。这些经验主义的发现为大部分美国公司不喜欢修改股利支付日期和数量这一事实提供了支持。

诺贝尔奖得主弗兰克·莫迪利安尼和默顿·米勒于1958年写了一篇开创性论文，论文以莫迪利安尼-米勒定理(又称为MM定理)而著名，他们指出股利政策不会影响公司价值，因为投资者可以卖出一些相同的但不支付股利的股票以此来复制股利，而且没有额外成本。为了防止套利，这些公司的价值必须相等。为了得到这样的结果，需要假定公司的投资政策是固定的而且投资者明确知道，存在竞争和无摩擦市场等。这些假设是不是和无套利衍生工具定价模型的假设有些相似？当然是的。(而且这并不是巧合!)

自20世纪60年代早期开始，经济学家就一直在放松MM定理的各种假设以此来研究证券价格和股利行为。布里克利和麦康奈尔(Brickley and McConnell, 1987, 1989)认为，这些研究提出了三个相关问题：

(1) 股利水平会不会影响公司价值？

(2) 股利水平的改变会不会影响公司价值？

(3) 支付方式(现金支付、股票回购、股票股利或者其他支付方式)的改变会不会影响公司价值?

比如,股利增长可能会带来一些潜在影响。诸如美国等一些国家对股利进行双重征税:一次是对公司利润征税,一次是对个人所得征税。较高的股利意味着股东较大的损失,因为更多的钱交给了政府。如果股份由免税的个人和机构或者由因为收入低而不用缴税的个人持有,又会发生什么?此时双重征税的问题就不会出现,股利变化就会很轻松地得到同意。

另外一种可能就是信号传递。在阿克洛夫、斯宾塞和斯蒂格利茨(Akerlof, Spence, and Stiglitz)的开创性工作之后,信息不对称、逆向选择和信号传递的观点被用于研究股利政策。考虑一个谨慎的股利政策,股利增长会传达乐观预期的信号:一家公司只有在能保证以后的年度维持这一新的水平时才有可能提高股利。你可能会注意到这一论证和林特纳在1956年的研究中提出的论点相似。如果故意提高股利以此向投资者传达较高的盈利能力而导致投资者错误地理解公司怎么办?这会不会推高股价?不会的——这在信号均衡环境中不可能发生。因为要想这一信号(比如"提高股利")有意义,就必须付出代价(比如"更大的负税压力")。可靠的信号很难模仿而且代价很高。只有能承担这一代价的"好"公司才会提高股利;不能承担这一代价的"差"公司不会提高股利。投资者会适当地意识到这个反应。

股利政策在现代公司金融里是一个饱受争议和热门研究的领域。尽管我们对股利政策了解很多,但是仍然有很多我们并不理解的地方。在理查德·布雷利(Richard Brealey)和斯图尔特·迈尔斯(Stewart Myers)的经典教材《公司财务原理》的最后一章,他们给出了一列"在金融领域还未解决的10大问题"。第6个问题很显眼地"凝视"着我们:我们怎样才能解决股利争论。

我们可以很容易地将这个模型扩展使其包括更多的股利,假设股票在到期前的时点 t_2 支付另一份股利 div_2。那么,结果就修改为

$$S-(B_1 div_1 + B_2 div_2) = BF \tag{12.3}$$

在这个公式里面,div_1 有一个下标将其和支付日期对应起来,B_2 是在第二个除息日到期的零息债券在今天的现值。最为一般的式子为

$$S-(\text{远期存续期间内所有股利的现值}) = BF \tag{12.4}$$

为什么要对股利进行调整?我们做这些调整是因为股利对股票和远期有不同的影响:股票多头会得到股利但是远期多头不会得到股利。一旦你把累积在股票中的股利去掉,两者的地位就相同了,我们熟悉的持仓成本模型也就适用了。下面,我们介绍指数期货。对于这些合约,股利调整更加复杂。

12.3.2 带有股利收益率的持仓成本模型

本节学习指数远期合约。现代投资组合理论(MPT;快速发音近似于"empty")开创

性地提出了分散投资的理论，以此复制股票市场指数的回报。指数共同基金（或者股票指数基金）通过购买和指数相同比例的一篮子股票来达到此目的。基金份额的价格通常在交易日结束后确定。交易所交易基金（ETF）也这样做，但其可以在交易所连续交易（见拓展 12.2 对这些基金的讨论）。[①]指数和指数基金以大量的衍生证券为基础，也包括期货合约。

这样的指数投资组合的无套利远期价格是多少？不幸的是，之前章节的股利调整方法假设股利和股利支付日期并非随意的，但是这对指数而言并不适用，因为股利是如此之多。因此，本节提出了一个可供选择的方法使其适应随机的股利和随机的股利支付日期。本次修正使用持仓成本模型的股利收益率和连续复利的版本（分别见第 3 章和第 11 章）。为了使用本次修正，我们首先要理解如何调整指数的价值来应对连续支付的股利。这反过来又需要我们对合成指数的构建进行讨论。

拓展 12.2 指数共同基金和交易所交易基金——“猴子能做到吗?”

指数共同基金

2000 年 4 月，先锋集团被动管理的 500 指数基金超过了富达投资主动管理的麦哲伦基金成为美国最大的共同基金。自从在 1976 年创立，它的目标就被定为匹配标普 500 指数的表现。有一件有趣的佚事，一名投资者误把基金经理乔治·索特（George “Gus” Sauter）错认为电话接线人，说道：“听着，你和我都知道猴子也能管理一支指数共同基金。”（见 1997 年 1 月 28 日《华尔街日报》的《比赛游戏：猴子能做到吗？指数基金经理仍然不受尊重——随着数十亿资金流进流出，与标普 500 指数相符变成了一项棘手的业务——打败股市掘金者》）。在现实中，构建和维持这样的复制投资组合，称为指数化，是一件很有挑战性的事情。考虑一下将标普 500 指数化，这样的投资组合要求投资 500 支美国股票，而且每一支股票的比例要和指数中的比例一致。对于一笔完全是美元的投资，股票的不可分割会使得完全符合比例变得非常困难。而且，由于要改善指数和会计以应对兼并重组，指数的管理者会经常调整指数的构成。

一些指数基金通过修改指数匹配策略来提高表现，类似的指数修改策略包括：（1）当期货便宜的时候购买期货来替代股票，（2）通过借出证券来获得额外的收入，（3）暂时持有略多于基准要求的交易较为清淡的股票，（4）如果有大量的购买者抢购股票就等上一两天，（5）在这些变化生效日前购买被添加到指数中的股票。批评者指出，这些策略可能不会总是起作用。比如，当改变部门权重的战略出现意外时，2002 年先锋债券指数基金偏离基准达 2%。

一些专业的货币经理对指数型基金不以为然，而且嘲笑指数型基金只是保证平均收益。然而，美中不足的是，尽管所有的资源都可以被用来进行专业的股票选择，但是经验

① 第 6 章的拓展 6.1 详细地讨论了指数，ETFs 的目的和范围随着时间在不断扩大。比如，我们现在可以找到一些 ETFs，这些 ETFs 或者是和关注工业部门（比如高科技或者电脑）指数的表现相匹配，或者是复制持有大宗商品（比如白银或者黄金）的回报。

主义研究发现，在进行风险调整的基础上大部分货币经理并不能始终如一地打败广义指数。自相矛盾的是，正是花费在研究和交易上的资金导致了基金表现的下滑。

相比较而言，指数基金在降低这些成本方面相当成功。比如，2004 年秋，追踪标普 500 指数的大型基金公司的费用率是 0.18%，或者说先锋集团是 18 个基点，富达投资公司是 7—10 个基点，与此同时，投资于相似股票的平均可比规模的基金收取 1.21%的费用率。费用率衡量的是费用支出占基金净值的百分比。费用支出包括管理费用和行政费用，但不包括交易成本。

交易所交易基金

排除一些例外情况(比如富达产业基金按小时定价)，共同基金在交易市场结束后确定价格。因此，它们对于套利交易不够敏感。这个缺点被 ETFs 很好地克服了，ETFs 持有人可以得到相对一篮子股票的部分所有权。证券交易委员会在法律上把 ETFs 认定为开放式基金公司或者单位投资信托(这一部分我们在第 6 章的第 6.5 节界定过)，但是它们可以像封闭式基金一样在交易所交易。ETFs 的表现和普通股票很像，可以在交易时间里连续交易，可以卖出，还有可能进行保证金交易，还有以它们为基础开发的衍生工具。

尽管 ETFs 是一种简单优雅而且交易方便的证券，但是它们的构建和维持却是一个很复杂的过程：

- 这个过程由基金发起人或者管理人执行，基金发起人和管理人要向 SEC 提交具体的计划并获得其支持。发起人负责基金管理、股利再投资和日常监管。发起人一般是比较大型的公司，诸如巴克莱全球投资公司、道富环球投资管理公司、先锋集团。
- 接下来，经授权的参与者购买大型的证券投资组合，并把它们放到托管行，然后在交易所获得一份设立单位(creation unit)。很多设立单位通常都是构建的。
- 设立单位被分解成 ETF 份额，传统上是 2.5 万份或者更多，ETF 份额可以在交易所上市交易，像你我这样的散户也可以在交易所里购买。
- ETF 份额可以通过两种途径卖出：(1)在二级市场，或者(2)通过购买足够的 ETF 份额构造一份设立单位，然后把设立单位卖还给 ETF，就会得到设立单位下的一篮子基础证券。这种受限制的赎回就是为什么 ETFs 不能被称为共同基金的原因。

ETFs 使用无套利定价原则——套利确保了 ETFs 的价格不会偏离净值太远。比如，如果 ETFs 的需求减少，而且折价卖出，那么购买 ETF 份额来构建一份设立单位，然后赎回得到基础证券再卖出基础证券，就会得到套利利润。

尽管自从 2008 年开始，SEC 已经允许了积极管理型 ETFs 的设立，但是大部分 ETFs 力争和市场指数保持一致。就这一点而言，它们和指数共同基金很像。ETFs 收取的年费通常要比共同基金低。经济人佣金只有在 ETFs 份额买入或者卖出时才会收取。与此相反，大部分共同基金对初次投资不收费，但是 ETFs 要比共同基金有更多的免税优势。如果投资者卖出大量份额，那么基金经理必须卖出基金中的证券来筹集资金，这就会导致所有投资人都产生资本利得。但是赎回 ETFs 就像卖出一支股票那样简单——它不会给其他投资者带来不想要的资本利得。出于这些原因，很难依据它们作为投资工具的优势，对

ETFs和指数共同基金进行对比。

第一支交易所交易基金——多伦多指数参与单位(TIPS30)是在1990年推出的。第一支美国ETF——Spider(标普存托凭证或者SPDR)是在1993年推出的,它的目标是和标普500指数的回报保持一致。从20世纪90年代起,ETFs一直在增长,并席卷整个行业。流行的ETFs,如Nasdaq 100和Spider,在美国已经跻身最大的投资基金的行列。

12.3.3 合成指数

指数是股票(或者资产)根据一些规则制定的组合,**合成指数**是为了复制交易指数的回报而构建的组合。指数分为两类:依据股利进行调整的指数和不进行调整的指数。**总回报指数**,如美林证券的TRAKRS和德国的DAX,假定组合里股票的所有支出,包括定期的股利,都被再投资进了指数组合中。对于总回报指数,再投资假定很有效地把股利从考虑因素中移除,因为这样就没有现金流出了。这种情况下,总回报指数远期可以使用无现金流出的假设进行定价,这样第11章的结果就适用了。

然而,大部分指数,包括道琼斯公司的指数和标准普尔的指数,没有对定期现金股利进行调整。这种情况下,股利需要被认真考虑。计算指数在今天(时点0)的价值的一个小技巧是剔除远期合约存续期间内支付的股利的现值。为了计算这一调整,如果所有的股利都像总回报指数那样被再投资,首先考虑这样的指数价值是怎么变化的是很有帮助的。

假设没有再投资的指数在今天的价值为$S(0)$,在T时点的价值为$S(T)$。假设指数按照每年$\delta\%$连续股利收益进行支付。出于对比的目的,考虑另外一支一样的指数,在时点0的价值为$I(0)=S(0)$。不同的是,这一指数假设所有连续支付的股利都被再投资进指数。我们称这样的合成指数为合成总回报指数。因为股利被再投资进了$I(T)$,T时点的价值会超过股利没有被再投资的指数的价值,也就是说,$I(T)>S(T)$。事实上,使用结论3.2,我们知道

$$I(T)=S(T)\mathrm{e}^{\delta T}$$

注意$S(0)$代表指数在时点T的现值加上股利,为了得到指数的现值,要减去远期合约存续期间内连续支付的股利,我们只需要把股利收益移去即可;即

$$S(T)\text{的现值}=S(0)\mathrm{e}^{-\delta T}$$

这个表达式给出了修正后的"股票价格",这一价格可以在远期定价模型中使用。

这一修正后的"股票价格"代表在时点T没有股利的指数价值的现值,证明这一价格等于没有期间现金流的指数的交易策略的构建成本,此指数的回报等于在时点T的$S(T)$。为了去掉期间现金流,只需在时点0购买指数,然后把所有的股利再投资回指数。这样就构建了一个合成的总回报指数,但是我们没有完全完成。我们需要调整最初购买的单位数量,这样我们就可以在股利再投资后于支付日得到正确的回报。如果我们的购买数量$\mathrm{e}^{-\delta T}<$在时点0的1单位指数,1单位价值为$S(0)\mathrm{e}^{-\delta T}$,那么在合成总回报指数中的这一头寸在时点$T$的价值是

$$(\text{单位})\text{价格}=e^{-\delta T}I(T)=e^{-\delta T}S(T)e^{\delta T}=S(T)$$

这是我们渴望得到的结果。注意相比于之前美元股利的价格调整，这是合约中的数量调整。

此修正假设指数股利在未来以相同的利率支付(见图 12.3)。尽管有一些股利数额很小，有一些股利数额很大，但是如果指数中包含大量股票而且股利是随机支付的话，那么这就是一个合理的假设。新闻和其他资讯供应商定期报告这些股利收益率。比如，在 2007 年 5 月 25 日，道琼斯工业平均指数、纳斯达克 100 指数和标普 500 指数的股利收益率分别是 2.25%、0.48%和1.89%。①

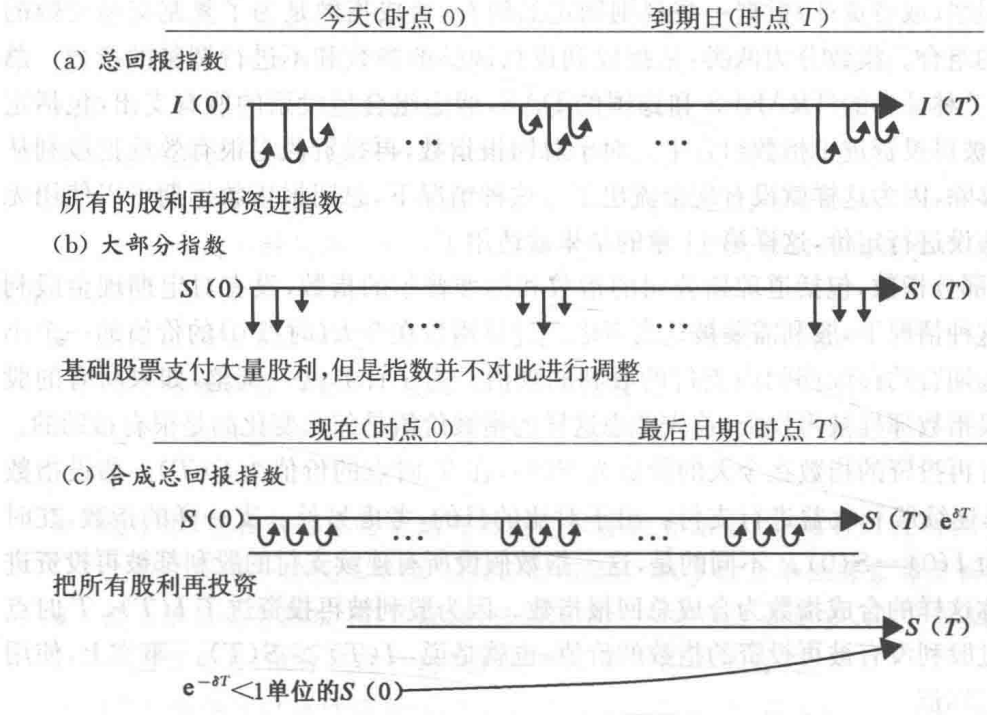


图 12.3　构成一份合成总回报指数

例 12.2 使用这一股票定价修正模型来确定指数的远期价格。在实际运用中，指数衍生工具通常会有乘数。例如，芝加哥商品交易所的标普 500 指数的期货价格是标普 500 指数水平乘以 250 美元，如果前一交易日的期货价格是 1 000，今天的价格是 1 000.10，那么多头就会有 250×(1 000.1−1 000)=25 美元计入其经纪人的贷方账户。正如之前做的那样，我们忽略了乘数，仅仅在每一个单位基点的基础上进行了计算。

【例 12.2】 带有股利收益率的指数的远期价格

数据

- 考虑一个虚构的“INDY index”，这个指数是通过把股票价格平均得到的，以及一个合成指数“INDY spot”来复制前者。INDY 的当前水平 S 是 1 000，并且没有对股利进行再投资。一份最近签订的基于这一指数的远期合约在一年后(T 时点)

① 资料来源：www.indexarb.com/dividendAnalysis.html。

到期。设定连续复利利率 r 为每年 6%。

- 构成 INDY 指数的股票去年支付了 20 美元的股利，今年预期支付相等的股利。那么股利收益率是 $\delta=20/1\,000=0.02$ 或者说每年 2%。
- 如果你购买了 $e^{-\delta T}=e^{-0.02\times1}=0.980\,2$ 单位的 INDY spot，并对股利进行连续再投资，那么年底你会得到 1 单位的指数，价值为 $S(T)$。
- 表 12.2 在套利表中记录了以下交易：

  —卖出 INDY index 的远期合约。这使得在时点 0 的价值为 0，支付日 T 价值为 $-[S(T)-F]$。

  —购买 0.980 2 单位的“INDY spot”，今天的现金流出记为 $-0.980\,2\times1\,000=-980.20$。把所有的股利再投资进这个指数直至股利支付日，到期得到价值 $S(T)$。

  —借入 F 的现值。一年后到期的零息债券今天的价格为 $B=e^{-rT}=e^{-0.06}=0.941\,8$ 美元。记录现金流为 1 月 1 日 $BF=0.941\,8F$，12 月 31 日为 $-F$。
- 最后的组合在股利支付日回报为 0。为了阻止套利，当前的净回报也是 0，因此

$$-0.980\,2\times1\,000+0.981\,4F=0$$

$$\text{或者 } F=1\,040.81 \text{ 美元} \tag{12.5}$$

模型和套利利润

- 用符号代替表达式(12.5)中的数值，得到

$$-e^{-\delta T}S+e^{-rT}F=0$$

$$\text{或者 } F=Se^{(r-\delta)T}$$

- 假设经纪人错误报出 INDY 指数的远期价格为 1 020 美元，由于低于无套利价格，可以像表 12.2 那样购买相对低估的交易远期并卖出合成远期，会立刻得到套利利润

$$\begin{aligned}&-e^{-rT}F+e^{-\delta T}S\\&=-0.941\,8\times1\,020+0.980\,2\times1\,000\\&=19.60 \text{ 美元}\end{aligned}$$

表 12.2 以复利支付股利的指数的持仓成本套利

组　合	今天(时点 0)现金流	一年以后支付/到期日(时点 T)现金流
卖出一份 INDY index 期货合约	0	$-[S(T)-F]$
购买 0.980 2 单位价值为 S 的 INDY 股票	$-0.980\,2\times1\,000$	$S(T)$
借入 F 的现值	$e^{-0.06}F$	$-F$
净现金流	$-980.20+0.941\,8F$	0

这个例子给我们如下结论。

结论 12.1B

已知股利收益率的持仓成本模型

考虑今天(时点 0)的一份远期合约,时点 T 到期。基础股票指数以连续复利 δ 支付股利,股利不进行再投资。那么

$$F = Se^{(r-\delta)T} \tag{12.6}$$

S 是股票指数今日的价格,F 是 T 时点到期的合约在今天的远期价格,r 是每年的连续复利利率,δ 是股利收益率,它是一年内所有股利支付的总和,表示为股票指数价格的分数。

为什么要如此费力地对股利收益率进行这么微小的调整?因为尽管有些微不足道,但是这些调整对于决定股票指数的远期价格是很有必要的。如果没有进行调整就交易的话,你就会很容易被套利。而且,这些调整还可以用于理解外汇远期价格,这些会在下一章进行阐述。

12.3.4 外汇远期价格

因为货币的存储成本微不足道,所以我们可以在买现卖期框架里对它们进行分析。通过投资政府债券,货币可以在本国产生无风险收益。因此,它们可被视为产生股利的金融证券,而且正如我们下面的例子显示的那样,结论 12.1B 是可以使用的。

【例 12.3】 外汇远期合约的持仓成本模型

数据

- 美国汽车(Americana Auto)董事会要求财务主管从英国运营部门向美国总部返还 1 亿英镑,并且在一年以内得到。财务主管考虑了两种选择:(1)立即兑换(在即期汇率帮助下实现,然后投资到国内债券)或者(2)投资于国外债券,然后兑换(在远期汇率或者远期合约的帮助下实现)。
- 今天的即期汇率 S_A 以美元标价是 1 英镑兑换 2 美元,反过来以英镑标价就是 1 美元兑换 $S_E = 1/2 = 0.5$ 英镑。在美国(本国)以连续复利计算的年无风险利率 $r = 6\%$,在英国(外国)是 $r_E = 4\%$。

使用远期汇率(投资学/国际金融学课程的方法)

- (见图 12.4)为了立即兑换,用 1 亿英镑乘以即期汇率 S_A,然后把这些美元投资于 1 年期的美国国库券。美元回报 $(1+R)$ 是 $e^{rT} = e^{0.06} \times 1 = 1.0618$ 美元,1 年后的价值是:

$$\begin{aligned} &\text{起初的英镑数额} \times \text{以美元标价的即期汇率} \times \text{美元回报} \\ &= 100 \text{ 英镑} \times 2 \text{ 美元每英镑} \times 1.0618 \\ &= 212.3673 \text{ 百万美元} \end{aligned} \tag{12.7}$$

- 对于第二选择,投资于英国无风险金边债券,期限为 1 年,1 英镑得到 $(1+R_E) = e^{rET} = e^{0.04\times1} = 1.0408$。因此,1 亿英镑 1 年以后价值为:

$$\begin{aligned}&\text{起初的英镑数额}\times 1\text{英镑投资零息债券1年后的价值}\\&=100\times 1.0408\\&=104.0811\text{百万英镑}\end{aligned}\tag{12.8a}$$

- 除非你找到一名像“rare oul'times”中的魔术师，凝视水晶就能预测未来，否则即期汇率能否在将来保持不变是无法得知的。然而，财务主管可以在1年期内锁定美元兑换英镑的价格。她可以在远期货币市场上做到，经纪人已经准备好1年后以公允价格 $F_A(In)$ 进行兑换，这里的“In”指与投资或者国际金融相关。用这一数量乘以104.0811百万英镑可得到以美元计算的价值：

$$\begin{aligned}&(\text{起初的英镑数额}\times 1\text{英镑投资零息债券1年后的价值})\times F_A(In)\\&=104.0811\times F_A(In)\text{百万英镑}\end{aligned}\tag{12.8b}$$

- 为了阻止套利，两者必须相等：

$$\begin{aligned}&212.3673\text{美元}=104.0811\text{英镑}\times F_A(In)\\&\text{或者 }F_A(In)=\$2.0404\text{每英镑}\end{aligned}\tag{12.9}$$

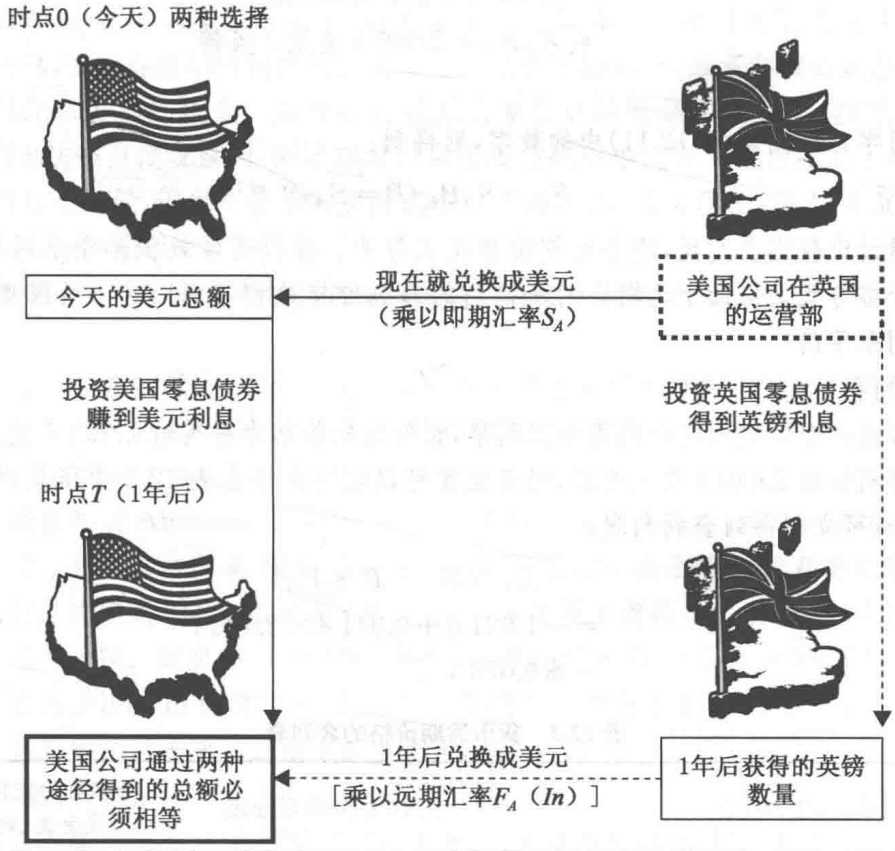


图 12.4 远期汇率的确定

模型

- 用符号替代表达式(12.9)里的数值，记住去掉初始英镑数额，我们可以得到

$$F_A(In)=S_A e^{(r-r_E)T}\tag{12.10}$$

这和我们之前的结果(结论 12.1B)很相似。

用远期合约确定远期价格

- 作为另一种选择,她可以使用货币远期合约把英镑兑换成美元。表 12.3 显示了产生无套利远期价格的交易:
  - —在英国购买一份外国零息债券,价格为 $B_E = 1/(1+R_E) = 1/1.040\ 8 = 0.960\ 8$ 英镑。用美元标价的即期汇率乘以这一数值得到美元成本,$-B_E \times S_A = -0.960\ 8 \times 2 = -1.921\ 6$ 美元。债券到期时为 1 英镑,用这一数值乘以一年以后的即期利率 $S(T)_A$ 可以得到以美元计算的价值。
  - —通过以远期价格 F_A 远期卖出英镑,可以在到期日把即期汇率从组合中消除。这样得到的立即回报为 0,将来回报以美元标价是 $-[S(T)_A - F_A]$。
  - —借入远期价格的现值,将 1 年期国库券的价格 $B = 1/(1+R) = 1/1.061\ 8 = 0.941\ 8$ 美元乘以远期价格,可得到远期价格的现值。这带来现在 $B \times F_A = 0.941\ 8F_A$ 的价值,将来 $-F_A$ 的价值。
- 由于组合的报酬在交割日为 0,为了避免套利,组合今天的价值也应该是 0,这样:

$$-0.960\ 8 \times 2 + 0.941\ 8F_A = 0$$

$$\text{或者,} F_A = 2.040\ 4 \text{ 美元 / 英镑} \tag{12.11}$$

模型

- 用字母替代等式(12.11)中的数字,则得到:

$$F_A = S_A B_E / B = S_A e^{(r-r_E)T} \tag{12.12}$$

- 通过比较你会发现,两个远期价格是相等的。在投资学或国际金融课程中,远期价格与我们借助于远期合约所得到的套利价格是相等的!这一结果被称为**抵补利率平价**。

套利利润

- 假设一个经纪人忘记调整外汇利率,报价远期价格为每英镑 2.123 7 美元,这比无套利价格 2.040 4 美元要高,财务主管可以创造出像在表 12.3 中所呈现的投资组合,可立刻得到套利利润:

$$\begin{aligned} &-B_E \times S_A + B \times F_A \\ &= -1.921\ 6 + 0.941\ 8 \times 2.123\ 7 \\ &= \$0.078\ 4 \end{aligned}$$

表 12.3 货币远期价格的套利表

组　合	今天(时点 0)现金流	一年后的支付/到期日现金流(时点 T)
购买一份英国零息债券,当前价格为 $B_E S_A$	$-1.921\ 6$	$S(T)_A$
卖出英镑远期	0	$-[S(T)_A - F_A]$
借入 F_A 的现值	$0.941\ 8F_A$	$-F_A$
净现金流	$-0.960\ 8S_A + 0.941\ 8F_A$	0

我们将定价模型表达式(12.12)再次表述如下。

结论 12.2

外汇远期价格

考虑一份今天(时点 0)的远期合约,在时点 T 兑换外币,那么远期汇率是

$$F_A = S_A(B_E/B) = S_A e^{(r-r_E)T} \tag{12.12}$$

F_A 和 S_A 分别是以美元计价的远期汇率和即期汇率,$B \equiv B(0, T)$ 是今天美国(本国)零息债券的价格,在时点 T 支付 1 美元,$B_E \equiv B_E(0, T)$ 是欧洲(外国)零息债券今天的价格,在时点 T 支付 1 单位外国货币,r 和 r_E 分别是本国和外国的无风险连续复利利率。

12.4 持仓成本模型的扩展

考虑一件商品,主要用于消费或者生产,比如铜、玉米或者原油。如果一个人在这些商品上持有多头,她将承担保险成本、运输成本和存储成本。我们把这些统称为**存储成本**。作为选择,实物存货的可得性可以保证生产过程平稳运行,或者在暂时短缺的时候将它们出借以此获得额外现金。这些好处就是大家公认的商品的**便利收益**(或者**便利价值**)。[①]它们无法被直接观察到,但是却可以从市场数据中推测出来。相比之下,远期交易商无法获得这些好处,但也不会承担这些成本。然而,它们确实存在,例 12.4 显示如何把它们合并到我们的框架中。

【例 12.4】 有存储成本和便利收益的商品的持仓成本模型

数据

- 考虑一种虚拟商品 Alloyum,这种商品会产生存储成本但是也会带来便利收益。假定每年 6%的单利。考虑一份刚刚签订的远期合约,1 年后到期。我们构建如表 12.4 显示的组合:
  - —现在购买 Alloyum,$S = 100$ 美元。存储每盎司此商品,每个月要花费 0.05 美元。存储成本 G 是 12 个月×0.05 美元/月=0.60 美元每年,这些资金需要提前支付。这些成本不会在交割日表现出来,但是除了商品价格以外,你现在必须借入这些数额。到期时,支付 $(S+G)(1+R) = 100.60 \times 1.06 = 106.636$ 0 美元。
  - —作为 Alloyum 的持有人,在时点 T 获得的便利收益 Y 为 0.50 美元。
  - —借钱购买然后卖出远期消除现货风险。

模型和套利利润

- 组合现在价值为 0,在到期日有一个确定(或者不变)的价值。为了阻止套利,必须保证在交割日的价值为 0。用符号代替数值可以得到定价模型:

① 使用现代期权定价理论,Jarrow(2010)得出结论,认为便利收益作为一个独立的概念并不存在,他认为最好将其理解为由于存储商品带来的某个现金流。这些现金流有两种嵌入式期权,Jarrow 将其称为不足和使用期权。

$$F-106.636\,0+0.50=F-(S+G)(1+R)+Y=0$$

$$\text{或者 } F=(S+G)/(1+R)-Y=\$106.136\,0 \tag{12.13}$$

- 如果经纪人错误报出 F 为 107 美元的价格，那么，表 12.4 中的组合就会在交割日得到套利利润：

$$107-106.136\,0+0.50=\$0.864\,0$$

表 12.4　有存储成本和便利收益的商品远期的套利表

组　合	现在(时点 0)的现金流	1 年后(时点 T)交割日的现金流
购买商品(支付资产价格 S 和存储成本 G)	$-100-0.60$	$S(T)$
到期获得便利价值 Y		0.50
借款购买	100.60	$-106.636\,0$
卖出远期	0	$-[S(T)-F]$
净现金流	0	$F-106.636\,0+0.50$

我们写下如下结论。

结论 12.3

有存储成本和便利收益的持仓成本模型

考虑现在(时点 0)签订一份商品远期合约，该商品会产生存储成本(预先付清)和便利收益(到期时点 T 时收到)。那么

$$F=(S+G)/(1+R)-Y \tag{12.13}$$

这里 $1+R$ 是美元回报，S 是现在的现货价格，F 是现在的时点 T 到期的远期价格，G 是存储成本，Y 是便利收益。

这个模型在任意日期中引入了存储成本和便利收益。为什么分别预先付清和到期获得？如果收益和成本经常发生，你可以使用模型的连续复利版本来避免此问题。假设所有的持仓成本(比如存储成本和利率)以及收益(比如股利收益和便利收益)在合约存续期间以复利发生或者支付，要进行大量调整，以购买 $e^{-(\delta+y-g)T}$ 单位商品开始你的交易，根据先前给出的套路，你可以开发一种广义的持仓成本模型。

结论 12.4

持仓成本模型的一种扩展

考虑现在(时点 0)签订的时点 T 到期的远期合约。基础资产以连续复利 δ 支付现金流，那么：

$$F=Se^{[(r+g)-(\delta+y)]T} \tag{12.14}$$

这里 r 是每年的无风险利率，g 是每年的存储成本连续支付的复利率，y 是每年的便利收益连续支付的复利率。

扩展的持仓成本模型的基本原则如下：

- 有一些可以交付使用的现货商品，此商品可以跨期持有，并在将来交易。
- 若没有持仓成本和便利收益，则对于资产的实际持有人而言，现货价格等于远期价格（见图 12.5）。
- 各种成本会提高远期价格，收益会降低远期价格。

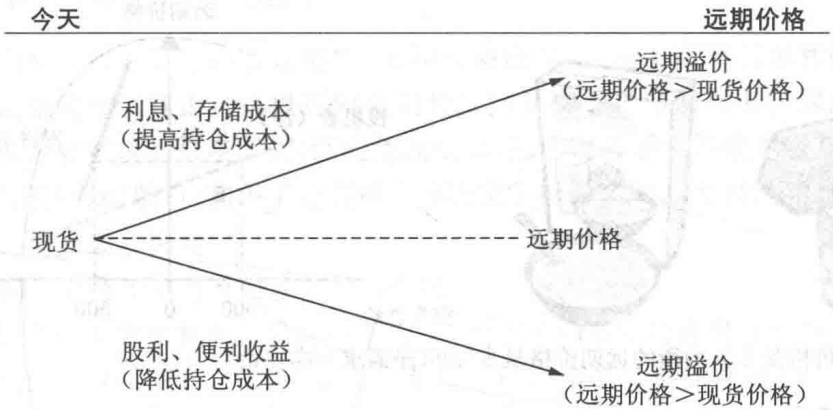


图 12.5 现货价格和远期价格之间的联系

12.5 现货溢价、远期溢价、正常现货溢价和正常远期溢价

“我能从宇宙中呼唤灵魂。”在莎士比亚的作品《亨利六世》中格伦道尔（Glendower）说道。对于这一说法，霍茨波（Hotspur）回应说：“这又能怎样，我也能，任何人都能，但是当你呼唤他们的时候他们会来吗？”我们可以一直添加功能，建立更精美的持仓成本模型，以带来更深入的结果。但是它们有用吗？如果你对确定公允价值有兴趣，那么回答是肯定的。但是如果你对确定风险溢价或者远期价格是否为未来现货价格的无偏预测有兴趣，那么答案是否定的。为了在后面能回答这些问题，我们需要先讨论现货溢价、远期溢价、正常现货溢价、正常远期溢价。

当远期价格高于现货价格时，我们称市场处于**远期溢价**。这是通常出现的情况，因为对于大部分商品来说，使用持仓成本模型（考虑结论 12.4 的持仓成本模型的扩展），成本会超过收益。当情况反转时，市场处于**现货溢价**（见图 12.5）。使用便利收益的持仓成本模型表明金融工程师是如何理解价格的。

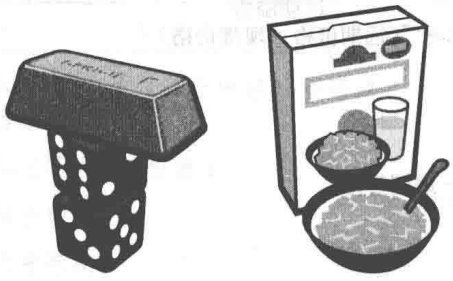
相对而言，经济学家通过需求供给原理寻找解释。[①]他们的目的是理解风险溢价和风险补偿，他们对远期价格和预期的未来现货价格之间的关系很感兴趣。对于远期而言，经济学家往往认为是一种存在相互对冲和投机的市场。

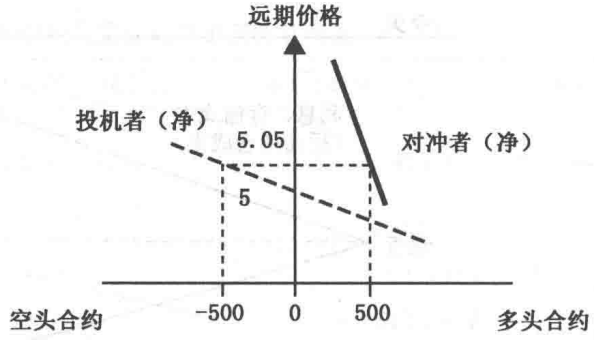
考虑这样一种市场，所有的交易商期望从现在起 3 个月内，玉米的现货价格将达到每蒲式耳 5 美元。假设市场被进行对冲的玉米加工者所支配，他们用玉米生产玉米油、谷物

① “给我一位只有一只手的经济学家！所有的经济学家都会这么说，‘一方面……另一方面……’。”哈里·杜鲁门（Harry S. Truman，1884—1972）解释道，他是美国第 33 任总统。

早餐以及其他玉米产品，对固定将来获得玉米的价格很感兴趣。他们愿意支付比每蒲式耳 5 美元还高的价格来降低他们投入到生产过程中的风险。生产者（我们称之为净对冲者）的需求曲线在图 12.6 中给出。注意这是一条相对陡峭的需求曲线，暗示这些对冲者对远期价格的反应比较迟钝，因为他们需要远期来建立他们的对冲。

正常远期溢价

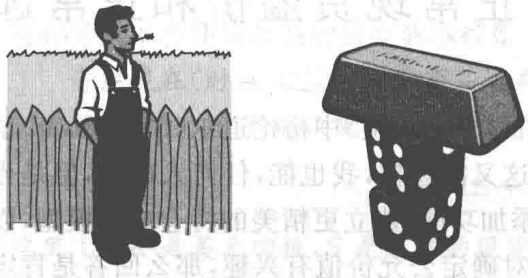


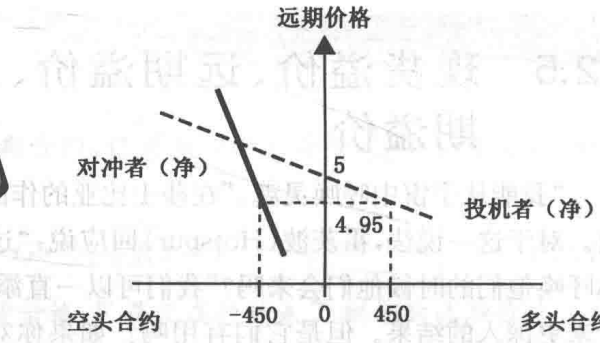


预期现货价格是 $5，均衡的远期价格是 $5.05（净需求＝净供给）

正常现货溢价

农民





预期现货价格是 $5，均衡的远期价格是 $4.95

图 12.6　正常远期溢价和正常现货溢价

现在有一些投机者，他们站在交易的另一边，期望获得利润。如果他们收到比预期的现货价格还高的远期价格，他们就会做空远期（如果相反的事情发生他们就买进）。因此他们有相对平稳的需求曲线，该曲线经过预期现货价格。注意我们已经延长横轴到纵轴的左边来表现空头。假设在每蒲式耳 5.05 美元的价位，来自多头的净对冲需求等于投机者打算卖空的合约数量，在本例中数量为 500 份。这就会造成一种状况，远期价格比预期的将来现货价格高。两者之差就是**风险溢价**，对投机者承担风险的补偿。为了避免和远期溢价发生混淆，我们称之为**正常远期溢价**。

考虑另外一种场景，种植玉米的农场主想通过卖出远期来锁定玉米的卖出价格以此进行对冲，而且他们在支配着远期市场。这些对冲者打算卖空。只要预期现货价格超过当前远期价格，这些对冲者的需求就会从多头投机者那里得到满足。这是因为对于市场中的投机者而言，他们的预期回报必须是正的。对冲者以低于将来现货价格预期值的价格卖出，诱使投机者建立多头，把不想承担的风险转移给投机者。这就会产生**正常现货溢价**，因为远期价格低于预期的未来现货价格。风险溢价也倒转过来。

正常远期溢价和正常现货溢价的概念正是理解风险溢价和远期价格是超过还是低于商品将来现货价格的预期值所需要的概念。我们的持仓成本模型无法回答这些比较细致的问题。显然，持仓成本模型给出了价格，经济学的方法却没有给出。

12.6 市场的不完整性

如果我们开始考虑市场的不完整性，比如交易成本、不同的借贷利率和限制卖空，那么持仓成本模型将如何修正？这里正向套利和反向套利不再是对称的。因此，我们得到的是包含远期价格在内的价格区间，区间范围很窄，因为以较低交易成本进行交易的交易商（不是指我们这样的散户）利用了套利机会并决定了价格区间。例 12.5 把经纪人佣金引入我们基本的持仓成本模型中。

【例 12.5】 市场不完整时的远期价格范围

- 考虑例 11.1 中的数据。现在（1 月 1 日，时点 0）YBM 的股票价格 S 是 100 美元，美元回报 $(1+R)$ 是 1.06 美元。考虑一份刚刚签订的 1 年后（时点 T）到期的 YBM 远期合约。
- 假设当交易 YBM 时，经纪人佣金 TC = 股票价格的 1%。简单起见，假设到期时没有交易成本。现在我们需要两张表格，表 12.5a 和表 12.5b，构建套利组合。
- 表 12.5a 显示，为了阻止套利

$$-101+0.943\,4F \leqslant 0 \text{ 或者，} F \leqslant 107.059\,6 \tag{12.15a}$$

这给出了远期价格的上限。

- 表 12.5b 显示了反向套利的无套利组合。

$$-0.943\,4F+99 \leqslant 0 \text{ 或者，} 104.939\,6 \leqslant F \tag{12.15b}$$

这给出了远期价格的下限。

- 把表达式(12.15a)和式(12.15b)连在一起

$$104.939\,6 \leqslant F \leqslant 107.059\,6 \tag{12.15c}$$

远期价格在 104.939 6 美元和 107.059 6 美元之间。

- 用符号代替数值得到公式

$$S(1+R)\,(1-TC) \leqslant F \leqslant S(1+R)(1+TC) \tag{12.16a}$$

表 12.5a 正向套利表

投资组合	现在（时点 0）的现金流	到期日（时点 T）的现金流
购买现货（现在支付 1%的交易成本）	$-100\times(1+0.01)$	$S(T)$
卖出远期	0	$-[S(T)-F]$
借入 F 的现值	$0.943\,4F$	$-F$
净现金流	$-101+0.943\,4F$	0

表 12.5b　反向套利表

投资组合	现在(时点 0)的现金流	到期日(时点 T)的现金流
卖出现货(从卖空所得额中扣除交易成本)	$100\times(1-0.01)$	$-S(T)$
买入远期	0	$S(T)-F$
出借 F 的现值	$-0.943\,4F$	F
净现金流	$-0.943\,4F+99$	0

除了经纪人佣金，还存在买卖价差。[①]随着交易成本的上升，价格波动范围加大。然而，不同的交易商有不同的交易成本。这就为低成本交易商提供了准套利的机会。

我们可以在相似的公式中引入更多的市场摩擦。比如，不同的借贷利率，价格关系式变为：

$$S(1+R_{\text{LEND}})\leqslant F\leqslant S(1+R_{\text{BORROW}}) \tag{12.16b}$$

这里 $1+R_{\text{LEND}}$ 是贷出资金的美元回报，$1+R_{\text{BORROW}}$ 是借入资金的美元成本。这些关系式可以结合在一起。

结论 12.5

存在经纪人佣金和不同借贷利率的持仓成本模型

当股票交易对现在的交易收取 TC 的经纪人佣金，而且借款利率要比贷款利率高时，远期价格 F 满足：

$$S(1+R_{\text{LEND}})(1-TC)\leqslant F\leqslant S(1+R_{\text{BORROW}})(1+TC) \tag{12.16a}$$

这里 S 是今天的股票价格，F 是时点 T 到期的远期合约现在的价格，$1+R_{\text{LEND}}$ 和 $1+R_{\text{BORROW}}$ 分别是贷出的美元回报和借入的美元成本。

就像孩子们玩积木一样，你可以把结论 12.4 和结论 12.5 结合起来建立一个更加广义的模型。为了在实际中运用持仓成本模型，需要对市场有一个比较透彻的了解，并且可以把市场结构和模型的假设进行匹配。对于类似股票指数或者国债的金融商品，便利收益和存储成本并不存在，因此简单模型就可以了。相反，对于像玉米或者小麦这样的农产品，便利收益和存储成本非常重要，需要考虑进去。考虑到之前的讨论，所有这些模型的正确应用都是一些经验和市场悟性。这些都会在一个恰当的时间出现，关于这一点，俗话说“熟能生巧”是很中肯的。

① 当你卖空时，经纪公司可能并不会让你获得完全的收益——你只是会得到存放在经纪人处的那部分资金的利息。卖空会有很多限制，存在不等式 $S(1+q\times\text{利息})\leqslant F\leqslant S(1+R)$，$q$ 是卖空规模中可以使用的资金比例。注意这种套利只在一个方向上有效，因为多头和空头的回报是不对称的。这种关系是不重要的，因为对于卖空不同的国家有不同的规定。

本章小结

1. 我们扩展了基本的持仓成本模型，把市场摩擦（放宽了第 11 章的假设 A1）和股利（放宽了假设 A4）放到框架中。

2. 假设利息是唯一相关的持仓成本，我们得到了产生收益的资产的三种远期定价模型：

a. 最简单的股利模型假设基础股票在已知的日期支付固定的美元股利。这给出结论 12.1A，其显示扣除股利现值的股票价格是折价的远期价格或者 $S-B_1 div=BF$。这对确定支付股利的股票的远期价格和支付日后到期的附息债券的远期价格很有帮助。

b. 当基础股票以连续复利 δ 支付股利时，我们得到结论 12.1B：远期价格是股票价格的复利价值，这里的复利是按净利率计算的，净利率等于利率和股利支付率之间的差，或 $F=Se^{(r-\delta)T}$。当基础资产是指数组合时，这对确定远期价格很有帮助。

c. 对之前模型的一种修正给出了抵补利率平价，表示远期外汇利率是即期利率的复利价值，复利等于国内外的利率差。结论 12.2 显示 $F_A=S_A(B_E/B)=S_A e^{(r-rE)T}$。

3. 对于主要用于消费或者生产的商品，存储成本很重要。然而，实物商品的持有人也可能会得到便利收益。我们考虑到这些成本和收益并建立了一个广义的持仓成本模型（结论 12.4）：远期价格是现货价格的复利价值，复利是成本（利率 r 加上存储成本 g）减去收益（股利收益 δ 加上便利收益 y），或者 $F=Se^{[(r+g)-(\delta+y)]T}$。

4. 远期溢价是远期价格高于现货价格的市场。当净持仓成本在广义持仓成本模型中是正值时远期溢价才会发生。情况发生反转时，市场变成了现货溢价。

5. 当大部分对冲者想建立多头时正常远期溢价就会发生。假设投机者为交易对手，他们因提供流动性而获得风险溢价：远期价格比预期的未来现货价格要高。当净对冲者卖空时，风险溢价就会倒转，正常的现货溢价市场就会发生，此时远期价格要低于预期的未来现货价格。

6. 当市场不完整时，比如经纪人佣金、不同的借贷利差和卖空限制等因素存在时，买卖双方不再是均衡的，确定的价格就会变成包含远期价格在内的价格区间。

案例分析

迪瓦制鞋公司（达顿商学院案例 UV0265-PDF-ENG，哈佛商学院出版社）。该案例研究了公司在美国的制造商的货币风险暴露头寸，并思考了采用远期合约还是货币期权进行对冲是明智的。

BCE 公司的杠杆收购：对冲证券风险（毅伟商学院基金会案例 908N23-PDF-ENG，哈佛商学院出版社）。该案例思考了股份合伙企业的货币风险暴露头寸，并评估了各种用于对冲这些风险的衍生工具。

Apache 公司的风险管理（哈佛商学院案例 201113-PDF-ENG）。该案例评估了公司的对冲策略和用于此目的的衍生工具。

习题和思考题

1. a. 用自己的语言解释支付美元股利的持仓成本模型。

b. 证明为什么模型中的现货价格要扣除合约存续期间支付的所有将来的股利。

c. 为什么我们不对远期到期后支付的股利进行调整?

2. 今天 BUG 公司的股票价格 S 是 50 美元。2 个月之后支付 1 美元股利。如果连续复利是每年 4%，6 个月的 BUG 远期合约的远期价格是多少?

3. 今天 BUG 公司的股票价格 S 是 50 美元。2 个月之后支付 1 美元股利，5 个月之后支付 1.05 美元。如果连续复利是每年 4%，那么 6 个月的 BUG 远期合约的远期价格是多少?

4. 今天 BUG 公司的股票价格是 50 美元。然而公司支付股东季度股利。例如，BUG 上一个月支付 0.95 美元股利；从今天起 2 个月后将支付 1 美元股利，5 个月后支付 1.05 美元股利，8 个月后支付 1.10 美元股利，11 个月后支付 1.15 美元股利。如果连续复利是每年 4%，那么 6 个月的 BUG 远期合约的远期价格是多少?

5. 今天 BUG 公司的股票价格是 50 美元。2 个月后将支付 1 美元股利，5 个月后支付 1.05 美元股利。连续复利是每年 4%，如果 6 个月的远期价格是 51 美元，那么证明你怎样才能套利或者解释你为什么不能套利。

6. 今天 BUG 公司的股票价格是 50 美元。2 个月后将支付 1 美元股利，5 个月后支付 1.05 美元股利。连续复利是每年 4%，交易成本是每股 0.1 美元，交易远期合约一次性收费 0.25 美元，债券交易免费。如果 6 个月的远期价格是 51 美元，那么证明你怎样才能套利或者解释你为什么不能套利。

7. 请解释支付美元股利的持仓成本模型和支付股利收益率的持仓成本模型的不同。

8. 商品的便利收益是什么，为什么将此纳入持仓成本模型很重要? 举一个产生便利收益的商品的例子。

9. 什么是交易所交易基金? 它们是如何构建的? 它们要比共同基金好吗? 解释你的答案。

10. a. 什么是股票指数? 支付股利时股票指数会发生什么变化?

b. 什么是合成指数? 为什么说它很有用?

11. 考虑通过平均股票价格得到的 SINDY 指数和复制 SINDY 的合成指数 SINDY 现货。(1)SINDY 的当前水平 I 是 10 000，合成指数价格 S 是 10 000 美元。(2)一份新签订的期限 $T=0.5$ 年的指数远期合约。(3)连续复利每年 5%。(4)构成 SINDY 现货的股票去年支付了 190 美元股利，今年预期支付相同的股利。

a. 计算 SINDY 现货的股利收益率 δ。

b. 计算远期价格 F。

12. 考虑问题 11 中给出的关于 SINDY 指数的期货合约的数据，如果远期价格 $F=10\,231$ 美元，问：你怎样进行套利，或者解释你为什么不能进行套利。

13. 考虑问题 11 中给出的关于 SINDY 指数的期货合约的数据，假设你必须支付交易成本：(1)当你买入或者卖空股票交易组合时，交易成本(经纪人佣金加上交易造成的价格

冲击)等于合成指数价格的10个基点。(2)交易远期合约一次性收费15美元但是交易债券免费。如果远期价格$F=10231$美元,问:你怎样进行套利,或者解释你为什么不能进行套利。

14. 今天的即期汇率S_A是每欧元1.3美元。在美国(国内)连续复利计算的无风险利率$r=4\%$,在欧元区是$r_E=3\%$。如果持仓成本模型成立,那么以美元计价的4个月远期汇率是多少?

15. 当前美元/瑞士法郎即期汇率是0.568 5。如果你投资1美元到美国国内的无风险资产,期限为90天,你会得到1.010 1美元,如果你投资1法郎到瑞士的无风险资产,期限是90天,你会得到1.011 3法郎(假设连续复利计算)。一个经纪人向你提供一份为期90天的以汇率0.55美元/法郎进行买卖100万法郎的远期合约。这样做是否有套利利润?如果有,请计算出来。

16. 存储虚拟商品Alloyum每月需要花费0.1美元(提前支付),但是每月也会得到0.12美元的便利收益(到期收到)。如果现货价格S是200美元每盎司,连续复利r是每年5%,那么5个月到期的Alloyum的远期价格是多少?

17. 在前一个例子中,假设一个交易商报价5个月的远期价格是每盎司206美元,证明你怎样从这些价格中获得套利利润;如果不能,那么请解释你的答案。

18. COMIND指数是通过平均商品价格得到的,如果现货价格是1 000,以连续复利计算的各种成本和收益的年化利率分别是利息率5%、股利收益率3%、存储成本4%、便利收益率3%,请计算这一指数5个月的远期价格。

19. 确定BUG公司股票的5个月的远期价格区间,当:

a. 今天BUG的股票价格是50美元;

b. 交易员可以以5%借入资金,以4%贷出资金,这里的利息率是以单利计算的年化利率;

c. 今天经纪人佣金是股票价格的0.5%,但是到期时经纪人放弃此项交易成本。

20. 铂4月份远期价格和6月份远期价格分别是400美元每盎司和410美元每盎司。4—6月期间利率为1%。当你6月份交易现货的时候(无论卖空还是买入)会有1%的交易成本,但是经纪人放弃了所有交易远期合约的交易成本以及4月份现货交易的佣金。你能构建一个套利组合吗?请解释你的回答。(假设6月份铂的现货价格在400美元和500美元之间)。

▶13

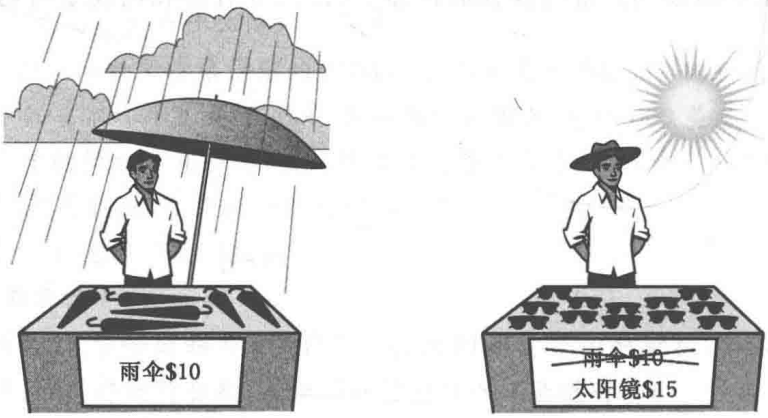
期货避险

13.1 引言

小说家陀思妥耶夫斯基(Dostoyevsky)在《赌徒》中敏锐地观察到:“对于利润和赢得的钱,不仅是在轮盘赌中的人,而且是所有的人,只会从别人那里勒索。”这可以适当地定义为零和游戏,不计交易成本,期货交易是一个很好的例子。有一些才华横溢的期货交易员以此谋生,因此降低了普通交易者盈利的机会,这些普通交易者平均来说是亏钱的。那么,为什么还要做期货交易呢?

犬儒主义(cynics)给出了一个巧妙的例子:人们“从事商品交易”是因为这和赌场一样令人兴奋。马戏团老板 P.T.巴纳姆(P.T.Barnum)引用“每时每刻都有傻子出生”这句话,说明这些赌徒很乐意为了赛马的乐趣输钱。或许其他人认为,他们真的能赢得期货游戏。我们知道没有万无一失的策略。即使你碰巧遇到这样的策略,重复使用将会摧毁它的效力。那么,为什么还要做期货交易呢?

事实上,大部分期货合约是用来对冲那些业务范围内已经存在的风险,而且对冲者愿意放弃一些期望回报作为这种“保险”的费用支付。我们在第 12 章的正常现货溢价中讨论了这一问题。例如,图 13.1 显示有一个人在旅游景点卖东西,比如在海滩,如果他很聪



灵感来自一份 20 世纪 80 年代的报纸广告

图 13.1 聪明的对冲:无论下雨还是晴天,都有东西卖

明地选择他出售的商品，例如带着伞和太阳镜，那么他的这种对冲就做得很好。无论下雨还是晴天，他都有东西卖。如果这不现实，他可以用期货来管理这些风险。比如，他可以只卖雨伞，同时购买太阳镜公司股票的期货来代替卖太阳镜。

谁会进行对冲？大部分世界500强的公司和日益增加的小公司都会进行风险对冲。农场主经常对冲他们农产品的卖出价格。很多生产者会对冲投入和产出价格的风险——第1章给出了消费品巨头宝洁使用衍生工具的简单说明。

本章探索对冲的原因，讨论它的成本和收益，同时引入期货对冲策略。我们讨论完全对冲和交叉对冲、多头对冲和空头对冲以及使用标准统计技术的风险最小化对冲。

13.2 对冲还是不对冲

(带着对永垂不朽的莎士比亚深深的歉意)对冲还是不对冲，这是一个问题，对此，不幸的是，没有答案。我们只能讨论对冲的收益和成本。

13.2.1 应该是公司还是个人进行对冲?

莫迪利安尼和米勒(MM)的经典论文认为，债务政策不会影响公司价值。因为股东可以在其他方面完全一样的公司进行股票交易自行复制这样的政策，所以这种不相关是成立的。因此无套利原则确保这些公司必须有相等的价值，它们只有债务政策不一样。这一论据可以适用于公司对冲它的资产负债表风险，对对冲的不相关性给予理论支持。然而，MM定理依赖一些关键假设，包括没有市场摩擦(包括破产成本)、没有税收、没有信息不对称。在真实世界里，这些假设都不成立。因此，如果减少公司风险符合股东的最佳利益，那么公司比起个人投资者，通常能做出更好的对冲策略。的确，一家公司(1)有比较低的交易成本；(2)可以比个人投资者交易金额更大的合约；(3)可以选择有能力的人进行对冲；(4)能发行个人无法发行的各种证券进行对冲；(5)可能会有关于公司风险的私人信息；(6)可以出于战略原因进行对冲，而这些战略原因在普通投资者的常识之外。在所有这些情况中，公司都比个人投资者独立对冲创造了更多的价值。但是无论是发展和保留公司内部的相关专门技术，还是执行交易，实施对冲都是代价高昂的。

13.2.2 公司对冲的成本和收益

一项对冲业务几乎不用担心风险，但是为什么说这就是优势？难道不应该承担风险吗？我们将在下面回答这一问题，尽管我们关注期货的使用，但是这些收益中的一些可以通过其他衍生工具如远期、期权或者互换获得：

(1) 对冲锁定未来价格。回忆第8章，我们讨论了芝加哥交易所的建立。芝加哥交易所建立了有秩序的市场进行粮食交易以避免价格在丰收季节崩盘和随后出现暴涨。期货对冲有利于平滑这样的供求失衡。它允许投资者以比较大的确定性锁定一个稳定的价格，并制定产品和市场活动计划。

(2) 对冲使产品的远期价格成为可能。比如,很多航空公司按照惯例对冲航空燃油价格,航空燃油是一项很大的投入成本。如果燃油价格能得到固定(其他的成本,比如员工薪水、飞机折旧、机场通道租赁费和旅行社佣金,就能提前得到估计),那么航空公司可以更好地设定一个利润率并且确定未来的票价。顾客就有可能提前获知旅行成本。

(3) 对冲降低违约和财务困境的风险。违约意味着到期无法支付合约规定的款项,比如债务。违约会引发一些不良后果,比如律师费、潜在的破产成本和清算费用、失去对公司资产的控制权,甚至还会提高业务成本,因为供应商担心他们有可能无法收到付款,顾客会担心质量和服务。这些称为财务困境成本。公司可以利用对冲面临的一些风险来降低引发这些成本的可能性。

(4) 对冲有利于筹集资本。由于违约风险的降低,银行允许对冲者以低于非对冲者的利率借入占商品价值很大比例的债务。这一逻辑也适用于公司。

(5) 对冲使提高价值的投资成为可能。弗鲁特等人(Froot et al., 1994)提出,和内部资金相比,如果外部资金(如股票和债券发行)对公司来说代价更高,那么对冲能稳定内部现金流,而且使其得到有吸引力的投资机会进行投资。

(6) 对冲减少纳税。对冲可以获得赋税亏损的收益或者利用税收抵免。基本直觉是简单的。因为只有当公司有正的收益时,人们才可以使用赋税亏损或者税收抵免,对冲可以平滑利润而不是任其随意波动,这样做是值得的。

然而,对冲也会产生成本。当和一名投机者做交易时,对冲者经常以略低于预期回报的价格进行交易来支付一项隐性费用。当然,也要向经纪人支付费用。交易成本的提出构成了反对期货对冲的一项基本论据。而且,这项业务必须雇用有能力的人来制定对冲策略,还要建立充分制约来阻止不道德的雇员用公司的资金进行毁灭性的投机,保证遵守国家法律,满足政府会计要求。①

对冲和购买一份基于商品现货价格的保单很像,当现货价格出现反向走势时,它就提供保护。然而,就像所有的保单一样,这是有成本的——保费。如果现货价格没有出现反向走势,就成了对没有使用的保单付费。即使存在这样的成本,风险厌恶的个体也会购买保险,同样的,公司也经常进行对冲。

对冲还是不对冲是一个没有解决的问题,这一问题的解决需要具体问题具体分析。人们经常听到许多朗朗上口的格言:"没有风险就没有收益"和"风险和回报是成正比的"。这些需要专业知识、策略和常识的东西,而这又需要通过学习和经验获得。

拓展 13.1 航空公司和燃油价格风险

2006 年 8 月,美国总统乔治·布什(George W.Bush)在风景如画的戴维营度假胜地召集了他的经济小组。尽管过去对经济的展望很好,但是最近任命的财政部部长保尔森(Henry M.Paulson Jr.)——华尔街公司高盛的前董事长和 CEO,对发生金融危机的可能性比

① 巴林银行,由弗朗西斯·巴林(Francis Baring)爵士于 1762 年建立,是英国最古老和最有名望的商业银行之一,1995 年一名激进的雇员尼克·莱森(Nick Leeson)由于期货合约投机,造成 14 亿美元的损失,最终导致巴林银行的崩溃。当今,大部分公司会通过首席风控官对公司的整体风险状况进行强有力的监管,首席风控官直接对总裁报告。

较担心。当描述巨大的杠杆和风险是如何在金融体系不断累积时，保尔森说："如果回顾一下最近的历史，你会发现资本市场每隔4—8年就会动荡一次。"在回复总统询问如何降低这些风险时，部长给出了"对冲的快速入门"。他还引用了一个例子——"航空公司可以通过购买期货合约将未来需求锁定在当前价格以此对冲燃油成本的上升"(Paulson，2010)。

确实，燃油成本会严重影响航空公司。燃油是航空业务的一项主要成本，约占平均成本支出的10%(乐观情况)到35%(悲观境况)。①

俗话说，当情况变得艰苦时，只有吃苦耐劳的人能继续前进。当石油价格上升时，航空公司会采取一系列措施来减少燃油消费，有一些会比较谨慎，其他的则比较激进。大部分措施是减轻机身重量，因为轻便的机身会使飞行成本更低。其他措施包括使用高效燃油的飞机，减少飞机发动机的运行时间。有些公司开始运输商品。许多商业航空公司以及如联邦快递这样的公司(使用大量舰队快速运输包裹到全球各地)使用原油衍生工具进行对冲。对冲的数量变化很大。有时候它们的对冲量很少，几乎没有什么头寸，其他时候，它们的对冲量很大(见表13.1描述的2005年早期以载客量排名的美国几家大型航空公司对原油的对冲)。

表13.1 燃油对冲和2005年石油价格上涨对美国几家大型航空公司的潜在影响(排名以载客量大小为主)

航空公司	对冲状况(2005年)	燃油价格增长的影响(2005年或者更早)
美国航空	第1季度15%的对冲量，剩余季度完全没有	2004年航空燃油从每加仑33.7美分开始上涨的负面影响：10亿美元
联合航空	2005年11%的对冲量，大约每加仑税后1.27美元	
达美航空	没有对冲	航空燃油平均每加仑上升1美分会导致流动性需求每年增加大约2 500万美元
西北航空	第1季度大约25%的对冲量，全年6%的对冲量	每加仑1美分的变动导致每月营运成本增加大约160万美元
大陆航空	没有对冲	原油价格(2005年每桶上升了14美元)每上升1美元每年燃油成本将增加大约4 000万美元，同时有责任支付地区快递快运航空燃油成本每加仑71.2美分以上
西南航空	以每桶26美元的价格上限进行了85%的对冲量(当前市场价格：每桶超过57美元)	预期第1季度对冲的燃油成本超过第4季度每加仑平均89.1美分
全美航空	自2004年12月31日起没有燃油对冲	每月增加约200万美元，大约占了2005年燃油需求的4%
美国西部航空	2005年剩余时间对冲量占了大约45%，2006年对冲了2%	燃油价格每加仑上涨1美分每年增加570万美元的营运成本
阿拉斯加航空公司	2005年对冲了50%	燃油价格每加仑上涨1美分每年增加400万美元的营运成本
捷蓝航空公司	2005年对冲了22%	

资料来源："US Airlines Face Billions in Extra Fuel Cost," Airwise News, March 17, 2005.

① 资料来源：www.iata.org/index.htm。

公司年报会提到它们的衍生工具头寸。在进入千禧年之际，西南航空通过一次性大量对冲维持了较长的盈利能力记录，而此时其他航空公司正在因损失步履维艰，在破产保护下运行。看一看西南航空公司2007年年报，可以感受到它的开心和幸灾乐祸。

我们准备得很充分，创造了连续35年的盈利记录，这个记录在商业航空公司的历史上从来没有过……在过去的5年里，燃油价格每年都在上涨，我们的燃油对冲项目从2000年起就一直在缓解价格上涨的压力。从那时起，每年我们都竭力至少对冲我们燃油消费量的70%。2007年，我们以接近每桶51美元的价格对冲了90%。那次对冲使我们去年节省了7.27亿美元，而且将每加仑的经济成本限制在11.3%的增长速度，就这样年复一年……一年前，原油价格徘徊在每桶50美元左右。到2007年第4季度，原油价格已经飞涨到了每桶100美元。幸运的是，我们在2008年又一次进行了充分对冲，以接近每桶51美元的价格对冲了接近70%的燃油消费量。

西南航空公司受到成功的衍生工具对冲项目的鼓舞，在2008年做了一次品牌推广活动，沉重打击了竞争对手。它发布报纸广告，宣传自己的低票价且没有隐性费用，并在自己的网站打击竞争对手，自豪地宣传："低票价，没有隐性费用，没有初次托运费，没有二次托运费，没有变更费，没有窗户或者走道座位费，没有路边报到费，没有电话预定费，没有就餐费，没用燃油附加费。"①

很难质疑如此成功的对冲项目！但是西南航空同样也是一家运营状况良好的公司。年报显示该公司的准点率、较少的航班取消(低于计划航班的1%)以及很少有顾客向美国运输部门投诉使得该公司列于航空业前列。

不幸的是，局面发生了改变。2009年的第1季度，西南航空公司报告净损失9 100万美元，包括特别费用7 100万美元(净)，2009年4月16日，该公司的CEO加里·凯利(Gary C.Kelly)在一次新闻发布会上讲道："没有现金，调至市价，以及公司与燃油对冲组合的项目有关的其他部分。"②这次亏损与此有关。

我们在2009年第1季度受益于同比较低的燃油经济成本。即便是考虑到不太情愿的衍生合约现金结算支出的6 500万美元，我们在2009年第1季度经济成本仍下降了16.2%，到每加仑1.76美元，随着石油价格不断上升，我们开始重建我们在2009年和2010年的对冲仓位，购买看涨期权，为显著的燃油价格上涨进行对冲。

新闻发布会这样描述西南航空公司：

该公司拥有接近2009年第2季度估计的燃油消费量50%的衍生合约，以加权平均原油当量价格标记的价格上限接近每桶66美元；接近2009年剩余消费量的40%的合约，以加权平均原油当量价格标记的价格上限接近每桶71美元；接近2010年消费量30%的合约，以加权平均原油当量价格标记的价格上限接近每桶77美元。该公司在2011—2013年建立了适度对冲仓位。

西南航空的"对冲"经历表明很难区分对冲和投机，而且即便是考虑充分的行动也并不总是产生想要的结果。

① 资料来源：www.southwest.com。

② 资料来源："Southwest Airlines Report First Quarter Result", www.southwest.com。

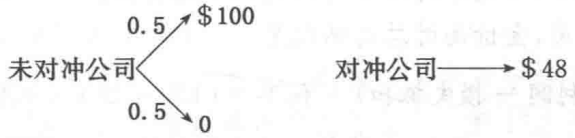
拓展 13.2 对冲公司捕捉纳税损失

使用衍生工具对冲扩大了公司的选择范围，并且很有可能使得该公司利用赋税状况行事。接下来的例子显示如何利用期货合约来稳定盈利，以使公司可以利用往年的亏损来减少当前的纳税支出。

【例 1】 对冲捕捉纳税损失

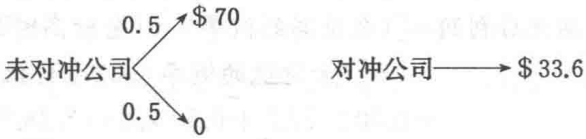
- 金矿公司 Goldmines Inc.(杜撰的名字)在全球市场开矿、提炼、销售金矿。该公司的利润和黄金价格走势联动。假设黄金价格上涨时(发生概率为 50%)税前利润是 1 亿美元，价格下跌时(发生概率同样是 50%)税前利润是 0。或者，金矿公司可以使用黄金期货对冲，有明确的利润 4 800 万美元。
- 图 13.2 列明了这些收入。我们将它们标注为项目 1(利润为 100 美元)和项目 2(利润为 0)。这些项目用二叉树显示，其中 100 美元的收入列在上面分支，0 收入列在下面的分支。

税前利润：



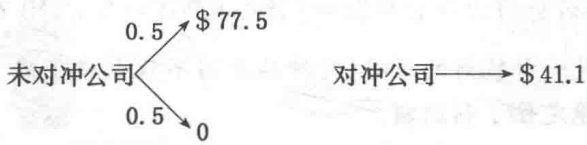
未对冲公司的预期利润 $= 0.5 \times 100 + 0.5 \times 0 =$ \$50 百万

预期税后利润（将来没有损失抵扣）



预期利润 = \$35 百万

预期税后利润（将来有 2 500 万美元可减免税收的亏损）



预期利润 = \$38.75 百万

图 13.2 对冲后和未对冲公司的利润

计算预期价值

- 计算公司的预期利润，将每个项目的收入乘以对应的概率，然后加总：

$$\begin{aligned}\text{预期收入} &= [(\text{金价高的概率}) \times (100 \text{ 美元的收入})] \\ &\quad + [(\text{金价低的概率}) \times (0 \text{ 美元的收入})] \\ &= 0.50 \times \$100 + 0.50 \times 0 = \$50\end{aligned}$$

这是对于没有对冲的公司而言。

- 我们可以通过计算对冲和未对冲公司在不同的境况下预期的税后利润来表现对冲策略的优越性。

预期税后利润(简单情况)

- 假设纳税比率为30%。金价高时,1亿美元的税前利润税后是100×(1−税率)=$7 000万。金价低时,税前利润是0,因此税后利润也是0。税后利润列在图13.2里。

$$\begin{aligned}\text{未对冲公司的预期税后利润}&=[(\text{金价高的概率})\times(\text{金价高时的税后收入})]\\&\quad+[(\text{金价低的概率})\times(\text{金价低时的税后收入})]\\&=0.50\times 70+0.50\times 0=\$35\ \text{百万}\end{aligned}$$

- 对冲后公司获得4 800万美元利润,与金价无关:

$$\text{对冲后公司的税后利润}=48\times 0.7=\$33.6\ \text{百万}$$

- 该公司可以任意选择其中一种,实际选择取决于公司管理层和股东的风险偏好。

预期税后利润(当将来有2 500万美元可减免税收的亏损时)

- 现在假设公司累计亏损2 500万美元。亏损可以从今年的利润中扣除,因此就降低了税负。这样的税收抵扣策略被称为税盾。
- 假设没有利用,这种一次性的机会就会消失,我们将看到对冲后公司总是能利用损失来减低税负,但是未对冲公司只能偶尔这样做。
- 对于未对冲公司,金价高时总的纳税是

$$(\text{税前利润}-\text{损失抵扣})\times\text{税率}=(100-25)\times 0.3=\$22.5\ \text{百万}$$

当金价低时总纳税为0。因此,金价高时税后利润是(100−22.5)=$7 750万,金价低时税后利润为0(见图13.2):

$$\begin{aligned}\text{未对冲公司的预期税后利润}&=[(\text{金价高的概率})\times(\text{金价高时的税后收入})]\\&\quad+[(\text{金价低的概率})\times(\text{金价低时的税后收入})]\\&=0.50\times 77.5+0.50\times 0=\$38.75\ \text{百万}\end{aligned}$$

- 相比而言,对冲后公司的总纳税为(48−25)×0.3=$6.90:

$$\text{对冲后公司的税后利润}=(48-6.90)=\$41.10\ \text{百万}$$

- 很明显,对冲是一种较好的策略:对冲后公司不仅创造了更多的税后利润,而且还消除了波动,稳定住了利润额。

13.3 期货对冲

第4章比较模糊地介绍了公司可以利用远期合约对冲投入产出的价格风险。现在你对期货合约的运作更加熟悉(比远期合约使用起来更容易),让我们进一步探讨期货对冲吧。

13.3.1 完全对冲和不完全对冲

我们的世界是一个不完美的世界,很难发现完全对冲。**完全对冲**(perfect hedge)可以

完全消除一些商品的现货价格风险。以下条件成立时才会发生:(1)期货是以被对冲的商品为基础资产,(2)期货合约在你计划撤出对冲时到期,(3)合约规模和其他特征严格符合对冲者的需要。当以上 3 个条件不满足时,**不完全对冲**或**交叉对冲**(imperfect or cross hedge)就会发生。比如,银行可以通过交易国债期货合约降低对利率变化敏感的贷款组合的价格风险。这是一个交叉对冲,因为期货合约的基础资产是美国国债,而被对冲的贷款包括住房抵押贷款、汽车贷款和存单。即使存在以同一商品为基础资产的期货,发行时间也会错配。因此,基差风险作为一个非常重要的概念出现在分析、设定和管理期货对冲过程中。

13.3.2 基差风险

基差风险是了解期货对冲的一个关键点。基差由现货价格和期货价格之间的差异确定。可以写成:基差=现货价格−期货价格。接下来的例子显示了在对冲商品现货价格风险时的关键基差风险。我们将讨论两家公司的案例,分别使用购入和卖出对冲合约来抵消投入产出成本风险。

【例 13.1】 黄金期货的基差风险

- 今天是 1 月 1 日,时点 0。考虑在 COMEX 交易的黄金期货合约。CME 集团的部门在第 8 章有过阐述。价格以每盎司进行公布。图 13.3 给出了时间轴和各种价格。为了简单起见,我们假设保证金账户余额不支付利息。
- 今天,黄金的现货价格 $S = \$990$,6 月份到期合约的期货价格 $\mathcal{F}(0) = \$1\,000$。基差是:

$$b(0) = \text{现货价格 } S(0) - \text{期货价格 } \mathcal{F}(0) = 990 - 1\,000 = -\$10$$

图 13.3 黄金期货对冲例子的时间轴和价格

- 合约交割期在 6 月份,下面的讨论,假设 5 月 15 日,时点 T,现货价格 $S(T)$ 是 \$950,6 月份期货价格 $\mathcal{F}(T)$ 是 \$952。新的基差是:

$$b(T) = S(T) - \mathcal{F}(T) = 950 - 952 = -\$2$$

金矿公司建立了一份短期对冲

- 假设金矿公司在1月1日做空6月份黄金期货合约来对冲产出价格风险。该公司在5月15日卖出黄金，并且结束期货仓位以解除对冲。
- 金矿公司以$950卖出黄金，但是在期货仓位上获得$-[\mathcal{F}(T)-\mathcal{F}(0)]=-(952-1\,000)=\$48$。因此在5月15日的有效卖出价格是(见第9章表达式(9.1b))：

$$\text{现货现金流}+\text{期货现金流}=950+48=\$998$$

- 上式也可以这样表示为：

$$\begin{aligned}\text{现货}-(\text{期货价格变化})&=S(T)-[\mathcal{F}(T)-\mathcal{F}(0)]\\&=[S(T)-\mathcal{F}(T)]+\mathcal{F}(0)\\&=\text{新基差}+\text{过去的期货价格}\end{aligned}\tag{13.1}$$

无论该公司何时解除仓位，**过去的期货价格都是固定的，只有新基差影响利润。**

珠宝黄金公司建立了一份多头对冲

- 现在从珠宝制造商珠宝黄金公司的角度看一下同样的问题，正如在第4章讨论的那样，该公司可以通过建立多头对冲(一份买入对冲)，持有黄金期货合约多头寸以降低投入的价格风险。当在现货市场买入黄金时，该公司卖出这些期货合约来解除对冲。
- 1月1日，珠宝黄金公司做多6月份黄金期货合约来对冲其投入的价格风险。5月15日，该公司以$950的价格买入黄金，同时以$952卖出期货合约结束对冲。尽管珠宝黄金公司以较低的价格获得了黄金，但是该公司必须放弃几乎全部的对冲收益。从期货仓位得到的现金流为$[\mathcal{F}(T)-\mathcal{F}(0)]=952-1\,000=-\$48$。
- 珠宝黄金公司在5月15日的有效价格是$998。通过观察现金流，购买价格是：

$$\begin{aligned}&=-\text{现货}+(\text{期货价格变化})=-S(T)+[\mathcal{F}(T)-\mathcal{F}(0)]\\&=-[S(T)-\mathcal{F}(T)]-\mathcal{F}(0)=-(\text{新基差}+\text{过去的期货价格})\end{aligned}\tag{13.2}$$

这与之前的例子的价值数额相等，只是本例符号为负号。

这个例子显示期货对冲后现货商品的组合价值总是能被看作过去期货价格和新基差的和。因此对冲者对基差如何随时间随机变动很感兴趣。这种随机性会增加对冲的基差风险，我们经常通过计算基差的方差(或者标准差)来度量这种随机性的风险，因此，对期货对冲来说，基差风险是最基础的，对冲者经常激情昂扬地讨论基差的扩大或者收窄。其中有些人使用大量图表刻画基差的历史表现，企图寻找秘诀来预测未来。

13.3.3 期货对冲的指导原则

真实世界要比教科书案例复杂得多。交易所只提供少量的期货合约，但是却有成千上万的商品。不完全对冲的幽灵再一次造访我们。当建立一份对冲合约时，想一想这是什么合约、它什么时候到期，是很自然的事。接下来的例子讨论了对这一问题的回答。

【例 13.2】 从几个竞争合约中选择一份进行对冲

假设我们生产了一种新合金 Alloyum(杜撰的名字),可以取代贵重金属在工业和装饰行业中使用。假设 Alloyum 在现货市场交易。Alloyum 期货可能会进行交易也可能不会进行交易,我们对这两种情况都进行讨论。如果你生产 3 万盎司 Alloyum,你怎样对冲产出的价格风险?

存在 Alloyum 期货,你知道什么时候解除对冲

Alloyum 期货的到期日恰巧是现货的交割日期时,这种情况就会发生。然后,卖出量(现货头寸除以 Alloyum 期货合约的规模)=30 000÷50=6 000 份 Alloyum 期货,假定 Alloyum 期货合约为每份 50 盎司。基差风险最终会消失,因为在到期日时,现货价格会趋同于期货价格。我们可以在表达式(13.1)设置的 $S(T)=\mathcal{F}(T)$ 中看出来。在没有基差风险的情况下,你可以锁定到期日的卖出价格,这个价格就是今天的期货价格。恭喜你已经建立了一个完全对冲(这个完全对冲不考虑市场上时刻变化的利率波动风险,我们在本章的后面会讨论到这种再投资风险)。

存在 Alloyum 期货,你不知道什么时候解除对冲

在这种情况下,一种继续进行的途径就是计算出不同到期日 Alloyum 期货合约的基差方差,然后选择方差最小的那一个。越小的基差风险意味着期货的价格偏离现货价格的幅度越小。你很有可能会发现,期货合约到期的月份正好就是现货销售最好的月份。在这种情况下,选择基差风险最小的期货合约进行对冲。我们通过风险最小化对冲策略来决定卖空的合约数量,这一策略将在本章的后面讲到。

不存在 Alloyum 期货,你知道什么时候解除对冲

在这种情况下,你可能一开始就会去选择一种相似商品的期货合约,然后决定到期时间。收集 Alloyum 的价格数据以及和现货销售相同到期日的竞争商品期货合约,并计算出价格变化的相关关系,如表 13.2a 和表 13.2b 所示。在这些表格的基础上,我们选择铂期货,因为每年乃至整个时期,它和 Alloyum 有最高的相关性。

不存在 Alloyum 期货,你不知道什么时候解除对冲

这是对冲策略最差的一种情况。首先,和前面的情况一样,选择一种商品的期货合约。然后,选择一个到期月份,找出与 Alloyum 现货价格变化相关度最大的期货合约,最小化基差方差。考虑表 13.2a(例 13.4 显示了如何去计算相关系数)和表 13.2b 中的数据。到期日和现货销售月份同样的期货合约在最大相关系数和最小基差方差两个方面都是表现最好的。紧随其后的是到期日在现货销售日一个月之后的期货合约。

表 13.2a Alloyum 现货和贵金属现货月期货价格变化的相关系数①

期 货	1—3 年	第 1 年	第 2 年	第 3 年
铂期货	0.78	0.73	0.89	0.83
金期货	0.70	0.72	0.73	0.70
银期货	0.59	0.58	0.65	0.58

① 你可以通过以下几步来制作表 13.2a:(1)记录每个月特定某一天的 Alloyum 现货价格和贵金属期货价格,也即合约在该月到期时的价格(通过这么做可以得出 4 列观察值);(2)注意每个月这 4 列价格的变化;(3)最后,计算(通过电脑程序如 Excel 或通过手动计算)这 4 列中每列的 Alloyum 价格和期货价格差异之间的相关系数(这样会得出 3 个相关系数)。或者,你也可以使用每日或每周的数据来计算。

表 13.2b　Alloyum 现货和铂价格变化之间的相关系数以及铂期货合约的基差方差①

期货合约	价格变化的相关系数	基差方差
上个月期货	0.79	3.20
现月期货	0.89	0.88
下个月期货	0.87	0.99
半年期货	0.71	9.80

前面的分析推荐期货合约到期月份和现货销售月份相同。然而，经济学中有句很有名的话："没有解决方法，只有相互抵消。"(Sowell，1995，p.113)其他期货合约可能会有更低的交易成本。流动性是另一个值得关注的东西，因为随着到期日的临近，流动性变得越来越大，但是会在交割月消失。更进一步的是，若你恰巧在交割月份持有期货合约多头头寸，如果卖方决定交割，你将会承担接受大量货物的风险。因此，选择下个月的期货合约可能会是较好的选择，尽管在相关性和基差风险方面的表现不尽如人意。

13.4　风险最小化对冲

设想你将要通过期货空头的做法来对冲多头现货。通过统计或计量模型，假定过去的价格模式一遍又一遍重复着令你能够找到最优合约数量去最小化发生对冲错误的方差。这一部分讨论对冲的统计方法。

13.4.1　均值—方差方法

均值—方差方法是确定使得风险最小化对冲(或最优对冲)中投资组合价格变化的方差最小化的最优合同数量。这种方法可以通过首先考虑一份完全对冲来理解：

- *一份完全对冲*。设想你在现货市场持有一种多头头寸。你需要空头期货合约来对冲现货市场的价格风险。一份完全对冲的初始意义是，现货市场头寸的任何变化都会被期货市场上数量相等但方向相反的变化所完全抵消。最终，

$$\text{投资组合价格的变化} = \text{现货市场头寸的变化} - \text{期货市场的头寸变化} = 0 \tag{13.3}$$

期货市场头寸变化前面的减号是因为我们卖空期货合约，现货的价格会和期货合约的价格同方向变化。在一些小的修改以后，我们可以把问题聚焦到每单位现货价格和期货价格间的变化是如何联动的。使用例 13.2 中的数据，我们可以通过卖出 600(＝现金头寸/

① 你可以通过记录每月特定某一天的 Alloyum 现货价格和四类期货价格(上个月到期的合约、本月将到期的合约、下个月即将到期的合约，或从现在开始计算 6 个月后将到期的合约)来制作表 13.2b，然后继续像制作表 13.2a 一样去制作。每一个基差会有 4 种不同的数据，每种都是通过从 Alloyum 的现货价格中减去相关的期货价格所得到。

Alloyum 期货合约规模=30 000÷50)份 Alloyum 期货来对冲 30 000 盎司的 Alloyum 产量的多头头寸。我们可以写出以下式子：

$$\begin{aligned}\text{投资组合价格的变化} &= 30\,000 \times \text{每盎司现货价格的变化} \\ &\quad - 600 \times 50 \times \text{每盎司期货价格的变化} = 0\end{aligned} \tag{13.4}$$

投资组合的价格没有任何改变，因为现货的价格变化和期货合约的价格变化方向相反、数量相同，正好相抵。

- 一份不完全对冲。现实中，因为现货价格的变化和期货合约价格的变化不能完全相抵，对冲并不会那么完美。你可以计算出风险最小化时的期货合约的数目。通过卖出 q 份 f 大小的期货合约来对冲现货市场中暴露的头寸数量 n。因此，我们可以重新编写表达式(13.4)的左侧如下：

$$\begin{aligned}\text{投资组合价格的变化} &= n \times \text{现货价格每盎司的价格变化} \\ &\quad - q \times f \times \text{期货合约价格每盎司的变化} \\ &= n[S(t) - s] - qf[\mathcal{F}(t) - \mathcal{F}] = n\Delta s - qf\Delta\mathcal{F}\end{aligned} \tag{13.5}$$

这里的 $S(t)$ 和 S 分别表示未来某日(时点 t)的每盎司现货价格和现在(时点 0)的现货价格，$\mathcal{F}(t)$ 和 $\mathcal{F}$ 则分别表示未来某日和今天的每单位期货的价格，Δ 表示价格变化。注意，这种变化并不能抵消，因为这是不完全对冲。找出对冲投资组合风险最小化的卖出合约数量，计算出投资组合的方差，然后找出使方差最小的 n。上面的结果可以这样做，计算出相对 q 来说的投资组合方差的偏导数，令它为 0，然后找出 q(可以参照本章后面的附录)。这样做可以导出下面的结论。

结论 13.1

对冲现货头寸的风险最小化期货合约的数量

为了最小化多头现货头寸的风险，卖出 q 份空头合约，这里

$$q = (n/f)h \tag{13.6}$$

n 是现货头寸的大小，f 是一份期货合约中基础商品的单位数量，h 是最优对冲比率(或最小方差对冲比率或风险最小化对冲比率)。

最优对冲比率的计算公式如下：

$$h = \frac{\text{cov}_{S,F}}{\text{var}_F} = \frac{s\text{d}_S}{s\text{d}_F}\text{corr}_{S,F} \tag{13.7}$$

其中，$\text{cov}_{S,F}$ 是现货价格的变化(ΔS)和期货价格($\Delta\mathcal{F}$)的协方差，var_F 是期货价格变化的方差，$s\text{d}_S$ 是现货价格变化的标准方差(变动性)(标准差是方差开方后的正数)，$s\text{d}_F$ 是期货价格变化的标准差，$\text{corr}_{S,F}$ 是(ΔS)和($\Delta\mathcal{F}$)的相关系数。①

① 上面公式的第二部分："协方差等于标准差乘以相关系数"或 $\text{cov}_{S,F} = s\text{d}_S \times s\text{d}_F \times \text{corr}_{S,F}$。

考虑各种情况后，我们会得到这种结果背后的缘由。设想如果现货的价格和期货合约的价格同幅度变动(即 $corr_{S,F}=1$)，两者的标准差也相同(即 $sd_S=sd_F$)。则最优风险对冲比率 h 等于 1。这是完全对冲组合所追求的，在现实中几乎是不可能达到的，但作为示例展示很有帮助。

接下来假设价格变化的相关系数很高(即 $corr_{S,F}$ 很接近于 1)，现货价格变化的波动性小于期货价格变化的波动性(即 $sd_S<sd_F$)。则一单位的现货仅需要不到一单位的期货合约来对冲。相反，如果现货价格变化的波动幅度大于期货价格变化的波动幅度(即 $sd_S>sd_F$)，则一单位的现货则需要多于一个单位的期货合约来对冲。

最优对冲比率给我们建立期货对冲提供了一个简单的公式。例 13.3 通过利用现货和期货价格的数据展示了怎样去建立这种对冲，这种数据可以在商业报纸或网上数据资源中收集到。

【例 13.3】 利用价格数据建立最小风险对冲

- 假设你现在打算在未来的某一天卖出 30 000 盎司的 Alloyum。首先，你收集了连续 16 个交易日的 Alloyum 现货价格和铂期货价格数据(见表 13.3)。

表 13.3 Alloyum 现货和铂期货价格数据

天数 t	Alloyum 现货价格 $S(t)$	铂期货价格 $\mathcal{F}(t)$
0	1 215	1 233
1	1 209	1 236
2	1 239	1 245
3	1 245	1 254
4	1 254	1 272
5	1 227	1 254
6	1 230	1 248
7	1 224	1 242
8	1 239	1 260
9	1 251	1 263
10	1 227	1 254
11	1 215	1 227
12	1 209	1 221
13	1 203	1 230
14	1 185	1 203
15	1 194	1 209

- 第一步，我们分别计算两组价格观察值的价格差异。其次，运用电子表格计算用于最优对冲比率的参数估计值(本章的附录部分讨论了相关的问题，展示了如何通过简单的计算找出 h；第 13.6 部分显示了如何通过 Excel 电子表格去做这些计

算)。我们得到:

$$\text{每单位期货价格变化的标准差},sd_F = 14.336\,8$$
$$\text{现货价格变化的标准差},sd_S = 15.500\,2$$
$$\text{现货和期货价格变化的相关系数},corr_{S,F} = 0.741\,3$$

- 把这些估计值运用到结论 13.1 中的表达式(13.7)的第二部分去计算最小方差对冲比率:

$$h = \frac{sd_S}{sd_F} corr_{S,F} = \frac{15.500\,2}{14.336\,8} 0.741\,3 = 0.801\,5$$ ①

- 运用铂期货合约(每份合约大小 $f = 50$)对冲 $n = 30\,000$ 盎司的 Alloyum,你需要卖出:

$$q = (n/f)h = (30\,000/50)0.801\,5$$
$$= 480.9 \text{ 或 } 481 \text{ 份合同(四舍五入后的结果)}$$

或者,你可以通过对问题做出适当的改变和进行线性回归估计来计算对冲比率(见本章附录)。

13.4.2 风险最小化对冲的局限性

喜剧大师罗德尼·丹泽菲尔德(Rodney Dangerfield)经常咯咯地笑道:"我完全没有受到尊重。"这句话难道不正也适用于风险最小化对冲?风险最小化对冲纯粹是计算得出的,除非做出临时调整的特别情况,这是一个一次性完成的动作,并不会时时进行对冲组合的调整修改。如果能够找出一种密切相关的现货商品并且知晓何时解除对冲,这种对冲方法可以很奏效。否则,在其他情况如对冲投资组合需要滚动式投资和做出调整时,这种对冲组合就不会很有效。

再平衡对冲组合的想法和(精确)动态对冲的概念紧密相连,这种动态对冲会为了达到完全对冲经常做出调整。动态对冲需要复杂的分析工具,并且仅适用于完整市场。在不完整市场中(参见 Duffie(1989)以及 Jarrow 和 Turnbull(2000)关于动态对冲的示例和相关问题),这种方法不适用。在完整市场中(回想第 8 章),所有证券交易的收益依赖于将来所有可能发生的事件。现实中,市场是不完整的,很难研究出适用于动态对冲的较好的期货定价模型。结果是,尽管风险最小化对冲有各种局限,却开始再次受到重视。在不完整市场中,风险最小化对冲会继续吸引各方的研究兴趣。

13.5 期货对冲和远期对冲

把期货和远期等同起来并相互转化,这在很多情况下都是一件很寻常的事。但是,有

① 或者,你可以使用结论 13.1 的第一部分来确定最优对冲比率,$h = corr_{S,F}/var_F = 18.304\,8/22.838\,1 = 0.801\,5$。

很多原因可以证明这是不正确的。尽管远期价格很容易确定，仍然很少有普通投资者在“有组织的”市场进行买卖。大型银行、大企业和其他评级较高的机构主导了这一市场，为了保证交易的顺利进行，这些机构需要提供担保。这些强加的交易限制是为了减少“交易对手信用风险”，这种风险可以导致合约不能顺利执行。交易对手信用风险在场外衍生工具的交易中是一个值得关注的问题，我们可以从最近的相关监管改革中看到，这种监管可见 2007 年信用危机后实施的《多德—弗兰克华尔街改革和消费者保护法案》(参照第 26 章了解关于这些问题的更多讨论)。第二，鉴于远期合约是双方协商确定的，远期市场缺乏流动性并容易遭受严重的流动性风险。例如，若其中一方较早终结远期合约，就会引致较高的成本。

相反，期货合约是(1)交易所买卖的、标准化的合约；(2)保证金交易和当日结算，这使得由于没有信用风险而比远期合约安全；(3)允许小的投资者、信用评级较低的投资者和完全的生手参与投资；(4)通常在流动性充足的市场交易，投资者可以随时卖出或买入。

远期和期货合约还有一个很大的区别，那就是期货合约的逐日盯市制度。期货合约的逐日盯市制度使得合约到期日之前会存在现金流再投资的风险。这些相同的再投资风险在远期合约中没有体现。追踪两种合约的现金流，我们可以发现，与远期合约的交易商不同，期货合约的交易商可以获得基于保证金余额的随机和不确定的利润。

正如第 9 章所讨论的，期货保证金账户赢得的利润依赖于期货价格的变动。另外，利息率的变化也会影响利息收入。实际上，如果利息率的变化和期货价格变化正相关，那么期货头寸会从利息率变动中盈利，因为收到现金流后，会赚到更多的利息。在这种情况下，期货头寸的风险被一定程度上降低了。相反，如果利息率的变化和期货价格的变化负相关，期货头寸就会在利息率变动中蒙受损失。在后一种情况下，风险就增大了。这种利率的风险会因为收到的随机现金流而影响对冲表现。而在远期合约中没有这种风险。

13.6 电子表格的应用：计算 h

我们可以通过运用标准的电子表格软件如 Microsoft Excel 来轻松地计算最优对冲比率(h)。接下来我们为例 13.3 展示这种计算。

【例 13.3】 计算最优对冲比率(运用 Microsoft Excel)

输入数据

运用例 13.3 中的数据。严格按照以下做法在一张电子表格中键入数字和其他字符(见表 13.4)：

- 在单元格 A1、A2、A3、A4 中分别输入 Day t、0、1、2，一直重复直至在 A17 中输入 15。你可以运用自动填充功能来加快数据输入的速度：在 A2 和 A3 中分别输入 0 和 1，选中 A2 和 A3，下拉光标的右下角，这样就可以在 A4—A17 填充想要的数据。
- 在 B1 中输入 $S(t)$，然后把表格 13.3 中 Alloyum 现货价格填充进去：B2 输入 1215，B3 输入 1209，直至在 B17 中输入 1194。
- 在 C1 中输入$\mathcal{F}(t)$，然后往下输入表 11.2 中连续 16 个交易日的铂金的期货价格$\mathcal{F}(t)$。

- 在 D1 中输入 $\Delta S(t)$，然后在 D3 输入“=B3－B2”，在 D4 中输入“=B4－B3”等等。你可以通过自动填充功能来加速完成：在 D3 中输入“=B3－B2”，然后下拉光标右下角，这样就可以在 D4—D17 中填充想要的数据。
- 在 E1 中输入 $\Delta \mathcal{F}(t)$，然后在 E3 中输入“=C3－C2”，运用我们上述提到的自动填充功能就可以在 E4—E17 中填充想要的数据。

表 13.4 使用 Microsoft Excel 计算 h

A	B	C	D	E	F	G	H
Day t	$S(t)$	$\mathcal{F}(t)$	$\Delta S(t)$	$\Delta \mathcal{F}(t)$	$\Delta S(t) \times \Delta S(t)$	$\Delta \mathcal{F}(t) \times \Delta \mathcal{F}(t)$	$\Delta S(t) \times \Delta \mathcal{F}(t)$
0	1 215	1 233					
1	1 209	1 236	−6	3	36	9	−18
2	1 239	1 245	30	9	900	81	270
3	1 245	1 254	6	9	36	81	54
4	1 254	1 272	9	18	81	324	162
5	1 227	1 254	−27	−18	729	324	486
6	1 230	1 248	3	−6	9	36	−18
7	1 224	1 242	−6	18	36	36	36
8	1 239	1 260	15	3	225	324	270
9	1 251	1 263	12	−9	144	9	36
10	1 227	1 254	−24	−27	576	81	216
11	1 215	1 227	−12	−27	144	729	324
12	1 209	1 221	−6	−6	36	36	36
13	1 203	1 230	−6	9	36	81	−54
14	1 185	1 203	−18	−27	324	729	486
15	1 194	1 209	9	6	81	36	54
Sums			−21	−24	3 393	2 916	2 340
VARA			240.257 1	205.542 9			
STDEV			15.500 23	14.336 77			
COVAR			164.742 9				
CORREL			0.741 34				
h			0.801 501	0.801 501			

计算样本估计值和最小方差对冲比率

D 和 E 两栏输入的数据值就是我们计算所需要的。可以通过下面的步骤来计算（然后可以证明这些计算所得值和在例 13.3 所计算的样本方差相同）。

- 在 A20 中输入样本方差的名称，例如 VARA，然后在 D20 中输入“=VARA(D3：D17)”，按回车键就会得到 240.257 1，再在 E20 中输入“VARA(E3：E17)”，按回车键后得到 205.542 9。
- 在 A21 中输入 STDEV，然后在 D21 中输入“=STDEV(D3：D17)”，按回车键得到 15.500 23，在 E21 输入“=STDEV(E3：E17)”，按回车键得到 14.336 77。
- 由于 Excel 给出了总体的方差公式，我们需要用估计值乘上 $n/(n-1)$ 来计算出

样本估计值。相应地，在 A22 输入 COVAR，在 D22 输入“=COVAR(D3：D17，E3：E17)*(15/14)”，然后按回车键得到 164.742 9。

- 在 A23 中输入 CORREL，在 D23 输入“=CORREL(D3：D17，E3：E17)”，然后按回车键得到 0.741 34。
- 在 A24 中输入 h，在 D24 输入“=D22/E20”，按回车键得到 0.801 501，这是结论 13.1 给出的公式(13.6)。你同样可以通过式(13.6)的第二种结果，即在 E24 中输入“=D23*D21/E21”，然后敲击回车键会得到 h，结果是相同的。

本章小结

1. 大部分期货合约都是用来对冲现货价格风险。生产商可以建立一个多头对冲(或买入对冲)来锁定住要买入商品的买入价格，或者建立空头对冲(或卖出对冲)来锁定住要卖出商品的卖出价格。

2. 对于其他任何的衍生工具来说，在用期货合约对冲现货之前应仔细权衡成本和收益。这其中包括直接成本和间接成本：需要付给经纪人佣金，而且交易还可能产生不理想的价格。当然，对冲也有很多潜在的收益：对冲会延长交易时间，保护存货价值，会产生商品的远期定价，降低违约和财务困境成本的风险，充分利用赋税损失或者税务抵免。

3. 完全对冲可以完全消除价格风险。完全对冲应满足两个条件：(1)期货合约的基础商品就是需要被对冲的商品，(2)合约到期日正好是你想解除对冲的时候。一般来说，存在基差风险，基差是现货价格和期货价格之间的差异。

4. 期货合约的卖方是对冲卖出价格风险的，对他们而言有效卖出价格等于新基差加上之前的期货合约价格。期货合约买方是对冲买入价格风险的，对他们而言有效买入价格等于新基差与之前的期货合约价格之和的负数。

5. 假定过去价格的模式是重复进行的，我们可以运用统计模型来建立一份风险最小化对冲。为了最小化现货多头组合的风险，需卖出 $q=(n/f)h$ 份期货合约，n 是现货头寸的大小，f 是合约规模，h 是最优对冲比率(或最小方差对冲比率)，定义为 $\text{cov}_{S,F}/\text{var}_F$，$\text{cov}_{S,F}$ 是现货价格变化(ΔS)和每单位期货合约价格变化($\Delta \mathcal{F}$)的协方差，var_F 是期货价格变化的方差。

附录

计算最小方差对冲比率(h)

假设你打算在将来的某一时间卖出 n 份现货合约，并打算在今天卖空 q 份期货合约来对冲这种风险。

- 改写今天(时点 0)和未来某一时点(时点 t)之间的投资组合价值变化如下

$$\Delta \text{组合}=(n\times\text{现货价格的变化})-(q\times f\times\text{期货价格的变化})$$

$$=n[S(t)-S(0)]-qf[\mathcal{F}(t)-c(0)]=n\Delta S-qf\Delta\mathcal{F} \quad (13.8)$$

其中 f 是期货合约的总数，$S(t)$是在时点 t 时的现货价格，$\mathcal{F}(t)$是在时点 t 时的期货价格，Δ 代表价格变化。

- 选出 q 来最小化投资组合价值的变化。首先，运用统计来计算出投资组合价格变化的方差：

$$\text{variance}(aX-bY)=a^2\times\text{variance}(X)+b^2\times\text{variance}(Y)-2ab[\text{covariance}(X,Y)] \quad (13.9)$$

其中 a 和 b 是常数项，X 和 Y 是随机变量。由于 n、q 和 f 是常数系数，令 $a=n$，$b=qf$，$X=\Delta S$，$Y=\Delta\mathcal{F}$，则式(13.9)变为

$$\text{var}(\Delta\text{ 组合})=n^2\times\text{var}_S+(qf)^2\times\text{var}_F-2nqf\times\text{cov}_{S,F} \quad (13.10)$$

其中 var_S 是现货价格变化(ΔS)的方差，var_F 是期货价格变化($\Delta\mathcal{F}$)的方差，$\text{cov}_{S,F}$ 是现货价格变化和期货价格变化的样本协方差。

- 运用微积分，我们在式(13.10)中对 q 求偏导并令之为 0 来最小化表达式(13.10)：

$$\frac{\partial}{\partial q}[\text{var}(\Delta\text{ 组合})]=2qf^2\times\text{var}_F-2nf\,\text{cov}_{S,F}=0$$

第二个偏导数是个正数，表示最小化表达式。重新组合能够得到需要卖出的期货合约(或者买进的期货合约，当你建立的是多头对冲时)：

$$q=(n/f)h \quad (13.11)$$

其中最优对冲比率 $h=\text{cov}_{S,F}/\text{var}_F$。

计算最小方差对冲比率(h)

例 13.3 介绍了如何把数值输入金融计算器或电脑来计算出最小方差对冲比率(h)，接下来我们会演示如何直接计算 h。

统计方法

首先确定收集数据的频率和时间间隔。常见的做法是先确定一个时间间隔(每日、每周或每月)，然后使用这个时间间隔结束日的结算价格。

(1) 数据序列

- 使用铂金期货来交叉对冲合金现货，我们需要它们的价格作为输入数据。这些数据在表 13.5(附录)中，前三列如下：
  - —第一列标为 Day t，然后记录这些天的数据。16 个连续的交易日共有 $(T+1)=16$ 个观察数据，其中 t 从第 0 天到第 15 天。
  - —第二、三列分别记录了 16 个连续交易日的 Alloyum 的现货价格 $S(t)$和铂金的期货价格$\mathcal{F}(t)$。

(2) 价格差

- 计算每一组价格序列的价格差。
  - —第四列记录了 Alloyum 现货价值的变化。标注从日期 $(t-1)$ 到日期 t 的现货价格变化为 $\Delta S(t)\equiv S(t)-S(t-1)$。为方便起见，把第四列标为 $x(t)$。例如，当 $t=6$ 时，

$$x(6) \equiv \Delta S(6) \equiv S(6) - S(5) = 1\,230 - 1\,227 = 3$$

——第五列对铂金期货价格做了同样的步骤，记为 $y(t)$。例如：

$$y(6) \equiv \Delta \mathcal{F}(6) = \Delta \mathcal{F}(t) \equiv \mathcal{F}(t) - \mathcal{F}(t-1) = \mathcal{F}(6) - \mathcal{F}(5) = 1\,248 - 1\,254 = -6$$

表 13.5　价格数据和最小方差对冲比率(h)的计算

Day t	Alloyum 现货价格 $S(t)$	铂金期货价格 $\mathcal{F}(t)$	$\Delta S(t) \equiv S(t) - S(t-1) = x(t)$	$\Delta \mathcal{F}(t) \equiv \mathcal{F}(t) - \mathcal{F}(t-1) \equiv y(t)$	$[\Delta S(t)]^2 \equiv x(t)^2$	$[\Delta \mathcal{F}(t)]^2 \equiv y(t)^2$	$\Delta S(t) \times \Delta \mathcal{F}(t) \equiv x(t)y(t)$
0	1 215	1 233					
1	1 209	1 236	−6	3	36	9	−18
2	1 239	1 245	30	9	900	81	270
3	1 245	1 254	6	9	36	81	54
4	1 254	1 272	9	18	81	324	162
5	1 227	1 254	−27	−18	729	324	486
6	1 230	1 248	3	−6	9	36	−18
7	1 224	1 242	−6	−6	36	36	36
8	1 239	1 260	15	18	225	324	270
9	1 251	1 263	12	3	144	9	36
10	1 227	1 254	−24	−9	576	81	216
11	1 215	1 227	−12	−27	144	729	324
12	1 209	1 221	−6	−6	36	36	36
13	1 203	1 230	−6	9	36	81	−54
14	1 185	1 203	−18	−27	324	729	486
15	1 194	1 209	9	6	81	36	54
Sums			$\Sigma x = -21$	$\Sigma y = -24$	$\Sigma x^2 = 3\,393$	$\Sigma y^2 = 2\,916$	$\Sigma xy = 2\,340$

- 注意，当计算价差时，我们忽略第一个观测值。我们现在有 $T=15$ 个观测值，标记为 t，$t=1, 2, \cdots, 15$。
- 我们现在先不去管第二列和第三列，我们用第四列和第五列来计算最小方差对冲比率 h。几个有助于计算的值如下：

$$\sum_{t=1}^{T} x(t) = -21$$

$$\sum_{1}^{15} y(t) = -24$$

$$\sum x(t)^2 = 3\,393$$

$$\sum y^2 = 2\,916$$

$$\sum_{t=1}^{15} x(t)y(t) = 2\,340$$

(3) 简化计算的方法

- 为了简化计算，把另外三列加入表格。

——第六列和第七列分别录入的是第四列和第五列价格变化的平方。最后，第八列录入的是第四列、第五列值的乘积。例如，当 $t=6$ 时，我们得到：

$$[x(6)]^2=3^2=9$$

$$[y(6)]^2=(-6)^2=36$$

$$x(6)y(6)=-18$$

(4) 统计估值

- 为从历史数据中计算出 h，我们需要将协方差和方差公式中的 T 修改成 $(T-1)$，以求出无偏估计值。①
- 我们得到了以下的参数估计值来帮助我们计算出 h（见本章附录的表 13.6）：

$$\text{样本协方差，}\mathrm{cov}_{S,F}=164.742\,9$$

$$\Delta S\text{ 的样本方差，}\mathrm{var}_S=240.257\,1$$

$$\Delta \mathcal{F}\text{的样本方差，}\mathrm{var}_F=205.542\,9$$

$$\text{样本标准差，}sd_S=15.500\,2\text{ 和 }sd_F=14.336\,7$$

$$\Delta S\text{ 和 }\Delta\mathcal{F}\text{的相关系数，}\mathrm{corr}_{S,F}=0.741\,3$$

表 13.6 统计估计和计算最优对冲比率 h

统计估计	公式	数值计算	估计值
a. 样本均值，$\bar{x}$	$\frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}x(t)$	$-21/15$	−1.400 0
b. 样本均值，$\bar{y}$	$\frac{1}{15}\sum_{t=1}^{15}y(t)$	$-24/15$	−1.600 0
c. ΔS 和 $\Delta\mathcal{F}$ 的样本协方差，$\mathrm{cov}_{S,F}$	$\frac{1}{T-1}\sum_{t=1}^{T}[x(t)-\bar{x}]\times[y(t)-\bar{y}]$ $=\frac{1}{14}\{[\sum_{t=1}^{15}x(t)y(t)]-15\,\bar{x}\bar{y}\}$	$\frac{1}{14}\left[2\,340-15\left(\frac{-21}{15}\right)\left(\frac{-24}{15}\right)\right]$	164.742 9
d. ΔS 的样本方差，var_S	$\frac{T}{T-1}\sum_{t=1}^{T}[x(t)-\bar{x}]^2=$ $\frac{1}{14}[\sum_{t=1}^{15}x(t)^2-15\bar{x}^2]$	$\frac{1}{14}\left[3\,393-15\left(\frac{-21}{15}\right)^2\right]$	240.257 1
e. $\Delta\mathcal{F}$ 的样本方差，var_F	$\frac{1}{T-1}\sum_{t=1}^{T}[y(t)-\bar{y}]^2$	$\frac{1}{14}\left[2\,916-15\left(\frac{-24}{15}\right)^2\right]$	205.542 9
f. ΔS 的样本标准差，sd_S	$+\sqrt{\mathrm{var}_S}$	$+\sqrt{240.257\,1}$	15.500 2
g. $\Delta\mathcal{F}$ 的样本标准差，sd_F	$+\sqrt{\mathrm{var}_F}$	$+\sqrt{205.542\,9}$	14.336 7
h. ΔS 和 $\Delta\mathcal{F}$ 的相关系数，$\mathrm{corr}_{S,F}$	$\frac{\mathrm{cov}_{S,F}}{sd_S\times sd_F}$	$\frac{164.742\,9}{15.500\,2\times14.336\,7}$	0.741 3
i. 最小方差对冲比率，h	$\frac{\mathrm{cov}_{S,F}}{\mathrm{var}_F}$	$\frac{164.742\,9}{205.542\,9}$	0.801 5
j. h（另一种计算方法）	$\frac{sd_S}{sd_F}\mathrm{corr}_{S,F}$	$0.741\,3\left(\frac{15.500\,2}{14.336\,7}\right)$	0.801 5

① 做这些调整可以使得估计量称为 BLUE，而且统计学喜欢“最佳线性无偏估计”（“BLUEs”，Best Linear Unbiased Estimators），参见 DeGroot 和 Schervish(2011)，或者 Mood 等人(1974)。

- 这些估计值是用来计算最小方差对冲比率 h。结论 13.1 中表达式(13.7)的第一部分给出：

$$h=\frac{\text{cov}_{S,F}}{\text{var}_F}=\frac{164.742\,9}{205.542\,9}=0.801\,5 \tag{13.12}$$

第二部分证实了同样的结果：

$$h=\frac{s\text{d}_S}{s\text{d}_F}\text{corr}_{S,F}=\frac{15.500\,2}{14.336\,7}0.741\,3=0.801\,5 \tag{13.13}$$

- 如果你在估计这些值在长期的变化，你将会冒期货合约到期的风险。假设你用最接近于到期日的期货合约来对冲，这种期货合约的价格变化和现货合约的价格变化相关性最大。假设这种合约在第 12 天停止交易。挑选出接下来即将到期的期货合约，得到其第 12 天和第 13 天的期货合约的价格，然后在第一个表格对应于第 13 天的价格差异的单元格中，写出价格差 $\Delta\mathcal{F}(13)=\mathcal{F}(13)-\mathcal{F}(12)$。

计量经济学方法：线性回归模型

- 计量经济学是经济学的一个分支，它用数学和统计的方法研究经济变量之间的关系。计量经济学的其中一个核心是线性回归模型①，该模型认为因变量可能由一个或多个自变量的值决定，其前提假设是这些自变量是线性相关的。在这种情况下，模型的形式如下：

$$\Delta S(t)=\alpha+\beta\Delta\mathcal{F}(t)+u(t) \tag{13.14}$$

其中，α 和 β 是未知参数，$u(t)$是独立同分布的误差项，拥有 0 均值和固定方差。

接下来要做的就是估计这些参数。最普遍的方法是最小二乘估计方法，计算出使误差项的平方和 $\sum[\Delta S(t)-\alpha-\beta\Delta\mathcal{F}(t)]^2$ 最小的 α 和 β。有趣的是，所得到的 β 值和结论 13.1 中的对冲比率 h 相等。这使计算变得简单。通过手算或者标准统计软件如 MATHEMATICA、MINITAB、SAS 或者 TSP 来估计回归方程(13.12)，β 的估计值即会给出对冲比率。电子表格软件如 Excel 也可以进行回归。

案例分析

汉莎航空：对冲或不对冲……(毅伟商学院基金会案例 900N22-PDF-ENG，哈佛商学院出版社)。该案例简单地探讨了对冲的成本和收益以及可以用来对冲的衍生工具。

安然天然气服务公司(Enron Gas Services)(哈佛商学院案例 294076-PDF-ENG)。这个例子探讨了由美国最大的天然气公司的金融服务子公司卖出一些天然气衍生工具所产生的风险和机会。

① 参见标准的计量经济教科书，比如 Amemiya(1994)或者 Johnston 和 DiNardo(1997)对线性回归模型的讨论。

艾斯本技术有限公司(Aspen Technology Inc.):货币对冲回顾(哈佛商学院案例296027-PDF-ENG)。该例子探讨了一个刚成立的小公司的商业策略是如何制造货币头寸暴露和怎么样处理这类风险的。

习题和思考题

1. 解释多头对冲和空头对冲,然后给出每种对冲的例子。

2. 企业的对冲策略会产生哪些好处?在你的答案中,解释为什么是公司而不是公司的股东必须采取对冲策略?公司所采取的对冲策略会产生成本吗?

3. 完全对冲和交叉对冲之间的差别是什么?举出例子并作出回答。

4. 如果一个人不能做出完全对冲,可采取什么其他替代的方法?请举例解释你的答案。

5. 期货合约的基差是什么?到交割日时基差会发生什么变化?

6. 若没有航空燃料的期货合约,而CA公司必须在3个月内买入300万加仑的航空燃料。假设是你负责CA公司的对冲策略。你收集了如下的数据:

a. 你会选择哪种期货合约来对冲航空燃料的购买?

b. 这是一种多头对冲还是空头对冲?

表13A 航空燃料现货价格对比近月能源期货合约价格:价格变化的相关系数

	1986—1988年	1986年	1987年	1988年
民用燃油期货合约	0.54	0.76	0.89	0.32
汽油期货合约	0.41	0.74	0.73	0.19
原油期货合约	0.45	0.70	0.72	0.25

7. 活牛现货价格月度变化的方差是1.5(每磅以美分计价)。活牛4月份合约的期货价格月度变化的方差是2。两组价格变化的相关系数是0.8。今天是3月11日,牛肉生产商承诺4月15日收购40万磅活牛。生产商打算利用4月份期货合约来对冲风险,那么生产商应采用什么策略?(1份合约单位是4万磅。)

8. 利用远期合约对冲和利用期货合约对冲是否相同,还是在使用这两种合约时有不同的风险要考虑?请解释你的回答。

9. 请分别举例说明当你使用期货合约对冲商品的价格风险时,此时你的对手方也在进行对冲或者投机。

10. 克劳格(Kellogg)将在2个月内购买200万蒲式耳燕麦,克劳格发现2个月内燕麦的现货和期货价格变化的标准差之比是0.83,相关系数是0.7。

a. 确定克劳格的最优对冲比率。

b. 需要多少份合约来对冲他们的头寸?(每份燕麦合约的规模是5万蒲式耳;燕麦在芝加哥商品交易所交易。)

11. 请解释为什么对冲类似于购买一份保单。购买一份保单,你需要支付保费,那么

对冲的相应保费是什么？举例解释你的回答。

12. 假设毕业后你打算在一家大型金融机构做股票分析师。你知道如果股票市场价值上涨，你会得到一份薪水不错的工作。如果股票市场价值下跌，你得到的薪水也会随之下降。你如何使用期货合约对冲你的薪水风险？这是一次完全对冲还是不完全对冲？

13. 你的公司预计在接下来的3—6个月里购买钨制作灯丝，假设没有钨的期货市场，你怎样进行风险对冲？（讨论你可能采取的对冲的类型、一般的对冲方法以及指导原则。）

14. 假设你是一家汽车租赁公司的所有者，如果汽油价格上涨，你的汽车租赁收入就会下降，你如何使用期货合约对冲汽车租赁收入风险？这是一次完全对冲还是不完全对冲？

15. 西南航空公司对冲的是什么商品的价格风险，为什么？在对冲过程中，该公司能一直保持成功吗？

16. 什么是风险最小化对冲？简单描述如何建立一份风险最小化对冲。风险最小化对冲是完全对冲还是不完全对冲？解释你的回答。

17. 加拿大美国黄金公司(Canadian American Gold Inc., CAG)一半的金矿产量来自加拿大的矿山，另一半的金矿产量来自美国的矿山。该公司四分之一的产量用于生产黄金首饰，首饰价格以固定价格在两国商店销售。剩余的在全球市场销售，其价格取决于美元走势。加拿大地区的利润要返回公司总部所在地美国，公司的首席执行官打算使用期货合约对冲1万盎司黄金的全部产量，并且保证尽可能多地交易。他把他的想法和你进行了交流，并在指令下达之前最后一次征求你的观点。请设计一份灵活的对冲策略，同时和CEO的观点保持一致(假设 x 是用于在美国制造黄金首饰的数量)。

18. 今天黄金的现货价格是每盎司1 505美元，7个月到期的期货合约价格是每盎司1 548美元。假设CAG今天进行了一次期货对冲，对冲持续时间为5个月，从现在算起5个月的期货价格是多少？假定你答案的基差为0。

19. 假设一家珠宝公司打算将来某一天卖出2万盎司铂金。每盎司期货价格变化的标准差 sd_F 是12.86，每盎司现货价格变化的标准差 sd_S 是14.38，现货价格变化和期货价格变化的相关系数 $corr_{S,F}$ 是0.8。

a. 计算珠宝公司的最优对冲比率。

b. 需要多少份合约对冲他们的头寸？(假设每份合约规模是50盎司。)

c. 这是一份买入还是卖出对冲？

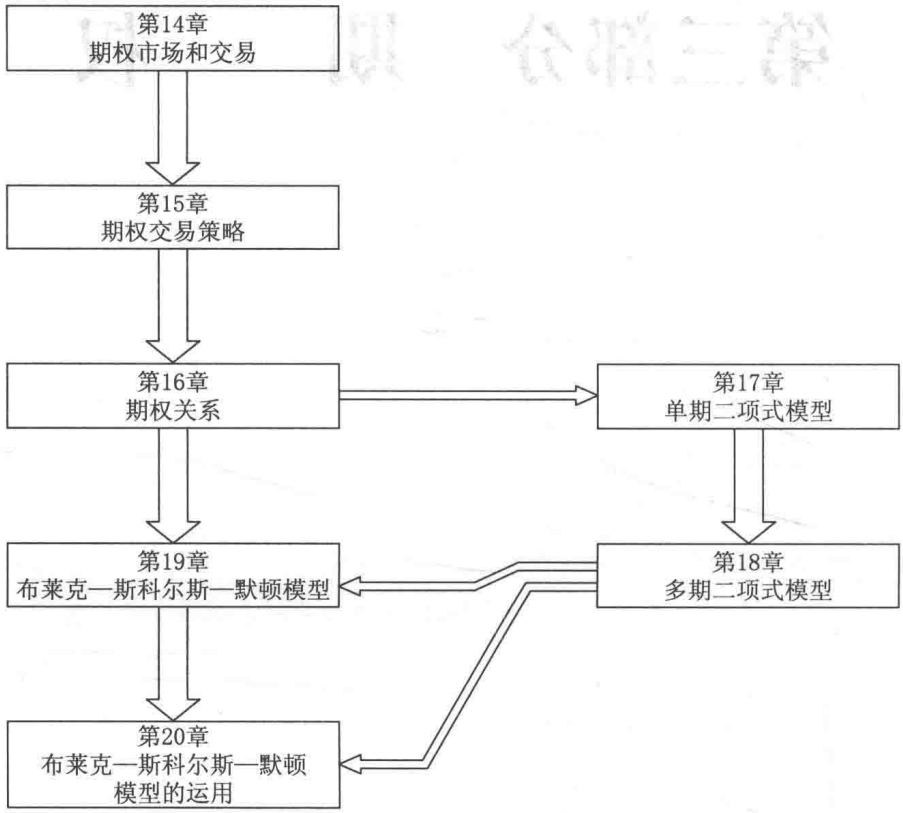
20. (Microsoft Excel)根据下列数据，计算风险最小化对冲比率。

Day	Alloyum现货	铂金期货
t	$S(t)$	$\mathcal{F}(t)$
0	1 233	1 245
1	1 219	1 256
2	1 118	1 130
3	1 246	1 264
4	1 250	1 280

（续表）

Day	Alloyum 现货	铂金期货
t	$S(t)$	$\mathcal{F}(t)$
5	1 219	1 223
6	1 230	1 248
7	1 227	1 280
8	1 249	1 260
9	1 225	1 289
10	1 227	1 254
11	1 223	1 255
12	1 211	1 223
13	1 203	1 267
14	1 189	1 213
15	1 199	1 219

第三部分　期　　权


第14章
期权市场和交易
第15章
期权交易策略
第16章
期权关系
第17章
单期二项式模型
第19章
布莱克—斯科尔斯—默顿模型
第18章
多期二项式模型
第20章
布莱克—斯科尔斯—默顿
模型的运用

▶14

期权市场和交易

14.1 引言

不管你相不相信，政府也从事衍生工具的交易。杰出的经济学家劳伦斯·萨默斯(Lawrence Summers)任美国财政部副部长时讲述过一个有趣的经历(参见 Summers, 1999, p.3)：

> 当 1997 年前期在曾经毛主席接待外国大使的展厅里见到中国前国家总理朱镕基时，我曾经对经济全球化有过的任何怀疑都被粉碎了。在饮用了健怡可乐之后，我被问到了一系列探索性问题，关于使用看跌期权[强调]来捍卫货币的可能性以及如何最好地构建它们以实现这一目的。

社会主义国家的领导人也涉足衍生工具领域！

在 2007 年信用危机期间，一个更近的关于衍生证券被用来支持政府财政和货币政策的例子发生在美国。为了减少在不良资产救助计划(Troubled Asset Relief Program, TARP)下美国财政部向金融机构注入资本的成本，认股权证(一种看涨期权)被采用。这些认股权证由接收到不良资产救助计划资金的银行向美国财政部发行，并向美国财政部提供额外的升值带来的好处。在这些银行恢复正常运作以后，美国财政部凭借其认股权证获得一笔可观的利润，同时也可以减少不良资产救助计划的成本。正如希望的那样！

本章中，我们将继续讨论在第 5 章开头讲到的期权和期权市场。首先，我们回顾期权交易的历史，以 1973 年为界分为两个阶段。接下来我们描述了一些期权合约的特征。在本章的最后，我们阐述监管问题，包括市场操纵。尽管我们的讨论主要围绕着股票期权，但是这里讨论到的一些特征，与其他在这本书后面遇到的期权以及生活中其他期权都是类似的。

14.2 场内交易期权

为什么要交易期权？期权不同于期货，有着不对称的回报，这个特殊的特征允许使用

者获得的回报比用其他方式可获得的回报丰厚得多。这就使期权成为避险、投机和风险管理的重要工具。因为当标的证券价格出现有利变动时期权持有者会获利，但当其价格出现不利变动时，期权持有者也没有损失，期权和保险合约类似，而且要在开始的时候支付一笔期权费。但是频繁地使用期权很贵，必须在交易期权之前谨慎地权衡成本和收益。我们跳过讨论期权的应用和使用是因为它类似于之前讨论过的衍生工具（参见第 1.3 部分）、互换（参见第 7.5 部分）、远期和期货（参见第 8.2 部分）。

期权在场外交易已几百年了，但真正的期权市场出现是在 1973 年场内交易期权进入芝加哥期权交易所开始的。原因有两个方面。首先，一项交易可以创造出一个中心市场：一个有序、高效、具有流动性、低交易成本，同时交易商可以自由进入和退出的市场。第二，一个交易清算中心，可以保证合约履行以及可以使交易在实质上免于信用风险。这种普通的场内交易期权为当今规模巨大的场外交易市场做了铺垫，它可以交易定制的复杂期权。这种因果关系不能倒置。尽管场外交易期权已经交易了几个世纪，但它们的市场仍旧很小、低效且充满了信用和法律风险，直到场内交易期权开始流行以后才关注到公众投资。为什么会以这种方式发生呢？请继续阅读，去找出答案。

14.3 期权的历史

“历史有的是狡猾的小道，拼凑的走廊。”艾略特在诗歌《枯叟》中写道。这正可以描述期权的历史。像期权一样的合约在经济生活中自然而然地出现了。当你在购买一间房子时提前支付订金并规定如果不能完成购买将支付一定量的罚金，这就类似看涨期权合约；当你购买一份保险并支付保险费时，这就类似看跌期权合约。期权费这一术语还意味着期权的价格，这就加强了期权和保险之间的密切联系。

尽管有这些相似性，期权市场和保险市场仍有所不同。保险合约已经流行了数个世纪，而期权的认可度在这些年来有增有减。在 17 世纪荷兰的黄金年代，期权和期货一起在阿姆斯特丹交易。在伦敦、纽约以及欧洲大陆的一些城市的小型场外市场上它们已经交易了 200 多年。期权是一种双边合约，承担着信用风险、法律风险和流动性风险，它曾被视为一种投机工具，而不是为经济服务。美国证券交易委员会（SEC；创建于 1929 年股市大崩溃以后）多次尝试去取缔期权。这个市场的衰退和涨潮取决于参与者。当大金融家们参与期权的时候，这个市场扩大了，这是因为他们的名声和深厚的财力缓和了买家的信用风险。

在学院派经济学家支持下芝加哥期权交易所的成立，以及布莱克—斯科尔斯—默顿期权定价模型都推动了期权成为主流并消除了它们的投机耻辱。20 世纪 90 年代的信息技术革命开辟了电子交易所以及基于网页交易的新纪元。保险和期权市场再次合并。如今，期权被视为风险管理工具，它可以通过允许交易商取得不同的投资组合回报来“完整市场”。它们在全球多个市场交易，交易商可以通过单一电子平台进行交易。

尽管存在这种趋同，但期权交易的历史完全不同于期货交易，值得我们进一步讨论。我们将期权历史分为两个阶段：

（1）早期的期权交易。自从古代开始，像期权一样的合约就开始交易了。过去的几个

世纪里，期权在阿姆斯特丹、伦敦和纽约的有组织的场外市场进行交易。

(2) 1973 年：这一转折点及以后。布莱克—斯科尔斯—默顿模型给交易商提供了一个对于定价以及对冲期权至关重要的工具。芝加哥期权交易所的成立结束了这个陈旧、低效的场外交易市场，并为市场带来了巨大的改革。1973 年后，人们看到了多种合约的开发、新交易市场的成立、交易的自动化以及交易之间的巩固和联系。这个故事类似于第 8 章讨论过的期货交易的历史。这不足为奇，因为经济、政治、监管以及技术的改变同样对期权市场产生了影响。

14.3.1 早期的期权交易

混乱和错觉？这些流行语来自出现在“投资学最好的 10 本书”名单中两本书的题目(《投资经书：理查德·兰伯特推荐投资学最好的 10 本书》，《金融时报》，1995 年 1 月 28 日)。这些书告诉我们，在 400 多年以前，期权和期货在西欧是如何进行交易的。然而，在探索这段历史以前，我们提到了期权使用的首次记录发生在希腊知识分子还在为西方文明奠基的时候。这有一个故事讲了泰利斯·米利(公元前 624—545 年)如何通过购买一项期权来获得在下次丰收年橄榄榨油机的使用权，这可以使他肯定获得一个大丰收。他的预测是正确的，且通过期权行权获利颇丰。①

让我们向前推进 2 000 年，快速越过中世纪的意大利(欧洲文艺复兴和复式记账法的起源地)，到达比利时和荷兰。Gelderblom 和 Jonker(2005)阐述了复杂的金融市场如何在这些西欧国家发展，然而，这个问题直到今天还在继续困扰着我们(参照表 14.1 期权交易时间表和拓展 14.1 对 1550—1700 年间荷兰的衍生工具的发展历史的讨论)。

拓展 14.1 荷兰的衍生工具交易(1550—1700 年)

16 世纪的荷兰贸易和商业日益繁荣，正在步入荷兰的黄金时代。荷兰黄金时代是文化、经济、政治以及科学成就的新纪元，这一时代横跨了整个 17 世纪，使得荷兰这一不大的航海国家成为最强大的国家之一。Gelderblom 和 Jonker(2005)的文章，题为《阿姆斯特丹是现代期货和期权交易的摇篮，1550—1650 年》，将有组织的衍生工具交易追溯到这一遥远的时代和地点。

中世纪阿姆斯特丹的现代金融市场

阿姆斯特丹市场的发展和今天复杂的金融市场有一些共同点：

- 价格透明度。阿姆斯特丹要求小麦和黑麦每天都要报价。在 1556 年，这个城市将这一做法正式确定，所有超过一定量的谷物交易都必须报告给两个城镇行李员中的一个，然后由其向其他谷物经销商宣布价格以及展示商品的样品。

① 这个故事来自亚里士多德《政治学》第 1 卷第 11 章，由乔伊特翻译(etext.library.adelaide.edu.au/a/aristotle/a8po/)。在亨利·克罗斯比·埃默里(Henry Crosby Emery)1896 年于哥伦比亚大学所作的题为《股票投机和美国交易所的产生》的博士论文中曾提到这个故事以及其与期权的联系。

- 标准化。1582—1584 年间，大渔业局根据年龄、捕捞的年数以及鱼的加工方式将鲱鱼交易标准化了。以鲱鱼为标的的远期和期权交易紧随之后。
- 价格波动、投机和市场操纵。安特卫普和阿姆斯特丹已经有足够的价格波动来发展衍生工具。在 1556 年，阿姆斯特丹的警长控告德国和弗兰芒的商人是“巨大的恶魔”，他们通过远期合约操纵价格。
- 合同行使和信用风险。当 1556 年下半年价格上升时，阿姆斯特丹的谷物经销商试图取消存在的远期合约。但是安特卫普商人在当局面前争论道：先前存在的关于远期交易的禁令不适用于外国的谷物，同时设法要求对方履行合同。除了政府和法律的支持之外，迫使交易商履行合约的另一机制是同行压力。
- 规章制度、清算和结算。该地的法律、政府交易的规章制度以及清算系统使信用风险保持在低水平并且帮助市场成长。经纪人在大部分的交易中起了关键的作用。他们被要求把所有安排好的交易记录在册并且定期组织清算债权。

两个主要的外国交易来源于荷兰东部和西印度的公司（分别是 VOA 和 WIC），它们派军舰在亚洲和美国进行交易。它们是可以转让股份的股份制公司。这些公司繁荣发展并且支付体面的股利。它们的股价迅速上升到令人目眩的高度。投机者也被这些股份吸引。远期和期权合约开始以这些股票为标的进行交易，回购交易和质押股票作为贷款抵押品也发展起来。由于商人在交易完成之后撕毁了原有的合约，这些场外交易的交易频率和范围仍是未知。

德拉维加的乱中之乱

1688 年，一位成功的商人约瑟夫·彭索·德拉维加出版了一本名为《乱中之乱》（*Confusion de Confusiones*）的书。这本书形象地描写了阿姆斯特丹的金融市场并且对市场参与者的心理和动机做了深刻的研究：

- 交易所和交易过程。早晨，在水坝广场（The Dam）（一个面对着市政厅的广场）交易之后，交易商前往“交易所”（一个被柱子围绕着的封闭式大楼），这里从中午 12 点到下午 2 点进行交易。
- 不同类型的交易商。股票交易所有三种类型的交易商：(1)金融家和大资本家，他们持有股份的股利并且对股价波动很冷漠；(2)偶尔投机但大体上尝试保持低风险的商人；以及(3)赌博者和投机者，他们构造了“命运之轮”并且为了追求利润实施复杂的计划。
- 多头和空头。投机者被分为多头和空头。多头以购买来开始他们的操作并希望价格上涨。空头总是以卖出开始操作，他们“完全被恐惧、不安和紧张控制”。德拉维加告诫说：一个人只有在“特别的购买时机”才必须持有空头头寸去利用“快速获利的机会并且如果你不及时抓住它，它就会远离你”。
- 获得头寸的不同方式（监管者不喜欢卖空）。与今天大致相同，交易商可以在现货市场上买进股票，缴纳一定的保证金；在特定的结算日期交易期货；交易期权。他们还可以卖空股票——一种让当局者感到棘手的方式（类似其他的风险交易），当局者更像是今天的监管者，定期颁布相关禁令。
- 两类经纪人和双重交易：因为双重交易的问题，存在两类经纪人。市政当局任命

了有限的几个“宣誓”经纪人，他们发誓不会用自己的账户进行交易。其余的是“自由”经纪人，他们大部分都自由游荡，这个职业成为一些无所事事的以及在生活中失败的人的避难所。

- 咖啡馆。星巴克曾经也有祖先！投机者频繁地出入咖啡馆，他们在这里约见其他人、阅读书籍、切磋棋盘游戏、品尝饮品（选择巧克力、咖啡、牛奶或者茶）、抽烟以及在冬天享受这里的温暖。这些来访者与人们建立一个关系网、收集新闻以及商谈交易，但不会产生昂贵的成本。

德拉维加将他们描述成“在航行危机中的水手以及在暴风雨中的安全锚”，他将基于荷兰东印度公司股票的 opsies（期权的荷兰名称）的运作机理解释如下：①

> 股票的价格现在是 580，（让我们假设下）似乎对我来说，该股票价格将大幅上涨，因为从印度进口的货物量在增加，并且该公司有良好的业务、商品的口碑、分红的前景，此外还有欧洲的和平环境。虽然我决定不购买这一股票，因为我害怕我可能遭遇损失以及如果我的计算被证实为错误的我将面临的尴尬境地。因此，我转向这些愿意持有期权的人，询问他们完成在目标购买日期以 600 价格交割股票的义务需要多少佣金。我签订了关于佣金的协议，将它立即在银行移交（给期权的接收者），然后我就可以确保不可能比佣金的价格损失更多。我将通过（股票的）价格超过 600 这一方式获得全部的金额。

早在三个世纪以前，德拉维加就已经准确地描述了期权的收益。

在荷兰的安特卫普，交易从定期的中世纪集会（参见第 8 章）变成了固定事项。它于 1531 年成立一个交易所，在第二年采取了一系列行使合同的规则，并且在随后的 10 年里创建了一个法律框架来支持的金融交易。金融和商业交易繁荣了，衍生工具合约发展了，投机（包括关于政治事件赌注以及外汇交易期权的赌注）也越来越猖獗，商品价格的操纵成为对市场的威胁。

与此同时，阿姆斯特丹成为了波罗的海地区谷物、鲱鱼和其他大宗商品的主要市场。这一时期的文件记录了阿姆斯特丹的谷物经销商在 16 世纪 50 年代及接下来的几十年里是如何使用期货和期权的。由于害怕投机者利用衍生工具去操纵主食的价格以及引起社会动荡，当局禁止继续交易。然而，这个市场并没有消失；它只是转移到了地下并且只限于业内人士交易。后来，这个市场再次面向公众，并扩大了范围，包括远期、期货以及股票的看涨期权和看跌期权。17 世纪 30 年代出现了对罕见的郁金香的投机狂潮，远期和期货也同时出现，帮助避险者和投机的公众。我们在本章的后面会讨论这一内容。

一个为成熟交易商准备的小型期权市场继续在欧洲大陆、伦敦以及纽约进行交易了 200 多年（参见 Malkiel and Quandt，1969）。例如，在 17 世纪 90 年代期间，伦敦的期权市场组织良好，尽管巴纳德法案颁布了期权和期货的禁令，它还是继续存在。1821 年，伦敦证券交易委员会提出了一条禁止会员从事期权交易的法规。大量的会员提出了强烈抗

---

① 德拉维加认为期权（opsies）一词源于拉丁语 optio，“意思是选择，因为期权费的支付者（分别）有选择交割股票给期权费的接受者，或者从期权费接受者处获得股票的权利”。

议，他们甚至集资去建造了一个对手证券交易大楼。这一禁令从未实施，期权继续不间断地交易，巴纳德法案本身也于1860年被废除了。欧洲期权市场仍旧很小，这是因为一些大公司拒绝参与这一市场活动。

纽约期权市场在19世纪接下来的40年里变得活跃，此时拉塞尔·塞奇正作为一个金融家、证券交易商、期权卖方和规模庞大的经纪人在工作(参见拓展14.2)。

拓展14.2 拉塞尔·塞奇：老式的跨式期权组合

拉塞尔·塞奇(1816—1906年)出生在纽约的奥奈达县，是家中的第七个儿子，他的家庭正举家从康涅狄格向西迁移以寻求更好的生活。尽管他没有受过正规的教育，并且在他12岁的时候就开始在他哥哥的杂货铺打杂工作，塞奇在他空闲的时间学习了算术和簿记，买下他哥哥的公司，并扩大了公司的生意，成为当时几个贸易企业中的成功者。他投资电报业并且开始拥有国家铁路基础设施的大部分区域。他参与政治并在美国国会中服务了两届。最终，他定居在纽约，在纽约证券交易所买入一个席位并且成为金融界的关键角色。

一篇题为《拉塞尔·塞奇》的文章发表在《纽约时报》上(1903年8月5日)，这篇文章写于这个神秘的千万富豪的88岁生日之时，把他的成功归纳为以下几点："他极其精明，他知道如何谨慎地打赌，此外，他是一个优秀的抵押品的决断者。"尽管塞奇故意让人以为他是一个缓慢的学习者，但他的轶事揭示出他具有处理大量细节的犀利的思维能力，直到他生命的最后几年这种思维仍然敏捷和清晰。他用他的天赋经营了大量的金融、证券交易以及经纪业务。

经营一个期权业务

保罗·萨尔诺夫(Sarnoff，1965)所著的传记中清晰地描述了拉塞尔·塞奇是如何实施他的期权业务的。在一个特别的日子，这个朴素的千万富豪乘火车去工作(使用他作为城市高架铁路公司的总裁而获得的免费交通卡)。然后塞奇在他的办公室安顿下来，阅读他的邮件，查收自动收报机纸条来感受市场态势。接下来他就会开始他的期权活动：

> 塞奇转向他的桌子，这就像一个无声的信号，他的姐夫——Colonel John J.Slocum会交给他厚厚一叠的"报表"——大小规则的马尼拉麻纸上展示了他的股市头寸以及看涨和看跌期权的存货。然后塞奇仔细快速地浏览了一下报表，变更报价并使报价变动与市价变动数量相同。这一修正和代码标志着这些预留的文件(即已经标记过的一叠黄页)，是他想出售的，塞奇将这些页纸交给Slocum，他又将页纸传给约翰·麦肯(Johnny McCann)。然后，麦肯出去到大厅主持他的日场。
>
> 这一运作由商品的口头发售组成，塞奇已经指定好要出售给他的那群街道小贩。在麦肯运作的最后，为了参与与塞奇的商品交易，通常会发出狂热的叫喊。将这些存货卖出之后，麦肯回到办公室，转向那个"笼子"(出纳员的窗口)，同时塞奇的心腹们聚集在金融区以一定的利润出售这些商品本身。(Sarnoff，1965，241)

他设计了期权策略，例如价差期权和跨式期权组合，并以此获得了"老跨"("Old Straddle")的绰号！

履行合同

塞奇很少在金融市场亏钱，但是据报道他在1884年的格兰特—沃德大跌中已损失了400万—800万美元。最开始传播的消息是，塞奇否认他的看涨期权、看跌期权、价差期权和跨式期权组合。一群愤怒的对持有与他所签合同不耐烦的人挤满了他的办公室门口，砸坏了他隔断门的玻璃。塞奇在《纽约时报》上的讣告日期是1906年6月23日，据报道，“他在次日早晨同寻常一样的时间内出现在自己办公室里，及时看到了自己的损失而且没有任何怨言”。

塞奇在随后的几年里相应地减少了他的期权合约，但是之后他又恢复这个嗜好。一篇题为《一些碰巧的闲谈》的报道(《纽约时报》，1886年11月15日)称“从前的活动再次出现在塞奇的办公室中，买入和卖出经纪人再次挤满了这个走廊。他发布的有自由的特权震惊了这个街道……经纪人说塞奇现在的条款比他之前做得更加自由”。总的来说，他做得非常好。《纽约时报》的讣闻报道称据说一年之内塞奇已经以他的期权业务赚了1 000万美元。

塞奇用他的大量资本去做赚钱的贷款，并且经营高利润率的金融衍生工具业务。在1903年塞奇退休之后，期权市场处于停滞状态，但是在1904年又一次复苏，此时另一个节俭的千万富豪阿莫斯·莱昂(Amos M. Lyon)(他出生在佛蒙特州的农场并且当时被估计身家值2 500万美元)进入了竞争。因此，在没有如构成今日场内交易衍生工具一样的保障的情况下，当时，只有具有高声望和财大气粗的金融家才能进入这个高利润率的期权出售业务。

拉塞尔·塞奇的金融和交易活动与金融市场上的一些重要特点有关：

(1) 抵押品的重要性。题为《拉塞尔·塞奇》的一篇文章(《纽约时报》，1903年8月5日)将塞奇的成功归结于他是“一个优秀的抵押品的决断者”。文章指出：“如果他对抵押品满意，那么他可以平安度过危机和恐慌，并且当别人急于借款时他却急于放贷。”

(2) 融资、中介和经销。“与存在任何银行相比，我更愿意保留更多的现钱在我的控制下”是塞奇最喜欢的话。他为兼并、收购和股票价格操纵提供资金，并对这些贷款收取不菲的利息。他成为了一个股票、债券和期权的经纪人和交易员。1903年《泰晤士报》的一篇文章写道：“在一个比目前这一代人能记住的更长久的时期里他都是一个在看涨期权、看跌期权和跨式期权组合方面的广泛的经营者，并且他交易证券的规模也是前所未有的。”

表14.1 早期期权交易的历史

年　份	发　展
公元前600年前	泰利斯交易类似期权的合约
1550—1650年	期权和期货诞生了，并在阿姆斯特丹进行交易
17世纪30年代	以郁金香为基础的期货和期权在荷兰进行交易
1860—1900年	拉塞尔·塞奇广泛地进行了看涨期权、看跌期权、价差期权和跨式期权的交易
1910年	看涨和看跌期权的经纪人和交易商组织成立

(3) *在场外期权市场中卖方的作用和信用风险。*由于卖方有日后付款的义务,当卖方的角色由一个专业的金融家来扮演时,场外期权市场便得以扩大,这个金融家的财富和声望降低了买家的信用风险(在需求方面,无论是在塞奇的时代还是我们的当下,似乎不会缺少愿意少量下注却期望更高的未来收益的人!)。①

(4) *跨式组合期权和价差期权的发明。*萨尔诺夫给予塞奇发明价差期权和跨式组合期权的机会,并且建议他涉足看涨和看跌期权的交易,从而使这两项业务创新促进了"股票期权合约的现代销售系统"的发展。②这些活动使塞奇获得"老跨"的绰号。

(5) *双重交易和操作。*《纽约时报》上的讣告(2006 年 7 月 23 日)说道:"塞奇先生的钱鼓动了操纵,但是在他早年的时候并不是,当时要求的条件对塞奇先生安全无风险,而且那时他不是操纵者。"塞奇的经纪业务和交易商业务之间的利益冲突已经面临法律诉讼。例如,一个客户成功地控告了塞奇的双重交易案,在之后的章节里我们会讨论。

(6) *股利调整。*股利使资产的价值降低;所以,股利拉低看涨期权的价值并推高看跌期权的价格。一个客户曾经将年老的塞奇告上法庭,源于股利调整和期权价值的纠纷(参见《股利和看跌期权》,《纽约时报》,1887 年 4 月 6 日)。股利调整对于期权合约来说在当今市场上是一个相关问题,期权交易所已经对这些调整有了明确的政策(参见第 14.4 部分和拓展 14.4)。

(7) *期权平价。*更像今天的信用卡公司,塞奇很擅长在各种各样的伪装下从他的债务人处抽取资金,例如,征收滞纳金,以及按照由纽约高利贷法律设定的 7%的利率上限征收服务费等。1869 年,当政府对"高利贷链"进行突袭时,塞奇和其他一些人被逮捕了。塞奇违反了法律,他以比现存利率上限高出额外的 1%的利率进行贷款,使得股票经纪人无法按时偿还贷款。尽管周密的策略让塞奇得以免于牢狱,但他仍对这次的事件惊魂未定。最终,他设计了转换,通过使用看跌—看涨平价原则和有效地收取高于高利贷法律允许的利率创造了合成贷款(参照拓展 16.1 对这个策略的描述)。这阐述了在第 1 章开头陈述的默顿·米勒的观点:金融证券通过绕过政府对其他获利交易的法律禁令进行创新,来帮助发行人获利。

场外期权市场在 19 世纪和 20 世纪早期与历史上著名的阿姆斯特丹的期权市场大致相同。期权合约以打印的形式出现,交易商在合约上写明了一些细节并对合约进行公证。经销商通过口口相传或在报纸上刊登广告卖出期权。期权经纪人和自营商协会(Put and Call Brokers and Dealers Association)在 1910 年成立,来组织美国的期权交易。

政府继续以充足的理由用怀疑的眼光看待期权交易。尤其是在 20 世纪早期,投机者经常使用期权操纵股票价格。在 1929 年股票市场崩盘之后,美国国会试图禁止期权交易。新建立的美国证券交易委员会(SEC)最初的建议是"无法区分好期权和坏期权,以方便起见,我们只能将他们统统予以禁止"。保护期权的重任就落到了行业经验丰富的经纪自营商赫伯特·法勒(Herbert J. Filer)(参见 Filer, 1959)。考虑到大量的期权合约在到

① 塞奇出售的场外期权合约被称为特权(privileges)。通常在购买日后的 3 个月到期,在这一天或一周内购买的期权的敲定价都接近市场价格,没有二级市场。通俗地说,这些期权被当作证明。

② 价差期权是买入一个看涨期权同时卖出不同行使价、不同到期日或者行使价和到期日都不相同但标的资产相同的另一期权。价差期权也可以用看跌期权构造。跨式期权组合通过买入或卖出基于同一标的资产、敲定价相同和到期日相同的看涨期权和看跌期权来构建。下一章将详细讨论这些策略。

期时一文不值，国会委员会问道："如果只有 12.5%的期权合约行使，这岂不是说其他 87.5%的期权投资者将钱扔到水里？"法勒回答说："不对，先生，假设你为自己的房屋购买了火灾保险，但以后火灾并没有发生，显然你不能说把保险费扔在了水里。"法勒的论据使委员会认同了这样的观点：如果合理使用，期权将会是一种很有价值的投资工具。期权交易量（按照股份来论）从大约占纽约证券交易所（NYSE）在 1937 年股票交易量的 0.5%上升到 1955 年的 1%并且围绕着 20 世纪 60 年代期间的数量上下波动；然而，交易量仍然很小，赌博的污名阻止了期权市场的蓬勃发展。

14.3.2 1973 年：这一转折点及其以后

1973 年之后，随着芝加哥期权交易所（CBOE）的成立和布莱克—斯科尔斯—默顿期权定价模型的发表，这种情况开始改变。我们在这里介绍导致芝加哥期权交易所成立和期权市场之后有所发展的情况。

早期的影响 可能有些惊奇，第一个期权交易所的诞生源于学术著作。在 20 世纪 60 年代，期权估值已经传开，一些经济学家也对期权做了研究。经济学教授马尔基尔和科万特（Malkiel and Quandt，1969）写了一本名为《证券期权市场的策略和理性决策》的书，讨论了各种早期的期权定价模型，探索了 16 种交易策略（你将在下一章看到其中大部分的策略），并且得出这样的结论：期权交易对经济有利。他们建议在中心市场中清算所有的期权买卖，建立二级市场并予以全面公开报道，以及统一期权合同条款。

麦肯其和米罗（MacKenzie and Millo，2003）认为，在阅读了马尔基尔和科万特（1969）的文章之后，芝加哥交易所（CBOT）副主席埃德蒙·奥康纳（Edmund O'Connor）开始对期权交易所的建立感兴趣。芝加哥交易所的主席查理·卡瑞（Charle P.Carey）说道："最原始的想法事实上是 CBOT 的副主席埃德蒙·奥康纳在和 CBOT 的主席比尔·马勒斯（Bill Mallers）以及总统亨利·威尔逊（Henry Hall Wilson）一起吃饭时写在餐巾纸背后的。"①

芝加哥期权交易所的开业 芝加哥期权交易所在 1973 年 4 月 26 日正式开业。第一天成交量只有基于 16 支股票的 911 份看涨期权合约。交易大厅坐落在先前芝加哥交易所的会员吸烟室里。一些人开始质疑在一个糟糕的熊市期间成立一个新的交易所是否明智。其他人则怀疑芝加哥谷物经销商是否能够成功地推出一种新的交易工具，纽约证券交易所认为这种工具对于公众来说过于复杂。会员们认为花 10 000 美元购买一个交易席位是在浪费钱，这个价格是在交易所领导的坚持下确定的。然而，这个在监管者警惕的目光注视下慎重开始的交易所很快就出现了强劲的发展。第一个月末的日交易量就已超过原先场外期权交易市场的日均交易量。

尽管其发展起起落落，但是期权市场却在芝加哥期权交易所开业之后飞速扩张——参照表 14.2 在这发展进程中一些特殊的事件时间表。20 世纪 70 年代中期，期权交易在几个美国以及其他国家的交易所被先后推出。1975 年，芝加哥期权交易所的交易清算设施重组为期权清算公司（Options Clearing Corporation，OCC），并成为大多数美国交易所

① 《芝加哥期权交易所主席在创新商业领袖上的讲话》参见：www. mondovisione. com/media-and-resources/news/cbot-chairman-speaks-at-business-leaders-program-on-innovation/。

交易上市期权合约的共同清算所，并且实际上化解了信用风险。同样是这一年，电脑报价系统也被引入芝加哥期权交易所。

表 14.2　1973 年以来的期权市场大事件

年　份	发　　展
1973	第一家期权交易所——芝加哥期权交易所成立，基于 16 种股票的看涨期权
1975	看涨期权开始在美国证券交易所、费城证券交易所和加拿大的蒙特利尔证券交易所进行交易；期权清算公司在美国成立，为美国场内交易期权进行清算
1976	看涨期权开始在太平洋交易所和澳大利亚期权市场进行交易
1977	看跌期权在芝加哥期权交易所推出
1977—1980	美国证券交易委员会暂停期权市场
1978	欧洲期权交易所和伦敦期权交易市场成立
1982	货币期权在费城证券交易所推出
1982	美国国债期货期权在芝加哥交易所推出
1983	综合股票指数期权在芝加哥期权交易所推出
1987	1987 年 10 月股票市场的暴跌使期权市场停滞不前，经过多年才得以恢复
1993	芝加哥期权交易所波动率指数(VIX)——一个关键的衡量标准普尔指数期权价格的短期市场预期波动率方式
1998	德意志交易所和瑞士交易所，共同推出一个交易及清算衍生工具交易的联合平台——欧洲期货交易所
2000	由几个欧洲交易所合并的泛欧交易所成立
2000	全美第一家电子交易所——国际证券交易所成立

在 1977—1980 年这 3 年间，美国证券交易委员会暂停了额外的期权交易并推迟了对期权行业继续发展的讨论。股票市场在 1987 年 10 月的崩盘导致了期权利润的暂时亏损。但创新仍在继续，各种新的合约也被不断推出。20 世纪 90 年代的信息技术革命促进了一些类似于在第 8 章描述的那样关键的发展：自动化降低了交易成本，一些交易所引进了部分或完全的电子交易系统，在交易所之间建立了更强的关系网，并购浪潮也对市场造成了影响。

今天的芝加哥期权交易所是一个巨大的交易场所，提供以 1 332 种股票和 41 种指数为基础的 50 000 多种交易。1 500 多个互相竞争的做市商进行着超过 100 万种期权合约的交易，在某一特定时间价值 250 亿美元。芝加哥期权交易所 45 000 平方英尺的交易大厅坐落在一座占地 350 000 平方英尺的 7 层大楼里，它有 4 000 多条电话线路，3 400 台个人电脑以及多个电脑屏幕(2 400 个价格信息显示终端和 4 500 个监视器)，世界上任何其他建筑都难以企及，包括坐落在休斯敦的美国航空航天局的航天中心。[①]这座大楼有

① 资料来源：www.cboe.com。

50 000 多英里长的电线和电缆，“足够绕地球两圈”。①席位价格在 2007—2008 年超过了 300 万美元大关，那时该交易所正准备实行股份制。②

各种期权类型 大多数的期权种类都是在 20 世纪七八十年代被推出的。1977 年，看跌期权开始在芝加哥期权交易所进行交易。1982 年，货币期权在费城证券交易所开始交易，国债期货期权开始在芝加哥交易所进行交易，即，将期货交易引入期权（参照拓展 14.3）。接下来的一年里基于股票指数的现金结算期权（包括标准普尔 500 指数）在芝加哥期权交易所开始发行。与期货一样，现金结算使含有丰富的偿付结构的新型期权也被创新出来。

拓展 14.3 期货期权

为什么要交易期货期权？回顾第 1 章中的研究：交易往往被吸引到流动性最强和交易成本最小的市场。由于股票市场有很强的流动性和较小的交易成本，于是，我们看到股票期权市场的繁荣就不足为奇了。但是，在现货市场上，许多商品存在存储成本和便利收益率，使得交易商在流动性更强的期货市场进行商品的避险和投机变得更容易。所以，从事此类商品的期货期权交易是很自然的事情。

对于现货期权，行权时可获得现货商品。相反，期货期权的行使给予持有者一个标的期货头寸。在美国，活跃的期货和期货期权市场基于多种不同的商品存在，如牛、棉花、玉米、原油、金和银等。这些期权交易在同一交易所（即期货合约交易所）内进行，该交易所既可以是有形的交易所，也可以是无形的电子交易所。同时进行期货交易和期货期权交易，可以促进价格发现过程。

例 1 中描述了期货期权如何进行交易。需要强调，现货期权和期货期权对标的价格的反应类似。

【例 1】 期货的看涨和看跌期权

- 今天是 1 月 1 日，假设 4 月份黄金期货的价格是每盎司 1 515 美元。期货期权合约的规模为每份 100 盎司，分别以 1 490 美元、1 495 美元、1 500 美元、1 510 美元、1 520 美元、1 530 美元以及其他几个敲定价（每盎司）在芝加哥商品交易所集团的纽约商品交易所交易。③

① 资料来源：www.cboe.com。

② 随着芝加哥期权交易所由会员组织转变为以营利为目的的公司，在 2007—2008 年的一些实例中席位价格超过 300 万美元，在 2008 年 6 月 17 日席位价格达到 320 万美元的记录。（参见《芝加哥期权交易所席位价格又创新高：320 万美元》：www.cboe.com/AboutCBOE/ShowDocument.aspx?DIR=ACNews&FILE=cboe_20080617.doc&CreateDate=17.06.2008）。

③ 市场上有期权对应接下来最近的 6 个合约月份：2 月、4 月、6 月、8 月、10 月和 12 月。额外的合约月有：1 月、3 月、5 月、7 月、9 月和 11 月——这些会呈现两个月以便交易。一份 60 个月的期权合约在当前日历月的基础上加上一个 6 月/12 月的周期。对于任何一个期权合约月的第一天，对于看涨和看跌期权分别有 13 种敲定价。敲定价低于 500 美元时设定为每盎司 10 美元，敲定价在 500—1 000 美元之间时设定为每盎司 20 美元，敲定价高于 1 000 美元时设定为 50 美元。对于最近的 6 个合约月，敲定价分别为 5 美元、10 美元和 25 美元（合约细则可登录：www.cmegroup.com/trading/metals/precious/gold.html）。

- 考虑一个商品期货的看涨期权。如果你行权，你将获得一个标的期货合约的多头寸，以及等于期货价格高于敲定价的那部分的现金回报。例如，如果你行使4月份期货合约价格为1 500的看涨期权，你将获得4月份期货的多头寸和每盎司(1 515−1 500=)15美元的现金回报，总共1 500美元。如果回报为负，则不行权——以零成本直接进入期货市场进行交易。
- 商品期货的看跌期权的行权，给予持有者一个标的期货合约的空头寸，以及等于敲定价减去期货结算价的现金金额。例如，如果你按照价格1 520行使12月份看跌期权，你将获得12月份的期货空头寸，以及每盎司(1 520−1 515=)5美元的收益。
- 显而易见，多头需要为这些期权支付期权费。经调整的布莱克—斯科尔斯—默顿模型可以用来为期货期权定价。更先进的模型像赫斯—加罗—默顿模型也可以为期货期权定价(参见Amin and Jarrow，1991)。

注意，如果你用$\mathcal{F}(T)$表示期货价格，用$S(T)$表示股票价格，期货期权的回报类似股票期权的回报。例如，考虑一个看涨期货期权和一个普通的股票看涨期权，其标的股票与前者有同一行使价为K。如果你行使这一股票看涨期权，你将得到$[S(T)-K]$。如果你行使看涨期货期权，你将得到$[\mathcal{F}(T)-K]$以及一个股票的多头期货头寸。由于期货合约的价值为零，它可以以零成本清算。行使看跌期货期权可以获得标的期货的空头寸和敲定价减去期货价($\equiv[K-\mathcal{F}(T)]$)的现金，关于期货期权和股票期权类似的观点成立。

至1983年，期权交易可以用权益、商品、货币、利率以及股票指数进行避险和投机。期权被陆续引入这些类别中。例如，芝加哥期权交易所引进了一种长期股票期权——1990年发行的长期股票预期证券(Long-Term Equity Anticipation Securities，LEAPS)，期限长达3年，以及1992年的行业指数期权、1993年的灵活期权(FLEX options)(允许交易商修改一些关键的内容)、1994年的国家指数期权。基于罗伯特·惠利(Robert Whaley)教授所做的学术研究，芝加哥期权交易所在1993年推出芝加哥期权交易所波动率指数(CBOE Volatility Index，VIX)，该指数可以衡量隐含在标准普尔500股票指数期权价格中的短期波动率的市场估计。芝加哥期权交易所波动率指数在2003年被修改，将测量隐含波动率改为预期波动率。它常被称为“恐惧指数”，被广泛用于投资者心理和市场波动性的测量表。芝加哥期权交易所在2004年推出基于波动率指数的期货合约，在2006年推出基于波动率指数的期权合约——我们将在第20章讨论波动率指数。

新交易所和交易的自动化 一些既存的交易所推出期权合约，一些新的期权交易所也成立了。1975年，看涨期权在美国证券交易所、费城证券交易所和加拿大的蒙特利尔证券交易所进行交易。1976年，它们被引进旧金山的太平洋交易所和澳大利亚期权市场，澳大利亚期权市场成为北美以外的第一个期权交易市场。1978年，世界上历史最悠久的两大交易所在欧洲推出了期权交易：由阿姆斯特丹证券交易所会员建立的欧洲期权交易所以及作为伦敦证券交易所的一部分的伦敦期权交易市场。在70年代末，圣保罗证券交易所成为巴西第一家推出期权的交易所。

在20世纪80年代期间，交易所致力于拓展市场以及占取更大的市场份额。《经济学

人》杂志(1993 年 6 月 19 日)上一篇题为《如此多的交易场所》的文章报道了欧洲交易所的情况。一些区域性的交易所都进行了合并。例如,1 月 1 日,所有的德国交易所都被一家名为德意志交易所(Deutsche Borse AG)的公司进行聚合。但在当时欧共体的 12 个成员国依然有 32 家证券交易所和 23 家期货期权交易所,而美国则有 8 家证券交易所和 7 家期货期权交易所。尽管欧洲期权交易所是欧洲第一个发行衍生工具的交易所,但它还是将其领先地位让给了伦敦国际金融期货期权交易所。该交易所 1982 年建立,得益于 1986 年的"金融大爆炸(Big Bang)"放松管制(伦敦证券交易所开始向银行和外国人开放并推出证券交易所自动报价系统(SEAQ),这是一种基于屏幕加电话的证券交易系统),该交易所在 1992 年与伦敦期权交易市场合并。美国期权和期货交易所继续占据市场的大部分份额。

在 1987 年 10 月股票市场崩溃期间全球期权市场也停滞不前,花了 10 年时间才恢复到崩溃前的交易量水平。尽管日本有着世界上市值最大的一些证券交易所,但它仍然是衍生工具领域的新手。随着 10 年期的日本政府债券期货于 1985 年在东京证券交易所推出,其衍生工具市场开始兴起。引进其他衍生工具的,有大阪证券交易所 1987 年推出大阪股票 50 期货、1989 年推出的股指期权以及 1997 年在这两个证券交易所都推出的股票期权。

随着 20 世纪 90 年代的发展,一些清晰的模式开始出现,我们已经在第 8 章的期货内容中讨论过。激烈的竞争带来降低成本的极大压力,而信息技术(IT)的进步使成本降低成为可能。交易所取消了场内交易,完全采用电子交易模式。由于它们仍专注于场内交易,美国交易所的交易规模与欧洲等别的地区相比,开始相对滑落。这段时期,欧洲期货交易所和泛欧交易所成立,韩国期货交易所在 2003 年成交了令人震惊的 29 亿份合约,兼并和收购改变了市场格局。美国废除了传统的非营利组织的结构,大多数的交易所都进行重组并且许多新的以营利为目的的交易所建立起来。在 2000 年成立的全电子化期权交易所——国际证券交易所成为了世界上最大的股票期权交易所。激烈的竞争来源于场外衍生工具市场,该市场比场内交易市场发展得更快。美联储主席格林斯潘(回顾第 10 章)曾用这个事实来证明,政府对场外市场的监管和干预更少。

美国交易所重新组织和思考他们的选择(没有双关语意!)和策略。电子交易成为交易普通证券期货的主流,它们收购合并致力于电子交易的组织或发展它们自己的自动化交易系统(参见第 3 章和第 8 章)。自动化、兼并和收购使它们在 2008 年再次取得期货和期权的最大交易量。[①]今天的期权市场都在全世界最专业的金融中心。经纪公司甚至给客户更大的折扣,允许客户可以用很少的保证金开立期权交易账户。

14.4 期权合约的特征

让我们看一看芝加哥期权交易所的股票期权的合约细则。[②]芝加哥期权交易所的期权交易时间从早上 8:30 到下午 3:00(芝加哥时间)。芝加哥期权交易所的股票期权是美式期权,持有者可以在购买日到期权最后交易日(即到期月的第三个星期五)之间的任何时

① 参见《2008 年交易量观察:野蛮增长》,www.futuresindustry.org。

② 资料来源:www.cboe.com。

间行使期权。如果这个星期五是法定节假日，则最后交易日即为该日的前一天。每份期权合约代表 100 份标的股票份额。如果行使期权，股票份额将在 3 个工作日后转移所有权。

低于 3 美元的期权交易最小价格波动单位为 0.05 美元，高于 3 美元的最小价格波动单位为 0.1 美元。然而，根据 2007 年 1 月 26 日通过的试点方案，期权价格低于 3 美元的期权系列用便士(0.01 美元)报价，价格更高的期权用镍币(0.05 美元)报价。①

14.4.1 到期日

对于一支特定的股票，其期权属于一个指定的季度循环，如 1 月、2 月或者 3 月循环。对一个特定的循环，期权到期日是为下两个月加上额外两个到期日，它们分别相隔 3 个月。我们用一个例子来解释这个过程。

【例 14.1】 *确定到期月*

- 1 月循环的到期月包括 1 月、4 月、7 月和 10 月。2 月循环期权的到期月有 2 月和 5 月等。每种股票的期权交易都属于一种循环。例如，IBM 是 1 月循环，惠普是 2 月循环，沃尔玛超市是 3 月循环。
- 考虑从 1 月 1 日开始交易的 IBM 股票期权的到期月。
  —1 月 1 日，IBM 的期权到期月包括 1 月、2 月(两个近期月份)、4 月和 7 月(季度循环中接下来的两个月)。
  —在 1 月的第三个星期五之后，可以交易到期月在 2 月、3 月、4 月和 7 月的 IBM 股票期权。
  —在 2 月的第三个星期五之后，可以交易到期月在 3 月、4 月、7 月和 10 月的期权。
- 不同种类的期权有不同的到期日。例如，长期股票预期证券(LEAPS)以 3 年为期限发行，其到期日是到期年的第三个星期五。季度期权，它可以以一些指数和交易所交易基金为标的卖出，到期日为每一个日历季度的最后一个工作日。

14.4.2 敲定价

又称为行权价。当一份含有特定期限的期权开始交易时，按敲定价可以分为实值期权、平价期权和虚值期权。如果股票价格超过 200 美元，敲定价的变动级距为 10 美元。股票价格在 25—200 美元之间，敲定价的变动级距为 5 美元；股票价格低于 25 美元，敲定价的变动级距仅为 2.5 美元。敲定价会根据股票股利和股票分割但不包括现金股利进行调整。如果股票价格在期权到期之前波动剧烈，那么将引入新的敲定价，根据实值、平价和虚值期权调整敲定价来维持平衡。接下来的例子就能说明这个过程。

【例 14.2】 *确定敲定价*

- 假设该月第三个周五后的周一，股票的开盘价为 21 美元，新的 LEAPS 期权刚刚

① 参见《期权交易开始便士报价试点：对股票的类似举动对股市的投资者来说意味着更好的价格》，www.sec.gov/news/press/2007/2007-10.htm。

上市。这是短期期权到期之后的第一个交易日。新上市的期权(包括看涨和看跌期权)最初的敲定价分别为 20 美元和 22.5 美元,立刻高于或低于当前股票价格。可以根据当前股票价格进行实时调整。此时额外的实值和虚值期权的敲定价也会报出。

- 接下来,假设只有 20 美元和 22.5 美元的期权报价并且股票价格上升。当股票价格上升到 22.51 美元时,敲定价为 25 美元。如果股票价格超过 25 美元,期权接下来将以更高的敲定价 30 美元开始交易,以此类推。当然,你可以仍旧以 20 美元和 22.5 美元的行使价交易期权,这些价格在比较早的时候报出,直到合约期满之前一直有效。
- 通常,敲定价接近当时股票价格的期权的流动性最强。交易量和未结清合约的数量随着股票实值和虚值程度的深入而显著下降。

14.4.3 保证金制度和持仓限额

期权多头的保证金(借款)限制可被归纳为以下几个方面:(1)短期期权(9 个月或更短)必须缴纳包含零借款的全部购买价格;(2)长期期权(多于 9 个月)可以只借入购买价格的 25%。期权卖方通常被要求保持全部购买价格加上一些额外的现金来缓冲风险。[①] 用一个例子来说明这些限制。

【例 14.3】 保证金账户的调整

- *看涨期权多头和看跌期权多头(期限小于 9 个月)*。例如,参见图 14.1,如果 L 女士购买了 5 份 3 月份 IBM 2009(IBMCR)的看涨期权,每份价值 2.30 美元,她将需要缴纳的保证金为:(卖出价×合约份数×合约大小)= 2.30×5×100 = 1 150 美元。
- *看涨期权多头和看跌期权多头(期限大于 9 个月)*。初始保证金(维持保证金)要求为成本(市场价值)的 75%。例如,如果 L 女士想要购买 10 份 1 月份 IBM 2010(WIBAR)的期权合约,价值 12.5 美元,她将需要用她自己的钱保持至少占 12.5×10×100 的 75%的保证金:0.75×12 500=9 375 美元,剩下的 3 125 美元从经纪人处借款。
- *期权卖方*。假设 S 先生卖出 10 份 10 月份 IBM 95(IBMVS)的看跌期权(参见图 14.1)。保证金的计算如下:

—100%的合同收入 (13.30×10×100)	$13 300
—加上 20%的总合约价值 (0.2×90.42×1 000)	18 084
—减去价外的金额 [(90.42−95)×1 000]	(−)4 580

① 对于股票期权卖方和"窄范围指数",美联储已经设定了保证金要求如下:初始保证金账户要求为,"100%的期权收益加上 20%的标的证券或指数价值减去价外的量(如果有的话),对于看涨期权,期权收益的最小值加上 10%的标的证券或指数的价值;对于看跌期权,10%的看跌期权行使价";保证金账户维持要求为,"对于每一期权空头,100%的期权市场价值加上 20%的标的证券或指数的价值减去价外的价值(如果有的话),对于看涨期权,期权市场价值的最小值加上 10%的标的证券或指数价值;10%的看跌期权行使价"(www.cboe.com/micro/margin/strategy.aspx)。

—总计（13 300＋18 084－4 580）　　$26 804

也可以这样计算：

—看跌期权收入（13.30×10×100）　　$13 300

—加上10%的总行使价（0.1×95×1 000）　　9 500

—总计（13 300＋9 500）　　$22 800

空头的保证金要保持在26 804美元，即为两个中较大的一个。

如果期权卖方的持有者持有其他期权的头寸或标的资产，芝加哥期权交易所会调整这些保证金限制，考虑投资组合的整体风险。例如，股票多头加上一个看跌头寸的保证金显然低于一个单独的看跌多头寸。调整后的保证金考虑了多头股票头寸和多头看跌头寸的对冲以分散风险。

期权持仓限额的规定减少了市场操纵的可能性。对于有大量资金的交易活跃的股票（例如，IBM或微软），持仓限额为250 000份合约。资本较少的股票则有较少的持仓限额。合格的对冲策略可能会被豁免。

14.4.4 股利和股票分割

对于现金股利或者不超过股票价值10%的股票分配，期权不需要进行调整。当进行股票分割或支付大量的股票股利时，期权的敲定价则需要在除息日或除权日进行调整。敲定价的调整取决于股票分割或股票股利是否是整数倍，例如3是1的整数倍，或者是分数，像3∶2那样。期权清算公司已经发展了这些规则和程序以保证期权交易商不会从这些事件中遭受损失（参见拓展14.3从历史的角度来看这些调整）。

【例14.4】 针对股票分割和股票股利对期权进行调整

IBM的股价为90.42美元（参见图14.1）。考虑这个4月份IBM 90的看涨期权合约。

一个整数倍的股票分割

- 假设IBM宣布3∶1的股票分割。一个持有1份股票的投资者将有3份每股价值为30.14美元的股票。在除权日，期权的数量将乘以3，敲定价将除以3。
- 分割前的总行使价为100×$90＝ $9000。分割之后为3×100×$30＝ $9000。价格相同——调整使得期权相对于股票分割来说是中性。

一个分数的股票分割

- 假设IBM宣布3∶2的股票分割。一个持有2份股票的投资者将拥有3份股票。为了阻止套利出现，新的股票价格将为90.42/1.5＝ 60.28，3/2＝ 1.5为分割比例。
- 在这个案例中，并不调整合约数量，而是用每份合约中的股票数量乘以分割比例：100×1.5＝$150。新的敲定价是用旧的敲定价除以分割比例。因此分割之后的敲定价为90/1.5＝$60。
- 注意到分割前总的敲定价为9 000美元。在分割之后，总的敲定价为150×$60＝$9 000。再次，期权调整使得期权相对于股票分割来说是中性。

股票股利

- 大型股票股利（大于股票价格的10%）的发放被称为股票分割并且进行相应的处

理。例如，一个3∶1的分割是200%的股票股利，一个3∶2的分割是一个50%的股票股利。

反向分割

- 如果IBM进行一个1∶2的反向分割，则股票价格将变为180.84美元。调整后原始的期权合约现在为一份4月份IBM 180的看涨期权，每份含50股股票。

14.5 期权交易、行使以及到期过程

14.5.1 交易过程

期权交易过程涉及场内交易的证券固有的行使、清算和结算三个步骤。像期货一样，只有清算会员才可以清算交易。一个清算会员必须是期权交易所的会员，满足期权清算公司制定的最小资本以及其他要求。其必须保证在交易大厅及后台操作的高效。清算会员为每一笔交易合约向交易所和期权清算公司支付费用。他们从客户那里收回这些费用。

14.5.2 行使期权

行使期权的过程从期权持有者向其经纪人传达行使期权的意图时开始。为了确保在指定的日期行使，持有者必须在经纪人的日常截止日期前通知其行使期权。然后，经纪人向期权清算公司提交行使通知。期权清算公司将通知传达给一个或多个持有相同合约的空头的清算会员。清算会员继而又将该消息分配(随机分配或根据先进先出原则)给一个或多个持有合约空头头寸的客户。代表空头的清算会员有义务以特定敲定价格出售(看涨期权)或购买(看跌期权)标的股票。期权清算公司随即安排股票的交割以及敲定价资金的交换。

14.5.3 到期过程

到期日是期权交易的最后一天。对于上市公司股票期权，到期日即为到期月的第三个星期五。经纪公司必须向期权清算公司提交行使通知。

期权清算公司研发了一种名为异常行使(exercise by exception，又被称为ex-by-ex)的程序来加快到期期权的行使过程。每个实值期权合约都将自动行使，除非该结算会员另外通知期权清算公司。当前至少1%的股票和股指的实值期权都是自动行使的。尽管如此，即使是实值期权，大多数的经纪人仍然要求他们的客户在行使时要向经纪人通知他们的意图。

当行使或分配一个股票期权并且它并不是由股票持有账户担保，则必须在账户中保证足够的购买力可以交割股票。否则，经纪人甚至可能不通知你就在期权最后一个交易

日平掉你即将到期的期权头寸。如果即将到期的头寸没有被平仓并且账户中没有足够的购买力，经纪人可能在不通知你的情况下向清算会员提交“无法行使”的说明。

14.6 期权报价

无线新闻设备、网站和许多主要的日报都报道期权价格行情。因为每支股票都有敲定价和到期月不同的看涨和看跌期权，交易所通常有数万笔期权交易。所有基于同一标的资产的属于同一类的期权合约为同一**期权种类**(option class)。例如，不同的 IBM 看涨期权属于同一期权种类，然而，不同的 IBM 看跌期权属于另一期权种类。在一个特定的种类中，所有具有同样行权价格和到期日的期权属于同一**期权系列**(option series)。例如，3 月份 IBM 100 的看涨期权属于一个期权系列，4 月份 IBM 90 的看涨期权属于另一个期权系列，4 月份 IBM 100 的看跌期权属于再另外一个期权系列。例 14.5 说明了 IBM 的期权报价。

【例 14.5】 IBM 的期权报价

- 图 14.1 给出了 IBM 2009 年 3 月 12 日的期权“链表”数据，这是根据芝加哥期权交易所网站的数据编制而成(该图经过删减并且所有的报价都有 20 分钟的滞后)。看涨期权的报价写在左边，看跌期权的报价写在右边，敲定价在中间。第一组数字报告了 2009 年 3 月的看涨期权和看跌期权的价格，阴影区域则报告了实值期权。
- 来考虑“看涨期权”下的第十行，敲定价为 90 美元。这一行包含了如下数据，从左到右看：

  —该期权的代码为 IBMCR——C 表示第三个月，即 3 月，R 表示行使价为 90 美元。①

  —价格 2.27 美元被记录在“最后成交价”，表示期权最后报告的成交价格。

  —0.56 表示价格与上一期的结算价相比变动的价格。

  —买方报价 2.25 美元和卖方报价 2.30 美元是基于一股 IBM 股票的一份期权的价格。价格较低的期权交易盈利 5 美分，价格较高的期权交易盈利 10 美分。

  —“持仓量”14 198 是未平仓合约的数量，即所有未了结合约的总和。

14.7 期权市场的管理和操纵

在电影《碟中谍Ⅱ》(2000)中，一个虚构的人物——肖恩·安布罗斯(Sean Ambrose)计划释放一种病毒，然后通过贩卖解药来获利。“我想要股票!”肖恩大声喊出。“更精确

① 一些供应商也用下面的方式表示期权交易的场所：没有连字符或字母出现、合成；E，CBOE(芝加哥期权交易所，Chicago Board Options Exchange)；A，AMEX(美国证券交易所，American Stock Exchange)；P，PCX 或 PSE(太平洋证券交易所，Pacific Stock Exchange)；X，PHLX(费城证券交易所，Philadelphia Stock Exchange)；b，BOX(波士顿期权交易所，Boston Options Exchange)；8，ISE(国际证券交易所，International Securities Exchange)。

2009 年 3 月

看涨期权								看跌期权						
代码	最后成交价	结算价格变动	买方报价	卖方报价	成交量	交易头寸	敲定价	代码	最后成交价	结算价格变动	买方报价	卖方报价	成交量	交易头寸
IBMCX	43.40	2.40	45.20	45.60	n.a.	n.a.	**45.00**	IBMOX	0.10	0.00	0.05	0.05	35	123
IBMCU	36.00	−6.60	40.30	40.60	n.a.	n.a.	**50.00**	IBMOU	0.05	0.00	0.05	0.05	148	2 350
IBMCV	33.40	4.40	35.20	35.60	n.a.	5	**55.00**	IBMOV	0.05	0.00	0.05	0.05	7	325
IBMCL	25.20	1.20	30.20	30.60	7	92	**60.00**	IBMOL	0.05	0.00	0.05	0.05	7	827
IBMCM	20.90	−3.00	25.30	25.60	4	117	**65.00**	IBMOM	0.05	0.00	0.05	0.05	34	1 309
IBMCN	19.60	0.60	20.30	20.60	14	218	**70.00**	IBMON	0.05	0.00	0.05	0.10	20	3 153
IBMCO	12.80	−1.70	15.40	15.60	30	578	**75.00**	IBMOO	0.09	−0.01	0.05	0.10	307	7 409
IBMCP	10.45	1.35	10.50	10.70	116	2 874	**80.00**	IBMOP	0.20	−0.05	0.15	0.20	828	10 548
IBMCQ	5.90	1.10	5.80	6.00	1 200	10 054	**85.00**	IBMOQ	0.50	−0.40	0.50	0.55	5 373	14 901
IBMCR	2.27	0.56	2.25	2.30	6 516	14 198	**90.00**	IBMOR	1.85	−1.05	1.80	1.90	2 741	12 079
IBMCS	0.50	0.15	0.45	0.50	3 078	14 336	**95.00**	IBMOS	5.00	−1.00	5.00	5.10	426	4 213
IBMCT	0.05	−0.01	0.05	0.10	148	10 760	**100.00**	IBMOT	10.10	−1.49	9.50	9.70	62	1 913
IBMCA	0.05	0.00	0.05	0.15	2	4 150	**105.00**	IBMOA	15.30	−4.10	14.50	14.80	6	75
IBMCB	0.03	−0.02	0.05	0.05	16	3 473	**110.00**	IBMOB	18.30	−7.00	19.40	19.80	26	10
IBMCC	0.05	0.03	0.05	0.05	n.a.	410	**115.00**	IBMOC	n.a.	n.a.	24.30	24.70	n.a.	n.a.
IBMCD	0.03	−0.04	n.a.	0.05	n.a.	81	**120.00**	IBMOD	n.a.	n.a.	29.50	29.80	n.a.	n.a.
IBMCE	n.a.	n.a.	n.a.	0.05	n.a.	n.a.	**125.00**	IBMOE	34.00	0.00	34.40	34.70	1	n.a.

2009年4月

看涨期权								看跌期权						
代码	最后成交价	结算价格变动	买方报价	卖方报价	成交量	交易头寸	敲定价	代码	最后成交价	结算价格变动	买方报价	卖方报价	成交量	交易头寸
IBMDP	11.8	0.90	11.60	11.80	458	3 221	**80.00**	IBMPP	1.30	−0.25	1.25	1.35	1 527	12 260
IBMDQ	7.80	0.99	7.70	7.90	2 381	9 649	**85.00**	IBMPQ	2.40	−0.23	2.40	2.45	1 060	13 098
IBMDR	4.60	0.73	4.50	4.70	1 672	11 644	**90.00**	IBMPR	4.20	−0.75	4.10	4.30	2 145	10 644
IBMDS	2.40	0.60	2.30	2.40	3 405	21 552	**95.00**	IBMPS	6.90	−1.20	6.80	7.00	254	14 501
IBMDT	1.05	0.30	0.95	1.05	992	15 196	**100.00**	IBMPT	12.01	−3.19	10.50	10.70	1	2 553

2009年7月

看涨期权								看跌期权						
代码	最后成交价	结算价格变动	买方报价	卖方报价	成交量	交易头寸	敲定价	代码	最后成交价	结算价格变动	买方报价	卖方报价	成交量	交易头寸
IBMGP	14.23	0.83	14.50	14.70	88	1 605	**80.00**	IBMSP	4.70	−0.26	4.60	4.70	58	3 457
IBMGQ	11.40	1.00	11.20	11.40	317	1 883	**85.00**	IBMSQ	6.30	−0.60	6.30	6.40	264	4 300
IBMGR	8.50	0.80	8.40	8.50	600	5 110	**90.00**	IBMSR	8.67	−0.53	8.40	8.60	93	5 381
IBMGS	6.10	0.80	6.00	6.10	168	8 500	**95.00**	IBMSS	11.00	−0.70	11.00	11.20	27	1 283
IBMGT	4.22	0.62	4.10	4.20	274	6 417	**100.00**	IBMST	15.31	−0.19	14.10	14.30	n.a.	848

2009年10月

看涨期权								看跌期权						
代码	最后成交价	结算价格变动	买方报价	卖方报价	成交量	交易头寸	敲定价	代码	最后成交价	结算价格变动	买方报价	卖方报价	成交量	交易头寸
IBMJP	16.23	2.33	16.30	16.60	20	397	**80.00**	IBMVP	7.00	−1.86	6.60	6.80	2	162
IBMJQ	13.40	2.70	13.20	13.50	3	202	**85.00**	IBMVQ	9.30	−1.70	8.50	8.70	12	345
IBMJR	10.59	2.29	10.50	10.70	48	119	**90.00**	IBMVR	11.32	−0.18	10.70	10.90	n.a.	387
IBMJS	7.40	1.10	8.10	8.30	44	519	**95.00**	IBMVS	14.40	−0.60	13.30	13.60	44	257
IBMJT	6.00	0.40	6.10	6.30	13	273	**100.00**	IBMVT	17.90	−2.30	16.30	16.60	43	98

2010年1月

看涨期权								看跌期权						
代码	最后成交价	结算价格变动	买方报价	卖方报价	成交量	交易头寸	敲定价	代码	最后成交价	结算价格变动	买方报价	卖方报价	成交量	交易头寸
WIBAP	17.70	2.30	17.60	18.30	15	1 744	**80.00**	WIBMP	8.60	−1.80	8.40	8.70	n.a.	5 576
WIBAQ	14.10	2.30	14.60	15.20	1	1 151	**85.00**	WIBMQ	11.70	−0.90	10.40	10.70	8	2 616
WIBAR	11.63	1.23	12.20	12.50	n.a.	7 696	**90.00**	WIBMR	13.20	−1.60	12.70	13.00	2	6 936
WIBAS	9.50	1.70	9.90	10.10	3	3 383	**95.00**	WIBMS	15.70	−0.90	15.30	15.70	47	2 008
WIBAT	7.74	0.27	7.80	8.10	6	10 373	**100.00**	WIBMT	19.60	−3.70	18.30	18.60	22	5 714

2011年1月

看涨期权								看跌期权						
代码	最后成交价	结算价格变动	买方报价	卖方报价	成交量	交易头寸	敲定价	代码	最后成交价	结算价格变动	买方报价	卖方报价	成交量	交易头寸
VIBAU	n.a.	n.a.	69.30	70.80	n.a.	n.a.	**20.00**	VIBMU	0.45	0.00	0.30	0.45	50	358
VIBAX	n.a.	n.a.	67.00	68.20	n.a.	n.a.	**22.50**	VIBMX	0.55	−0.25	0.45	0.60	100	204
VIBAE	n.a.	n.a.	64.50	65.80	n.a.	n.a.	**25.00**	VIBME	0.80	−0.12	0.65	0.75	2	105
VIBAV	n.a.	n.a.	59.30	60.80	n.a.	n.a.	**30.00**	VIBMV	1.20	−0.25	1.05	1.25	n.a.	883
VIBAG	49.50	1.00	54.70	55.90	n.a.	25	**35.00**	VIBMG	2.10	−0.08	1.65	1.90	20	163
VIBAW	47.70	1.90	50.10	51.30	1	41	**40.00**	VIBMW	2.95	0.05	2.40	2.60	1	236
VIBAI	42.90	−6.20	45.80	47.00	2	7	**45.00**	VIBMI	3.40	−0.10	3.20	3.60	n.a.	147
VIBAZ	39.20	−6.60	41.60	43.00	10	207	**50.00**	VIBMZ	4.70	−0.80	4.20	4.60	10	407
VIBAK	35.40	0.00	37.80	39.00	2	2	**55.00**	VIBMK	6.30	0.24	5.40	5.90	10	135
VIBAL	31.50	−0.10	34.30	35.40	3	92	**60.00**	VIBML	7.00	−0.80	6.80	7.20	1	323
VIBAM	28.20	−5.30	31.40	31.90	2	21	**65.00**	VIBMM	9.60	−0.70	8.30	8.70	44	293
VIBAN	24.80	−0.70	28.00	28.80	n.a.	254	**70.00**	VIBMN	11.60	0.00	10.00	10.60	25	331
VIBAP	20.20	−2.84	22.00	22.90	6	293	**80.00**	VIBMP	16.70	1.50	14.10	14.70	40	439
VIBAQ	18.50	0.96	19.90	20.30	50	479	**85.00**	VIBMQ	18.80	−0.96	16.30	16.90	117	748
VIBAR	15.80	0.40	17.20	17.90	10	1 079	**90.00**	VIBMR	22.40	1.40	18.80	19.40	n.a.	1 107
VIBAS	14.30	1.20	14.90	15.70	45	521	**95.00**	VIBMS	22.60	−1.90	21.50	22.20	11	636
VIBAT	13.00	0.40	13.00	13.70	1	1 424	**100.00**	VIBMT	27.00	0.10	24.40	25.20	n.a.	676
VIBAB	9.80	0.30	9.50	10.10	4	812	**110.00**	VIBMB	35.50	0.10	30.70	31.60	24	512
VIBAD	6.60	−0.20	6.90	7.50	34	638	**120.00**	VIBMD	42.90	2.10	37.70	38.70	11	196
VIBAF	4.80	0.40	4.90	5.30	16	407	**130.00**	VIBMF	47.00	−4.00	45.40	46.20	3	193
VIBAH	3.60	0.60	3.20	3.70	1	599	**140.00**	VIBMH	54.80	−0.10	53.60	54.70	47	257
VIBAJ	2.25	0.05	2.25	2.50	67	672	**150.00**	VIBMJ	66.50	−2.00	62.30	62.90	42	227

资料来源：http://delayedquotes.cboe.com/options/options_chain.html?ASSET_CLASS=STO&ID_OSI=85502&ID_NOTATION=1551887。

图 14.1　COBE 网站上的 IBM 期权报价

地说是股票期权。”在詹姆斯·邦德的电影《皇家赌场》(2006)中,一个虚构的银行家——李·奇弗瑞(Le Chiffre)用他的资金为一个游击队提供了一个安全的避难所。但是李·奇弗瑞的投资事实上存在大量的风险。他购买了一个成功公司的看跌期权,然后设计了一场恐怖袭击来使股票价格下降。股票期权和市场操纵开始进入流行文化。

期权一直与市场操纵相关。例如,在20世纪20年代时,当期权与股价操纵的阴谋结合时,期权臭名昭著。对于持有大量标的股票的投机者来说,一种普遍的做法是将看涨期权卖给股票经纪人(参见Overby, 2007)。作为回报,经纪人将推荐他的客户购买这支股票。由此产生的需求将有利于经纪人和投机者,他们将以更高的价格卖出。这是通过建立大规模的期权池来完成的,“直接从公司股票的主要持有者手中获取期权,包括公司主管、银行以及公司自身”。

双重交易是另一个长期困扰期权市场的问题(参见第6章)。一个名为罗伯特·弗鲁姆(Robert D.“Pop” Vroom)的客户成功地在一个双重交易案中控告了拉塞尔·塞奇。弗鲁姆从塞奇处买入了一些看跌期权。1901年5月9日这一天当地市场经历了一场恐慌,弗鲁姆注意到该看跌期权的标的股票的价格很低。他向塞奇,也就是他的经纪人发出指令去购买这支股票。然后,弗鲁姆计划通过行使看跌期权将股票卖回给塞奇。但是代表塞奇的场内经纪人告诉法庭:“交易所陷入巨大的骚动,其卖出量达到空前的状况。他在得到他想要的东西时有很多的麻烦,以致不得不在找到卖家之前在交易所内东奔西跑。那时股票价格猛增,但是他无论如何还是以市场价格买了这些股票,因为这些是他的订单。”弗鲁姆认为如果“塞奇先生无法在证券交易所执行他的订单,他应该报告此事”。①法院做出了对弗鲁姆有利的判定,给予他17 000美元的奖励。

另一个市场操纵计划是买入虚值期权并同时买入标的股票去人为地提高股票价格,如此一来,期权最终成为实值期权。对方的交易员在周五下午闭市之后正准备出去庆祝他们的美好时光时,他们可能突然发现那些表面看起来不值钱的虚值看涨期权空头寸突然最终成了实值期权(参见第6章中关于投资组合粉饰效应的讨论)!

我们在第11章介绍了价格泡沫的概念,它可能发生在股票价格严重地脱离股票本身的或基本的价值时。泡沫通常涉及价格大幅上涨之后再大幅下降。泡沫与20世纪90年代的互联网泡沫及近期的房地产价格的上升和崩溃相联系,期权经常和这些事件相联系。一个典型的案例是荷兰17世纪的郁金香泡沫。荷兰的郁金香直到今日都非常著名,但是它们早期的历史充满了投机、贪婪和欺骗(参见Dash, 2001; Overby, 1999; Malkiel, 2003)。

郁金香泡沫的故事始于1593年,当时一个植物学教授从土耳其带郁金香到荷兰,希望高价出售。荷兰这个市场十分繁荣,随后的几年里郁金香交易在荷兰特别活跃。一段时间后,许多郁金香都感染了一种良性的病毒,它们的花瓣上都带有色彩鲜明的明亮条纹。公众狂热崇拜这种“奇观”并提高报价。在17世纪30年代中期,郁金香的价格达到顶峰,各行各业的人们——从贵族到扫烟囱的人都竞相炒作。一些人甚至进行易货交易或抵押个人财产去购买郁金香并希望以不断上涨的价格卖出。

① 《起诉拉塞尔·塞奇》,《纽约时报》,1901年6月19日;《拉塞尔·塞奇必须向弗鲁姆支付14 603美元》,《纽约时报》,1904年3月19日;《拉塞尔·塞奇败诉》,《纽约时报》,1906年3月4日。

为了平息这种疯狂，衍生工具出现了，投机者使用这些衍生工具（包括期权）来起到杠杆作用——但是它们也帮助了避险者。郁金香种植者和零售商买入看涨期权和期货来防止价格上涨。这种对冲策略至今仍被许多商人采用。几个月之后，高涨的价格和狂热的交易市场突然在1637年2月崩溃。糟糕的监管和低劣的质量控制被指责为这次崩溃的主要原因。

难怪监管者过去对期权充满敌意。MacKenzie和Millo(2003)认为成立芝加哥期权交易所的提议符合"公司记忆中针对期权的本能的敌意，这些敌意部分基于其在20世纪20年代所扮演的不法的角色"。芝加哥期权交易所的第一任董事苏利文(Sullivan)被一位美国证券交易委员会的主要官员告知说"他从来没有见过市场操纵"，这其中并不包括期权。前美国证券交易委员会主席甚至把期权比喻为"大麻和安眠药"。命运弄人，今天的监管者支持期权交易并认为相比未经监管的场外衍生工具交易市场，期权造成的负面影响更小一些。

本章小结

1. 之所以交易期权是因为其回报不同于远期、期货和标的股票。

2. 过去，期权因其复杂的交易过程、较小的交易量、高昂的费用、对手方风险以及市场参与者的坏名声而饱受质疑。结果导致投资者偷偷地交易少量的合约或者一起避开期权。政府的反应也从勉强地接受到全部地禁止。

3. 期权市场随着1973年布莱克—斯科尔斯—默顿模型的发表和芝加哥期权交易所的开业得到了发展。期权交易量在随后的几年里急剧增长，这包括利率期权、行业基金期权、交易所交易基金期权和指数期权的交易。

4. 芝加哥期权交易所交易的股票期权有以下特征：

a. 性质：美国实物交割期权；

b. 合约大小：100股；

c. 最后行使日：到期月的第三个星期五；

d. 报价：通常期权价格低于3美元的以便士(0.01美元)报价，期权价格高于3美元的以镍币(0.05美元)报价；

e. 敲定价的变动级距：当敲定价在5—25美元之间，变动级距为2.5美元，敲定价在25—200美元之间，变动级距为5美元，敲定价超过200美元时变动级距为10美元；对于股票分割和再资本化，期权敲定价要进行调整，但不包括现金股利；

f. 敲定价：实值、平价和虚值敲定价均首先被列出；当标的资产可通过最高或最低敲定价进行交易时新的期权系列一般就会加入；

g. 到期月：从1月、2月和3月季度循环得出的两个近期月份加上两个额外月份；

h. 保证金：短期期权买家报出完整的价格；长期期权买家(期限超过9个月)可以借入25%的购买价格；期权卖家被要求保持全部购买价加上额外的资金以缓冲风险。

案例分析

芝加哥期权交易所(CBOE)(哈佛商学院案例 205073-PDF-ENG)。该案例讨论了芝加哥期权交易所期权交易的制度细节。

国际证券交易所:期权市场的新天地(哈佛商学院案例 203063-PDF-ENG)。这个案例阐述了股票期权市场、主要涉及的交易各方以及期权交易过程。

牛奶和金钱(凯洛格(Kellogg)管理学院案例,案例 KEL343-PDF-ENG,哈佛商学院出版社)。这个案例考虑了一个家庭乳品公司如何运用回归分析为它的乳制品选择最好的对冲策略。

习题和思考题

1. 简要描述下阿姆斯特丹 1500—1700 年间以及伦敦和纽约 19 世纪的期权交易。
2. 约瑟夫·彭索·德拉维加(Joseph Penso de la Vega)是谁?
3. a. 拉塞尔·塞奇是谁?
   b. 塞奇为什么被称为"老跨"?
   c. 简要描述塞奇运用金融业务保值的四个方面。
4. a. 为什么美国的期权交易在 20 世纪早期的 10 年里臭名昭著?
   b. 美国证券交易委员会最初对期权交易的立场是什么?
   c. 期权行业参与者对美国证券交易委员会的观点有什么反应?
5. 19 世纪,期货交易在美国被普遍接受,但期权交易却饱受质疑。
   a. 解释这种现象。
   b. 关于期权交易的这种观点在什么时候、如何改变的?
6. 简要描述导致芝加哥期权交易所成立的事件和发展。
7. 描述 1973 年(期权历史上的转折年)发生的两个大的发展事件。
8. 什么是期货期权?请解释这种衍生合约是如何操作的。

根据下面的来自芝加哥商品交易所网站的数据(2011 年 8 月 26 日,中央标准时间 6:59:36PM的价格)回答接下来的问题。

敲定价	看涨期权	看跌期权
1 820	85.20	107.80
1 825	83.20	110.90
1 830	81.30	113.90
1 835	79.40	217.10
1 840	77.50	120.20

黄金的现货价格为每盎司 1 830 美元。合约单位为 100 盎司。价格是每盎司的价格。

9. a. 分别识别哪种看涨期权是实值、平价和虚值期权。

b. 如果你以 1 820 美元的价格行使一份看涨期权，你的收益是多少？你持有的期货合约是多少？

c. 对于这个黄金期货的看涨期权，内在价值是多少？时间价值是多少？

10. a. 看跌期权价格数据中有一处明显的错误——纠正这个错误。

b. 分别识别哪种看跌期权是实值、平价和虚值期权。

c. 如果你以 1 835 美元的价格行使一份看跌期权，那么你的收益是多少？你持有的期货合约是多少？

d. 对于这个黄金期货的看跌期权，内在价值是多少？时间价值是多少？

11. 假设 YBM 公司有一个 2 月循环的期权交易。说出在下列日期交易 YBM 普通股票期权(该月的第三个周五到期)的月份。

a. 1 月 1 日；

b. 1 月 27 日；

c. 3 月 1 日。

12. YBM 公司股票的当期价格为 103 美元，当交易一份下列期权(合约规模为每份 100 股)时，说出你需要向经纪人缴纳的保证金金额。

a. 一个价值为 6 美元、期限为 6 个月的看跌期权的多头；

b. 一个价值为 8 美元、期限为 10 个月的看涨期权的多头；

d. 一个价值为 3 美元、期限为 2 个月、敲定价为 105 美元的看涨期权的空头。

13. 多头通常伴随着买入，空头通常伴随着卖出。给予看跌期权持有者以卖出的权利是否违反常理？解释你的答案。

14. YBM 公司当前的股票价格是 90 美元。12 月份 YBM 100 的看涨期权交易价为 6 美元。

a. 在对合约进行 4∶1 股票分割的条件下调整期权价格和合约条款。

b. 在对合约进行 3∶2 股票分割的条件下调整期权价格和合约条款。

15. 芝加哥期权交易所交易的期权是否针对现金股利或股票股利或二者皆有进行价格调整？

16. 根据图 14.1，回答以下问题。

a. 对于 4 月份 IBM 2009 的看涨期权，在该敲定价下看涨期权价值是增加还是减少？

b. 对于 4 月份 IBM 2009 的看跌期权，在该敲定价下看跌期权价值是增加还是减少？

c. 对于 3 月份 IBM 2009 的看涨期权，敲定价为多少时交易量最大？

d. 对于 3 月份 IBM 2009 的看跌期权，敲定价为多少时交易量最大？

17. 什么是芝加哥期权交易所期权的异常行使？

18. 什么是期权种类？什么是期权系列？举例说明。

19. 对于一份交易的期权合约，什么是未平仓合约？一个特定的期权合约的交易头寸能说明什么？

20. 举出两个有关期权市场上市场操纵的例子。

▶15

期权交易策略

15.1 引言

当第一次讲授期权和期货的知识的时候，我们其中一人（查特吉）与一位同事迈克·戈尔茨坦（Mike Goldstein）分享了一些关于激发学生兴趣的困难。迈克建议，“那不是教授衍生工具交易的方式。你所讲的内容应该涵盖一些有趣的东西，你要向学生们展示如何来完成期权交易策略。假设一项收购正在进行，你要解释如果设置一种跨式期权去赌这个结果”。他击中了要害！像关注对于 $K_1 \geqslant K_2$ 有 $C(K_1)-C(K_2) \leqslant K_1-K_2$ 并不是激发兴趣的最好方式。此外，这种方式给人一种复杂数学的错觉却没有表达主旨。采用的期权方案是什么以及讨论其在收购战中的投机作用，在市场中设置杠杆赌局以及保护投资组合免受市场崩溃的伤害才更令人兴奋。这就是我们这里要采用的方法。

本章中我们将研究一些流行的期权交易策略。我们将介绍基本期权交易、避险策略以及价差策略的利润图，包括“蝶式”和“铁秃鹰”策略，接下来是涉及期权组合的策略。同时，我们会讨论期权如何与保险合约相关，并呈现对纳税和报告要求的概述。在学完这章之后，你应该能够理解《华尔街日报》上关于“期权报告”的报道。我们讨论的这些策略与期权市场所有参与者相关：个人交易商、金融机构、非金融公司，甚至包括政府。

15.2 期权市场的交易商

比尔·李普修兹（Bill Lipschutz）曾经在康奈尔大学参加过世界上第一节期权课程，由我们中的一员（加罗）讲授，他在 1981 年加入所罗门兄弟公司，该公司在当时是华尔街有名的投资银行。[①]尽管所罗门为其作为世界上最强大的交易公司之一而骄傲，但令李普修兹失望的是，期权交易是非定量的。他发现似乎没有人知道布莱克—斯科尔斯—默顿模

① 这个故事来自采访《比尔·李普修兹：货币中的苏丹》，源自杰克·施瓦格（Schwager，1992）的书《新市场的奇才：与美国顶级交易商的会话》。李普修兹掌握了早期交易货币期权的专业知识，货币期权于 1982 年在费城证券交易所开始交易。在他供职于所罗门的 8 年期间，他例行交易了价值数十亿美元的货币并成为该公司“最大和最成功的货币交易商”。

型。交易策略基于特定的标准，例如，专有期权交易柜台的负责人说道："'这个周末我去买车，但雪佛兰的展厅里都是人。让我们买通用的看涨期权吧。'就这种类型的东西。"接下来，有一天，一个交易商把他拉到一边，泄露给他一个大秘密："我不知道西德尼(Sidney)是如何教给你的，但让我告诉你你需要了解的关于期权的所有事情。你喜欢它们，就买入看涨期权。你不喜欢它们，就买入看跌期权。"

20世纪80年代早期，许多华尔街的公司设置了"杠杆直接投资"并希望获得"财神般的成功"。[①]但是，10年之后，大部分的投资银行开始组建衍生工具专家团队并运行专有交易柜台来获取利润。高盛集团有限公司是这场变革中的关键，它邀请麻省理工学院的费希尔·布莱克(Fischer Black)教授作为搭档。布莱克帮其引荐了许多金融学教授，大量天资卓越的自然科学和工程科学博士进入华尔街。这些新成员高超的数学能力使他们分别成为"量化投资家"和"股市分析高手"，他们的工作是利用其掌握的数学知识来创造利润。所罗门公司也没有落后。它是20世纪70年代按揭证券市场的先驱，1981年设置了世界上第一个互换合约(参见第22章)，建立了活跃的衍生工具交易。它们的顾问包括诺贝尔奖获得者罗伯特·恩格尔(Robert Engle)，恩格尔的工作是研究波动性预测和设计基于尖端计量经济学的交易策略。

本章讨论的大部分期权策略都是从个人投资者角度考虑的。金融机构也会交易期权来投资市场，获得套利利润。投资银行的对冲基金和专有交易柜台也实施我们描述的策略。例如，富达投资的高级投资组合经理安东尼·博尔顿(Anthony Bolton)2006年4月抓住了正确的市场时机，在英国证券交易所买入一个看跌期权，几个星期之后，这个公司的富时100指数就下降了10%(参见《英国新烦恼的数据库》，《华尔街日报》，2008年5月29日)。沃伦·巴菲特作为董事长，在伯克希尔·哈撒韦公司的2008年年度报告的信上写道，他的公司已经涉足251种衍生工具合约，包括4种主要指数(标准普尔500指数、伦敦富时100指数、欧元区斯托克50指数和东京日经225指数)的15年期和20年期的欧洲看跌期权。他认为这些合约中的每一份"最初都被错误定价，有时非常明显"。这就是套利的意思？证实了他的想法"任何大型金融机构的首席执行官也都必须是首席风险官"的同时，巴菲特认为他已经创立这些职位，并将会继续监督他们，如果公司因这些衍生工具交易遭受亏损他将负全责。

我们稍后在本章讨论交易商(包括保险公司)如何使用期权进行针对灾难性风险的避险和投机。许多基金会和捐赠基金、共同基金以及养老基金积极地交易期权。期权经常作为非金融公司运用金融工程技术的基础，非金融公司通过购买投入来生产产出。有时政府也使用期权。回顾第14章开始时的那个例子，劳伦斯·萨默斯和朱镕基讨论使用看跌期权来保护中国货币的价值以及美国政府如何使用权证来设计一种高效的针对问题银行的经济救助计划。期权交易策略被不同的交易商所采用，并经常在金融媒体和案例研究中被提及。为简单起见，我们从零售交易商的角度开始讨论。

① 哈佛大学的威廉·詹姆斯教授在写给英国作家H.G.Wells的信中用到过"财神般的成功"("Bitch-Goddess Success")这个短语。

15.3 利润图

由于图表可以表达千言万语，我们使用利润图作为我们的主要工具来讨论期权交易策略。利润图的横轴(x)为股票到期价格 $S(T)$，纵轴(y)为交易的净利润。收益或亏损通过纵轴上交易中每种证券的收益和亏损合计计算得出。为了方便，我们用 K 表示敲定价格，呈现最大收益(或亏损)和对应于交易商扣除期权费的**盈亏平衡点(BEP，或零利润点)**股票价格。不考虑市场摩擦，期权交易的零和性质确保盈亏平衡点对买方和卖家一致。

利润图也有一些局限性。第一，你只能作出欧式期权的利润图。美式期权有策略中的一份或多份合约可能提前行权的风险，并在利润图中消失。第二，在到期日之前不能应用利润图，因为期权的时间价值(参见第 5 章)在到期日与收益相差很大。第三，我们必须只有一种股票作为标的资产。你不能作出基于不同股票的期权的投资组合的利润图。

这些利润图还是有一定的用处的。如果美式期权直到到期日都没有被行权，它们将与欧式期权有一样的回报。尽管美国大多数交易所交易的期权都是美式期权，但是提前行权并不是十分普遍。下一章将会证明期权通常是活着(不被行权)比死了(被行权)更有价值。利润图提供了一个有用的关于期权到期日的可能性的概括描述。

我们集中考虑股票期权。你可以做少量修改，用类似方法分析其他期权，包括那些基于商品、指数，甚至是期货和远期的期权。我们暂时先考虑简单的期权策略。这些策略随之产生了期权使用者以及使用期权的故事。这些故事中，一些是说明一种交易重要方面的童话故事，但另一些是真实世界的例子。

15.4 期权交易的具体细节

当你运用期权交易的特权时，你的经纪公司将要求你提交关于你的资产、负债、流动资产净值和交易经验的详细信息。基于这些信息，经纪人将为你配置合适的 4 种或 5 种可能的交易等级。一个期权交易等级的例子：

- “等级 1 是最安全的策略，即抛补性看涨期权。
- 等级 2 是等级 1 的所有策略加上风险稍大一些的策略如买进看涨期权、买进看跌期权、买进跨式组合期权、买进宽跨式组合期权(strangles)、保护性看跌期权、配对看跌期权和合成看跌期权。
- 等级 3 是等级 1、2 的所有策略加上风险更大的策略如借方价差期权、贷方价差期权、日历价差/对角价差和卖出看跌期权。
- 等级 4 允许最大范围的灵活性，包括采用风险最大的策略：前面这些等级的所有策略加上卖空看涨期权。”①

经纪人必须提供一份由期权清算公司出具的期权披露文件《标准化期权的特点和风

① 资料来源：http://us.etrade.com。

险》。就像商业飞机在空乘确认安全程序并建议乘客阅读安全卡片之前是不能起飞的一样，直到你提供这一文件并认真阅读后，你的期权交易账户才能被批准。

在了解了第5章所描述的交易技术之后，一个投资者准备进行一项期权交易。假设你想要交易5份1月份IBM 130的看涨期权，2011年到期。IBM股票的美式看涨期权的敲定价格为130美元，在1月的第三个星期五（即可以行使期权的最后一天）停止交易，合约有100股股票，在芝加哥期权交易所或其他场所进行交易。你可以以三种方式提交你的指令：通过网络、通过电话自动系统或者通过打电话口头将指令传达给场内的操作员。如果你通过经纪人的网站进行交易，你需要填写一些标准信息。

- *代码*：IBM110122C130。IBM为标的股票的股票代码，11代表2011年，01代表1月，22代表到期日，即该月的第22天，C代表看涨期权（call），130是敲定价格。
- *指令类型*。指指令是否为基本指令（如当期交易期权）、复杂指令（如价差期权）或者买卖指令（买入IBM股票并卖出一个看涨期权）。从买入开仓、卖出开仓、买入平仓和卖出平仓中进行选择。
- *合约数量*。在这个案例中为5。
- *执行类型*。从下列类型中选择一种：市价指令、限价指令、停止指令、停止限价指令或者美元跟踪止损指令。[①]参见第3章和第5章对于不同指令配置策略的讨论。
- *委托方式*（term）。指令是当天成交指令、60天成交指令、立即成交否则取消指令还是全部成交否则取消指令。最后两种类型的指令必须立即执行，立即成交否则取消指令允许部分执行（剩下的被取消），然而全部成交否则取消指令必须全部都被执行否则取消指令。
- *足额执行委托*（all-or-none）。这是指你不能只执行一部分。如果执行指令的话，必须执行全部。

15.5 期权策略

一篇题为《期权交易在2009年的发展》（《华尔街日报》，2010年1月4日）的报道称许多新的期权交易商在2009年进入这个市场，期权清算公司的交易规模已创纪录，超过36亿合约。是什么吸引了人们从事期权交易？这篇文章揭示了一些影响因素。投资者交易期权可以更好地管理投资组合，规避其承担的风险。一些人采用复杂的策略“帮助其减少交易费用并限制‘衰退’产生的冲击，这个‘衰退’可以描述为随着到期日的接近，期权价值下降的速度”。为了避免损失，他们买入看跌期权或者“看跌期权价差”来产生收入，他们倾向于卖出“抛补性看涨期权”。本节和接下来的两部分都将讨论这些期权交易策略。

① 跟踪止损指令有一个停止功能，随着移动（或追踪）激活价格变化而停止，因此而得名。例如，假设你以120美元买入IBM的股票并且设置一个追踪停止为1.00美元的追踪停止卖出指令，股票价格有5美元的变动时追踪停止将重置。停止价格设置为119.00美元。IBM的股价降到119.01，停止将不被执行。如果股价达到125美元，停止将重置为124美元；如果股价继续上涨达到130美元，停止将重置为129美元；如果又降到129美元，就触及停止指令并且该指令变为市价指令。

15.5.1 常用的期权价格数据

我们大多数的期权交易策略例子都将使用下面的常用期权价格数据(COP data),OPSY(期权的荷兰名称)是一家虚构的公司名称:

- 当前股票价格 S 为 22.50 美元。
- 期权期限 T 为 6 个月。
- 敲定价格 K 为 17.50 美元、20 美元、22.50 美元和 25 美元。
- 连续复利的无风险利率 r 为每年 5%。
- 欧式期权价格见下表 15.1。

表 15.1 OPSY 的欧式期权价格数据

敲定价格(美元)	看涨期权价格(美元)	看跌期权价格(美元)
$K_0 = 17.50$	5.50	0.10
$K_1 = 20.00$	3.50	0.50
$K_2 = 22.50$	2.00	1.50
$K_3 = 25.00$	1.00	3.00

注:股票价格 $S = 22.50$ 美元;期限 $T = 6$ 个月;无风险利率年利率 $r = 5\%$。

我们忽略市场的不完整,例如交易费用和期权费的利息收益。通常这些都特别小。当然,你可以将它们简单地加进收益或损失总量中。

15.5.2 裸式交易:基本构建模块

期权基本交易策略构建模块是包含一个单一期权的独立头寸。交易商称之为**裸式交易策略**(谁说期权很无聊?)。买入裸式交易是直接购买,因为你没有持有标的股票的冲抵头寸。卖出裸式交易也称*无抛补期权策略*,因为你没有通过同时持有标的股票的头寸来进行抛补(减少风险)交易。

【例 15.1】 *做多和卖空:股票和期权*

在说明四种欧式看涨和看跌期权(敲定价格为 22.50 美元)的未抛补头寸之前,我们作出了买入和卖出股票交易的利润图(见图 15.1)。你可以通过这些重要的参考资料来评估期权交易。裸式期权交易策略在交易商之间特别流行。

买入和卖出股票

- 因为股票是有限责任资产,所以最大的损失即为买入股票支付的价格。买入 OPSY 股票的利润图为一条沿着纵轴从损失 22.50 美元处放射出去的直线。以 45°角增长,在 22.50 美元的盈亏平衡点处截断横轴,继续向上具有无限的潜在利润。
- 卖出股票的利润图是买入股票关于 x 轴的镜像。一句起源于臭名昭著的金融家丹尼尔·德鲁(Daniel Drew)的华尔街名言常被用来解释卖空的风险:"如果一个人不是出售自己的东西,那他将来就得买回来,否则就会进监狱。"

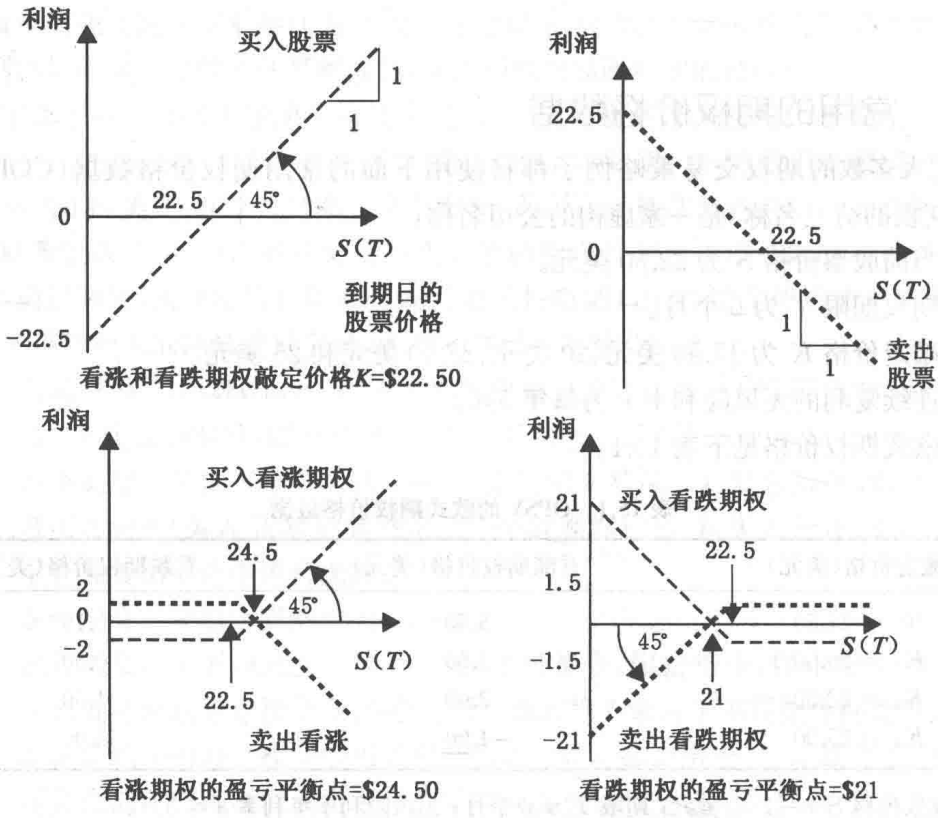


图 15.1　基本证券模块(裸式策略)的利润图

买入看涨期权

- 以 2 美元买入 OPSY 22.50 的欧式看涨期权，给予购买者在到期日 T 以22.50 美元的价格买入股票的权利。我们知道第 5 章中的利润图是从纵轴的 2 美元(最大损失)处开始的一条水平线。然后，以 K = $22.50 的敲定价格，向上旋转 45°角，盈亏平衡点处股票价格 $S(T)$ 等于敲定价格加上看涨期权的期权费(BEP = $24.50)，以无限的利润的可能性增长。
- 应用和使用：

  —如果股票价格上涨，买入看涨期权获利；如果股票价格下跌，损失限制为期权费。你可以以每股 22.50 美元买入 OPSY 的股票。或者，你可以以每股 2 美元买入 OPSY 22.50 期限为 6 个月的看涨期权。每种交易都有利有弊。看涨期权必须在其短暂的期限内行权。相反，你可以怀着股票价格上涨的希望永远持有股票。如果 OPSY 股票价格下跌到 15 美元，你每股损失 7.50 美元，但看涨期权仅仅损失 2 美元。如果 OPSY 股票价格上涨，你持有股票将立即获利，但是持有看涨期权，你就不得不等到股票价格超过盈亏平衡点 24.50 美元才能获利。

  —让我们看看回报百分比。在股票投资中，一个 7.50 美元的下跌可视为 33.33%的损失；但是在期权中，一个 2 美元期权费的损失意味着 100%的损失。如果股票价格上涨至 30 美元，股票则有 33.33%的获利，但看涨期权有 (30－24.50)/2 =275% 的利润。股票投资的美元收益或亏损较高，但期权百分比的收益或损失较高。这是因为期权是杠杆投资。

—买入看涨期权以对事件、公司发展、行业和经济表现进行投机。例如,《华尔街日报》(《交易商对花旗首席执行官的离去打赌》,2007 年 10 月 18 日)报道了交易商购买看涨期权,预期银行业巨头花旗集团首席执行官将很快离开花旗,这一举动预期将使花旗集团的股票价格上涨。

卖出看涨期权

- 卖出一个看涨期权也被称为看涨期权空头或看涨期权卖出。卖出看涨期权的利润图是买入看涨期权关于 x 轴的镜像。
- 裸式看涨期权的卖出是最有风险的策略之一,只有经验丰富且有足够金融资源的期权交易商才被允许采用这种策略。
- 财经新闻定期对看涨期权卖出进行报道。例如,《默克,先灵公司的活跃》(《华尔街日报》,2008 年 4 月 1 日)报道了 2008 年 3 月 31 日,在心脏病专家小组力劝医生减少这两家公司联合出售的降血脂药的使用之后,默克制药公司和先灵葆雅股份有限公司的股份分别下跌了 15%和 26%。一些期权交易商预期两支股票在这次价格下降之后能保持小幅波动,于是它们同时卖出看涨和看跌期权。

买入看跌期权

- 如果股票价格保持在敲定价之上,看跌期权的买方损失全部的期权费 1.50 美元,但是当 $S(T)$ 降至敲定价以下时,则开始收回投资。盈亏平衡点在 21 美元处,该点处 1.5 美元的收益正好抵消了支付的期权费。当 $S(T)$ 为 0 时利润达到最大。此时卖出股票可得 22.50 美元,扣除期权费可得净利润为 21 美元。

—看跌期权的买方认为股价将下跌,但在估计出错的情况下限制其损失。正如看涨期权一样,买入看跌期权与卖出股票有相似的利弊。

—买入看跌期权也会经常被媒体报道,例如,参见《华尔街日报》(《通用汽车看跌期权在销售额忧患中活跃》,2007 年 11 月 20 日)。在 2007 年 11 月 19 日,期权交易商在通用汽车行情看跌时卖出超过 107 700 份看跌期权,该交易量是看涨期权的两倍多。

卖出看跌期权

未抛补的看跌期权卖方在接到行权通知时有以 22.50 美元买入 OPSY 股票的义务。如果他没有持有股票空头头寸或者没有等同于现金担保卖权的敲定价格的保证金,则看跌期权卖方是未抛补的。

裸式看跌期权卖方在市场崩溃时遭受损失。一个最臭名昭著的例子发生在 1987 年 10 月 19 日黑色星期一的崩溃中。股票市场在 20 世纪 80 年代中期大幅度回升,裸式看跌期权卖方把看跌期权费视为自由现金。但是当道琼斯指数在这一重要日子里下跌 22.61%时,许多看跌期权卖方都崩溃了。

- 裸式看跌期权卖方通常有两个目标:获得期权费收入以及在未来的某一天以低于市场价格的成本获得股票。
- 卖出看跌期权策略是牛市策略。例如,《华尔街日报》(《全国范围内战时未来是谁也说不准的》,2007 年 12 月 1—2 日)报道了在 2007 年 11 月末,交易商在全国范围内卖出看跌期权,这是美国最大的独立住房贷款。这种牛市策略在抵押信贷市场低迷时采用,据报道政府救助计划可能被用来救助贫困的住房抵押贷款持有人。

综上所述，裸式期权交易产生的利润与不考虑缺点的股票交易创造的利润类似。但是它们只能在有限的时间内使用，而且要求定期支付保证金以长期保持头寸。

15.6 避险策略

避险策略将期权和股票结合起来以降低裸式期权交易的整体风险。这些策略经常是**抛补性策略**，因为是用股票来为期权交易避险（抛补）。

【例 15.2】 避险和抛补策略

抛补性看涨期权卖方（股票多头加看涨期权空头）

- 抛补性看涨期权卖方将看涨期权空头和标的股票结合起来。一篇题为《抛补性看涨期权被证明是受欢迎的》（《华尔街日报》，2010 年 1 月 2 日）的报道说，在当时有 84%的嘉信理财有限公司（一家大型经纪公司）的期权投资者使用这种受欢迎的策略。用图 15.2 来说明这种 1∶1 的对冲策略。
  - —最初，买入 OPSY 股票会带来最大的损失（22.50 美元），但卖出看涨期权可以获得全部看涨期权费 2 美元。总利润为 $-22.5+2=-\$20.50$。
  - —随着股票价格上涨，卖出看涨期权的利润图（一条平行于横轴的虚线）保持不变，仍为 2 美元，但买入股票的利润图（一条向上倾斜的虚线），$S(T)$ 增加一美元，利润增加一美元。最终的利润图（实线表示的）以 45°的斜率增长，直到盈亏平衡点 20.50 美元。
  - —在敲定价格为 22.50 美元时，利润是 \$2（卖出看涨期权）+0（买入股票）= \$2。对于较高的股票价格 $S(T)$，卖出看涨期权的利润以 −45°的斜率减少，抵消了卖出股票头寸增加的那部分。结果，抛补性看涨期权的利润图在较高的 OPSY 股票价格处是一条水平线。
- 这种混合策略的利润图看起来像卖出看跌期权头寸吗？借用莎士比亚经典剧本《哈姆雷特》中霍雷肖的话“欲知后事如何，且听下回分解”，下一章将解释为什么会有这种现象。
- 这种策略根据不同的交易时间有不同的名称。如果买入股票的同时卖出看涨期权，则被称为**同时买卖**（buy-write），但如果在买入股票之后卖出看涨期权，则被称为**卖出滞后**（overwrite）。
- 同时买卖的普及促进了芝加哥期权交易所开发一种衡量这种策略表现的创新性的标准。备受赞誉的芝加哥期权交易所标准普尔 500 买卖指数（BXM）于 2002 年 4 月发布，该指数是基于假设持有标准普尔 500 股票指数的投资组合并卖出略微虚值的 1 月期的标准普尔 500 指数的看涨期权所获得的总回报而计算的。Callan Associates 在 2006 年的一项研究中发现，在 2006 年到期的 18 年期里，标普买卖指数的回报稍微低于标准普尔 500 指数，但其风险只有后者的 2/3。尽管标普买卖指数在牛市时通常低于标准普尔 500 指数，但避险策略的期权费收入可以帮助其在熊市的表现优于标准普尔 500 指数。

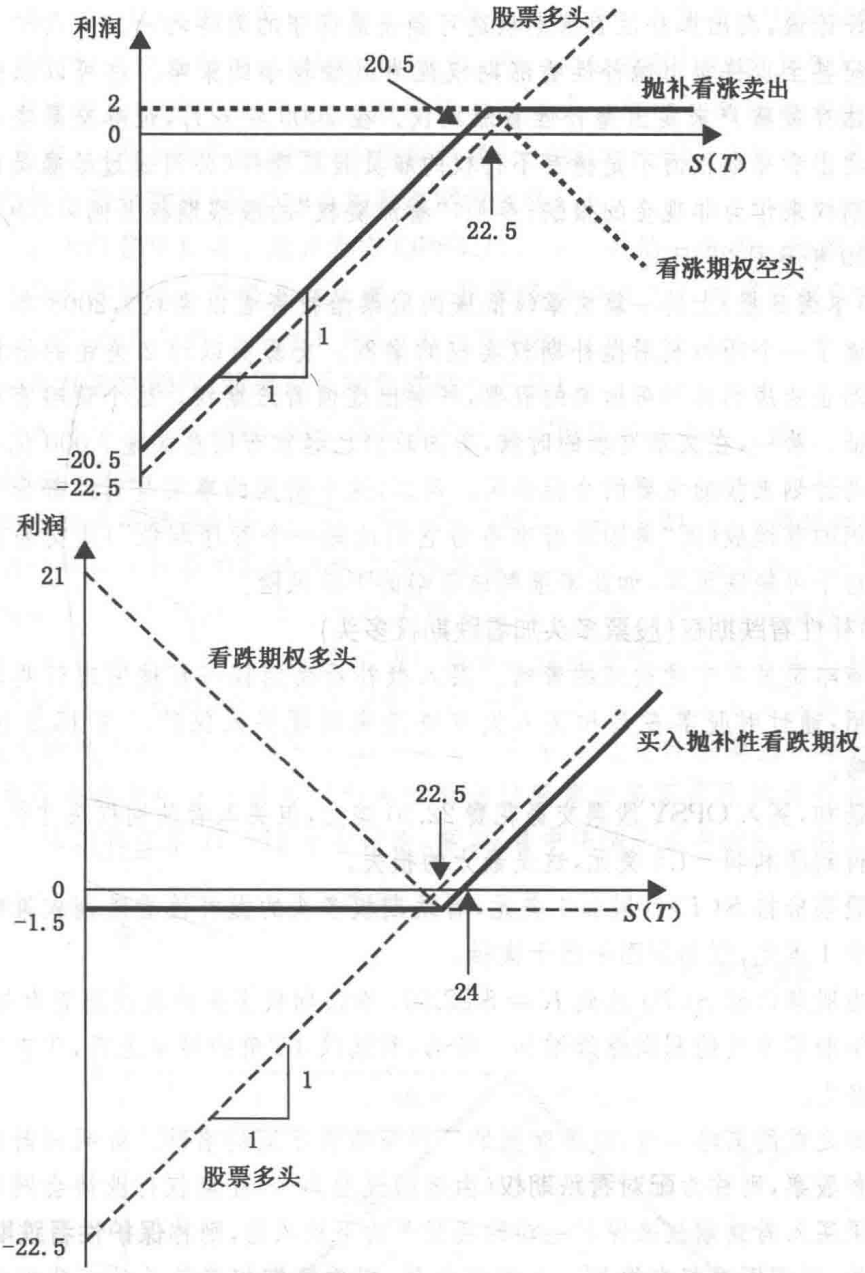


图 15.2 1∶1 对冲:抛补看涨卖方(同时买卖或卖出滞后)和抛补看跌买入(配对看跌期权或保护性看跌期权)

- 交易商卖出抛补性看涨期权总体上有两个目标:获取期权费或为股票交易避险。通过获取期权费,卖方放弃股票价格高于敲定价格获利的可能性。股票价格下跌时,看涨期权费给予卖方一些缓冲,但是当股票价格大幅下跌时仍然容易受到损失。卖出抛补性看涨期权在中性市场十分有效,尤其是当波动率很高时,就能使看涨期权价格变得很高。
- 卖出抛补性看涨期权相对直接购买股票而言是更加保守的策略。1981 年 10 月发表在《国际投资》杂志上的一篇题为《期权交易的升温》的文章写道,大量的养老基金投资正在采用或将采用抛补性看涨期权策略。以至于一名养老基金的投资经

理评论说，卖出抛补性看涨期权这可能是最保守的策略之一。

- 政府甚至也将卖出抛补性看涨期权视为风险较小的策略。你可以以纳税优惠的退休存款账户来卖出抛补性看涨期权。在2009年6月，证券交易委员会允许雇员卖出看涨期权而不是持有不行权的雇员股票期权(公司通过给雇员以股票的看涨期权来作为非现金的报酬；参见《"看涨卖权"的股票期权开闸》，《华尔街日报》，2009年6月26日)。
- 《华尔街日报》上的一篇文章(《低廉的股票给投资者以期权》，2008年8月26日)报道了一个巧妙利用抛补期权卖权的案例。交易商以约2美元的价格买入政府资助企业房利美和房地美的股票，并卖出虚值看涨期权。这个策略有一些有趣的特征。第一，在文章发表的时候，美国政府已经宣布同意实施7 000亿美元的紧急救助计划来救助主要的金融公司。第二，这个新闻的事实是财政部没有剔除这些组织的普通股(而"美国政府准备为它们设置一个管理职位")使交易商认为股票价格不可能跌至零，如此来限制该策略的下跌风险。

买入抛补性看跌期权(股票多头加看跌期权多头)

- 该策略是另一个受欢迎的策略。买入抛补看跌期权一直被用来证明期权交易的作用：通过用股票多头和买入期权避险来实现买入保险。图15.2说明了这种策略。
  - —最初，买入OPSY股票交易花费22.50美元，但买入看跌期权头寸获得21美元，得到净利润—1.5美元，这是最大的损失。
  - —股票价格$S(T)$每增加1美元，看跌期权多头的抛补性看跌期权策略的利润减少1美元，则利润图平行于横轴。
  - —当股票价格$S(T)$达到$K=\$22.50$，看跌期权多头的收益则变为与横轴平行，但股票多头的利润继续增加。最后，利润以45°角的斜率上升，代表无限增长的潜力。
- 正如之前的策略一样，随着时间的不同策略有不同的名称。如果同时买入看跌期权和股票，则称为**配对看跌期权**(由老国税局命名，在期权行业协会网站上声明)，如果买入看跌期权来保护先前购买股票的下跌风险，则称**保护性看跌期权**。
- 此外，利润图看起来像另一个期权交易，即看涨期权多头头寸。我们将在下一章看跌—看涨期权平价关系中对此进行解释。
- 交易商运用抛补看跌策略的原因有：
  - —为股票确立一个最小的卖出价格。无论股票价格下跌多少，你的损失都限制在看跌期权费加股票价格和看跌期权敲定价格的差价，如果有的话。在这种情况下，最小卖出价(敲定价格－期权费)$=22.50-2=\$20.20$。
  - —微软和戴尔长期以来一直卖出其股票的看跌期权协力进行它们的股票回购计划。他们的目的是控制股票的波动性，保证交易量，获得权利金收入(参见《互联网公司研究期权》，《风险》，1999年8月；《对冲期权计划：对谁有利?》，《风险》，2000年9月)。
  - —买入看跌期权来保护股票多头中未实现的收益。假设你买入OPSY股票时价

格为 15 美元，现在价格达到 22.50 美元。你可以设置一个保护性看跌期权头寸来对短期价格下跌中你的收益进行避险。无论股票价格跌至多少，你都可以执行看跌期权并以 22.50 美元的价格卖出股票。你的利润永远不会低于[(敲定价格－股票购买价格)－看跌期权费]＝(22.50－15)－1.50＝$6。

买入抛补性看涨期权(股票空头加看涨期权多头)

假设你认为股票价格将下跌并卖空 OPSY 的股票。这是一个高风险的策略。如果股票价格回升那么你的保护策略是什么呢？一种策略是通过买入看涨期权(可能是虚值看涨期权，如 OPSY 25，期权价格为 1 美元)来对冲风险。

卖出抛补性看跌期权(股票空头加看跌期权空头)

一种不太流行的策略，卖出抛补性看跌期权通过短期卖出来获得收入。

1∶2 的对冲策略

之前的四种策略考虑的都是 1∶1 的对冲策略(见图 15.2)，一份期权抛补一股股票。你还可以通过结合不等量的期权来创造对冲策略。一个 1∶2 的对冲把一个股票多头和 2 个看涨期权空头(见图 15.3)或 2 个看跌期权多头结合起来。其利润图看起来类似跨式期权组合，我们将在这章的后面讨论跨式期权组合。这些策略一直被卖出期权的经销商使用；例如，当期权是平值时，看涨期权的卖方对于其卖出的每一份看涨期权可以买入一半的股票，然而看跌期权的卖方对于其卖出的每一份看跌期权可以卖出一半的股票。用精确的股票数量来对冲期权交易可以分解所有通过股票交易而产生的投资组合的价格风险，这些内容我们将在第 17—19 章中讨论，第 20 章中将阐述更多的相关细节。

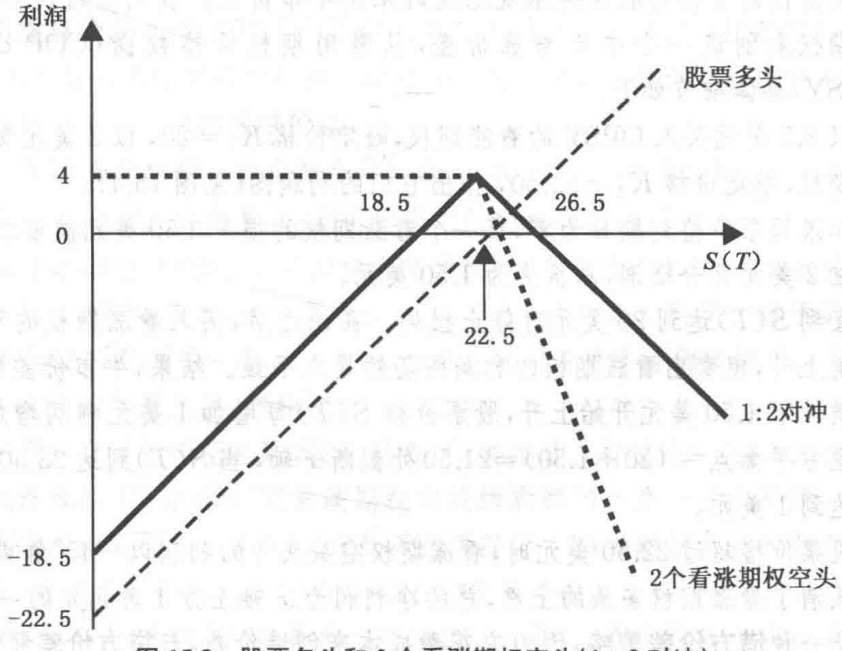


图 15.3 股票多头和 2 个看涨期权空头(1∶2 对冲)

15.7 价差期权策略

牛津大学的教授约翰·奥斯汀(John L.Austin)在演讲中称尽管有许多语言中都有负

负得正这种说法，但没有一种语言可以使用两种正的事物来表达一个负的观点。坐在观众席中的是另外一位杰出的哲学家，西德尼·摩根贝沙(Sidney Morgenbesser)。他轻蔑地提出异议："是的，是的。"那语气分明是在反驳这种论断。①在金融界，我们可以使用这位值得尊敬的哲学家另一种版本的论断来描述价差期权策略，两种风险交易结合起来，形成一个风险较低的投资组合。这是因为**价差策略**分散了"相似的"风险，使最终的产品比两种原始的产品都安全。因为价差期权是把两种同一类型，但买卖方向相反的期权结合起来的双向对冲策略，交易所要求其缴纳的保证金比裸式交易少。如果标的资产在某一方向有波动但另一方损失轻微，其获利将较少。选择买入和卖出哪一期权，决定了它是牛市还是熊市价差。

价差期权有以下三种基本类型：(1)**竖直价差**(也被称为货币价差、垂直价差或价格价差)涉及到期日相同但敲定价格不同的期权；(2)**水平价差**(或时间价差、日历价差)涉及有相同敲定价格但到期日不同的期权；(3)**对角价差**涉及到期日和敲定价格都不同的期权。在标准的利润图里不同的到期日会阻碍其表示对角价差和水平价差。作为替代，交易商通过计算期权的敏感性来了解这种投资组合的行为。第 20 章中将会对这些工具加以介绍。

【例 15.3】 *牛市价差和熊市价差*

牛市价差

- 你可以通过买入一个期权的同时卖出一个同种类型但具有更高敲定价格的期权来创造一个**牛市垂直价差**，这两个期权基于同样的标的证券并具有相同的期限。②当交易商对于标的股票持乐观态度时采用牛市价差。我们通过交易 OPSY 的看涨期权来创造一个牛市看涨价差，从常用期权价格数据(COP data)中获得 OPSY，具体细节如下：
  - —以 3.5 美元买入 OPSY 的看涨期权，敲定价格 $K_1=20$，以 2 美元卖出一个看涨期权，敲定价格 $K_2=22.50$，作出它们的利润图(见图 15.4)。
  - —如果股票价格到期日为零，第一个看涨期权的损失 3.50 美元被第二个期权的收益 2 美元部分抵消，总损失为 1.50 美元。
  - —直到 $S(T)$达到 20 美元时停止损失。在此之后，买入看涨期权的利润图以 45°角上升，但卖出看涨期权的利润图仍然是水平线。结果，牛市价差的收益图，从横轴下 1.50 美元开始上升，股票价格 $S(T)$每增加 1 美元利润增加 1 美元，在盈亏平衡点＝(20＋1.50)＝21.50 处截断 x 轴，当 $S(T)$到达 22.50 美元时利润达到 1 美元。
  - —股票价格超过 22.50 美元时，看涨期权空头头寸的利润以－45°角减少。其下跌抵消了看涨期权多头的上涨，总的净利润为 x 轴上方 1 美元处的一条水平线。
- 这是一种**借方价差**策略，因为它花费成本来创造价差，与**贷方价差**截然相反，贷方

① 哥伦比亚大学的一名教授，他在该大学就职了 50 多年，西德尼·摩根贝沙(Sidney Morgenbesser)(1921—2004 年)的学识和机智灵敏使他成为一位有影响力的哲学家。(《纽约时报》2004 年 8 月 4 日讣闻。)

② 对于一个牛市水平价差，买入一个期权，卖出另一个有同样类型和敲定价格，但期限更短的期权。对于一个牛市对角看涨价差，买入期权的敲定价格比卖出的更低，到期时间更长。对于熊市价差则相反。

价差在创造价差的过程中获取收益。当你通过买入看跌期权的同时卖出另一更高敲定价格的看跌期权来开始一个**牛市看跌价差**策略时你就创造了一个贷方价差。例如，通过买入 OPSY 20 的看跌期权同时卖出 OPSY 22.50 的看跌期权，你就创造了一个最大损失为 1.50 美元，盈亏平衡点在 21.50 美元处，最小收益为1 美元的牛市价差——其利润图与我们之前的牛市看涨价差策略的利润图相同(见图 15.4)。

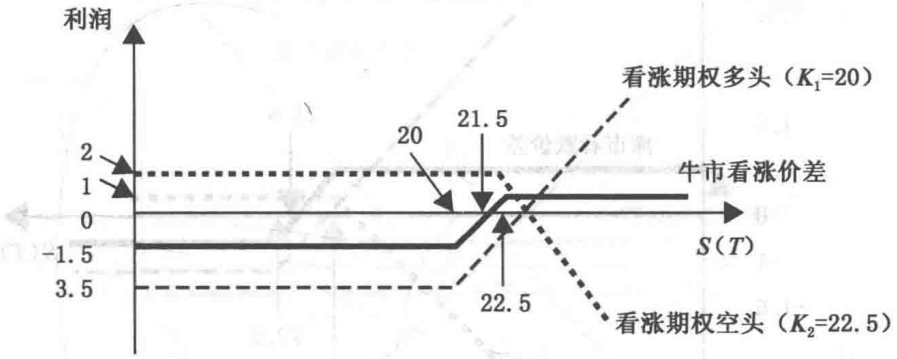


图 15.4 看涨期权的垂直牛市价差策略

- 在 2008—2009 年的信用危机期间，期权交易商经常看跌银行股。他们包括在 2008 年 7 月 23 日买入富国银行有限公司、太阳信托银行的熊市看跌价差(见下文)和 2008 年 8 月 25 日再次买入富国银行熊市看跌价差。①

熊市价差

- **熊市垂直价差**是通过购买一项期权的同时卖出同样类型，但敲定价格更低的期权，两种期权基于同样的标的证券并且到期日相同。我们通过交易 OPSY 的看跌期权来创造一个**熊市看跌价差**：

  —以 0.50 美元的价格卖出敲定价格 $K_1=20$ 的 OPSY 看跌期权，同时以 1.50 美元买入 $K_2=22.50$ 的看跌期权，作出它们的利润图(见图 15.5)。

  —最开始，买入 OPSY 看跌期权的交易获得 21 美元的收益，但卖出看跌期权头寸损失了 19.50 美元，获得净回报 1.50 美元，即为最大利润。对于更高的股票价格 $S(T)$，利润是一条水平线，因为看跌期权多头头寸的收益下跌而看跌期权空头头寸的收益上涨，两种效应正好抵消。

  —利润一直保持不变直到 $S(T)$达到 20 美元时。超过这一点，看跌期权多头的利润继续以 45°角减少，但看跌期权空头的利润仍然是一条水平线。熊市价差的利润图则从横轴上 1.50 美元处开始下降，$S(T)$每增加 1 美元其利润减少 1 美元，在盈亏平衡点 (20+1.50)=21.50 美元处截断 x 轴，继续减少，直到利润为 1 美元，$S(T)$达到 22.50 美元。超过 22.50 美元，看跌期权多头也成为一条水平线，总回报成为一条平行于 x 轴的直线。

① 参见《华尔街日报》:《将华盛顿互惠银行出售给摩根大通，美国银行业历史上最大的失败》，2008 年 9 月 26 日；《期权波动率测量将给金融公司带来光明》，2008 年 7 月 24 日；《太阳信托银行、富国银行提升看跌期权地位》，2008 年 8 月 26 日。

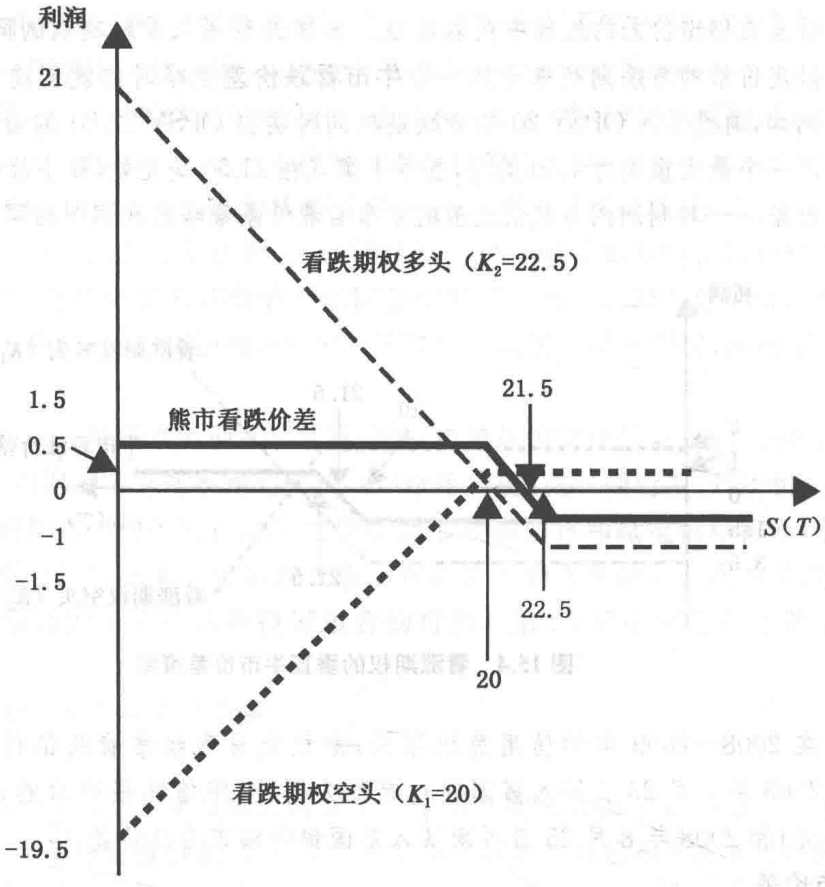


图 15.5　看跌期权的垂直熊市价差

—请注意，熊市看跌价差的图 15.5 是牛市看跌价差的图 15.4（和牛市看涨价差相同）关于 x 轴的镜像。这不足为奇，因为两种价差涉及方向相反的两种相同的期权。

—你可以通过翻转交易方向来类似地创造一个**熊市看涨价差**。

你可以通过交易该标的资产和期权来创造看起来像垂直价差策略的利润图。这一内容将在拓展 15.1 中阐述。

价差策略可以用来作为理解更多复杂策略的起点。例如，你可以采用一个垂直价差策略并考虑增加更多同种类型的期权。这可能形成比率价差、蝶式价差、铁秃鹰价差以及其他期权交易策略，其中一些比较流行，其他则不太有名。拓展 15.1 展示了如何构建这些策略。此外，期权价差也可以和其他策略相结合。例如，再保险合约等同于一个看涨期权价差。这种关联将在拓展 15.2 中进行探究。

拓展 15.1　双限价差、比率价差、蝶式价差和铁秃鹰价差

考虑一个简单的例子。假设你的老板想要模仿标普 500 指数的投资组合，但还需一些修整。你建议以每项期权 p 美元的价格买入一些基于该指数的敲定价格为 K_1 的看跌期权，并通过卖出相等价格 c 美元的但具有更高敲定价格 K_2 的看涨期权融资。图 15.6 表

示了零成本的双限期权(股票多头、看跌期权多头和看涨期权空头,这里看涨期权的总成本等于看跌期权的总成本)的价差。

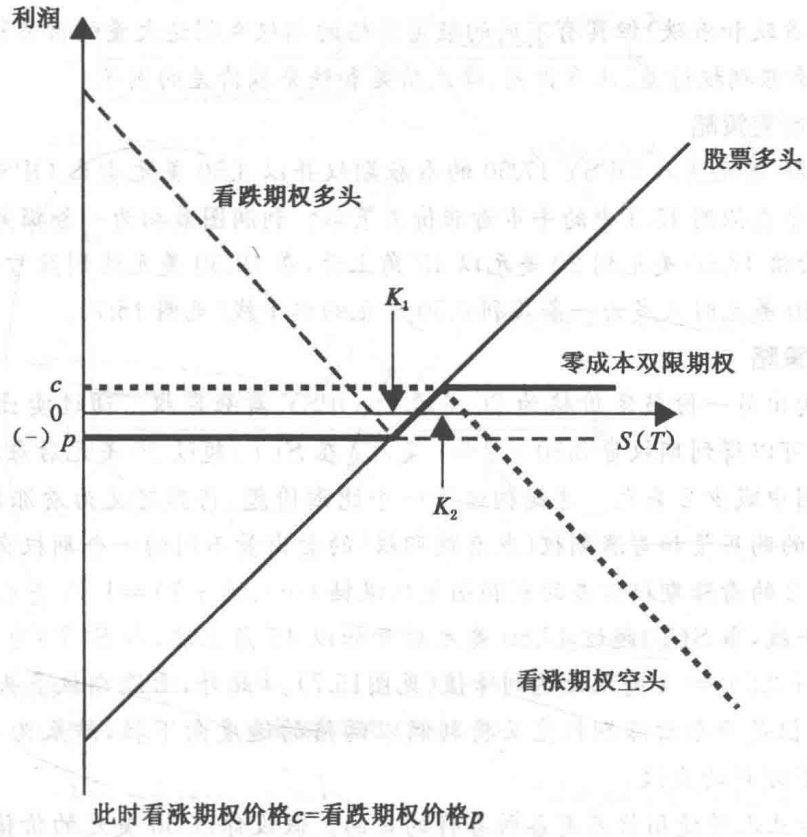


图 15.6 零成本的双限期权

该策略可以进行权衡。如果标的股票下跌并采取保护性看跌期权策略,你将很高兴,但如果标的股票上涨,所得收益将送给看涨期权买方,你将十分沮丧。**双限期权**类似于零成本的双限策略,但不要求看涨期权和看跌期权产生的现金流互相抵消。你可以通过增加一个抛补性看涨期权和保护性看跌期权来建立一个股票多头头寸的双限期权。

双限期权有时被当作实现公司战略的手段。①例如,2006 年,消费者科技巨头惠普(HP)涉足法国巴黎银行的结构性回购,这本质上是一个双限期权类型的交易。②惠普是一个大的雇员股票期权授予人,它定期回购股票来稀释流通在外的股份。这种双限类型的结构性回购交易在这种情况下看起来很有前途。该公司在"预付可变股票回购计划"的最初给法国巴黎银行 17 亿美元,并且该银行同意在超过一年的时间内,每周将 100 万股移交给惠普公司,股票价格上限为 33 美元(低于当时的平均价 38 美元),底价为 24

① 参见约翰·布拉多克的文章《零成本的双限期权》(《风险》,1997 年 12 月),它讨论了零成本的双限期权的税收优惠特征可以由个人持有已升值但并不能立即在市场上出售(或不能以有利的价格出售)的股票来实现。查尔斯·斯密森的文章《权益衍生工具》(《风险》,1996 年 11 月)讨论了他们的企业融资申请。

② 参见 2006 年 4 月的《风险》杂志上刊登的文章《惠普与法国巴黎银行执行巨大的结构性回购》,2007 年 3 月在《全球金融》杂志上刊登的文章《企业融资:财务主管转向衍生工具交易》(www.gfmag.com/archives/421231-corporate-finance-treasurers-turn-to-trading-derivatives.htm)。

美元。

你可以通过修改一个垂直价差来创造一个蝶式价差和铁秃鹰价差。我们通过第一幅常用期权价格数据的垂直牛市价差图来说明这些策略。接下来我们通过增加同种类型(看涨和看涨,看跌和看跌)但具有不同的敲定价格的期权来创造大量的价差策略。

【例 1】 看涨期权价差、比率价差、蝶式价差和铁秃鹰价差的例子

牛市看涨价差策略

通过以 5.50 美元买入 OPSY 17.50 的看涨期权并以 3.50 美元卖出 OPSY 20 的看涨期权来创造一个类似例 15.3 中的牛市看涨价差策略。利润图最初为一条损失 2 美元的水平线,从股票价格 17.50 美元到 20 美元以 45°角上升,在 19.50 美元达到盈亏平衡点,接着当$S(T)$超过 20 美元时又成为一条获利 0.50 美元的水平线(见图 15.7)。

比率价差策略

- 现在卖出另一份敲定价格为 20 美元的 OPSY 看涨期权。通过卖出两份看涨期权,你可以得到期权费 $3.50\times2=7$ 美元,在$S(T)$超过 20 美元后每增加 1 美元,利润图中减少 2 美元。这就构造了一个**比率价差**,将其定义为看涨期权(或看跌期权)的购买量和看涨期权(或看跌期权)的卖出量不同的一个期权交易策略。这种 1∶2 的看涨期权价差的利润图是从纵轴 $(-5.50+7)=1.50$ 美元处发出的一条水平线,当$S(T)$超过 17.50 美元后开始以 45°角上涨,当$S(T)$为 20 美元时在 $(1.50+2.50)=4$ 美元处达到峰值(见图15.7)。[①]此外,看涨期权多头的图形向上移动,但是两个看涨期权空头将利润以两倍的速度向下拉,结果为一条以−45°角向下倾斜的直线。
- 市场专业人员使用价差有各种各样的目的。假设你以 50 美元的价格买入 OPSY 股票,现在跌至 22.50 美元。你可以做什么呢?你可能采取一个持有希望策略:持有 OPSY 股票并希望它还会回涨到你购买时的价格!或者,你还可以通过以当前的"低价"买入同样股数的股票或买入与持有股票数量相等的看涨期权构建平衡策略(double up)。如果股票价格回升将会降低盈亏平衡点。其缺点是,它要求额外的资金并增加了股票下跌的风险。另一个可能性是修复策略:对每一个股票持有者,以接近当前股票价格的敲定价格买入 1 份看涨期权并卖出 2 份更高敲定价格的看涨期权,所有的看涨期权到期日相同,选择使策略的成本最小化的敲定价格。这就设置了一个基于看涨期权多头头寸的比率看涨价差。从利润图中可以看出,如果股票价格急剧上涨原始股票交易的盈亏平衡点降低,但是该策略将不会获利。

蝶式价差策略

- 蝶式价差策略是通过以 3 个不同的敲定价格交易 4 份同种类型(全部是看涨期权或全部是看跌期权)的期权:买入(或卖出)两份具有极端敲定价格的期权,卖出(或买入)两份具有中间敲定价格的期权(见图 15.7)。

① 一个典型的看涨比率价差涉及买入看涨期权和卖出大量的敲定价格更高的看涨期权。如果你卖出看涨期权并买入大量更高敲定价格的看涨期权,这是看涨期权反向价差。

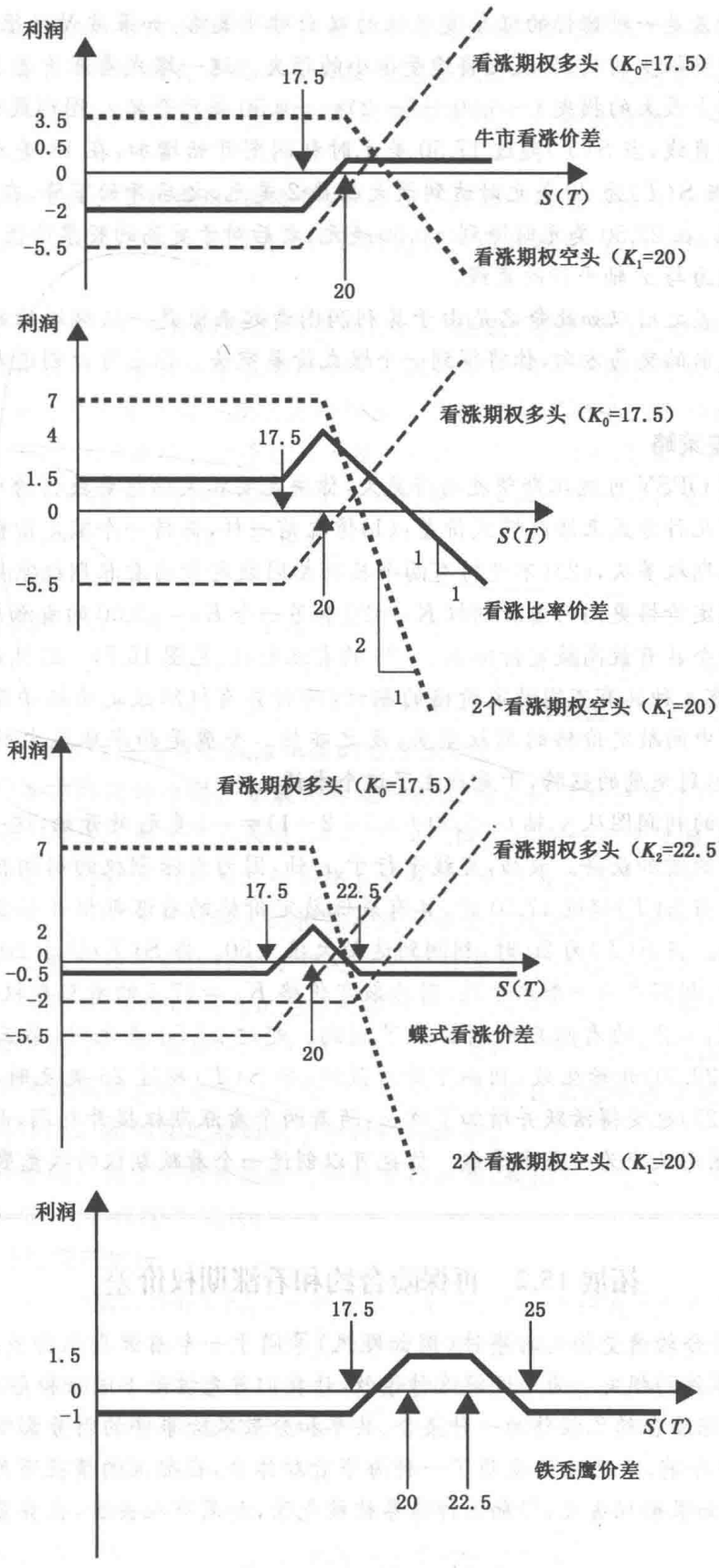


图 15.7 牛市看涨价差、比率价差、蝶式价差和铁秃鹰价差

- 蝶式价差是一种赌标的证券波动性的双面对冲策略：如果波动性很低，蝶式价差多头获得很少的利润，反之将遭受很小的损失。这一蝶式看涨价差多头的利润图以纵轴上最大的损失（−5.50+7−2）=−0.50 美元开始。图形最开始是平行于横轴的直线，当 $S(T)$超过 17.50 美元时利润图开始增加，在 18 美元达到盈亏平衡点，当 $S(T)$为 20 美元时达到最大收益 2 美元，之后开始下降，在 22 美元时截断 x 轴，在 22.50 美元时降到−0.50 美元，之后对于更高的股票价值 $S(T)$图形再一次成为与 x 轴平行的直线。
- 蝶式价差之所以如此命名是由于其利润图看起来像是一只蝴蝶的翅膀。如果你翻转之前的交易方向，你将得到一个蝶式价差空头。你还可以创造看跌期权的蝶式价差。

铁秃鹰价差策略

- 考虑到 OPSY 可能比期望波动得更大，你决定要扩大你想要获利的可能性。你通过以下几种方式来修改蝶式价差：(1)像之前一样，保持一个敲定价格 $K_0=17.50$ 的看涨期权多头，(2)(不是持有两个具有相同敲定价的看涨期权空头，而是)卖出一个敲定价格更高的看涨期权 $K_1=20$ 和另一个 $K_2=23.50$ 的看涨期权，最后(3)买入一个具有最高敲定价格 $K_3=25$ 的看涨期权(见图 15.7)。这就是**铁秃鹰价差策略**，有 4 种具有不同敲定价格的期权：两种具有极限敲定价格的期权多头和两种具有中间敲定价格的期权空头，反之亦然。秃鹰是西半球最大的飞行陆地鸟类，考虑到秃鹰的翅膀，于是产生了这个术语。
- 铁秃鹰的利润图从 y 轴（−5.50+3.5+2−1）=−1 美元处开始，这一利润量通过期权费的增加获得。最初，直线平行于 x 轴，因为看涨期权的利润在这一点是水平的。当 $S(T)$超过 17.50 时，具有最低敲定价格的看涨期权开始变得活跃并增加回报。当 $S(T)$为 20 时，利润到达最大值 1.50。当 $S(T)$位于 20—22.50 美元之间时，利润成为一条水平线，因为敲定价格 $K_0=17.5$ 的看涨期权提高了利润，但是 $K_1=20$ 的看涨期权则拉低了利润。超过 22.50 美元时，第三个看涨期权（$K_2=22.50$）开始生效，利润下降。最终，当 $S(T)$超过 25 美元时，第四个期权（$K_3=25$）也变得活跃并增加了收益：随着两个看涨期权提升利润，两个期权拉低利润，图形又变为一条水平线。你也可以创造一个看跌期权的铁秃鹰策略。

拓展 15.2　再保险合约和看涨期权价差

引起再保险合约遭受损失的事件(例如飓风)等同于一个看涨期权价差，其中看涨期权是基于投保事件的损失。为了理解这种等效，让我们首先讨论下保险和再保险市场。

数千年来，保险合约已经作为一种集合、共享和分散风险事件的财务影响的机制被使用。大约 5 000 年前，古巴比伦发明了一种海事贷款体系，在船沉的情况下免除债务人的还款。在欧洲，如果船舶丢失，船舶抵押债券就被免除，如果有人去世，丧葬费保险可以支付葬礼费用。

保险的基本知识如下：保险公司(或者承保人，如州立农业保险公司)通过签订一份保

险合约(保险单,例如一份汽车保险单)接受了个人或企业(被保险人)所面临的风险,保险合约规定了各项条款和在何种情况下公司接受特定风险(如为在交通事故中受损的车辆支付)以及不接受什么风险(免责,例如如果这辆车是用于竞赛或特技表演活动则拒绝支付)的条件。

承保人定期收取少量的费用(保险费,如每 6 个月 500 美元),但对于遭受损失的保单持有人来说是相对较大但不频繁的支出。保险为投保人的损失(在汽车事故中的支付款)提供补偿。

保险有许多种类,包括我们熟悉的事故、汽车、健康、房屋、生命、财产、旅游和失业。伦敦劳埃德集团,三个多世纪以前在爱德华·劳埃德的咖啡馆开始其保险业务,已经成为出售特殊保险合约的主要机构。劳埃德的保险人已经投保了咖啡品尝师的舌头、美国女演员费雷拉的微笑、滚石乐队吉他手基思·理查兹的手指、女演员玛琳·黛德丽的腿以及在纽约梅西百货公司扮演圣诞老人的那个男人的胡子(《咖世家咖啡品尝师:十张最古怪的保险单》,《电讯报》(英国),2009 年 3 月 9 日)!

保险业面临的风险

保险是高风险行业。考虑保险行业的一些风险:

- 缺乏对冲性质。保险是一种高风险业务,不能通过金融证券交易来对冲。保险公司雇用应用数学和统计学的员工,称为精算师,他们不仅计算损失事件发生的可能性,而且也计算为这些风险承保的合理保险费。
- 分散化和平均化的原则。分散化是这一行业的关键准则。承保人尝试着通过大量的保单持有人来分散其损失,从而管理风险。这个行业靠大数定律来存活,随着越来越多的独立同分布的观测样本的收集,平均值会越来越接近总体均值。尽管没有人可以预言任何特定的投保人是否会遭受损失,精算师可以根据一个大的总体以合理的精度来估计期望损失。他们计算出基于这些期望损失的合理的保险费。通常,当保险公司意识到损失超过期望损失时,它们将亏钱。
- 再保险。对于灾难性事件,如大地震和飓风,大数定律将不适用,因为这些事件在总体中不服从独立同分布。保险公司通过买入其自己的保险来对冲损失。这被称为再保险。我们在之后的例子中讨论再保险。
- 保险和避险。由于这两种概念之间的密切联系,我们可以定义,一般来说,买入保险为避险,卖出保险为投机。

【例 1】 规避飓风风险

- 灾难保险公司(CatIns Crop,一个虚构的名字)将房屋拥有者的保险合约卖给 10 万个家庭,这些家庭分布在沿着墨西哥湾海岸的佛罗里达州、阿拉巴马州、密西西比州、路易斯安那州及得州。该合约为飓风风险提供保护,飓风风险即强大暴风所带来损失的风险,该合约特征如下:

  —每份保险费 15 000 美元。

  —固定免赔额 10 000 美元。

  —最大保险额 300 000 美元(小于每一房屋的价值)。

  —合约支付某一年的飓风带来的损失。为简单起见,假设如果一场飓风袭击而

来，保单覆盖范围内的每个家庭都损失等额的美元。这些损失意味着在一个大型投保人池中保险公司无法分散这些损失。进一步假设保险成本和投资收入净为零。

- 我们通过对一个利润图进行修正来作出 CatIns 的回报图，纵轴为保险公司“每份合约的利润”(像之前一样)，横轴为标的“每户的损失”(而不是标的资产价格)。当然，你可以在通常的利润图中绘出回报。但是，在保险中用这种表示法更自然，因为在保险中损失更关键。利润图如下(见图 15.8；两个变量单位都为千美元)。

没有飓风

CatIns 获得全部的保险费 15 000 美元，在图中表示为 15。对于 10 万户家庭，将转化为 15 亿美元。

如果飓风损害发生

对于第一笔 10 000 美元的损失，该公司没有支付。回报图(用阴影线表示)仍然为 15 000 美元平行于横轴的水平线。对于更高的损失，损失每增加 1 美元，公司支付增加 1 美元。当总损失达到 25 000 美元时回报线以 45°角下降并截断 x 轴，在图中表示为 25。超过这一点，回报一直下降直到每户的总损失达到最大，即 300 000 美元，此时 CatIns 支付 275 000 美元。总支出 275 亿美元，考虑到该公司只赚得 15 亿的保险费，这是一个惊人的数字。

承保人买入再保险

CatIns 可以买入再保险来支付给每家超过 100 000 美元的损失同时应付给再保险公司 3 000 美元的保险费。然后，新的回报线从 y 轴 (15 000 − 3 000) = 12 000 美元处开始，与 x 轴保持平行直到“每户损失”达到 10 000 美元，从这以后以 45°角下降，在 22 000 美元处截断横轴，当“每户损失”为 10 000 美元时达到最大损失额 (100 000 − 22 000) = 78 000 美元，然后再次平行于 x 轴，因为再保险公司支付了更高的损失。

等价于看涨期权价差

这个损失图显示具有再保险的 CatIns 的回报等价于飓风损失的看涨期权价差。如果飓风损失是轻微的，该公司可以获得有限的利润，当大型飓风袭击房屋拥有者时，该公司将蒙受损失，但以 78 亿美元封顶。

再保险市场

再保险有很悠久的历史。最早为人知的再保险合约协议之一是在 1370 年 7 月 12 日出自拉丁人，由意大利商人签署的。在海事保险法律体系中，詹姆斯·艾伦·帕克(1799，276—77)定义了再保险：“作为对英格兰法律的理解，再保险据说可能是一种合约，第一个承保人通过将风险转移给其他的承保人(即再保险人)来解除自己不小心承担的风险。”再保险帮助保险公司管理尾端风险，即当发生时会引起巨大损失的小概率事件发生的风险。尾端风险之所以如此命名是因为这些巨大的损失事件分布在这种损失事件概率分布中的最末端(“尾端”)。

如今，再保险巨头，如慕尼黑再保险和瑞士再保险，在 2008 年的净保险费分别为 273 亿和 243 亿美元，控制了再保险市场。位居第三的是沃伦·巴菲特的伯克希尔·哈撒韦公司(净保险费为 121 亿美元)，但该公司比前两者更赚钱。伦敦劳埃德集团长期以来一直是专业保险和再保险领域的创新者和主要经营者。在 2008 年，劳合社的再保险合约获

得的净保险费(67 亿)排名第五。

如图所示,一个保险公司在一个典型再保险合约下的利润图等同于一个看涨期权价差。基于保险公司意识到其总损失的看涨期权的期限为一年,敲定价格相当于最初免赔额和最高支付限额。鉴于与看涨期权价差类似,再保险合约可以用期权定价的方法来进行定价,这将在第 17—20 章中进行阐述。

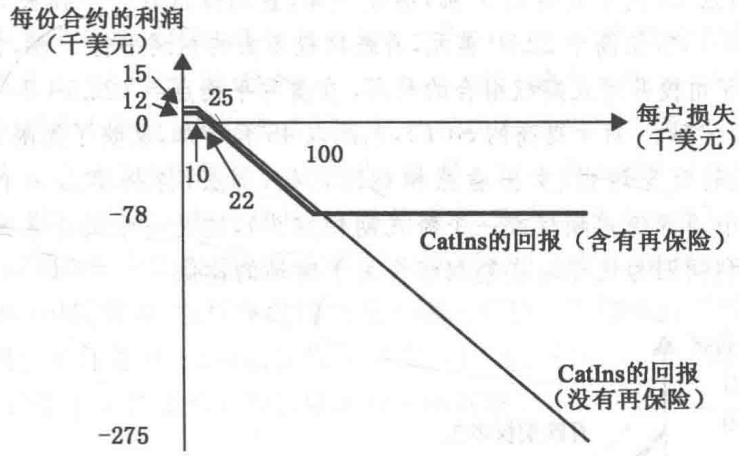


图 15.8 看涨期权价差图

15.8 组合策略

"无论市场走势如何,花成本 212.5 美元采取双重特权策略,将有利可图。"这是 1875 年由坦布里奇公司的银行家和经纪人所著的《华尔街成功的秘诀》的书中发表的一条广告,该公司在纽约华尔街 2 号有办公室,它是通过印制小册子来告知和吸引交易商从事期权交易的先驱,最初的小册子有 48 页,描述了纽约证券交易所和场外期权市场的运作。该交易合约最后被命名为股票特权,其本质上是美式期权:看涨、看跌、价差和跨式期权,通常以 100 股股票卖出,期限为 30 天。坦布里奇的看涨或看跌期权的期权费为 100 美元,并给交易的每个经纪人 6.25 美元佣金。双重特权指价差和勒束式期权组合,该组合通过交易两种期权来创造,因此收取两种佣金。

跨式和勒束式期权组合是组合策略的例子,其将相同标的股票和到期日相同的不同类型的期权结合起来,期权或全部买入或全部卖出。例如,通过各买入一个具有相同敲定价格的看涨期权和看跌期权来创造一个跨式期权组合(在伦敦称为看跌看涨策略);如果期权的敲定价格不同,你将得到勒束式期权组合。

跨式和勒束式期权组合是易波动的组合。期权交易商用它们来赌未来影响一个公司的风险事件,该事件可能正向或负向地冲击股票价格。当交易商期望一个中性的市场时,他们经常卖出跨式和勒束式期权组合。

【例 15.4】 跨式和勒束式期权组合

跨式期权组合

- 你通过买入一个如下的看涨和看跌期权来买入一个跨式期权组合(一个跨式期权

组合多头或底部跨式期权)：

—买入 OPSY 22.50 期权，看涨期权 2 美元，看跌期权 1.5 美元，作出利润图(见图 15.9)。

—如果股票价格在到期日为 0，看跌期权多头获得 21 美元，但是看涨期权多头损失 2 美元，净利润为 19 美元。当 $S(T)$ 增加时，看涨期权多头的回报仍为平行横轴的直线，但看跌期权多头以 45°角拉低跨式期权组合的利润。利润线在盈亏平衡点 19 美元处截断 x 轴，继续下降，直到最低点——损失 3.50 美元。

—对于 $S(T)$ 价值高于 22.50 美元，看跌期权多头的利润平行 x 轴，但是看涨期权多头以 45°角提升跨式期权组合的利润，在盈亏平衡点 = (22.5+2+1.50) = 26 美元处截断 x 轴。对于更高的 $S(T)$，利润以 45°角增加，反映了无限大的潜在利润。

- 如果你反转交易过程，卖出看涨和看跌期权，那么，你将卖出一个跨式期权组合(建立一个顶部跨式期权或一个跨式期权空头)，这是一个关于未来价格低波动性的赌局，利润图为底部跨式期权组合关于横轴的镜像。

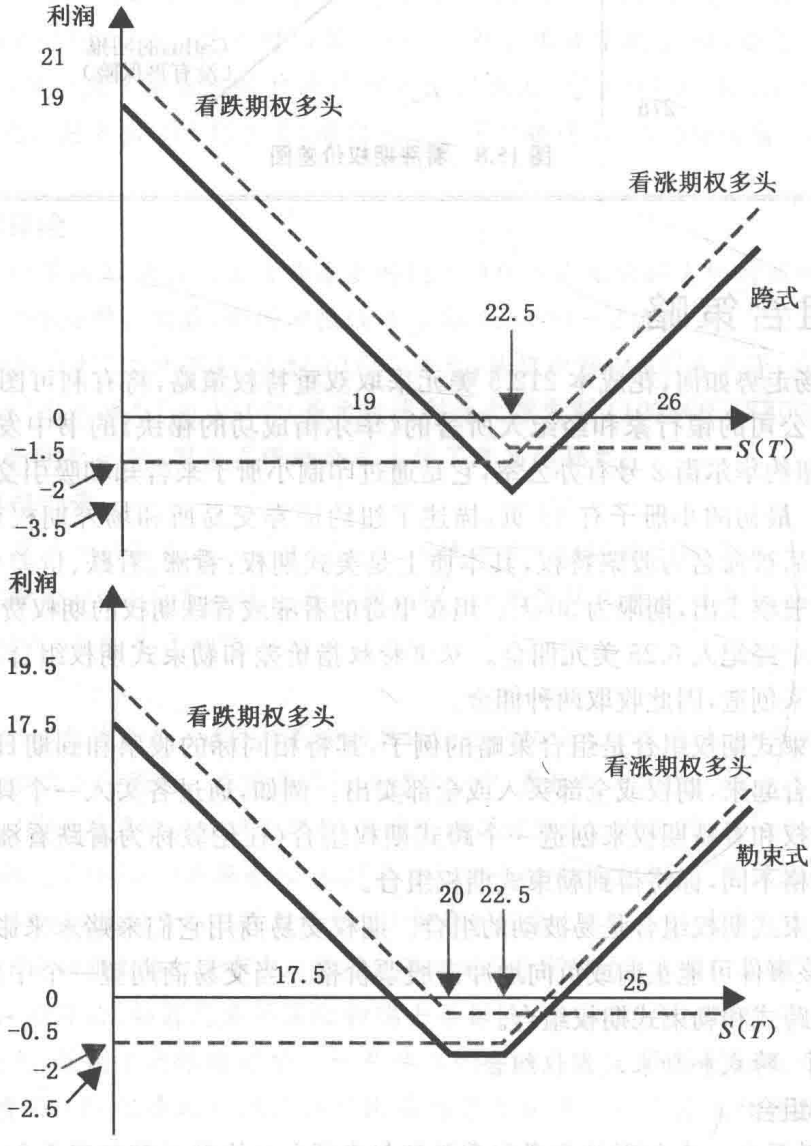


图 15.9　跨式和勒束式期权组合——组合策略的例子

勒束式期权组合

- 一个勒束式期权组合多头是通过买入具有不同敲定价格的期权来构建，看跌期权的敲定价格比看涨期权低。尽管勒束式期权组合是一个类似跨式期权的波动率赌局，但仍存在一些不同点：
  - 以 2 美元买入 OPSY 22.50 的看涨期权，以 0.50 美元买入 OPSY 20 的看跌期权。将这些策略绘制在利润图中（见图 15.9）。
  - 最初，勒束式期权组合的利润是 19.5－2＝17.5。对于更高的 $S(T)$，以 45°角下降，直到当 $S(T)$ 为 20 时利润为－2.5。对于股票价格位于 20—22.50 美元之间，利润是水平线，因为看涨和看跌期权的利润平行于横轴。超过 22.50 美元时，看跌期权多头利润仍是水平线，但看涨期权多头提升勒束式期权组合的利润，在 25 处截断 x 轴并保持 45°角的增长，表示无限大的潜在利润。

“含税的跨式期权组合的规则极其复杂。”由期权行业委员会编制的小册子《税收和投资》（2009 年 1 月）中提醒道，该行业机构促进了期权交易。当你承担了解衍生工具交易的税收规则这一艰巨的任务时，这句话预言了将发生什么。拓展 15.3 简要讨论了一些与税收、会计及期权和衍生工具交易的报告要求有关的问题。

拓展 15.3 期权交易的税收与 FASB133 号和 161 号文小结

个人交易商

美国的个人交易商为短期资本利得（即持有资产一年或少于一年的资本收益）以普通所得税率支付税款，为长期资本利得（即持有资产一年以上，卖出资产获得的收益）以递减税率支付税款。考虑一些期权交易的征税规则。

看涨期权多头

- 以收盘交易进行的看涨期权买卖以刚刚讨论过的方式进行收税。
- 到期的看涨期权被视为销售。
- 如果看涨期权被行权，则与看涨期权持有期无关，计算股票交易的资本利得或损失。基于（股票卖出价格－股票基准）计算支付的税款，股票基准价格＝（看涨期权费＋购买看涨期权和行权时的佣金支付＋敲定价格）。股票持有期从看涨期权被行权后的那一天开始。损益是短期还是长期，取决于股票持有期。

看涨期权空头

- 看涨期权费不能立即作为卖方的收入进行计算。其被保持在悬浮状态，并根据一个看涨期权收盘交易或由于配股而得到的股票交易来进行调整。
- 与看涨期权未被行权的时间长短无关，到期看涨期权的期权费和通过一个收盘交易所实现的看涨期权空头头寸的损益，被视为短期资本损益进行征税。
- 当看涨期权被出售时，看涨期权持有期长短变得无关紧要。以此类推，股票持有期的处理方式与看涨期权多头类似。

看跌期权多头

- 和看涨期权多头一样，购买看跌期权的损益随着一个收盘交易而终止，它被分为

长期或短期资本损益。

- 和看涨期权多头一样，看跌期权到期被视为卖出。由持有期来决定是长期或短期资本损失。
- 当一个看跌期权被行权时，看跌期权费和股票卖出交易的佣金减少了卖出股票实现的金额。

看跌期权空头

- 和看涨期权空头一样，看跌期权费在卖方义务履行完毕之后，不再处于悬浮状态。
- 和看涨期权空头一样，到期看跌期权费，以及通过一个收盘交易所实现的看跌期权空头头寸的损益被视为短期资本损益，不管看跌期权未执行的期限有多长。
- 看跌期权的出售带来一个类似于出售一个看涨期权并进行适当调整的过程。

跨式期权组合征税

- 国税局认为，如果交易商采用关于交易活跃的股票、债券、商品或货币的“对冲头寸”，则采用对跨式期权组合征税的规则。对冲头寸实质上是减少持有一个或更多头寸而面临损失的风险。纳税规则中有大量的关于税收损失递延的规定，分为短期和长期资本损益以及其他影响损益税收的相关因素。

抛补看涨期权

- 然而，跨式期权组合税收规则不能应用到“合格的抛补看涨期权”中。抛补看涨期权有大量自己的规则。税收取决于涉及的证券、至看涨期权到期日的时间（距离到期日少于30天、多于30天、31—90天，或多于90天）、前一天的股票收盘价格水平（$25或更少、$25.01—$50、$50.01—$150，或高于$150），等等，对于长期期权有特殊的规则。

机构交易商

管理机构投资者期权交易的税收和报告要求的规则和规范比针对个人交易商的更加复杂。美国的衍生工具税收根据财务会计准则委员会的财务会计准则第133号文：衍生工具和对冲策略的会计准则（FASB Statement No.133或FAS 133或SFAS 133；1998年6月发表），它建立了“衍生工具的会计和报告标准，包括嵌入其他合约的特定衍生工具（全部都涉及衍生工具）和对冲策略”。财务会计准则第133号文在2008年3月被修改为财务会计准则第161号文：衍生工具和对冲策略的披露——财务会计准则第133号文修改稿，完善了衍生工具披露的框架。关于财务会计准则133号和161号声明的总结可在财务会计准则网站上查阅。我们把它留给你的会计学教授来解释。

本章小结

1. 潜在的期权交易商必须向经纪公司提交详细的财务信息和他们的历史交易经验。经纪人通过使用这些信息配置一个合适的交易水平来为其开立一个期权账户。

2. 期权交易策略的表现被呈现在以一个单个证券作为标的的欧式期权的利润图中。

期权交易的基本构建基础是简单的裸式(或未抛补的)策略,即,买入或卖出单个看涨或看跌期权的独立的头寸。

3. 避险策略是将期权和股票以某种方式结合起来,相对裸式期权交易来说,其可以抑制全部的风险。它们通常是抛补策略,因为它们往往通过能起到保护作用的股票(或抛补或抵押)来支持期权交易。避险策略包括卖出抛补性看涨期权(股票多头加看涨期权空头)和买入保护性看跌期权(股票多头加看跌期权多头)。

4. 价差策略是指,一些基于同种标的资产的同类型(全部是看涨或全部是看跌)期权,但是其买卖方向不同将它们组合在一起。如果标的资产朝某一方向变动,这些双向的避险可以获取少量的利润,但如果朝另一方向变动就会遭受一些损失。

5. 价差策略有三种基本的类型:(1)垂直价差,具有不同敲定价格但到期日相同的期权策略,(2)水平价差,敲定价格相同但到期日不同的期权策略,和(3)对角价差,敲定价格和到期日都相同的期权策略。

6. 还有一些其他的价差策略,通过增加具有相同或不同敲定价的同种类型的期权来构建。

—比率价差的看涨期权(或看跌期权)的买入量与看涨期权(或看跌期权)的卖出量不同。

—蝶式价差中有四种同类型的期权(全部是看涨期权或全部是看跌期权),其有三种不同的敲定价格:买入(卖出)两种具有极端敲定价格的期权并卖出(买入)两种具有同一中间敲定价格的期权。

—铁秃鹰价差中有四种敲定价格的四种期权:买入(卖出)两种极端敲定价格的期权和卖出(买入)两种敲定价居中的期权。

7. 组合策略将不同类型、同样标的证券,以及到期日相同的期权结合起来,期权全部买入或全部卖出。跨式期权组合将一个看涨期权和一个具有同样敲定价格的看跌期权结合起来。勒束式期权组合将一个看涨期权和一个具有不同敲定价格的看跌期权结合起来。

案例分析

Cephalon 公司(Cephalon Inc.)(哈佛商学院案例 298116-PDF-ENG)。该案例向学生们介绍了该公司使用股票衍生工具来作为风险管理策略的一部分,检验了一个公司的避险现金流的应用,并解释了具有大量跳跃风险的衍生工具证券的定价。

美国国家保险公司(哈佛商学院案例 296036-PDF-ENG)。该案例分析了大量再保险人是否应该使用交易所交易的保险衍生工具来管理灾难性风险。

按照第三沟通水准进行补偿(哈佛商学院案例 202084-PDF-ENG)。该案例分析了一种补偿计划,在该计划中,只有公司的股票价格超过了基准价格,才根据公司的表现对经理人进行奖励。

习题和思考题

接下来的 11 个问题基于下面的数据，来自一个虚构的公司 OOPS。

- 当前股票价格 S 为 \$22。
- 期限 T 为 6 个月。
- 连续复利的无风险利率 r 为每年 5%。
- 欧式期权价格在下表给出：

敲定价格	看涨期权价格	看跌期权价格
$K_1 = \$17.50$	\$5	\$0.05
$K_2 = 20$	3	0.75
$K_3 = 22.50$	1.75	1.75
$K_4 = 25$	0.75	3.50

1. 敲定价格为 $K_2 = 20.00$ 的期权：

a. 请作出看涨期权多头的利润图。

b. 请作出看涨期权空头的利润图。

c. 请作出看跌期权多头的利润图。

d. 请作出看跌期权空头的利润图。

2. 敲定价格为 $K_2 = 20.00$ 的期权：

a. 请作出一个抛补性看涨期权(股票多头加看涨期权空头)的利润图。

b. 为什么交易商可能想要持有一个抛补性看涨期权头寸，给出原因。

c. 请解释同时买卖和卖出滞后策略的区别。

3. 敲定价格为 $K_2 = 20.00$ 的期权：

a. 请作出抛补性看跌期权(股票多头加看跌期权多头)的利润图。

b. 为什么交易商可能想要持有一个抛补性看跌期权头寸？给出原因。

c. 请解释配对看跌期权和保护性看跌期权的区别。

4. 敲定价格为 $K_3 = 22.50$ 的期权：

a. 请作出具有相同敲定价格、相同到期日的一个看涨期权多头和一个看跌期权空头头寸的利润图。

b. 请作出一个股票多头和两个看涨期权空头头寸的利润图。

5. 敲定价格为 $K_3 = 22.50$ 的期权，请作出一个看涨期权多头、一个股票空头和一个具有相同敲定价格和到期日看跌期权空头头寸的利润图。其他哪种投资还具有这种利润图？

6. a. 什么是牛市垂直价差策略？

b. 请作出一个牛市垂直价差策略的利润图，看跌期权的敲定价格为 $K_2 = 20$ 和 $K_4 = 25$。

7. a. 什么是熊市垂直价差策略？

b. 请作出一个熊市垂直价差策略的利润图，看涨期权敲定价格为 $K_1 = 17.50$ 和 $K_3 = 22.50$。

8. 请作出一个蝶式价差策略的利润图，买入的看涨期权敲定价格为 $K_1 = 17.50$ 和 $K_3 = 22.50$，卖出两个相同的敲定价格在区间中间的看涨期权。

9. 请作出一个铁秃鹰价差策略的利润图，买入看涨期权的敲定价格为 $K_1=17.50$ 和 $K_4=25$，卖出两个不同敲定价格在区间中间的看涨期权。

10. a. 买入跨式期权组合或(底部跨式期权组合)的目的是什么？

b. 请通过买入一个看涨期权和一个看跌期权，创造一个跨式期权组合多头。敲定价为 $K_3=22.50$。

11. a. 卖出勒束式期权组合或(顶部勒束式期权组合)的目的是什么？

b. 请通过卖出一个敲定价格为 $K_3=22.50$ 的看涨期权和一个敲定价格为 $K_1=20$ 的看跌期权来创造一个勒束式期权组合空头。

接下来的 5 个问题基于下面电话传说公司(虚构的名字)的期权价格数据，到期日均相同，为 5 月。请作出每种情况下的利润图，清晰地标出利润为零、利润和损失最大时，所对应的股票价格。

股票价格	敲定价格(K)	看涨期权价格	看跌期权价格
\$29	\$25	\$5	\$1
	30	2	3
	35	1	6

12. 一个 3∶1 的反向对冲(买入 3 个 5 月份 30 的看涨期权并卖出股票)。

13. 一个牛市价差(敲定价格为 25 的看涨期权多头和敲定价格为 30 的看涨期权空头)。

14. 一个蝶式价差(敲定价格为 25 和 35 的看跌期权多头，敲定价格为中间价的看跌期权空头)。

15. 一个勒束式期权组合(买入 $K=30$ 的看涨期权，买入 $K=25$ 的看跌期权)。

16. 一个跨式期权组合(买入看涨期权，卖出看跌期权，敲定价均为 $K=30$)。

17. 黄金开采公司开采和提炼矿石并在全球市场上卖出纯金。为了筹集资金，它卖出衍生证券，其收益如下：

- 部分证券是零息债券(以低于面值的价格折扣出售，并且没有利息支付)，在到期日 T 支付本金 1 000 美元。
- 黄金开采公司还在支付一个与到期日黄金价格(每盎司)挂钩的增加额 $S(T)$：

$$\begin{cases} 0 & \text{如果 } S(T)\leqslant \$1\,350 \\ 30[S(T)-1\,350] & \text{如果 } \$1\,350<S(T)\leqslant \$1\,400 \\ 1\,500 & \text{如果 } \$1\,400<S(T) \end{cases}$$

分析这种将债券和看跌期权结合的衍生工具。

18. a. 在期权市场上什么是双限期权？

b. 如何创造一个零成本的双限期权？

c. 为什么铜制造商可能发现运用这种策略是有用的？

19. a. 请描述保险是如何运作的。

b. 什么是再保险？

20. 一个保险公司已经为中东的油田投保。接下来，它将购买再保险来管理它的“尾端风险”。请问：再保险公司如何通过交易衍生工具来对冲风险？

16

期权关系

16.1 引言

一个人由于迫切地想要弄清楚 Palm 公司的股票在其首个交易日内是如何波动的，他打开电脑，连接网络，并且登录了他的在线经纪账户。就像刘易斯·卡罗尔(Lewis Carroll)的儿童经典著作《爱丽丝梦游仙境》中的爱丽丝一样，他变得“越来越好奇”，甚至不能相信自己的眼睛。市场上所交易的看跌期权的价格比由看跌—看涨期权平价关系所预测的无套利价格高了 4 美元。他对此充满了热情，并基于教科书上的指示利用错误的定价建立了一个博弈计划，但他在一开始就困惑了。他不能找到 Palm 公司可以借入和卖空的股票，而这却是建立套利的关键步骤。他(我们当中之一)并没有在那天早上赚取百万美元，但却学到了知识，更重要的是，这是一个可以和你们分享的故事！在本章的后面，我们将更详尽地讨论 Palm 公司的套利。

上一章我们利用不同期权在到期日的利润图分析了它们的交易策略。在期权到期之前确定其价格是一项困难的任务。尽管利用无套利的观点找到远期价格是很容易的，因为远期损益呈线性，但是非线性的期权损益却使这个观点变得复杂。实际上，人们为了得到精确的价格，需要对(表明股票的价格是如何随着时间变化的)标的股票价格的演变做出假设，最受欢迎的则是对数正态分布。我们将在随后的几章中学习这些内容。但是没有这样一个价格演变的假设，我们能学习到期权的哪些性质呢？这是本章的研究课题。

这里我们研究三种不同类型的期权价格关系。首先，我们为欧式期权建立看跌—看涨期权平价关系。这是一个基本的关系，它把股票、债券、看涨和看跌期权联系到了一起。看跌—看涨期权平价关系并不是一个新概念：19 世纪末，金融家拉塞尔·塞奇用它来规避纽约州高利贷取缔法。接下来，我们检验一些在无套利假设的条件下期权价格必须满足的限定条件。这些为我们的最终课题——美式期权的提前行权——提供了关键步骤。由于提前行权的特征渗透在其他不同的金融证券中，因此较好地理解这个课题是很重要的。

本章维持我们的标准假设：无市场摩擦，无信用风险，竞争且完善的市场，无中间现金流(例如现金股利)，无套利。然而，我们偶尔需要放宽“无中间现金流”的假设。

16.2 平价关系的图解法

伦纳德·希金斯(Leonard R. Higgins)在1902年于伦敦出版的《看跌和看涨期权》(*The Put-and-Call*)中描述了伦敦场外期权市场的运作。在这本书中,他观察到了以下有趣的结果:"通过购买全部的股票,看跌期权可以转化成看涨期权"以及"通过卖出所有的股票,看涨期权可以转化成看跌期权"。正如希金斯所观察到的,对股票和欧式期权的巧妙安排建立了看跌—看涨期权平价关系(put-call parity, PCP)。首先,我们在下面的例子里用收益图来阐述这个结论,稍后采用其他方法。

【例 16.1】 利用收益图建立看跌—看涨期权平价关系(复制一个看涨期权)

- 我们可以通过交易标的股票、欧式看跌期权和零息债券复制一个欧式看涨期权。基于股票的期权必须有共同的敲定价格和共同的到期日。为了简化,我们使用第15章的常用期权价格数据。
- 首先,购买一份OPSY20看跌期权,图16.1a中画出了该期权 T 时点的收益曲线。然后,购买一份OPSY的股票并把它的收益曲线画在看跌期权收益曲线的下面。现在画出第三条收益曲线,它的每个 $S(T)$ 值等于前两个收益之和。买入的看跌期权和股票相加的收益曲线开始于纵轴上 $K = \$20$ 这个值。当 $S(T)$ 超过 $\$20$ 时,曲线以与 x 轴呈45度角的方向上升。

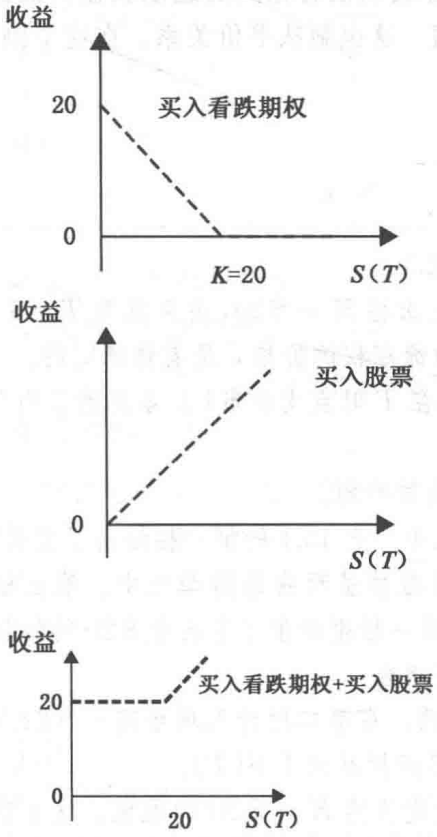


图 16.1a 第一步(图证 PCP):买入看跌期权和股票

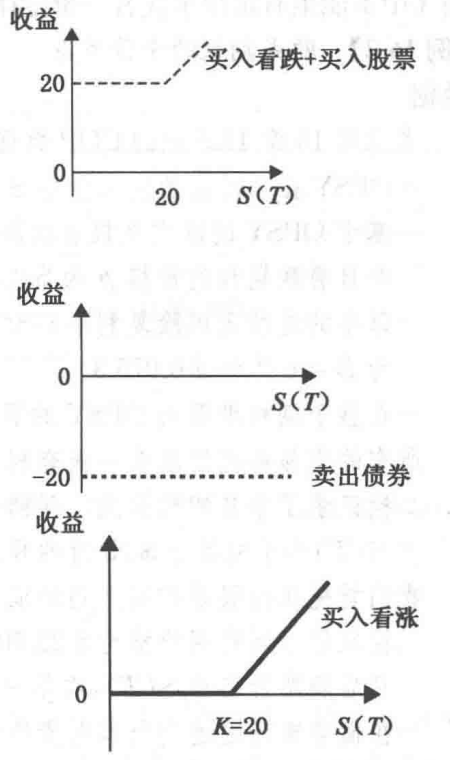


图 16.1b 第二步(图证 PCP):(买入看跌+买入股票)加上卖出债券得到买入看涨

- 方便起见，我们在图 16.1b 中重画这个证券投资组合的收益曲线。在这幅图下画出另一条曲线，即卖出一个未来要偿付 $20 的债券的收益曲线。这个现金流的现值是 20B$，这里 B 指的是 6 个月后偿付的零息债券的现价。卖出债券的收益是一条在 −$20 处平行于 x 轴的直线。
- 现在把之前的收益曲线（买入的看跌期权＋买入的股票）和卖出债券的收益曲线相加。这个证券投资组合（买入看跌＋买入股票＋卖出债券）复制了一个敲定价格为 K 的买入看涨期权的收益。
- 因为在 T 时点的收益是相同的，一价定律使得两种证券投资组合的价格在今天也是相等的：

$$\text{买入看涨} = \text{买入看跌} + \text{买入股票} + \text{卖出债券} \tag{16.1}$$

表达式(16.1)是欧式期权的看跌—看涨期权平价关系。我们可以把等式左边的看涨期权看作市场交易资产，等式右边的证券投资组合看作一个合成的看涨期权（构造出所交易的看涨期权收益的合成证券组合）。

16.3 欧式期权的看跌—看涨平价关系

我们通过数据—模型—套利的方法建立了欧式期权的平价关系。正如在前面部分讲到的，我们认为市场交易的看涨期权和构建的合成期权有相同的远期收益。根据一价定律，交易的和合成的看涨期权一定有相同的现值。这也服从平价关系。在这个例子中，我们使用无中不能生有定律来代替一价定律。

【例 16.2】 欧式期权的平价关系

数据

- 考虑第 15 章 15.5 中的 COP 数据。
  - —OPSY 在 0 时点的股票价格 S 是 $22.50。
  - —基于 OPSY 的欧式期权有共同的敲定价格 $K = \$20$，并且期限 $T = 6$ 个月。今日看跌期权的价格 p 为 $0.50。看涨期权的价格 c 是有待确定的。
  - —每年的连续无风险复利率 r 为 5%。在 T 时点支付 $1 的零息债券的今日价格为 $B = e^{-rT} = \$0.975\,3$。
  - —在整个期权期限内 OPSY 的股票不支付股利。
- 所有的交易都被记录在一张套利交易表中。表 16.1 的第一栏给出了交易描述，第二栏记录了今日的现金流。到期日的收益被呈现在最后两栏中。第三栏记录了当 $S(T)$ 小于或等于 $20 时的收益，最后一栏则给出了它大于 $20 时的收益。
- 我们首先执行股票购买计划的证券投资组合。
  - —在现货市场购买价格为 $22.50 的股票。在第二栏计入现金流 −$22.50。6 个月后股票价格为 $S(T)$，在第三栏和第四栏都记下 $S(T)$。
  - —在债券市场通过卖出零息债券借到敲定价格 $K = \$20$ 的现值。这个现金流减少了今日的支付。今日记录 $0.975\,3 \times 20$，并且在最后两栏记录负债 −20。
- 接下来，利用期权市场，我们创造一个合成的卖出股票证券组合。

—卖出一个 OPSY20 看涨期权。在第二栏记录这笔交易为 $-c$。如果到期时 $S(T)$小于或等于 \$20 看涨期权将是无价值的。对于更高的 $S(T)$值，未来的收益是一项债务。卖出价格的股票 $S(T)$同时收到 \$20，因此现金流为 $[20-S(T)]$。

—购买一个 OPSY20 看跌期权。费用 $p=\$0.5$ 被作为一个今日的负现金流记下。如果 $S(T)$小于或等于 \$20，那么看跌期权的买方会收到 \$20，但是必须放弃股票价格 $S(T)$。记录这种情况下的看跌期权收益 $[20-S(T)]$。如果到期时 $S(T)$超过 \$20，则看跌期权将是无价值的。

- 前两个交易(买入股票＋卖出债券)在到期时的收益为 $[S(T)-20]$。后两个交易(卖出看涨＋买入看跌)创造了一个在到期时相同但方向相反的收益。
- 表 16.1 的最后一行考虑了净现金流。证券投资组合的收益在到期日永远为零。

表 16.1 平价关系的套利交易表

证券投资组合	今日(0 时点)现金流	到期日(T 时点)现金流	
		$S(T)\leqslant 20$	$20<S(T)$
股票购买计划			
买入股票	−22.50	$S(T)$	$S(T)$
卖出债券以借入敲定价格的现值 ($K=\$20$, $B=\$0.975\,3$)	$0.975\,3\times 20$	−20	−20
合成卖出股票			
卖出看涨期权	c	0	$20-S(T)$
买入看跌期权	−0.50	$20-S(T)$	0
现金流	$-22.50+0.975\,3\times 20+c-0.50$	0	0

- 股票、债券和期权创造了一个未来有确定零价值的证券投资组合。为了防止套利，使用无中不能生有原则，它今日的价值必须是零。因此，

$$-22.5+0.975\,3\times 20+c-0.50=0$$

或

$$c=\$3.49$$

这就是欧式看涨期权的无套利价格。

模型

- 用符号来推广。用 S 来代替 \$22.50，$B\times K$ 代替 $\$0.975\,3\times 20$，$p$ 代替 \$0.50 可以得到欧式期权的平价关系

$$-S+BK+c-p=0 \tag{16.2}$$

套利利润

- 违背了平价关系会导致套利。假设你发现一个交易商报出错误的看涨的价格为 \$4。由于这高于 PCP 决定的无套利价格，在表 16.1 中创建一个投资组合：购买股票，卖出债券，买入看跌期权，卖出相对被高估的看涨期权。现金流为

$$-S+BK+c-p=-22.50+0.975\,3\times 20+4-0.50=\$0.51$$

这就是你的直接套利利润。

- 如果交易商报价为 $3，则反向交易就会得到 $0.49 的套利利润。

我们使用表达式(16.2)正式陈述我们的结论。

结论 16.1

欧式期权的平价关系

$$c=p+S-BK \tag{16.3}$$

其中，c 和 p 是欧式看涨和看跌各自的现价，它们的敲定价格为 K，截止日期为 T，B 是在 T 时点支付 1 美元的零息债券的现价，S 是标的股票的现价。

平价关系对于理解怎样在构建交易策略中使用期权来说是一个有用的工具。我们以看跌期权开始是因为这是理解起来最简单的期权。确实，看跌期权就像一份保险单，因为它确保了标的股票在其敲定价格上的价值。凭借这种看法，我们可以把平价关系重写为：

$$\text{看涨期权}=\text{保险}+\text{股票}+\text{借款} \tag{16.4}$$

我们看到一个看涨期权等于以保证金形式(通过借款)购买股票，并且用一份保险单锁定买入股票的价格。

这种直觉可以帮助我们理解怎样使用期权来利用信息进行交易。例如，假设你是市场上唯一一个知道股票价格将上涨超过其敲定价格的人。(注意：这是一个假想的实验——我们并不考虑利用内幕消息进行交易是否会被判入狱这类问题!)利用这个信息进行交易的最好途径是什么：购买一个看涨期权？不。这是一个错误的答案，因为买入看涨期权，相当于你也同时支付了看跌期权价，而这是一个你其实并不需要给股票上的保险。回想一下，你很确定股票的价格将会上涨。在这个例子中，最好的策略是购买一个看涨期权的同时卖出一个看跌期权。再次使用平价关系，我们也会看到这和借钱购买股票是等效的，而这创造了杠杆(杠杆一词在欧洲被称为 gearing)。

现在假设你期望股票价格能上涨但你并不是很确定。在这个例子里，买入看涨期权是最好的策略吗？可能。这个答案其实取决于你的风险承受力。如果你喜欢下跌的保险保障而不是别的话，那就买入看跌期权吧。

16.4 市场不完整

市场缺陷带来困难，但是它们也可能创造机会。默顿·米勒的观察结果更具现实意义，即金融证券可以帮助规避监管制度。期权和平价关系可以提供工具以克服这些缺陷。在文章《现代金融创新的根源：监管套利的早期历史》中迈克尔·诺尔(Knoll，2008)引用了古代商人利用平价关系躲避利息支付的限制的例子。例如，2000 年前，以色列金融家就是这样利用平价关系。英国金融家在 500 年前做了同样的事，而且有趣的是，他们设计的交易促使了现代抵押业的发展。这些例子说明，税或监管套利禁止了交易，而税和监管套

利则围绕着以从其他人那里获利为目标来分解和重组现金流。拓展 16.1 讨论了两个额外的例子，平价关系均在其中发挥了作用。

拓展 16.1 不完整市场中的平价关系

拉塞尔·塞奇怎样规避高利贷取缔法

在拉塞尔·塞奇的传记中，保罗·萨尔诺夫(1965)把他成为千万富翁归因于发现平价关系。塞奇使用它来规避纽约州高利贷取缔法的限制。1869 年，在一个股票经纪人不能偿付每年 7%利率、期限为 1 个月的 $23 000 贷款时，塞奇同意把贷款延期至下一个月但却要附加另外 1%的“延迟费”(就像现在的信用卡公司，它们善于向消费者征收各种费)。然而，这推高了利率并使之超过了纽约高利贷取缔法所规定的 7%的最高水平，这是私人可收取的最高贷款利率水平。由于触犯了“高利贷警告”，塞奇被逮捕了，法官判了他 $250 的罚款，并在城市监狱关 5 年禁闭。

一些激进的运作帮助塞奇避免了坐牢。后来，他关闭了以高利率贷款给客户的“高利贷生意”并且利用平价关系设计了一个可替代的策略。这个聪明的金融家从客户那买了一个看跌期权和一些股票，并且卖出一个看涨期权给他。塞奇的证券投资组合就变为(买入股票＋买入看跌期权＋卖出看涨期权)，通过平价关系(请看表达式(16.2))得知这相当于一个买入债券投资组合。客户的持仓则是相反的。客户卖出了一个合成债券，相当于贷款。

由于当时纽约州没有法规限制个人出售看涨期权所收取的费用，这个狡猾的“华尔街街长(Dean of Wall Street)”有收取任何他想要的看涨期权价格的权利。如果他收取高的看涨期权的价格，那么证券组合(买入股票＋买入看跌期权＋卖出看涨期权)将有低的价值。低的价值意味着对于相同的到期资金额，塞奇今日会支付更少，也可被视为赚取了高利率。

Palm 公司股票背离平价关系

有时，因为市场缺陷使得平价关系不能成立。本章一开始讨论了这种情况偶尔会发生在 Palm 公司的期权上。

在 2000 年 3 月 2 日这天，3Com 公司对其子公司 Plam 进行了股票分拆上市，而 Plam 公司在 1992 年制造了世界上最成功的掌上电脑 PalmPilot。后来，3Com 在首次公开发行中向公众卖出 Plam 5%的股票，并且宣布在当年年末会以资产分派的方式向已有股东(持有一股 3Com 的股票将会得到 1.525 股 Palm 的股票)分配剩下的股票。资产和期权市场上的错误定价后来被广泛进行了新闻报道和学术研究(参见 Lamont and Thaler, 2003)。

在科技股票引导网络股市场狂热的这些天，一个热门公司 Palm 令人难以置信地发起了首次公开发行。它的股票在第一个交易日中以每股 $95.06 的价格收盘。这意味着，3Com 的股票价格为每股－$63 或者－$220 亿，而它的股票价格本应等于 Plam 股票价格的 1.5 倍加上 3Com 公司的其他资产和业务的价值。这种混乱使期权交易商感到困惑。他们采取了诸如卖出看涨期权并且卖掉 3Com 的股票来买入 Palm 的股票的策略，而 Palm 的市值然后超过了其母公司的价值！“交易背后绝对没有理性。”一个交易商插嘴

道。果然不出所料，Palm 的股价在 IPO 后开始下跌。①

2000 年 3 月 16 日，当期权开始交易时，Palm 的股票在 $55 的价格左右交易。平价（敲定价格 $K=\$55$）看涨期权价格 $c=\$5$，看跌期权价格 $p=\$9$。这些数字是用来做例子的。买入/卖出价差大，市场处在混乱状态，这都使得很难找到准确的价格。一个月后支付 $1 的零息债券的价值为 $0.995。对平价关系的快速核对表明

$$\text{合成看跌价格}=\text{看涨期权价格}+\text{敲定价格现值}-\text{股票价格}$$
$$=5+0.995\times 55-55=\$4.725$$

然而，市场交易的看跌期权价格为 $9。这难道不是套利者的梦想成真了？这难道不是意味着如果你卖出市场交易的看跌期权同时购买一个合成看跌期权（请看表达式(16.2)），你就可以在一次交易中立即获得套利利润 $9-4.725=\$4.725$？重复 100 万次，你就会有四次以上的机会变成百万富翁！

遗憾的是，市场缺陷打乱了这次交易。为了创造出套利投资组合，“套利者”需要卖出相对被高估的市场交易的看跌期权，并同时通过买入看涨期权、卖出股票并且贷出敲定价格的现值“买入”相对被低估的合成看跌期权。然而，在这种情况下，股票经纪商就不会提供 Palm 的股票以供出售（通过从其他投资者那里借入它们）。缺乏可出售的股票阻止了套利利润的实现并且导致了理论和实践的背离。这种情形不会持续太久。几天之内，价格异常就会消失；然而，我们得到了一次教训。纸上的利润不同于现实中可实现的利润，市场不完整性的影响很大。

人们可将平价关系进行以下两种方式的延伸：(1)调整股利；(2)适用于美式期权。这些延伸在拓展 16.2 中给出。

拓展 16.2　股利和美式期权

修正股利的平价关系

类比是不合适的。通过使用在第 12 章开发的用来修正带股利的持仓成本模型的工具，人们可以很容易地修正基础的 PCP。直觉上似乎和之前是一样的。股利降低股票的购买成本，并且以“股票价格扣除该衍生品期限内的所有分红”代替股票价格来修正方程式。

假设在确定的未来 t_1 时点会支付固定美元股利 div，B_1 是除息日到期的零息债券的现价（回忆结论 12.1A），欧式期权的平价关系（有已知的美元股利）可以被写作

$$c=p+(S-B_1 div)-BK \tag{1}$$

像之前那样，这个可以很容易被推广至适应多个股利的情况。

对于指数期权，我们可以利用结论 12.1B。如果标的股票以连续的利率 δ 支付股利，

① 《Palm IPO 上升，稍后会下降一点，促使交易者放松母公司 3Com 的期权》，《华尔街日报》，2010 年 3 月 3 日。

那么欧式看涨期权的平价关系(有已知的股利收益)可以被写作

$$c = p + e^{-\delta T}S - e^{-rT}K \tag{2}$$

美式期权平价关系的不同

基础的PCP不适用于美式期权,因为期权可能在到期之前被行权。然而,PCP的不同对美式期权确实存在。对于这些不同,我们添加利率非负这一假设,这等价于零息债券的价格将永远小于或等于1。

【例1】 美式看涨期权与看跌期权之间的关系

数据

- 股票今日价格为S。假设在期权期限内股票没有分红。
- 基于股票交易的美式看涨和看跌期权各自价值c_A和p_A。它们有相同的敲定价格K并在T时点到期,但可能会在t时点之前行权。
- 利率是年无风险连续复利率。你可以投资零息债券或者货币市场账户。B是T时点到期的零息债券的现价,$B(t)$是t时点的价格。今天在货币市场账户上投资\$1在中间日(行权日)会涨至$[1+R(t)]$,在到期日会涨至$(1+R)$。

何时证券投资组合涉及一个买入看跌(卖出看涨)

- 创造一个和基础的PCP相似的证券投资组合:买一个看跌,卖一个看涨,买入股票,并卖出债券以借入敲定价格的现值。今日投资组合的价值为

$$p_A - c_A + S - BK \tag{3}$$

  你决定何时行使看跌期权。你的交易对手决定何时行使美式看涨期权。因此未来可能发生两种情况:美式看涨期权持有者早期行权,或者她没有。你的反应取决于看涨期权的买入决策。

- 如果美式看涨期权没有提前行权,那么美式看涨期权等同于欧式看涨期权,价值为c。你可以写作$c_A = c$。现在,如果你不提前行使美式看跌期权,那么它就像欧式看跌期权,意味着$p_A = p$。由于$c_A = c$并且$p_A = p$,由欧式期权PCP得知表达式(3)会等于0。但是你可以在到期之前行使美式看跌期权。这种灵活性使得美式看跌期权和欧式看跌期权价值至少一样。因此表达式(3)变为

$$p_A - c_A + S - BK \geqslant p - c + S - BK = 0 \tag{4a}$$

- 如果你的交易对手提前行使了美式看涨期权,那投资组合(3)在行权日t会有一个收益(当你通过支付$B(t)$买回每个零息债券):

$$p_A(t) - [S(t) - K] + S(t) - B(t)K = p_A(t) + [1 - B(t)]K \geqslant 0 \tag{4b}$$

  这是非负的,因为看跌期权不可能有负的价格,并且$B(t)$小于或等于1美元。

- 因此证券投资组合($p_A - c_A + S - BK$)的价值将大于或等于0。把式(4a)和式(4b)联立起来,并把c_A移到右边,我们得到了第一个不等式:

$$p_A + S - BK \geqslant c_A \tag{5}$$

何时证券投资组合涉及一个卖出看跌期权(买入看涨期权)

- 创造证券投资组合:卖出看跌期权,买入看涨期权,卖出股票,并在货币市场账户

上投资 K。注意这不同于基础的 PCP 投资组合，因为持有更多货币以防看跌期权被早日行权。这个证券组合今日的价格为

$$-p_A+c_A-S+K \tag{6}$$

这里，买入者决定是否行使美式看跌期权。像以前一样，我们将依据买入的决定做出反应。

- 如果没有早期行权，那么美式看跌期权和欧式看跌期权是一样的，$p_A=p$。如果你不提前行使美式看涨期权，那么它就会像欧式看涨期权，这意味着 $c_A=c$。由于 $c_A=c$ 并且 $p_A=p$，到期时式(6)就等于 KR(你可以在收益表中证明这个)。因为最后一个数大于 0，则式(6)今天不可能小于 0：

$$-p_A+c_A-S+K\geqslant 0 \tag{7a}$$

因为你可能提前行使美式看涨期权，使得美式看涨期权价值更高，这加强了式(7a)中的关系。

- 如果买入者提前行使美式看跌期权，投资组合(6)在行权日 t 会有一个收益(当 K 已经涨至 $(K[1+R(t)]$)：

$$\begin{aligned}&=-[K-S(t)]+c_A-S(t)+K[1+R(t)]\\&=KR(t)+c_A(t)\geqslant 0\end{aligned} \tag{7b}$$

因为看涨期权和 $R(t)$ 都是非负的。

- 因此投资组合 $(-p_A+c_A-S+K)$ 不可能有一个负的现值。联立表达式(7a)和表达式(7b)并移项，我们得到第二个不等式：

$$c_A\geqslant p_A+S-K \tag{8}$$

- 对于美式期权平价关系的不等式，结合式(5)和式(8)，我们得到股票、债券和美式期权之间的关系：

$$p_A+S-K\leqslant c_A\leqslant p_A+S-BK \tag{9}$$

16.5 期权价格的限制

这一部分研究多方面的期权价格限制，有以下几点理由：

- 它们磨炼直觉并且增强理解。
- 当违背约束时会产生套利机会。
- 就像你在冲刺前会先做拉伸，期权价格关系的讨论构成了理解提前行权的铺路石，这是本章最后一个主题。

为了方便理解，我们用以下几种不同的方法建立期权价格的限制：(1)收益曲线图解法；(2)套利交易表的方法，现金流会被记录其中并没有套利结果；(3)强力胶理论(superglue argument)，我们以此命名用来比较原始证券和其他方面都相同的“受约束”证券，之后通过论证

“少的不可能更具价值”以证明结论。为什么是“强力胶”？请阅读拓展 16.3。

我们由浅入深。我们使用标准的符号和假设，除了一条：我们允许标的股票支付股利。这是一个重要的拓展，因为大多数股票都支付股利。

结论 16.2

美式期权比欧式期权价值更高

2a. $$c_A \geqslant c \geqslant 0 \tag{16.5a}$$

2b. $$p_A \geqslant p \geqslant 0 \tag{16.5b}$$

这个结论成立是因为欧式和美式期权是相同的，除了它们的行权特征。欧式期权只有在到期时才可以被行权，然而美式期权可在任何时候被行权。因为“多的不可能价值更低”，美式期权的价格不可能少于其他方面都相同的欧式期权的价格。这个简单但强有力的原理构成了强力胶理论，这个理论稍后会被用来证明一些结论（请看拓展 16.3）。当然，期权的价格必须是非负的，因为持有者可以放弃它永不行权。

接下来的两个结论重申了之前在第 5 章建立的期权价格约束。

结论 16.3

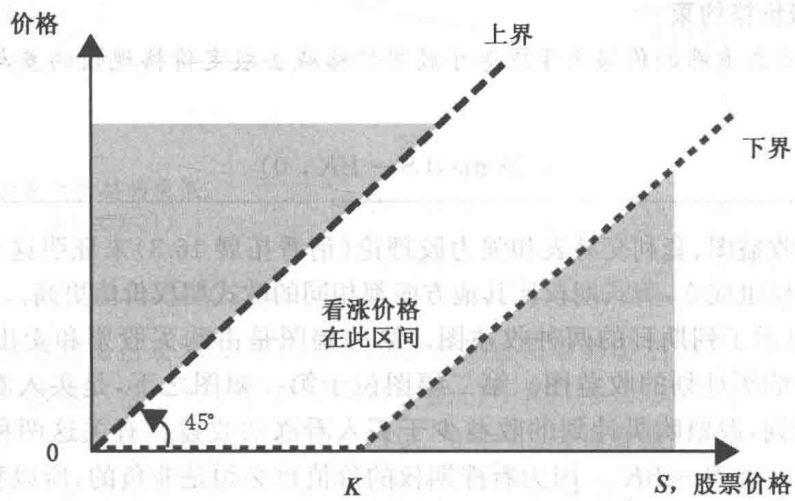
看涨价格约束

3a. 美式看涨期权的价格小于或等于股票价格，就是说

$$c_A \leqslant S \tag{16.6}$$

3b. 当股票价格为 0 时，看涨期权价格也为 0。

结论 16.3a 也适用于欧式看涨期权，因为它们比美式看涨期权价值更低。注意，美式看涨期权的价格不可能降至第 5 章中的约束条件以下。这些被描绘在图 16.2 的第一个图中，这也是图 5.3 的复制。结论 16.3b 是通过设定结论 16.3a 中 $S=0$ 并承认看涨的价格必须永远非负而得到的。



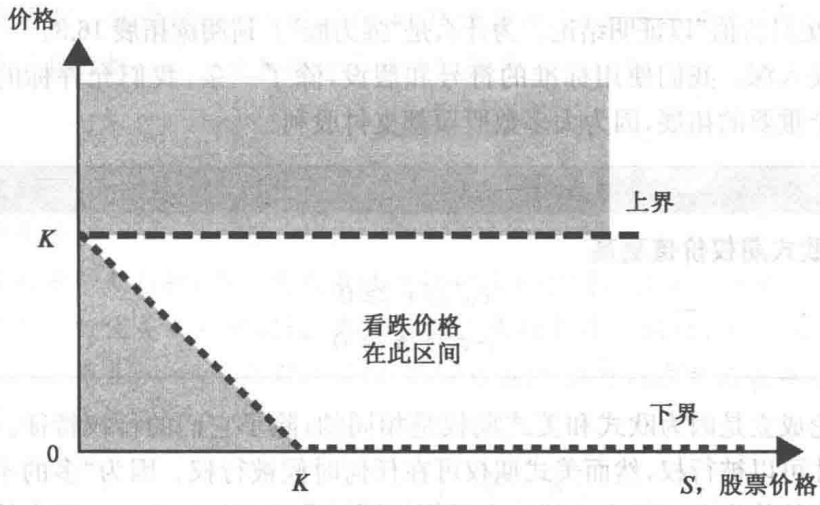


图 16.2　美式看涨和看跌的价格约束

结论 16.4

看跌价格约束

美式看跌价格小于或等于敲定价格 K，欧式看跌价格小于或等于敲定价格的现值：

4a.　$$p_A \leqslant K \tag{16.7a}$$

4b.　$$p \leqslant BK \tag{16.7b}$$

这里 B 是在期权到期日支付 $1 的零息债券的现价。

看跌期权赋予持有者收回敲定价格的权利，但是反过来他必须放弃股票。因此看跌的价格不可能超过敲定价格，这就形成了上行约束。因为欧式看跌的最大化收益就是敲定价格，且必须是到期日那天，今日看跌期权的价格一定小于或等于敲定价格的现值。

结论 16.5

到期前的看涨价格约束

到期前，欧式看涨的价格大于或等于股票价格减去敲定价格现值的差与 0 比较更大的一个值。

$$c \geqslant \max(S - BK, 0) \tag{16.8}$$

我们将用收益图、套利交易表和强力胶理论（请看拓展 16.3）来证明这个结论。这个结论对美式期权也成立，美式期权比其他方面都相同的欧式期权价值更高。

图 16.3 显示了到期日的两种收益图。第一幅图是由购买股票和卖出零息债券 K 所组成的股票购买计划的收益图。第二幅图位于第一幅图之下，是买入看涨期权的收益图。可以看到，股票购买计划的收益少于买入看涨的收益。有关这两种收益的现值的考虑确立了 $c \geqslant S - BK$。因为看涨期权的价值也必须是非负的，所以我们得到表达式(16.8)。

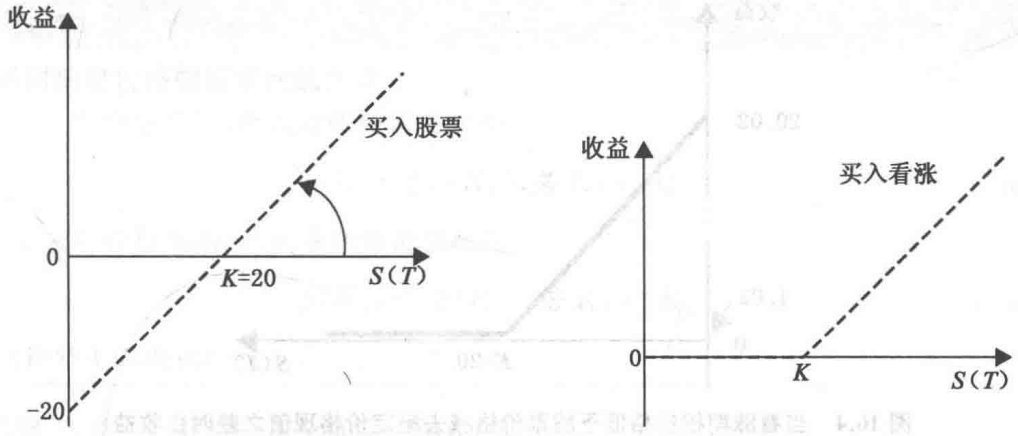


图 16.3 看涨期权价格一定超过股票价格减去敲定价格的现值(结论 16.5)

我们的下一个例子使用数据—模型—套利的变形来建立联系。

【例 16.3】 用套利交易表确立结论 16.5

数据、套利和图表

- 考虑例 16.2 中的数据,并做稍微的修改。OPSY 的股票价格 S 为 \$22.50,6 个月到期、敲定价格为 \$20 的欧式看涨期权的价格 c 为 \$2,看跌价格 p 为 \$0.50,零息债券价格 B 为 \$0.975 31。
- 结论 16.5 成立吗?我们得到 $S-BK=22.50-0.975\,31\times20=\$\,2.993\,8$。比看涨期权价格 \$2 要高,违背了不等式(16.8)。把右边移向左边,我们得到表达式 $c-S+BK=2-2.993\,8=-\$0.993\,8$。
- 贱买贵卖。通过买入被低估的看涨期权并卖出被高估的证券组合($S-BK$)来创造一个套利投资组合,该证券组合是由卖出股票并买入债券而来。在表 16.2 中记下这些现金流。你将立即获得 \$0.993 8。到期时,当看涨期权是实值期权时,套利投资组合获得 0 收益,否则将会获得 $[20-S(T)]$ 的非负收益。

表 16.2 套利表说明背离 $c\geqslant S-BK$ (结论 16.5)是怎样创造套利机会的

投资组合	今日(时点 0)现金流	到期日(时点 T)现金流	
		$S(T)\leqslant20$	$20<S(T)$
购买看涨期权	-2	0	$S(T)-20$
卖空股票	22.5	$-S(T)$	$-S(T)$
购买债券以贷出敲定价格的现值($K=\$20$, $B=\$0.975\,31$)	$-0.975\,31\times20$	20	20
现金流	0.993 8	$20-S(T)$	0

- 你可以通过画出表 16.2 中的投资组合的收益图看到套利的可能性。拿 \$0.993 8 投资于债券。由于 B 的倒数为到期收益($1+R$),\$0.993 8 在 6 个月后的价值为 $\$0.993\,8\times(1/0.975\,31)=\$1.019\,0$。6 个月,后当看涨期权为价外期权时,投资组合的收益为 $[20-S(T)]$,否则为 0。增加 \$1.02(这轮结束后)的投资使整个曲线上移(请看图 16.4)。这证实了套利机会的存在。

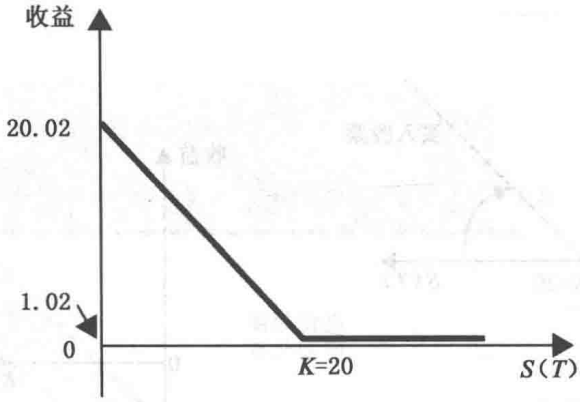


图 16.4　当看涨期权价格低于股票价格减去敲定价格现值之差时由收益曲线说明套利机会(违背结论 16.5)

为了确立这个结论，我们简单地用代数符号代替数字。记下 $S=\$22.50$，$K=\$20$，$B=\$0.97531$，$c=\$2$，表 16.2 中第二列最后一行表明 $-c+S-BK=0.9938$。你可以推广最后一行，因为 $c<S-BK$ 导致今日的现金流入，当 $S(T)\leqslant K$ 时有非负的收益 $[K-S(T)]$，否则为 0。这是一个不稳定的状态。为阻止套利，我们必须有：

$$c\geqslant S-BK \tag{16.9}$$

这是结论 16.5 与 $c\geqslant 0$ 这个事实相结合的结论。

图 16.4 也显示了一种简单的方法，即通过画出和检查收益曲线，来确定一个套利投资组合是否能获得套利利润。

- 如果证券投资组合的收益曲线完全在 x 轴之上(或者某些部分平行于 x 轴)，那么你创造了一个套利投资组合。
- 如果收益曲线完全在 x 轴之下(或者某些部分平行于 x 轴)，则反向交易就能获得套利利润。
- 收益曲线穿过 x 轴会带来交易利润也会有损失，这永远不能代表一个套利机会。

结论 16.5 对看跌期权有其相对应的部分。

结论 16.6

到期前看跌期权价格约束

6a. 到期前，欧式看跌期权的价值一定大于或等于敲定价格的现值减去股票价格所得的差与 0 相比较大的值：

$$p\geqslant \max(BK-S,\ 0) \tag{16.10a}$$

6b. 到期前，美式看跌期权的价值一定大于或等于其内在的价值：

$$p_A\geqslant \max(K-S,\ 0) \tag{16.10b}$$

运用强力胶理论(请看拓展 16.3)，结论 16.6a 很容易理解。结论 16.6b 可以从约束条件来理解，因为你总是可以提前行使美式看跌期权并且通过放弃股票来收回敲定价格。

结论 16.7

具有不同敲定价格的期权间的关系

7a. 敲定价格越低，欧式看涨的价值越高：

$$c(K_2) \leqslant c(K_1), \text{若 } K_1 < K_2 \tag{16.11}$$

7b. 敲定价格越高，欧式看跌的价值越高：

$$p(K_1) \leqslant p(K_2), \text{若 } K_1 < K_2 \tag{16.12}$$

这些结论对美式期权也成立。

拓展 16.3 利用强力胶理论证明了结论 16.7。

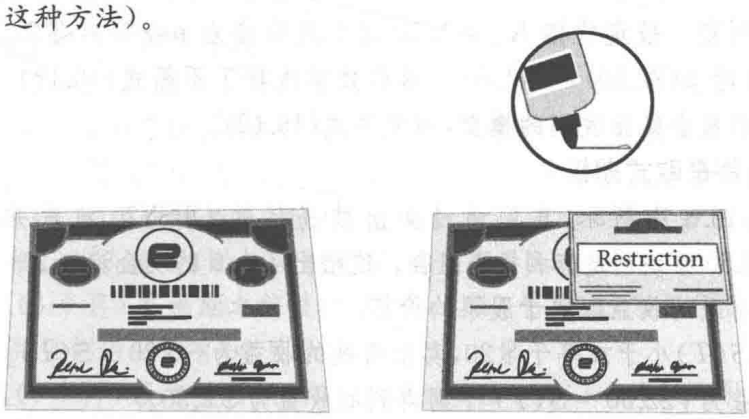
拓展 16.3 强力胶理论

记得强力胶吗？广告通常宣称其为最强的粘合剂，可以悬挂汽车并且举起每平方英寸 2 000 镑的重物。我们对强力胶的使用是不同的——我们采用这种想法，不是产品！考虑两种相同的证券，我们命名为 Sec。我们给其中的一种附上一些令人不快的或会删除某一条款的不利“限制”，并假定它被强力胶固定了（请看图 16.5）。这样，限制就是永久的，这种证券的规定就永远地被改变了。

强力胶理论的实质在于：考虑证券 Sec 和其他方面都相同但附了限制的证券，我们叫它 Sec_R。持有 Sec_R 并不比 Sec 有更高的价值，因为少的不可能价值更高，也就是说，Sec_R 的价格 $\leqslant$ Sec 的价格。

这是无套利的条件。如果相反的情况发生，那么购买证券，附加限制（使用胶水无需成本），并把它卖出以赚得套利利润。我们可以利用这个原理得到所有期权价格的约束和联系。下面我们仅仅说明少数几个例子。

考虑结论 16.2 的证明（直接见下面）。使 Sec 是一个美式期权。接下来，我们用强力胶给这个期权附一个限制：“它不能被提前行权。”然后，利用无套利，我们知道有限制的证券的价格——等同于欧式看涨——一定小于无限制的证券的价格——美式看涨。（图 16.5 说明了这种方法）。



证券　　证券＋限制

Sec_R 和 Sec 几乎相同，除了 Sec_R 通过强力胶附有限制。因此，Sec_R 的价格小于或等于 Sec 的价格。

图 16.5 期权的强力胶理论

结论 16.2　美式期权比欧式期权价值更高

证明：

Sec：美式期权。

Sec_R：美式期权＋限制“不允许提前行权”。

因为 Sec_R 变成一个其他方面都相同的欧式期权，强力胶理论给出：欧式期权价格 $\leqslant$ 美式期权价格。

结论 16.3b　$c_A \leqslant S$

证明：

Sec：股票。

Sec_R：股票＋限制“支付额外的 K 美元以保留所有权，否则就要放弃，必须在 T 时点前做出决定”。当然，有了这个附加条件，受限制的股票就是一个美式看涨。

因此美式看涨的价格 $\leqslant$ 股票价格。

结论 16.5　$c \geqslant S - BK$

证明：

Sec：欧式看涨。

Sec_R：欧式看涨＋限制“总会行使看涨期权，即使它是一个价外期权”。Sec_R 今日的价格为 $S - BK$。

强力胶理论给出了结论。结论 16.2 告诉我们这个理论对美式看涨也成立。

结论 16.7a　$c(K_1) \geqslant c(K_2)$，若 $K_1 < K_2$

Sec：敲定价格为 K_1 的欧式看涨。

Sec_R：敲定价格为 K_1 的欧式看涨＋限制“必须额外支付 $(K_2 - K_1)$ 以防止行权”。这个受限制的证券等同于敲定价格为 K_2 的欧式看涨。

强力胶理论给出了结论。

相似的理论对美式看涨也成立。

【例 16.4】 通过被修正的数据—模型—套利的方法证明结论 16.7b

- 考虑对第 15 章的 COP 数据并进行轻微的修改。基于 OPSY 交易的看跌期权 6 个月后到期。敲定价格 $K_1 = \$20$ 时看跌价格为 $p(20) = \$2$，敲定价格 $K_2 = \$22.50$ 时 $p(22.50) = \$1.50$。这些数字违背了不等式(16.12)。我们使用数据中的套利机会修正我们的模型，即关系式(16.12)。

当两个看跌都是欧式期权

- 正如表 16.3 中所示，我们通过卖出被高估的 OPSY20 看跌并买入被低估的 OPSY22.50 看跌创造套利投资组合。这给出了今日的现金流 $+2-1.50 = \$0.50$。到期日看跌的收益取决于股票的价格。
  - —如果 $S(T)$ 小于或等于 $\$20$，卖出看跌的收益为 $-[20 - S(T)]$，同时买入看跌的收益为 $[22.50 - S(T)]$，则得到的收益为 $\$2.50$。
  - —若 $20 < S(T) \leqslant 22.50$，OPSY20 看跌的收益为 0，而 OPSY22.5 看跌的收益为 $[22.50 - S(T)]$。对于这一区间的 $S(T)$，收益是非负的。
  - —当 $S(T)$ 大于 $\$22.50$ 时，两个看跌期权都处于价外状态，收益为 0。

- 我们说明了 $p(20)=\$2>p(22.50)=\$1.50$ 导致了套利机会。无套利需求规定 $p(20)\leqslant p(22.50)$。
- 用符号代替数字我们得到结论

$$p(K_1)\leqslant p(K_2),\text{若 } K_1<K_2$$

当两个看跌都是美式期权

- 假设存在错误的定价，并且价格反映的是美式看跌。就像欧式看跌那样，通过卖出 OPSY20 美式看跌并买入 OPSY22.50 美式看跌创造一个套利投资组合。这给出今日的现金流 \$0.50。在未来，如果卖出看跌并不行权，那么持有买入的看跌。到期日的收益在表 16.3 中给出。相反地，如果 OPSY20 行权了，那么对 OPSY22.50 也行权以抵消股票仓位，在到期日你会剩下 \$2.50。这个交易是个套利机会。因此，只有美式看跌的价格与无套利相一致必须满足结论 16.7b。

表 16.3 结论 16.7b 的套利交易表：敲定价格越高，看跌期权价值越高

投资组合	今日(0 时点)现金流	到期日(T 时点)现金流		
		$S(T)\leqslant 20$	$20<S(T)\leqslant 22.50$	$22.5<S(T)$
卖出 OPSY20 看跌	2	$-[20-S(T)]$	0	0
买入 OPSY22.50 看跌	−1.50	$22.50-S(T)$	$22.50-S(T)$	0
现金流	0.50	2.50	$22.50-S(T)$	0

结论 16.8

期权价格和到期时间

到期时间越短的美式期权不可能有更大的价值

8a. $$c_A(T_1)\leqslant c_A(T_2),\text{若 } T_1<T_2 \tag{16.13}$$

8b. $$p_A(T_1)\leqslant p_A(T_2),\text{若 } T_1<T_2 \tag{16.14}$$

这个结论对欧式看涨(因为股利)或看跌并不成立。

接下来的例子确立了这个结论。

【例 16.5】 确立结论 16.8a

- 假设敲定价格为 \$20、到期时间 $T_1=6$ 个月的 OPSY 看涨的价格为 $c_A(T_1)=c_A(6\text{个月})=\$3.50$，但是到期日期 $T_2=1$ 年的看涨的价格为 $c_A(T_2)=c_A(12\text{个月})=\$3$。利用这种情况，通过卖出相对被高估的 6 个月看涨获得 \$3.50，买入相对被低估的价值 \$3 的 1 年期看涨，将剩下 \$0.50。
- 如果 $c_A(6\text{个月})$ 在到期之前被行权，对 $c_A(12\text{个月})$ 的期权行权以满足卖出看涨条款。并且你仍旧持有 50 美分。
- 如果 $c_A(6\text{个月})$ 没有被行权，你可以通过卖出 $c_A(12\text{个月})$ 获得更多的钱，这里还剩下 6 个月，或者你可以坚持持有这个看涨期权。记得我们需要证明的是我们可以获得套利利润——不需要论证怎样最大化利润。
- 用符号代替数字以确立这个结论。

到期时间长的欧式看涨期权不需要比到期时间短的相应期权价值更高。你可以很容易地在反例中看到这一点。考虑基于 OPSY 股票的 6 个月和 12 个月的欧式看涨有相同的敲定价格 $20。假设今天我们知道股票将会支付清算性股利并且一年后它的价值为 0，但是并不会提前支付股利。那么 c(12 个月)=0。但是 c(6 个月)>0，因为 6 个月后 OPSY 的股票收盘价可能高于 $20。这是正确的，因为股票今日的价格为 $22.50。如果我们知道它的价格在未来 6 个月的时间内不会超过 $20，那么为避免直接套利，它今日的价格一定小于 $20。注意股东并不会吃惊，因为由于清算性股利他们并没有遭受任何损失。因为美国并不保护期权发放现金股利，所以，只有看涨期权的持有者会损失。

结论 16.8b 对欧式看跌期权也不需要成立。我们用一个例子来说明。一个曾在内布拉斯加大学教过金融课程的资金经理在 2008 年给他公司股东的信中使用了以下 100 年期的看跌期权的例子。他的名字？沃伦·巴菲特。

当 OPSY 股票的价格为 $22.50 并且敲定价格为 $20 时，考虑三个在价外状态的欧式看跌期权的价格。这些期权当中的某一个将会立即到期。看跌的价格明显为 0。或者，如果期限为 6 个月，这个期权会有 $0.50 的溢价，就像我们的 COP 数据给出的(或者其他一些大于 0 的数字，因为 6 个月的时间可能会发生很多事情影响股价)。现在考虑一个期限着实长的长期欧式看跌期权。利用结论 16.4b，如果利率是 5%，当期限为 100 年时，$20 的贴现值为 $0.134 8。具有较长到期时间的欧式看跌期权比起 6 个月到期的期权会有更小的价值。通过考虑在虚值状态的短期看跌和长期看跌期权(两者都接近于 0)，你可以看到欧式看跌的溢价并不一定随着到期时间的延长而增加。

16.6 美式期权的提前行权

尽管一些交易商并不为提前行权而烦恼，然而专业交易者通常会提前行权，当这样做是最好时。提前行权是很重要的，因为如果最佳时刻你不行权，你就把利润赠送给了卖方。实证研究已经发现了理性和非理性的提前行权的例子。拓展 16.4 讨论了一些这方面的研究。

以下两个简单的规则服务于最佳提前行权策略。①

结论 16.9

提前行权的拇指规则

9a. 美式看涨的价格第一次等于股票价格减去敲定价格时，行使期权：

$$c_A = S - K \tag{16.15}$$

9b. 美式看跌的价格第一次等于敲定价格减去股票价格时，行使期权：

$$p_A = K - S \tag{16.16}$$

第一次提前行权是最优的，交易期权的价格将等于它行权的价值。这些结论独立于股票价格演变和股利分配政策。然而，它们依赖于市场是无套利且运行良好的这个假设，

① 这些规则最优性的正式证明包括解决最优停止问题；参见 Jarrow 和 Protter(2008)。

这种情况下 c_A 和 p_A 反映的是“真实”的期权价格。注意若没有产生套利机会，期权的价格不可能严格地小于式(16.15)或式(16.16)(因此相等)。

利用这些拇指规则很容易决定什么时候提前行权。仅仅随着时间同时监视股票的价格和期权的价格就行。如果满足这个表达式，那么行权；否则，不行权。遵循这些简单的拇指规则将为你的期权仓位产生最大化的价值，并且挫败那些希望期权被非理性地行权的专业交易商(请看拓展 16.4)。

拓展 16.4 平价关系、价格约束和提前行权的研究

在本章的前面，我们检验了平价关系背离，并且讨论了拉蒙特和泰勒(Lamont and Thaler, 2003)，他们记录了一些股票通过股票分拆上市背离了平价关系。欧菲克等(Ofek et al., 2004)发现平价关系的背离依赖于卖空限制。这些论文都认同市场缺陷，在这里我们的假设和结论就都不再适用。

许多学术论文已经研究了期权价格约束和限制的背离。例如，巴塔查里亚(Bhattacharya, 1983)的早期研究中利用交易数据发现了小且罕见的理性约束条件的背离。很多论文已经研究了最优行权策略。例如，菲纽肯(Finaucane, 1997)的研究调查了 1988—1989 年两年间的股票看涨期权，发现大约有 20%提前行权而不是在除息日(正如我们前面解释过的，这个时候你不希望提前行权发生)。尽管他发现大多数不分红的相关提前行权可以用交易成本来理解，但是他得出结论，即很多期权出现了被非理性行权的现象。

很多看涨期权的所有者忽视了在除息前行权，即使这样做是最优的。豪等人(Hao et al., 2010)估计在 1996—2006 年间，超过 40%的在美国交易所交易的股票期权理应被最优地行权，但却没有。有一些做市商和套利者看到了这种情况，当看涨的所有者留下未被行权的期权时他们则利用股利把戏(或股利价差套利策略)拿起桌上剩下的钱。

一个股利把戏可以用几种方法来实现。策略是在股票附有股利的最后一天实施，即股票除息的前一天。注意如果所有的看涨期权都被最优地行权，那么所有的看涨期权都会从市场上消失！但是如果有交易者在最优时不行权，这些未行权的看涨的价值就会下降。交易者通过在公司除息前一天卖出看涨，然后在股票已经除息、看涨价值下跌后再买回看涨来利用这种价格模式。而且，他们可以通过交易股票给他们的仓位进行无风险对冲，这个策略我们会在第 20 章讨论。

另外一个股利把戏策略的复杂版本包含做市商之间互相交易以在同一个期权中建立买空和卖空看涨的仓位。随着买空和卖空相抵消，仓位是无风险的并且不需要资本投资。这些做市商行使他们所有的买入看涨期权。买入股票仓位使得他们能获得股利。之后，他们以便宜的价格买回一些未被行权的看涨期权(请参见《玩期权？首先要精通——复杂的看涨期权交易所让老练的交易商与散户在此博弈》，《华尔街日报》，2009 年 10 月 20 日)。

16.6.1 无股利

让我们从基于 OPSY 的美式期权开始，这里股票不支付任何股利。我们的第一个结论如下。

结论 16.10

基于无股利股票的美式期权的提前行权

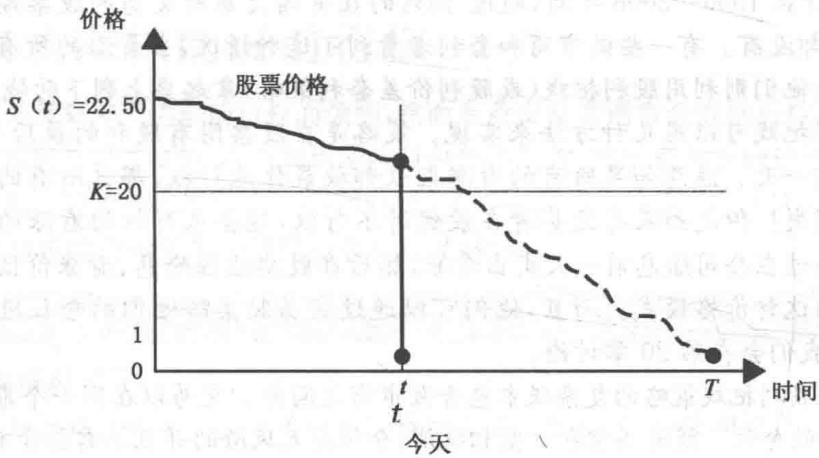
假设在期权整个期限内股票不支付股利。

10a. 美式看涨变成和欧式看涨一样，它不应该被提前行权。

10b. 如果股票价格相对于敲定价格而言足够小并且时间快到到期日，那么美式看跌应该被行权。

为了证明结论 16.10a，让我们考虑下如果提前行权的话，看涨的价值会发生什么变化。如果你在美式看涨到期前行权，你在行权日 t 会得到：$[S(t)-K]=[S(t)-20]$ 美元，这里 $S(t)$ 是 OPSY 的股票价格，$K=\$20$ 是敲定价格。相反，如果你卖掉看涨期权，结论 16.5 确保你至少会得到 $[S(t)-BK]=[S(t)-20B]$。这是一笔更大的金额，因为零息债券的价格 B 小于 1。所以不要行使美式看涨期权——你的仓位的市场价值更大。如果你不想持有期权，卖掉它，不要行权。

第一次看到结论 16.10a 可能很难相信。为了理解为什么它是正确的，让我们做一个理想化的实验。考虑持有一个基于 OPSY 的美式看涨期权，当股票交易价格为 $\$22.50$ 时敲定价格为 $\$20$。期权在一年后到期。现在，假设市场上的每个人（包括你自己）都相信股票将会暴跌，一年后仅值 $\$1$（请看图 16.6；股票价格暴跌由虚线表示，从今日 t 时刻开始）。你不应该今天行权吗？毕竟，如果你持有它一直到到期日，它将会价值 0 美元，而如果你在今日行权，你会得到 $\$2.50$。



如果每个人相信虚线，股票现在会下跌并低于 $\$1$

如果只有你相信虚线，不行权（得到 $\$2.50$），但是卖掉看涨以得到更多

图 16.6 结论 16.10a 的说明

答案是，是的，在这种背景下你应该今日就行权。但是这不和结论 16.10a 相矛盾吗？答案是不。原因是结论 16.10a 只有在无套利假设下才成立。我们最初的假设创造了一个即时套利机会，违背了结论的基础即无套利假设。确实，如果每个人都相信一年后股票价值 $\$1$，它今日的价格就一定小于 $\$1$ 而不是 $\$22.50$；否则，套利就是做空股票并在价格下降后再买回。

接下来，让我们来考虑一个相关的假想实验，它并不违背无套利假设。假设你有内部消

息(回忆我们早期的警告:这只是一个想象中的实验!),并且只有你知道股票将暴跌,一年后仅值$1。这里,因为只有你有这个消息,股票价格$22.50和无套利相一致。你不应该在今天行权看涨期权吗?答案是不。尽管你可以现在行权立即得到$2.50,但通过在市场上卖出它你可以赚得更多的钱。由结论16.2和结论16.5知美式看涨的市场价格超过$2.50:

$$c_A \geqslant c \geqslant S - BK = 22.50 - 20B > 2.50$$

因为$B < 1$。

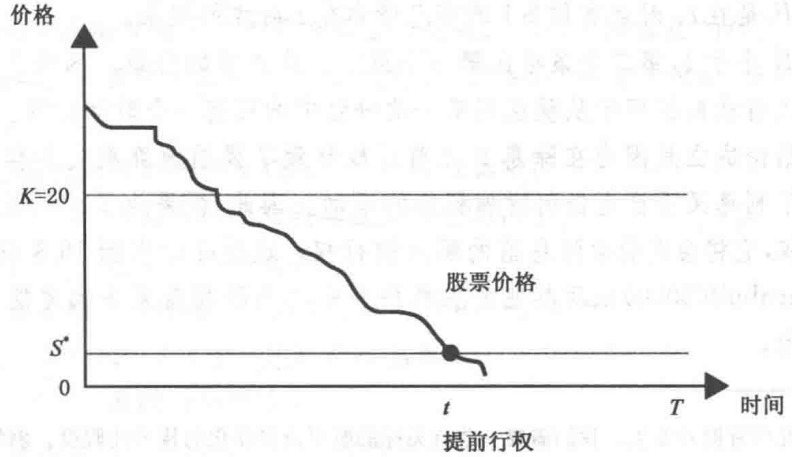
给出这些假想实验,我们现在能更好地理解结论16.10a。它表明你可以通过卖出OPSY看涨而不是行权赚得更多利润。因此,在期权整个期限内如果没有股利支付给股东的话,那么活着的看涨期权永远比死去的价值更高。不要行使这样的看涨期权:卖掉它。卖掉它!卖掉它!!

然而,看跌期权有不同的情况。不像看涨有不受约束的利润潜能,看跌的收益受限于敲定价格,最大化收益是可能的。这推出了结论16.10b。为了理解为什么结论16.10b是正确的,考虑下面这个假设的例子。考虑一个基于OPSY的6月期的原始看跌期权,2个月前开始。如果OPSY今天的股票价格为$S(t) = \$0.0001$,立即行权给出$K - S(t) = (20 - 0.0001) = \$19.9999$。如果利率$r$为每年6%,第二天把收益投资到货币市场账户得到

$$[K - S(t)]e^{rT} = [19.9999]e^{0.06\times(\frac{1}{365})} = \$20.003$$

等待一天然后决定行权最多得到$20,并且如果等待,股票价格可能上涨,甚至不一定有回报的情况也可能发生。所以今日提前行权是最优的。当然,挑选这个病态的例子是为了说明我们的重点,但是它确实证明了提前行权有时是最优的,如果股票价格足够低且利率足够高的话。

这个病态的例子也说明了另一个结论。很容易相信,随着股票价格上升,有一些股票的价格在S^*处时你并不关心它们今日是否被行权。S^*仅仅平衡了提前行权获得的收益的利息和股票价格下降更多的可能性(见图16.7)。这样的S^*现实中确实存在。遗憾的是,为了证明这个结论,也为了精确地确定S^*,我们需要股票价格演变的模型。这个分析将在第18章继续进行。现在,我们只能证明结论16.10b。



在价格S^*处,行权与否是无关的
低的股票价格从提前行权中给予高的收益

图16.7 结论16.10b的说明

16.6.2 股利和提前行权

股利改变了美式期权的最优行权决定。回顾当支付股利时，股票价格下降。我们把这个股利导致的价格下降描述为结论 3.1[①]：

$$S_{CDIV} = S_{XDIV} + div \tag{3.1}$$

这里 S_{CDIV} 指附有股利的股票价格，S_{XDIV} 指除息的价格，div 指的是股利的金额。研究提前行权最自然的位置就是股票除息时。这推出了我们的下一个结论。

结论 16.11

美式看涨行权的最优时间

提前行权的最优可能时间只能是股票除息之前。

接下来的例子运用结论 16.5 确立了这个结论。

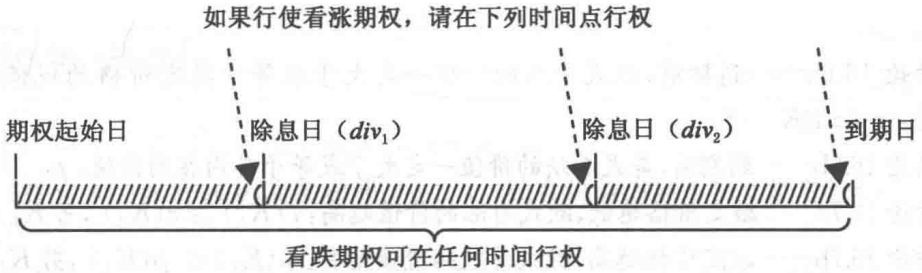
【例 16.6】 确立结论 16.11

- 考虑一个 6 月期的 OPSY20 看涨期权。让下一次的股利 div_1 在 t_1 时点被支付，即从今天(0 时点)开始后的两个月。你应该在接下来的两个月内的任意时点 t 行权吗？
- 考虑两种可能的策略：在 t 时点提前行权或者等至 t_1 时点行权。如果你在 t 时点行权，你的仓位的价值为 $S(t)-20$，但是如果你在 OPSY t_1 时点除息前的瞬间行权的话，即使期权处于价外状态，你仍会得到 $S_{CDIV}-20$。等待直到 t_1 时点行权的期权 t 时点现值为

$$S(t) - 20B$$

  这里 B 是在 t_1 时点支付 \$1 的零息债券在 t 时点的现值。
- 因为 B 小于 1，第二个策略比第一个策略给你更多的价值。因此在股票除息前行使美式看涨期权好于从现在到第一次分红中的任何一个时间行权。
- 这个结论成立是因为在除息日之前行权导致了提前放弃敲定价格——这是一个损失了利息又不产生任何附加利益的举动。因此，如果为了得到股票的股利而提前行权，它将会在股票除息前的瞬间被行权。这被描绘在图 16.8 中。参见 Jarrow 和 Turnbull(2000)以及其他金融教科书中有关股利需要多大才能激发提前行权的讨论。

① 这种情况也有例外发生。我们需要一些有关标的股票价格变化的技术性假设。例如，如果股票价格遵循对数正态分布，这构成了布莱克—斯科尔斯—默顿模型的基础，结论(3.1)就成立。例如，如果股票价格允许离散跳跃而且这种跳跃发生在和股票除息相同的时间，该结论就不成立；参见 Heath 和 Jarrow(1988)正式的讨论。



如果提前行使一个美式看涨期权，在股票除息前行使；美式看跌可以在任何时间行权（但是股利往往导致行权的推迟）

图 16.8 行使美式期权的时间轴

有关看跌期权提前行权的结论又如何呢？看跌期权可以提前行权，即使没有股利。因为股利会导致股票价格进一步下降，它们的存在可能会推迟行权。为得到更精确的观点，我们需要模型化股票价格的演变。再次说明，我们将在之后的章节解决这个问题。

本章小结

1. 欧式期权平价关系（参见结论 16.1）规定看涨的价格加上敲定价格的现值等于股票价格加上看跌的价格，或者 $c+BK=S+p$，这里 B 是在期权共同的到期日支付 1 美元的零息债券今日的价格，K 是共同的敲定价格。

2. PCP 有大量的应用：

—PCP 可以用来创造一个合成期权、股票或者债券。

—PCP 可以很容易地被修改以调整已知的股利。

3. 期权价格满足利用无套利原则得到的限制。这些定理磨炼了直觉且增强了理解，万一违背的话会导致套利，并形成理解提前行权的铺路石。

4. 期权价格限制可以通过以下几种不同的方法确立：(1)收益曲线图解法；(2)套利交易表的方法，现金流会被记录其中并没有套利结果；(3)强力胶理论的观点，我们以此命名用来比较原始证券和其他方面都相同的“受约束”证券，之后通过论证“少的不可能更具价值”以证明结论。

5. 一些可能支付股利的股票期权价格的特性如下：

—结论 16.2——美式期权比欧式期权价值更高：$c_A \geqslant c$ 和 $p_A \geqslant p$。

—结论 16.3——看涨价格约束：

3a. 美式看涨期权的价格小于或等于股票价格：$c_A \leqslant S$。

3b. 当股票价格为 0 时，看涨期权价格也为 0。

—结论 16.4——看跌价格约束：

4a. 美式看跌价格小于或等于敲定价格 K：$p_A \leqslant K$。

4b. 欧式看跌价格小于或等于敲定价格的现值：$p \leqslant BK$。

—结论 16.5——到期前，欧式看涨的价格大于股票价格减去敲定价格现值的差：$c \geqslant$

$S-BK$。

—结论 16.6a——到期前，欧式看跌的价值一定大于或等于敲定价格的现值减去股票价格的差：$p \geqslant BK-S$。

—结论 16.6b——到期前，美式看跌的价值一定大于或等于其内在的价值：$p_A \geqslant K-S$。

—结论 16.7a——敲定价格越低，欧式看涨的价值越高：$c(K_1) \geqslant c(K_2)$，若 $K_1 < K_2$。

—结论 16.7b——敲定价格越高，欧式看跌的价值越高：$p(K_1) \leqslant p(K_2)$，若 $K_1 < K_2$。

以上这些结论对美式期权也成立。

—结论 16.8——期权价格和到期时间：到期时间越长，美式看涨或看跌会有更高的价格。

8a. $c_A(T_1) \leqslant c_A(T_2)$ 若 $T_1 < T_2$

8b. $p_A(T_1) \leqslant p_A(T_2)$ 若 $T_1 < T_2$

然而，这个结论对欧式看涨或看跌并不成立。

6. 提前行权的考虑开始于以下结论：

结论 16.9a——美式看涨的价格第一次等于股票价格减去敲定价格时，行使期权：$c_A = S-K$。

结论 16.9b——美式看跌的价格第一次等于敲定价格减去股票价格时，行使期权：$p_A = K-S$。

7. 股利在提前行权的决定中起着关键的作用：

—假设在期权生命期内股票不支付股利。

结论 16.10a——美式看涨变成和欧式看涨一样。它不应该被提前行权。

结论 16.10b——如果股票价格相对于敲定价格来说足够小并且时间快到到期日，那么美式看跌应该被行权。

—没有市场摩擦，股利造成股票价格下跌，下跌幅度等于股利的金额（结论 3.1）。这可用来以确立以下结论：

结论 16.11——提前行使美式期权的最优可能时间只能是股票除息之前。

看跌可以甚至是在没有股利时提前行权，但是股利很有可能会延迟提前行权。

案例分析

波士顿地产（Boston Properties）（A 和 B）（哈佛商学院案例 211018 和 211041-PDF-ENG）。此案例介绍了期权定价、收益曲线，以及一价定律，并解释了套利和无套利约束。

史密斯（Smith）、巴尼（Barney）和哈里斯公司（Harris Upham and Co. Inc.）（达顿商学院案例 UV0074-PDF-ENG，哈佛商学院出版社）。此案例从交易商的角度介绍了平价关系，并检查了期权市场上套利的实际情况。

洛杉矶的无眠之夜（Sleepless in L.A.）（毅伟商学院基本案例 905N11-PDF-ENG，哈佛商学院出版社）。此案例讨论了布莱克—斯科尔斯—默顿期权定价模型、隐含波动性的概念和平价关系。它也说明了期权定价是如何用来为陷入财务困境的公司评估公司债务的价值的。

习题和思考题

接下来的两个问题都基于以下欧式期权的数据：

看涨价格＝$5，每年无风险复利率 $r=5\%$，股票价格 $S=\$55$，敲定价格 $K=\$55$，到期时间 $T=1$ 个月。

1. 如果看跌价格 $p_Q=\$9$，那么说明怎样在这个市场上获得套利利润。

2. 假如在这个市场上不允许卖空股票。你仍旧能赚得套利利润吗？解释你的答案。

3. 以下数据满足欧式期权平价关系吗？如果不满足，说明你怎样创造一个证券投资组合以产生套利利润。看涨价格＝$6，看跌价格＝$3，股票价格 $S=\$102$，敲定价格 $K=\$100$，到期时间 $T=3$ 个月，年无风险复利率 $r=5\%$。

4. 在一个单一已知日期你怎样为已知的股利调整平价关系？

5. 在单一已知股利的情况下证明欧式期权的平价关系：

$$c+PV(Div)+K\mathrm{e}^{-rT}=p+S$$

这里 S 是股票价格，K 是敲定价格，T 是期权到期期限，r 是无风险利率，c 是欧式看涨价格，p 是欧式看跌价格，$PV(Div)$ 是股利现值。

6. 利用平价关系，给出 $c=\$2$，$PV(Div)=\$1$，$p=\$1$，$S=K=\$100$，$r=5\%$ 每年，$T=0.25$ 年，你能赚得套利利润吗？请解释。

7. 解释看跌期权（敲定价格为 K，到期时间为 T）和一个 T 期的确保股票价格为 K 美元的保险单之间的关系。

8. 不同的国家，不同的风俗，不同的市场行为！假设你到一个国家，那里拥有内部信息的交易者可以很容易地进行交易。在那里，你有内部信息，即股票价格一定会上涨（它不会有下跌的可能），并且利用内部信息进行交易是合法的。你使用的最好的策略是什么？

9. 在金融市场上平价关系永远成立吗？如果不是，那么请给出一些为什么不成立的理由。

10. Palm 公司期权开始交易这天，股票价格严重违背了平价关系。描述并解释为什么会发生这种情况。

11. a. 拉塞尔·塞奇是怎样规避纽约州高利贷取缔法的？

b. 塞奇是怎样利用平价关系克服那些市场限制的？

c. 你能把塞奇的行为与著名的经济学家对什么驱动了金融创新的观点联系在一起吗？

12. 行权价格越低，看涨期权价值越高这句话是正确的吗？解释你的答案。

13. 以相同股票为基础，有相同到期期限的欧式看跌期权，如果敲定价格增加，价值更多还是更少？解释你的答案。

14. 到期期限越长，美式看跌价值越低，这是正确的吗？解释你的答案。

15. 你能从下面欧式看涨期权中赚得套利利润吗？如果可以，那么给出两种套利的例子，简要地说明证券投资组合的构建和不同的现金流量。股票价格为 $40。

敲定价格	到期月份		
	4月	7月	9月
35	1	6	3
40	2	5	6

16. 下面给出的是基于现价为 $100 的股票的美式看跌期权价格：

敲定价格	到期月份	
	3 月	6 月
95	1	11
100	7	5

构建三个证券投资组合以获得套利利润，说明每种投资组合的现金流。

17. 下面给出的是基于现价为 $100 的股票的美式看涨期权价格：

敲定价格	到期月份	
	3 月	6 月
95	11	10
100	8	8
105	2	5

构建三个证券投资组合以获得套利利润，说明每种投资组合的现金流。

18. 如果欧式看涨是基于一个从来不支付股利的股票，你会提前行权吗？解释你的答案。

19. 如果美式看跌是基于一个从来不支付股利的股票，你会提前行权吗？解释你的答案。

20. a. 是否存在一个简单的拇指规则，让你可以利用它得知何时提前行使美式看涨期权吗？如果是，那么请解释这个规则。

b. 是否存在一个简单的拇指规则，让你可以利用它得知何时提前行使美式看跌期权吗？如果是，那么请解释这个规则。

▶17

单期二项式模型

17.1 引言

“在夏威夷时我曾经被带去参观了佛寺,”物理学家理查德·费曼(Richard Feynman)在《万物之一:一个公民兼科学家的思考》中写道,“在那个寺庙中一个人说,……‘每个人都被给予了天堂大门的钥匙。这同样是打开地狱之门的钥匙。’”[①]衍生工具可被视为这种钥匙。当2007年的金融危机袭击包括美国在内的很多国家时,大量的评论员,甚至是外界公众,都把责任归咎于衍生工具。确实,信用评级机构不能正确地给复杂的金融衍生工具评级,并且这些衍生工具所带来的损失击垮了很多金融机构。相反,由于金融衍生工具通过把风险从害怕它的人那里转移至从中受益的人那里而改善了经济福利,衍生工具市场的增长受到大家的推崇。而且衍生工具帮助解决金融问题。在金融危机期间政府甚至利用它们来解决危机。

例如,美国财政部在金融危机期间实行问题资产救助计划(TARP),承担了“7 000亿来救助金融系统,”国会监督小组的7月(2009年)监督报告中写道,“TARP的偿付,包括对认股权证的回购。”TARP购买有“问题资产”压力的银行的股票,但另外,他们收到10年期的认股权证。认股权证是看涨期权——衍生工具!在银行恢复之后,美国政府会以“公允价格”把这些认股权证回售给银行或者其他机构,这个“公允价格”借助于布莱克—斯科尔斯—默顿模型(BSM)和二项式模型来决定。通过这样做,他们实际上是获利的。注意对二项式模型的运用!

本章以理解期权定价的重要原理为视角提出了单期二项式模型。我们提供了一个说明性的例子,给出了模型的直觉,并且陈述了必要的假设。为了给期权定价,我们利用股票和货币市场账户构建了一个有相同收益的合成期权。这把我们带到了鞅定价和风险中性定价中,这些构成了现代理论的核心,同时能使我们理解后面更复杂的期权价格模型(OPMs)。第18章把本章拓展至了多期定价,并且使二项式模型更加实用。之后的两章

① 理查德·费曼,1998年。《这个不科学的年代》(*The Meaning of It All: Thoughts of A Citizen-Scientist*)。雷丁,马萨诸塞州:波尔休斯图书,6。

采用相似的方式：第 19 章介绍 BSM 模型，第 20 章讨论模型的实际运用。

17.2 二项式模型的应用

在费希尔·布莱克、麦伦·斯科尔斯和罗伯特·默顿于 1973 年提出欧式期权的解析定价模型之前，期权定价一直困惑着学术界。模型推导的数学基础是较难的。诺贝尔奖获得者威廉·夏普(Sharpe，1995，p.185)曾写道：

> “举足轻重的布莱克—斯科尔斯期权定价方程式的基础对我来说是很难理解的，而且几乎是不可能解释的，因为它是建立在连续过程的较难的数学之上的。当然，我认为，一定存在离散时间、离散状态的对应。幸运的是，这确实存在，而且，数值试验表明从二项过程中所得到的数值随着离散数据的进一步增加很快地收敛于连续状态下的值。我在 1978 年的教科书中提出了这个(二项式)方法。”

正如夏普指出的，为了更简单地推导出模型，人们可以利用二项式模型然后取极限值。尽管二项式模型在出版前就已经在麻省理工大学(MIT)和其他地方被作为教学工具使用了，但是它第一次出版却是在夏普的经典著作《投资学》当中。之后，考克斯(Cox)、罗斯(Ross)、鲁宾斯坦(Rubinstein)、雷德曼(Rendleman)、巴特(Bartter)、加罗(Jarrow)和拉德(Rudd)提出了对二项式模型通俗的解释。

模型以二项式来命名来自假定的股价演变。从任何时间点开始，到下一段时间，股票的价格只能取两个可能值之一。这立即提出了两个问题：(1)我们为什么要对股价的变动做出假设呢？(2)假设股价只能取两个值，这合理吗？

最后一章明确地回答了第一个问题。那里我们尽可能地推进而没有给股价演变强加模型。尽管我们得到了很多结论，但是我们还是不能得到价格模型。人们需要对股价的演变假设一个模型，如二项式(我们将在本章和下一章这样做)或对数正态分布(第 19 章)，以此来提出精确的 OPM。

至于第二个问题，在每个时间点上股价确实采取两个值之一吗？不。但是我们需要从某处开始。我们从最简单的模型开始以方便理解，然后添加必要的复杂层次。简单的二项式 OPM 有一些吸引人的特点：

- 它近似于 BSM 模型。在多期树中二项式 OPM 可以在每个时点中重复。当参数被正确选择(参见拓展 18.1)并且模型在许多小的时间间隔中运行时，多期的二项式 OPM 定价近似于 BSM 模型的定价。
- 它阐述了鞅定价，这是衍生工具定价的核心理念。二项式的方法使用了“鞅定价”，这是一个强有力的定价技术。一旦你理解了这种方法，你会发现理解更复杂的 OPM 模型会变得更简单。
- 它提供了一个有用的数值逼近技术。二项式模型是一个通用工具，给出了数值逼近解的精确定价模型(如 BSM 模型)或者当没有显式解析解存在时(正如在美式看跌期权的情况下)提供答案。后面几章将介绍怎样利用二项式模型给利率衍生工具定价。甚至华尔街的交易商公司有时也会利用二项式定价模型的复杂版本。

17.3 期权定价模型简史

OPM 模型的历史有两个阶段：1973 年之前和 1973 年之后。

17.3.1 1973 年前的期权定价

巴舍利耶、萨缪尔森和伊藤 一切在 100 多年前就开始了，当一位年轻的法国数学家路易·巴舍利耶(Bachelier，1900)写了一篇题为《投机理论》的论文时，就提出了 OPM 的原型(参见巴舍利耶的小传)。尽管有一些缺点，但它仍旧是 BSM 模型的先驱。巴舍利耶是第一位提出股价随机游走模型的人。①但是命运是不公的，他在有生之年并没有得到应得的认可。②在巴舍利耶去世后的 10 年内，他的成果重新浮出水面并且影响了两个重要的领域。第一，它推动了期权定价领域的诞生。它吸引了保罗·萨缪尔森教授的注意，这位教授是美国第一位获得诺贝尔经济学奖的人(参见萨缪尔森的小传)。在 20 世纪 60 年代，萨缪尔森和其他人致力于完善巴舍利耶的模型(参见图 17.1 和表 17.1 中有关这一领域里程碑成就的摘要)。第二，巴舍利耶的成果激励了伊藤清(Kiyosi Ito)教授随机微积分的发展。这门数学在 BSM 模型的推导和之后数理金融的发展中得到了运用。

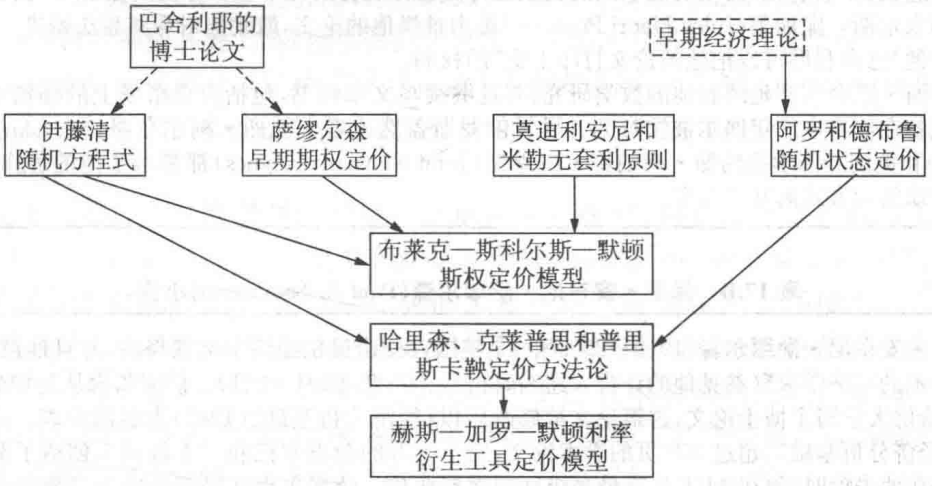


图 17.1 对布莱顿—斯科尔斯—默顿模型及之后的一些发展的影响

① 巴舍利耶是第一位提出股价随机游走模型的人，这一观点受到了巴黎大学弗兰克·约万诺维奇(Franck Jovanovic)和菲利普·勒加尔(Philippe Le Gall)的挑战。他们 1999 年的论文指出这份荣誉应属于法国经济学家朱尔斯·雷诺(Jules Regnault)(参见 Jovanovic and Le Gall，1999，p.362)。

② 在 20 世纪后期由于 1996 年巴舍利耶金融学会的建立，人们对巴舍利耶的工作重新产生了兴趣。学会的活动促进了“在随机过程、统计学和数学理论的应用下的金融原理”的发展。资料来源：www.bachelierfinance.org/。

表 17.1　期权定价模型历史上的一些里程碑

年　份	发　　展
1900	巴舍利耶提出了第一个 OPM 的模型
1950s	伊藤清提出了随机微积分和伊藤公式 莫迪利亚尼和米勒(M&M)提出了无套利原则 阿罗和德布鲁提出了随机状态定价
1960s	萨缪尔森和其他人完善了巴舍利耶的模型
1973	布莱克—斯科尔斯—默顿模型发表
1970s，1995	默顿(1974，1977)、加罗和特恩布尔(1995)提出有信用风险的衍生工具定价
1978—1982	二项式模型发表在夏普(1978)、考克斯等人(1979)、雷德曼和巴特(1979)以及加罗和鲁克文(1982)的著作中
1979 和 1981	哈里森和克莱普思(1979)以及哈里森和普里斯卡(1981)提出了鞅定价方法论
1987 和 1992	赫斯—加罗—默顿模型(在 1987 年提出，1992 年发表)，提出利率 OPM
1997	默顿和斯科尔斯——BSM 模型在世的合作者，获得了诺贝尔经济学奖

表 17.A　路易斯·吉恩·巴普蒂斯特·阿方斯·巴舍利耶(Louis J.B.A.Bachelier)小传

路易斯·吉恩·巴普蒂斯特·阿方斯·巴舍利耶(1870—1946 年)出生在法国勒阿弗尔一个受人尊敬的中产阶级家庭里。他的外公是一名银行家和诗人。他的父亲是一名酒商、委内瑞拉副领事和业余科学家。在他的父母去世后，路易斯成为了家族企业巴舍利耶公司的负责人，这使他开始熟悉金融市场这个世界。

路易斯·巴舍利耶在享有盛名的巴黎大学学习数学。科特尔特(Courtault)等人(2000，p.344)评论他的博士论文《投机理论》(写于 1900 年 3 月 29 日)可以被看作"数理金融的起源和例如布朗运动、马尔可夫过程、扩散过程，甚至功能空间的弱收敛等随机微积分的几个重要分支的起源"。巴舍利耶的数学老师朱尔斯—庞加莱(Jules Henri Poincare)极力推崇他的论文，鼓励他对那些想法做进一步研究，并且给予他"巴舍利耶可以把他的论文打印上交"的权利。

路易斯·巴舍利耶延续着他的数学研究，并且继续写文章和书，包括股票市场上的畅销书。巴舍利耶的成就在他有生之年偶尔被注意到。尽管俄罗斯盖然论者安德烈·柯尔莫哥洛夫(Andrei Kolmogorov)和英国经济学家约翰·梅纳德·凯恩斯(John Maynard Keynes)都参考了他的著作，但他还是以相对黯然的方式离开了人世。

表 17.B　保罗·安东尼·萨缪尔森(Paul A. Samuelson)小传

保罗·安东尼·萨缪尔森(1915—2009 年)是美国首位诺贝尔经济学奖获得者，并且他被奉为"20 世纪最学术的经济学家"(参见他的讣告，《纽约时报》，2009 年 12 月 14 日)。萨缪尔森从芝加哥大学毕业后，在哈佛大学写了博士论文，这篇论文被修改后以《经济分析基础》(1947)为名而发表。这本有影响力的《经济分析基础》、超过 500 页的学术论文、成千上万的杂志专栏和一本教科书创造了萨缪尔森的辉煌。在他去世时，他在 MIT 享有最高级别的教授职位。萨缪尔森在经济学的很多领域内都留下了他的印记：显示偏好、福利经济学、贸易利益、公共产品、要素比例的贸易理论、汇率、国际收支平衡、世代交叠和随机游走金融(《无与伦比的经济学家》，2009 年 12 月 15 日，http://krugman.blog.nytimes.com/2009/12/15/the-incomparable-economist/)。然而，许多人都认为萨缪尔森的教科书《经济学》是其最大的成就。《经济学》在 60 多年间惊人地卖出了 400 万本，且有 18 个版本。

保罗·萨缪尔森也影响了数理金融，这个故事由加罗和普罗特(Jarrow and Protter，2004)记录。在 20 世纪 50 年代中期，统计学家吉米·萨维奇(Jimmie Savage)偶然读到了巴舍利耶的著作并且向萨缪尔森介绍了这本书。萨缪尔森评论道："巴舍利耶的脑海里似乎已经有了些什么，但是怎么这么一根筋！"萨缪尔森对期权定价的主要贡献是他的两篇论文(Samuelson，1965a，1965b)和一篇与罗伯特·默顿合作的论文(Samuelson and Merton，1969)。这些论文提出了几种有影响的观点：

（续表）

—在巴舍利耶假定股价随机游走后，萨缪尔森(1965b)证明了股价一定会随机波动 65 年。我们在拓展 6.1 中讨论过萨缪尔森对有效市场假说的贡献。 —萨缪尔森(1965a)和萨缪尔森与默顿(1969)提出了利用需要评估风险溢价的均衡模型给认股权证定价的方程式。

表 17.C 伊藤清(Kiyosi Ito)小传

伊藤清(1915—2008 年)提出了随机微积分(或者伊藤公式)，这使用了传统微积分、概率论和随机过程理论中的概念。他的研究发现被应用在许多领域，包括工程学、遗传学和数理金融。伊藤的观点对布莱克—斯科尔斯—默顿的派生模型是十分重要的。随机微积分在数理金融的发展上一直起着至关重要的作用。 伊藤从著名的东京大学毕业后为日本政府统计局工作(1938—1943 年)，在那里他把所有的空闲时间都用来研究概率。在美国、法国和俄罗斯的数学家们的成果之上，伊藤设计出了随机微分方程。之后，他进入了名古屋大学，从东京大学获得了博士学位(1945 年)，并作为教授把职业生涯的大部分时间奉献给了京都大学(1952—1979 年)。 他与很多合作者一起工作，并且花费时间去拜访国外的大学。他的合作者之一，MIT 的丹尼尔·斯特鲁克(Daniel Stroock)教授评价道(参见伊藤的讣告，《纽约时报》，2008 年 11 月 23 日)："伊藤有极强的好奇心，无论是在数学理论还是世界大事或者钉马掌上。"讣告记录伊藤学习了中文、德语、法语和英语，但是"他掌握它们作为书写语言而不是交流语言"。 伊藤清在很少有数学家研究概率论时进入了这一领域。最终，他的成果得到了全世界的认可。伊藤被授予很多专业的荣誉，包括以色列沃尔夫奖和日本的京都奖，并且他是第一位获得德国高斯奖的人。

布莱克—斯科尔斯—默顿模型的基础 艾尔弗雷德·丁尼生勋爵(Lord Alfred Tennyson)在诗歌《洛克斯利大厅》的旁白中感叹道："科学在进步，但是很慢，很慢，不知不觉便从一个点到另一个点上。"这对期权定价而言是真实的。第二次世界大战后的数十年，经济学家们改进了巴舍利耶的模型并为 BSM 模型做好了准备。早期的改进包括以下几点：

- *股价的对数正态分布*。由于萨缪尔森(和物理学家 M.F.M.Osborne)提出的对数正态分布避免了负的股价的可能，因此，它能比正态分布(巴舍利耶使用的)更好地描述股价。
- *无套利原则*。尽管套利已经被广泛地运用在股票、期权和外汇市场好几百年了(参见 Nelson，1904)，但莫迪利亚尼和米勒(Modigliani and Miller，1958，1961)在公司金融的研讨论文中成功地把无套利原则应用在学术环境中。无套利是 BSM 模型基础中一个关键的假设。读者在本书的前面部分已经看到过这个原则。
- *股票期权的套期保值*。这种观点在现实中已有很长的历史。纳尔逊(Nelson，1904)描述了期权卖方怎样在复杂的伦敦期权市场上套期保值："直接购买与所卖出看涨期权相对的一半股票。"在索普和卡索夫(Thorp and Kassoouf，1967)的书中，他们的数学方法使用了相同的观点，并且成为"完美对冲"观念的先驱，而这个观点是罗伯特·默顿提出 BSM 模型的核心基础。

17.3.2 1973 年及之后的期权定价

在 20 世纪 60 年代末，两位年轻的博士，费希尔·布莱克和麦伦·斯科尔斯，共同合作研究期权定价。与此同时，保罗·萨缪尔森的博士生罗伯特·默顿，也开始研究同样的问题。把以上三位的观点结合，就看到了 1973 年布莱克—斯科尔斯—默顿模型的发表(第

19 章提供了更详细的历史),这为今天的 OPM 模型打下了基础。他们的成果不仅在金融方面而且在经济领域都是杰出的成就。

在 1973 年这个分水岭之后,大量的 OPM 产生,建立更好的定价模型的竞赛就开始了。这些模型为不同种类的衍生工具定价并且放开了 BSM 模型的假设。这种竞赛以丝毫不减弱的热度一直继续到今天。

为什么要开发更好的 OPM 呢? 这里有很多的理由。期权交易所的开放和场外期权交易的扩张引发了人们对更好的套期保值的需求。经纪人和交易商需要 OPM 来制定有效的市场。随着固定汇率制的布雷顿森林体系的终结,宏观环境发生了大的变化,这需要人们进一步推进 OPM。通货膨胀率的上升和固定利率的结束增加了市场的波动性。这些增加的波动性引发了市场对衍生工具对冲风险的需求。投资银行成为了狂热的创新者,开发出了一系列吸引人的利率衍生工具以更好地满足客户的需求并赚取利润。要为这些衍生工具套期保值,就需要新的 OPM。

OPM 的延伸可以被归为以下五类:

(1) *改善 BSM 模型并针对不同的背景来利用它。* BSM 模型发表后不久,出现了大量的改善了原型的模型。它们包括布莱克给商品交易合同定价的模型和罗尔(Roll)给附有股利的美式期权定价的模型(参见 Jarrow and Turnbull, 2000)。股价的演变被加以归纳,并且如卖空限制和交易成本这种市场缺陷也被包括在内。

(2) *包括一个随机利率期限结构。* BSM 模型的一个主要缺陷就是恒定利率假设。早期对利率期权定价的尝试需要估计风险溢价(例如,Vasicek, 1977; Brennan and Schwartz, 1979),这使得模型很难运用。1992 年当赫斯—加罗—默顿模型(HJM)发表时就免除了估计利率风险溢价的需要。所有无套利利率的 OPM 都是特殊的 HJM 模型。[①] HJM 模型离散时间的初始形式是 Ho 和 Lee 模型(1986)。

(3) *严格的数学基础。* 哈里森(Harrison)、克莱普斯(Kreps)、普利斯卡(Pliska)和其他人推广了 BSM 模型里的数学。他们提出了鞅定价,不久后这就成为了使用最为广泛的衍生工具定价技术。它使用了状态应变性定价的概念,这来自阿罗和德布鲁的关于一般均衡的经典著作(1953, 1954)。

(4) *有信用风险的衍生工具定价。* 默顿(1974, 1977)用结构化方法开拓了有信用风险的衍生工具定价。加罗和特恩布尔(Jarrow and Turnbull, 1995)提出了一种可供选择的方法,即放开一些默顿方程式内在的限制假设。加罗—特恩布尔的方法叫做信用风险模型简化方式。参见第 26 章附加的讨论。

(5) *数值方法。* 随着更多复杂的定价模型的出现,在计算机上快速有效地计算出它们的价值的需要也相应显现。二项式模型是最早成功的数值模型之一(参见 Sharp, 1978; Cox et al., 1979; Rendleman and Bartter, 1979; Jarrow and Rudd, 1982)。其他的包括解决偏微分方程和蒙特卡罗模拟技术的数值模型。

为了理解期权定价理论,我们用一个例子开始说明这些重点。

---

① 巴克斯特和雷尼(Baxter and Rennie, 1996)指出:"在利率设定下,赫斯—加罗—默顿和布莱克—斯科尔斯模型一样是开创性的。通过关注远期利率,尤其是通过给出一个仔细的随机处理,它们创造了最普遍的(有限的)布朗利率模型。其他模型可能宣称是不一样的,但是它们仅仅是拥有不同符号的 HJM。"巴克斯特和雷尼的书为 HJM 模型做了很好的展示。参见本书第 23—25 章。

17.4 例子

这里，我们将通过一个例子来说明二项式期权定价方法。

17.4.1 二叉网格

首先探讨二叉网格的基本思想。

【例 17.1】 期望值(均值)和方差

- 考虑一个彩票有 0.01 的概率(1%的可能)支付 $100，支付 $0 的概率为 1−0.01=0.99(99% 的可能)。
- 这个彩票未来的结果被称作自然状态。为了方便起见，我们把事件“$100”标作上涨状态，把事件“$0”标作下跌状态。这两种可能的事件显示在二叉网格或二叉树中(请看图 17.2)，在那里收益 $100 被置于到达树的上面分支的叉点，然而 $0 收益被置于到达树的下面分支的叉点。

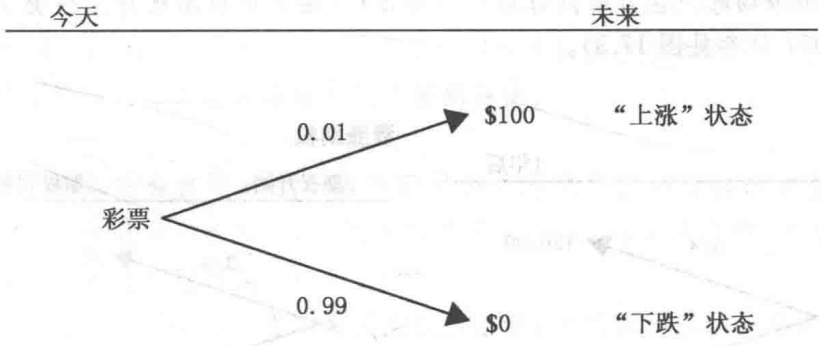


图 17.2 一个简单彩票的二叉树表现形式

- 彩票的期望值和方差通过标准技术计算出来。期望值(或均值)收益，

$$\mu=\sum_{i=1}^{2}(\text{事件 } i \text{ 的概率})\times(\text{事件 } i \text{ 的收益})$$
$$=(\text{事件 1 的概率})\times(\text{事件 1 的收益})+(\text{事件 2 的概率})\times(\text{事件 2 的收益})$$
$$=(\$100 \text{ 的概率})\times(\$100)+(\$0 \text{ 的概率})\times(\$0)$$
$$=0.01\times\$100+0.99\times0=\$1.00$$

收益的方差

$$\sigma^2=\sum_{i=1}^{2}(\text{事件 } i \text{ 的概率})\times(\text{事件 } i \text{ 的收益}-\text{平均收益})^2$$
$$=0.01\times(100-1)^2+0.99\times(0-1)^2$$
$$=98.01+0.99=\$99$$

标准偏差(或波动性)

$$\sigma\equiv+\sqrt{\text{方差}}=\$9.949\,9$$

均值衡量的是变量的平均值，方差衡量的是变量的波动性。我们经常使用标准差(s.d.或者波动性)，即方差的正平方根，因为它与初始观察值有相同的单位。在金融领域内做任何严谨的工作，均值和方差都是非常宝贵的。我们的 OPM 使用波动性 σ 作为主要的输入。通过利用标准统计工具，我们使用市场数据估计这些参数。真实世界的数据是自然而然产生的，因此利用实际概率得到结果(我们用 q 和 $(1-q)$ 各自代表股票上涨和下跌)。

17.4.2 单期的例子

例 17.2 展示了单期 OPM。

【例 17.2】 欧式看涨期权定价

- YBM 公司今日的股价 S 为 \$100(0 时点)。一年后(T 时点)，股价 $S(1)$ 可能上涨至 \$120.00，也可能下跌至 \$90.25。让股票上涨的实际概率为 $q=3/4$；那么 YBM 下跌的概率为 $(1-q)=1/4$。
- 考虑一个敲定价格 $K=\$110$、期限为 1 的欧式看涨期权。看涨在 1 时点的收益为 $\max[S(1)-100, 0]$，也就是说，若股价上涨则收益为 $10=\max[120-110, 0]$，若股价下跌则收益为 $0=\max[90.25-110, 0]$。
- 让货币市场账户在 0 时点每单位花费 \$1。在货币市场账户上投资 1 美元会涨至 \$1.051 3(参见图 17.3)。

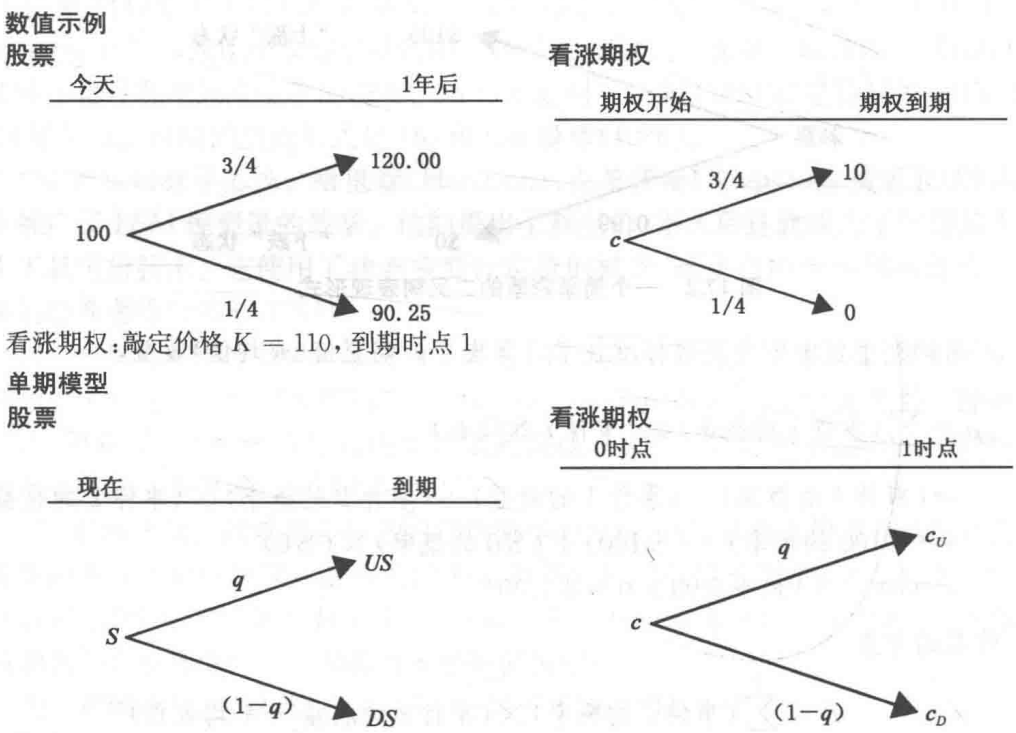


图 17.3 单期二项式示例及模型

构建合成看涨期权

- 用 m 股股票和 b 单位货币市场账户构建一个证券投资组合 V。它今日的价值为

$$V(0)=m100+b \tag{17.1}$$

- 我们希望选择这样的(m, b)使证券投资组合在 1 时点的收益 $V(1)$等于交易的看涨期权到期时的收益。如果满足以下两个方程,便成立:

$$m120.00+b1.051\,3=10 \tag{17.2}$$

$$m90.25+b1.0513=0 \tag{17.3}$$

- 解出这些方程式得到 $m=0.336\,1$ 和 $b=-28.85$,这里正值表示买入,负值表示卖出。我们把这个证券投资组合叫做合成看涨期权。
- 把解代入表达式(17.1)中得到 $V(0)=m100+b=\$4.76$。这是 0 时点合成看涨期权的构建成本。为了避免套利,这必须是市场上交易的看涨期权的现价 c。
- 有趣的是,期权价值的确定并没有使用实际的上涨概率值 $q=3/4$。这是一个很重要的结论。我们将简要解释原因。
- 注意表达式(17.1)同样也有套期保值的解释。如果你购买 $V(0)$(一个看涨期权)并且希望对冲股价风险,那么卖出 m 股股票。这就创造了对冲看涨投资组合 $V(0)-m100=b$,这是无风险的,因为这相当于在货币市场账户上持仓。在本章后面部分我们也将更全面地解释这个套期保值。

套利利润

- 当市场上交易的看涨期权的价格不同于合成看涨期权的价格时会发生什么呢?通过买入低价股卖出高价股,或者正如英国人所说,购买便宜的,卖出贵的,抓住这个机会并赚得套利利润。
- 假设一个商人错误地给交易的看涨期权报出 \$7 的价格。因为交易的看涨期权更贵,故卖出它然后购买合成看涨期权。让我们做做这个会计题,看能否实现。
  - —卖出价格为 \$7 的被高估的交易看涨,并且通过花费 \$33.61 购买 0.336 1 股股票和卖出货币市场账户得到 \$28.85 来购买被低估的合成看涨,卖出货币市场账户的净成本为 \$4.76。
  - —今日的现金流为 $+7-4.76=\$2.24$。这就是即时利润。
  - —你未来没有负债。如果股票到期时上涨,你作为交易看涨的卖方欠下 \$10。你作为合成看涨的买方会得到 \$10 作为补偿。二者正好抵消。如果股价到期时下跌,两种看涨都是无价值的。
- 如果交易商对看涨的报价为 \$3,则仅仅反向操作你的策略:购买交易看涨并同时通过卖出 0.336 1 股股票得到 \$33.61 和花费 \$28.85 购买货币市场账户来卖出更贵的合成看涨。你立即赚得 \$1.76,并且未来没有净风险,因为资产和负债完美匹配。

看跌定价

- 考虑一个敲定价格 $K=\$110$、期限为 1 年的欧式看跌期权。和看涨一样,创建一个证券投资组合以匹配在 1 时点时,若股票上涨看跌价格为 $\$0=\max(110-$

120，0)，若股票下跌看跌价格为 $19.75 = max(110 − 90.25，0)。这就产生了两个关于两个未知数(m，b)的方程：

$$m120.00 + b1.051\,3 = 0$$
$$m90.25 + b1.051\,3 = 19.75$$

- 解两个方程得到股票数量 $m = -0.663\,9$，货币市场账户需要 $b = 75.78$。
- 由于股票和看跌期权的价格以相反的方向变动，直觉上复制投资组合包括卖出股票和买入货币市场账户是有道理的。
- 欧式看跌期权的价格 p 等于 0 时点构建合成期权的成本，即，

$$V(0) = m100 + b = -0.663\,9 \times 100 + 75.78 = \$9.39$$

平价关系

- 或者，你可以利用欧式期权的平价关系得到看跌的价格：

$$\text{看跌价格} = \text{看涨价格} + \text{敲定价格现值} - \text{股价}$$
$$= 4.76 + 110 \times (1/1.0513) - 100 = \$9.39$$

任何其他的看跌的价格都会带来套利机会。

17.5 假设

请思考诺贝尔经济学奖获得者罗伯特·索洛有关增长理论的经典著作(Solow，1956，p.65)的开头：

> 所有的理论都取决于并非完全属实的假设。这就是之所以叫理论的原因。成功的理论艺术就是使不可避免的简化假设以一种不怎么影响最后结论的方式起作用。一个“关键的”假设就是结论敏感地依赖的那个，关键的假设是现实合理的，这很重要。尤其当理论的结果从一个特殊的关键假设得出时，如果假设是令人怀疑的，那么结果也是不可信的。

索洛的描述也适用于我们的 OPM 的基础假设。假设是理解和使用任何模型的关键。回顾一下我们在第 11 章中对持仓成本模型和其假设的讨论。我们需要那些相同的假设(假设 A1—A5)再加两条(假设 A6 和假设 A7)。一条是需要用来描述利率情况的，另一条是需要定义二项式股价变化的。为了强调和更好地理解这个模型，我们重复一下有关假设 A1—A5 的讨论。

A1. 无市场摩擦。我们假定交易没有市场摩擦，例如交易成本(经纪人的佣金、买卖差价)、保证金要求、卖空限制和税金(对不同的证券可能会征收不同的税率)。而且，资产是完全可分的。

这帮助我们创造了一个基准模型，稍后可以加上市场摩擦。另外，这对很多交易商的情况来说是个合理的近似。而且，政策的变化、监管的改革和信息技术革命已经大体上减少了市场摩擦。

A2. 无信用风险。我们假设没有信用风险。信用风险也被称作违约风险或者交易对手风险，即交易对手不能偿还其债务的风险。

对场内衍生工具来说没有信用风险是个合理的假设。然而场外交易衍生工具除非有足够的抵押品，否则可能存在大量的信用风险。

A3. 完全竞争且运作良好的市场。在完全竞争市场上，交易商购买或者出售不会影响市场价格；因此，交易商是价格的接受者。在一个运作良好的市场，交易商相信零概率事件，不会有价格泡沫。

完全竞争市场假设是现代经济的驮马。很多农产品和贵金属的现货市场、期货市场和远期市场都像完全竞争市场。当交易对手有市场定价权并且交易商可以操纵价格时，给证券定价是困难的。人们必须考虑讨价还价和策略间的相互作用，这些已经超出了本书的范围。

相信零概率事件，我们指的是交易商必须相信那些不可能发生的与股价变动相关的事件。例如，这个事件可能是“在两周的时间内股价超过 $1 000”。如果交易者不相信零概率事件，那么他们不可能达成把它看作套利机会的共识。这破坏了我们证明结论的主要工具(参见假设 A5)。

当资产的市场价格背离它的内在价值或基本价值时，就会发生价格泡沫。如果购买后你必须永远持有该资产，那么所支付的价格就是基本或内在价值。只有当人们相信卖出可以比永远持有该资产产生更高的价值时，市场价格和基本价值的差异才会出现。这种差异就是价格泡沫。近期的研究表明泡沫会使我们用来给期权定价的方法无效。然而，幸运的是，人们可以证明在离散时间二项式模型中没有价格泡沫的可能(参见 Jarrow et al., 2010)。

A4. 无期间现金流。很多资产会以收入或者现金流如股票股利和债券息票收入的方式回报其持有者。现在，我们假定基础资产在期权生命周期内没有现金流。下一章将会通过介绍股利说明怎样放开这个假设。

A5. 无套利机会。这是不言自明的。

这五个假设是第 11 章持仓成本模型中的假设的重复。接下来我们介绍另外两条推导二项式期权定价模型所需要的假设。

A6. 无利率不确定性。我们假设整个期间利率是恒定的。这个假设仅仅对于标的不是利率的短期期权成立。对于基础资产价格与利率变化相关的长期期权，例如外汇长期期权，则不成立。但是长期期权和利率衍生工具在今天的市场上非常重要，并且它们的定价对研究人员和从业者都是重大的挑战。本书的第四部分会放开这个假设。

回想买现卖期模型中我们并不需要这个假设。它并不是必须的是因为单期的背景下远期本来已经被定值了。然而，我们不久后就会介绍多期和连续时间模型，这些模型里债券投资有再投资风险。为了避免这个问题，我们假定恒定利率。在本书第三部分所有的 OPM 中都保留假设 A6。

A7. 二项过程。我们假定股票交易发生在离散时间点并且价格依据二项过程变化。对当前的股价，下一期的股价要么乘以上涨因子 $U>1$ 增加到更高的价值 $U\times$ 股价，要么乘以下跌因子 D 得到一个更低的价值 $D\times$ 股价。我们让 $q>0$ 表示上涨的实际概率。我们也假设 $U>D$。否则，我们就给上涨、下跌贴错了标签。

假设 A7 会在本章和下一章伴随我们。在 BSM 模型的背景下，它最后会被“连续交

易”的假设和股价依据“对数正态过程”变化的假设所取代。

17.6 单期模型

为了开发这个模型，我们采取一系列的步骤。首先，我们解释了例子中用到的无套利原则。其次，我们说明了怎样建立一个无套利的二叉树。接下来是股价的鞅表示，帮助我们呈现想象中的实体即伪概率。然后我们通过构建例 17.2 得到看涨的价格。最后，我们阐述期权定价的另一种视角即风险中性定价。下一章会把这个拓展到多期二项式期权定价模型，这近似于 BSM 模型。

17.6.1 无套利原则

我们总结一下之前确定期权价格的例子中使用的无套利原则。

- 我们认为市场上同时交易股票和期权。
- 到期日股价为两种可能的价格之一，期权也是这样，因为期权的收益完全决定于股票的最后价值和敲定价格。
- 我们创造一个有股票和货币市场账户的证券投资组合以匹配 1 时点期权的收益。这个复制的证券投资组合叫做合成期权。
- 依据一价定律——无套利原则——构建合成期权的成本一定等于交易期权的价格。
- 为什么它们应该相等呢？如果交易的期权和合成期权的价格不同(参见图 17.4)，那么你有两种方式获得相同的现金流。精明的交易商会通过买入便宜的期权并卖出昂贵的期权赚得套利利润，直到它们的价格相一致。
- 这个定价方法有一个有趣的副产品。这些期权中持有一个并卖出另外一个，这样构成的证券投资组合是完全无风险的。这是一石二鸟的：一举解决了定价和对冲的问题！

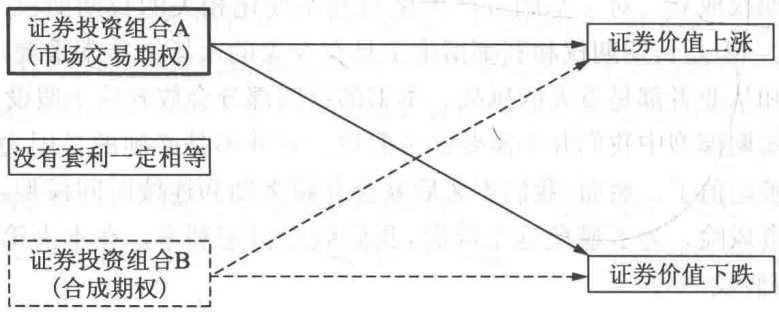


图 17.4 无套利原则

17.6.2 建立二叉树

我们需要一些符号来建立二叉树。今天是 0 时点，股价为 $S(0)$或 S。1 时点它可能

会上涨至 $S(1)_{UP}$ 或下跌至 $S(1)_{DOWN}$。我们记 $S(1)_{UP}=SU$，$S(1)_{DOWN}=SD$，这里正值 $U>D$ 各自被称作上涨和下跌因子(图 17.5 显示了股价路径在单期的树中是怎样的)。

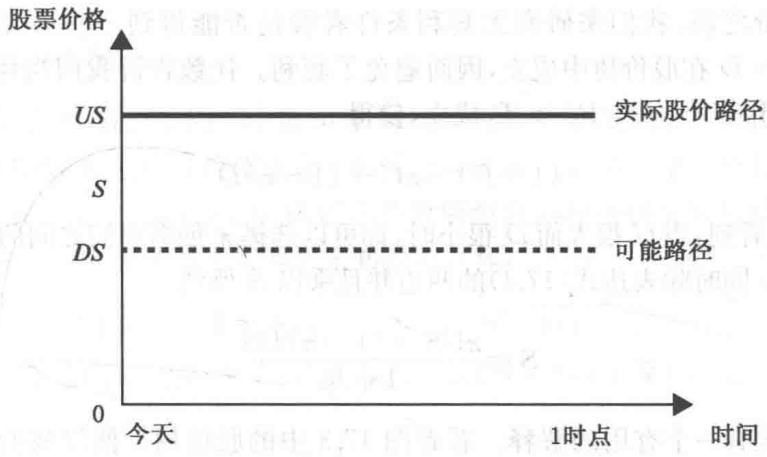


图 17.5 单期背景下的股价演变

这个多期二项分布模型具有排除负的股价的优点。而且，在多期的背景下，通过确保树枝重组使问题的分析更容易。为了减少混乱，我们把树上的货币符号去掉。

另外一种交易的证券是货币市场账户。它每期得到的是无风险利率。1 美元在每期期末时得到 $(1+R)=\exp(r\Delta t)=e^{r\Delta t}$，这里 r 是年连续复利率，Δt 是时间段的长度。在图 17.3 中，单箭头用来表示货币市场账户的价值，因为它赚取固定收益。

考虑一个敲定价格为 K、期限为 1 的欧式看涨期权。让 $c(0)$ 或 c 代表 0 时点的价值。给定看涨的约束条件，1 时点看涨的价值由 $\max[0, S(1)-K]$ 给出。当股价上涨时我们标为 $c(1)_{UP}=c_U$，当股价下跌时标为 $c(1)_{DOWN}=c_D$ (我们少用一些字母以减少混乱)。图 17.3 展示了二叉树例子下的这个模型。看跌的价值 p_U 和 p_D 可用相似方法加以阐述。

17.6.3 无套利树

普及了加勒比音乐的“卡利普索歌曲之王”哈里·贝拉方特(Harry Belafonte)曾经唱道：“在一个薄弱的基础上建造的房子不会屹立。”对于模型亦是如此。因为我们利用符合无套利原则的二叉树给期权定价，为了保持逻辑上的一致性，二叉树也一定是无套利的。否则，整个方法就坍塌了，就像一个没有坚实基础的房子。

一个简单的条件——上涨因子>货币收益率>下跌因子 $(U>[1+R]>D)$ 是在二叉树中避免套利利润的必要且充分条件(参见本章的证明附录)。这表明不论是股票收益还是货币收益都不能决定另一个，这对经济均衡来说是个必要条件——并且这符合直观的感觉。如果一种证券优于另一种，为什么投资于劣质资产呢？无套利条件这个共识添加起来是微不足道的并且很容易理解。同时这在多期二项式模型中也成立，而且可以被推广。例如，即使 U、$(1+R)$ 和 D 取决于树上的节点，相同的条件也一定对所有节点都成立。在本书的第四部分，当我们给利率期权定价时这证明是很有用的。

17.6.4 股价和鞅

在期权定价之前，我们来研究无套利条件看看是否能得到一些另类的视角。假设 $U>(1+R)>D$ 在股价树中成立，因而避免了套利。代数告诉我们当且仅当有唯一的 π 属于 0 到 1 时，$U>(1+R)>D$ 成立，使得

$$(1+R)=\pi U+(1-\pi)D \tag{17.4}$$

（你可以直观地看到：当 U 很大而 D 很小时，你可以选择 π 创造它们之间的任何一个数。）

用 $(1+R)$ 同时除表达式(17.4)的两边并且乘以 S 得到

$$S=\frac{\pi US+(1-\pi)DS}{1+R} \tag{17.5}$$

这个表达式有一个有用的解释。看看图 17.3 中的股价树。假设我们把股票上涨的“概率”视作 π，下跌的“概率”视作 $(1-\pi)$。那么，用这些概率计算出股票期望收益并用无风险利率 $(1+R)$ 折现就是股票今日的价格！这给了我们一个计算股票现值的简单方法，与无套利相一致。

给出一个股价树，很容易确定 π。确实，解表达式(17.4)得到

$$\pi=\frac{(1+R)-D}{(U-D)} \text{ 和 } (1-\pi)=\frac{U-(1+R)}{(U-D)} \tag{17.6}$$

我们做了什么呢？我们的无套利条件意味着存在某个数 π 和 $(1-\pi)$，我们已经把它们解释为概率并且已经利用它们计算了股票的现值。然而，强调它们并不是股价上涨或下跌的实际概率值（这个例子里是 $q=3/4$ 和 $(1-q)=1/4$）是很重要的，因此我们把它们叫做**伪概率**（或**鞅概率**或**风险中性概率**）。后面两个名字不久后会作出解释。

接下来我们重写两遍表达式(17.5)。为什么呢？因为在重写之后，更容易看到二项式模型和第 19 章的 BSM OPM 有怎样的联系。因此把表达式(17.5)重写为 $(T=1)$

$$S=E^{\pi}[S(T)]\mathrm{e}^{-rT} \tag{17.7a}$$

这里 $E^{\pi}(\cdot)$ 是表示我们利用概率值 π 和 $(1-\pi)$ 计算期望收益，并且我们用 e^{rT} 代替 $(1+R)$。

这种利用伪概率计算股票的现值作为其期望收益并且用货币市场账户价值（表达式(17.6)）折现的方法也被称作**鞅定价**。为了看到这种解释，我们需要用货币市场账户的符号重写表达式。让 A 和 $A(1)=\mathrm{e}^{r}$ 各自代表货币市场账户 0 时点和 1 时点的价值。那么，表达式(17.7a)变成

$$\frac{S}{A}=E^{\pi}\left[\frac{S(T)}{A(T)}\right] \tag{17.7b}$$

这个表达式表明 $\dfrac{S(t)}{A(t)}$ 是伪概率下的鞅。什么是鞅？这是一个随机过程 $X(t)$，它在 t 时点的价值等于 $X(T)$ 在之后某个 T 时点的期望值。鞅与“公平赌博”相联系，因为你今

天所有的是你明天期望拥有的。在金融学中，这种公平感给我们一个没有套利机会的定价系统。因为表达式(17.7b)，所以伪概率经常被叫做鞅概率。

17.6.5 定价模型

受到上例的启迪，我们利用一个由 m 股每股价值为 S 的股票和 b 单位价值 1 美元的货币市场账户构成的复制证券投资组合 $V(0)[\equiv mS+b]$ 创造一个合成看涨。

在 1 时点，我们希望找到 (m, b) 以把证券投资组合的价值和交易看涨的价值在每个状态下匹配起来。这产生了两个有两个未知数的方程：

$$\text{在“上涨”的情况下：} V(1)_{\text{UP}} = mUS + b(1+R) = c_U \tag{17.8a}$$

$$\text{在“下跌”的情况下：} V(1)_{\text{DOWN}} = mUS + b(1+R) = c_D \tag{17.8b}$$

这里

$$c_U = \max(US-K, 0) \text{ 和 } c_D = \max(DS-K, 0) \tag{17.8c}$$

解存在并解出它们得到

$$m = (c_U - c_D)/(US - DS) \tag{17.9a}$$

$$b = (Uc_D - Dc_U)/[(U-D)(1+R)] \tag{17.9b}$$

m 被称为期权的 delta 或套期保值比率。稍后我们将说明为什么它是期权定价的圣杯。

构建证券投资组合的成本为

$$\begin{aligned} V(0) &\equiv mS + b \\ &= \frac{c_U - c_D}{(U-D)S}S + \frac{Uc_D - Dc_U}{(U-D)(1+R)} \\ &= \frac{1}{1+R}\left[\left(\frac{(1+R)-D}{U-D}\right)c_U + \left(\frac{U-(1+R)}{U-D}\right)c_D\right] \end{aligned} \tag{17.10}$$

现在为了阻止套利，合成看涨期权的构建成本，$V(0)$，必须等于交易看涨的价格 c。这就是期权的无套利价格！正如表达式(17.10)中看到的，这个价值仅仅依赖于 (S, U, D, R, K)，我们把这个简易地称为 KRUDS。这些是股价 (S) 的现值、上涨和下跌因子 (U, D)、货币市场账户的货币收益 $(1+R)$、构建看涨的敲定价格 (K)。忽略看涨价值中股票上涨或下跌的实际概率 q 和 $(1-q)$。

这个省略是很重要的，而且它发生是因为在期权价格的推导中我们使用了精确复制的论点。无论股价移动到树上的哪个节点，合成看涨的收益精确地复制了期权的收益。因此我们并不关心上涨或下跌的实际概率到底为多少。

从期权价格中忽略实际概率是很重要的，因为这意味着如果两个投资者对 KRUDS 有相同的看法但对 q 有不同的看法，那么他们仍会对看涨的价格达成共识。当然，当 (U, D, R) 固定时对概率 q 的分歧可能导致对股价 S 的分歧。但是如果对 S 达成共识(你会在交易活跃的流动股票中很容易看到)，那么由无套利观点得到的看涨的价格是固定的。

17.6.6 套期保值比率

古典神话把圣杯描述为耶稣在最后的晚餐中使用的杯子。这只杯子被认为拥有神奇的力量，但已经丢失并被寻找了几个世纪。确实，对失落的圣杯的寻找在传奇骑士亚瑟王的传说中占据显著地位。期权定价理论也有它的圣杯，**套期保值比率**(hedge ratio，也译作对冲比率)，即对应于每一个看涨为了形成完全对冲所持有的股票的股数。这个套期保值比率具有神奇的力量，因为有了它，人们可以构建一个合成期权以得到交易期权的无套利价格。没有它，我们的理论就不可行。

二项式模型的套期保值比率由表达式(17.9a)给出：

$$m=\frac{c_U-c_D}{(U-D)S}$$

为了证明这个，考虑一个证券投资组合包含卖出看涨和 m 股股票。这个证券投资组合的初始价值为

$$-c+mS$$

这个证券投资组合在 1 时点上涨和下跌状态下的价值为：

$$-c_U+mUS=\frac{c_UD-c_DU}{(U-D)}$$

$$-c_D+mDS=\frac{c_UD-c_DU}{(U-D)}$$

因为这些价值是相等的，抛补性看涨期权是无风险的——我们已经发现了圣杯！再次强调，如果世界依据我们的单期二项式模型运行，套期保值比率会突显其完美。找到一个为更复杂和更现实的 OPM 服务的套期保值比率是一项更困难的任务。我们对(期权定价的)圣杯的追求在之后这些讨论更复杂的 OPM 的章节中继续下去。

17.6.7 风险中性估价

通过对表达式(17.10)使用一些外加的代数，我们会得到另外一个有趣的观点。我们可以利用伪概率以另一种形式重写看涨期权的价值，这种形式会有更好的经济学解释。我们知道表达式(17.6)给出 $\pi=\frac{(1+R)-D}{(U-D)}$ 和 $(1-\pi)=\frac{U-(1+R)}{(U-D)}$。利用这些式子，我们可以重写看涨的无套利价值式(17.10)为

$$c=[\pi c_U+(1-\pi)c_D]/(1+R) \tag{17.11}$$

这个表达式是**风险中性估价**过程的一个例子。期权的价值是利用伪概率和以货币市场账户的比率折现后的期望收益。正如极其著名的棒球教练约吉·贝拉所说："就像似曾相识，再来一次！"伪概率 π 和 $(1-\pi)$ 回来给我们一种简单的计算现值的方法！这种解释给了伪概率另一个名字：风险中性概率。

利用式(17.8c),我们可以简写式(17.11)(利用 $T=1$)为

$$c=E^{\pi}\{\max[0,\ S(T)-K]\}\mathrm{e}^{-rT} \tag{17.12}$$

稍后会说明这与在第 19 章用来表达 BSM 模型的表达式是类似的。

【例 17.3】 单期二项式模型中欧式期权的风险中性定价

- 考虑例 17.2 中的数据。模型开始于 0 日(0 时点)并结束于 1 日(T 时点)。
- 三个证券交易:
  —YBM 股票今日的价格 S 为 \$100。上涨因子 U 为 1.200 0,下跌因子 D 为0.902 5。①
  —货币市场账户上投资 1 美元每年赚得 $r=5\%$,而且给出一年货币收益为 $(1+R)=\mathrm{e}^{rT}=\mathrm{e}^{0.05\times1}=\$1.051\ 3$。
  —由于敲定价格 K 为 \$110,当股票上涨至 \$120.00 时期权到期价格为 $c_U=\max[120-110,\ 0]=10.00$,$p_U=\max[110-120,\ 0]=0$;当股价下跌至 \$90.25 时期权到期价格为 $c_D=\max[90.25-110,\ 0]=0$,$p_U=\max[110-90.25,\ 0]=19.75$。
- 表达式(17.5)给出上涨的伪概率 $\pi=\dfrac{(1+R)-D}{(U-D)}=0.500\ 1$。
- 风险中性定价等式(17.9)给出今日的期权价格:

$$c=[\pi c_U+(1-\pi)c_D]/(1+R)=\$4.76$$
$$p=[\pi p_U+(1-\pi)p_D]/(1+R)=\$9.39$$

这与我们在例 17.2 中得到的是相同的价格。

17.6.8 实际概率与伪概率

我们注意到股价上涨或下跌的各自的伪概率(π 和$(1-\pi)$)不同于实际概率(q 和$(1-q)$)。但是它们是什么关系呢?

因为这两组概率都是正分数,我们可以通过引入两个表示对风险进行修正的正参数ϕ_U和ϕ_D来联系它们:

$$\pi=\phi_U q \tag{17.13a}$$
$$(1-\pi)=\phi_D(1-q) \tag{17.13b}$$

本章的附录说明了为什么ϕ_U和ϕ_D是风险的修正。直觉是简单的。为了计算现值,众所周知,人们可以(利用实际概率)获得期望未来价值并利用风险调整利率折现。风险越大,风险调整折现率越大。然而,如果人们像在风险中性估值表达式(17.11)中那样利用伪概率计算现值,那么折现率就变成了无风险利率。因为风险中性估值并不调整风险折现率,为了得到相同的现值,风险的调整一定发生在使用伪概率的时候(和实际概率不同)。事实就是如此。基于这个观点,附录也讨论了怎样利用市场数据估计这两组概率和风险溢价。

我们注意到每组概率各有自己的用处:实际概率(与历史数据合作)有助于对波动性

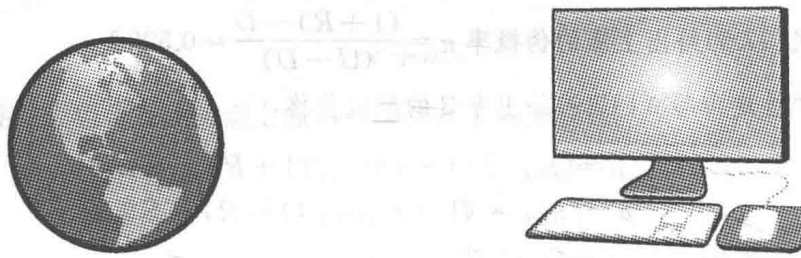
① 我们通过利用加罗—拉德说明中的 $\sigma=0.142\ 470$ 得到它们(参见拓展 18.1)。

的估计，然而伪概率（我们通过利用无风险利率、时间区间的长度和波动性而虚构的；参见拓展 18.1）用来计算期权价格。这些实际的和伪概率在之后的几章都会伴随我们。

接下来，我们把已经介绍过的不同部分结合起来，借助于“戏法”看一幅大图。

17.6.9 罗伯特·默顿的“戏法”

在期权定价的早期，罗伯特·默顿过去常常以他叫做“戏法”的观点给 MIT 的学生讲授风险中性估值。他认为人们可能考虑两个世界：真实的世界和伪世界（参见图 17.6）。因为大多数人厌恶风险，我们假设真实世界的投资者是风险厌恶的，但是伪世界里的投资者是风险中性的。[①]相同的证券、(1)货币市场账户、(2)股票和(3)期权，在两个世界里都交易并且随时间随机演变。在货币市场账户投资 1 美元在两个世界的到期日都涨至 $(1+R)$ 美元。股票在两个世界的 0 时点和 1 时点也都取得相同的价值。然而，股票上涨和下跌的概率，伪世界里给出的伪概率和真实世界给出的实际概率是不同的。



风险厌恶投资者		风险中性投资者
股票(U, D)、mma、期权	相同的价格	股票(U, D)、mma、期权
真实世界概率 q 和$(1-q)$；帮助估计 σ		风险调整概率 π 和$(1-\pi)$；帮助期权定价
估值较复杂		估值较简单：$c=[\pi c_U+(1-\pi)c_D]/(1+R)$

合成的构建确保期权价格在两个世界里是一样的

图 17.6 罗伯特·默顿的“戏法”

在风险中性的世界，股票的期望收益一定等于货币市场账户的期望收益。这会发生是因为风险并不重要。另外，看涨期权的收益也一定等于货币市场账户的收益。这意味着看涨期权的价值一定等于用 π 折现的期望价值，这就是风险中性估值表达式(17.11)。

然而，在真实的世界，风险在估值中确实起作用。戏法是利用期权 delta 创造一个包含买入看涨期权和卖出股票的无风险的证券投资组合造成的，就像在合成看涨中那样。这个套期保值的买入看涨投资组合是无风险的，在两个世界里有相同的价值。因此，两个世界里期权的价格（从构建合成看涨期权的成本里取得的）也一定是相等的！“估值”戏法

① 你怎样看待风险在经济分析中是很重要的。在我们的例 17.1 中，彩票的期望收益为 $1。一个风险中性的交易商仅仅关注于期望的 $1 的收益而不会被风险困扰。一个风险厌恶的交易商对任何有风险的彩票都期望支付相同的价格，喜欢一个确定的金额，然而风险偏好者正好相反。模型化后两种类型的交易商是一项复杂的任务，经济学家使用效用函数实现他们的目的。

从真实的世界转移到事情更易处理的伪世界，在那里给期权定价并且把那个价格带回到现实世界。

得到风险中性估值这个名字是因为我们在其他方面都相同的经济环境中计算期望收益，在那里交易商都是风险中性的并且他们“相信”伪概率而不是真实世界中的概率。但是记住这是一个假象的经济，一个用来估值的戏法，并不代表真实的世界。在真实的世界，大多数投资者都是风险厌恶的。

本章小结

1. 在1973年，费希尔·布莱克、麦伦·斯科尔斯和罗伯特·默顿通过发表BSM模型引发了衍生工具定价领域的革命。自从1973年来，期权定价沿着四个在一定程度上互相联系的方向发展：(1)改进BSM模型，并将其使用于不同的标的；(2)发展将随机利率考虑在内的模型；(3)将衍生工具定价建立在严格的数学基础之上；(4)使用包括二项式结构在内的计算方法。

2. 二项式模型有几点优势：(1)它是一个很好的教具，给期权定价一个简单直观的介绍，(2)它可以被复制以建立多期二叉树，这给出的价格接近于BSM模型，(3)它利用鞅定价，这是衍生工具定价的主要技术，(4)这是一个给标准化的欧式、美式期权和其他衍生工具定价的通用模型。

3. 二项式OPM做出一些重要的假设：无市场摩擦，无信用风险，完全竞争且运行良好的市场，无利率的不确定性，无期间现金流，无套利。另外，它假设交易在离散的时间间隔进行并且遵循二项式过程。

4. OPM构建一个复制了交易期权的收益的合成期权。接下来，如果没有套利机会存在，两者一定有相同的价值。期权的无套利价格就是构建合成期权的成本。

5. 二项式OPM设置如下：

—三种证券交易：股票、无风险货币市场账户和(看涨或看跌)欧式期权。

—股价上涨或下跌的因子各自为U和D。

—在货币市场账户上投资1美元，1期过后得到的货币收益为$(1+R)$。

—由于敲定价格给定，期权到期日的收益取决于二叉树上的股价。由公式解出期权价格

$$\text{期权价格}=[\pi\times(\text{期权收益})_{\text{UP}}+(1-\pi)\times(\text{期权收益})_{\text{DOWN}}]/(1+R)$$

这里$\pi=[(1+R)-D]/(U-D)$是股票上涨的伪概率，并且期权的收益“上涨”和“下跌”在上涨和下跌节点上考虑。

—利用伪概率和以货币市场账户价值折现计算期望收益的方法就是风险中性估值。

附录

1. 证明无套利

无套利的条件 $U>(1+R)>D$ 在很多情况下证明是有用的。

(1) 单期二项式模型：$U>(1+R)>D$（“有界的货币收益”）：这是单期二叉树无套利的充分必要条件。此拓展中会证明这个结论。

(2) 多期二项式模型：这个结论在多期二叉树的每个节点都一定成立。

(3) 二项式利率衍生工具定价模型：二项式框架中利率衍生工具定价需要这个结论的推广：如果 U、$(1+R)$ 和 D 依赖于树上的节点，那么有界的货币收益条件一定对所有节点都成立（参见 Jarrow，2002b）。

(4) 伪概率：不久后我们就会看到在二项式模型中这个条件和伪概率（等同于鞅概率或风险中性概率）的存在有很紧密的联系。

因此我们建立的条件和期权定价的核心观点相联系。接下来，我们分两步证明我们的结论：

- 首先，我们说明背离 $U>(1+R)>D$ 会导致套利，这意味着这是无套利的必要条件。
- 接下来，我们说明套利利润导致 $U>(1+R)>D$ 的背离，这意味着这是无套利的充分条件。

结论 1（附录）

无套利条件

条件 $U>(1+R)>D$ 等同于无套利。

第一部分的证明：无套利意味着 $U>(1+R)>D$。 假设条件 $U>(1+R)>D$ 不成立。我们说明这给出套利利润。背离 $U>(1+R)>D$ 可能以两种方式之一发生——要么 $(1+R)$ 在 $U>D$ 的左边（例如 $(1+R)\geqslant U>D$）或者在其右边（例如 $U>D\geqslant(1+R)$）。

- 假设 $(1+R)\geqslant U>D$。这使得不论股票上涨还是下跌，货币市场账户成为比股票更好的投资。假设股票今日的价格为 $100。卖出股票并将 100 收益投资在货币市场账户上。期末，如果股价上涨则你的套利利润为 $100[(1+R)-U]\geqslant 0$ 或者如果股价下跌则套利利润为 $100[(1+R)-D]\geqslant 0$。这就是套利策略。
- 假设 $U>D\geqslant(1+R)$。这使得货币市场账户成为比股票更次的投资。通过卖出货币市场账户以无风险利率借款投资于股票，得到套利利润。

第二部分的证明：$U>(1+R)>D$ 意味着无套利。 假设这里有套利。我们说明这会导致背离 $U>(1+R)>D$。回忆第 6 章套利可以被形容为无成本的策略但是要在未来支付。拥有两种资产，股票和货币市场账户，你怎样得到零投资的证券组合呢？显然，你不能同时购买或出售两种资产（你怎么为这样的交易提供资金呢？）。你必须购买一种而出售另外一种。然而，如果 $U>(1+R)>D$ 成立你不能赚得套利利润。为什么呢？因为在上涨或下跌的节点之一，证券投资组合的收益将会为负。

为了弄明白这一点，假设你购买了股票并且卖出了货币市场账户得到零初始投资的

证券组合。如果上涨，1 时点的收益为 $U-(1+R)>0$。如果下跌，1 时点的收益为 $D-(1+R)<0$。这个投资组合不是套利机会。相反，如果你卖出股票并买入货币市场账户。零初始投资的证券投资组合在上涨的节点有负的收益，在下跌的节点有正的收益。这个零投资证券组合也不是套利机会。因此你可以赚得套利利润的唯一方式就是当 $U>(1+R)>D$ 不成立时。

2. 概率和风险溢价

实际概率和伪概率的联系 让我们在单期模型的背景下进一步探讨实际概率 $(q, 1-q)$ 和伪概率 $(\pi, 1-\pi)$ 的含义并且计算联系它们的风险溢价。

首先，概率必须对零概率事件有一致的看法。如果实际概率之一为 0，那么股价树不能分支而股票成为无风险资产。条件 $q>0$ 在当且仅当 $\pi>0$ 时阻止这种崩溃。

接下来，回顾我们把伪概率和实际概率通过式(17.13a)和式(17.13b)联系起来：

$$\pi=\phi_U q \tag{1a}$$

$$(1-\pi)=\phi_D(1-q) \tag{1b}$$

这里 ϕ_U 和 ϕ_D 是修正风险的正值。你可以把它们写作由随机变量 $\tilde{\phi}$ 得到的两个值。为了总结，今日的股价为 S，并且 1 期之后该参数取以下值：

$$S(1)=\begin{cases} US \text{ 对应于 } q>0,\ \pi>0 \text{ 且} \tilde{\phi}=\phi_U \\ DS \text{ 对应于 } (1-q)>0,\ (1-\pi)>0 \text{ 且} \tilde{\phi}=\phi_D \end{cases}$$

随机变量的期望，从这个定义使用实际概率计算得到

$$E(\tilde{\phi})\equiv \phi_U q+\phi_D(1-q)=\pi+(1-\pi)=1 \tag{2}$$

风险溢价 表达式(17.5)允许我们把股票在 0 时点的现值写作使用伪概率折现的期望收益：

$$S=\frac{\pi US+(1-\pi)DS}{1+R} \tag{3}$$

利用式(1a)和式(1b)，我们把这个式子重写为

$$S=\frac{q(\phi_U US)+(1-q)(\phi_D DS)}{1+R} \tag{4}$$

需要注意，我们通过调整分子中的现金流修正风险。这与计算现值的传统方法不同。传统方法是调整分母。你可能已经学习过资本预算或项目评估方面的课程，这些课程里你学习过通过折现风险现金流计算净现值，为正值或负值，并有调整过风险的折现率。

有趣的是，π 和 q 因风险溢价相关。利用代数和统计学，我们说明风险溢价由 $\mathrm{cov}(-\tilde{\phi}, S(1)/S)$ 给出。为了建立此关系，首先，注意到式(4)中我们有

$$S=\frac{E(\tilde{\phi}S(1))}{1+R}$$

$$\text{或者 } 1+R=\frac{E(\tilde{\phi}S(1))}{S} \tag{5}$$

这里 $E(\cdot)$ 表示由实际概率 q 和 $(1-q)$ 计算出的期望。

一个统计学中熟悉的结论(对两个随机变量 x 和 y，$\text{cov}[x, y]=E[xy]-E[x]E[y]$)给出

$$\text{cov}(\tilde{\phi}, S(1))=E(\tilde{\phi}S(1))-E(\tilde{\phi})E(S(1)) \tag{6}$$

利用式(2)并把最后一项移至左边，我们得到

$$\text{cov}(\tilde{\phi}, S(1))+E(S(1))=E(\tilde{\phi}S(1)) \tag{7}$$

我们可以利用式(7)和另一个从 $[\text{cov}(ax, y)=a\,\text{cov}(x, y)]$ 中得到的统计结果把式(5)写作

$$1+R=\frac{E(\tilde{\phi}S(1))}{S}=\text{cov}\left(\tilde{\phi}, \frac{S(1)}{S}\right)+\frac{E(S(1))}{S} \tag{8}$$

重新整理表达式(8)给出

$$\frac{E(S(1))}{S}=1+R-\text{cov}\left(\tilde{\phi}, \frac{S(1)}{S}\right)=1+R+\text{cov}\left(-\tilde{\phi}, \frac{S(1)}{S}\right)$$

$$\text{或者 } S=\frac{E(S(1))}{\left[1+R+\text{cov}\left(-\tilde{\phi}, \frac{S(1)}{S}\right)\right]} \tag{9}$$

我们把表达式(9)重写为以下结论。

结论 2(附录)

将实际概率和伪概率联系起来的风险溢价

在单期模型中，实际概率和伪概率由风险溢价 $\text{cov}(-\tilde{\phi}, S(1)/S)$ 相关，这在下面的表达式中给出

$$S=\frac{q(US)+(1-q)DS}{\left[1+R+\text{cov}\left(-\tilde{\phi}, \frac{S(1)}{S}\right)\right]} \tag{10}$$

这里 $\text{cov}(\cdot)$ 是协方差。

因此风险溢价表示为 $\text{cov}(-\tilde{\phi}, S(1)/S)$。如上所示，风险溢价显著取决于伪概率，用以证明对风险的调整。风险溢价可以很清晰地从均衡模型中推导出来。均衡模型(例如资本资产定价模型)是需求和供给相等，是效用方程和资源禀赋的表现，它决定了风险溢价(定义为期望风险报酬减去无风险率)。与之相比，套利模型(例如我们的期权定价模型)不需要这些特点并且仅仅使用无套利条件即可推导出结果。注意到这两种计算现值的方法的不同，是我们仅需的使用套利定价来推导式(3)，但是对于式(10)，我们需要计算 ϕ_U 和 ϕ_D，这些需要使用均衡模型。

预估概率 你怎样计算概率？在前面提到过，伪概率(π 和 $(1-\pi)$)的计算在式(17.6)中已给出。真实概率可以使用历史数据和单期二项式分布的统计数据来计算。首先，使用历史数据，预估期望收益 $\hat{E}$(收益)；其次让期望收益等于理论的期望收益，

$\hat{E}$(收益) $= qU+(1-q)D$，然后解出 q。记住这是一个玩具模型，尽管我们演示了如何解出 q，但在更复杂的模型的情况下估计问题会更多——但它们使用的是如上所示的相同思想。

案例分析

利兰·奥布莱恩·鲁宾斯坦合伙有限公司：投资组合保险(哈佛商学院案例 294061-PDF-ENG)。此案例研究了利兰·奥布莱恩·鲁宾斯坦合伙有限公司保险销售业务的起落。

利兰·奥布莱恩·鲁宾斯坦联合公司：超级信托(哈佛商学院案例 294050-PDF-ENG)。该案例介绍了利兰·奥布莱恩·鲁宾斯坦合伙有限公司试图在 1987 年股市崩盘之后通过研发新产品来满足股票投资者的剩余需求从而重振自身。

塔塔钢铁有限公司：可转换替代参考证券(B)(毅伟商学院案例 910N32-PDF-ENG，哈佛商学院出版社)。该案例思考了如何对全球十大钢铁厂商之一所发行的可转换债券进行估值。

习题和思考题

1. 为什么二项式模型对于从布莱克—斯科尔斯—默顿模型中得出期权估价是一种非常有用的方法？试举例该模型的应用。

2. 如何在二项式模型中使用无套利原理以得到期权价格？

3. 在二项式期权定价模型中，通常假设股价遵循二项式过程。

a. 这是否是对实际股价的合理描述？

b. 如果不是，人们为什么研究这一模型？

4. a. 在二项式期权定价模型中，对于股利和利率要做出什么样的假设？

b. 在股价二叉树中，为了防止套利，需要对相对无风险利率的上涨和下跌因子做出怎样的限制？试解释。

5. 在二项式期权定价模型中，什么是套期保值比率？

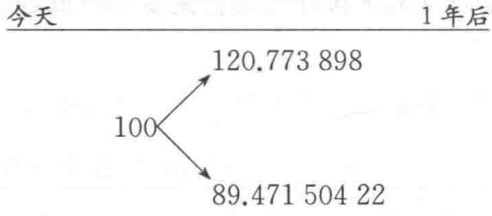
6. a. 在二项式期权定价模型中，什么是伪概率？

b. 在二项式期权定价模型中，风险中性估值意味着什么？试解释。

7. a. 在使用风险中性估值对期权进行定价时，假设之一为所有的投资者都是风险中性的，因此，如果一个人认为投资者是风险厌恶的，那么风险中性估值不再适用，这种说法正确吗？试解释。

b. 解释罗伯特·默顿在期权定价背景下的“戏法”。

以下 8 个问题都基于如下单期二项式模型：



看涨期权：敲定价格 $K = 105$，期权在一年后到期

货币市场账户

1 ⟶ 1.051 271 096

图 17.A

注：

在这个问题中：

上涨因子 U 为 $US/S = 120.773\,898/100 = 1.207\,7$。

下跌因子 D 为 $DS/S = 89.471\,504\,22/100 = 0.894\,7$。

美元回报率 $1+R = 1.051\,3$。

虽然在计算过程中有数字精确到小数点后十位，但我们报告数字精确到小数点后四位，最终答案精确到小数点后两位。

8. a. 根据以上数据，设计一个完全对冲，并且计算看涨期权的价值。

b. 套期保值比率是多少？它意味着什么？

9. a. 伪概率分别是多少？

b. 说明股价等于其使用伪概率折现的期望值。

10. 使用风险中性估值计算看涨期权的价值。

11. 假设该看涨期权的市场价格为 6 美元，存在套利机会吗？说明你如何利用市场价格来获得套利利润。

12. a. 设计一个完全对冲并且计算看跌期权的价值。令看跌期权具有相同的敲定价格 $K = 105$ 美元。

b. 套期保值比率是多少？它意味着什么？

13. 使用风险中性估值计算看跌期权的价值。

14. 使用问题 8 和问题 11 中的数据，证明平价关系成立。

15. 根据问题 13 中的数据，假设看跌期权的市场价格为 3 美元，存在套利机会吗？说明如何交易来套利。

以下 4 个问题都基于如下单期二项式模型的数据：

- 股价 S 为 50 美元，在 6 个月后，或者上涨因子 $U = 1.220\,953\,41$，或者下跌因子 $D = 0.798\,810\,10$。
- 期权在 $T = 0.5$ 年后到期，敲定价格 $K = 45$ 美元。
- 投资在货币市场账户中的每 1 美元能够得到每年 2%的连续复利的无风险利率。

16. 计算看涨期权的价值。

17. 假设看涨期权的市场价格为 5 美元，存在套利机会吗？说明如何进行交易来套利。

18. 思考以下奇异期权，其到期报酬为股价的平方值减去敲定价格的差与 0 相比的较大值：

$$\max[S(1)^2 - K, 0]$$

假设敲定价格 $K = 2\,500$ 美元，计算无套利情形中奇异期权的价值。如果看涨期权的市场价格等于 600 美元，你会如何利用套利机会进行交易？

19. 思考以下奇异期权，其到期报酬为股价的开方值减去敲定价格的差与 0 相比较大的值：

$$\max[\sqrt{S(1)} - K, 0]$$

假设敲定价格 $K = 7$ 美元，计算无套利假设下奇异期权的价值。如果看涨期权的市场价格等于 0.10 美元，你会如何利用套利机会进行交易？

20. (Excel)隐含波动率

思考以下教授提供给你以计算期权价格的数据。

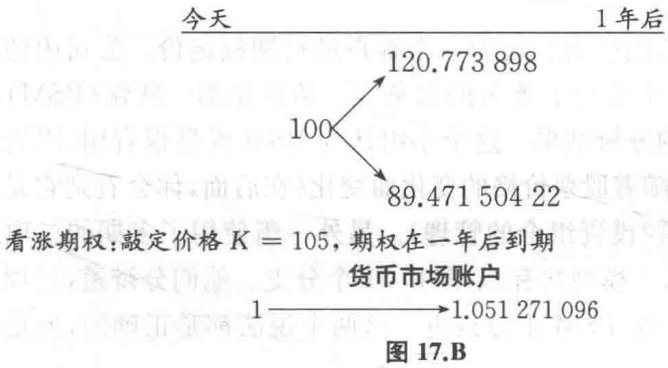


图 17.B

你希望能够了解这些数据是如何产生的。当你向教授请教时，他道歉道："我使用 Jarrow—Rudd 估值但是我丢失了数据，你是一个 Excel 专家——为什么不使用'单变量求解'确定波动率是多少呢？"

18

多期二项式模型

18.1 引言

几年之前，一个大型美国咨询公司为一个客户进行期权定价。公司内的两个小组被分配了这项任务。其中一组采用了著名的布莱克—斯科尔斯—默顿(BSM)期权定价模型，从而得到了一个清楚的分析结果。这个小组认为 BSM 模型很有用，因为这个公式使得所计算出的期权价格会随着股票价格的变化而变化(在后面，你会看到它是怎样帮助交易商来进行套期保值和期权投资组合的管理)。另外一组使用了多期的二项式期权定价模型，在 Excel 工作表中这个模型共有 30 期和 31 个分支。他们分辩道，二项式模型便于客户理解，而且得出的结论和 BSM 十分接近。这两个说法都是正确的，但是便于理解的方法最终取得了胜利。

本章把二项式模型扩展到了多期，说明了怎样设置参数来得到近似于 BSM 结果的价格。首先，我们构建了一个 2 期的二项式期权定价模型，重复使用我们之前用过的概念和方法。风险中性定价被推广之后就可以得到多期的模型。同时，在为美式期权和包含股利的期权定价时，我们阐述了这种数值近似的方法的多种功能。最后，我们讨论了如何在 Microsoft Excel 等电子表格程序中建立二项式模型。

18.2 多期二项式期权定价模型

为了构建多期的二项式期权定价模型，我们首先需要理解假定的股价变动过程。

18.2.1 股价的演变

图 18.1 显示了在二项式模型的假设下股票价格的演变是怎样的。第一幅图显示了单期二项式模型下的走势，这个模型在第 17 章里有详解。股价走势线平行于横坐标轴。这里它对应的值是 US，或者它也可以取值为 DS。相比于下一幅图中给出的实际股票价格走势，这幅图中给出的以 1 年为期限的单期二项式模型显然不是一个好的近似。

下面一张图显示了多期二项式模型下的股价演变。通过观察你仍然会拒绝这种股价走势，但是如果时间段缩短，变得特别小呢？我们在这幅图上叠加了一个实际的股价走势线。当时间段变得很小，多期的二项式价格过程与实际的会拟合得非常好！这样，多期的二项式模型就不那么容易被拒绝了。实际上，近似选取股价上升的概率 q、上涨因子 U 和下跌因子 D，多期二项式的结果将十分接近于对数正态分布，下一章中我们即将用到这个分布来得到 BSM 模型。

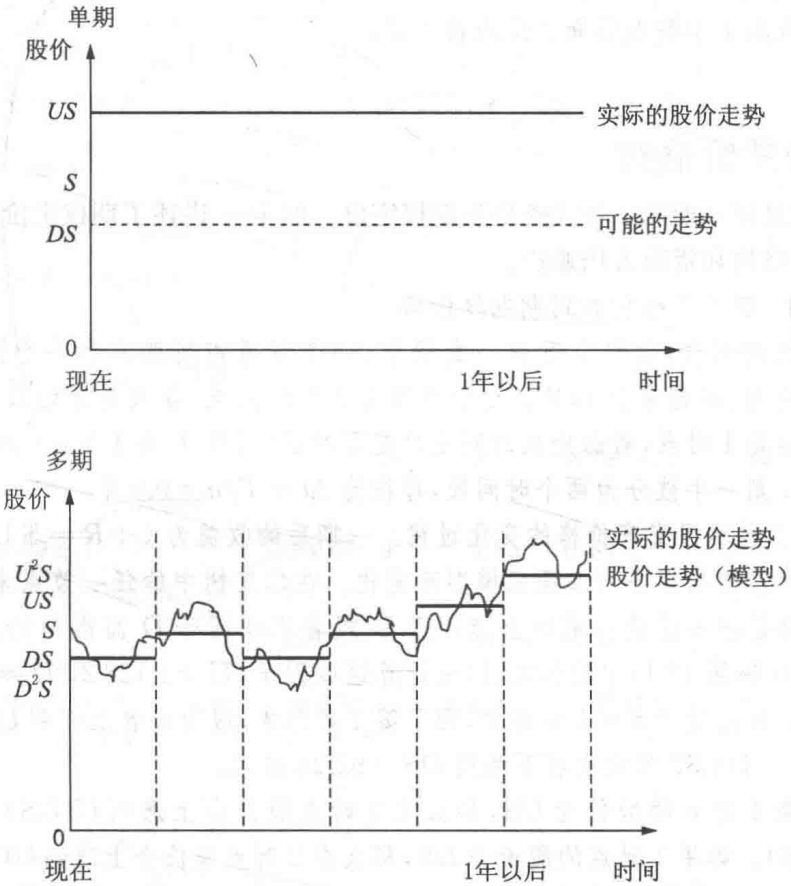


图 18.1 在单期和多期背景下的股票价格演变

18.2.2 二项式期权价格数据

我们的例子将使用关于 YBM 公司的二项式期权定价模型数据(BOP 数据!)，这些数据和上一章中例 17.2 所用的数据相同。

- 现在 YBM 的股票价格 $S=100$ 美元。
- 我们考虑标的为 YBM 股票的欧式看涨期权，敲定价格 $K=110$ 美元，到期时间 $T=1$ 年。
- 本模型从今天开始(0 时点)，一年后 $T=1$ 时结束。
- 股价收益波动 σ 为 0.142 470。
- 期数 n 可以变化，它可以取值为 1、2、3 或者更多期。如果 $n=2$，我们把到期时间

T 分为两期，每期时长 $\Delta t=T/n=0.5$ 年。如果 $n=3$，那么 $\Delta t=1/3=0.3333$ 年。以此类推。

- 令连续复利的无风险利率 r 为每年 5%。在 1 期的模型中，一年后的收益为 $1+R=e^{0.05}=\$1.0513$。在 2 期的模型中，一年后的收益为 $1+R=e^{r\Delta t}=e^{0.05\times0.5}=\$1.0253$，两期后即年末的收益为 $(1+R)^2=1.0253^2=\$1.0513$。这就是连续复利的好处。不论如何分割时间段，在这一年的时间里你的投资都会有相同的增长。其实，我们的所有计算都精确到小数点后 16 位，但是为了清楚地阐述，我们只呈现出了小数点后面 2 位或者 4 位。

18.2.3 股票价格树

下一步就是用 2 期的二项式模型为期权定价。例 18.1 讲述了期权定价过程中我们所用到的股票价格树和货币市场账户。

【例 18.1】 股票价格树和到期期权价格

- 正如之前那样，我们会用到一支股票、一个货币市场账户和一个欧式看涨期权进行交易，数据来自 BOP。这个模型有三个时间点：今天是开始日(0 时点)，6 个月之后是 1 时点，看涨期权的到期日是 2 时点(时间 T 为 1 年)。如果分为两期即 $n=2$，则一年被分为两个时间段，每段为 $\Delta t=T/n=0.5$ 年。
- 图 18.2 显示了资产价格的变化过程。一期后的收益为 $1+R=\$1.0253$。YBM 的股票价格根据多重二项式模型而变化。在二叉树中的任一节点来看，下一期的股价都是把当前股价乘以上涨因子 U 或者下跌因子 D 而得到的。我们运用表 18.1(见拓展 18.1)中的公式(1)来计算这些因子：$U=1.1282$，$D=0.9224$
  - —在 0 时点股价 $S=100$ 美元，到了第 1 期期末，股价或者上涨到 $US=1.1282\times100=112.82$ 美元或者下跌到 $DS=92.24$ 美元。
  - —如果 1 时点的股价为 US，那么在 2 时点股价会上涨到 $U(US)$ 或者下跌到 $D(US)$。如果 1 时点的股价为 DS，那么在 2 时点股价会上涨到 $U(DS)$ 或者下跌到 $D(DS)$。因此

$$U(US)=1.1282\times112.82=127.29$$

$$D(US)=0.9224\times112.82=104.07=U(DS)$$

$$D(DS)=0.9224\times92.24=85.08$$

  - —注意到表示“上涨然后下跌”的点虚线和表示“下跌然后上涨”的短划线合并到了一起，因为 $D(US)=U(DS)$。这两个分支之所以合并是由于我们运用的是一个多重的模型。当存在很多期的时候，这个特征就显得十分重要。例如，如果分支再次合并，一个 2 期的模型就会有 3 个而不是 4 个节点。但是，在一个 10 期的模型中，当存在分支合并时只有 $10+1=11$ 个节点，而分支不存在合并的情况下将会得到 $2^{10}=1\,024$ 个节点。
  - —第 17 章中结论($U>1+R>D$)的一般化对于二叉树的无套利均衡是很重要

的。我们假设在树图中的任一节点上这个条件都是成立的。

—股价上涨的实际概率为 $q=3/4$，下跌的概率为 $(1-q)=1/4$。把概率乘在一起就得到两次上涨的概率为 $q^2=9/16$，一次上涨、一次下跌的概率为 $2q(1-q)=3/8$，两次下跌的概率为 $(1-q)^2=1/16$。

- 你可以很容易地计算出 2 时点的期权价格。

—到期看涨期权价格为 $\max[0, S(2)-K]$。考虑图 18.2 中最高的那个节点，那点的股价为 U^2S。因此当股票价格“上涨然后上涨”时，2 时点看涨期权的价值为 $c(2)_{UP,\,UP} \equiv c_{UU} = \max(U^2S-K, 0)$。注意，“$UU$”在看涨期权价格中以下标的形式出现。另外我们省略了“(2)”以减少混乱。看涨期权的敲定价格 $K=110$ 美元。因此 $c_{UU}=\max(127.29-110, 0)=17.29$。在 2 时点看涨期权在其他两个节点上以虚值结束，所以 $c(2)_{UP,\,DOWN} \equiv c_{UD}=0$，$c(2)_{DOWN,\,DOWN} \equiv c_{DD}=0$。

—2 时点看跌期权的价值为 $\max[K-S(2), 0]$。使用这个公式，$p_{UU}=0$，$p_{UD}=5.93$，$p_{DD}=24.92$。

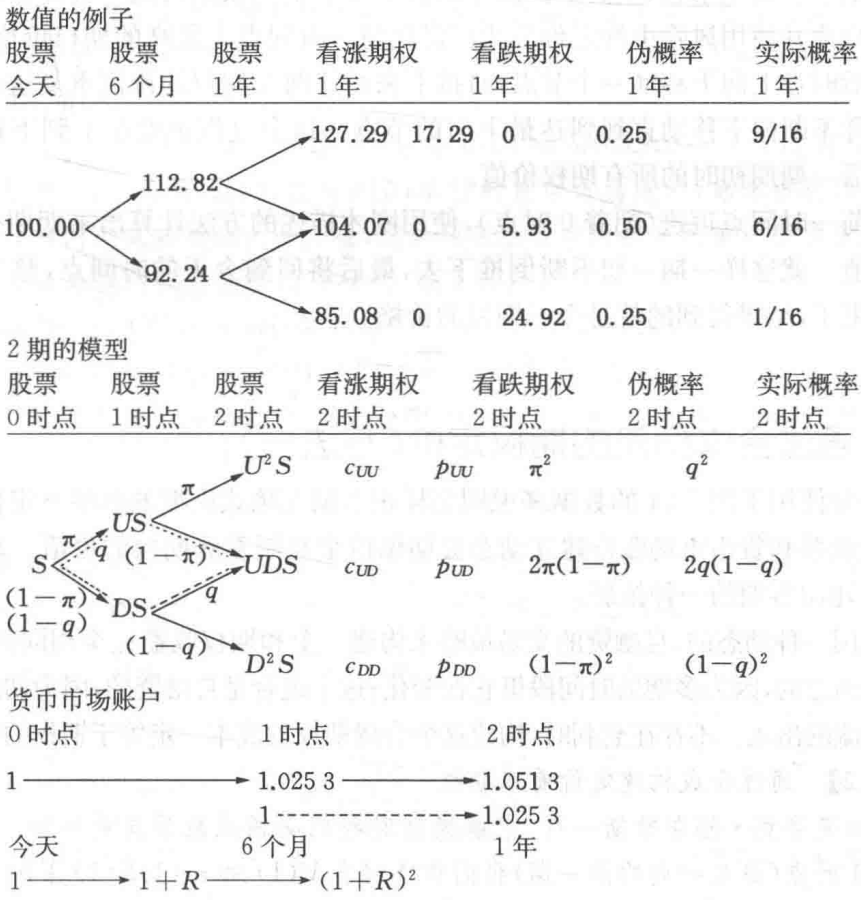


图 18.2 欧式期权定价的 2 期二项式模型

18.3 2 期的二项式模型

我们仍然会使用之前的数据来计算欧式期权价格，用到的这种方法叫做“倒推”。

18.3.1 倒推

在亚瑟·柯南·道尔爵士(Sir Arthur Conan Doyle)的第一部小说《血字的研究》(*A Study in Scarlet*)(1887)中,侦探夏洛克·福尔摩斯对他自己犯罪侦查的方法做出了一个经典论断:"在解决这类问题时,最重要的就是能够倒推。这是一种十分有用的技能,而且也很简单,只不过人们用得并不是太多。"有趣的是夏洛克·福尔摩斯用到的这种方法叫做**倒推**,这是一种数学上的方法,人们从结果开始,在时间上通过一步步向前推断来解决问题。我们用它来解决多期二项式期权定价问题。具体步骤如下:

- 通过在每一个节点的最后不断重复增加单期的结构来构建股票价格树,直至二叉树能够到达期权的到期日。
- 从二叉树的最后时间点开始,给定敲定价格,你可以很容易计算出在所有可能的最后节点上,期权在到期日时的价值。
- 在最后一期期末,从上到下依次考虑各个节点上期权的价值。选择最高的两个期权价值并使用风险中性定价公式以得到前一时间点上最高的期权价格。然后,在最后时点上向下移动一个节点,对接下来的这两个期权的价值重复这种计算。就这样不断向下移动直到到达最下面的节点。这个过程也就从上到下依次产生了最后一期期初时的所有期权价值。
- 向前一时间点迈进(朝着 0 时点),使用刚才描述的方法计算出本期期初时的期权价值。就这样一期一期不断倒推下去,最后将回到今天的时间点,整个过程也就结束了,结果得到的就是今天期权的价格。

18.3.2 通过合成构建的期权定价(方法一)

这一部分使用了例 18.1 的数据来说明怎样在 2 期二项式模型的框架下定价期权。我们首先通过股票和货币市场账户建立动态套期保值来复制看涨期权的价值。动态套期保值是合成构建向多期的一种拓展。

我们使用一种动态的、自融资的交易策略来构建一个和期权收益完全相同的投资组合。这个组合是动态的,因为多期的时间段里它在变化;这个组合是自融资的,因为期间的时点上并没有现金流的出入。不存在套利时,构建这个合成期权的成本一定等于期权的价格。

【例 18.2】 通过合成构建定价看涨期权

- 正如夏洛克·福尔摩斯一样,求解模型时我们必须从最后向前逆推。根据例子,在 1 时点(最后一期的前一期)我们构造组合 $V(1) \equiv m(1)S(1) + b(1)$,其中包含 $m(1)$ 股每股价值 $S(1)$ 的股票和 $b(1)$ 单位每单位价值 1 美元的货币市场账户。这样构建组合完全复制了 2 时点的期权价值。这是一个合成的看涨期权。在 1 时点构建成本必须等于所交易的看涨期权的价值,否则就会出现套利机会。
- 我们必须这样复制两次:一次是当股票上涨到 US,另一次是当股票下跌到 DS。在每种情况下我们必须解出含两个未知数的两个方程以得到持有的数量 $m(1)$ 和 $b(1)$。

- 我们使用和例 18.1 中相同的数据来说明这种方法(图 18.2 汇总了这些信息)。为了减少混乱,我们在下标中使用 U 和 D 而不是 UP 和 DOWN,例如 $V(2)_{UP,\,UP}$ 被表示为 $V(2)_{UU}$。在 2 时点,若 1 时点的股票价值为 $US(=112.82)$,

在"上涨,上涨"的状态下,$V(2)_{UU}=m(1)U^2S+b(1)(1+R)=c_{UU}$

在"上涨,下跌"的状态下,$V(2)_{UD}=m(1)UDS+b(1)(1+R)=c_{UD}$

解出这些方程,我们得到

$$m(1)_U=(c_{UU}-c_{UD})/(U^2S-UDS)=17.29/(127.29-104.07)=0.744\,5$$

$$\begin{aligned}b(1)_U&=(Uc_{UD}-Dc_{UU})/[(U-D)(1+R)]\\&=-(0.922\,4\times 17.29)/[(1.128\,2-0.922\,4)1.025\,3]\\&=-75.57\end{aligned}\tag{18.1}$$

因此在 1 时点上涨的状态下,构建合成看涨期权的成本为 $V(1)_U=m(1)_UUS+b(1)=8.434\,5=8.43$ 美元。为排除套利,它必须等于 1 时点在上涨状态时所交易看涨期权的价格 c_U。在 2 时点,若 1 时点的股票价格为 $DS(=92.236\,3)$,或者解出这两个方程得到 1 时点看涨期权没有价值,或者由推断得到在 2 时点无价值的看涨期权在 1 时点时一定也没有价值。所以当股价下跌到 92.24,已知 1 时点下跌状态下合成期权的价值为 $c_D=0$,可以得出 $m(1)_D=0$,$b(1)_D=0$。

- 最后,我们回到 0 时点。构建一个组合 $V(0)\equiv m(0)S(0)+b(0)$,其中包含 $m(0)$ 股股票,每股价值 $S(0)$,以及 $b(0)$ 单位的货币市场账户,每单位价值 1 美元。给定含有两个未知数的两个方程,这样确定组合中所持有的资产数量就匹配了 1 时点合成看涨期权的价格 c_U 和 c_D。在 1 时点,

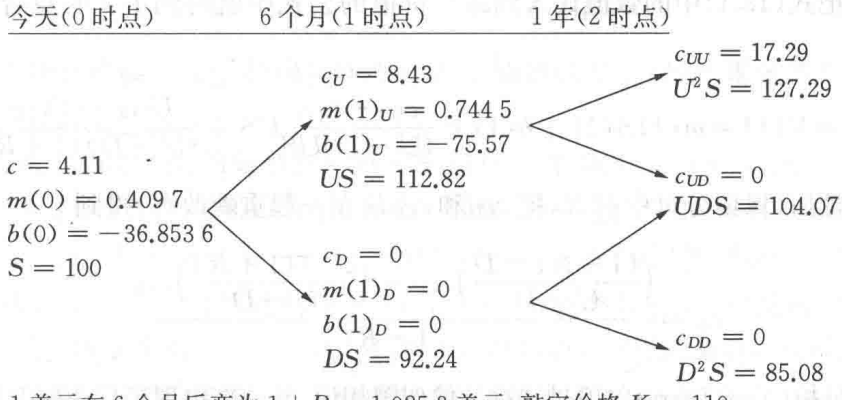
在"上涨"状态,$V(1)_U=m(0)112.82+b(0)1.025\,3=8.43=c_U$

在"下跌"状态,$V(1)_D=m(0)92.24+b(0)1.025\,3=0=c_D$

解出这些方程,我们得到 $m(0)=0.409\,7$,$b(0)=-36.853\,6$,所以 0 时点构建合成看涨期权的成本为

$$V(0)=m(0)S(0)+b(0)=4.113\,5=4.11\text{ 美元}$$

这个结果必须等于 $c(0)\equiv c$,即今天所交易的看涨期权的价格。其他任何报价都会给予机警的套利者们致富的机会。图 18.3 总结了本例中的数值结果。



1 美元在 6 个月后变为 $1+R=1.025\,3$ 美元;敲定价格 $K=110$

图 18.3 欧式看涨期权定价(数值)的 2 期二项式模型

这个简单的例子说明了几个多期二项式期权定价模型的重要特征：

- *价格不同于单期模型的价格。*尽管使用了相同的 BOP 数据，单期和 2 期的模型给出了不同的期权价格：分别是 4.76 美元和 4.11 美元。这是因为两个树图并不相同。对比数据我们注意到股票和期权价格在到期日有着不同的分布。
- *自我融资。*我们接下来会说明动态交易策略是自我融资的。交易策略从 0 时点开始，我们先卖出 36.853 6 单位的货币市场账户，每单位价值 1 美元，然后用这笔资金买入 0.409 7 单位的股票，价格为 100 美元。你仍然需要投资 4.11 美元，这正是看涨期权的价格。假定 6 个月后股票价格上涨到 112.82 美元，则组合的价值为 8.43 美元。清算这个组合并卖出 75.57 单位的货币市场账户，每单位价值 1 美元。用所得的总收入 84 美元（=\$8.43+\$75.57）去购买 0.744 5 单位的股票。显然，这个交易是自我融资的，在上涨的节点之后，假定一年后股票再次上涨到 127.29 美元，那么组合的价值为 $(0.744\,5\times127.29-75.57\times1.051\,3)=17.29$ 美元。如果股票从那个节点下跌到 104.07 美元，则组合的价值为 $(0.744\,5\times104.07-75.57\times1.051\,3)=0$ 美元，这些收益等于 2 时点树图中相应节点上看涨期权的价值。假定在 1 时点股票下跌到 92.24 美元，那么看涨期权就变得没有价值了。这时不需要任何交易，看涨期权从此以后都没有价值。
- *动态市场完善。*只用两个资产——股票和货币市场账户就复制了到期日的三个期权价值。注意到我们已经动态地完善了市场，“完善”指的是这个组合可以匹配到期日所有可能的期权价值的能力。
- *套期保值的理解。*注意圣杯即模型中的套期保值比率 $m(1)$、$m(1)_U$ 和 $m(1)_D$。它们说明了如何调整我们的组合以在随后的节点上综合构建期权价值。
- *独立于实际概率。*你可以注意到股票上涨或下跌的实际概率并没有参与定价过程。正如在单期二项式模型中一样，这是因为我们完全复制了到期日树图中每个节点上的期权收益。因此到达这些节点的概率并不影响期权的价值。

18.3.3 重复，重复：风险中性定价（方法二）

既然我们可以充分利用代数的力量，为什么还要通过解线性方程如此机械地计算期权价值呢？把式(18.1)中的数值代入到组合价值的公式中就得到了 1 时点合成看涨期权的价值：

$$c_U=V(1)=m(1)S(1)+b(1)=\frac{c_{UU}-c_{UD}}{(U-D)US}US+\frac{Uc_{UD}-Dc_{UU}}{(U-D)(1+R)}$$

重新整理后（保留分母中的 R，把 c_{UU} 和 c_{UD} 放在一起重新改写）得到

$$c_U=\frac{\left(\frac{(1+R)-D}{U-D}\right)c_{UU}+\left(\frac{U-(1+R)}{U-D}\right)c_{UD}}{1+R} \tag{18.2}$$

尤吉·贝拉(Yogi Berra)曾说过：“这就像似曾相识，又一次出现了！”伪概率再次出现了。像之前那样，我们把上涨的伪概率写成 $\pi=[(1+R)-D]/(U-D)$，把下跌的伪概率写成

$(1-\pi)=[U-(1+R)]/(U-D)$。现在可以把二项式看涨期权定价模型简洁地写成

$$c_U=[\pi c_{UU}+(1-\pi)c_{UD}]/(1+R) \tag{18.3}$$

同样，可以得出下面那个节点上的看涨期权价格 c_D 和今天的价格 c。另外，用 p 代替 c 就得出了看跌期权价格的计算公式！推广之后可以得到欧式期权的定价公式。

下例中会用到这个公式。

结论 18.1

通过重复应用风险中性定价得出的期权定价公式

$$c=[\pi\times c_U+(1-\pi)\times c_D]/(1+R) \tag{18.4}$$

在这里 $\pi=[(1+R)-D]/(U-D)$，U 和 D 分别是上涨和下跌因子，$1+R$ 是美元收益。相同的公式对看跌期权也适用。

【例 18.3】 通过重复应用风险中性定价来定价看涨期权

使用例 18.1 和例 18.2 中相同的数据，我们得到

$$\begin{aligned}\pi&=(1.025\,3-0.922\,4)/(1.128\,4-0.922\,4)=\$0.50\\ c_U&=[\pi c_{UU}+(1-\pi)c_{UD}]/(1+R)=(17.29\times0.50)/1.025\,3=\$8.43\\ c_D&=[\pi c_{UD}+(1-\pi)c_{DD}]/(1+R)=0\\ c&=[\pi c_U+(1-\pi)c_D]/(1+R)=(0.50\times8.43)/1.025\,3=\$4.11\end{aligned} \tag{18.5}$$

这就验证了今天看涨期权的价格。

18.3.4 一步定价：多期模型的序幕（方法三）

对于欧式期权的定价，可以进一步简化并且一步完成。在式(18.4)中把 c_U 和 c_D 的公式代入看涨期权价值 c，化简后就得到

$$c=\frac{\pi c_U+(1-\pi)c_D}{(1+R)}=\frac{\pi^2c_{UU}+2\pi(1-\pi)c_{UD}+(1-\pi)^2c_{DD}}{(1+R)^2} \tag{18.6}$$

这是 2 期的二项式模型。分子利用伪概率计算了期望收益，分母把现金流折现。模型的解释如下：

- 股票从 S 到 US 的伪概率为 π，从 US 到 U^2S 的概率也为 π，则从 S 到 U^2S 的伪概率为 π^2，这正是达到 c_{UU} 的伪概率。同样，股票达到 UDS（对应的看涨期权价格为 c_{UD}）的伪概率是 $\pi(1-\pi)$。如图 18.2 中点虚线和短划线所示，这样的路径有两条，所以要乘以 2，得到总概率为 $2\pi(1-\pi)$。股票收益 D^2S（此时看涨期权价值 c_{DD}）的伪概率为 $(1-\pi)^2$。这些伪概率已经在第一张图的最后一列被标注出。
- 一旦得到了这些伪概率，把每种情况下的期权收益分别乘以到达这些节点的伪概率就计算出了期望收益。

- 接下来把上一步计算出的期望收益全部加起来，就得到了看涨期权总的期望回报。
- 这样就给出了 T 时点上的期望收益。用 $(1+R)^2$ 去折现可以得出今天的期望收益。

【例 18.4】 2 期的二项式看涨期权定价模型

使用例 18.3 中的伪概率和例 18.1 中的期权收益，代入公式(18.6)就得到了今天的看涨期权价格：

$$c=(0.25\times 17.29+0.5\times 0+0.25\times 0)/1.025\,3^2=\$4.11$$

定价欧式看跌期权时也可以使用这三种方法的任一种。[①]而且，如果已知一种期权的价值，可以使用看跌—看涨期权平价来为另一种定价。

【例 18.5】 利用看跌—看涨期权平价为欧式看跌期权定价

使用 BOP 数据和上个例子中的看涨期权价格，欧式期权的看跌—看涨期权平价(结论 16.1)给出了看跌期权的价格：

$$p=c+KB-S=4.11+110\times(1/1.051\,3)-100=\$8.75$$

18.4 多期的二项式期权定价模型

我们利用数学的二项式定理得出了推广版的期权定价模型。很多杰出的学者都曾经致力于这项理论的研究，其中包括艾萨克·牛顿(Isaac Newton)，一位绝顶聪明的先驱科学家！

18.4.1 二项式系数和伪概率

二项式系数(见附录 A 的二项式定理)为计算到达多期股价树中的最终收益的总路径数目提供了一个普遍公式。二项式系数 $\binom{n}{j}$ (读作 n 选 j)给出了从 n 个对象中选择 j 个的所有可能的组合数：

$$\binom{n}{j}=\frac{n!}{j!(n-j)!} \tag{18.7a}$$

这里 $n!$(读作 n 的阶乘)被定义为

$$n!=n\times(n-1)\times(n-2)\times\cdots\times 2\times 1$$
$$\text{并且 } 0!=1 \tag{18.7b}$$

① 例如，为复制看跌期权，像以前那样构建组合 $V\equiv mS+b$。从第 2 期的看跌期权价格 $p_{UU}=0$，$p_{UD}=\$5.93$，$p_{DD}=\$24.92$ 向前逆推，就可以得到 $p_U=\$2.89$，$p_D=\$15.05$，最后今天的看跌期权价格 $p=\$8.75$。方法二和方法三也能类似使用。

因为上涨的次数正好确定了到达某个期末股票收益的不同路径数(同时也确定了下跌的次数),我们可以使用二项式系数来计算这些路径的总数。假定到期日股价为 $U^jD^{n-j}S$,其中包含了 j 次上涨和 $(n-j)$ 次下跌,这样的路径数可由二项式系数 $\binom{n}{j}$ 得出。要计算到达 $U^jD^{n-j}S$ 的总的伪概率,把到达这个节点的路径数乘以每个路径发生的概率 $\pi^j(1-\pi)^{n-j}$。乘积就是

$$\left(\frac{n!}{j!(n-j)!}\right)\pi^j(1-\pi)^{n-j} \tag{18.8}$$

接下来,我们会用到二项式的形式来修饰 2 期模型。

18.4.2 在多期的框架下重算 2 期的例子

在 2 期的二叉树($n=2$)中,到期日股价到达 U^2S、UDS 或者 D^2S。最上面的节点 U^2S 需要经过股价的两次上涨才能到达。使用 $n=2$、$j=2$,我们把结果的伪概率写作

$$\binom{2}{2}\pi^2(1-\pi)^0=\left(\frac{2!}{2!(2-2)!}\right)\pi^2=\pi^2 \tag{18.9a}$$

(注意,$(1-\pi)^0=1$。)

到达 UDS 可以有两种方式:"上涨然后下跌"和"下跌然后上涨"。使用 $n=2$、$j=1$,到达 UDS 的总伪概率为

$$\binom{2}{1}\pi^1(1-\pi)^{2-1}=\left(\frac{2!}{1!(2-1)!}\right)\pi(1-\pi)=2\pi(1-\pi) \tag{18.9b}$$

2 期树图中的两次下跌只有唯一路径。使用 $n=2$,$j=0$,到达 D^2S 的总的伪概率为

$$\binom{2}{0}\pi^0(1-\pi)^2=\left(\frac{2!}{0!(2-0)!}\right)(1-\pi)^2=(1-\pi)^2 \tag{18.9c}$$

也可以把公式(18.9a)—(18.9c)简洁地表示为

$$\binom{2}{j}\pi^j(1-\pi)^{2-j}=\left(\frac{2!}{j!(2-j)!}\right)\pi^j(1-\pi)^{2-j} \tag{18.9d}$$

这里 j 分别取值 2、1、0。

这些和之前确定的伪概率相匹配(方便起见,我们在图 18.4 中总结了这些数值)。我们的 2 期看涨期权定价公式(18.6)为

$$c=\frac{\pi^2c_{UU}+2\pi(1-\pi)c_{UD}+(1-\pi)^2c_{DD}}{(1+R)^2}$$

使用公式(18.9a),把分子中的第一部分改写为

$$\pi^2c_{UU}=\left[\binom{2}{2}\pi^2(1-\pi)^0\right]\times\max(U^2S-K,\ 0)$$

注意到看涨期权的收益可以写为 $\max(0,\ U^jD^{2-j}S-K)$,在这种特殊情形下 $j=2$。

同样，改写分子中的其他两个部分，并用加总的表示方法更加简洁地表示看涨期权的价格：

$$c=\frac{1}{(1+R)^2}\sum_{j=0}^{2}\left\{\left[\binom{2}{j}\pi^j(1-\pi)^{2-j}\right]\times[\max(0,U^jD^{2-j}S-K)]\right\} \tag{18.10}$$

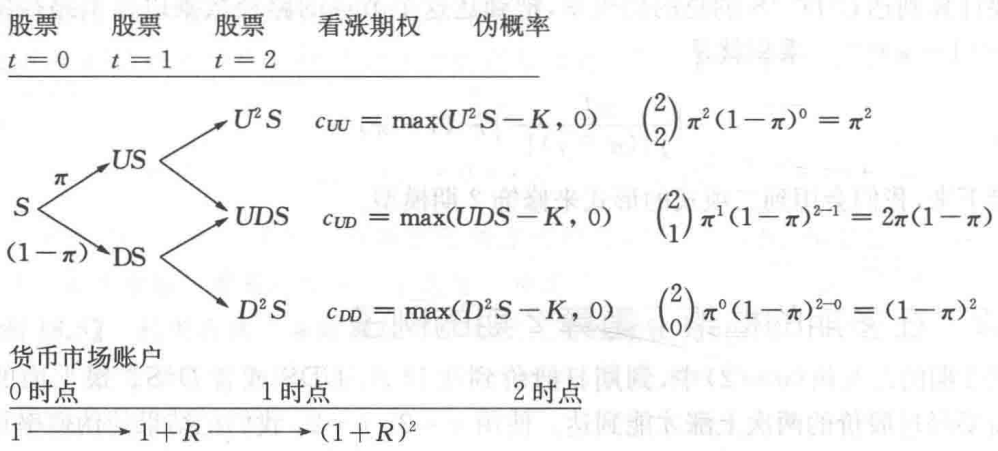


图 18.4　欧式期权定价的 2 期二项式模型

18.4.3　n 期的二项式期权定价模型

把公式(18.10)中的 2 用 n 替换，就得到了多期二项式模型，这也是本章的主要结论。

结论 18.2

***n* 期二项式期权定价模型**

$$c=\frac{1}{(1+R)^n}\sum_{j=0}^{n}\left\{\left[\binom{n}{j}\pi^j(1-\pi)^{n-j}\right]\times[\max(0,U^jD^{n-j}S-K)]\right\} \tag{18.11}$$

在这里 n 为期数，T 为期权的到期日，$\Delta t\equiv T/n$ 为每一期的时长，$1+R\equiv e^{r\Delta t}$ 为每期从货币市场账户取得的美元收益，j 为 n 期中上涨的次数(所以$(n-j)$为下跌的次数)，$\binom{n}{j}=\frac{n!}{j!(n-j)!}$ 表示 n 次变动中有 j 次上涨的可能总数，π 为上涨的伪概率($(1-\pi)$即为下跌的伪概率)，U 为股价的上涨因子，D 为下跌因子，S 为初始的股价，K 为敲定价格。

用 $\max(0,K-U^jD^{n-j}S)$ 替代看涨期权收益，就得到了欧式看跌期权的定价公式。

除了它的发明者还有谁会欣赏这样一个看上去那么可怕的公式呢？支持者提出了以下几点理由，公式(18.11)：(1)它是之前所引入的简单公式的推广，(2)它只用到了高中代数(当然其中包含一些符号)，(3)它在电子表格如 Microsoft Excel 里可以很容易地进行编程(见本章末的示例)。

重申一下，公式(18.11)把上一部分得出的欧式看涨期权定价的简单公式推广了。括号中的第一部分用美元收益去贴现现金流。后面紧跟着加总符号，把每种情况下的期权收益乘以得到这些收益的伪概率之后全部加起来，结果就是期权的价格！

正如在上一章中一样，我们可以把结论 18.2 更抽象地改写，得到一个表达式，它看上去和 BSM 模型(下一章中会讲到)中用到的公式十分相像：

$$c = E^{\pi}[c(T)]e^{-rt} \tag{18.12}$$

这里 $E^{\pi}(\cdot)$ 表示在伪概率 π 的情况下计算期望值。

正如之前所强调的那样，可以注意到期权价格并不依赖于股价变化的实际概率，而只依赖于伪概率。拓展 18.1 展示了如何选取上涨因子和下跌因子，使得时长很短时，能够得到一个近似于 BSM 模型的模型。取极限时，这种近似就会得到对数正态分布，而对数正态分布正是得出 BSM 模型的基本条件。

在多期二项式的树图中你可以使用结论 18.2 对欧式期权进行一步定价。下面这个例子说明了当模型包含 4 期的时候该如何做。

【例 18.6】 4 期的二项式模型示例

- 这个 4 期的例子同样使用了 BOP 数据。给定总期数 $n=4$，把到期时间 T 分为 4 段，每段时长为 $\Delta t = T/n = 0.25$ 年。
- 使用表 18.1 中的公式(1)，我们得到 $U = 1.084\ 585\ 39$，$D = 0.940\ 567\ 17$，$\pi = 0.500\ 015\ 07$，$(1-\pi) = 0.499\ 984\ 93$。而且，1 期后 $1+R = e^{r\Delta t} = e^{0.05\times 0.25} = \$1.012\ 6$，4 期后 $(1+R)^4 = 1.012\ 6^4 = \$1.051\ 3$。
- 使用公式(18.11)，我们得到了今天的欧式看涨期权价格：

$$c = \frac{1}{(1+R)^4}\left\{\binom{4}{4}\pi^4(1-\pi)^0\max(0, U^4D^0S-K) + \binom{4}{3}\pi^3(1-\pi)^1\max(0, U^3D^1S-K)\right\}$$

$$= \left(\frac{1}{1.051\ 3}\right)(0.500\ 0^4 \times 28.374\ 2 + 4 \times 0.500\ 0^4 \times 10)$$

$$= 4.065\ 3 \text{ 或者 } \$4.07$$

如果继续增加例子中的期数，期权价格会发生什么呢？这在表 18.2 中进行探讨，在不断缩短时间段的情况下我们运用拓展 18.1 中的公式(1)计算期权价格。这里，表 18.2a 包含了一些 Excel 表的结果(在 $n=1$、2、4、8、16、32 时的二项式模型；第二张表是第一张表的延续)，表 18.2b 整理了在这些期数下的看涨期权和看跌期权的价格(还包含了 64 期时的价格)。这些结果基本趋同于 BSM 模型得出的价格，但是，你需要等到下一章才会学到 BSM 的结果是怎样得出的。

表 18.1 设定因子和伪概率，连接二项式和 BSM 模型

	公式 1(加罗—拉德)	公式 2(考克斯—罗斯—鲁宾斯坦)
上涨因子(U)	$U = e^{r\Delta t - \frac{\sigma^2}{2}\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t}}$	$e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$
下跌因子(D)	$D = e^{r\Delta t - \frac{\sigma^2}{2}\Delta t - \sigma\sqrt{\Delta t}}$	$1/U$
股票上涨的伪概率(π)	$\dfrac{(1+R)-D}{U-D}$	$\dfrac{(1+R)-D}{U-D}$
股票下跌的伪概率 $(1-\pi)$	$\dfrac{U-(1+R)}{U-D}$	$\dfrac{U-(1+R)}{U-D}$

Δt 为每期时长，r 为连续复利下的无风险年利率，$1+R = \exp(r\Delta t) \equiv e^{r\Delta t}$，$\sigma^2$ 为连续复利收益的方差。

拓展 18.1 将二项式模型运用到布莱克—斯科尔斯—默顿模型中

二项式模型容易理解，便于运用，但是它能否得出真实市场中的那些报价呢？答案是肯定的！二项式期权定价模型可被用来近似替代 BSM 模型。这种近似是通过粗略估计标的资产价格的概率分布实现的，BSM 模型假定资产价格近似服从对数正态分布。当参数设定恰当并且期数很多、时长很短的情况下，二项分布的过程会快速趋向于对数正态分布。因此多期二项式模型得出的期权价格会趋同于 BSM 模型。

其实有很多方式能够实现这种趋同。“金融文献揭示了至少 11 种不同版本的二项式期权定价模型，为那些标的资产服从对数正态分布的期权进行定价。”钱斯(Chance，2008，p.38)写道。他指出最常用的三种版本是考克斯等(Cox et al.，1979)、伦德曼和巴特(Rendleman and Bartter，1979)，以及加罗和拉德(Jarrow and Rudd，1982)。

最后一个计算公式，通常被称为**加罗—拉德二项式模型**，是加罗和拉德(Jarrow and Rudd，1982)两个人发现的，这个模型以伦德曼和巴特的方法为基础并且在加罗和特恩布尔(Jarrow and Turnbull，1996)的书中做了进一步的修改。他们发现，随着时间段的缩短，伪概率接近 0.50(见表 18.1)。

另一个计算方法是**考克斯—罗斯—鲁宾斯坦二项式模型**。虽然在实际中广泛应用，但是当时长较大或者波动较小时它会给出错误的结果(见表 18.1)。对这两种计算方法，被分割的期数越多，近似的效果就越好。要想在二项式模型中得到好的期权价格，至少要用 50 期。

哪种计算方法更好呢？答案是，它们都差不多，因为当 n 趋向于无穷，它们都接近于相同的 BSM 模型的价格。钱斯(Chance，2008，p.54)总结道：“二项式模型不是一个单独的模型，而是一组对离散时间过程的理解，这个过程在极限时趋向于连续布朗运动过程(它构成了 BSM 模型的基础)，而且能精确地为期权定价。”

表 18.2 二项式期权价格向布莱克—斯科尔斯—默顿模型价格的趋同

a. Excel 的结果(n = 1、2、4、8、16 和 32 时的二项式模型)

S	K	T	n	$\Delta t = T/n$	r	$1+R$	σ
100	110	1	1	1	0.05	1.051 271 1	0.142 47
100	110	1	2	0.5	0.05	1.025 315 12	0.142 47
100	110	1	4	0.25	0.05	1.012 578 45	0.142 47
100	110	1	8	0.125	0.05	1.006 269 57	0.142 47

U	D	π	$1-\pi$	看涨期权	看跌期权
1.199 999 511	0.902 470 88	0.500 120 656	0.499 879 344	$4.757 271 59	$9.392 508 29
1.128 249 231	0.922 363 46	0.500 042 629	0.499 957 371	4.113 492	8.748 728 7
1.084 585 393	0.940 567 17	0.500 015 067	0.499 984 933	4.065 304 709	8.700 541 4
1.056 912 736	0.955 625 33	0.500 005 326	0.499 994 674	3.944 816 311	8.580 053 01
1.038 843 626	0.967 415 88	0.500 001 883	0.499 998 117	3.813 430 739	8.448 667 43
1.026 783 114	0.976 344 26	0.500 000 666	0.499 999 334	3.767 810 681	8.403 047 38

b. 期权价格

期 数	看涨期权价格	看跌期权价格
1	\$4.757 272	\$9.392 508
2	4.113 492	8.748 729
4	4.065 305	8.700 541
8	3.944 816	8.580 053
16	3.813 431	8.448 667
32	3.767 811	8.403 047
64	3.803 293	8.438 853
BSM 模型	3.783 772	8.419 009

18.5 二项式模型的扩展

多期的二项式模型是一个能为衍生证券定价的有用工具，这些衍生证券远比我们目前所研究的期权更复杂。正因为如此，把多期模型看作定价衍生证券的常用计算方法是很有用的。我们将说明两种扩展：(1)包含股利，和(2)定价美式期权。

18.5.1 已知股利

美国期权交易所不会为现金股利改变敲定价格或做其他任何调整。这样的股利会降低看涨期权的价值，但是会提高看跌期权的价值。在股利存在的情况下为期权定价是一项复杂的工作。我们考虑两种相对简单的在已知股利下调整二项式模型的方式。

正如第 3 章和第 11 章中，除息日是支付股利的分割时点，而且我们假定套利能保证除息后的股价恰好会下降和股利相等的数额(见结论 3.1)。固定比率的股利在二项式的框架下更容易处理，因为二叉树仍然会合并。不幸的是，固定金额(不是固定比率)的股利在美国公司里更为常见。公司试图固定股利支付日和美元金额(见拓展 12.1 关于美国公司股利政策的讨论)。例 18.7 分别展示了在固定金额股利和固定比率股利的情况下，如何对模型作出调整。

【例 18.7】 *存在已知股利时的调整(基于例 18.2)*

已知股利日和股利百分比

- 在例 18.2 中，假定 6 个月之前股票发放了 $\delta=5\%$ 的股利，则 1 时点的股价需要被调整以反映这次发放的股利。因此，1 时点修正后的股价为

$$US(1-\text{股利比率})=112.824\,923(1-0.05)=107.18$$
$$DS(1-\text{股利比率})=92.236\,3(1-0.05)=87.62$$

- 像以前那样，使用修正后的股价来构建二叉树图。6 个月以及之后的股价都乘以(1−股利比率)。二叉树仍然像之前那样合并，我们的期权定价方法依然奏效。检验可得，看涨期权价值为 2.60 美元，看跌期权价值为 12.23 美元。

已知股利日和股利金额

- 假定在例 18.2 中，6 个月之前股票发放了 $div=5$ 美元的股利。在这种情况下，像之前那样计算 1 时点的股价得到 US 或 DS，然后分别减去 5 美元。再用修正后的股价构建二叉树，用以前的方法解出期权价格（见图 18.5）。注意到树叉并没有合并，在 2 期的树图中一年后共有 4 个节点。（如果这是一个 10 期的树图，你会得到 1 024 个节点！）从时间上一步步逆推解出期权价格，可以验证看涨期权价值为 2.77 美元，看跌期权价值为 12.28 美元。

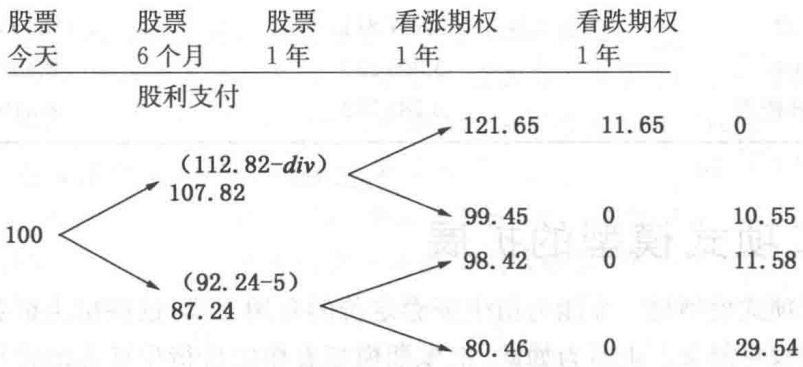


图 18.5　股票支付已知股利时期权定价的 2 期二叉树

18.5.2　美式期权的定价

在二项式模型中使用以下步骤可以很容易地为美式期权定价。

- 像欧式期权那样构建股价二叉树，找出 n 期之后到期日时的期权价值。
- 使用风险中性定价公式计算出：(1)倒数第 2 期（即[$n-1$]期）欧式期权的价值；(2)期权立即被行权的回报。取两者中的较大者作为美式期权的价值并将其用于以后的计算。
- 一期一期逐步倒推。在每一个节点上，判断一下期权存续（计算出的价值）和死亡（行权价值）的价值孰大孰小，然后保留二者中较大的那个。当计算到今天的时点时就终止了，0 时点的期权价值就由此得到答案。遵循这种计算方法，你实际上已经构建了美式期权价格的树图。
- 需要注意，定价过程的副产品就是同时得到了在树图中每个节点上是否应该行使期权。因此这种定价方法也提供了是否行权的最佳策略。
- 第 16 章的结论 16.10 告诉我们，若标的股票在期权存续期间不付股利，则相应的美式看涨期权不应该被提前行权：卖出看涨期权而不是行权，这样你可以受益更多。这样的美式看涨期权相当于一个欧式看涨期权，而且它们有着相同的二叉树。相反的是，它们不同于欧式看跌期权，美式看跌期权可能会被提前行权。在接下来的例 18.8 中，我们会用到例 18.1—18.3 来构建美式看跌期权价格树。

【例 18.8】　美式期权定价（基于例 18.1—18.3）

- 若标的股票在期权存续期间不付股利，则相应的美式看涨期权不应该被提前行权。因此，在例 18.2 中欧式看涨期权和美式看涨期权的树图是一样的。你可以运用之前所讲的计算方法来进行验证。

- 但是对于美式看跌期权就不同了。为方便起见，图 18.6 中的第一个树图展示了欧式看跌期权。第二个树图展示了美式看跌期权。
- 到期日前的 6 个月时，欧式看跌期权在上涨的状态下价值为 2.894 2。如果被行权的话，收益为

$$110-112.824\ 9=-2.824\ 9$$

可见看跌期权存续的价值更大——选择不行权。在美式看跌期权树中保留数值 2.894 2。

- 到期日前的 6 个月时，看跌期权在下跌的状态下价值为 15.049 4。如果被行权的话，收益为

$$\max(110-92.236\ 3,\ 0)=17.763\ 7$$

在这里看跌期权被行权的价值更大。在树图中舍弃现存价值 15.049 4，改为 17.763 7。

- 回到现在，对于美式看跌期权，如果被行权的话，价值为

$$\max(110-100,\ 0)=10$$

使用 1 时点的美式看跌期权价值，我们发现在 0 时点

$$p=\frac{\pi p_U+(1-\pi)p_D}{1+R}=\frac{0.50\times 2.894\ 2+0.50\times 17.763\ 7}{1.025\ 3}=\$\,10.073\ 3$$

最终，最大的那个数值作为今天美式看跌期权的价值，在今天看跌期权不会被行权。

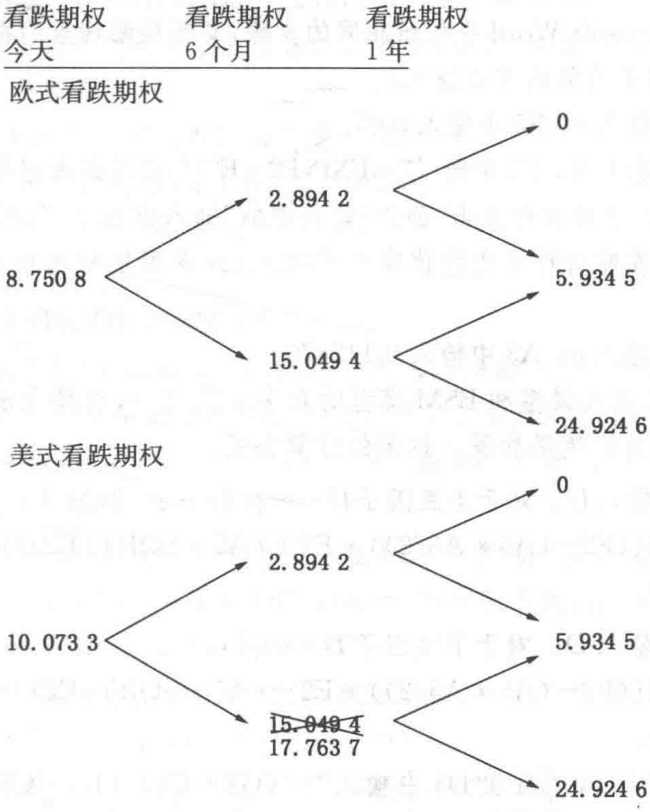


图 18.6 美式期权定价的 2 期二项式模型

18.6 电子表格的应用

二项式模型可以在电子表格程序如 Microsoft Excel 中实现。这部分会说明如何两步实现：首先我们先阐述如何求解一个 2 期二项式模型，然后阐述如何求解一个 16 期的例子。

18.6.1 2 期二项式模型示例

你可以在 Microsoft Excel 工作表中对多期二项式期权定价模型进行编程。

【例 18.9】 在 Excel 中求解例 18.3

输入

- 在 MS Excel 工作表中，输入以下数据。本例将使用之前本章中所提供的、曾被用于例 18.2 和例 18.3 的 BOP 数据。见图 18.7 中的工作表：
  —在 A1 中输入 S，A2 中输入 100。
  —在 B1 中输入 K，B2 中输入 110。
  —在 C1 中输入 T，C2 中输入 1。
  —在 D1 中输入 n，D2 中输入 2。
  —在 E1 中输入“$\Delta t = T/n$”，E2 中输入 0.5(你可以在 Microsoft Office 2007 中创建 Δ，或者找到页面顶端的带状处，在 Microsoft Excel 中点击“插入”标签中的“符号”，点击 Δ，复制或剪切 Δ，再把它粘贴到 Excel 工作表中去(或者，你也可以在 Microsoft Word 中按照相同的步骤，复制粘贴这里的符号)；其他的希腊符号都可以用类似的方法插入)。
  —在 F1 中输入 r，F2 中输入 0.05。
  —在 G1 中输入 R，G2 中输入“=EXP(F2 * E2)”，然后点击回车就得到了 1.025 315(你也可以去带状处点击“公式”标签中的“插入方程 f_x”，然后选择方程菜单中的 EXP，在即将打开的数值窗口中输入(或者用鼠标选中)“F2 * E2”，再点击 OK)。
  —在 A4 中输入 σ，A5 中输入 0.142470。
- 根据连接二项式模型和 BSM 模型的众多公式之一，选择上涨和下跌因子(见拓展 18.1)。我们使用加罗—拉德的计算公式：
  —在 B4 中输入 U。对于上涨因子 $U=\exp[(r-\sigma^2/2)\Delta t+\sigma\sqrt{\Delta t}]$，在 B5 中输入“=EXP(((F2−(A5 * A5/2)) * E2+(A5 * SQRT(E2)))”，点击回车就得到 1.128249。
  —在 C4 中输入 D。对于下跌因子 $D=\exp[(r-\sigma^2/2)\Delta t-\sigma\sqrt{\Delta t}]$，在 C5 中输入“=EXP(((F2−(A5 * A5/2)) * E2−(A5 * SQRT(E2)))”，点击回车就得到 0.922363。
- 在 D4 中输入 π，然后在 D5 中输入“=(G2−C5)/(B5−C5)”点击回车后得到 0.500043。在 E4 中输入(1−π)，再在 E5 中输入“=1−D5”，点击回车得到 0.499957。

构建股价二叉树,计算到期时的期权价格和伪概率

- 为构建股票树,在 A8 中输入标题“股票($t=0$)”,在 B8 中输入“股票($t=1$)”,在 C8 中输入“股票($t=2$)”,然后在每个单元格中的“=”后面输入以下表达式;最后点击回车键得到结果:
  - —在 A11 中输入“=A2”,点击回车得到 100。
  - —在 B10 中输入 A11 * B5 得到 112.824923。
  - —在 B12 中输入 A11 * C5 得到 92.236346。
  - —在 C9 中输入 B10 * B5 得到 127.294633。
  - —在 C11 中输入 B10 * C5 得到 104.065586。
  - —在 C13 中输入 B12 * C5 得到 85.075435。
- 对于到期日的看涨期权价格,在 D8 中输入标题“看涨期权($t=2$)”,然后在每个单元格中的“=”后面输入以下表达式,最后点击回车键得到结果:
  - —在 D9 中输入 MAX(C9−B2, 0),得到 17.294633。
  - —在 D11 中输入 MAX(C11−B2, 0),得到 0。
  - —在 D13 中输入 MAX(C13−B2, 0),得到 0。
- 对于到期日的看跌期权价格,在 E8 中输入标题“看跌期权($t=2$)”,然后在每个单元格中的“=”后面输入以下表达式,最后点击回车键得到结果:
  - —在 E9 中输入 MAX(0, B2−C9),得到 0。
  - —在 E11 中输入 MAX(0, B2−C11),得到 5.934414。
  - —在 E13 中输入 MAX(0, B2−C13),得到 24.924565。
- 为求解到期日能达到这些期权价值的伪概率,在 F8 中输入标题“伪概率”,输入下列公式后点击回车:
  - —在 F9 中输入 D5 * D5,点击回车得到 0.2500043。
  - —在 F11 中输入 2 * D5 * E5 得到 0.500000。
  - —在 F13 中输入 E5 * E5 得到 0.249957。

注意,这些伪概率的总和为 1。

欧式看涨期权和看跌期权的定价(方法二)

- 在 A16 中输入“欧式期权树(方法二)”,在 A18 中输入“看涨期权树”。
- 重复运用结论 18.1 中的公式(18.4),就构建出了看涨期权树:
  - —在 A19 中输入标题“看涨期权($t=0$)”,在 B19 中输入“看涨期权($t=1$)”,在 C19 中输入“看涨期权($t=2$)”。
  - —复制 2 时点看涨期权的价值——在 C20 中复制 D9 的数值,在 C22 中复制 D11 的数值,在 C24 中复制 D13 的数值,就分别得到 $c_{UU}=17.294633$, $c_{UD}=0$, $c_{DD}=0$。
  - —为求解 1 时点看涨期权的价值,在 B21 中输入“=(D5 * C20+E5 * C22)/G2”,在 B23 中输入“=(D5 * C22+E5 * C24)/G2”。
  - —在 A22 中输入“=(D5 * B21+E5 * B23)/G2”,求解得出今天的看涨期权价值 4.113 492,或 4.11 美元。

	列 A	B	C	D	E	F	G
行 1	S	K	T	n	$\Delta t = T/n$	r	R
2	100	110	1	2	0.5	0.05	1.025 315
3							
4	σ	U	D	π	$(1-\pi)$		
5	0.142 470	1.128 249	0.922 363	0.500 043	0.499 957		
6							
7							
8	股票($t=0$)	股票($t=1$)	股票($t=2$)	看涨期权($t=2$)	看跌期权($t=2$)	伪概率	
9			127.294 633	17.294 633	0.000 000	0.250 043	
10		112.824 923					
11	100		104.065 586	0.000 000	5.934 414	0.500 000	
12		92.236 346					
13			85.075 435	0.000 000	24.924 565	0.249 957	
14							
15							
16	欧式期权树(方法二)						
17							
18	看涨期权树						
19	看涨期权($t=0$)	看涨期权($t=1$)	看涨期权($t=2$)				
20			17.294 633				
21		8.434 532					
22	4.113 492		0.000 000				
23		0.000 000					
24			0.000 000				
25							
26	看跌期权树						
27	看跌期权($t=0$)	看跌期权($t=1$)	看跌期权($t=2$)				
28			0				
29		2.893 700					
30	8.748 729		5.934 414				
31		15.047 745					
32			24.924 565				
33							
34							
35	欧式期权价格(方法三)						
36	看涨期权=	4.113 492					
37	看跌期权=	8.748 729					

图 18.7　Excel 中的 2 期二项式模型示例(例 18.3)

- 这就完成了“看涨期权树”，这个二叉树中包含了所有可能的看涨期权价值。二期的“看跌期权树”也能类似得到并置于看涨期权树的下方，得出的看跌期权价值为8.748 729，或 8.75 美元。

欧式看涨期权和看跌期权的定价(方法三)

- 在 A35 中输入“欧式期权价格(方法三)”，在 A36 中输入“看涨期权=”，在 A37 中输入“看跌期权=”。使用公式(18.6)，在 B36 中输入“=(F9 * D9+F11 * D11+F13 * D13)/(G2∧2)”就得到了今天看涨期权的价值 4.113 492 或 4.11 美元。
- 使用式(18.6)的变形，即把看涨期权价值替换成看跌期权价值，在 B37 中输入“=(F9 * E9+F11 * E11+F13 * E13)/(G2∧2)”，可以得到今天看跌期权的价值为 8.748 729 或 8.75 美元。

18.6.2 一个 16 期的例子

接下来我们对之前的例子进行扩展，建立一个 16 期的模型，仍然使用 BOP 数据。

【例 18.10】 一个 16 期的例子(电子表格的运用)

- 我们使用相同的 BOP 数据：S 为 100 美元，K 为 110 美元，T 为 1 年，r 为每年 5%，σ 为 0.142 470。这次我们把 T 分为 16 期，每期时长 $\Delta t = T/n = 1/16 = 0.062\,5$ 年。表 18.3a 总结了使用表 18.1 中的(加罗—拉德)公式 1 而得出的数值：

$$U = 1.038\,843\,626$$
$$D = 0.967\,415\,88$$
$$\pi = 0.500\,001\,883$$
$$(1-\pi) = 0.499\,998\,117$$

- 详细的计算过程见表 18.3b。

—A 列 j 为上涨的次数。

—B 列为看涨期权的表示符号(例如在 $j=14$ 行，我们用 U14D2S-K 来表示；标的股票的价格含有 14 次上涨和 2 次下跌，再从中减掉敲定价格)。

—C 列为到期日的看涨期权价值。

—D 列为合并数，表示含 j 次上涨的所有可能的总路径数 $\binom{16}{j}$。

—E 列为上涨的伪概率 π^j。

—F 列为下跌的伪概率 $(1-\pi)^{16-j}$。

—G 列为某特殊路径的伪概率 $D \times E \times F$。

—H 列为“期望收益” $C \times G$。

- 把 H 列中的所有数值加总后用 $(1+R)^{16}$ 折现，就得到了看涨期权的价值 $c=3.81$ 美元。因为我们已经完成了看涨期权的全部计算工作，可以使用看跌—看涨期权平价来计算看跌期权价值：

$$p = c + KB - S = 3.81 + (110/1.051\,3) - 100 = \$8.45$$

表 18.3　一个 16 期的二项式例子(用 Microsoft Excel 来求解)

a. 基本数据、计算以及欧式看涨和看跌期权的价值

S	K	T	n	$\Delta t = T/n$	r	$1+R$	σ	U	D
100	110	1	16	0.062 5	0.05	1.003 13	0.142 47	1.038 843 626	0.967 415 88

π	$(1-\pi)$	看涨期权	看跌期权
0.500 001 883	0.499 998 117	$3.813 430 739	$8.448 667

b. Excel 工作表

A	B	C	D	E	F	G	H
j	看涨期权表示符号	到期日看涨期权价值	合并数	上涨的伪概率 π^j	下跌的伪概率 $(1-\pi)^{16-j}$	某特殊路径的伪概率 $D \times E \times F$	期望收益 $C * G$
16	U16S-K	73.993 666	1	1.525 97E-05	1	1.525 97E-05	0.001 129 122
15	U15DS-K	61.342 818	16	3.051 93E-05	0.499 998 1	0.000 244 153	0.014 977 064
14	U14D2S-K	49.561 804	120	6.103 84E-05	0.249 998 1	0.001 831 137	0.090 754 475
13	U13D3S-K	38.590 817	560	0.000 122 076	0.124 998 6	0.008 545 244	0.329 767 937
12	U12D4S-K	28.374 162	1 820	0.000 244 152	0.062 499 1	0.027 771 833	0.788 002 483
11	U11D5S-K	18.859 973	4 368	0.000 488 301	0.031 249 4	0.066 651 897	1.257 052 981
10	U10D6S-K	9.999 951 1	8 008	0.000 976 599	0.015 624 6	0.122 194 223	1.221 936 262
9	U9D7S-K	1.749 117 4	11 440	0.001 953 191	0.007 812 3	0.174 561 862	0.305 329 191
						加总/1.051 271 = 3.813 430 74	

本章小结

1. 基本的二项式期权定价模型叙述如下：

a. 三种证券用于交易：一支股票、一个无风险货币市场账户和一个欧式(看涨或者看跌)期权。

b. 在每个节点上，股价或者上涨上涨因子 U 倍，或者下跌下跌因子 D 倍。股价树在每个节点的末端就重复这样的单期结构。

c. 投资于货币市场账户的 1 美元在 1 期后能获取收益 $1+R \equiv e^{r\Delta t}$。

d. 给定敲定价格，从股价树图中可以计算到期期权的收益。然后重复运用下列公式求解出前期的期权价格

$$\text{期权价格} = [\pi \times (\text{期权价格})_{UP} + (1-\pi) \times (\text{期权价格})_{DOWN}]/(1+R)$$

在这里 $\pi = [(1+R)-D]/(U-D)$ 为一次上涨的伪概率，期权价格的“上涨”和“下跌”在接下来的上涨和下跌的节点上予以考虑。

2. n 期的多重二项式期权定价模型为

$$c=\frac{1}{(1+R)^n}\sum_{j=0}^{n}\left\{\left[\binom{n}{j}\pi^j(1-\pi)^{n-j}\right]\times[\max(0,U^jD^{n-j}S-K)]\right\}$$

在这里 $\binom{n}{j}\equiv n!/[j!(n-j)!]$ 为从 n 次变动中选择 j 次上涨的路径总数，$n!=n\times(n-1)\times(n-2)\times\cdots\times2\times1$ 是 n 阶阶乘。

3. 在二项式模型的框架下，美式期权定价的方法如下：

a. 像欧式期权一样构建股价二叉树，找出 n 时刻即到期日的期权价值。

b. 使用风险中性定价公式，计算出(1)时点$(n-1)$的欧式期权价值，(2)若立即行权时期权的收益。保留两者中的较大数值作为美式期权的价值，并将它用于将来的计算。

c. 一期一期向前逆推。在每个节点上，判断期权存续(计算出的价值)或死亡(行权的价值)哪个价值更大，保留二者中的较大值。当到达今天就可以停止了。遵循这个过程，你就构建出了美式期权价格树。

案例分析

利兰·奥布莱恩·鲁宾斯坦合伙有限公司：投资组合保险(哈佛商学院案例 294061-PDF-ENG)。该案例研究了利兰·奥布莱恩·鲁宾斯坦(LOR)合伙有限公司的投资组合保险销售业务的兴衰历程。

利兰·奥布莱恩·鲁宾斯坦合伙有限公司：超级信托(哈佛商学院案例 294050-PDF-ENG)。该案例研究了 LOR 有限公司在 1987 年股市崩盘后极力开发新产品来实现自身重建，以满足那些股权投资者未被满足的需求。

灵活性对全球航空公司的价值：EDW 和 CRM 的实物期权(凯洛格管理学院案例 KEL266-PDF-ENG，哈佛商学院出版社)。该案例使用二项式模型为科研项目的实物期权进行估值。

习题和思考题

1. 相比于单期二项式模型，为什么多期二项式模型能更好地接近于实际股价走势？

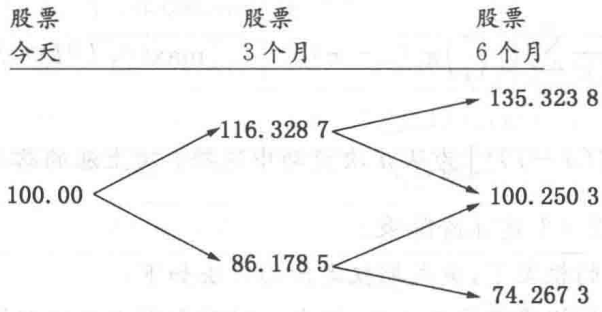
下面的 7 个问题基于以下 2 期二项式模型的数据。

—股价 S 为 100 美元。3 个月后，或者它会上涨，乘以上涨因子 $U=1.163\,287$；或者它会下跌，乘以下跌因子 $D=0.861\,785$。

— $T=0.5$ 年之后期权到期，敲定价格 $K=110$ 美元。

—投资于货币市场账户的 1 美元在 3 个月后会增值为 $R=1.012\,578$ 美元。

股价树为：



2. 使用合成构建的方法在上面的树图中计算看涨期权价值。

3. 有一个交易商对看涨期权的报价为 2 美元，说明如何可以赚取套利利润。

4. 使用风险中性定价计算看涨期权价值。

5. 使用合成构建的方法在上面的树图中计算看跌期权价值。

6. 假定问题 5 中的看跌期权市价为 10 美元，你将如何利用这种错误定价呢？试说明。

7. 给定问题 5 中的数据，使用风险中性定价计算看跌期权价值。

8. 考虑问题 2 和问题 5 中的看涨和看跌期权价值。说明它们满足看跌—看涨期权价值平价条件。

下面的 5 个问题基于以下 4 期二项式模型的数据。

— $T=2$ 年后期权到期，敲定价格 $K=75$ 美元。

—标的股票价格为 50 美元。在这个 4 期模型中，股价根据加罗—拉德公式而变化，波动度 $\sigma=0.3$。

—连续复利无风险利率 r 为每年 5%。

9. a. 计算股价变动的上涨和下跌因子，以及每期的美元收益$(1+R)$。

b. 使用上涨和下跌因子来构建 4 期的股价变化树。

10. 重复应用风险中性定价，在树图中求解出所有看涨期权价值。

11. 基于 n 期的二项式期权定价模型，解释 0 时点欧式看涨期权定价公式。

12. 重复应用风险中性定价，在树图中求解出所有看跌期权的价值。

13. 基于 n 期的二项式期权定价模型，解释 0 时点欧式看跌期权定价公式。

下面的 8 个问题基于以下 2 期二项式模型的数据。

— $T=0.5$ 年后期权到期，敲定价格 $K=45$ 美元。

—标的股票的价格为 50 美元。在这个 2 期模型中，股价根据加罗—拉德公式而变化，波动度 $\sigma=0.2$。

—连续复利无风险利率 r 为每年 2%。

14. 计算上涨和下跌因子，以及美元收益$(1+R)$和股价树。

15. 在这个 2 期二叉树中，计算今天的看涨期权价格。

16. 在这个 2 期二叉树中，计算今天的看跌期权价格。

17. 使用相同的数据，考虑 2 时点到期的其他方面都相同的美式看涨期权。计算其价值，比较美式看涨期权价格和欧式看涨期权价格有何不同？

18. 使用相同的数据，考虑 2 时点到期的其他方面都相同的美式看跌期权。计算其价值，比较美式看跌期权价格和欧式看跌期权价格有何不同？

19. 若敲定价格为 70 美元，在这个 2 期树图中计算今天美式看跌期权的价格。期权会被提前行权吗？

20. 考虑以下奇异期权，其到期收益为股价的平方减去敲定价格的差与 0 相比中的较大者：

$$\max[S(2)^2 - K, 0]$$

假定敲定价格为 2 000 美元，在无套利的假设下计算这个奇异期权的价值。

21. 考虑以下奇异期权，其到期收益为股价的开方减去敲定价格的差与 0 相比中的较大者：

$$\max[\sqrt{S(2)} - K, 0]$$

新的敲定价格为 5 美元，其他数据和之前相同，在无套利的假设下计算这个奇异期权的价值。

(Microsoft Excel)下列问题基于以下 3 期二项式模型的数据。

— $T=0.5$ 年后期权到期，敲定价格 $K=65$ 美元。

—标的股票的价格 S 为 63 美元。在这个 3 期模型中，股价根据加罗—拉德公式而变化，波动度 $\sigma=0.3$。

—连续复利无风险利率 r 为每年 0.045。

22. a. 在 Excel 中使用之前的数据，计算今天的看涨期权价值。

b. 在 Excel 中使用之前的数据，计算今天的看跌期权价值。

19

布莱克—斯科尔斯—默顿模型

19.1 引言

1973 年，布莱克—斯科尔斯—默顿(BSM)期权定价模型正式发表，同年，第一家现代期权交易所芝加哥期权交易所诞生。鲁宾斯坦(Rubinstein)教授在 1994 年美国金融协会的主席报告中指出："布莱克—斯科尔斯—默顿模型在社会科学领域被广泛认为是最成功的模型之一，或许是人类历史上使用最广泛的嵌入概率的公式(包括它的二项式扩展模型)。"我们理解教授的热情，但对使用率的数据却没有那么肯定。①

本章介绍布莱克—斯科尔斯—默顿模型。首先，我们考虑模型的应用。然后，提供布莱克—斯科尔斯—默顿模型发展至出版的简史。我们描述模型的假设条件，展示如何使用布莱克—斯科尔斯—默顿模型为欧式期权定价，并讨论模型结构背后的理论。本章还讨论如何收集输入变量，包括最难懂的"波动率"。最后，我们展示如何将布莱克—斯科尔斯—默顿模型扩展至包含股利的模型、如何定价外汇期权以及如何定价美式期权。我们也会简单地学习一下奇异期权。

19.2 应用

加罗(Jarrow，1999，p.243)在一篇题为《为了纪念诺贝尔经济学奖获得者罗伯特·默顿和迈伦·斯科尔斯：改变世界的偏微分方程》的文章中写道：

> "罗伯特·默顿、迈伦·斯科尔斯、费希尔·布莱克对期权定价的深刻理解在许多领域中都有重要的影响。在社会科学领域，他们的工作开启了衍生工具作为一个新领域的研究。在经济学领域，这些工作阐释了公司金融、金融机构和金融市场、产

① 在乔治·萧伯纳(George Bernard Shaw)的话剧《V.C.奥弗莱厄蒂》中，一名英格兰将军告诉一名爱尔兰战争英雄："好吧，征募的一名新士兵死亡，我偶尔自己也会扩展部队规模。毕竟，这是为了国王和国家。奥弗莱厄蒂，如果你不介意我说，我认为那个关于你单枪匹马与凯撒和 12 名普鲁士巨人士兵战斗的故事对小小的唐宁镇更好。你知道，我不是让你放弃它，因为毫无疑问地，它非常受欢迎；但是，事实就是事实。难道你不认为如果你将士兵减到 6 名后，将会征募到足够多的士兵吗？"

业组织、劳动经济学、国际经济学和一般均衡等领域。在金融领域，这项工作促进了股票、外汇、利率和商品衍生产品市场的发展。在考虑公司内部交易机会和风险管理的情况下，他们促进了新的企业和组织形式的产生。大至整个社会，这些创新提高了金融市场的效率，使得资源能够更优分配。”

市场上不管多头还是空头，不管是基于套期保值还是投机的目的，交易期权的需求在“一般生活事务”中不断增长。[①]我们可以根据交易商的工具、技术和交易方法将其分为三类：

(1) 数学建模者：他们根据不同的市场特征，使用不同的假设，建立期权定价模型，主要的例子就是布莱克—斯科尔斯—默顿模型。

(2) 统计建模者：他们根据历史价格模式，使用统计工具，建立期权定价模型。

(3) 赌博者：他们通过祈祷出现最好的结果，进行交易。

我们市场中这三种类型的交易商都存在。当你听从市场专家教导你放弃模型仅仅依赖于直觉，你不知不觉中变成了第三种类型的交易商(回忆第 15 章)，就像比尔·利普舒兹在所罗门兄弟银行的前同事。许多成功的交易商确实依赖于心理的刺激。然而，他们也借助于模型去指导他们的决策。当我们在下一章中讨论在实践中如何使用布莱克—斯科尔斯—默顿模型时，理论和统计模型的区别将更加重要。

布莱克—斯科尔斯—默顿模型有几个有用的特点。第一，比起二项式模型，布莱克—斯科尔斯—默顿模型更容易计算，因为建模者不需要考虑有几个分支以及如何构造这些分支。第二，解析套期保值比率和“希腊字母”比计算数值导数更方便。而且除了其简化，即使模型的一些假设条件不成立，布莱克—斯科尔斯—默顿模型仍然能够“工作”。我们将在下一章讨论这些稳健性问题。

19.3 获得诺贝尔奖的成果(1973 年)

在 20 世纪 60 年代后期，哈佛大学毕业的应用数学家费希尔·布莱克在波士顿做一名顾问。布莱克使用资本资产定价模型定价期权，推导出一个偏微分方程，这个方程可以准确地解决期权定价问题(参考布莱克和斯科尔斯的传记概要)。他与麻省理工学院的助教授迈伦·斯科尔斯合作解出了这个等式，推导出了以他们两人命名的公式。同时，保罗·萨缪尔森的博士生罗伯特·默顿，开创性地使用随机微积分去解决一系列问题，包括投资组合理论和期权定价问题(参考默顿的传记概要)。为何布莱克、斯科尔斯和默顿不一起工作呢？皮特·伯恩斯坦(Bernstein，1992)的书《资本观念》中讲述了一个“著名的”(或者说，默顿描述的“臭名昭著的”)故事：默顿“不巧睡过”了，错过了布莱克和斯科尔斯的研讨会陈述。斯科尔斯是默顿的好朋友，他坦率地将他们分开工作归于“朋友间的竞争”，他写道，“我猜我们没有想到我们都会对这个领域有兴趣”(Scholes，1998，

① 这个表述来自经济学家阿尔弗雷德·马歇尔(Alfred Marshall，1842—1924 年)，他在经典著作《经济学原理》一书中写道：“政治经济学和经济学是一门研究人类一般生活事务的学问；它研究个人和社会活动中与获取以及与使用人类福利重要的必需品联系最密切的部分。”

p.353—356)。后来,他们进行了深入的讨论,并且交换了想法。默顿向布莱克和斯科尔斯展示了如何使用包括股票和期权的完美的套期保值组合解他们的偏微分方程。

布莱克—斯科尔斯的论文在被《政治经济学杂志》(*Journal of Political Economy*)和《经济统计评论》(*Review of Economics and Statistics*)拒绝之后艰难地发表了。1973 年,默顿·米勒教授和尤金·法玛(Eugene Fama)教授利用他们个人的影响力使得这篇题为《期权和公司债务定价》的文章发表在《政治经济学杂志》上。同年,默顿的《理性期权定价理论》发表在《贝尔经济学和管理科学杂志》(*Bell Journal of Economics and Management Science*)(1973a)上。剩下的就是历史了。布莱克—斯科尔斯和默顿的论文深深地影响了学术和实务界。1997 年,默顿和斯科尔斯获得了诺贝尔经济学奖,这是学术界的最高奖项。布莱克在两年前因癌症不幸去世而错过了这个奖项,在诺贝尔奖引证中适当地提及了他的贡献。

我们应该如何命名这些模型?默顿创造了"布莱克—斯科尔斯模型"的名字。他拖延自己包含期权定价模型推导的论文发表,直到布莱克—斯科尔斯的论文发表出来之后。默顿在论文发表方面更加幸运。《贝尔经济学和管理科学杂志》不仅发表了他的论文而且付了 500 美元的稿酬,"这对于一个只赚基本工资 11 500 美元的助教授来说是不可抵挡的诱惑"(Bernstein, 1992, p.221)。为了纪念这三位学者,并与刚出现的实务对应,我们将这个模型称为布莱克—斯科尔斯—默顿模型。

传记梗概:费希尔·布莱克

费希尔·谢菲·布莱克(Fischer Sheffey Black, 1938—1995 年)在卡罗来纳度过了大部分童年时光。布莱克以物理学 AB 的成绩毕业于哈佛大学。他也在哈佛大学获得了应用数学博士学位(1964 年),培养了对计算机和人工智能的兴趣。他的职业生涯始于理特管理顾问公司的金融顾问(1965—1969 年)。

他于 1968 年结识迈伦·斯科尔斯,很快两人开始在许多研究项目中合作。斯科尔斯介绍布莱克去参加麻省理工学院斯隆管理学院每周一次的金融研讨会。布莱克从这儿获得许多新的想法。自称记忆力很差的他,不管正在进行什么,每次都要快速记下自己的新想法。他甚至有时会中断自己的演讲,静静地做笔记。

1971 年费希尔·布莱克的第一份学术研究工作是作为芝加哥商学院的客座教授,一年后,他成为全职教授。1975 年,他回到波士顿,加入斯隆学院。在麻省理工学院工作 9 年之后,布莱克加入高盛的投资银行部,并成为一名合伙人。作为第一批"数量经济学家"之一,布莱克促成了许多有天赋的博士生(经济学、金融学、数学、运筹学、物理学、统计学等)进入华尔街。他首创了使用计算机做实际交易的想法,这是新类型的套利机会(Mehrling, 2005)。

尽管费希尔·布莱克从来没有系统地受过经济学和金融学的训练,但他对这个领域做了许多卓越的贡献(参见默顿和斯科尔斯(Merton and Scholes, 1995)对其学术研究的讨论)。除了期权定价,他也为以下领域作出了贡献:(1)资产定价,(2)金融市场设计,(3)投资组合管理,(4)税收和经济行为,以及(5)商业周期理论和货币理论。

传记梗概:迈伦·斯科尔斯①

迈伦·塞缪尔·斯科尔斯(Myron Samuel Scholes)于1941年生于加拿大安大略湖畔的蒂明斯,他的父亲是一名熟练的牙医,他的母亲(和他的叔叔)创办了小型百货连锁商店。他很小就对经济学尤其是金融学非常感兴趣。

"在我的少年时代,我总是各种社团的会计;我经常与我的朋友们交易;我通过赌博以理解概率和风险;我会和叔叔们一起工作以了解他们的商业活动。我投资股票市场……我对于股票价格水平的决定非常着迷。我会花费很多时间阅读关于成功投资秘密的报告和书籍,但是,唉,没有效果。"

这是一名对于这个领域作出了许多实证贡献的专家,早期对于有效市场假设的介绍。

斯科尔斯从麦克马斯特大学毕业之后,加入芝加哥大学工商管理硕士项目。他以一名初级的电脑工程师的身份帮助教授们做研究,没日没夜地在电脑面前工作,用他自己的话说,成了"第一批电脑呆子中的一个"。斯科尔斯爱上了经济学和经济学研究。最后,他在诺贝尔奖获得者默顿·米勒的指导下,从芝加哥大学获得了金融经济学博士学位,并且从1968年开始成为麻省理工学院斯隆管理学院的助教授。

之后,斯科尔斯在芝加哥大学和斯坦福大学的商学院教学。斯科尔斯科研生涯成果很多。除了发展布莱克—斯科尔斯—默顿模型,他验证了资本资产定价模型,扩展了税收在资产定价和激励影响的研究。

传记梗概:罗伯特·默顿

罗伯特·考克斯·默顿(Robert Cox Merton)(生于1944年)在距纽约市8 000公里的一个叫做黑斯廷斯的村子长大。他的父亲罗伯特·K.默顿(Robert K.Merton)是哥伦比亚大学著名的社会学教授(他创造了许多日常使用的表述,比如角色模型(楷模)、自证预言、未预期后果)。他向儿子介绍了"棒球、纸牌戏、魔术和股票市场(只有魔术没有生根)"。

默顿在哥伦比亚大学拿到工程数学的理学学士学位,在加州理工学院拿到应用数学理学硕士学位后,进入麻省理工学院攻读经济学博士。关于默顿对于金融学的兴趣,他回忆道:

"在大学中,我花时间做交易、学习看盘、从经纪行的零售交易商那里学习市场的知识……在加州理工学院,许多个上午6:30(纽约时间9:30)我都去当地一家经纪行等待股票开市,花费几个小时的时间看盘和交易,然后再回去上课。除了股票,我还交易权证、可转债和柜台期权。"

默顿作为萨缪尔森门下的一名毕业生,很快发现"自己'业余时间'对这些事情的爱好可以变为正当的花费在研究上的时间"。他在课程学习上花费很少的时间,而集中于研究,默顿用了3年时间拿到了博士学位(在校时就在一本历史期刊上发表了自己的第一篇

① 除非另有说明,这些传记中的引言均采自:www.nobel.se/economics/laureates/1997。

论文)。1970 年,他加入麻省理工学院斯隆管理学院做一名金融学助教授。默顿在麻省理工教学 18 年后,加入哈佛商学院,并且获得了哈佛授予的最高教授荣誉——大学教授。2010 年,他以著名教授的职位回到麻省理工学院。

罗伯特·默顿写了很多研讨会论文。他的贡献包括:(1)消费与证券投资组合动态模型(Merton, 1969, 1971, 1973),(2)将公司金融和期权定价联系起来(Black—Scholes 独立研究得到相似的发现)(也称为"结构化方法";参考 Merton, 1974, 1977),(3)当基础股票收益存在"跳跃"时的期权定价模型("跳跃—扩散"模型;Merton, 1976)。他后来的研究集中于分析金融系统,尤其关注机构变化的动态。

19.4 假设

布莱克—斯科尔斯—默顿模型,与它的二项式近似值一样,需要几个重要的假设条件。我们在这儿重复第 17 章的假设条件 A1—A6,这些假设条件对两个模型都适用,重复了大部分讨论。最后一个假设(二项式交易过程)被两个假设(假设 A7 和假设 A8)取代了,这两个假设描述了在连续交易情况下股票价格的走势。

A1. 无市场摩擦。我们假设交易没有市场摩擦,如交易成本(经纪佣金、买/卖价差)、保证金要求、卖空限制和税费(对不同的证券有不同的税率)。而且,资产被完美分割。这些假设帮助建立一个基准模型,之后可以增加摩擦,并且对于机构交易商来说这是合理的近似。

A2. 无信用风险。我们假设没有信用风险。这种风险也称为违约风险或者对手风险,指的是对手不能履行义务的风险。无信用风险对于交易所交易的衍生工具来说是合理的假设。然而,对于柜台交易的衍生工具,除非有合适的抵押品条款,信用风险可能是存在的。

A3. 完全竞争和运行良好的市场。在一个完全竞争市场上,交易商的买卖对于市场价格没有影响;因此,交易商都是价格接受者。在一个运行良好的市场中,交易商对零概率事件达成一致,价格泡沫不存在。

完全竞争市场假设是现代经济学常用的假设。这个假设的放宽将在讲完布莱克—斯科尔斯—默顿模型之后的拓展 19.2 中讨论。当交易商对这种零概率事件不能取得一致,他们对怎样构成套利机会也不能达成一致。这会毁掉我们证明结论的关键工具(参见假设 A5)。

当一项资产的价格严重偏离它的内在价值或者基础价值时,价格泡沫就出现了。最近的研究显示,价格泡沫可以使得我们定价期权的方法无效(参见拓展 19.1)。

拓展 19.1 泡沫和期权定价

正如在第 17 章中讨论的一样,当资产的价格严重背离其内在价值或基本价值时,价格泡沫就出现了。基本或内在价值可以两种等价的方式来定义:第一种是未来现金流的

现值;第二种是假定购买之后必须永久持有这项资产所需付出的价格。若认为卖掉资产会带来更高价值时,差别就产生了。这个差别就是泡沫。

如同其他的模型一样,期权定价模型只有在一系列假设条件下才成立。当其中一个假设条件不成立时,模型不再有效。若假设 A3(市场完全竞争和运行良好的假设)不成立,即泡沫存在时,期权定价理论的许多结论将不再成立(参见 Jarrow, Protter, and Shimbo, 2010b)。

幸运的是,对于布莱克—斯科尔斯—默顿模型来说,假设 A8 和假设 A3 是一致的。这是由于假设股票价格服从对数正态分布排除了价格泡沫的可能性。因此,对数正态分布是一个非常强的假设。如果认为存在股票价格泡沫,对数正态分布假设需要修正,布莱克—斯科尔斯—默顿模型也将不再适用。

可以证明,在一个不存在套利机会或占优资产的市场中,只有当市场不完全竞争时,资产价格才会存在泡沫。由于大部分期权定价理论假定市场完全竞争(回顾第 8 章,证券交易可以帮助投资者实现任何期望得到的未来收益),因此合成投资组合是可能的,我们可以看到标准的期权定价方法排除了存在泡沫的可能性。此外,只要人们相信股票价格确实不存在泡沫,这是一个非常好的结论。

但是,在一个资产价格存在泡沫的不完全竞争市场中,该如何定价期权呢?在这样的市场中,需要使用替代定价方法。两种常见的方法是使用无差异曲线/效用为基础的定价和从交易的衍生工具中识别出风险中性的概率。由于精确套期保值不可能,我们不能通过构造投资组合定价;但是,风险中性定价仍然适用。当基础资产存在泡沫时,定价是不易察觉的。最近的研究表明有些结论没变,但有些结论改变了:

- 价格存在泡沫时,欧式期权的看涨—看跌期权平价仍然成立。
- 由于看跌期权损失有限,风险中性定价对其有效,但对看涨期权是无效的;结果显示,若基础资产价格存在泡沫,看涨期权价格也存在泡沫。
- 远期和期货的价格会随着基础资产价格泡沫而产生泡沫,更有趣的是,期货价格本身也会产生泡沫。

对于政策制定者来说,泡沫是棘手的,它是资产持有者问题的来源、对冲基金经理们的机会、教授们研究的热点问题。威廉·莎士比亚的《麦克白》中的三个女巫唱道:"锅釜燃溅出沸泡沫/双重,双重,烦碎苦恼。"或许我们应该改为"泡沫,泡沫,烦碎苦恼"!

A4. 无期间现金流。许多资产给予持有者现金报酬,比如股票的股利和债券的息票。布莱克—斯科尔斯—默顿模型假设基础资产在期权存续期间无现金流收入。稍后,我们将会展示如何放宽这项假设。

A5. 无套利机会。这项假设是显而易见的。

A6. 无利率不确定性。我们假设利率是常数。这个假设对于基础资产对利率变动不敏感的短期期权来说是有用的。这个假设将在本书的第四部分中放宽。

接下来,我们引入两个对推导布莱克—斯科尔斯—默顿模型非常重要的假设条件。

A7. 交易是连续发生的。这个假设真实地描述了交易活跃的股票交易的情形。股票不是在固定的时间点进行交易,而是在交易日的任何时间随时交易。对于今天的市场来

说，尤其如此，因为今天能够进行利用高频量化交易策略追求转瞬即逝的利润机会的大宗交易。

A8. 股票价格服从对数正态概率分布。这个假设意味着股票的连续复利收益服从正态分布。我们仍然用两种方式解释这个假设：(1)通过一些图形，(2)通过对第 2 章的连续复利收益率概念增加更多结构假设。

对数正态分布假设是否是描述了股票价格行为的真实模型呢？由于图形能够抵过很多语言，让我们回到图形上。在图 19.1 中，前两幅图重复了图 18.1 中在单期和多期二项式模型中股票价格分别的可能演化过程。由于“眼见为实”，你可以简单地总结“这些路径看上去不像股票价格的轨迹”！当时间间隔缩小到 0，多期二项式演化图具有变成像股票价格轨迹的内在可能性。这样就产生了第三幅图，描述了呈对数正态分布的股票价格轨迹。这样，仅凭肉眼，已经难以与真实股票价格轨迹区分。拒绝这种演化图需要严格的统计过程。因此这是我们考虑的第一张“真实的”或者说“逼真的”股票价格轨迹图。

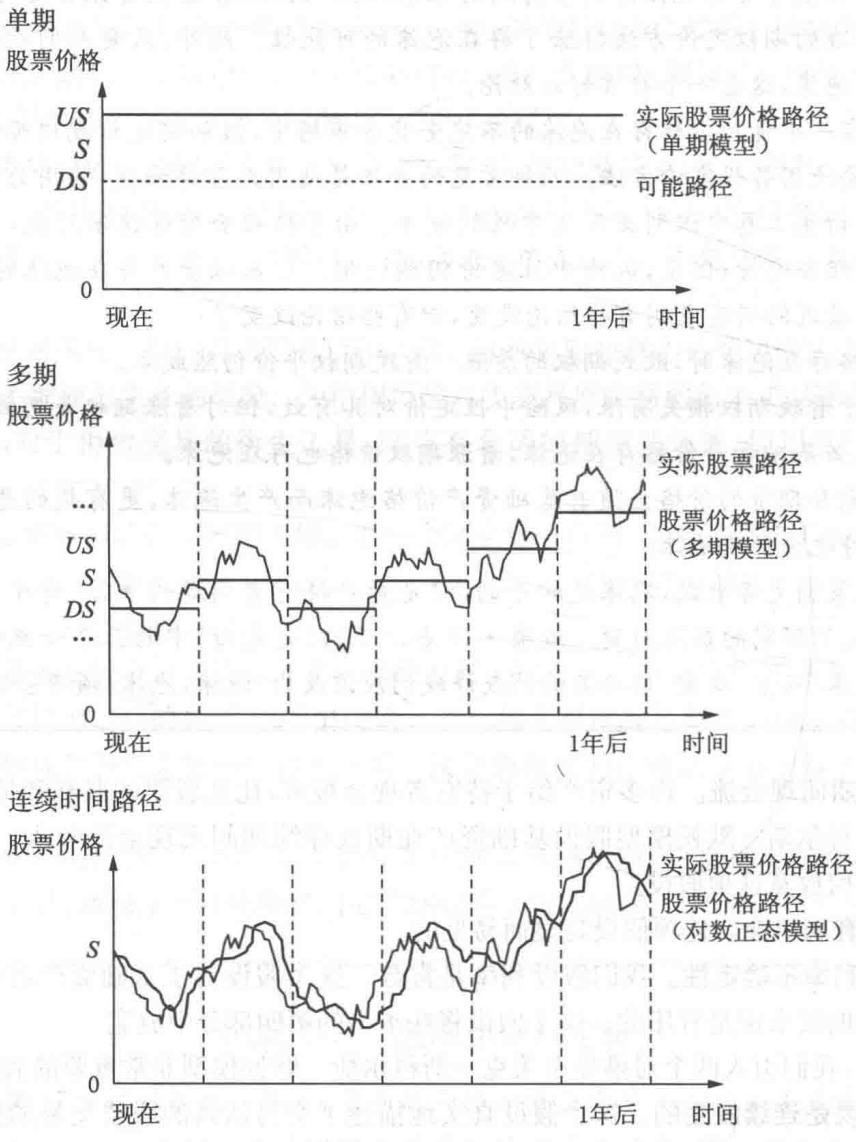


图 19.1　离散与连续交易条件下股票价格走势图

接下来，我们使用结论 2.1c(稍微的增强符号)：今天投资于一个无风险的账户 $L(0) \equiv L$ 美元，T 年后增长为 $L(T) \equiv L(0)e^{rT}$ 美元，r 为每年无风险连续复利收益率。对于股票是否有相似的结论？是的，我们可以写为：

$$S(T) = S(0)e^{yT} \tag{19.1}$$

其中，$S(T)$和 $S(0)$分别为股票在 T 时点和 0 时点的价格。y 为股票每年的连续复利收益率。

然而，这个收益不是无风险的。为了描述它的性质，我们需要一个收益率的模型：(1)能够生成像金融市场观察到的股票价格轨迹一样的价格，(2)使得股票价格不能为负(由于有限责任制度的存在)，(3)使得股票收益能够为正、为负、为 0(正如在市场中发现的那样)，(4)提供数学上易处理的模型。萨缪尔森、默顿和其他研究者通过将巴舍利耶的算术布朗运动替换为几何布朗运动同时达到了上述目标。这个修改给出了类似于式(19.1)的结构。

几何布朗运动是假设 y 服从均值为 $\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)$、标准差为 $\sigma\sqrt{T}$ 的正态分布。这可以表示为：

$$S(T) = S(0)e^{\mu - \frac{\sigma^2}{2}T + \sigma\sqrt{T}z} \tag{19.2}$$

其中，μ 指股票每年的期望收益率，σ 指每年股票收益的标准偏差或波动率，z 是均值为 0、方差为 1 的标准正态分布的随机变量；也就是说，z 的概率密度函数为：(一条类似于熟悉的贝尔曲线的图形)

$$q(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{z^2}{2}} \tag{19.3}$$

概率 $q(z)$是随机变量 z 的实际概率，它产生了股票价格 $S(T)$的随机性。

表达式(19.2)最简单地满足性质(1)、(2)、(3)。遵循性质(4)是因为正态分布是非常易于研究的。本章的附录提供了在有效市场假说下股票价格遵循对数正态分布的公理证明。

19.5 定价和套期保值论证

布莱克—斯科尔斯—默顿模型的最初证明利用了反向的股票交易对冲期权头寸，这个做法在一个世纪以前就被伦敦的期权卖方拿来使用(Nelson，1904)。对这个套期保值观点的理解对理解布莱克—斯科尔斯—默顿模型是基本的。可以通过三个步骤进行简单的解释(见图 19.2)。

第一步：

- 看涨期权的价格和基础股票价格同向变动。这是由于当股票价格上涨时，看涨期权有更大的可能实值行权，这使得现在的看涨期权更有价值。
- 因此，看涨期权价格是基础股票价格的函数；由于期权最终会到期，它的价格与时

间有关。

第二步：

- 如果看涨期权的多头和股票多头是同向变化的，则看涨期权的多头方和股票的空头方将会是反向变化的。从第 15 章中可知，由于一方的增长由另一方的降低抵消，这创造了局部套期保值。
- 但是由于没有完全平衡，所以这并不是一个完美的套期保值。

第三步：

- 我们可以通过修正这个看涨期权多头和股票空头的局部套期保值组合，使它成为完美的套期保值组合。对于持有每一份看涨期权，我们可以通过卖空一部分股票实现完美的套期保值。这样，对于股票价格的任何变动，期权价值的变动可以抵消股票空头方的价值变动。
- 完美的套期保值组合尤其关注期权的无套利价格。这是由于套期保值组合要求已知最初的投资，并且下一期它是无风险的。为了避免套利，必须赚取无风险收益率。满足这个限制条件的等式是一个偏微分方程，解出这个方程就得到了期权价格。上述论证的数学推导见第 20 章的附录。

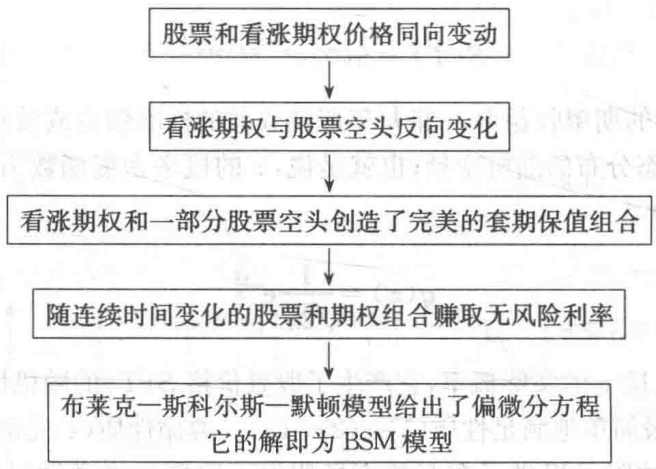


图 19.2　定价和套期保值论证

上述复制套期保值组合的论证利用了被称为期权定价“圣杯”的套期保值比率。加罗(Jarrow，1999，p.233)指出，“构造完美的套期保值组合的想法是布莱克—斯科尔斯—默顿模型的关键想法，甚至比估值公式本身更加重要。事实上，当一个人考虑完美的套期保值组合的意义时，显然这个组合意味着对股票和无风险资产头寸准确地复制了看涨期权价值的变化”[重点强调]。合成期权的创造是大多数期权定价模型的基础，并将贯穿本书始终。

19.6　布莱克—斯科尔斯—默顿公式

在假设 A1—A8 下，可以推导出欧式期权的 BSM 定价公式。有三种证明这个公式的方式：(1)将第 18 章中的多期二项式模型中的时间间隔设定为 0，(2)直接使用风险中性估值模型，(3)使用前面部分的套期保值论证构造一个偏微分方程(pde)，方程的解就是定价

公式。本章附录给出了使用多期二项式模型方法的简单的推导过程，还给出了使用现代衍生工具定价中最重要的技术——风险中性定价的证明过程。第 20 章的附录给出了偏微分方程方法的证明过程，这是布莱克和斯科尔斯(1973)最初使用的方法，但却是三种方法中推广最少的方法。

公式由下述结果给出。

结论 19.1

定价欧式期权的布莱克—斯科尔斯—默顿公式

欧式看涨期权价格为：

$$c = SN(d_1) - Ke^{-rT}N(d_2) \tag{19.4a}$$

其中 $S \equiv S(0)$ 为今天的即期价格，$N(\cdot)$ 为均值为 0、方差为 1 的累积标准正态分布函数：

$$d_1 = \frac{\log\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

K 为敲定价格，r 为每年的连续复利无风险利率，T 为按年计算的到期时点(今天为 0 时点)，σ 为每年股票收益波动率，为股票收益瞬时方差的平方根。

欧式看跌期权价格由下式给出：

$$p = Ke^{-rT}N(-d_2) - SN(-d_1) \tag{19.4b}$$

我们可以证明看跌期权的价格可以由看涨期权价格产生，看涨期权价格通过使用欧式期权的看涨—看跌平价定理和结果 $N(d) + N(-d) = 1$ 得到。

对布莱克—斯科尔斯—默顿模型的第一个观察就是看涨期权的价值与股票价格(S)、敲定价格(K)、到期时点(T)、无风险利率(r)和股票收益波动率(σ)有关。出人意料的是，看涨期权的价值与股票的预期收益率(μ)无关。这个 μ 的“缺失”意义重大，有两个重要的暗示。

第一，股票的预期收益是最难估计的输入因素。其他输入因素的估计是简单的，将会在下面的部分中讲到。实际上，要是期权价值依赖于 μ，定价公式将不能使用。估计 μ 相当于估计股票的风险溢价，而关于这一点，经济学家们众说纷纭。这是一个在投资组合理论中众所周知的问题。因此，避免估计 μ 是非常好的事情。

第二个暗示是，由于期权价值不依赖于 μ，那么当交易商对(S、K、T、r、σ)达成一致意见但对股票的预期收益 μ 意见不同时，对看涨期权的价格仍然可以达成一致意见。当然了，若他们对股票的未来收益 μ 意见不一致时，他们可能对股票价格 S 的意见也不一致。然而，如果他们对 S 意见一致，不管他们对 μ 是否意见一致，他们对看涨期权的价格总能达成一致。

我们的下一个例子证明在已知所有的输入变量时，如何使用结论 19.1。

【例 19.1】 使用布莱克—斯科尔斯—默顿公式

考虑第 18 章中的二项式期权定价(BOP)数据：

- YBM 现在的股票价格 S 为 \$100。
- 敲定价格 K 为 \$110。
- 到期时间 $T=1$ 年。
- 股票收益的波动率 σ 为每年 0.142 470。
- 连续复利无风险利率 r 为每年 5%。

欧式看涨期权的价格：

- 计算 d_1 和 d_2。

$$d_1=\frac{\log\left(\frac{S}{K}\right)+\left(r+\frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}=\frac{\log\left(\frac{100}{110}\right)+\left[0.05+\frac{(0.142\,47)^2}{2}\right](1)}{0.142\,47\sqrt{1}}=-0.246\,8$$

$$d_2=d_1-\sigma\sqrt{T}=-0.246\,8-0.142\,47=-0.389\,3$$

- 我们可以通过以下方式得到累积正态分布函数：(1)如 Excel 或者 Lotus Notes 之类的电子表格程序，(2)计算器，(3)标准正态分布数值表(本书最后的附录 A 展示如何阅读这份表格)①。使用 Excel，我们得到：

$$N(d_1)=N(-0.246\,8)=\text{NORMSDIST}(-0.246\,8)=0.402\,5$$

$$N(d_2)=N(-0.389\,3)=\text{NORMSDIST}(-0.389\,3)=0.348\,5$$

- 零息债券的价格为：$B=e^{-rT}=e^{-0.05}=0.951\,3$。
- 使用布莱克—斯科尔斯—默顿公式的欧式看涨期权价格为：

$$c=SN(d_1)-Ke^{-rT}N(d_2)=100\times0.402\,5-110\times0.951\,3\times0.348\,5=\$3.78$$

欧式看跌期权的价格：

- 对于欧式看跌期权，我们需要从累积正态分布函数中得到不同的值：

$$N(-d_1)=N[-(-0.246\,8)]=N(0.246\,8)=\text{NORMSDIST}(0.246\,8)=0.597\,5$$

$$N(-d_2)=\text{NORMSDIST}(0.389\,3)=0.651\,5$$

- 欧式看跌期权的价格为：

$$p=Ke^{-rT}N(-d_2)-SN(-d_1)=110\times0.951\,3\times0.651\,5-100\times0.597\,5=\$8.42$$

欧式看跌期权的价格(通过看跌—看涨期权平价)：

- 我们可以使用看跌—看涨期权平价复核我们的计算：

$$p=c+Ke^{-rT}-S=3.78+110\times0.951\,3-100=\$8.42$$

① 在 Excel 中，命令“=NORMSDIST(z)”给出了标准正态累积分布函数(在 Lotus Notes 应用程序中，使用命令@NORMAL[z, 0, 1, 0])。这个分布均值为 0，标准差为 1。

19.7 理解布莱克—斯科尔斯—默顿模型

为了更好地理解布莱克—斯科尔斯—默顿模型，我们使用与第 17 章中证明二项式模型一样的方法来证明布莱克—斯科尔斯—默顿模型。这个证明过程以提出伪概率的相似概念开始。

19.7.1 股票价格和鞅过程

在无套利市场中，可以证明，在对数正态分布的假设下，存在伪概率使得现在的股票价格是时间 T 期望值的贴现(正如二项式模型中)。即，

$$S(t)=E^{\pi}[S(T)]\mathrm{e}^{-r(T-t)} \tag{19.5}$$

其中，$\pi(z)$指伪概率。这与表达式(17.7)是相似的。

表达式(19.5)是一个现值公式。在这个公式中，对风险的调整发生在使用取期望的伪概率，而不是无风险的折现率时，对式(19.5)移项，得到：

$$\frac{S(t)}{\mathrm{e}^{rt}}=E^{\pi}\left[\frac{S(T)}{\mathrm{e}^{rT}}\right] \tag{19.6}$$

与第 17 章类似，在这种形式下，被货币市场账户价格标准化的股票价格是伪概率下的鞅。正如第 17 章中提到的，概率论中的鞅是与公平博弈有关的，公平博弈指参与者输与赢的概率相同。在本书中，这意味着无套利假设成立。实际上，尽管没有被证明，暗示也会走向相反的方向。这些理解是布莱克—斯科尔斯—默顿模型许多扩展的基础。接下来，我们使用这个方法来为欧式看涨期权定价。

19.7.2 风险中性定价

在对数正态分布的假设下，市场是完全竞争的，我们可以建立一个股票和货币市场账户的组合去复制可交易的看涨期权的回报。如之前一样，建立这个合成期权的成本等于无套利情况下的可交易看涨期权的价格，与在第 17 章阐述的一样，这意味着看涨期权的价格可以使用伪概率和无风险利率贴现预期收益，即风险中性定价：

$$c=E^{\pi}\{\max[0,\ S(T)-K]\}\mathrm{e}^{-rT} \tag{19.7a}$$

在本章附录中展示了上面的表达式可重新写为：

$$c=E^{\pi}\{S(T)/S(T)\geqslant K\}\mathrm{Prob}_{\pi}\{S(T)\geqslant K\}\mathrm{e}^{-rT}-K\mathrm{Prob}_{\pi}\{S(T)\geqslant K\}\mathrm{e}^{-rT} \tag{19.7b}$$

使用布莱克—斯科尔斯—默顿公式(19.4)识别式(19.7b)，我们可以看到：

$$\begin{aligned}S(0)N(d_1)&=E^{\pi}\{S(T)/S(T)\geqslant K\}\mathrm{Prob}_{\pi}\{S(T)\geqslant K\}\mathrm{e}^{-rT}\\KN(d_2)\mathrm{e}^{-rT}&=K\mathrm{Prob}_{\pi}\{S(T)\geqslant K\}\mathrm{e}^{-rT}\end{aligned} \tag{19.8}$$

这个表达式帮助我们解释布莱克—斯科尔斯—默顿公式的含义。

现在我们可以看到布莱克—斯科尔斯—默顿公式中的第一项 $S(0)N(d_1)$，可以被解释为给定以实值结束时，到期的贴现预期股票价格，再乘以实值的概率。这个解释直观上是有道理的。当然，就像刚刚记下的，期望是使用经现金流风险调整的伪概率计算的。

布莱克—斯科尔斯—默顿模型的第二项，$KN(d_2)e^{-rT}$，可以解释为贴现的敲定价格（Ke^{-rT}）乘以以实值结束的伪概率，即，$N(d_2)=\text{Prob}_\pi\{S(T)\geqslant K\}$。同样，这个公式也是直观上有道理的。这解释了为何套期保值比率 $N(d_2)$ 总是在 0 和 1 之间。当股票价格不可能实值时，其为 0。当股票价格总是为实值时，其为 1。

19.7.3 实际概率与伪概率

实际概率（$q(z)$）和伪—$\pi(z)$概率有关吗？并不奇怪，有趣的是它们由风险溢价联系在一起。这个论证是我们在第 17 章的讨论的简化概括。细节将会在本章附录中提供。

首先，注意

$$\text{当且仅当 } q(z)>0 \text{ 时有 } \pi(z)>0 \tag{19.9a}$$

即，实际概率和伪概率必须在零概率事件上达成一致。这由无套利假设产生。与此一致，我们可以展示伪概率等于：

$$\pi(z)=\phi(z)q(z) \tag{19.9b}$$

其中，$\phi(z)=e^{-\left(\frac{\theta^2}{2}\right)+\theta z}>0$，$\theta=-[(\mu-r)/\sigma]\sqrt{T}$。

式(19.9b)中的数量 $\phi(z)$代表了对风险的调整，θ 事实上是股票的风险溢价。本章附录中提供了对这些表述的论证。结果与第 17 章中完全一致。

19.8 希腊字母

当改变输入变量时，通过理解期权价格的变化我们可以更好地理解布莱克—斯科尔斯—默顿模型。通过对股票价格（S）、到期时间（T）、无风险利率（r）和股票收益波动率（σ）求偏导，这很容易实现。另外，我们也可以计算股票价格的二阶偏导。这些偏导被称为 Greeks，因为它们是用希腊字母表示的——尽管其中一个有虚构的希腊名字！这些希腊字母在表 19.1 中给出。它们对于套期保值和组合的风险管理也很有用，这将会在第 20 章中讨论。

19.8.1 解释希腊字母

我们首先考虑 delta，它测度了基础股票价格的微小变化对于期权价值变化的影响。对于看涨期权来说，我们有

表 19.1 BSM 模型的偏导数

偏导数	看涨期权	看跌期权
$\text{delta} \equiv \frac{\partial BS}{\partial S}$	$0 < N(d_1) < 1$	$-1 < N(-d_1) < 0$
$\text{gamma} \equiv \frac{\partial^2 BS}{\partial S^2}$	$\frac{1}{S\sigma\sqrt{T}}N'(d_1) > 0$	与欧式看涨期权相同
$\text{theta} = \frac{\partial BS}{\partial t}$	$-\frac{SN'(d_1)\sigma}{2\sqrt{T}} - rKe^{-rT}N(d_2) < 0$	$-\frac{SN'(-d_1)\sigma}{2\sqrt{T}} + rKe^{-rT}N(-d_2) \gtreqless 0$
$\text{vega} \equiv \frac{\partial BS}{\partial \sigma}$	$S\sqrt{T}N'(d_1) > 0$	与欧式看涨期权相同
$\text{rho} = \frac{\partial BS}{\partial r}$	$TKe^{-rT}N(d_2) \geqslant 0$	$-TKe^{-rT}N(-d_2) \leqslant 0$

注：BS 表示从结论 19.1 中得到的欧式期权价格 c 和 p；$N(\cdot)$是均值为 0、方差为 1 的累积正态分布函数；$N'(\cdot)$为正态密度函数。

$$\text{delta} \equiv \frac{\partial c}{\partial S} = \frac{\text{看涨期权价值的变化}}{\text{股票价值的变化}} = N(d_1) \tag{19.10a}$$

结论 19.1 定义了表达式右边的项。这表示，对冲比率 delta，是严格处于 0 与 1 之间的数。同样，我们可以计算看跌期权的 delta。

delta 对基础股票价格变化的敏感度被称为 gamma。它是布莱克—斯科尔斯—默顿模型看涨期权定价公式对基础股票价格的二阶偏导。即：

$$\text{gamma} = \frac{\partial(\text{delta})}{\partial S} = \frac{\text{delta 的变化}}{\text{股票价值的变化}} = \frac{\partial^2 c}{\partial S^2} = \frac{1}{S\sigma\sqrt{T}}N'(d_1) > 0 \tag{19.10b}$$

其中，$N'(\cdot)$是标准正态密度函数，所有余下的符号在结论 19.1 中都会得到定义。gamma 显示股票价格增长时，delta 也会增加。看跌期权的 gamma 值通过对 delta 值的基础股票取偏微分可以得到。看跌期权和看涨期权的 gamma 值是相似的。下例解释了这些计算值。

【例 19.2】 欧式期权的 deltas 和 gammas

- 考虑一下 BOP 数据（见例 19.1）：$S = \$100$，$K = \$110$，$T = 1$ 年，σ = 每年 0.142 470，r = 每年 0.05。使用表 19.1 的公式和之前例子中的计算，我们得到 $d_1 = -0.246\,8$，那么：

  对于看涨期权，$\text{delta}_c = N(d_1) = 0.402\,5$
  对于看跌期权，$\text{delta}_p = N(-d_1) = -0.597\,5$

- 我们使用微软的 Excel 电子制表软件计算 delta，并作图。delta 的值使用 NORMSDIST 函数计算，其中，股票价格从 \$50 到 \$150 以 \$5 的间隔分布（见表 19.2），将这些 delta 的值画在图 19.3a 中，股票价格是横轴，delta 的值在纵轴。可以看到两个 delta 都是向上倾斜的。
- 为了理解这些图形，考虑一下当极值股票价格出现时期权价格的表现。
  —当股票价格接近 150 时，看涨期权是深度实值，几乎与股票价格同幅度增长，

delta 接近于 1。相反，看跌期权深度虚值，对于股票价格的变动，期权价格几乎无变化，预示着看跌期权的 delta 接近于 0。

—对于非常低的股票价格来说，看涨期权的 delta 几乎为 0，对于股票价格的增长，看跌期权的价值几乎同幅度下跌，其 delta 接近于 −1。

- gamma 对于看跌和看涨期权的影响与 delta 相似。使用 Excel 电子制表软件中的 NORMDIST 函数来计算 $N'(d_1)$，我们得到：

$$\text{gamma}=\frac{N'(d_1)}{S\sigma\sqrt{T}}=0.027\,2$$

对于股票价格 $S=50, 55, \cdots, 145, 150$，分别计算 gamma；在表 19.2 中报告，并在图 19.3b 中画出来。

表 19.2　看涨期权和看跌期权的 delta 值和 gamma 值

股票价格 S	看涨期权 delta_c	看跌期权 delta_p	gamma
50	0.000 0	−1.000 0	0.000 0
55	0.000 0	−1.000 0	0.000 0
60	0.000 1	−0.999 9	0.000 0
65	0.000 5	−0.999 5	0.000 2
70	0.003 0	−0.997 0	0.000 9
75	0.011 7	−0.988 3	0.002 9
80	0.034 9	−0.965 1	0.006 8
85	0.082 6	−0.917 4	0.012 6
90	0.162 0	−0.838 0	0.019 1
95	0.272 0	−0.728 0	0.024 5
100	0.402 5	−0.597 5	0.027 2
105	0.538 1	−0.461 9	0.026 5
110	0.663 6	−0.336 4	0.023 3
115	0.768 6	−0.231 4	0.018 6
120	0.849 2	−0.150 8	0.013 7
125	0.906 5	−0.093 5	0.009 4
130	0.944 6	−0.055 4	0.006
135	0.968 5	−0.031 5	0.003 7
140	0.982 8	−0.017 2	0.002 1
145	0.990 9	−0.009 1	0.001 2
150	0.995 3	−0.004 7	0.000 6

期权价格对于到期时间变化的敏感度称为 theta：

$$\text{theta}\equiv\frac{\partial c}{\partial t}=\frac{\text{期权价值的变化}}{\text{到期时间的减少}}=-\frac{SN'(d_1)\sigma}{2\sqrt{T}}-rK\mathrm{e}^{-rT}N(d_2)<0 \quad (19.10c)$$

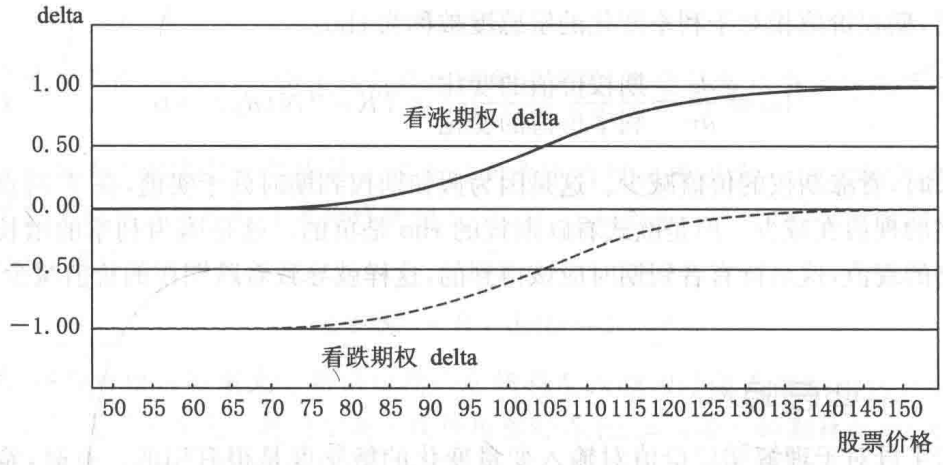


图 19.3a 看涨期权和看跌期权的 delta 值

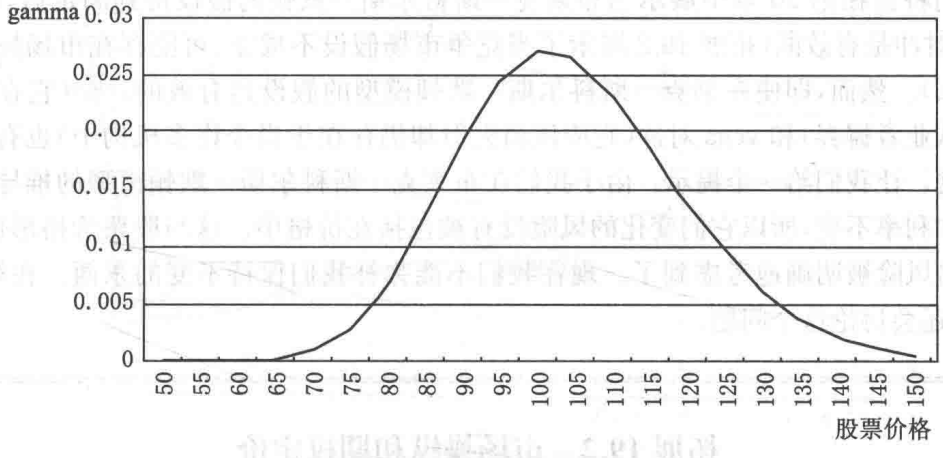


图 19.3b 看涨期权的 gamma 值(与看跌期权的一样)

看涨期权的 theta 是负向的。这在直觉上是有意义的,由于随着时间变化(即 Δt 为正),距离到期日的时间越来越短,期权就会变得越来越没有价值。这是基于以下两个原因:第一,股票收益的方差($\sigma^2 T$)减少了;第二,敲定价格的现值(执行期权的成本)增加了。这两个变化都使得看涨期权更没有价值了。看跌期权的 theta 的符号不确定。第一个影响与看涨期权相似。然而,随着时间的流逝,看跌期权持有者的敲定价格现值会增加,这会使得看跌期权的价值增加。在给定的环境中,很难说这两种相反的效果最终会导致怎样的结果。

期权价值对于波动率变化的敏感度被称为 vega(vega 没有在希腊字母表里,但是它的使用却很广泛):

$$\text{vega} \equiv \frac{\partial c}{\partial \sigma} = \frac{\text{期权价值的变化}}{\text{波动率的变化}} = S\sqrt{T}N'(d_1) > 0 \qquad (19.10\text{d})$$

当波动率增长时,看涨期权的价值增加。对于看跌期权也是如此。波动率增加对于期权价值是好事情!波动率越大,股票价格的分布越分散,期权价格就有越大的尾概率在到期时处于实值。这样,也无怪乎大部分交易商将期权看作"波动率赌局"了!

最后，期权价值相对于利率变化的敏感度被称为 rho：

$$\text{rho} \equiv \frac{\partial c}{\partial r} = \frac{\text{期权价值的变化}}{\text{利率价值的变化}} = TK\mathrm{e}^{-rT}N(d_2) \geqslant 0 \tag{19.10e}$$

利率增长时，看涨期权的价值减少。这是因为假如期权到期时处于实值，在 T 时点支付的敲定价格的现值在减少。但是欧式看跌期权的 rho 是负的。这是因为利率的增长减少了敲定价格的现值，这是持有者到期时应该得到的，这样就导致看跌期权的价值减少。

19.8.2 一些局限性

希腊字母对于理解期权价值对输入变量变化的敏感度是很有用的。有时，希腊字母对由于这些因素的变化导致的期权价格风险的对冲也是很有用的。此时需要提出一些警告！我们将会在第 20 章中展示当布莱克—斯科尔斯—默顿的假设得到满足后，delta 和 gamma 对冲是有效的（拓展 19.2 展示了当竞争市场假设不成立、可能存在市场操纵时会发生什么）。然而，即使布莱克—斯科尔斯—默顿模型的假设是有效的，rho（它在很大程度上被从业者摒弃）和 vega 对冲（它应该消失但却仍存在于当今许多机构中）也有严重的概念问题。让我们给一个提示。由于我们在布莱克—斯科尔斯—默顿模型的推导中保持波动率和利率不变，所以它们变化的风险没有被包括在价格中。这与股票价格形成对照，股票价格风险被明确地考虑到了。现在我们不能弥补我们保持不变的东西。在第 20 章中，我们还会讨论这个问题。

拓展 19.2 市场操纵和期权定价

在布莱克—斯科尔斯—默顿模型的推导过程中，假设 A3（完全竞争和运行良好的市场）是非常重要的。拓展 19.1 已经讨论了当股票价格存在泡沫、违背市场运行良好的假设之后期权价格的变化情况。这个拓展讨论当竞争市场假设放宽时期权定价的困难。

在一个完全竞争的市场中，交易商的交易不会影响股票价格。当这个假设被放宽了，交易商的交易改变了价格，股票市场操纵就是可能的。在一个能够被操纵的市场中，布莱克—斯科尔斯—默顿模型不再有效。事实上，在这样的情况下，布莱克—斯科尔斯—默顿模型定价和 delta 对冲是完全错误的。我们用一个简单的例子来解释布莱克—斯科尔斯—默顿模型的失败。

让我们考虑敲定价格为 K、到期日为 T、随时间 t 变化的股票价格为 $S(t)$、波动率为 σ 的欧式看涨期权。

假设股票价格随时间变化的轨迹如图 19.4 描述的一样，现在我们处于时点 $T-\varepsilon$，对于很小的 $\varepsilon > 0$，股票价格处于价外，即：

$$S(T-\varepsilon) < K$$

使用布莱克—斯科尔斯—默顿公式，可以很容易地推出看涨期权的价值和 delta 的值接近于 0，即：

$$c \sim 0, \text{ delta} \sim 0 \tag{1}$$

这是因为股票是价外交易的，由于距离期权到期日太近，股票价格几乎不可能再超越敲定价格。

假设交易商可以改变股票价格。这是对竞争市场假设的违背。进一步地，假设操纵者购买了大量的股票想引起股票价格跳到 $S^* > K$。由于这个操纵行为，看涨期权的真实价格和 delta 很容易变为：

$$c = S^* - K, \text{ delta} = 1 \tag{2}$$

显而易见，这些价值与布莱克—斯科尔斯—默顿模型预测的结果是有很大区别的。如果一个风控经理使用布莱克—斯科尔斯—默顿模型对 delta 接近于 0 的期权对冲（关于 delta 对冲将会在第 20 章中详细阐述），他将会由于操纵者的行为失去大量财富。

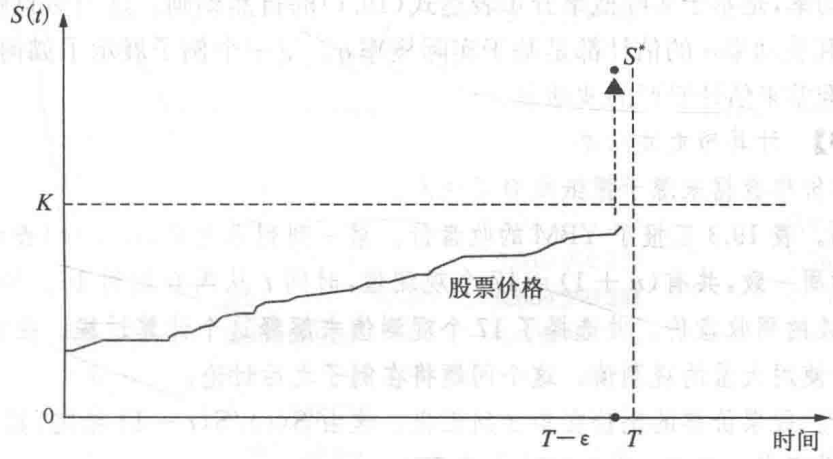


图 19.4 被操纵的股票价格

正如该例所显示的，当放宽完全竞争市场假设时，布莱克—斯科尔斯—默顿模型不再适用。在一个股票价格能够被操纵的世界里为期权定价是一个研究热点（Bank and Baum, 2004; Jarrow, 1994）。

19.9 输入因素

大多数布莱克—斯科尔斯—默顿公式的输入因素很容易得到。最难测度的输入因素是波动率。由于波动率的测度很重要，所以我们将在本节和下一章都测度波动率。本章集中于历史波动率的测度，下一章侧重于校准和隐含波动率的测度。

19.9.1 可观察到的输入因素：

敲定价格（K）和到期时间（T），在期权合约中都有详细说明。股票价格（S）也很容易得到。对于交易活跃的股票，使用最后的成交价格；对于流动性差的股票，使用买卖价格

的平均值。

连续复利无风险利率(r)是以国库券价格计算而来。选择到期日接近期权到期日的国库券,取买卖债息的均值,计算国库券的价格。最后,依据零息债券的价格计算连续复利年利率(参见第 2 章)。这就是布莱克—斯科尔斯—默顿模型中使用的利率。

19.9.2 波动率:最难的输入因素

波动率是最难估计的输入因素。有两种估计波动率的标准方法:使用过去股票价格的显式方法,称为历史波动率;使用期权市场价格的隐含方法,称为隐含波动率。

历史波动率。使用统计方法和过去价格数据估计的波动率称为历史波动率。有许多种估计波动率的方法,其中一种是对股票收益样本标准差的估计。使用实际股票价格估计的历史波动率,是基于实际概率分布表达式(19.1)的自然刻画。这当然意味着,股票的期望回报 μ 和波动率 σ 的估计都是基于实际概率 q。下一个例子展示了如何使用股票收益的样本标准差来估计股票的波动率。

【例 19.3】 *计算历史波动率*

- 股票价格数据来源于报纸或者互联网。
- *数据*。表 19.3 汇报了 YBM 的收盘价。第一列列示时间,以周(t)表示。与 17 个连续周一致,共有 $(n+1)=17$ 个观测值,时间 t 从周 0 到周 16。第二列记录了 YBM 的周收盘价。共选择了 17 个观测值来解释这个计算过程。在实际操作中,推荐使用大量的观测值。这个问题将在例子之后讨论。
- *比价*。股票价格的比价在第三列汇报。这由 $S(t)/S(t-1)$ 给定,其中 $S(t)$ 为周 t 的收盘价。比如,当 $t=6$,比价为

$$\frac{S(6)}{S(5)}=\frac{103}{100}=1.03$$

注意到当计算"差别"时,第一个观察值消失了。我们现在有 $n=16$ 个数据点,我们表示为 $t=1, 2, \cdots, 16$。

- *比价的对数*。比价的自然对数 $\log[S(t)/S(t-1)]$,在第四列计算和汇报。比如,我们有:

$$\log\left[\frac{S(6)}{S(5)}\right]=\log(1.03)=0.029\,558\,802$$

为了简化,将其写为 $\log\left[\dfrac{S(t)}{S(t-1)}\right]=x(t)$。

- *计算样本方差*。我们可以通过以下几个步骤进行:

—若数据输入进电子表格或者计算机程序,一步就可以计算出样本方差。比如,对 16 个观察值的单元格 D4=0.019 802 627 至 D19=0.029 852 963 执行 Excel 命令 VARA,得到 VARA(D4:D19)=0.000 390 218。

—或者,我们也可以通过手工计算,首先计算样本均值:

$$\hat{\mu}=\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}x(t)=\frac{0.019\ 802\ 627}{16}=0.001\ 237\ 664$$

在第五列汇报 $x(t)'s$ 偏离均值的程度，然后平方，使用 $(n-1)=15$ 作为分母计算平方偏差的均值来得到样本方差：

$$\hat{\sigma}^2=\frac{1}{n-1}\sum_{t=1}^{n}[x(t)-\hat{\mu}]^2=\frac{0.005\ 853\ 263}{15}=0.003\ 902\ 18$$

- **计算年化波动率。**由于方差与时间段（见本章附录中的结论 1）成比例，将样本方差转化为年方差，我们只需要乘以一年中的周数，即：

$$\hat{\sigma}^2_{\text{Annual}}=\hat{\sigma}^2_{\text{Week(周数)}}=0.003\ 902\ 18\times 52=0.020\ 291\ 31$$

表 19.3 以周价格数据计算 σ

周(t)	股票价格 $S(t)$	比价 $\frac{S(t)}{S(t-1)}$	比价的对数 $\log\left[\frac{S(t)}{S(t-1)}\right]=x(t)$	$\sum_{t=1}^{16}[x(t)-\hat{\mu}]^2$
0	100			
1	102	1.02	0.019 802 627	0.000 344 658
2	99	0.970 588 235	−0.029 852 963	0.000 966 627
3	100	1.010 101 01	0.010 050 336	7.766 32E-05
4	101	1.01	0.009 950 331	7.591 06E-05
5	100	0.990 099 01	−0.009 950 331	0.000 125 171
6	103	1.03	0.029 558 802	0.000 802 087
7	104	1.009 708 738	0.009 661 911	7.096 79E-05
8	101	0.971 153 846	−0.029 270 382	0.000 930 741
9	101	1	0	1.531 81E-06
10	100	0.990 099 01	−0.009 950 331	0.000 125 171
11	101	1.01	0.009 950 331	7.591 06E-05
12	100	0.990 099 01	−0.009 950 331	0.000 125 171
13	102	1.02	0.019 802 627	0.000 344 658
14	102	1	0	1.531 81E-06
15	99	0.970 588 235	−0.029 852 963	0.000 966 627
16	102	1.030 303 03	0.029 852 963	0.000 818 835
和			$\sum x=0.019\ 802\ 627$	0.005 853 263
均值			$\sum x/16=0.001\ 237\ 664$	

正平方根为年化波动率：$\hat{\sigma}=0.142\ 45$。

- **转化为年化的数字。**假设你使用日度数据计算波动率。你该如何将结果年化呢？尽管人们最初使用 365 天，实证研究证明若使用交易日代替会得到更好的波动率估计值（见 French，1980；French and Roll，1986）。[①]假设一年中有 250 个交易

① 若你使用月度数据（每月每支股票的价格）计算 sigma，那么使用 12 的平方根作为调整因子将其转化为年化波动率。

日，我们得到：

$$\hat{\sigma}^2_{\text{Annual}} = \hat{\sigma}^2_{\text{Daily}}(250)$$

在计算样本方差时，需要做出一系列的选择。首先，你应该使用多少观察值？理论上来说，在其他条件保持不变的情况下，更多的观察值有更好的估计值。但是其他因素不可能完全保持不变！长期的时间序列的价格将是不稳定的，这是由于公司的基础结构会变化，结果导致股票的波动率会变化。一个很好的原则就是要得到至少 50 个观测值（根据统计学上的中心极限定理，正态分布的假设成立）。第二，股票价格观测值之间的时间间隔应该是多少？若时间间隔较短则可以得到更多的观测值，但是如果时间间隔太短的话，市场摩擦和市场的微观问题会带来很多噪音。日度或月度间隔会有较少的微观结构问题。所以最好使用日或月度数据。

隐含波动率。使用期权定价模型和即时期权市场价格获得的波动率，而不是使用历史股票价格获得的波动率，称为**隐含波动率**。这部分解释如何通过布莱克—斯科尔斯—默顿模型获得这样的估计值。

为了这个估计的目的，我们可以将布莱克—斯科尔斯—默顿模型看涨期权价格写为 $\text{BSM}(\sigma)$，其中，σ 代表波动率。隐含波动率 σ_{Imp} 定义为能够解答如下等式的波动率：

$$c_{\text{Market}} = \text{BSM}(\sigma_{\text{Imp}}) \tag{19.11}$$

简单而言，隐含波动率指的是，使得期权的市场价格等于布莱克—斯科尔斯—默顿价值的波动率。

因此，对于隐含波动率，我们使用 (S, K, r, T) 和 c_{Market} 作为输入因素，通过解以上等式计算波动率。技术上来看，由于布莱克—斯科尔斯—默顿模型公式是波动率的递增函数，因此总是存在一个解。遗憾的是，不存在封闭解。然而，使用数值逼近的方法，可以很容易地算出期权的隐含波动率 σ_{Imp}。

这种估计方法是校准方法的一个例子，我们将市场价格作为输入变量而非输出变量来估计参数。校准模型和隐含波动率经常被误用，因此在使用时应该注意。第 20 章将会详细地讨论校准模型和隐含波动率的使用和误用。①

19.10 布莱克—斯科尔斯—默顿模型的扩展

这部分在三个关键的方向上扩展布莱克—斯科尔斯—默顿模型：第一个是股利，第二个是外汇期权，第三个是美式期权。这三个都是布莱克—斯科尔斯—默顿模型的重要应用。

19.10.1 调整股利

布莱克—斯科尔斯—默顿模型假定基础股票不支付股利和红利。但是，大部分股票

① 注意，因为隐含波动率的估计使用市场价格和 BSM 公式，所以这个估算是在伪概率 π 下完成，而不是依靠真实概率。

支付股利，这个行为使得看涨期权的价格下跌，看跌期权的价格上涨。幸运的是，我们可以调整基础模型进而包含股利和红利。有两种方法：第一种是调整布莱克—斯科尔斯—默顿模型至包含已知股利支付的模型；第二种是使得股票以连续利率支付随机股利。关于股利调整的讨论与持仓成本模型（第 12 章）和多期二项式模型（第 18 章）相关。

当股利率和股利已知，将实际的股票价格替换为现在的股票价格减去期权期间股利支付的现值。然后与之前的计算一致：使用修正的股票价格利用布莱克—斯科尔斯—默顿模型进行计算。因此表达式（19.4a）修改为：

$$c=[S-PV(\text{Dividends})]N(d_1)-Ke^{-rT}N(d_2) \tag{19.12}$$

其中，

$$d_1=\frac{\log\left(\frac{S-PV(\text{Dividends})}{K}\right)+\left(r+\frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2=d_1-\sigma\sqrt{T}$$

当股利率已知，股票价格被现在的股票价格减去期权期间股利支付的现值代替，但这有分步还原（fractional reduction）（$e^{-\delta T}$），即：

$$c=Se^{-\delta T}N(d_1)-Ke^{-rT}N(d_2) \tag{19.13a}$$

$$p=Ke^{-rT}N(-d_2)-Se^{-\delta T}N(-d_1) \tag{19.13b}$$

其中，δ 就是股利率：

$$d_1=\frac{\log\left(\frac{S}{K}\right)+\left(r-\delta+\frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2=d_1-\sigma\sqrt{T}$$

在这个例子中，美元股利是随机的，因为随机股票价格乘以不变的股利率等于随机的美元股利支付。这个模型，最初由罗伯特·默顿（1973a）推导，对由于我们之前讨论的原因导致的指数和外汇期权定价都非常有用（见第 12 章）。在特殊情况下，当 $\delta=0$ 时，这个模型简化为布莱克—斯科尔斯—默顿模型。下例将会解释模型的应用。

【例 19.4】 欧式指数期权定价

数据

- 考虑来自第 12 章的数据：
  - —INDY 指数现在的价格水平 $I=1000$。
  - —连续复利利率 r 为每年 6%。
  - —由于组成 INDY 的股票去年支付了 \$20，因此股利率 $\delta=20/1000=0.02$ 或者每年 2%。

欧式看涨期权价格

- 考虑到期日 $T=1$ 年、敲定价格 $K=1\,100$ 的基于 INDY 的欧式看涨期权。指数的收益波动率 σ 为每年 0.142 470。在到期日若为实值，则看涨期权的回报为 $100[S(T)-$

1 100]，否则为 0，其中 100 为合约乘数。这份期权使用表达式(19.13a)估价如下：

—计算 d_1 和 d_2

$$d_1=\frac{\log\left(\frac{S}{K}\right)+\left(r-\delta+\frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}=\frac{\log\left(\frac{1\,000}{1\,100}\right)+\left[0.06-0.02+\frac{(0.142\,47)^2}{2}\right](1)}{0.142\,47\sqrt{1}}$$

$$=-0.317\,0$$

$$d_2=d_1-\sigma\sqrt{T}=-0.317\,0-0.142\,47=-0.459\,5$$

—使用 Excel 的 NORMSDIST 函数，我们得到累积标准正态分布函数的值：

$$N(d_1)=N(-0.317\,0)=0.375\,6$$

$$N(d_2)=N(-0.459\,5)=0.322\,3$$

—零息债券的价格为 $B=e^{-rT}=e^{-0.06}=0.941\,8$。

—股利收益的现值为：$e^{-\delta T}=e^{-0.02}=0.980\,2$。

—因此，欧式指数看涨期权价格为：

$$c=e^{-\delta T}SN(d_1)-Ke^{-rT}N(d_2)$$

$$=0.980\,2\times1\,000\times0.375\,6\times1\,100\times0.941\,8\times0.322\,3=\$33.628\,6$$

—使用合约乘数 100，欧式看涨期权价格为 $3 362.86。

19.10.2 外汇期权

使用布莱克—斯科尔斯—默顿模型为外汇期权定价是对含股利率的布莱克—斯科尔斯—默顿模型的巧妙运用。我们将使用一个例子来解释这种应用。

【例 19.5】 欧式外汇期权定价

数据：

- 考虑第 12 章中的数据：
  —今天的即期汇率 S_A 为每英镑 $2(美式报价法)。
  —使得美国(国内)连续复利无风险年利率 $r=6\%$，英国(国外) $r_E=4\%$。英国的利率在本例中以“股利率”δ 表示。

欧式看涨期权价格

- 考虑到期日 $T=1$ 年、敲定价格 $K=\$2.10$ 的英镑的看涨期权。使得英镑的波动率 σ 为每年 0.10。若到期日为实值，则看涨期权的回报为 $100[S(T)-2.10]$ 美元，否则为 0，其中 100 为合约乘数。这份看涨期权使用表达式(19.14a)估价为：
  —计算 d_1 和 d_2

$$d_1=\frac{\log\left(\frac{2}{2.1}\right)+\left[0.06-0.04+\frac{(0.1)^2}{2}\right](1)}{0.1\sqrt{1}}=-0.237\,9$$

$$d_2=d_1-\sigma\sqrt{T}=-0.237\,9-0.1=-0.337\,9$$

—此外，我们得到：

$$N(d_1)=N(-0.237\,9)=0.406\,0$$
$$N(d_2)=N(-0.337\,9)=0.367\,7$$

零息债券的价格(美国)为 $B=e^{-rT}=e^{-0.06}=0.941\,8$。零息债券价格(国外)：

$$B_E=e^{rET}=e^{-0.04}=0.960\,8$$

—因此，现在外汇期权的欧式看涨期权的价格为：

$$c=e^{-rET}SN(d_1)-Ke^{-rT}N(d_2)=0.960\,8\times 2\times 0.406\,0-2.1\times 0.941\,8\times 0.367\,7$$
$$=\$0.052\,9$$

使用合约乘数 100，欧式外汇看涨期权的价格为 $5.29。

19.10.3 美式期权定价

布莱克—斯科尔斯—默顿模型和其股利修正模型只适用于欧式期权。然而美式期权也在交易。从第 16 章中我们知道，当存在股利时，美式期权由于存在提前行权溢价所以比欧式期权更有价值。不幸的是，我们只能获得在极其特殊的情况下美式期权的公式，并且没办法得出美式看跌期权定价的封闭式结果。这意味着在实践中定价美式期权，我们需要转向数值方式。使用计算机以数值方式计算价值而不是使用解析式求解。

在第 18 章中，使用二项式模型为美式看涨和看跌期权定价时已经运用了数值程序。由于多期二项式模型可以用来估计对数正态分布的股票价格，多期二项式模型也为利用布莱克—斯科尔斯—默顿模型估计美式看涨和看跌期权价值提供了重要的工具。这个方法很好用，但运算时很浪费时间。

其他为美式看涨和看跌期权定价的数值程序也是可以获得的。数值估计技术可以分为两类：(1)那些能够在数值上解由期权价格隐含的偏微分方程(pde)方法(参见第 20 章中对于布莱克—斯科尔斯—默顿模型偏微分方程的讨论)；(2)近似表示股票价格演化来计算期权风险中性价值(贴现预期)。为了解偏微分方程，可以应用一些数值技术，如有限差分法和数值积分。为了计算贴现的预期，二项式模型和蒙特卡洛模拟的方法是有用的。不幸的是，这两种方法都超出了本书的范围，将在更高级的课程中讲解。(蒙特卡洛模拟方法见 Glasserman(2003)，偏微分方程见 Wilmott(1988)，Duffie(2001)对这两种方法都有讨论。)

拓展 19.3 奇 异 期 权

奇异期权是不同于我们至今遇到的简单、传统的远期、期货、欧式和美式看涨看跌期权的衍生证券。许多奇异期权被命名为类似“数字期权”“缺口期权”“最大最小期权”“熊证”“牛证”“平均期权”。定义任何以上奇异期权的特征就是当与基础股票资产的路径相关的条件事件或特定事件满足一定条件时到期日或者中间日的回报。定价这些期权的最

简单方法就是使用风险中性定价，在伪概率下计算贴现期望回报。我们在布莱克—斯科尔斯—默顿假定下用两个例子来解释这种一般的方法。

数字期权

到期日为 T、敲定价格为 K 的数字看跌期权在到期日的回报为：

$$\text{digital}(T)=\begin{cases}1, \text{若 } S(T)<K\\ 0, \text{若 } S(T)\geqslant K\end{cases}$$

这个回报与普通欧式看跌期权类似，唯一的不同是当期权到期为实值时，它的回报正好等于$1。

使用风险中性定价，数字看跌期权在 0 时点的价值为：

$$\text{digital}(0)=E^{\pi}\{\text{digital}(T)\}\mathrm{e}^{-rT}=\mathrm{e}^{-rT}N(d-\sigma\sqrt{T})$$

其中，

$$d=\frac{\log\left(\frac{S}{K}\right)-rT}{\sigma\sqrt{T}}+\frac{\sigma}{2}\sqrt{T}$$

障碍期权

障碍期权类似于欧式期权，除了回报依赖于股票价格在期权存续期间内是否达到一些障碍。我们解释一个这样的期权。

到期日为 T、敲定价格为 K 的“熊证期权”当且仅当在期权存续期间内更低的障碍(b)没有达到时，在到期日的回报为普通欧式看涨期权的回报。若达到了更低的障碍时，不论到期日价值如何，期权到期无价值。回报可以写为：

$$\text{down\&out}(T)=1_{(\tau>T)}\max[S(T)-K,\ 0]$$

其中，

$$1_{(\tau>T)}=\begin{cases}1, \text{若 } \min S(t)>b, \text{对于所有 } t\in[0,\ T]\\ 0, \text{其他}\end{cases}$$

使用风险中性定价，熊证期权在 0 时点的价值为：

$$\text{down\&out}(0)=E^{\pi}\{\text{down\&out}(T)\}\,\mathrm{e}^{-rT}$$

这个表达式存在复杂解析式；见加罗和特恩布尔(Jarrow and Turnbull, 2000)。

本章小结

1. 布莱克—斯科尔斯—默顿(BSM)期权定价模型于 1973 年发表。布莱克—斯科尔斯—默顿模型为更高级的衍生证券定价模型奠定了基础。

2. 与二项式模型一样，布莱克—斯科尔斯—默顿模型假定无市场摩擦，无信用风险，市场是完全竞争且运行良好的，无利率不确定性，无期间现金流，无套利。我们也介绍了

股票价格走势的不同假定。布莱克—斯科尔斯—默顿模型假定连续交易，股票价格回报服从对数正态分布。

3. 为欧式看涨期权定价的布莱克—斯科尔斯—默顿模型公式为：

$$c = SN(d_1) - Ke^{-rT}N(d_2)$$

其中，$S \equiv S(0)$ 为今天的即期价格，$N(\cdot)$是均值为 0、标准差为 1 的累积标准正态分布函数。

$$d_1 = \frac{\log\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

K 为敲定价格，r 为每年的连续复利无风险利率，T 为以年计算的到期时间，σ 为每年的股票收益波动概率。

4. 正如在第 17 章中一样，可以证明，用货币市场账户价格标准化后，股票价格为伪概率下的鞅。这是无套利假设的暗示。在对数正态分布假设下，市场是完全的，在伪概率下的风险中性定价成立，看涨期权价格为：

$$c = E^{\pi}\{\max[0, S(T) - K]\}e^{-rT}$$

5. 为了理解布莱克—斯科尔斯—默顿公式，我们计算得到期权敏感度（表示为希腊字母），通过对股票价格（S）取偏微分得到 delta，对到期时间（T）取偏微分得到 theta，对无风险利率（r）取偏微分得到 rho，对股票收益波动率（σ）取偏微分得到 vega。不仅如此，对股票价格取二阶偏微分得到 gamma。希腊字母对于期权对冲和组合风险管理非常有用，我们在第 20 章中将会继续讨论这一话题。

6. 波动率是最难估计的输入因素。估计波动率的两种标准方法为：使用过去股票价格的显性方法，称为历史波动率；使用期权市场价格的隐性方法，称为隐性波动率。隐性波动率在第 20 章中继续讨论。

7. 布莱克—斯科尔斯—默顿模型的三种一般扩展为：调整股利、外汇期权定价和美式期权定价。美式期权不存在解析解。可以用以下三种数值方法解出：(1)为期二项式期权定价模型，(2)偏微分等式，(3)蒙特卡洛模拟技术。

附录

1. 股票价格轨迹模型

本附录使用最基础的股票价格变化公理证明广泛运用的股票价格对数正态分布假设。我们用几步建立这个证明过程：(1)由于股票价格遵循连续复利（对数）收益，将时间范围分为更短的时间段，(2)通过对这些收益增加更多假定引入不确定性，(3)使用中心极限定理证明股票价格服从对数正态分布。

2. 连续复利(对数)收益

就像第 18 章一样，我们介绍一个离散时间的多期结构。我们通过将时间范围$[0, T]$切割为 n 个更短的时间段来构建，每个为：$\frac{T}{n}=\Delta t$（见图 19.5）。假定在任何时间间隔$[t-\Delta t, t]$，股票价格都遵循连续复利收益 z_t，由表达式(19.1)得到：

$$S(t)=S(t-\Delta t)e^{z_t} \tag{1}$$

股票价格以连续复利变化。令 $t=\Delta t, 2\Delta t, \cdots$，给出如下关系：

$$\begin{aligned}
&S(\Delta t)=S(0)e^{z_1}\ \text{over}[0, \Delta t],\\
&S(2\Delta t)=S(\Delta t)e^{z_2}\ \text{over}[\Delta t, 2\Delta t], \cdots\\
&S(T)=S(T-\Delta t)e^{z_T}\ \text{over}[T-\Delta t, T]
\end{aligned}$$

我们使用前述关系将时间结束时的股票价格写为：

$$\begin{aligned}
S(T)&=\left[\frac{S(T)S(T-\Delta t)}{S(T-\Delta t)S(T-2\Delta t)}\cdots\frac{S(\Delta t)}{S(0)}\right]S(0)\\
&=e^{z_T}e^{z_{T-1}}\cdots e^{z_1}S(0)\\
&=S(0)e^{z_1+\cdots+z_{T-1}+z_T}
\end{aligned} \tag{2}$$

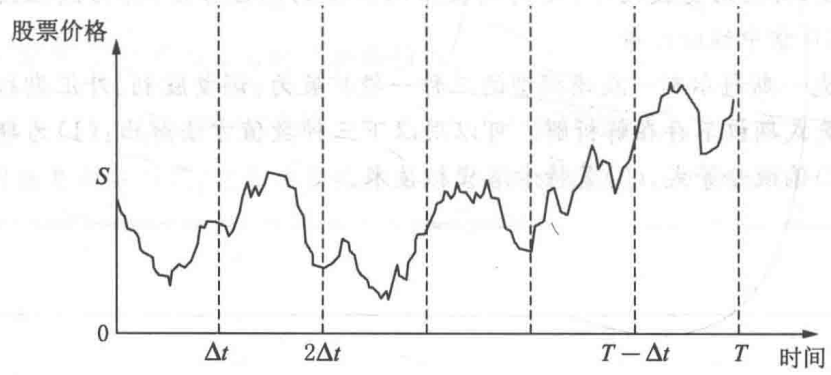
现在，我们将短期间隔的连续复利股票价格的和定义为 $Z(T)$：

$$z_1+\cdots+z_{T-1}+z_T\equiv Z(T) \tag{3a}$$

我们可以简单地将式(2)写为：

$$Z(T)=\log[S(T)/S(0)] \tag{3b}$$

$Z(T)$在时间段$[0, T]$符合连续复利(对数)收益。注意，式(3a)为线性关系，有许多亮点，使得这个模型服从数学分析。



这个图形将时间段$[0, T]$分为 n 份，每份长度为 Δt。

图 19.5　股票价格轨迹模型

3. 引入不确定性

接下来，我们在模型中引入不确定性。我们通过增加两个假设条件来构建，这两个假设是收集随机变量时经常应用的统计性质。

A1. 收益 $\{z_t\} \equiv \{z_1, z_2, \cdots, z_T\}$ 为独立的。早期的实证研究证明连续间隔的股票价格收益相互独立。

A2. 收益$\{z_t\}$为同分布的。早期的实证研究证明连续间隔的股票价格收益趋向于相同分布。

需要强调，我们没有为连续复利股票价格收益指定任何概率分布。这两个假设服从独立同分布的性质，通常缩写为 iid(independent and identically distributed)，任何满足上述假设的过程都称为**随机游走**。服从随机游走的股票价格与第 6 章中介绍的有效市场假设有关，因为当信息随机出现并立即反应在股票价格中时有效市场假设成立。

然后，我们引入另外两个假定来保证当时间间隔缩小并接近于 0 时股票价格的表现。我们假定期望回报和回报的方差与时间间隔的长度成正比。

A3. 期望的连续复利收益可以写为：

$$E(z_t) = \mu \Delta t \tag{4}$$

其中，μ 为常数，相当于每年期望的连续复利收益。

A4. 连续复利收益的方差可以写为：

$$\text{var}(z_t) = \sigma^2 \Delta t \tag{5}$$

其中，σ^2 为常数，相当于每年连续复利收益的方差。

假设 A1—A4 使得：

$$\begin{aligned} E[Z(T)] &= E(z_1 + \cdots + z_{T-1} + z_T) \\ &= \mu(\Delta t + \Delta t + \cdots + \Delta t) \text{（因为根据假设 A3，收益有相同的均值 } \mu) \\ &= \mu T \end{aligned} \tag{6a}$$

并且

$$\begin{aligned} \text{var}[Z(T)] &= \text{var}(z_1 + \cdots + z_{T-1} + z_T) \\ &= \text{var}(z_1) + \text{var}(z_2) + \cdots + \text{var}(z_T) \text{（通过假设 A1）} \\ &= \sum_{j=1}^{n} \sigma^2 \Delta t \text{（根据假设 A4）} \\ &= \sigma^2 T \end{aligned} \tag{6b}$$

在本章前面部分中我们使用过表达式(6b)估计股票的历史波动率。

4. 中心极限定理

接下来，我们应用中心极限定理(CLT)。它强调独立同分布的随机变量的均值(假设有定义好的均值和方差)，“标准化”后(从均值中减去共同均值，用均值的标准差除以表达式)，趋向于标准正态分布(见 Mood et al., 1974; Cox and Miller, 1990)。这个定理的应用得到以下结论。

结论 1(附录)

股票价格收益服从对数正态分布

在时间[0, T]上，股票价格服从均值为 μT、方差为 $\sigma^2 T$ 的对数正态分布。

因此，我们可以将连续复利收益写为：

$$Z(T)=\log\left(\frac{S(T)}{S(0)}\right)=\left(\mu-\frac{\sigma^2}{2}\right)T+\sigma\sqrt{T}Z \tag{7}$$

其中，z 是均值为 0、方差为 1 的标准正态随机变量。由于 z 为正态分布，$Z(T)$ 为正态分布，因此，$S(T)$ 为对数正态分布。这个结果表示为表达式(19.2)，并且在例 19.3 中使用。

5. 布莱克—斯科尔斯—默顿公式的第一部分推导(二项式模型的极限)

根据图 19.1 多期二项式模型的第二幅图中得到的直觉，附录提供了布莱克—斯科尔斯—默顿公式的正式推导。在这幅图中，你可以看到，当时间间隔变小时，多期模型越来越真实。事实上，可以证明它接近于对数正态分布。毫无疑问，这给我们一种推导布莱克—斯科尔斯—默顿公式的方法。

对于对数正态近似值的多期二项式参数

- 为了正式描述这种直觉，我们以第 17 章应用于多期二项式模型的假设 A7 开始。我们将时间间隔$[0, T]$分为长度为 Δt 的子间隔，得到 $\frac{T}{\Delta t}=n$ 个间隔。
- 然后，我们使用拓展 18.1 中参数的加罗—拉德公式：

$$\begin{aligned}U&=e^{r\Delta t-\frac{\sigma^2}{2}\Delta t+\sigma\sqrt{\Delta t}}\\D&=e^{r\Delta t-\frac{\sigma^2}{2}\Delta t-\sigma\sqrt{\Delta t}}\end{aligned} \tag{8a}$$

由于期权价值不依赖于上移的实际概率，我们不详细说明实际概率，而在伪概率下运算。我们选择伪概率 $\pi=1/2$。这个选择保证了股票在$[0, T]$的对数回报的二项式过程有期望和波动率分别等于 $rT-\frac{\sigma^2}{2}T$ 和 σ^2T。使用表达式(8a)，股票价格过程为：

$$S(T)=S(0)U^{jD(n-j)} \tag{8b}$$

- 表达式(8b)取对数为：

$$\log S(T)=\log S(0)+j\log U+(n-j)\log D \tag{9a}$$

接下来，将 U 和 D 替代进这个表达式：

$$\log S(T)=\log S(0)+j\left(r\Delta t-\frac{\sigma^2}{2}\Delta t+\sigma\sqrt{\Delta t}\right)+(n-j)\left(r\Delta t-\frac{\sigma^2}{2}\Delta t-\sigma\sqrt{\Delta t}\right) \tag{9b}$$

替代 $\Delta t=T/n$，简单地转化为：

$$\log S(T)=\log S(0)+2j\left[\frac{\sigma\sqrt{T}}{\sqrt{n}}\right]+\left(rT-\frac{\sigma^2}{2}T\right)-\sqrt{n}\sigma\sqrt{T} \tag{9c}$$

最后，移项得到：

$$\frac{\log\frac{S(T)}{S(0)}-\left(rT-\frac{\sigma^2}{2}T\right)}{\sigma\sqrt{T}}=\frac{\left(j-\frac{n}{2}\right)}{\frac{\sqrt{n}}{2}} \tag{9d}$$

取极限：

- 著名的德莫佛—拉普拉斯定理规定随着实现值(时间间隔)接近于无限，二项式随机变量接近于正态分布随机变量，即：

$$\text{当 } n \to \infty \text{ 时，Prob}\left[\frac{j-\frac{n}{2}}{\frac{\sqrt{n}}{2}} \leqslant x\right] \to N(x) \tag{10a}$$

因此，通过替代表达式(9d)，我们看到假定的股票价格过程的对数接近于正态分布随机变量，即：

$$\text{当 } n \to \infty \text{ 时，Prob}\left[\frac{\log\frac{S(T)}{S(0)}-\left(rT-\frac{\sigma^2}{2}T\right)}{\sigma\sqrt{T}} \leqslant x\right] \to N(x) \tag{10b}$$

用更简单的符号，这意味着随着 $n \to \infty$，

$$S(T)=S(0)\mathrm{e}^{\left(r-\frac{\sigma^2}{2}\right)T+\sigma\sqrt{T}z} \tag{11}$$

其中，z 是伪概率 $\pi(z)$ 下均值为 0、方差为 1 的标准正态随机变量。这是对数正态分布的股票价格。

鞅定价

- 正态分布有如下性质：

$$E^{\pi}[\mathrm{e}^{\sigma\sqrt{T}z}]=\mathrm{e}^{\frac{\sigma^2}{2}T} \tag{12a}$$

取表达式(11)的期望得到：

$$E^{\pi}[S(T)]=S(0)\mathrm{e}^{\left(r-\frac{\sigma^2}{2}\right)T}E^{\pi}[\mathrm{e}^{\sigma\sqrt{T}z}] \tag{12b}$$

移项后，表达式(12a)在式(12b)中的使用，得到本文之前提到的鞅定价关系表达式(19.6)，即：

$$S(0)=E^{\pi}[S(T)]\mathrm{e}^{-rT} \tag{13}$$

其中，$E^{\pi}(\cdot)$ 为使用与对数正态分布有关的伪概率 $\pi(z)$ 的期望；即，现在的股票价格 $S(0)$ 为股票价格在时点 T 时的期望贴现值。这类似于表达式(17.5)。

风险中性定价

- 接下来，使用从第 18 章中得到的多期二项式看涨期权公式，即表达式(18.11)，加上加罗—拉德公式，我们有：

$$c_n=\mathrm{e}^{-rT}\sum_{j=0}^{n}\left\{\left[\binom{n}{j}\pi^j(1-\pi)^{n-j}\right]\times[\max(0,\ U^jD^{n-j}S(0)-K)]\right\} \tag{14}$$

- 再次使用表达式(8b)，这也可以写为(见式(18.12))：

$$c_n=E^{\pi}\{\max[0,\ S(T)-K]\}\mathrm{e}^{-rT} \tag{15}$$

这称为风险中性定价。

再次取极限

- 当 $n \to \infty$ 时取极限，我们得到：

$$c_n \to E^{\pi}\{\max[0, S(T)-K]\}e^{-rT} \tag{16}$$

其中，$\pi(z)$为与如表达式(11)中的随机变量 z 有关的伪概率。这由交换极限和期望运作产生(见 Billingsley, 1995, p.291)。

下面将阐述布莱克—斯科尔斯—默顿公式。

6. 布莱克—斯科尔斯—默顿(BSM)公式的第二部分推导(使用风险中性定价)

使用上述表达式(16)，我们得到：

$$c = E^{\pi}\{\max[0, S(T)-K]\}e^{-rT} \tag{17}$$

为期望估值取条件期望，我们可以将看涨期权的价值写为两项的和：①

$$\begin{aligned} c = {} & E^{\pi}\{\max[S(T)-K, 0] \mid S(T) \geqslant K\}\mathrm{Prob}_{\pi}\{S(T) \geqslant K\}e^{-rT} + \\ & E^{\pi}\{\max[S(T)-K, 0] \mid S(T) < K\}\mathrm{Prob}_{\pi}\{S(T) < K\}e^{-rT} \end{aligned} \tag{18}$$

确认若 $S(T) \geqslant K$，$\max[0, S(T)-K] = S(T)-K$；若 $S(T) < K$，$\max[0, S(T)-K] = 0$。我们可以将最后一个表达式重新写为：

$$c = E^{\pi}\{S(T) \mid S(T) \geqslant K\}e^{-rT}\mathrm{Prob}_{\pi}\{S(T) \geqslant K\} - K\mathrm{Prob}\{S(T) \geqslant K\}e^{-rT} \tag{19}$$

我们可以使用正态分布的性质(见 Jarrow and Rudd, 1982)：

$$\begin{aligned} E^{\pi}\{S(T) \mid S(T) \geqslant K\}\mathrm{Prob}_{\pi}\{S(T) \geqslant K\}e^{-rT} &= S(0)N(d_1) \\ K\mathrm{Prob}_{\pi}\{S(T) \geqslant K\}e^{-rT} &= KN(d_2)e^{-rT} \end{aligned} \tag{20}$$

合并得到布莱克—斯科尔斯—默顿公式。至此，推导完成。

7. 概率与风险溢价

在推导布莱克—斯科尔斯—默顿公式的过程中，我们展示了如何利用伪概率将股票价格今天的折现值写出来，即：

$$S(0) = E^{\pi}[S(T)]e^{-rT} \tag{21}$$

其中，E^{π} 代表使用 $\pi(z)$ 的期望。

回想一下，实际和伪概率是通过下列表达式联系到一起的：

$$\pi(z) = \phi(z)q(z) \tag{22}$$

其中，$\phi(z) = e^{-\left(\frac{\theta^2}{2}\right)+\theta z} > 0$，$\theta = -[(\mu - r)/\sigma]\sqrt{T}$。使用 $\phi(z)$，我们可以重写为：

$$S(0) = E[\phi(z)S(T)]e^{-rT} = \left[\int_{-\infty}^{\infty}\phi(z)S(T)q(z)\mathrm{d}z\right]e^{-rT} \tag{23}$$

这个表达式将依伪概率的表达式转化为依实际概率的表达式。

---

① 这由 $E(x) = \sum_{Y}E(X \mid Y)\mathrm{Prob}(Y)$ 推导，X、Y 为随机变量。

计算现值有两种方法。一种以表达式(21)的形式给出。现值通过以伪概率求期望并以无风险利率贴现计算得到。对风险的调整表现在取期望时，使用伪概率。第二种是传统的计算现值的方法，是使用实际概率取期望并根据风险调整贴现率。可以使用表达式(23)生成第二种计算现值的方法。确实，我们也会很快地证明，这个表达式等价于：

$$\begin{aligned} S(0) &= \left[\int_{-\infty}^{\infty} S(T)q(z)\mathrm{d}z\right]\mathrm{e}^{-rT+\mathrm{cov}\left[\log\frac{S(T)}{S(0)},-\log\phi(z)\right]} \\ &= E[S(T)]\mathrm{e}^{-rT+\mathrm{cov}\left[\log\frac{S(T)}{S(0)},-\log\phi(z)\right]} \end{aligned} \tag{24}$$

其中，贴现率要通过协方差项 $\left(\left[\log\frac{S(T)}{S(0)},-\log\phi(z)\right]\right)$，即风险溢价调整。我们可以看到风险调整贴现率依赖于 $\phi(z)$，这提供了一项可供选择的证明，$\phi(z)$ 为风险调整项。

8. 证明表达式(24)

这个证明仅仅使用简单的微积分和正态分布的知识。我们开始于：

$$S(0) = \left[\int_{-\infty}^{\infty} \phi(z)S(T)q(z)\mathrm{d}z\right]\mathrm{e}^{-rT} \tag{25}$$

将 $\phi(z)S(T)$ 代入得到：

$$\begin{aligned} S(0) &= S(0)\int_{-\infty}^{\infty} \mathrm{e}^{-\frac{\theta^2}{2}+\theta z}\mathrm{e}^{\mu T-\frac{\sigma^2}{2}T+\sigma\sqrt{T}Z}\frac{\mathrm{e}^{-\frac{z^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}}\mathrm{d}z\,\mathrm{e}^{-rT} \\ &= S(0)\mathrm{e}^{\mu T-rT+\sigma\sqrt{T}\theta}\int_{-\infty}^{\infty}\mathrm{e}^{-(\sigma\sqrt{T}+\theta-z)^2\frac{1}{2}}\frac{\mathrm{d}z}{\sqrt{2\pi}} \end{aligned}$$

这是我们通过完成平方得到的。然而：

$$\int_{-\infty}^{\infty}\mathrm{e}^{-(\sigma\sqrt{T}+\theta-z)^2\frac{1}{2}}\frac{\mathrm{d}z}{\sqrt{2\pi}} = 1$$

由于这是均值为 $(\sigma\sqrt{T}+\theta)$、方差为 1 的正态分布。因此，$S(0)=S(0)\mathrm{e}^{\mu T-rT+\sigma\sqrt{T}\theta}$，这意味着：

$$\mu T - rT + \sigma\sqrt{T}\theta = 0$$

或者，$\theta = -[(\mu-r)/\sigma]\sqrt{T}$

最后，

$$\begin{aligned} \mathrm{cov}\left(\log\left[\frac{S(T)}{S(0)}\right],-\log[\phi(z)]\right) &= \mathrm{cov}\left[\mu T-\frac{\sigma^2}{2}T+\sigma\sqrt{T}z,\ \frac{\theta^2}{2}-\theta z\right] \\ &= -\sigma\sqrt{T}\theta\,\mathrm{cov}(z,z) = -\sigma\sqrt{T}\theta \end{aligned}$$

由于 $\mathrm{cov}(z,z)=\mathrm{var}(z)=1$。因此，

$$\mu T = rT + \mathrm{cov}\left(\log\left[\frac{S(T)}{S(0)}\right],-\log[\phi(z)]\right)$$

最后，注意到在 $q(z)$ 下，从上面的表达式(13)得到：

$$S(0)=E[S(T)]e^{-\mu T}$$

这样使用替代的方法完成了这个证明。

案例分析

MW石油公司(A&B)(哈佛商学院案例 295029 和 294050-PDF-ENG)。在获得的内容中,该案例集中于评估和执行创造性的允许石油价格风险重新分配的资本结构。

Mo Gen公司(达顿商学院 UV1054-PDF-ENG,哈佛商学院出版社)。该案例阐述了如何利用直接债券加上转换期权来为可转债定价。

萨拉的期权(哈佛商学院案例 201005-PDF-ENG)。该案例提供给 MBA 学生研究如何在支付程序中为股票期权估值。

习题和思考题

1. 在布莱克—斯科尔斯—默顿期权定价框架中,解释为何定价和套期保值息息相关。

2. 布莱克—斯科尔斯—默顿模型是怎样假定股票价格的演变过程、股票股利和利率的?

3. 你认为布莱克—斯科尔斯—默顿模型关于股票无股利支付和固定利率的假定是理性的假定么?如果不是,那么你认为为什么会这样假定?

4. 简单地描述一下布莱克—斯科尔斯—默顿模型 73 年的发展历史,描述一下克服关键的障碍使得布莱克—斯科尔斯—默顿模型发展的主要进步。

5. 在布莱克—斯科尔斯—默顿模型的假定中,

a. 股票收益波动率是什么?

b. 股票收益波动率的假定是什么?这个假定合理吗?如果不合理,那么你认为为何使用这个假定?

下面两个问题要求用以下信息来为欧式期权定价。

S汽车公司的股票价格 S 为 \$59,敲定价格 K 为 \$60,到期日 T 为 44 天,隐含波动率 σ 为每年 30%,无风险利率 r 为每年 3.3%。

6.使用布莱克—斯科尔斯—默顿公式,找到看涨期权的价格。

7. a. 使用布莱克—斯科尔斯—默顿公式,确定看跌期权的价格。

b. 证明得到的看跌期权价格与上题得到的看涨期权价格是否满足看跌—看涨期权平价。

8. 考虑两个投资者在股票价格和波动率上达成一致,但在股票期望收益上不能达成一致。一个人认为股票将会在第 2 年赚取 15%,但另外一个人认为将会有 5%的损失。基于这支股票,使用布莱克—斯科尔斯—默顿模型,在 1 年期的看涨期权价值上是否可以达

成一致意见？请解释你的答案。

9. 解释如何使用伪概率计算布莱克—斯科尔斯—默顿模型。这个原理被称为什么？

10. 实际概率与伪概率之间的区别是什么，它依赖于什么？解释你的答案。

11. 布莱克—斯科尔斯—默顿模型中的希腊字母是什么？哪两个希腊字母与股票价格的变化有关？

12. 评述以下问题，并仔细地解释你的答案。

a. 在其他条件不变但输入的股票价格增加时，看涨期权的价格是涨还是跌？

b. 在其他条件不变但输入的波动率增加时，看涨期权的价格是涨还是跌？

13. 在之前给定的S汽车公司的数据基础上(S 为 \$59，K 为 \$60，T 为 44 天，σ 为每年 30%，r 为每年 3.3%)，计算看涨期权的 delta 和 gamma。

14. a. 布莱克—斯科尔斯—默顿模型的输入因素中哪些是可以观察到的，哪些需要估计？

b. 描述在估计无法观察到的输入因素时遇到的困难。

15. 在使用布莱克—斯科尔斯—默顿模型时，隐含波动率指什么？这项估计是否依赖于过去股票价格的时间序列？解释你的答案。

16. Funtoy 公司的股票具有以下的周收盘价：40，41，43，42，42，46，43，44，47。假定每年有 52 个交易周，计算年度标准差和样本标准差(波动率)σ。

17. Fallstock 公司的股票价格 S 为 \$45。基于 Fallstock 股票的欧式期权敲定价格为 $K=\$50$，到期日 $T=180$ 天，无风险利率 $r=$ 每年 5%，令波动率 $\sigma=$ 每年 0.25。公司将会在 125 天后支付 50 美分的股利。

a. 使用布莱克—斯科尔斯—默顿模型计算看涨期权的价格。

b. 计算看跌期权的价格。

18. SINDY 指数现在为 $I=11\,057$。SINDY 的欧式期权敲定价格为 $K=\$11\,000$，到期日 $T=45$ 天，股利收益率 $\delta=$ 每年 1.5%，无风险利率为 $r=$ 每年 5%，估计的隐含波动率 $\sigma=$ 每年 16%。

a. 使用默顿公式计算看涨期权的价格。

b. 使用看涨—看跌期权平价的合适版本计算看跌期权的价格。

19. 欧元的欧式看涨期权在 $T=6$ 个月后到期。看涨期权到期时若为实值，支付 $100(S(T)-1.30)$ 美元，否则为 0，其中 100 为合约乘子，\$1.30 为敲定价格 K。欧元的波动率 $\sigma=$ 每年 12%。今天的即期汇率 S_A 为每欧元 1.4 美元(美式标法)。连续复利年无风险利率 r 在美国为 5%(国内)，r_E 在欧元区为每年 4.5%。使用默顿公式计算看涨期权的价格。

20. 如何利用布莱克—斯科尔斯—默顿模型为美式看涨期权估值？

▶20

布莱克—斯科尔斯—默顿模型的应用

20.1 引言

一个多世纪以前，纽约期权市场上充斥着为了策略和操纵目的出售期权的金融家。然而，伦敦交易商的行为更像保险代理人，他们使用一个模型来估计期权溢价，用股票的平均价格减去敲定价格再加上各种成本和收益。这些交易商也会使用 delta 为自己的期权套期保值。纽约人萨缪尔·A.尼尔森(Samuel A.Nelson)(1904，p.14)评论伦敦期权市场“业务更加科学”，比华尔街更加繁荣。伦敦使用一个模型来帮助交易商思考，使得交易建立在更科学的基础上，从而帮助市场成长提前于纽约一个多世纪，这难道不是非常有趣的事情吗？

今天，金融市场中频繁地使用模型。事实上，模型的错误使用和滥用在很大程度上导致了 2007 年金融危机。许多金融机构错误地使用模型，低估它们仓位的风险。这些错误结果造成了经济中不充足的权益资本，结果造成了许多金融机构的破产。如果金融机构能够更好地理解模型的细微之处，或许信贷危机就能够避免了。理解本章的内容将会帮助你避免这些错误。

本章解释了如何利用布莱克—斯科尔斯—默顿模型来帮助实现风险管理。首先，我们介绍期权模型使用的简史。我们考虑一下有百年历史的 delta 对冲技术和 1973 年之后的 gamma 对冲实践。这些对冲策略使用希腊字母。我们能够证明 delta 和 gamma 对冲都与期权定价理论一致。我们也解释了为什么原先流行现在反被抛弃的 rho 对冲技术和依然使用的 vega 对冲技术却与期权定价理论不一致。接下来，我们通过计算隐含波动率重新考虑棘手的波动率估计问题。这是一个校准的例子，也是一个有典型滥用范围的流行技术。本章将以讨论布莱克—斯科尔斯—默顿模型的拓展和泛化结束。

20.2 模型使用的简史

简短的历史阐明了模型如何帮助形成期权市场(见表 20.1 中的重大事件)。这段历史可以分为两段：早期的历史和 1973 年之后的历史。有趣的是，在早期的衍生工具定价历

史中，实践领先于学术研究，学术研究事实上是不存在的。在布莱克—斯科尔斯—默顿模型之后，角色发生了改变，市场追随理论发展。现在，公正地说，已经变成了两条路：实践和理论相互影响、相互充实。

表 20.1 模型及其在期权市场上应用的重大历史事件

年 份	发 展
19 世纪晚期	伦敦交易员使用基于历史价格变动的统计模型来决定期权费
19 世纪 70 年代	拉塞尔·塞奇使用看涨—看跌期权平价绕过纽约州的反高利贷法
1900 年	路易斯·巴舍利耶在巴黎的巴黎大学发表论文
1973 年	布莱克—斯科尔斯—默顿模型发表
1987 年	在美国股票市场大崩盘中组合保险失效
1987 年和 1992 年	1987 年赫斯—加罗—默顿模型问世；1992 年模型发表

20.2.1 早期的历史

在伦敦市场上使用的早期期权定价模型是统计上的模型，其深受保险行业定价实践的影响。尽管如此，这些模型仍刺激了市场发展（见拓展 20.1）。19 世纪晚期的“华尔街街长”拉塞尔·塞奇，使用看涨—看跌期权平价绕过纽约州的法律（见拓展 16.1）。他巧妙地使用它要到了高于强制 7%的利率。塞奇不仅是使用模型的先驱，他还在莫顿·米勒（回忆第 1 章）提出监管和税收刺激金融创新的一个世纪前就实施了税收（监管）套利。尽管法国数学家路易斯·巴舍利耶在 1900 年出版了早期的期权定价模型，但这个模型及其变形直到 70 多年后才得到使用。

拓展 20.1 19 世纪伦敦和纽约的期权市场

直到 19 世纪末期，在纽约和欧洲的主要城市，期权是在场外市场交易的。这个时代的一些书，比如查尔斯·卡斯泰利的《股票和股票期权理论》（1877）、塔姆布里奇和措的《华尔街成功的秘密》（1878）、伦纳德·希金斯的《看涨期权和看跌期权》（1902），以及萨缪尔·尼尔森的《期权的基础知识与套利》（1904），都对这些场外市场进行了有趣的描述。

在地域辽阔、资源丰富的美国，绰号为“强盗贵族”的强大的金融家们经常操纵他们拥有控制权益的股票和期权。“老跨”拉塞尔·塞奇在价格下跌时，卖出股票看涨期权，买入看跌期权提高控股。由于纽约的交易员只用“判断”和“精明的猜测”来确定期权的价值，尼尔森（Nelson，1904，p.30）总结道：“在出售的时候没有确定价格的期权价值不会控制价格，若没有目标，这是赌博，而不是购买者将会失去的期望收益。”

英国发明了复杂的保险业为各种各样的风险保险。伦敦也交易期权，卡斯泰利（Castelli，1877）描述道：

在期权到期时支付的期权费，根据合约股票变化而波动。若变化多且猛烈，则未来的合约支付就容易出现大幅度的增加或者减少，支付的期权费就会很高。若股票基本保持价格不变，期权费也会很低。因此，俄罗斯的期权比西班牙的期权成本更高。

尼尔森(1904，p.15)指出，伦敦期权交易商“通过笨拙的规则交易，但背后却有确定的理论”。交易员的方法与人寿保险公司相似，尽管他知道自己可能会向某些索赔人支付很多钱，但保险精算员的表格显示“只要能够得到这种业务足够多的客户”(假设“他没有做坏的赌博”，并且业务充分分散)，均值定理将会抵消掉他的支出并且带来合法的利润(Nelson，1904，pp.15—16)。尼尔森也注意到在20年间，华尔街的期权交易有了显著下降。他将这归于三个原因：第一，部分美国公司不愿意“像伦敦那样卖出期权作为保险”(Nelson，1904，p.23)；第二，不情愿零散地出售期权；第三，尽管是暂时的，西班牙战争税削减了期权交易员的利润。由于这些原因，“这些关系使得期权业务一时间在一定程度上退化了”，大部分业务“转向伦敦市场，因为这里期权交易是证券市场的重要组成部分”(Nelson，1904，pp.23—24)。

毫无疑问，伦敦股票交易所公认有各种各样的期权交易。相比之下，纽约股票交易所拒绝使期权合约在交易所大厅交易合法化(尽管许多纽约股票交易所的成员定期地交易期权)。

20.2.2 1973年后

经过发展之后，布莱克—斯科尔斯—默顿模型促进了衍生品市场的扩张。

- 布莱克—斯科尔斯—默顿模型调和了证券交易委员会对期权交易的反对。证券交易委员会成立于1934年，即1929年股票市场大崩溃之后的纷乱时代。致力于清理股票市场的证券交易委员会曾试图关闭期权交易，这是由于历史上期权交易与股票价格操纵、投机和赌博密切相关。麦肯齐和米罗(MacKenzie and Millo，2003，p.114)报道一名证券交易委会官员曾将期权比为“大麻和萨利多胺”。证券交易委员会的态度在1973年之后改变了，不再将期权交易与赌博联系在一起。
- 利兰—奥布莱恩—鲁宾斯坦和组合保险。在20世纪80年代，利兰—奥布莱恩—鲁宾斯坦合伙公司发展了一项盈利业务帮助顾客通过证券组合来保护他们的资产，这个组合交易股票指数期货和国库券创造合成看跌期权。不幸的是，这项业务在1987年市场崩溃后戛然而止了，这个时期模型不像理论一样管用。这是因为模型的几个假设(如完全竞争市场假设)，在正常的市场条件下是对市场的良好近似，如今在严重的市场崩盘中不再成立了。研究指出，组合保险是崩溃的主要原因，由于组合保险要求交易商在市场下跌时继续出售股票，这加剧了下跌的形势。组合保险的经历撼动了对布莱克—斯科尔斯—默顿模型的盲目相信。
- 赫斯—加罗—默顿模型。由于20世纪70年代和80年代末期的两位数的通胀，利

率变得非常高而且波动很大。利率波动性的增加产生了对于管理这些风险的证券和模型的需求。遗憾的是，由于布莱克—斯科尔斯—默顿模型假定利率不变，它不适用于这些新变化。专家发明了许多放宽不变利率假定的模型来克服这些问题，但不像布莱克—斯科尔斯—默顿模型，它们都依赖于利率风险溢价。相反，康奈尔大学的大卫·赫斯、罗伯特·加罗和安德鲁·默顿发明了利率衍生工具定价模型，它与布莱克—斯科尔斯—默顿模型相似，也不依赖于这些风险溢价。这个被称为 HJM 的模型(我们将在本书第四部分中讨论这个模型)，在 1987 年被广泛写进工作论文中，之后被应用于金融行业。该模型最终在 1992 年的学术期刊上发表。HJM 模型的一般化被应用于随机波动期权定价、外汇衍生品、商品期货和国库通胀保护证券及其他衍生品定价。这些发展在接下来的时间中帮助促进衍生工具市场呈指数式增长。

20.3 希腊字母对冲

希腊字母对冲是从股票和期权组合角度消除市场风险的风险管理技术。从经典的西方电影《黄金三镖客》(*The Good, the Bad and the Ugly*)中借用名词，我们将 delta 和 gamma 对冲称为“好人”，将错误的实践如 vega 和 rho 对冲称为“坏人和丑陋之人”。delta 和 gamma 对冲都是“好的”，因为它们与布莱克—斯科尔斯—默顿模型的基础理论(和假设)一致。相反，vega 和 rho 对冲是“坏的、丑陋的”，因为它们与理论不一致。所以，之后还会提到，它们实际上不能满足它们希望达到的目标。

20.3.1 delta 对冲

delta(或者对冲比率)指的是为了消除每份期权所有的价格风险所需要的股票数量。为此，在之前的章节中，我们将对冲比率比喻为期权定价的“圣杯”。

为了建立 delta 对冲头寸，我们考虑时间 t 的组合 $V(t)$，由一份价格为 $c(t)$ 的看涨期权多头和 n 份价格为 $S(t)$ 的标的股票组成。为了简化起见，将下标时间 t 去除，则组合最初的价值为：

$$V = c + nS \tag{20.1a}$$

在很小的时间段 $[t, t+\Delta t]$ 上组合价值的变化为：

$$\Delta V = \Delta c + n\Delta S \tag{20.1b}$$

其中，$\Delta V \equiv V(t+\Delta t) - V(t)$，$\Delta c \equiv c(t+\Delta t) - c(t)$，$\Delta S \equiv S(t+\Delta t) - S(t)$。

delta 对冲的目的是选择 n 使得组合价值变化的方差为 0，即，$\text{var}(\Delta V) = 0$，其中 $\text{var}(\cdot)$ 代表方差。然后，这个组合将会是无风险的。

回忆一下，看涨期权的价格是时间和标的股票价格的函数，使用大学一年级的微积分知识中的泰勒展开式，我们可以解出 n(见本章附录)。这个解就是期权的 delta。最后，我们将这个观察值总结成结论。

结论 20.1

布莱克—斯科尔斯—默顿模型中的 delta 对冲

看涨期权的多头移除价格风险，卖空

$$\text{delta}_C \equiv \frac{\partial c}{\partial S} = N(d_1) \text{ 份股票} \tag{20.2a}$$

其中，

$$d_1 = \frac{\log\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \tag{20.2b}$$

$N(\cdot)$为累积标准正态分布函数(均值为 0，标准差为 1)，S 为股票价格，K 为敲定价格，r 为连续复利无风险利率，T 为到期时间，σ 为股票收益的波动率(见结论 19.1)。

为看跌期权多头进行 delta 对冲，购买 $\text{delta}_P \equiv N(-d_1)$ 份股票。

我们使用一个具体的数值例子来解释这个结果的有效性。

【例 20.1】 delta 对冲

这个例子的目的是展示 delta 对冲的有效性。

- 假设我们在时点 t 支付价格 c 购买 YBM 股票的欧式看涨期权。我们假设股票价格 S 为 \$100，敲定价格 K 为 \$110，到期时间 T 为 1 年，股票收益的波动率 σ 为每年 0.142 470，连续复利无风险利率 r 为每年 5%。
- 为了对一个单位的看涨期权多头套期保值，做空 delta_C 份 YBM 股票。这给出了 delta 中性组合 $V = c - (\text{delta}_C)S$。我们在表 20.2 中计算在不同股票价格下 $\Delta V = \Delta c - (\text{delta}_C)\Delta S$ 的价值来看看 delta 对冲如何进行。为了简便起见，我们假定股票价格可以在模型的其他输入因素不变的时候魔法般地改变！①

表 20.2 看涨期权和看跌期权的 delta 对冲的误差

S	d_1	$\text{delta}_C = N(d_1)$	$\text{delta}_P = -N(-d_1)$	看涨期权	看跌期权	ΔV (看涨期权)	ΔV (看跌期权)
90	−0.986 3	0.162 0	0.838 0	1.029 4	15.664 6	1.270 9	1.270 9
95	−0.606 8	0.272 0	0.728 0	2.103 0	11.738 2	0.331 9	0.331 9
99	−0.317 3	0.375 5	0.624 5	3.394 8	9.030 0	0.013 5	0.013 6
100	**−0.246 8**	**0.402 5**	**0.597 5**	**3.783 8**	**8.419 0**	**0**	**0**
101	−0.177 0	0.429 8	0.570 2	4.199 9	7.835 1	0.013 6	0.013 6
105	0.095 7	0.538 1	0.461 9	6.136 7	5.771 9	0.340 3	0.340 3
110	0.422 2	0.663 6	0.336 4	9.147 7	3.782 9	1.338 6	1.338 6

—第五行第一列汇报 $S = \$100$，第二列 $d_1 = -0.246\,8$，第三列 $N(d_1) = \text{delta}_C =$

① 这给出了套期保值的粗略估计。为了更好地近似，你可以跟踪 ΔV 更长的时间段(比如一天)，同时保留利率成本 $Vr\Delta t$。

0.402 5，第五列汇报看涨期权的价格为 $3.783 8(见例 19.2)。

—第五列汇报基于第一列股票价格的看涨期权价值。

—第七列汇报不同股票价格的对冲组合价值的变化。

$$\begin{aligned}\Delta V &= \Delta c - (\text{delta}_C)\Delta S \\ &= [c(t+\Delta t) - c(t)] - (\text{delta}_C)[S(t+\Delta t) - S(t)] \\ &= (\text{新的看涨期权价格} - 3.783\,8) - 0.402\,5(\text{新的股票价格} - 100)\end{aligned}$$

比如，当 $S = \$95$，我们得到 $\Delta V = (2.103\,0 - 3.783\,8) - 0.402\,5(95 - 100) = \$0.331\,9$。

- 正如表 20.2 中所示，当股票价格变动较小时 delta 对冲的效果较好。确实，当新的股票价格接近于初始股票价格时 ΔV 变小了(如：当 $S = 99$，$\Delta V = 0.013\,5$)，当股票价格偏离越远时，ΔV 的值变大了(如：当 $S = 110$，$\Delta V = 1.338\,6$)。
- 使用相同的方法，我们可以通过购买 $n = -\text{delta}_P = -[-N(-d_1)] = 0.597\,5$ 份股票进行看跌期权多头的 delta 中性对冲，在表 20.2 的第五行中汇报。

  —我们在时点 t 得到 delta 中性组合 $V = p + (\text{delta}_P)S$。

  —使用表 20.2 中第六列的值，组合在 $[t, t+\Delta t]$ 期价值的变化为：

$$\begin{aligned}\Delta V = \Delta p + (\text{delta}_P)\Delta S &= (\text{新的看跌期权价格} - 8.419\,0) \\ &\quad + 0.597\,5(\text{新的股票价格} - 100)\end{aligned}$$

  对于 $S = \$95$，我们得到 $\Delta V = (11.738\,2 - 8.419\,0) + 0.597\,5(95 - 100) = \$0.331\,9$。与之前一样，当股票价格变动幅度较小时对冲比较有用。

这些 delta 中性交易不正类似于我们在第 15 章中讨论的简单的 1∶2 对冲(将一份股票多头和两份看涨期权空头或者两份看跌期权多头组合起来)吗？在头寸的实际操作中，delta 对冲是这种交易的次要变量。然而，在交易商的目标和业绩中有不同。正如之前的例子中解释的，理论上说，delta 对冲创造的组合对于标的股票价格的小幅波动是无风险的，而 1∶2 对冲则不是。

谁在使用 delta 对冲呢？那些卖出期权的交易员一般会使用 delta 为头寸进行套期保值。《华尔街日报》有时会报导 delta 对冲的故事。[①]比如，2008 年 10 月 8 日，大型交易商通过购买卡夫食品的股票和卖出看涨期权构建了 delta 中性对冲。2009 年 12 月 11 日，一名交易商通过卖出摩根大通银行的股票同时买入看涨期权来构建巨量的 delta 中性交易。

20.3.2 Gamma 对冲

“理论上，理论和实践是没有差别的。但事实上，它们之间存在差别。”棒球运动员尤吉·贝拉若有所思地说。这个论断非常适用于 delta 对冲。如果世界像布莱克—斯科尔

① 下面的内容来自《华尔街日报》标题为《在宝洁公司的高露洁棕榄持有仓位的牛市交易商》(2008 年 10 月 9 号)和《摩根大通银行在国库券权证卖出方面活跃》(2009 年 11 月 14 日)的文章。

斯—默顿模型的假设那样运行的话，使用 delta 对冲足够使得期权头寸无风险了。我们可以连续地重新平衡对冲来完美复制期权回报。如前所述，理论假设在重新平衡之间的时间 Δt 是无限小的，因此相应的股票价格的变动也是很小的。但是连续交易是不可能的。即使对于周或日对冲，股票价格的变动也是不小的，对冲的误差可能是很大的。不仅如此，任何交易都存在交易成本，这也使得连续交易成本很高。

为了强调这个问题，我们需要在对冲期间为股票价格小的和大的变动进行对冲。我们通过对“股票价格平方”的变动风险进行对冲来完成上述目标。第二种对冲使用期权的 gamma 值，这个值通过布莱克—斯科尔斯—默顿模型看涨期权价格对股票价格求二阶导数得到。第二种对冲的目的是预期 delta 本身的变化(delta 随着标的股票价格的变化而变化)并对这种变化进行补偿。

为了对这两种风险进行对冲，我们需要两种证券使得我们能够在 delta 对冲的基础上再建立 gamma 对冲。我们可以通过交易标的股票和基于标的股票的另一份期权对一份看涨期权空头进行对冲。考虑建立一个组合 $V(t)$：包含一份价格为 $c_1(t)$ 的看涨期权多头、n_1 份价格为 $S(t)$ 的股票和 n_2 份价格为 $c_2(t)$ 的第二种期权。组合的价值为：

$$V = c_1 + n_1 S + n_2 c_2 \tag{20.3a}$$

在时间间隔 $[t, t+\Delta t]$ 上，组合价值的变化为：

$$\Delta V = \Delta c_1 + n_1 \Delta S + n_2 \Delta c_2 \tag{20.3b}$$

delta 和 gamma 对冲的目的是选择 n_1 和 n_2 使得组合价值变化的方差为 0，即 $\text{var}(\Delta V)=0$。本章附录使用泰勒展开式显示结果如下。

结论 20.2

对看涨期权多头的 delta 和 gamma 对冲

为了将一份价格为 c_1 的看涨期权多头的 delta 和 gamma 价格风险移除，购买 n_1 份价格为 S 的股票，卖出基于相同股票、价格为 c_2 的 n_2 份期权，即：

$$n_1 = \left(\frac{\text{gamma}_{C_1}}{\text{gamma}_{C_2}}\right)\text{delta}_{C_2} - \text{delta}_{C_1} \tag{20.4a}$$

$$n_2 = -\frac{\text{gamma}_{C_1}}{\text{gamma}_{C_2}} \tag{20.4b}$$

通过一般公式来定义希腊字母：

$$\text{delta}_C \equiv \frac{\partial c}{\partial S} = N(d_1)，\text{其中，}$$

$$d_1 = \frac{\log\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \tag{20.4c}$$

$$\text{gamma}_C \equiv \frac{\partial^2 c}{\partial S^2} = \frac{1}{S\sigma\sqrt{T}}N'(d_1)$$

其中，$N(\cdot)$ 为累积标准正态分布函数，$N'(\cdot)$ 为标准正态密度函数。

下一个例子解释 gamma 和 delta 对冲的有效性。

【例 20.2】 一个 gamma 和 delta 中性组合

这个例子解释 gamma 对冲的有效性。

- 假设我们在时点 t 以价格 c_1 购买 YBM 股票的欧式看涨期权。从之前的例子中得知，$S=\$100$，$K=\$110$，$T=1$ 年，$\sigma=$每年 0.142 470，r 为每年 0.05。
- 我们使用 delta 和 gamma 对冲，通过交易 n_1 份 YBM 股票和 n_2 份基于 YBM 股票的另一份看涨期权。假定第二份欧式看涨期权的价格为 c_2，敲定价格为 \$105，到期日为 9 个月。
- 在间隔 Δt 上组合价值的变化为：$\Delta V=\Delta c_1+n_1\Delta S+n_2\Delta c_2$。我们在表 20.3 中展示这个对冲的业绩。
- 在第四行，第二列至第五列使用 $S=100$，$K=110$，$T=1$，$\sigma=0.142\,470$，$r=0.05$ 计算看涨期权 1 的价值：第二列 $(d_1)_{C_1}=-0.246\,8$；第三列 $\text{delta}_{C_1}=N(d_1)_{C_1}=0.402\,5$，第四列 $\text{Call}_1=3.783\,8$，第五列 $\text{gamma}_{C_1}=N'(d_1)/(S\sigma\sqrt{T})=0.027\,2$。
- 在第四行，第六列至第九列使用敲定价格为 105、到期时间为 0.75 年的看涨期权 2 做同样的事情：第六列 $(d_1)_{C_2}=-0.029\,8$；第七列 $\text{delta}_{C_2}=N(d_1)_{C_2}=0.488\,1$；第八列 $\text{Call}_2=4.400\,0$，第九列 $\text{gamma}_{C_2}=N'(d_1)/(S\sigma\sqrt{T})=0.032\,3$。

表 20.3 看涨期权 delta 和 gamma 对冲的误差

S	$(d_1)_{C1}$	$\text{delta}_{C1}=N(d_1)_{C1}$	Call_1	gamma_{C2}	$(d_1)_{C2}$	$\text{delta}_{C2}=N(d_1)_{C2}$	Call_2	gamma_{C2}	ΔV
90	−0.986 3	0.162 0	1.029 4	0.019 1	−0.883 7	0.188 4	1.085 7	0.024 3	−0.009 2
95	−0.606 8	0.272 0	2.103 0	0.024 5	−0.445 5	0.328 0	2.363 0	0.030 8	−0.004 8
99	−0.317 3	0.375 5	3.394 8	0.026 9	−0.111 3	0.455 7	3.928 1	0.032 5	−0.000 1
100	**−0.246 8**	**0.402 5**	**3.783 8**	**0.027 2**	**−0.029 8**	**0.488 1**	**4.400 0**	**0.032 3**	**0**
101	−0.177 0	0.429 8	4.199 9	0.027 3	0.050 8	0.520 3	4.904 3	0.032 0	0.000 0
105	0.095 7	0.538 1	6.136 7	0.026 5	0.365 6	0.642 7	7.234 4	0.028 8	0.011 7
110	0.422 2	0.663 6	9.147 7	0.023 3	0.742 7	0.771 2	10.782 6	0.022 3	0.115 4

- 使用结论 20.2 中的公式，我们计算：

$$n_1=\left(\frac{\text{gamma}_{C_1}}{\text{gamma}_{C_2}}\right)\text{delta}_{C_2}-\text{delta}_{C_1}=0.007\,684$$

$$n_2=-\frac{\text{gamma}_{C_1}}{\text{gamma}_{C_2}}=-0.840\,422$$

- 第十列给出了在一段很短的时间间隔内对于不同的股票价格，delta 和 gamma 对冲组合的价值变动：

$$\begin{aligned}\Delta V&=\Delta c_1+n_1\Delta S+n_2\Delta c_2\\&=[c_1(t+\Delta t)-c_1(t)]+n_1[S(t+\Delta t)-S(t)]+n_2[c_2(t+\Delta t)-c_2(t)]\\&=(\text{新的看涨期权价格}_1-3.783\,8)+0.007\,684(\text{新的股票价格}-100)\\&\quad-0.840\,422(\text{新的看涨期权价格}_2-4.400\,0)\end{aligned}$$

对于 $S=\$95$，我们得到：$\Delta V=(2.1030-3.7838)+0.007\,684(95-100)-0.840\,422(2.363\,0-4.400\,0)=-\$0.004\,8$。

- 与例 20.1 相应股票价格只用 delta 进行对冲时的误差 0.331 0 相比，这个对冲的误差更小。
- 表 20.2 和表 20.3 最后一列的比较表明 delta 和 gamma 对冲比只有 delta 的对冲更加有用。

20.4 期权组合的对冲

金融的魔力在于对于单一证券使用的理论可以适用于证券组合。使用这种魔力，我们将 delta 和 gamma 对冲的想法推广到基于一种或者多种标的股票的期权组合。首先讲一个简单的例子。

【例 20.3】 计算基于单一股票的两种期权组合的 delta

假设你通过购买 100 份 1 年的 YBM110 看涨期权和卖空相同数量的 9 个月期的 YBM105 看涨期权来构造一个对角价差(参见第 15 章)。当股票价格为 \$100 时，我们像之前的例子中一样计算 delta，delta 的值分别为：$\text{delta}_{C_1}=0.402\,5$，$\text{delta}_{C_2}=0.488\,1$。组合的 delta 值等于每种期权的数量乘以 delta，然后相加，即：

$$\text{delta}_{\text{Port}}=100\times 0.402\,5-100\times 0.488\,1=-8.557\,5$$

组合的 delta 值意味着当股票价格增长 1 美元时，组合的价值减少约 8.56 美元。

我们可以将这个例子拓展来创建组合风险管理的规则。

- **计算基于单一股票的期权组合的** delta(**和** gamma)。假设你持有 n_i 份期权(若为期权多头，则 n_i 为正；若为期权空头，n_i 为负)，其中 $i=1,\cdots,N$ 代表基于 YBM 的不同敲定价格和到期日的 N 份欧式看涨或者看跌期权。组合的 delta 值为每种期权的数量乘以其 delta 值，然后加总：

$$\text{delta}_{\text{Port}}=\sum_{i=1}^{N}n_i\times\text{delta}_i \tag{20.5}$$

  你也可以通过求单一期权 gamma 值的加权和来计算基于单一股票的期权组合的 gamma 值。

- **基于多种股票的期权组合的** delta(**和** gamma)**对冲**。在这种情况下，你需要对每一个基于不同标的股票的期权组合进行 delta 对冲。
  —首先，根据标的股票不同将组合划分为不同的子组合。
  —然后，使用表达式(20.5)计算每个子组合的 delta。
  —最后，根据不同的标的股票对每个子组合进行 delta 对冲。
  —同样，你可以将这个论证过程拓展到期权组合的 gamma 对冲。

20.5 Vega 对冲

当建立布莱克—斯科尔斯—默顿模型时，假设只有一种风险：股票价格变动的风险。

因此，期权定价模型反映了对这种风险的定价。模型的公式中没有展示其他的风险。

使用布莱克—斯科尔斯—默顿模型的 delta 和 gamma 对冲与布莱克—斯科尔斯—默顿模型的基础理论一致，因为这些量反映了期权对于股票价格风险的敏感性。不能连续交易使得 gamma 对冲有用。布莱克—斯科尔斯—默顿模型的所有其他输入因素，利率(r)和波动率(σ)，都被假定为常数。因此，利率和波动率变动的风险没有反映在布莱克—斯科尔斯—默顿模型的公式中。使用布莱克—斯科尔斯—默顿模型公式中的希腊字母对这些常数的变动进行对冲是荒谬的。一个简单的例子解释了为什么这个论述是正确的。在学习这个例子之后，我们利用这个理解进行 vega 对冲。

【例 20.4】 常数对冲的误差

- 考虑基于 YBM 股票、敲定价格为 K、到期日为 T 的欧式看涨期权。我们使用 YBM 股票对这个看涨期权多头进行 delta 对冲。

以不变增长率增长的股票

- 我们进行一个理想实验介绍一个不现实的假设。我们假设今天的股票价格 $S(t)$ 是非随机的，以无风险利率 r 增长。当然这个假设是愚蠢的，但有比假设股票回报拥有不变波动率更愚蠢的么？
- 然后，给定这个假设之后，在 t 时点，我们知道期权到期时是否会是实值。已知 T 时点的回报，使用无风险利率折现得到无套利的看涨期权价格：

$$c=\max[S-Ke^{-r(T-t)},0] \tag{20.6}$$

- 由于无风险，没必要对我们的期权进行对冲。

使用表达式(20.6)进行 delta 对冲

- 然而，我们注意到，当应用市场数据时，股票价格是随机的，我们的无对冲不成立。对冲误差为期权价格的整个变化 Δc。
- 作为临时修复，我们决定进行希腊字母对冲。在这个例子中，股票价格是相关参数，我们希望使用表达式(20.6)进行 delta 对冲。
- 正如之前讨论的，我们使用看涨期权公式(20.6)围绕 $[t,t+\Delta t]$ 处股票价格进行泰勒展开。对每个看涨期权多头选择 n 份股票进行 delta 对冲，其中：

$$n=\frac{\partial c}{\partial S} \tag{20.7}$$

对于这个模型，表达式(20.6)，我们计算期权的 delta：

$$n=\frac{\partial c}{\partial S}=\begin{cases}1,\text{若 } S-Ke^{-r(T-t)}>0\\0,\text{其他}\end{cases} \tag{20.8}$$

- 这个 delta 对冲如表达式(20.8)中持有 n 份股票。这意味着若股票现在是价内，$n=1$；若为价外，$n=0$。

—若看涨期权为价外，使用表达式(20.8)进行 delta 对冲相当于没有进行对冲！在这种情况下，基于表达式(20.8)对希腊字母进行对冲是无用的。

—若看涨期权为价内，使用表达式(20.8)进行 delta 对冲相当于看空整个股票。在这种情况下，我们可以探究一下，基于表达式(20.8)的对冲与什么都不做相比是

否有改进以及有多少改进。

基于表达式(20.8)的对冲无用

- 为了证明当看涨期权是实值时基于表达式(20.8)的 delta 对冲无效，我们需要知道股票价格真实的随机演变。
- 由于现在对布莱克—斯科尔斯—默顿模型熟悉了，我们假设实际股票价格满足第19章的布莱克—斯科尔斯—默顿模型对数正态分布的假设。然后，期权的“真实”价格为布莱克—斯科尔斯—默顿模型的价值，我们可以使用布莱克—斯科尔斯—默顿模型的 delta 和泰勒展开式近似计算真实期权价值的变动，即：

$$\Delta c=\frac{\partial c}{\partial t}\Delta t+\frac{\partial c}{\partial S}\Delta S=\frac{\partial c}{\partial t}\Delta t+N(d_1)\Delta S$$

- 假设我们使用表达式(20.8)，用一份股票进行 delta 对冲。通过直接替代，我们看到 delta 对冲组合价值的变动为：

$$\Delta V=\Delta c-\Delta S=\frac{\partial c}{\partial t}\Delta t+\frac{\partial c}{\partial S}\Delta S-\Delta S=\frac{\partial c}{\partial t}\Delta t+[N(d_1)-1]\Delta S \quad (20.9)$$

若 delta 对冲有效，组合价值的变化恰好为$\frac{\partial c}{\partial t}\Delta t$。为什么？这是由于这项是确定的，意味着 $\text{var}(\Delta V)=0$。但是表达式(20.9)显示对冲组合 V 的对冲误差为 $[N(d_1)-1]\Delta S$。

- 若我们不进行对冲，组合价值的变动等于期权价值的变动，即：

$$\Delta V=\Delta c=\frac{\partial c}{\partial t}\Delta t+\frac{\partial c}{\partial S}\Delta S=\frac{\partial c}{\partial t}\Delta t+N(d_1)\Delta S \quad (20.10)$$

- 我们现在可以看到 delta 对冲没有显著改善我们的境况！
  —对冲误差在表达式(20.9)中为 $[1-N(d_1)]\Delta S$，在表达式(20.10)中为 $N(d_1)\Delta S$。
  —对于刚刚维持实值的期权，$N(d_1)\approx 0.6$。所以 delta 对冲组合的变动(表达式(20.9))和单纯的看涨期权组合(表达式(20.10))是很相近的，这是由于 $[1-N(d_1)]\approx 0.4$，$N(d_1)\approx 0.6$。

小结

- 为何 delta 对冲对于布莱克—斯科尔斯—默顿模型有效而对于这个例子却无效呢？由于在布莱克—斯科尔斯—默顿模型中，股票价格是随机的，它的风险在模型中定价了。进行希腊字母对冲是适当的。然而，在我们的例子中，股票价格是非随机的，所以它的风险没有在模型内定价。对于希腊字母对冲，如 delta 对冲，这个看涨期权模型显然无效。

现在让我们转向布莱克—斯科尔斯—默顿模型中的 vega 对冲。正如我们之前的例子，由于从布莱克—斯科尔斯—默顿模型得到的 vega 对冲没有包含波动率风险，因此波动率风险没有在模型中定价。由于布莱克—斯科尔斯—默顿模型的推导中，波动率为常数($\Delta\sigma=0$)，因此泰勒展开式是不相关的。在布莱克—斯科尔斯—默顿模型中，vega 测度了

当波动率经历一次变动之后永远为常数时布莱克—斯科尔斯—默顿模型价格的变化。这不是随机波动率的情况。因此，在这种情况下，vega 对冲是无意义的、无效的。正如我们的例子，vega 对冲的误差大小，可以通过放宽不变波动率假设观察期权定价模型得到。这称为**随机波动率期权定价模型**。拓展 20.2 解释了 vega 对冲的偏差，提供了随机波动率期权模型的简要介绍。

拓展 20.2 随机波动率期权定价模型

当使用布莱克—斯科尔斯—默顿模型公式时，这个拓展显示了 vega 对冲中的误差大小。为了看到这种偏差，我们考虑更一般的随机波动率期权定价模型，其中股票波动率为随机的。在这个更一般的模型中，由于波动率风险被定价，我们可以计算正确的 vega 值，并且将其与布莱克—斯科尔斯—默顿模型中的 vega 比较。两个 vega 之间的差异描述了使用布莱克—斯科尔斯—默顿模型 vega 值的误差。

对于随机波动率期权定价模型，我们需要改变第 19 章的不变波动率假设 A8。这通过保持与第 19 章中的表达式(19.2)相同的结构，但将波动率项从常数 σ 修正为一个新的随机表达式 $\sigma(t)$ 完成。股票价格演变通过下式给定：

$$\log S(t+\Delta t)=\log S(t)+\left[\mu-\frac{\sigma(t)^2}{2}\right]\Delta t+\sigma(t)\sqrt{\Delta t}z \tag{1}$$

其中，$S(t+\Delta t)$ 为股票在时点 $(t+\Delta t)$ 的价格，μ 为股票每年的期望收益率，z 是均值为 0、方差为 1 的标准正态随机变量，波动率的演变由下式给定：

$$\sigma(t+\Delta t)=\sigma(t)+\eta(t)\Delta t+\beta_1(t)\sqrt{\Delta t}z+\beta_2(t)\sqrt{\Delta t}w \tag{2}$$

其中 $\eta(t)$ 为波动率每年的期望变化，$\beta_1(t)$ 和 $\beta_2(t)$ 为波动率的波动率，w 是独立于 z 的另一个均值为 0、方差为 1 的标准正态随机变量。

在这个模型中，股票价格和股票波动率服从随机过程。可以证明敲定价格为 K、到期日为 T 的欧式看涨期权的价格为(见 Eisenberg and Jarrow, 1994)：

$$c(0)=\int_0^\infty BSM(\theta_0)\pi(\theta_0\mid\sigma_0)\mathrm{d}\theta_0 \tag{3}$$

其中，$\mathrm{BSM}(\theta_0)$ 为布莱克—斯科尔斯—默顿模型公式，

$$\theta_0=\int_0^T\sigma_s\mathrm{d}s$$

在 σ_0 条件上的 θ_0 的伪概率为：

$$\pi(\cdot\mid\sigma_0)$$

我们看到看涨期权的真实价格为布莱克—斯科尔斯—默顿模型值的加权平均数。因此正确的对冲比率为：

$$\frac{\partial c(0)}{\partial \sigma_0}=\int_0^{\infty}\left[\frac{\partial \mathrm{BSM}(\theta_0)}{\partial \theta_0}\frac{\partial \theta_0}{\partial \sigma_0}\pi(\theta_0 \mid \sigma_0)+\mathrm{BSM}(\theta_0)\frac{\partial(\pi(\theta_0 \mid \sigma_0))}{\partial \theta_0}\right]\mathrm{d}\theta_0 \tag{4}$$

显然，这与布莱克—斯科尔斯—默顿模型的 vega 值不同，后者在本拓展中表示为 $\partial \mathrm{BSM}(\sigma_0)/\partial \sigma_0$。这两个 vega 的不同证明了当波动率为随机时使用布莱克—斯科尔斯—默顿模型 vega 的误差。结果为当波动率为随机时使用布莱克—斯科尔斯—默顿模型 vega 对冲无效。

20.6 校准

在应用科学与工程的世界中，校准是设定与已知刻度工具相一致的工具测度问题。比如，距离单位“米”就是从 1889—1960 年按照存于法国国际计量局的“米尺”测量的。为了将第二根棒校准为一米，我们需要将它与米尺比较并且划分出相同的距离。

在衍生品定价中，**校准**是一种技术，通过将模型价格等于衍生证券的市场价格来估计衍生证券定价公式中的参数。在理解校准的使用与误用之前，尤其在布莱克—斯科尔斯—默顿模型中，我们需要重新定义对于经济模型的理解。有两种模型：理论上的模型与统计上的模型。①

20.6.1 理论模型与计量经济模型

- **理论模型**依赖于对经济结构和经济理论一系列的假定条件推导出一系列的输出结果（图 20.1 展示了这些模型的基本结构）。目的是理解原因与结果。比如，布莱克—斯科尔斯—默顿模型就是理论模型。我们讨论了这个模型的基础假设条件。它的参数，如在第 19 章中描述的那样，使用历史股票价格数据估计，输出变量是期权价值和希腊字母（delta 和 gamma）。这个模型的设计是为了理解输入变量（原因）对输出变量的影响（结果）。
- **统计模型**，或者，等同的计量经济学模型（这是因为我们的模型为经济内容）识别了历史数据的模式——相关关系——并预期未来也是这样。计量经济学模型使用统计技术为历史数据的形态做模型。回顾在一个世纪之前，伦敦交易员使用非常简单的统计模型来为期权定价。利用下述方法我们也可推导出类似的期权定价的统计模型。使用历史期权价格，基于敲定价格、到期时间、股票波动率和股票价格水平计算平均的看涨期权价格。使用这个条件平均看涨期权价格作为交易期权价值的估计。这个条件均值抓住了输入变量（敲定价格、到期日、波动率、股票价格）和输出变量（期权价值）的关系。之后，我们会讨论更加复杂的看涨期权定价统计模型，这个模型将会使用隐含波动率。

① 见查尔斯·R.尼尔森（Charles R.Nelson）《管理预测——应用时间序列分析》（Nelson，1973，pp.2—3）对于理论模型（在经济环境中拥有数学函数代表“因果关系”）和统计模型（计量模型）的讨论。

两种类型的模型都有利有弊。模型是为了在动态变化的经济中理解其结构演变。理论模型希望理解这些结构变化的因果关系。若模型设定正确，理论模型在结构变化前后都是有用的。理论模型的缺点是难以保证其设定正确。相反，统计模型更容易创建，但它们经常难以捕捉结构变化。结果是，当结构变化发生时，统计模型在重新估计之前都是有错误的。

当理论模型难以建立时，统计模型是不可缺少的（第 13 章风险最小化套期保值内容中我们讨论了一个例子）。有时，如同在本章稍后解释的那样，理论模型可以退化为统计模型。

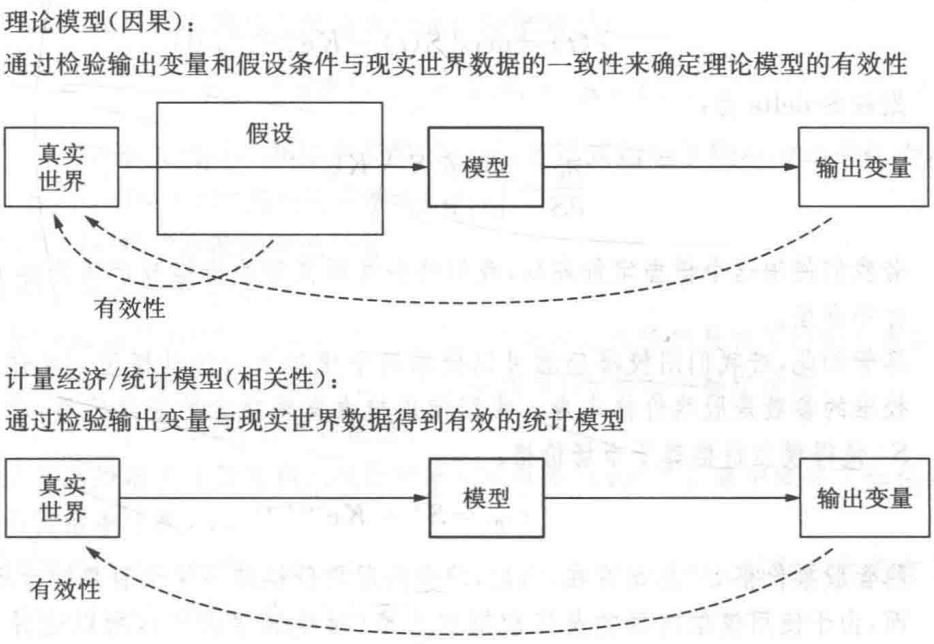


图 20.1 理论模型 Vs.计量经济模型

20.6.2 使用校准

关于衍生证券定价模型，校准有两种用途。这两种用途依赖于当使用历史数据检验时模型被接受还是被拒绝。

衍生证券定价模型被接受。若衍生证券定价模型被接受（即与历史数据一致），校准可以作为快速估计模型参数的方法。在这种情况下，不管它们是使用历史数据还是校准模型，估计的模型参数都是一致的。然而，这不是校准模型使用的最普遍的情况。更为普遍的情况是衍生证券定价模型被历史数据拒绝。

衍生证券定价模型被拒绝。若衍生证券定价模型被拒绝（即与历史数据不一致），校准的使用使得模型得到的价格与市场价格一致。在这种情况下，校准被用来修正或者克服衍生证券定价模型中的定价误差。校准的过程是将理论模型转化为计量经济模型。计量经济模型提供了衍生证券价格的非线性估计。非线性估计结果来自衍生证券定价公式的逆向使用。

除了校准产生的用公式表示的统计模型与市场价格吻合，衍生证券定价模型没有其他用途。[①]在这种情况下，校准模型应该只使用于衍生证券定价。理论模型被拒绝后，再也不能用来进行 delta 和 gamma 对冲。当讨论隐含波动率时，我们会回到这个问题，但在此之前，我们提供了一个简单的例子来加以解释。

【例 20.5】 校准和对冲误差

为了解释当基础模型被数据拒绝之后，校准的衍生证券定价模型不能用来进行对冲，我们回到例 20.4，股票价格 $S(t)$ 为非随机的，以无风险利率 r 增长。使用股票价格的历史数据，这个模型很容易就被拒绝了。

- 之前在上述假设之下，敲定价格为 K、到期日为 T 的欧式看涨期权价值为：

$$c(t)=\max[S(t)-K\mathrm{e}^{-r(T-t)},\ 0] \tag{20.11}$$

期权的 delta 为：

$$\frac{\partial c}{\partial S}=\begin{cases}1, \text{若 } S-K\mathrm{e}^{-r(T-t)}>0\\ 0, \text{其他}\end{cases} \tag{20.12}$$

若我们使用这个模型定价期权，我们将会发现模型的价格与市场价格不匹配。这并不奇怪。

- 尽管如此，若我们用校准仍然可以使用这个模型作为统计模型。在这种情况下，校准的参数是股票价格本身。我们使用校准发现隐含的股票价格，即，股票价格 S^* 使得模型价格等于市场价格：

$$c_{Mkt}=S^*-K\mathrm{e}^{-r(T-t)}$$

隐含股票价格 S^* 总是存在，当然，隐含的股票价格并不等于股票的市场价格。然而，由于使用模型的目的是匹配期权价格（而非股票价格），所以这并不是问题。注意隐含股票价格与布莱克—斯科尔斯—默顿模型中隐含波动率的比较，后者保持波动率不变。

- 有趣的是，我们可以使用含隐含股票价格的统计模型为不同敲定价格和到期日的期权定价，而且这个模型非常适合。这是校准统计模型的一个有效应用。
- **应用含隐含股票价格的统计模型对期权进行对冲是不正确的。**由于期权的 delta 值为 0 或 1，如之前提到的一样，这是非常不好的对冲。

20.6.3 隐含波动率

基于布莱克—斯科尔斯—默顿模型计算隐含波动率是校准衍生证券定价模型的主要例子。因此，我们可以将之前关于校准模型的讨论应用于这种情况。在那之前，我们回忆一下布莱克—斯科尔斯—默顿模型隐含波动率的定义。

① 纽约大学的托马斯·J.萨金特（Thomas J.Sargent）在宏观经济模型中讨论了相同的问题；见《宏观经济学动态》第九版（*Macroeconomic Dynamics* 9，2005）；《乔治·W.伊万（George W.Evans）和赛波·洪卡（Seppo Honkapohja）对托马斯 J.萨金特的采访》。

考虑基于股票的欧式看涨期权，敲定价格为 K，到期日为 T，连续复利无风险利率为 r，股票收益波动率为 σ。将第 19 章的布莱克—斯科尔斯—默顿模型表示为 $\text{BSM}(t, S, \sigma, r, K, T)$。隐含波动率为 σ_{IV}，使得模型的看涨期权价格拟合市场价格；即，选择 σ_{IV} 使得以下的等式成立：

$$\text{BSM}(t, S, \sigma_{\text{IV}}, r, K, T) = c_{\text{Mkt}} \tag{20.13}$$

因此，对于隐含波动率，我们可以使用 (t, S, r, K, T) 和 c_{Mkt} 作为输入因素，通过解上述等式得到 σ_{IV}。技术上来看，由于布莱克—斯科尔斯—默顿模型公式是波动率的递增函数，所以总是存在一个解。由于等式没有明确的解析解，可以使用数值逼近的方法来解出隐含波动率 σ_{IV}。我们可以将隐含波动率写成更抽象的形式：

$$\sigma_{\text{IV}} = \text{BSM}^{-1}(c_{\text{Mkt}} : t, S, r, K, T) \tag{20.14}$$

其中，$\text{BSM}^{-1}(\cdot)$ 表示反函数。如结果表明的一样，表达式给定了期权波动率作为输入因素 $(c_{\text{Mkt}}, t, S, r, K, T)$ 的函数的非线性估计。

接下来，我们解释隐含波动率的计算。

【例 20.6】 计算隐含波动率

- 表 20.4 给出了 IBM 在 2011 年 2 月 3 日的期权收盘价以及相关的输入数据：
  - —第一列给出了以 \$5 为间隔的从 \$155 到 \$175 的 6 个敲定价格。
  - —第二列给出了 IBM 股票收盘价。
  - —第三列给出了连续复利无风险利率 r = 每年 0.10（第 2 章中阐述了如何从国库券价格中计算 r）。
  - —第四列给出了到期时间。由于期权在 2 月 19 日到期，在到期日之前有 16 天。因此，$T = 16/365 = 0.043\,8$ 年。
  - —第五列给出了市场上的看涨期权价格。我们假定期权是欧式的。
  - —第六列给出了隐含波动率。第六列中的隐含波动率是在 Excel 中得到的：首先猜测一个隐含波动率的值，使用这个值和其他输入因素确定 c_{BSM}，然后使用 Excel 中的“单变量求解”命令解出使得差异 $(c_{\text{Mkt}} - c_{\text{BSM}})$ 为 0 的隐含波动率值。①

表 20.4 隐含波动率

K	S	r	T	c_{Mkt}	隐含波动率
150	163.53	0.001	0.043 8	13.575	0.194 4
155	163.53	0.001	0.043 8	8.6	0.140 9
160	163.53	0.001	0.043 8	4.0	0.123 5
165	163.53	0.001	0.043 8	1.08	0.124 9
170	163.53	0.001	0.043 8	0.17	0.132 5
175	163.53	0.001	0.043 8	0.055	0.165 4

① 你可以通过以下方法得到隐含波动率：(1)试错，(2)通过上述大致的电子表格程序（细节见本章最后的问题 20）。

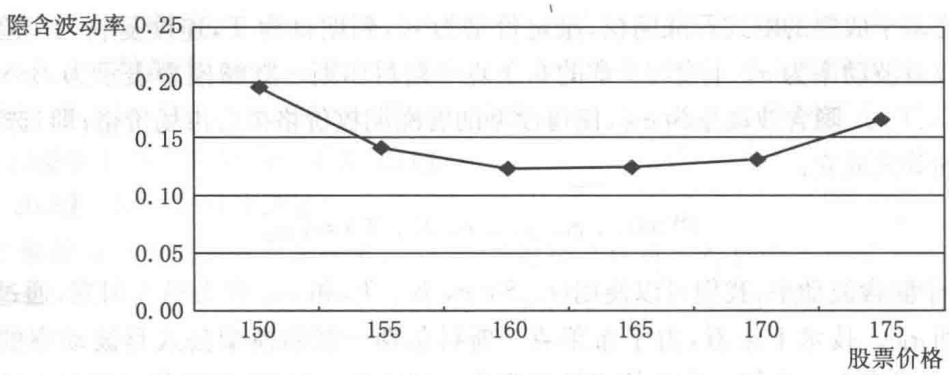


图 20.2　隐含波动率曲线

- 图 20.2 在横轴画出了敲定价格(第一列),纵轴画出了相对于敲定价格的隐含波动率。这给出了称为**"波动率微笑曲线"**的图形。
- 在计算隐含波动率时,若布莱克—斯科尔斯—默顿模型与数据一致,那么对于所有的敲定价格,我们可以得到相同的价值。图形将是水平线。隐含波动率不相等,因此布莱克—斯科尔斯—默顿模型被例子中的数据拒绝了。

为了理解含隐含波动率的校准布莱克—斯科尔斯—默顿模型的恰当使用,我们首先需要看布莱克—斯科尔斯—默顿模型被历史数据拒绝还是接受。不幸的是,大家都知道布莱克—斯科尔斯—默顿模型被历史数据拒绝。这个拒绝最直接的证据就是计算隐含波动率的研究(正如之前的例子)。在计算隐含波动率时,若布莱克—斯科尔斯—默顿模型是正确的,对于所有的输入因素(t, S, K, r, T)来说,我们可以得到相同的波动率值,并且等于历史波动率。

遗憾的是,当从股票期权估计隐含波动率时,证据显示:(1)对于不同的敲定价格和到期日,隐含波动率不同(图形是"微笑"或者"嘲笑";见图 20.2 典型的图形);(2)对于不同的时间、股票价格和利率,隐含波动率不同;(3)隐含波动率不等于历史波动率(见 Bakshi et al., 1997; Pan, 2002)。这个证据强烈拒绝布莱克—斯科尔斯—默顿模型的有效性。

给定布莱克—斯科尔斯—默顿模型被拒绝,仍然可以使用校准的布莱克—斯科尔斯—默顿模型作为估计期权价格的非线性统计模型。这是典型的行业惯例。一个普遍的程序是使用一系列的可得期权估计隐含波动率,然后使用得到的隐含波动率为剩下的期权和之后的期权定价。这是布莱克—斯科尔斯—默顿模型完美有效的使用。

然而,由于布莱克—斯科尔斯—默顿模型被历史数据拒绝了,使用校准的布莱克—斯科尔斯—默顿模型进行 delta 和 gamma 对冲是不正确的。这是布莱克—斯科尔斯—默顿模型经常被误用的地方。理论模型的对冲含义不再有效。为了对这种情况进行对冲,我们需要使用另外一个替代的更复杂的理论模型或者纯粹的统计模型(像在第 13 章中对期货价格所做的一样)。与普遍看法相反,vega 对冲不再有效,有两个原因:第一,由于在原始的布莱克—斯科尔斯—默顿模型(波动率风险没有反映在布莱克—斯科尔斯—默顿模型定价中)中 vega 保持不变,进行 vega 对冲是错误的;第二,布莱克—斯科尔斯—默顿模型被历史数据拒绝,因此它的偏微分——希腊字母——是不相关的。证明源于布莱克—斯科尔斯—默顿模型的 delta、gamma 和 vega 对冲为无效的研究,参见恩格尔和罗森伯格(Engel and Rosenberg, 2000)。

拓展 20.3 VIX:“恐怖”指数

若你认为隐含波动率是“恐怖”的,那你常常能够发现更恐怖的事情——称为“恐怖”指数的 VIX。芝加哥期权交易所在 1993 年引入了 VIX“来测度市场上标准普尔指数(S&P100 指数)(OEX)平价期权价格 30 天的隐含波动率期望值”。[①]2003 年,修正 VIX 指数以代表期望波动率而非隐含波动率。今天,VIX 指数发展成为股票市场波动率的晴雨表,反映投资者的焦虑程度。在金融危机期间,VIX 指数增长(见图 20.3)。今天,交易各种各样的 VIX 衍生品,为投资者和金融机构提供了对股票市场波动进行套期保值和投机的方法。

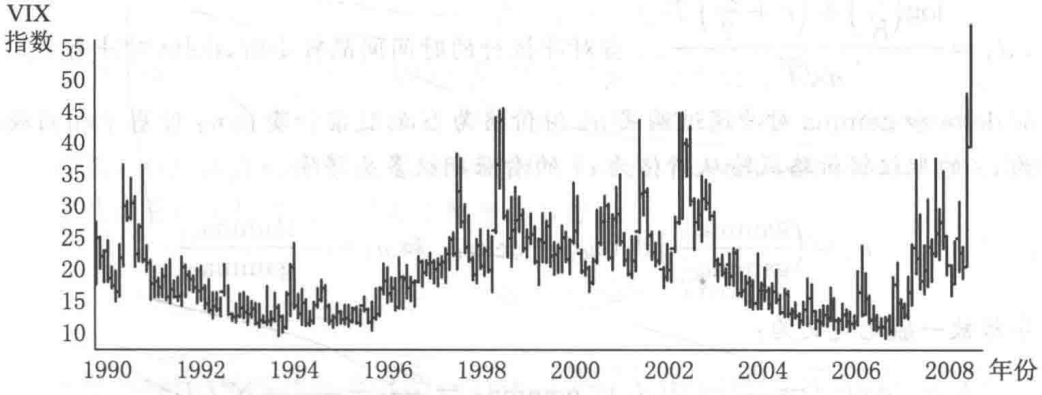


图 20.3 随时间变动的 VIX 指数(%)

20.7 布莱克—斯科尔斯—默顿模型:附言

正如之前展示的一样,当布莱克—斯科尔斯—默顿模型被历史数据拒绝之后,尽管修正的布莱克—斯科尔斯—默顿模型对于期权定价仍然是有用的,但是对于对冲却无用。修正的布莱克—斯科尔斯—默顿模型是一个统计模型,其中的隐含波动率估计包含了模型误差。然而,这些模型误差,使得它在对冲的使用上无效。我们可以做什么去克服布莱克—斯科尔斯—默顿模型的对冲限制呢?

有两种方法。第一,类似于第 13 章使用的期货定价,我们可以建立一个有关期权价格变化和股票价格变化的统计模型。这个统计模型将会继承这类模型在预期未来上的优点和不足。第二,可以建立更好的模型来捕捉!更好的捕捉模型将使得假设一般化从而使得期权不再被历史数据拒绝。

这些拓展的大纲如下。拓展 20.2 讨论将布莱克—斯科尔斯—默顿模型拓展到包含波动性风险。本书第 21—25 章讨论如何在期权定价模型中包含利率风险。第 19 章中已经讨论了资产价格泡沫及其对期权定价的影响。最后,第 26 章将会讨论期权定价模型中的

① 参见《芝加哥期权交易所波动率指数——VIX》(www.cboe.com/micro/vix/vixwhite.pdf),第 2 页。

信用风险和流动性风险。交易成本和交易限制也很值得研究，但是我们将这个讨论留到更高级的教科书和更专业的文献中。

本章小结

1. 期权模型和期权的 delta 早在 20 世纪初就被应用于交易期权。1973 年，布莱克—斯科尔斯—默顿模型问世，从此改变了金融市场。

2. delta 对冲通过卖空 $\text{delta}_C \equiv \frac{\partial c}{\partial S} = N(d_1)$ 份股票来消除看涨期权多头的价格风险，其中，$d_1 = \frac{\log\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$。当对冲执行的时间间隔较小时，delta 对冲有效。

3. delta 和 gamma 对冲通过购买 n_1 份价格为 S 的股票和卖出 n_2 份基于相同股票且价格为 c_2 的期权将价格风险从价格为 c_1 的看涨期权多头移除。

$$n_1 = \left(\frac{\text{gamma}_{C_1}}{\text{gamma}_{C_2}}\right)\text{delta}_{C_2} - \text{delta}_{C_1} \text{ 和 } n_2 = -\frac{\text{gamma}_{C_1}}{\text{gamma}_{C_2}}$$

希腊字母被一般地定义为：

$$\text{delta}_C \equiv \frac{\partial c}{\partial S} = N(d_1),\ \text{gamma}_C \equiv \frac{\partial^2 c}{\partial S^2} = \frac{1}{S\sigma\sqrt{T}}N'(d_1)$$

其中，$N(\cdot)$为累积标准正态分布函数，$N'(\cdot)$为标准正态密度函数。当对冲间隔不够小时，可以设计 delta 和 gamma 对冲来克服套期保值误差。

4. vaga 对冲是一个荒谬的过程，因为依据的期权定价公式——布莱克—斯科尔斯—默顿模型，假定波动率为常数。因此，波动率风险没有包含在布莱克—斯科尔斯—默顿模型公式中，所以公式对股票波动率变化的敏感性 vega，没有捕捉期权价格的波动率风险。

5. 校准是经常被误用的估计程序。在布莱克—斯科尔斯—默顿模型公式的内容中，隐含波动率的估计是使用校准的一个例子。由于布莱克—斯科尔斯—默顿模型被历史数据拒绝了，使用校准的布莱克—斯科尔斯—默顿模型将理论布莱克—斯科尔斯—默顿模型转化为统计模型。可以使用统计模型估计期权价格，但是使用校准的布莱克—斯科尔斯—默顿模型为期权进行 delta(和/或 gamma)对冲是无效的。

附录

1. Delta、Gamma 和 Vega 对冲的数学运算

使用希腊字母对冲基于泰勒展开式。泰勒展开式是在特定点上计算包含衍生证券项的和的函数。对于有两个变量 x 和 y 的函数 f，在点(a, b)处的泰勒级数可以写为(其中

$[x-a]$ 为 Δx，$[y-b]$ 为 Δy，$f[x,y]-f[a,b]$ 为 Δf；见附录 A）

$$\Delta f=\frac{\partial f}{\partial x}\Delta x+\frac{\partial f}{\partial y}\Delta y+\frac{1}{2}\left[\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}\Delta x^2+\frac{\partial^2 f}{\partial y^2}\Delta y^2+2\frac{\partial^2 f}{\partial x\partial y}\Delta x\Delta y\right]+\text{error}$$

其中当 Δx 和 Δy 很小时，展开式的高阶项被认为是不显著的“错误项”。

delta 对冲：假定交易足够快使得无穷小的时间变量 dt 接近于实践中考虑的小的时间变化 Δt，即 $dt\approx\Delta t$。布莱克—斯科尔斯—默顿模型理论显示 delta 对冲使得期权抵消了所有的股票价格风险。现在我们解释这是如何发生的。

- 期权和股票组合。考虑一个包含 t 时点价格为 $c(t)$ 的欧式看涨期权的组合。我们想交易价值为 $S(t)$ 的 n 份股票抵消这份期权的股票价格风险。组合在 t 时点的价值为 $V(t)$。用符号表示，组合在很短的时间间隔 $[t,\ t+\Delta t]$ 价值的变化为：

$$\Delta V=\Delta c+n\Delta S \tag{1}$$

其中，$\Delta V\equiv V(t+\Delta t)-V(t)$，其他项以类似方式进行定义。

- delta 对冲的泰勒展开式。由于布莱克—斯科尔斯—默顿模型看涨期权的价格是时点 t 和股票价格 $S(t)$ 的函数（其他项，如波动率、利率和敲定价格，为不变参数，不是变量），我们可以使用泰勒展开式写为：

$$\Delta c=\frac{\partial c}{\partial t}\Delta t+\frac{\partial c}{\partial S}\Delta S+\text{error} \tag{2}$$

其中，当时间间隔接近于 0（$\Delta t\to 0$）时，$\left(\frac{\text{error}}{\Delta t}\right)$ 变成 0。最后的观察值显示对于时间的微小变化，即 Δt，误差项很小且可以忽略。忽略这些项之后，将表达式(2)替代到表达式(1)中给出了我们组合的价值变化：

$$\Delta V=\frac{\partial c}{\partial t}\Delta t+\frac{\partial c}{\partial S}\Delta S+n\Delta S \tag{3}$$

- 确定对冲比率，建立 delta 中性组合。为了使得组合对于股票价格的微小变化无风险，选择 n 使得包含 ΔS 的项消失。这是表达式(3)中唯一的随机项。这是通过以下设定得到的：

$$\frac{\partial c}{\partial S}\Delta S+n\Delta S=0 \tag{4}$$

解 n 得到：

$$n=-\frac{\partial c}{\partial S}=-N(d_1)\equiv-\text{delta}_C \tag{5}$$

持有的股票数量与期权头寸的符号相反。由于以一个看涨期权多头开始，我们需要看空 $\text{delta}_C\equiv N(d_1)$ 份标的股票进行对冲。

- delta 是期权定价的圣杯。对冲比率 n 代表了为每一份看涨期权建立无风险组合的股票数量。由于无风险，这个组合相当于货币市场账户。基于此，将 n 代入表达式(3)得到：

$$\Delta V=\frac{\partial c}{\partial t}\Delta t \tag{6}$$

组合价值的变化为$\frac{\partial c}{\partial t}$(等于看涨期权的 theta;见表 19.1)乘以时间间隔 Δt。这一项是非随机的,因此具有零方差。为了避免套利,这个组合必须赚无风险利率。这个观察值(与这种方法的拓展一起,在下一节的 gamma 对冲内容中描述)带来布莱克—斯科尔斯—默顿模型的替代推导方法。我们之前建立的组合 V 被称为 delta 中性。

注意 delta 对冲包含一阶导数。对于非常小的时间段,股票价格也不会变动太多,这种近似值的方法非常有效。

gamma 对冲:当时间间隔比我们之前考虑的更长时,如一天或者一周(换句话说,对冲间隔 Δt 显然比模型中考虑的无穷小的时间段 dt 更长),我们怎么将期权的价格风险移除?我们可以通过对 delta 对冲增加 gamma 对冲来达到此目的。

- delta 和 gamma 对冲的泰勒展开式。假设我们持有欧式看涨期权多头,我们想在时间 $[t, t+\Delta t]$ 上从组合中转移股票价格风险。正如之前,我们以看涨期权价值的泰勒展开式开始,但是这次,我们包含二次项

$$\Delta c=\frac{\partial c}{\partial t}\Delta t+\frac{\partial c}{\partial S}\Delta S+\frac{1}{2}\frac{\partial^2 c}{\partial S^2}(\Delta S)^2+\text{error} \tag{7}$$

其中当 $\Delta t\to 0$ 时,$\left(\frac{\text{error}}{\Delta t}\right)$ 趋近于 0。在计算中,由于误差项很小所以我们忽略它。

- 在组合中增加股票和另外一份期权。注意到在看涨期权的价格波动中有两种风险——一种来自股票价格的变动,另一种来自股票价格平方的变动。为了对这两种风险进行对冲,我们需要两种证券。我们可以将标的股票看作一种证券,将基于相同股票的另一种期权作为另一种证券。在 t 时点,我们创建了组合 $V(T)$:包含一份价格为 c_1 的看涨期权多头和 n_1 份价格为 $S(t)$ 的股票以及 n_2 份价格为 c_2 的第二种期权。即:

$$V(t)=c_1+n_1S+n_2c_2 \tag{8a}$$

- 建立 delta 和 gamma 中性组合。为了确定组合的构成,我们将其在时间段 $[t, t+\Delta t]$ 上的价值变动写为:

$$\Delta V(t)=\Delta c_1+n_1\Delta S+n_2\Delta c_2 \tag{8b}$$

—将表达式(7)代入式(8b),则两个看涨期权价值的变动为:

$$\Delta V=\frac{\partial c_1}{\partial t}\Delta t+\frac{\partial c_1}{\partial S}\Delta S+\frac{1}{2}\frac{\partial^2 c_1}{\partial S^2}(\Delta S)^2+n_1\Delta S+n_2\frac{\partial c_2}{\partial t}\Delta t$$
$$+n_2\frac{\partial c_2}{\partial S}\Delta S+n_2\frac{1}{2}\frac{\partial^2 c_2}{\partial S^2}(\Delta S)^2 \tag{9}$$

—为了使得组合零风险,我们想选择 n_1 和 n_2 使得包含 ΔS 和 $(\Delta S)^2$ 的项的系数

消失。这给定了两个未知数的等式：

$$\frac{\partial c_1}{\partial S}+n_1+n_2\frac{\partial c_2}{\partial S}=0 \tag{10a}$$

$$\frac{\partial^2 c_1}{\partial S^2}+n_2\frac{\partial^2 c_2}{\partial S^2}=0 \tag{10b}$$

注意到，表达式(10a)包含希腊字母 delta，第二个表达式(10b)包含希腊字母 gamma(见表 19.1)。

—将表达式(10b)中的项重新排列得到：

$$n_2=-\left(\frac{\partial^2 c_1}{\partial S^2}\right)\Big/\left(\frac{\partial^2 c_2}{\partial S^2}\right) \tag{11a}$$

负号意味着我们需要卖空 n_2 份期权。或者，你可以将 n_2 写成 $-\text{gamma}_{C_1}/\text{gamma}_{C_2}$。

—将这个值代入表达式(10a)并且重新排列这些项得到：

$$n_1=\left[\frac{\left(\frac{\partial^2 c_1}{\partial S^2}\right)}{\left(\frac{\partial^2 c_2}{\partial S^2}\right)}\right]\frac{\partial c_2}{\partial S}-\frac{\partial c_1}{\partial S} \tag{11b}$$

这也可以写为 $\left(\frac{\text{gamma}_{C_1}}{\text{gamma}_{C_2}}\right)\text{delta}_{C_2}-\text{delta}_{C_1}$。这个对冲包含着：若之前的表达式为正则买入 n_1 份股票，若之前的表达式为负则卖空 n_1 份股票。

—将这些替代进组合，显示结果的组合是无风险的：

$$\Delta V=\frac{\partial c_1}{\partial t}\Delta t-\left[\frac{\left(\frac{\partial^2 c_1}{\partial S^2}\right)}{\left(\frac{\partial^2 c_2}{\partial S^2}\right)}\right]\frac{\partial c_2}{\partial t}\Delta t \tag{12}$$

这个包含非随机项的组合，称为 delta 和 gamma 中性。

vega 对冲：就像本文中讨论的一样，vega 对冲是“坏的和丑陋的”，并且不应该使用。为了检验为何这是无效的程序，让我们跟随为 delta 和 gamma 对冲使用过的逻辑开始。

- delta 和 vega 对冲的泰勒展开式。我们以基于股票价格、时间和波动率的布莱克—斯科尔斯—默顿模型公式开始，写为 $c[S(t),t,\sigma]$。

在时间 $[t,t+\Delta t]$ 上进行 delta 和 vega 对冲，我们像之前一样使用泰勒展开式：

$$\Delta c=\frac{\partial c}{\partial t}\Delta t+\frac{\partial c}{\partial S}\Delta S+\frac{\partial c}{\partial \sigma}\Delta\sigma+\text{error} \tag{13}$$

其中当 $\Delta t\to 0$ 时，$\left(\frac{\text{error}}{\Delta t}\right)$ 接近于 0。由于误差项很小，我们在接下来的计算中忽视它。

- 为组合增加股票和另一份期权。看涨期权价格波动中有两种风险：一种是股票价格变动的风险，另一种是股票波动率变动的风险。像之前一样，我们使用标的股

票和基于同种股票的第二种期权进行套期保值。这给定了在 t 时点的组合价值为：

$$V(t)=c_1+n_1S+n_2c_2 \tag{14}$$

- 建立 delta 和 vega 中性组合。我们将组合在时间段 $[t, t+\Delta t]$ 的价值变化写为：

$$\Delta V(t)=\Delta c_1+n_1\Delta S+n_2\,\Delta c_2 \tag{15}$$

替代看涨期权的价值，给出了类似于表达式(9)的式子：

$$\Delta V=\frac{\partial c_1}{\partial t}\Delta t+\frac{\partial c_1}{\partial S}\Delta S+\frac{\partial c_1}{\partial \sigma}\Delta\sigma+n_1\Delta S+n_2\frac{\partial c_2}{\partial t}\Delta t+n_2\frac{\partial c_2}{\partial S}\Delta S+n_2\frac{\partial c_2}{\partial \sigma}\Delta\sigma \tag{16}$$

—为了使得组合零风险，我们选择 n_1 和 n_2 使得包含 ΔS 和 $\Delta\sigma$ 的项消失。这可以通过以下等式完成：

$$\frac{\partial c_1}{\partial S}+n_1+n_2\frac{\partial c_2}{\partial S}=0 \tag{17a}$$

$$\frac{\partial c_1}{\partial \sigma}+n_2\frac{\partial c_2}{\partial \sigma}=0 \tag{17b}$$

—对表达式(17b)移项得到：

$$n_2=-\left(\frac{\partial c_1}{\partial \sigma}\right)\Big/\left(\frac{\partial c_2}{\partial \sigma}\right) \tag{18a}$$

负号意味着我们需要卖空 $\text{vega}_{C_1}/\text{vega}_{C_2}$ 份期权。

—将这个值代入表达式(17a)，并且移项得到：

$$n_1=\left[\frac{\left(\frac{\partial c_1}{\partial \sigma}\right)}{\left(\frac{\partial c_2}{\partial \sigma}\right)}\right]\frac{\partial c_2}{\partial S}-\frac{\partial c_1}{\partial S} \tag{18b}$$

- 然而，在使用上有一个概念上的问题。在推导布莱克—斯科尔斯—默顿模型的过程中，我们保持参数 σ 不变，但现在我们想改变它。由于波动率变动的风险没有反映在期权价值中，这是荒谬的。结果，vega 对冲是无效的程序，不应该被使用。

2. 布莱克—斯科尔斯—默顿模型公式的第 3 种推导

1973 年为欧式期权定价的布莱克—斯科尔斯—默顿模型公式的原始推导是通过偏微分方程的解得到的。它源自用于 delta 和 gamma 对冲的泰勒展开式，不过有很小的变化。当然，这个方法需要第 19 章中提到的基本假设。

假设欧式看涨期权的价值只依赖于股票价格和时间，即 $c(t)=c[t, S(t)]$。接下来，我们可以通过看多一份股票和看空一份期权来建立“对冲组合”。使得看空股票的份数为 $\partial c/\partial S$，组合的价值为：

$$V=c-\frac{\partial c}{\partial S}\Delta S \tag{19}$$

- 假设在很小的时间段 $[t, t+\Delta t]$ 股票价格的变化为 $\Delta S \equiv S(t+\Delta t)-S(t)$，看涨期权的价格变化为 Δc。我们组合的价值变化为：

$$\Delta V = \Delta c - \frac{\partial c}{\partial S}\Delta S \tag{20}$$

- 伊藤引理和随机计算的使用。我们可以使用随机计算来表示组合价值变化的表达式：

—若期权价值连续变化，伊藤引理表明：

$$\Delta c = \frac{\partial c}{\partial t}\Delta t + \frac{\partial c}{\partial S}\Delta S + \frac{1}{2}\frac{\partial^2 c}{\partial S^2}(S)^2 \tag{21}$$

这类似于等式(7)。

—表达式(18)可以通过使用随机计算的另一个结果进一步简化，使得我们可以将股票价格变化的平方写为 $(\Delta S)^2 = \sigma^2 S^2 \Delta t$。这就是之前提到的“一个小小的变化”。替代进表达式(21)并且将它用于表达式(20)得到：

$$\Delta V = \frac{\partial c}{\partial t}\Delta t + \frac{\partial c}{\partial S}\Delta S + \frac{1}{2}\frac{\partial^2 c}{\partial S^2}\sigma^2 S^2 \Delta t - \frac{\partial c}{\partial S}\Delta S = \frac{\partial c}{\partial t}\Delta t + \frac{1}{2}\frac{\partial^2 c}{\partial S^2}\sigma^2 S^2 \Delta t \tag{22}$$

- 无风险对冲。由于表达式(22)中右边的所有项都是确定的，所以没有套利的必要，对冲组合 V 必须在时间段 Δt 赚取无风险利率，即 $rV\Delta t$。两边都替代和取消 Δt 得到：

$$rV = \frac{\partial c}{\partial t} + \frac{1}{2}\frac{\partial^2 c}{\partial S^2}\sigma^2 S^2 \tag{23}$$

- 布莱克—斯科尔斯—默顿模型偏微分方程。将表达式(19)替代进表达式(23)并移项，得到著名的布莱克—斯科尔斯—默顿模型偏微分方程：

$$\frac{\partial c}{\partial t} = rc - rS\frac{\partial c}{\partial S} - \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 c}{\partial S^2} \tag{24}$$

- 推导布莱克—斯科尔斯—默顿模型公式。使用看涨期权的边界条件 $c(T) = \max[S(T)-K, 0]$，偏微分方程的结果是布莱克—斯科尔斯—默顿模型公式。

案例分析

J&L 铁路(达顿商学院案例 UV0251-PDF-ENG，哈佛商业出版社)和**J&L 铁路：董事会议**(达顿商学院案例 UV2566-PDF-ENG，哈佛商业出版社)。第一个案例研究了铁路公司对下一年期望的石油需求进行对冲的决定。第二个案例，可以与第一个案例结合在一起，更加详细地考虑这些问题。

松树街资本(哈佛商学院案例 201071-PDF-ENG)。该案例考察了技术对冲基金设法

决定是否和/或者如何通过卖空和交易期权规避股票市场风险的相关问题。

洛杉矶不眠夜(毅伟商学院基金会案例 905N11-PDF-ENG,哈佛商业评论刊载)。该案例讨论了布莱克—斯科尔斯—默顿期权定价模型、隐含波动率的概念和看涨—看跌期权平价。它也阐述了一家公司如何在财务困境中使用期权为公司债务估值。

习题和思考题

1. a. 19 世纪的伦敦期权交易员如何进行出售期权?

b. 如何与同时期纽约城的期权出售商相比?

c. 针对 19 世纪伦敦期权市场繁荣而纽约滞后的现象,请给出三个原因。

2. a. 为什么 20 世纪的美国政策制定者反对期权交易?

b. 布莱克—斯科尔斯—默顿模型在改变政策制定者观点的过程中扮演什么角色?

后面的 5 个问题使用的是以下定价欧式期权的信息。

S汽车公司股票价格 S 为 \$59,敲定价格 K 为 \$60,到期日 T 为 44 天,隐含波动率 σ 为每年 30%,无风险利率 r 为每年 3.3%。

3. a. 给定上述数据,使用布莱克—斯科尔斯—默顿模型计算看涨期权的 delta。

b. 给定上述数据,使用布莱克—斯科尔斯—默顿模型计算看跌期权的 delta。

4. a. 描述一下如何基于问题 3 的计算为看涨期权多头建立 delta 对冲。

b. 若股票价格在下一个交易日变为 \$60,delta 对冲误差是多少?假定布莱克—斯科尔斯—默顿模型准确地描述了看涨期权价值的变动。

5. a. 描述一下基于问题 3 的计算如何为看跌期权空头建立 delta 对冲。

b. 若股票价格在下一个交易日变为 \$60,delta 对冲误差是多少?假设布莱克—斯科尔斯—默顿模型准确地描述了看涨期权价值的变动。

6. a. 给定问题 3 中的数据,基于布莱克—斯科尔斯—默顿模型计算看涨期权的 gamma。

b. 给定问题 3 中的数据,基于布莱克—斯科尔斯—默顿模型计算看跌期权的 gamma。

7. a. 考虑一个包含 50 份股票、10 份看涨期权多头和 30 份看跌期权空头的组合。组合的 delta 值是多少?(使用问题 3 的 delta 值。)

8. a. 什么是 vega 对冲?

b. 针对曾经流行一时的实践,请描述几个概念上的问题。

9. 若你想对看涨期权的波动性风险进行对冲,你应该怎样做?

10. 关于布莱克—斯科尔斯—默顿模型的校准是什么意思?解释如何正确地使用校准。什么时候校准被不正确地使用?

11. 简单地描述我们介绍的两种模型,强调一下它们的优势和劣势。

12. 在为衍生证券定价建立理论模型时,若理论模型被历史数据拒绝了,可以继续使用这个模型为衍生证券定价吗?请以使用布莱克—斯科尔斯—默顿模型为例来解释你的回答。

13. 使用以下信息回答后面的问题:

—第一列给出了 6 个以 $5 为间隔从 $155 到 $175 的敲定价格。
—第二列给出的是 YBM $160 的收盘价。
—第三列是无风险利率为 r = 每年 10%。
—第四列是到期日为 20 天(20/265 = 0.054 795 年)。
—第五列给出了市场上欧式看涨期权的价格。
—第六列给出了你需要计算的隐含波动率。

隐含波动率

K	c_{Mkt}	隐含波动率
150	13.00	
155	8.00	
160	3.75	
165	1.00	
170	0.20	
175	0.05	

对于布莱克—斯科尔斯—默顿模型的有效性,请评述一下这意味着什么?

14. a. 当使用历史价格时,布莱克—斯科尔斯—默顿模型是被数据拒绝还是接受?

b. 若模型被接受,则请解释一下原因。若模型被拒绝,则请给出一种被拒绝的原因。

15. 若历史数据拒绝了布莱克—斯科尔斯—默顿模型,那么,

a. 这个模型还能用于为期权定价吗? 请解释。

b. 这个模型还能用于为期权进行对冲吗? 请解释。

16. 就布莱克—斯科尔斯—默顿模型而言,什么是波动率微笑曲线?

17. a. 什么叫 delta 对冲? 若布莱克—斯科尔斯—默顿模型是正确的,那么,你需要 delta 对冲吗?

b. 什么是 gamma 对冲? 在什么条件下,你使用了 delta 对冲之后仍然需要使用 gamma 对冲?

18. 在使用布莱克—斯科尔斯—默顿模型对冲时,我们使用了"好的、坏的和丑陋的"这些描述。指出"好的"与"坏的和丑陋的",请解释为何这些描述是正确的或者是不合适的。

19. 如果给定支持股票波动率为随机的证据,并且给定布莱克—斯科尔斯—默顿模型被数据拒绝的证据,那么,我们怎样对期权进行对冲?

20. (微软 Excel 计划)我们感谢印第安纳大学伯明顿分校的克雷格·W.霍顿(Craig W.Holden)教授,在他的网站(www.kelly.iu.edu/cholden)中提供了相似的问题(无版权的)。他的网址(www.excelmodeling.com)有几本书讲授的是如何在 Excel 的帮助下亲自实践实用金融。

概述(overview)

这个安排的目的是向你介绍为期权定价的科学。这个计划包含两个部分:

- 使用嵌入式表格函数,如累积正态分布,为欧式看涨和看跌期权计算价值和画图。
- 使用《华尔街日报》的实际期权数据,你也可以使用解算器模块计算隐含波动率,

并为隐含波动率画出“微笑”曲线。

数据(来自 2000 年 3 月 3 日的《华尔街日报》)

标准普尔 500 指数(符号为 SPX)的收盘价为 1 381.76。由于期权到期日为到期月的第三个周五(3 月合约为第 17 日,4 月合约为第 21 日),选择(年化)国库券的收益率时选择到期日最接近期权到期日的国库券。将 T 作为年度的分数:对于 3 月份的合约为 14/365,对于 4 月份的合约为 49/365。

国库券价格		
到期日	距离到期日的天数	收益率
3 月 16 日	13	5.28
3 月 23 日	20	5.13
3 月 30 日	27	5.30
4 月 06 日	34	5.31
4 月 13 日	41	5.48
4 月 20 日	48	5.61
4 月 27 日	55	5.76

S&P500 指数看跌期权价格					
敲定价格	最后(价格)	敲定价格	最后(价格)	敲定价格	最后(价格)
3 月 1325 看涨	67	3 月 1375 看涨	27	3 月 1425 看涨	6 1/4
3 月 1325 看跌	5 1/2	3 月 1375 看跌	17	3 月 1425 看跌	47 1/2
4 月 1325 看跌	18 3/8	4 月 1375 看涨	51	4 月 1425 看涨	24
3 月 1350 看涨	44	4 月 1375 看跌	32	4 月 1425 看跌	54
3 月 1350 看跌	10	3 月 1400 看涨	13 7/8	3 月 1450 看涨	2 1/4
4 月 1350 看涨	62 1/2	3 月 1400 看跌	29	3 月 1450 看跌	67
4 月 1350 看跌	24	4 月 1400 看涨	35 1/4	4 月 1450 看涨	14 1/2
		4 月 1400 看跌	44	4 月 1450 看跌	72 1/2

注:“c”表示看涨期权价格,“p”表示看跌期权价格。

项目

在 Excel 表格中做项目。打印出来并交上你的答案。记下要上交的作业。

a. 累积标准正态分布和正态密度图表

检查标准正态分布。寻找 d 值以 0.1 增量从 −3.0 到 3.0 的累积标准正态分布和正态密度。在 Excel 的一个工作表中记录这些。然后在同一图的 x 轴上画出标为 d 累积正态分布和正态密度。

需要上交的作业:(1)在表中列出累积标准正态分布函数和标准正态密度函数的值。(2)生成的图表。

b. 使用布莱克—斯科尔斯—默顿模型公式和内在价值计算的期权定价

使用布莱克—斯科尔斯—默顿模型公式和以下数据估计看涨期权价格和看跌期权价格:

敲定价格 $K=10$

无风险利率 r =每年 3%或 0.03

波动率 σ =每年 60%或 0.6

到期日 T =1 年

$S(0)$以 2 为增量从 0(实际为 0.000 000 1,一个非常小的值)到 20 变化。

在表格中记录数值和计算值。

需要上交的作业:(3)各种各样的输入变量和使用布莱克—斯科尔斯—默顿模型估计的相应的看涨和看跌期权价格。

c. 内在价值计算和图表

现在为相同期权计算看涨期权内在价值和看跌期权内在价值(K =10 和 $S(0)$以增量 2 从 0 到 20 变化)。

在同一图表中的 x 轴以 $S(0)$为看涨期权价格和看涨期权内在价值画图。

同理,在同一图表中的 x 轴以 $S(0)$为看跌期权价格和看跌期权内在价值画图。

需要上交的作业:(4)看涨期权价格和看涨期权内在价值、看跌期权价格和看跌期权内在价值的表格(你可以将(3)和(4)结合在一起,在同一图表中展示);(5)看涨期权图表;(6)看跌期权图表。

d. 隐含波动率的计算和图表

给定发表于《华尔街日报》的 2000 年 3 月 3 日的数据,从 S&P500 指数看跌期权计算隐含波动率(而非指数看涨期权),3 月合约的敲定价格为 1 325、1 350、1 375、1 400、1 425。

为 S&P500 指数看跌期权(而非指数看涨期权)计算隐含波动率,4 月合约的敲定价格为 1 325、1 350、1 375、1 400、1 425。

为隐含波动率作图,其中 x 轴为敲定价格 X, y 轴为 3 月和 4 月的隐含波动率。

需要上交的作业:(7)隐含波动率表;(8)隐含波动率的图。

(建议和有用的信息,相关的 Excel 命令和隐含波动率计算)

目　　标	Excel 命令
1. 计算自然对数	=LN(A1)
2. 计算正态密度	=NORMDIST(A1, 0, 1, FALSE)
3. 计算累积正态	=NORMDIST(A1, 0, 1, TRUE)
4. 计算指数	=EXP(A1)
5. 解出隐含波动率	=单变量求解

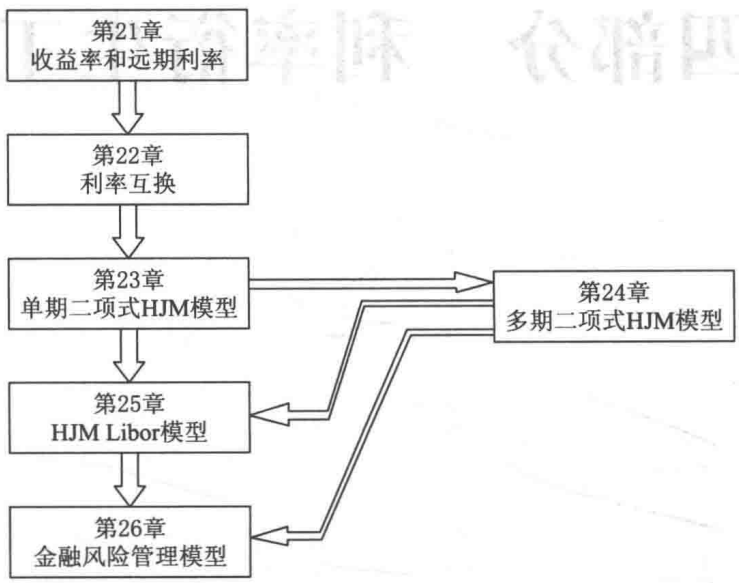
使用 Excel 2007 或者后面的版本中的单变量求解命令来估计隐含波动率:

- 在 Excel 表中,在同一列汇报 3 月合约不同的敲定价格,另外的列中展示各种各样的模型输入因素。
- 在“隐含波动率”为标题的列,以任意的波动率数字(如 0.2)开始,使用它计算 3 月份的看跌期权价格。
- 给出市场上交易的不同敲定价格的 3 月份看跌期权价格。在另一列中,注意到“看跌期权价格差异”来记录“市场交易的看跌期权价格”和“模型产生的看跌期权价格”之间的不同。

- 然后，在“看跌期权价格差异”下选择一个单元格。在数据表中，进入数据工具组，点击“假设分析”，然后点击“单变量求解”。
  —在“设置单元格”框中，记录当前单元格。
  —在“估值”框中，键入“0”。
  —在“改变单元格”框中，键入相同行中相应的隐含波动率的位置。
  —点击“确定”在自己列中得到隐含波动率。（在这种情况下，零价格偏差是通过改变标准差得到的。）

同样，按住并拖动鼠标，可得到3月份不同敲定价格的看跌期权的隐含波动率。

第四部分　利率衍生工具


第21章
收益率和远期利率
第22章
利率互换
第23章
单期二项式HJM模型
第24章
多期二项式HJM模型
第25章
HJM Libor模型
第26章
金融风险管理模型

收益率和远期利率

21.1 引言

1909年，福特汽车公司的创始人亨利·福特曾宣布该公司只会生产一款名为T型号的轿车，并发表了一段著名的声明："只要车是黑色的，我们可以给它涂上任何颜色以满足客户们的要求。"[①]抵押贷款在那个时候也同样的简单。在20世纪五六十年代间，住房抵押贷款主要是由存贷机构提供，其标准产品为无附加服务的、30年期固定利率贷款。这些存贷机构曾被称为"3—6—3"，因为它们支付3%的存款利率，收取6%的贷款利率，并且经理人们总是在下午3点去打高尔夫！但是，时代在变迁。

当今的住房抵押贷款附带着各种各样的嵌入式期权和复杂的条款（见拓展21.1），固定利率和浮动利率抵押贷款的分类也让人眼花缭乱。有些抵押贷款提供的诱人利率对所收取的利率设定了上下限。一些抵押贷款在前期不支付本金，而另一些会延期支付。它们中的大多数在偿还时都无需支付罚金。为了理解这些嵌入式期权条款，你首先需要理解利率衍生工具（IRDs）。本章和后续章节的目的就在于此。

拓展21.1 房产所有权和衍生工具

假如你找到一套梦寐以求的房子，并愿意为之支付500 000美元。那么，一阵忙乱就要开始了。如果卖家接受这个报价，你们将首先创建一个期权合约。卖方经纪人会要求你向他们支付一定的首付款，如5 000美元。如果你放弃购买，这5 000美元将归卖方；否则，这5 000美元将算入购买价格之中。这笔订金创建了一个购买该房子的看涨期权。

现在你去一家银行或者抵押贷款经纪方申请贷款，他们会根据你的偿债历史，包括对信用卡和其他贷款的偿付，来为你的信用评分。你的信用评分能帮助他们决定你是否能得到该笔贷款和所需的预付金，以及你所需支付的利率。

① 见《我的生活与工作》(1922)第IV章，由亨利·福特和塞缪尔·克洛泽合作所著。资料来自古登堡计划网(www.gutenberg.org/dirs/etext05/hnfrd10.txt)，2011年2月23日。

基于对你的评估，假设贷方同意贷给你450 000美元去购买该房子。我们把这笔贷款称作住房抵押贷款。你需要在15或30年内偿还本金并按月支付利息，并且需要准备50 000美元的首付。如果你决定离开你的居所且没有转寄地址的话，这10%的首付金额将为房价的下跌提供缓冲。除非你支付至少20%的首付金，否则贷款方有时会要求你购买抵押贷款保险，这相当于一个基于你到期不能偿还本金的风险的看跌期权(一个信用衍生工具)。

抵押贷款分为两类。一类是固定利率抵押贷款(FRM)，在贷款期内按固定利率收取利息，另一类是浮动利率抵押贷款(ARM)，通常会在1—5年内设置较低的初始利率，而剩余付款的浮动取决于未来的利率水平。浮动利率抵押贷款会设置每期利率的上下限以防止利率变动对借贷双方的影响。这里的上下限即为利率的看涨和看跌期权——更多的利率衍生工具！

你在现代金融方面的专业知识迟早会派上用场。如果你不打算长期居住，或者你断定利率未来会保持在低水平，又或者你预计你的个人财富在不久的将来会显著增加，那么选择浮动利率抵押贷款就会有意义。另外，在美国，大多数贷款都不收取提前还款罚金，那么你就可以选择在到期前偿还贷款。如果利率下降，你也可以选择利用你的房子进行再融资，以锁定更低的利率。

在过去，住房抵押贷款市场的主要参与者是银行或者储蓄与贷款协会(S&Ls)。抵押贷款的金额不断增加并在地方市场上出借。借助于现代金融，现在一个抵押贷款经纪人可以借钱给你以获得你的住房抵押贷款并迅速将这笔贷款在全国市场上出售。通常，一笔贷款会被分离成两个部分。偿还贷款的权利由美国银行或者摩根大通之类的经济实体所掌握，它们定期回收你的住房抵押贷款并劝诱你购买其他产品。这些贷款本身也可能被与其他抵押贷款捆绑起来并出售给华尔街的金融奇才们，他们继而将这些抵押贷款组合成一个贷款池并以其为支持发售债券来支付它们购买的费用。我们把这类债券称为资产支持证券，或者在这个例子中应该称其为住房抵押贷款担保证券。

你真的认为住房抵押贷款业务是刻板乏味的吗？

都有谁在使用利率衍生工具呢？答案是，经济中的所有参与者：个人、公司、政府和金融机构：

(1) 个人。一个家庭的资产和负债都对利率变动很敏感。在负债方面，利率影响房贷、车贷、个人贷款和信用卡的利息支出。在资产方面，利率又影响着储蓄账户、存款单和货币市场基金的利息收入。

(2) 公司和政府。公司日常中使用利率衍生工具去构建其对利率敏感的资产和负债。共同基金、对冲基金、养老基金、保险公司和大学捐赠基金使用利率衍生工具管理其投资。最后，对于地方、州立和联邦政府来说，使用利率衍生工具去管理复杂的财产运作也是必要的。

(3) 金融机构。金融机构利用先进的利率衍生工具知识为客户提供更好的产品，同时管理其利率风险。

我们对于利率衍生工具的讨论与之前提到的现货、远期、期货和商品及股票期权是相

类似的；然而，它们之间还是存在着差别。因为，利率衍生工具是由一系列不同到期日的无风险零息债券取代单一的商品或股票价格作为标的资产的。这一个小变化导致利率衍生工具定价模型中存在一些主要障碍。尽管如此，忽略其复杂性，如果我们有预见性地逐渐引入相关概念，这一课题还是易于理解的。神奇的是，也许你还没意识到，前面的章节已经为你打下了这样的基础！

为简单起见，我们主要关注欧洲美元利率衍生工具。相比于国库券衍生工具来说，它们更简单。而且，欧洲美元利率衍生工具在全球交易规模最大，这也使得你能够鱼与熊掌兼得。在了解了欧洲美元利率衍生工具之后，就很容易掌握国库券衍生工具的相关知识。

在我们理解利率衍生工具的过程中，这一章将介绍收益率和远期利率，这些都是基本的概念。我们从复习零息债券开始，从中引出收益率和收益率曲线这些经常在基础金融学和投资学课程中介绍到的概念。我们还会讨论一个基于久期和凸性的利率风险管理技术，这个技术曾一度流行但现在衰落了。之后，我们将介绍远期利率，它是现代利率风险管理的核心。在本章的最后我们将讨论远期利率协议(FRAs)和利率期货，它们与商品和股票的远期和期货相类似。

21.2 收益率

为了理解利率衍生工具，我们需要从头开始并且理解收益率。收益率是从零息债券价格中得到的。

21.2.1 回顾零息债券

我们讨论的标的是到期日不同的无风险零息债券。美国国库券、本息分离债券和欧洲美元存款符合我们对于零息债券的描述。我们在第 2 章介绍了国库券和欧洲美元。虽然在早些年间(19 世纪七八十年代)国库券衍生工具占领着市场，但是之后欧洲美元衍生工具引领了市场，并以其更大交易量占据了市场主导地位。此外，欧洲美元利率衍生工具通常要比国库券利率衍生工具更简单。

回顾欧洲美元，它们是存放在欧洲的银行(或美国银行的欧洲分行)中以美元计息的美元存款。它们产生于 19 世纪 50 年代，目的是为了规避美国政府的管辖(也即法规控制)。并且，与大规模的国库券拍卖会影响其有效供给量不同，美元供给量的增加并没有那么频繁且波动较小。较少的监管和较少的供给变化使得欧洲美元利率比国库券更自由地根据市场力量进行调整。于是，欧洲美元市场吸引了套期保值者和投机者。这些因素促成了欧洲美元市场数以万亿美元规模的迅猛增长。

在第 2 章讲到主要有三个利率与欧洲美元有关。第一个是欧洲美元利率，为欧洲美元存款的利率。第二个是通用的伦敦银行间同业拆借利率，我们通常称其为 libor。它是主要的伦敦银行间互相拆借资金(以不同的货币)所要求的利率。以欧洲美元计价的 libor 是利率市场上最活跃的利率之一。第三个是基于平均 libor 利率的国际利率指数。从 1986 年 1 月开始，英国银行家协会(BBA)每天都会在伦敦时间上午 11 点对这一指数进行

官方计算。BBA 从德励财经获取 16 家银行对到期日从 1 天到 1 年的欧洲美元存款利率的报价(德励财经是从许多家数据提供商,如路透社、汤姆逊金融公司和彭博咨询公司那里收集信息)。对不同到期日的存款,都要去掉最高和最低报价,然后对其余报价取平均值来计算出以其商标命名的 bbalibor(见 BBA 的网站 www.bbalibor.com)。10 种货币利率被计算,其中每种货币包含 15 种到期日。

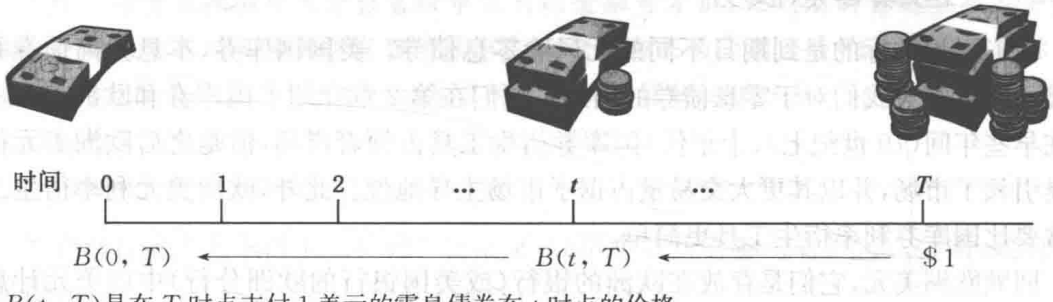
欧洲美元的 bbalibor 在全球范围内广泛作为短期利率的基准和参照。由于其存在一定的信用风险,bbalibor 比相应的相同到期日的国库券利率要高,它们之间的差额被称为**泰德价差**(Treasury-Eurodollar Spread, TED Spread)。由于对任何一个独立的金融机构,操作一个指标会更加困难,所以 bbalibor 通常是作为场外利率衍生工具合约的参照利率。①与国库券相同,欧洲美元利率的计算假设一年为 360 天。

21.2.2 收益率和收益率曲线

在第 2 章中,我们引入了零息债券,主要目的是跨时间移动现金流。现在我们利用零息债券来求出必要的利率。我们仅考虑无风险的零息债券。对于这部分内容在风险债券上的拓展在第 26 章有更详细的讨论。

为简单起见,我们将时间表示为单位增量的过程,$t=0, 1, 2, 3, \cdots$。当然,在实践中,人们需要以相关现金流之间的实际天数来代替这里的单位增量。

从现在开始,我们还需要将时间记号与我们熟悉的符号联系起来。例如,t 时点时,在 T 时点支付 1 美元的零息债券的价格表示为 $B(t, T)$。在 0 时点,该零息债券价格表示为 $B(0, T)$。图 21.1 举例说明了这一表示法。



$B(t, T)$是在 T 时点支付 1 美元的零息债券在 t 时点的价格

图 21.1 零息债券的现金流和价格

一个零息债券的**收益率**(或**到期收益率**或**内部收益率**)是指使债券贴现现金流等于其现值的利率。如果该零息债券被持有至到期日,它就是每期赚取的利率。无风险零息债券的收益率有时也叫做即期收益率,尽管这种叫法已经不怎么使用了。

① 然而,《华尔街日报》的意向研究报告称,在 2007 年的金融危机中,甚至连 bbalibor 都可能被操纵。对比主要银行报出的 libor 利率与其他关键利率(信用违约互换(CDS)的溢价,它给出了为防止由银行发行的债务违约所需支付的保险额),《华尔街日报》得出的结论是,一些银行,如花旗银行、西德意志银行、哈利法克斯银行、摩根大通和瑞士银行,故意报出低的 libor 以隐藏其不良财务状况(见《研究对 Libor 提出新疑问》和《期刊如何分析 Libor》,《华尔街日报》,2008 年 5 月 29 日)。

用符号表示，0 时点(今天)的收益率 $R(0, T)$ 由以下式定义

$$B(0, T)=\frac{1}{[1+R(0, T)]^T} \tag{21.1}$$

注意到由收益率可以得出之前使用的 1 美元所获得的收益的概念。我们的下一个例子将阐述如何计算收益率和构建一条**收益率曲线**，该曲线将零息债券的收益率(在纵轴上)描绘为到期期限(在横轴上)的函数。这个例子中还使用了一组普通零息债券的价格数据，本章和随后的章节中都会用到该组数据。

【例 21.1】 计算收益率曲线

- 以今天为 0 时点。考虑由 $B(0, T)$ 定义的不同到期日 T 的零息债券，其中 $T=1, 2, 3, 4$。表 21.1 展示了一组零息债券的价格数据。
  - —第一列给出了不同的到期时间 $T=1, 2, 3, 4$。其中期限最长的零息债券到期日为时点 4。
  - —第二列和第三列给出了今天的零息债券价格：$B(0, 1)=\$0.97$，$B(0, 2)=\$0.93$ 等。
- 这些数字被用于计算第四列和第五列中的收益率。式(21.1)的变形将收益率表示为

$$R(0, T)=\frac{1}{[B(0, T)]^{1/T}}-1$$

  - —例如，期限为 2 的零息债券的收益率为 $R(0, 2)=1/[B(0, 2)]^{1/2}=0.037\,0$。
  - —绘出收益率关于到期日的图即为收益率曲线。在这个例子中，它也可以称为零息债券收益率曲线(或零线)：见图 21.2。

表 21.1 普通零息债券价格数据和收益率

至到期日 T 的期限	今天零息债券的价格，$B(0, T)$		收益，$R(0, T)$	
1	$B(0, 1)$	0.97	$R(0, 1)$	0.030 9
2	$B(0, 2)$	0.93	$R(0, 2)$	0.037 0
3	$B(0, 3)$	0.88	$R(0, 3)$	0.043 5
4	$B(0, 4)$	0.82	$R(0, 4)$	0.050 9

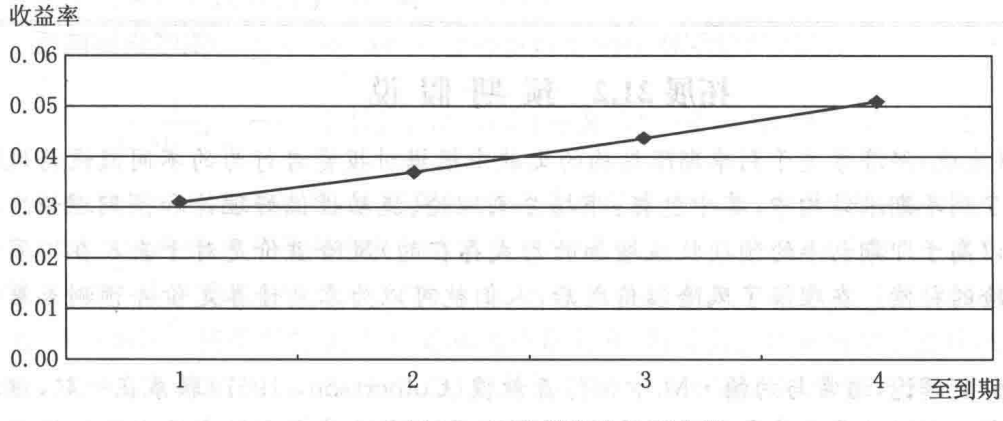


图 21.2 零息债券收益率曲线

与收益率相关的一些概念。

- 以 t 时点为基点、到期期限最短，即到期日为 $(t+1)$ 时点的零息债券有专门的名称：即期利率。使用我们对收益率的表示法，这表示为 $R(t, t+1)$，但是为了简化起见，我们将它写成 $R(t)$。我们强调无论收益率的表达式中第二项何时省略，它始终可以表示即期利率。
- 为了供以后参考，我们表示无风险货币市场账户赚取即期利率。以 t 时点为基点，我们知道一个货币市场账户在下一个时间段 $[t, t+1]$ 的收益已知。当然，我们在 t 时点无法知道 $(t+1)$ 时点或任意一个未来时间段里的即期利率是多少。未来的即期利率是随机的。
- 收益率曲线的图像被称为利率的期限结构。图 21.3 描绘了 5 个不同日期的国库券数据的收益率曲线。可以看到收益率曲线可以是水平的、向上倾斜或向下倾斜的。收益率曲线的形状反映了不同的因素，例如(1)市场参与者对于未来利率变动的预期，(2)交易者的风险厌恶，和(3)对作为基础的零息债券的供需考虑。认为收益率曲线的形状只反映了对利率未来变动的预期的理论称为预期假说。拓展 21.2 对预期假说和其他一些解释利率期限结构的理论给出了简要讨论。

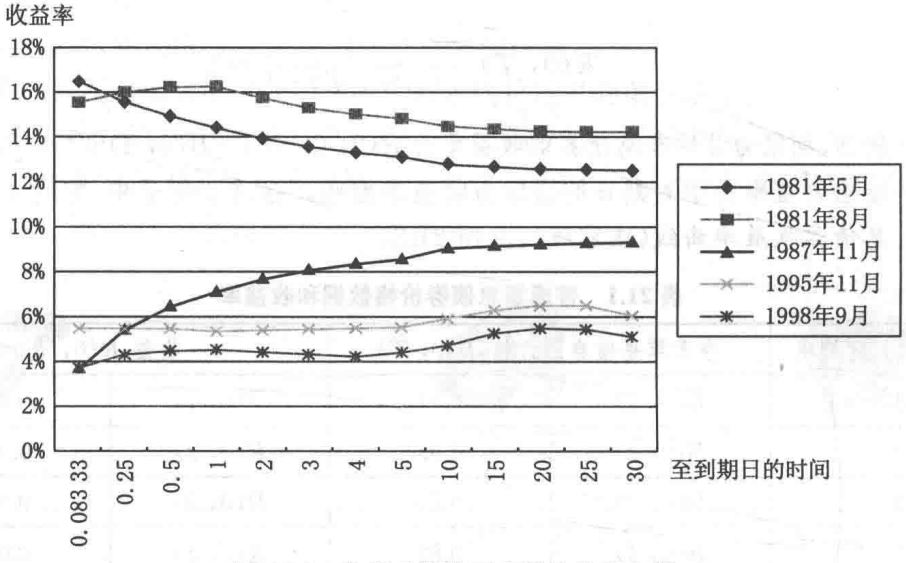


图 21.3　选定日期的国库券收益率曲线

拓展 21.2　预 期 假 说

古典(宏观)经济学关于利率期限结构的文献中根据对投资者行为的不同假设将风险溢价嵌入了利率期限结构中，其中包括：市场分割理论、流动性偏好理论和预期理论。之前讲过，(以高于即期利率的预期收益增加的形式存在的)风险溢价是对于嵌入在不同证券中的风险的补偿。在理解了风险溢价之后，人们就可以为零息债券定价并预测未来的即期利率。

市场分割理论，通常与约翰·M.卡伯特森教授(Culbertson，1957)联系在一起，该理论认为到期日不同的零息债券的均衡价格，是由各自所在的特定市场中追求不同报酬的

投资者决定。因此，市场根据未来投资期的不同是彼此分割的。这意味着不同到期日的债券的风险溢价彼此之间是相互隔离的，并且在不同市场之间可能存在套利空间。

相比之下，诺贝尔经济学奖获得者约翰·希克斯(Hicks，1946)的**流动性偏好理论**表示，不同到期日的零息债券的均衡价格由其供给和需求，尤其是跨时间的流动性需求共同决定，并且利率的风险溢价反映了这些因素。弗兰科·莫迪利安尼教授和理查德·萨奇教授(Modigliani and Sutch，1966)的**优先置产理论**认为借贷双方都有其自己的期限偏好(如同市场分割理论所述)并且只有当他们进行市场转移的风险和成本得到足够的溢价补偿时，他们才会改变其偏好。利率期限结构的现代均衡模型可被视为流动性偏好理论(或优先置产理论)在连续时间框架下的代表(见 Cox et al.，1985；Dunn and Singleton，1986；Sundaresan，1984)。

预期假设涉及经济学家欧文·费雪(Fisher，1930)和弗里德里希·鲁茨(Lutz，1940)。该理论的基本假设为不同到期日的零息债券是完全替代品。在文献中这种完全替代假说有三种不同的表达形式(以数学形式)。它们中的每一种形式都可以通过一个关于零息债券价格的公式来表示。加罗(Jarrow，1981)和考克斯等人(Cox et al.，1981)独立地发现了这个对于不同预期理论的评价。接下来的讨论将阐述一个一般性情况，其中包括现在(0 时点)、一个中间时点(t 时点)和长期债券的到期日(T 时点)。

局部预期(local expectations，LE)假设是

$$E\left[\frac{B(t+1,\ T)-B(t,\ T)}{B(t,\ T)}\right]=R(t) \tag{1a}$$

其中 $E[\cdot]$表示预期，$B(t,\ T)$表示到期日 T 时点支付 1 美元的零息债券在 t 时点的价格，$R(t)$表示 t 时点的即期利率(1 期的即期借款或贷款利率)；见例 21.1。

此公式说明“完全替代”意味着不同到期日的零息债券均没有风险溢价，即，所有零息债券的预期收益均等于即期利率。

同样，就债券价格而言，**局部预期假设**可被表示为：

$$B(0,\ T)=E\left\{\frac{1}{[1+R(0)][1+R(1)]\cdots[1+R(T-1)]}\right\} \tag{1b}$$

这表明，与表达式(1a)一样，在 T 时点到期的债券的价格等于其收益的预期折现值，该预期折现值是采用无风险调整的即期利率折现而来。

到期回报预期(return-to-maturity expectations，RME)假说是：

$$\frac{1}{B(0,\ T)}-1=E\{[1+R(0)][1+R(1)]\cdots[1+R(T-1)]\}-1 \tag{2a}$$

完全替代条件方程表示的是，持有期为 T 的零息债券的回报(即式(2a)的左边的左边)等于在相同期限内持有货币市场账户的预期回报(即式(2a)的左边的右边)。为了便于大家理解这一点，请注意式(2a)的左边的右边，第一项是指在时点 0 于货币市场账户中投资 1 美元，并将其滚动投资到时点 T 所赚取的预期利息，利滚利。用该预期利息额减去最初投资的 1 美元，便得到$[0,\ T]$期限内，在货币市场账户中投资 1 美元的预期回报，该回报以百分比表示。

同样，就债券价格而言，到期回报预期假说可被表示为：

$$B(0,T)=\frac{1}{E\{[1+R(0)][1+R(1)]\cdots[1+R(T-1)]\}} \tag{2b}$$

显然，按照琴生不等式，局部预期假说和到期回报预期假说不可同时成立（除非利率是确定的）。

无偏预期（unbiased expectations，UE）假说是：

$$f(0,t)=E\{R(t)\} \tag{3a}$$

其中，$f(0,t)$是你在现在能签约的从0时点至$[t,t+1]$的一期借款或贷款利率；参见下文中的表达式(21.9)。在这里，完全替代条件通过方程表示，意味着远期利率是预期未来即期利率的无偏预测。

同样，就债券价格而言，无偏预期假说可被表示为：

$$B(0,T)=\frac{1}{[1+R(0)][1+E\{R(1)\}]\cdots[1+E\{R(T-1)\}]} \tag{3b}$$

可见，局部预期和无偏预期假说是相互排斥的。

如果利率的期限结构有风险溢价，那么所有这三种预期假说都不成立，并且零息债券的定价就更加复杂。遗憾的是，实证结果强烈支持利率风险溢价的存在，并拒绝这三种类型的预期假说。尽管如此，但由于这三种类型的假说有助于我们对零息债券进行定价，所以，它们还是很有意思的。有时，了解什么不是真实的恰恰有助于我们明白它是什么以及为什么是这样的。

考虑一个0时点在市场上交易的无风险附息债券。该附息债券的收益率（或到期收益率，也叫做内部收益率）是指使债券贴现现金流等于其现值P_T的利率。用公式表示，收益率y满足

$$\begin{aligned}P_T&=\frac{C}{(1+y)}+\frac{C}{(1+y)^2}+\cdots+\frac{C}{(1+y)^{T-1}}+\frac{C+L}{(1+y)^T}\\&=\sum_{t=1}^{T}\left[\frac{C}{(1+y)^t}\right]+\frac{L}{(1+y)^T}\end{aligned} \tag{21.2}$$

其中C表示每年支付的利息，L表示本金（面值或票面价值），T表示距离到期日的时间，以年计算。①

一个人可以把收益率看作每期赚取的利率，如果(1)他今天投资了到期日为T时点的附息债券，(2)他将该债券持有至到期日，并且(3)对所有收到的利息以今天的收益率y进行再投资。当然，在这三个条件中，第三个是最不现实的，因为未来的利率是随机的，它不太可能等于今天的收益率。

① 简单起见，我们假定每年支付一次利息。如果每6个月支付一次利息，方程中的C就要用$C/2$代替，分母的式子要变成$(1+y/2)$，并且年收益率要写成$(1+y/2)^2-1$。

【例 21.2】 计算附息债券收益率

- 考虑一个 2 年期的附息债券，其价格 $P_2=101.8$ 美元，本金 $L=100$ 美元，年利息 $C=6$ 美元。使用公式(21.2)，该附息债券收益率 y 是下述方程的解。

$$101.86=\frac{6}{(1+y)}+\frac{106}{(1+y)^2}$$

或者，$101.86y^2+197.72y-10.14=0$。

- 求解这个二次方程(使用试错法或数值方法求出数值解)得到①

$$y=0.05 \text{ 或 } 5\%$$

- 使用 Microsoft Excel 的一个函数可以算出收益率，该函数为：

YIELD(settlement, maturity, rate, pr, redemption, frequency, basis)

- 该函数的输入参数为：

—*settlement* 是债券的结算日——债券开始付息的那一天。我们假设结算日为 2012 年 1 月 15 日，输入 Excel 中即为 DATE(2012, 1, 15)。

—*maturity* 是债券的到期日，在本例中是 2014 年 1 月 15 日。

—*rate* 是每年的息票利率，在本例中为 6%。

—*pr* 是每 100 美元面值的债券价格，本例中为 101.86 美元。

—*redemption* 是债券每 100 美元的赎回价值，本例中为 100 美元。

—*frequency* 是每年的付息频率，每年付息为 1，每半年付息为 2，每季度付息为 4，以此类推。

—*basis* 是所使用的天数计算类型。这里我们使用 0 表示我们假定每月有 30 天，每年有 360 天。其他的例子有实际天数/实际天数(actual/actual)、实际天数/360(actual/360)等。

则收益率为

YIELD(DATE(2012, 1, 15), DATE(2014, 1, 15), 6%, 101.86, 100, 1, 0)
=0.049 999 687

在计算收益率时有一个特例需要注意。如果债券价格是 100(与票面价值相等)，那么收益率就会与息票利率相等，为 0.03。当出现这种情况时，息票利率会与收益率相等，并被称为**平价债券收益率**。

收益率经常用于挑选投资组合所要包含的债券。然而，使用这种方法去挑选债券组合是有问题的。就如烟盒上关于吸烟有害健康的警告一样，在这一点上我们需要向使用收益率进行债券投资组合管理的投资者发出警告。前面提到过，附息债券的收益率与内部收益率(IRR)相等。IRR 是资本预算中得到充分研究的一个对象，资本预算是一个在众多投资品(在我们的例子中即为债券)中选择合适的对象进行投资的方法。早期的文献中建议人们挑选 IRR(读作收益率)最高的项目进行投资。然而，在《公司财务原理》中，布雷

① 二次方程 $ax^2+bx+c=0$ 有解 $x=[-b\pm\sqrt{(b^2-4ac)}]/2a$。选出其中的正值作为 y。

利和迈尔斯(Brealey and Myers, 2003)展示了 IRR 的有利之处并指出了许多其使用中的误区。我们认为,其中最关键的一个误区便是当使用 IRR 进行市场投资决策时,人们总是假定对未来现金流进行再投资的利率不是随机的,它等于 IRR。当然,在真实市场中,利率是随机的,这个假设并不成立。因此,布雷利和迈尔斯建议在进行市场投资决策时不要使用 IRR,并且他们会提供合适的替代品。

因此,对于像你一样聪明的读者,我们仍然提醒你不要把债券收益率作为为投资组合选择合适的债券时的唯一决定因素。我们会在第 23—25 章的 HJM 框架下,提供关于债券选择的一些合适的替换策略。

21.2.3 价差套利

前面讲过,价差是两个密切相关的证券之间的利率或价格差异。通常当证券偏离正常价格时,市场参与者会对其进行价差交易。价差交易在期货、期权和债券市场上相当流行。

一篇题为《参照"收益率曲线"》的文章(《华尔街日报》,2011 年 2 月 26 日)提出了一种新的投机性产品,这种产品允许对收益率曲线的陡峭(即价差扩大)或平坦(即价差缩小)进行投机交易。一条陡峭的收益率曲线通常出现在经济扩张初期,那时美联储会将短期利率控制在一个较低的水平以促进经济增长,并且期待经济有更高增长(伴随高通货膨胀)的投资者们会卖掉长期债券(这导致了其价格下跌),使收益率曲线开始上扬。

在下述故事发生时,美国经济正从衰退中复苏,那时的收益率曲线是陡峭的。2 年期和 10 年期国库券之间的收益率差别达到了创纪录的 3%(相比于从 1976 年开始的 0.84%的平均价差)。交易商们通过交易所交易票据(该类票据是无担保的,在场内市场交易,由投资银行或者其他金融机构发行的类似债务证券)对未来的收益率曲线是继续呈陡峭状还是趋于平缓进行了赌博,例如巴克莱银行发行的 iPath US Treasury Steepner ETN 会在收益率曲线呈陡峭状时获利,iPath US Treasury Flattener ETN 则在收益率曲线呈水平时获利。

下面我们举一个国库券价差交易的例子。这个交易本质上与期货价格的价差交易相似(见第 9 章)。

【例 21.3】 *债券市场中的价差交易*

- 一篇题为《降息预期导致国库券价格下降》(《华尔街日报》,2008 年 4 月 3 日)的文章报道称当投资者"降低进一步降息的预期"时,他们会进行相反的价差交易。由于这是对宏观经济变化的预估,所以有必要了解一些背景信息。
- 美联储应对 2007 年金融危机的措施是大幅度降低利率。从 2007 年 9 月份开始,联储逐渐将短期利率从 5.25%降至 2.25%。
- 许多交易商认为收益率曲线会变得更陡峭。他们购买 2 年期国库券并卖出 10 年期和 30 年期的国库券。他们预期经济状况会继续恶化。交易商们计划在价差扩大后再做反向交易并锁定利润(见图 21.4)。
- 然而,经济前景的改善比预期来得更早。交易商预期美联储不再会继续将利率降

低 50 个基点。他们通过对之前的交易进行了反向操作使其平仓。①

- 我们可以很容易地通过一个面值为 100 美元的本息分离债券(STRIPS)来观察这笔交易。假设 2 年期 STRIPS 和 10 年期 STRIPS 的收益率分别为 $y_2=0.018\,0$(或者 1.8%)和 $y_{10}=0.035\,5$。使用公式(21.1),我们可以得到 STRIPS 价格:

—2 年期 STRIPS 的价格是

$$P_2=100B(0,\ 2)=100/\ (1.101\,8)^2=96.49 \text{ 美元}$$

—10 年期 STRIPS 的价格是

$$P_{10}=100B(0,\ 10)=100/(1.035\,5)^{10}=70.55 \text{ 美元}$$

—利率差为

$$y_{10}-y_2=0.035\,5-0.018\,0=0.017\,5 \text{ 或 } 1.75\%$$

—如果你想让利率差扩大到 2%,那么你的策略就是去购买价格相对低估的 2 年期 STRIPS 同时卖出价格相对高估的 10 年期 STRIPS。该交易策略的现金流为

$$-P_2+P_{10}=-96.49+70.55=-25.94 \text{ 美元}$$

这就是构建该交易策略所需的成本。

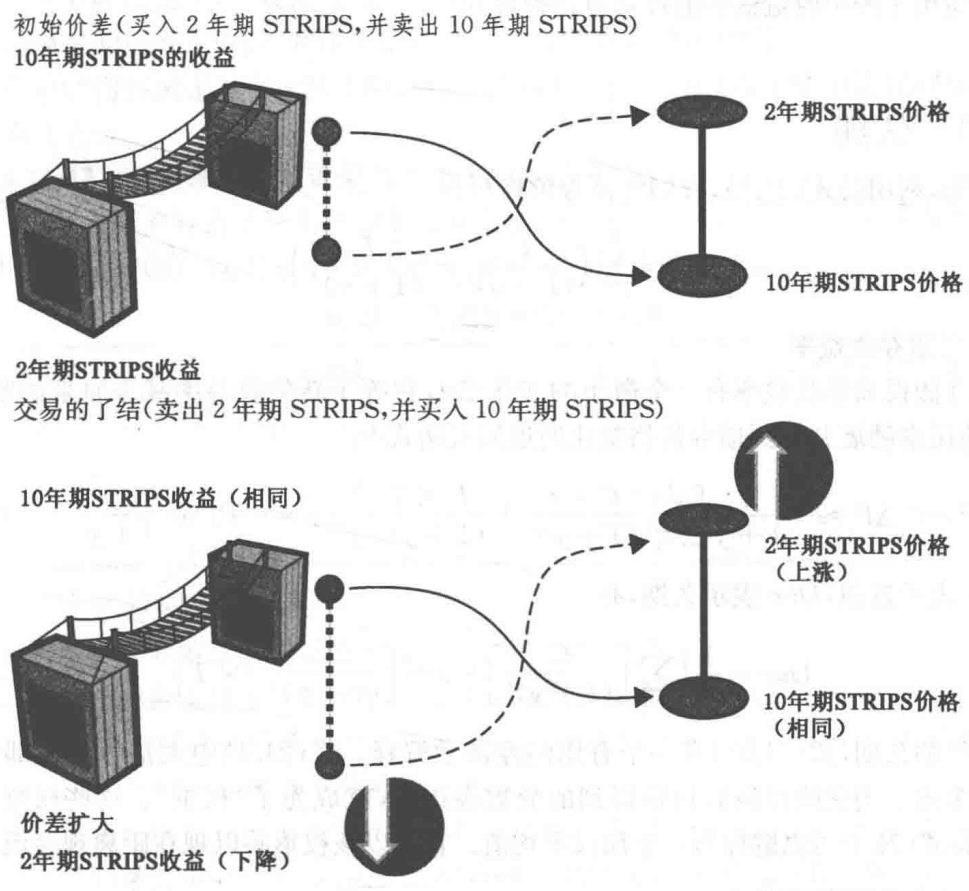


图 21.4 选定日期的国库券收益率曲线

① 文章称 2 年期的国库券价格下降了 7/32 个点(国库券和债券价格的最小增量为 1/32 个点)并且收益率从 1.786%增加到 1.890%。10 年期国库券价格降低了 11/32 个点,或者说是对每 1 000 美元的投资价格下降了 3.437 5 美元,并且收益率从 3.545%上升到 3.585%。可以注意到,10 年期国库券的收益率变化要小于 2 年期。

- 假设价差如预计的那样扩大。简化起见，设 10 年期 STRIPS 价格保持不变，但 2 年期 STRIPS 的收益率下降到 1.55%。

  —现在 2 年期 STRIPS 的价格是

  $$P_2(\text{新}) = 100/(1.015\,5)^2 = 96.97 \text{ 美元}$$

  —接下来，通过逆向交易进行平仓：卖出 2 年期并买进 10 年期的 STRIPS。这产生的现金流为

  $$P_2(\text{新}) - P_{10} = 96.97 - 70.55 = 26.42 \text{ 美元}$$

  净收益为前后两笔交易的现金流之和，等于 0.48(=26.42 − 25.94) 美元。

21.3 传统方法

1938 年，弗雷德里克·R.麦考利提出了久期(也被称为麦考利久期)的概念，这一概念促进了利率风险管理的传统方法的发展。这里，我们将要讨论久期和其相关概念凸性是如何被应用于固定收益证券的投资组合管理的。

21.3.1 久期

首先，利用公式(21.2)，我们将债券价格写为

$$P = \sum_{t=1}^{T} \left(\frac{C}{(1+y)^t} + \frac{L}{(1+y)^T} \right) \tag{21.3a}$$

其中 y 是债券收益率。

现在假设债券收益率有一个微小的变化 Δy，它等于新的收益率减去原来的收益率。然后，使用泰勒展开得到债券价格变化的近似表达式①：

$$\Delta P \approx -\frac{1}{1+y}\left[\sum_{t=1}^{T} \frac{C \times t}{(1+y)^t} + \frac{L \times T}{(1+y)^T}\right]\Delta y = -PDur\,\frac{\Delta y}{1+y} \tag{21.3b}$$

其中 $\approx$ 表示近似，Dur 表示久期，有

$$Dur = \frac{1}{P}\left\{\sum_{t=1}^{T}\left[\frac{C}{(1+y)^t}\right] \times t + \left[\frac{L}{(1+y)^T}\right] \times T\right\} \tag{21.4}$$

债券的久期(式(21.5))有一个有用的经济学解释。式(21.4)中大括号里的部分表示贴现现金流。用它除以债券价格得到的分数表达式，就成为了“权重”。这些权重之和为 1，这使得式(21.4)可以解释为一个加权平均值。它是以该权重乘以现在距离现金流发生时

① 泰勒展开式使我们可以将债券价格变化写为

$$P(y+\Delta y) - P(y) = \left(\frac{dP}{dy}\right)(\Delta y) + \left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{d^2P}{dy^2}\right)(\Delta y)^2 + \cdots$$

这个关系式是一个近似式，因为它只保留了上式中等号右边的第一项。如果使用二阶导数的话我们将得到一个更好的近似值。它就是我们要了解的“凸性”的概念(我们会在之后进行阐述)，但是这同时会增加计算的复杂性。

间点 $t=1,2,\cdots,T$ 的时间年限之后进行求和得到的。因此久期可以解释为债券平均期限。利用这一解释，可以很容易理解零息债券的久期与其到期期限是相同的，因为它在到期之前没有现金流，并且大括号中的表达式仅仅是零息债券价格乘以到期期限。式(21.3b)可以改写为下述结论。

结论 21.1

债券价格变化的修正久期方程

债券到期收益率 y 的微小变化导致的债券价格变化为

$$\Delta P \approx -P\,Dur_M\,\Delta y \tag{21.5}$$

其中 P 是原先的债券价格，ΔP 是债券的价格变化(Δ 表示新值 − 初值)，$Dur_M \equiv Dur/(1+y)$ 表示修正久期，Δy 表示到期收益率的变化。

从式(21.4)可以看出当收益率变化时，债券价格增量可以近似等于负的债券收益率增量乘以债券价格和其修正久期的乘积。式(21.5)中的负号反映出价格和收益率是呈反向变动的。该方程也显示，在其他变量一定时，有较高修正久期的债券，其价格随给定收益率的变动而变动更大。因此，修正久期可以解释为债券的“风险测度”。

下例中我们将阐述怎样计算久期、修正久期，并且探讨在收益率微小变化时如何估算债券价格变化。

【例 21.4】 利用修正久期近似求取债券价格变化

- 设一个新发行的 2 年期的附息债券面值 100 美元，票面利率为 6%(6 美元)，年收益率 $y=0.05$ 或 5%。我们在表 21.2 中列出接下来的计算。

表 21.2 计算债券价格和久期

t 时刻(年)	现金流	现金流的现值	现金流的现值×t 时刻
1	6	5.714 3	5.714 3
2	106	96.145 1	192.290 2
和		\$101.859 4 (=bond price)	198.004 5

久期，$Dur = 198.004\,5/101.859\,4 = 1.943\,9$ 年。

—第一列和第二列分别给出时间和现金流量。

—第三列给出现金流的现值。它们分别是由 6 美元除以 $(1+y)=1.05$ 和 106 美元除以 $(1+y)^2$ 得到的。将这些数字加起来会得到债券价格，101.859 4 美元。这与例 21.2 中的债券价格 P_2 相同。

—第四列所列是为了方便计算。每一格的内容都是由现金流现值乘以时间(即第三列乘以第一列)得到的。它们的和为 198.004 5。用这个数字除以债券价格就得到了久期：

$$Dur = \frac{198.004\,5}{101.859\,4} = 1.943\,9 \text{ 年}$$

- 假设收益率增加了 25 个基点。用新的利率 5.25%对债券现金流贴现，得到了新

的债券价格 101.389 6。债券价格变动等于

$$\Delta P = \text{新的价格} - \text{原先的价格} = -0.469\,8 \text{ 美元}$$

- 使用式(21.5),我们又可以求得债券价格变动为

$$\Delta P \approx -PDur_M \Delta y = -101.859\,4 \times \frac{1.943\,9}{1.05} \times 0.002\,5 = -0.471\,4 \text{ 美元}$$

比较这两个变动值,债券价格实际上降低了 0.469 8 美元,而通过久期计算的降价近似等于 0.471 4 美元。每 100 美元本金的误差稍大于 0.15 美分。

注意一个类比。就如我们用 delta 得到当股票价格微小变化时期权价格变动的线性近似值一样,我们使用修正久期得到收益率微小变动时债券价格变动的线性近似值。这两种方法都是基于泰勒级数展开的一阶形式,就像在期权的例子中引入二阶导数 gamma 以提高近似水平一样,我们同样也可以通过引入债券收益率的二阶导数形式来得到价格收益曲线的更好近似值。这就产生了一个同时使用久期和凸性的价格增量方程。由于凸性近似值与使用期权的 gamma 所获的久期相同,我们会省略一些细节并建议读者参考第 20 章中的相关讨论。①

21.3.2 修正久期对冲

设有一个债券组合,对于附息债券 $i=1, \cdots, N$,其在组合中所占比例为 n_i,票面利息为 C_i,到期日 T_i,本金 L_i,价格为 P_i。这个组合在 0 时点的价值为

$$V = \sum_{i=1}^{N} n_i P_i \tag{21.6a}$$

该债券组合的修正久期为②

$$Dur_{MV} = \sum_{i=1}^{N} w_i Dur_{M_i} \tag{21.6b}$$

其中 $w_i = \dfrac{n_i P_i}{V}$, Dur_{M_i} 是债券 i 的修正久期。请注意权重之和为 1,即 $\sum_{i=1}^{N} w_i = 1$。

债券组合的修正久期恰好是各个债券修正久期的加权平均值,其中债券 i 的权重等于该债券价值在组合价值中所占的比例。

给定一个债券组合,**修正久期对冲**就是通过买卖债券和/或是通过卖空债券,来调整债券投资组合的构成,以使新投资组合的修正久期为 0 的过程。(下面将阐述)在特定条

① 新的价格变化方程为 $\Delta P \approx -PDur_M \Delta y + (P/2)\text{Convexity}(\Delta y)^2$,其中,我们定义 $\text{Convexity} = \dfrac{1}{P(1+y)^2}\left\{\sum_{t=1}^{T}\left[\dfrac{t(t+1)C}{(1+y)^t}\right] + \dfrac{T(T+1)L}{(1+y)^T}\right\}$。

② 可以用下面的方法导出式(21.6b)。定义 y 为投资组合 V 的收益率,将 V 看成一个债券,其票息随时间不同而不同。对方程(21.6a)两边的 y 求导。使用式(21.3),将 P 作为任意收益率 y 的函数。然后,对每个债券使用式(21.5),包括对 V 作为单个债券,并从代数上得到式(21.6b)。在式(21.6b)中,每个债券都以组合收益率 y 计算其修正久期,而不是其本身的收益率。

件下，久期对冲可以从债券组合中消除利率风险。

在20世纪最后的几十年中，久期对冲是一个被广泛应用的债券组合利率风险管理技术。然而，这项技术目前已被基于HJM模型的一个更成熟的技术所取代。

为了理解传统的久期对冲从债券组合中消除利率风险的条件，让我们考虑一个简单的债券组合，它包括：(1)一个息票利率为C、到期期限为T、本金为L、价格为P的附息债券和(2)n个到期期限为T且价格为B的零息债券。我们设附息债券久期为Dur_M，且到期期限为T的零息债券修正久期为$T/(1+y_B)$，其中y_B为该零息债券的收益率。

该组合的价值为

$$V=P+nB \tag{21.7a}$$

为了对冲久期，我们要找出使式(21.7a)右边等于0的n，这意味着组合的修正久期约等于0，[①]即

$$Dur_{MV}\approx\left(\frac{P}{V}\right)Dur_M+\left(\frac{nB}{V}\right)\frac{T}{1+y_B}=0 \tag{21.7b}$$

算出交易中的零息债券数量为：

$$n=-\frac{P\times Dur_M\times(1+y_B)}{B\times T} \tag{21.7c}$$

这叫做修正久期对冲比率。

现在我们来学习当利率变化时，零修正久期组合的价值不随之变化的条件。首先，我们把组合价值的变化写为

$$\Delta V=\Delta P+n\Delta B \tag{21.8a}$$

然后，对附息债券和零息债券使用结论21.1中的修正久期近似，可以得到

$$\Delta V\approx-PDur_M\Delta y_P-nB\frac{T}{1+y_B}\Delta y_B \tag{21.8b}$$

其中Δy_P是附息债券P的收益率变化，Δy_B是零息债券B的收益率变化。最后，将式(21.7c)中的修正久期对冲比率n代入上式，得

$$\Delta V\approx-PDur_M(\Delta y_P-\Delta y_B) \tag{21.8c}$$

这就是我们希望得到的结果！从此方程中可以看出，当且仅当附息债券和零息债券的收益率相等，即$\Delta y_P=\Delta y_B$时，零修正久期债券组合的价值不随利率变化而改变。这是一个很苛刻的条件。它意味着当且仅当收益率曲线平行变化时修正久期对冲才有效。

你要特别注意这一点。如果回顾图21.3，你会发现通过平移的收益率曲线不会随时间而改变。因此，尤其是当利率期限结构中长短期利率不同的时候，修正久期对冲并不是真的管用。

---

① 组合V的久期仅仅是近似等于0，因为我们在计算附息债券和零息债券的久期时分别用它们的收益率代替了式(21.7b)右边的组合收益率。如接下来所要讲的，用式(21.7c)中的对冲比率消除利率风险是合适的。

但修正久期对冲也有其他的问题。前面讲过，修正久期对冲仅使用债券价格作为收益率函数的泰勒级数展开的一阶近似形式。这种近似仅仅在收益率变动很小的时候才是有效的。如果收益率的变动很大，那么就需要引入泰勒级数展开的二阶近似式。这叫作**凸性对冲**。由于债券的凸性对冲与期权中的 gamma 类似，我们省略其余的细节留待读者自行阅读第 20 章的相关内容。不幸的是，凸性对冲也不能解决收益率曲线非平行变动的问题。基于这个因素，我们并不推荐使用这种方法。

21.3.3 应用和局限

久期，这个概念的修正和延伸，在过去被广泛应用于利率风险管理当中。

(1) *主动型债券投资资产组合管理*。人们可以通过预测未来的利率变动方向来修正投资组合的久期。例如，如果一个人预计利率会下降(这会使债券投资组合的价值增加，因为债券价格会增加)，他可以减持久期较短的债券同时增持久期较长的债券以使组合的久期增加。久期长的债券对于利率的变动更为敏感，因此当利率下降时，增加组合的久期可使收益增加。而进行反向的操作可以缓解利率上涨所造成的损失。

如果愿意，人们还可以构建**久期中性**的投资组合，即久期为零的组合。如之前所提到的，构造一个 delta 中性的债券组合可以减少，但不能消除其利率风险。

(2) *匹配资产和负债*。一个典型的银行拥有久期很短(因为客户可以随时支取将其转移)的负债(如支票和储蓄账户)和久期很长(因为它们一般都是长期的)的资产(例如个人和商业贷款)。在自然状况下，银行会根据收益率曲线的形状持有投机头寸。一家银行能够通过管理资产和负债之间的久期差距减少损失。例如，它可以通过鼓励顾客投资长期储蓄来增加负债项目的久期，也可以通过发行浮动利率贷款，如可调整利率的抵押贷款，以及与短期利率相关联的可调整利率的信贷额度，来减少资产项目的久期。

基于久期的对冲有很多缺点，这限制了它的效力。由于这个方法有内在的缺陷，所以久期对冲策略不能完全消除债券组合的利率风险。第一，它只在利率变动微小的情况下起作用，在实际情况中，利率通常会在调整投资组合之前发生较大的变动。第二，它只在收益率曲线平行移动时才有效，这假定所有债券的收益率发生同样的变动。然而，这在实际情况下很少发生，因为短期利率比长期利率波动更大(见图 23.1)。综上所述，这两个缺陷严重影响了久期对冲的有效性。

尽管一些交易商仍然使用久期的概念来管理债券投资组合的利率风险，但基于久期的对冲还是在走向末路。我们在本章和下面章节阐述的期限结构建模，是一个更有效的利率风险管理方法，因为它可以作用于收益率曲线的各种情况。

21.4 远期利率

“旧序变，新序生。”这是阿尔弗雷德·丁尼生的诗作《亚瑟之死》(1845)中的句子，它描写了一个垂死的国王亚瑟的宿命。这首诗同样可以反映久期和传统的利率风险管理方法的命运。不断发展的新技术已经可以克服所有久期对冲法的局限。这些技术考虑到了

利率期限结构的形状变化对于债券价格的冲击。其方法是基于第 23—25 章中所要讨论的 HJM 模型。

这里我们将阐述远期利率的概念，它铸造了现代利率风险管理的基石。远期利率的便利性体现在很多方面。

(1) *远期利率是无计量单位的*。在比较不同的债券时，利率要比债券价格更有效。举个例子来说，两支相同的股票，其中一支在前一天进行了 2∶1 的拆分，它们的价格均增加了 1 美元。这 1 美元的股价增加在股票拆分前后意义相同吗？答案是否定的，因为股价每增加 1 美元所获得的收益取决于该股票之前的价格。而股价发生 1%的变动对于股票拆分前后是相同的，因为这种变动是无计量单位的。同样，当债券价格发生变动时，对于远期利率来说也是如此。

(2) *远期利率比债券价格更稳定*。同样，这与利率的无单位性相关。设一个固定年收益率为 10%的股票。其当前价格为 100 美元，1 年后价格为 110 美元，2 年后为 121 美元，3 年后为 133.10 美元，以此类推。价格随时间变化且不稳定；然而，10%的收益是定值。同样，零息债券价格也随时间变动，而远期利率是稳定的。这一点，对于我们在第 23—25 章中评估和建模利率期限结构是十分重要的。

(3) *远期利率的通用性*。构建现代利率风险管理理论的基石是内在联系的：

$$\text{零息债券价格} \leftrightarrow \text{收益率} \leftrightarrow \text{远期利率}$$

我们使用↔表示给定这三个变量中的一个，可以算出其余的两个。由于这些变量是可互换的，我们选择其中最简单的一个进行分析，那就是远期利率。

21.4.1 定义

为了理解这个定义，让我们首先讨论一个例子。假设有两个当前时点(0 时点)交易的零息债券，到期日分别为 3 时点和 4 时点，价格分别为 $B(0, 3)=0.88$ 美元和 $B(0, 4)=0.82$ 美元。它们的价格之比减 1 为 $B(0, 3)/B(0, 4)-1=0.073\,2$ 或 7.32%。这个比率表示了 3 时点到 4 时点之间的隐含利息。实际上，时间区间[3, 4]间额外赚取的利息是期限为 3 期和 4 期的零息债券的唯一区别。

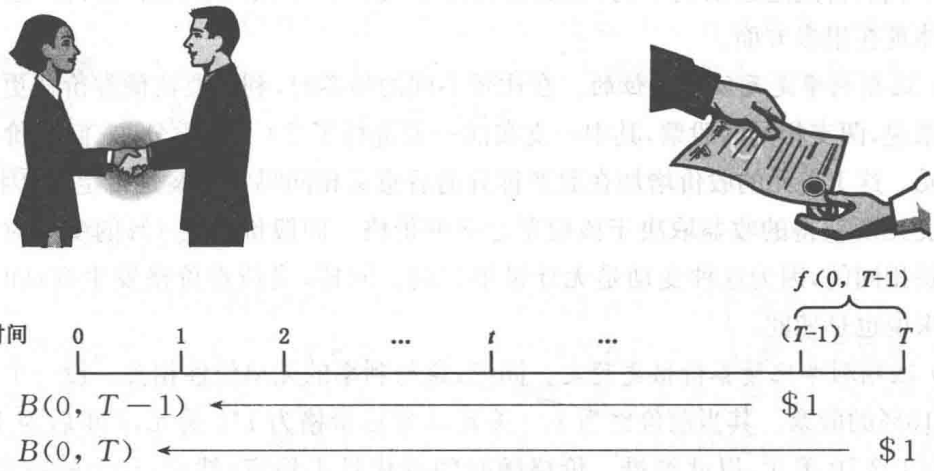
将这个例子加以归纳，我们可以正式地将 0 时点未来时间区间 $[T, T-1]$ 的远期利率定义为

$$f(0, T-1)=\frac{B(0, T-1)}{B(0, T)}-1 \tag{21.9}$$

其中 $B(0, T-1)$ 和 $B(0, T)$ 是到期日为 $(T-1)$ 和 T 时点的零息债券在当前的价格。①

① 我们也可以用 $f(t, T-1, T)$ 来表示远期利率，但是在这里我们不需要用到后一个 T，因为这是一个单期的利率。

你可以通过图 21.5 来理解远期利率。该图显示，远期利率 $f(0, T-1)$ 与期限更长的债券在最后一期 $[T-1, T]$ 赚取的隐含利率相互独立。例 21.5 解释了这一计算过程。



远期利率 $f(0, T-1)$ 为单期利率，这个利率可以在 0 时点约定，适用于将 1 美元投资于时间区间 $[T-1, T]$

图 21.5　远期利率

【例 21.5】 计算远期利率

表 21.3 使用了例 21.1 中的数据。

表 21.3　零息债券、远期利率和收益率

期限	零息债券今天的价格		今天的远期利率		收益率 $R(0, T)$	
0	$B(0, 0)$	\$1	$f(0, 0)$	0.030 9	$R(0, 1)$	0.030 9
1	$B(0, 1)$	0.97	$f(0, 1)$	0.043 0	$R(0, 2)$	0.037 0
2	$B(0, 2)$	0.93	$f(0, 2)$	0.056 8	$R(0, 3)$	0.043 5
3	$B(0, 3)$	0.88	$f(0, 3)$	0.073 2	$R(0, 4)$	0.050 9
4	$B(0, 4)$	0.82				

- 第一列给出了各种零息债券的到期期限，用 $T=0, 1, 2, 3, 4$ 表示。第二、三列给出了当前零息债券的价格，$B(0, 0)$ 是 1。
- 第四、五列的这些数字是用来计算远期利率的。使用式(21.9)，$f(0, 0)=B(0, 0)/B(0, 1)-1=0.030\,9$。同样，可以算出其他利率，比如 $f(0, 2)=[B(0, 2)/B(0, 3)]-1=0.93/0.88-1=0.056\,8$ 等。
- 图 21.6 为远期利率曲线，描述了远期利率和到期期限之间的关系。为了比较，也画出了零息债券的收益率曲线(见例 21.1)。
- 在后面的一些例子中我们会经常用到此表中的零息债券价格、远期利率和到期收益率等数据。

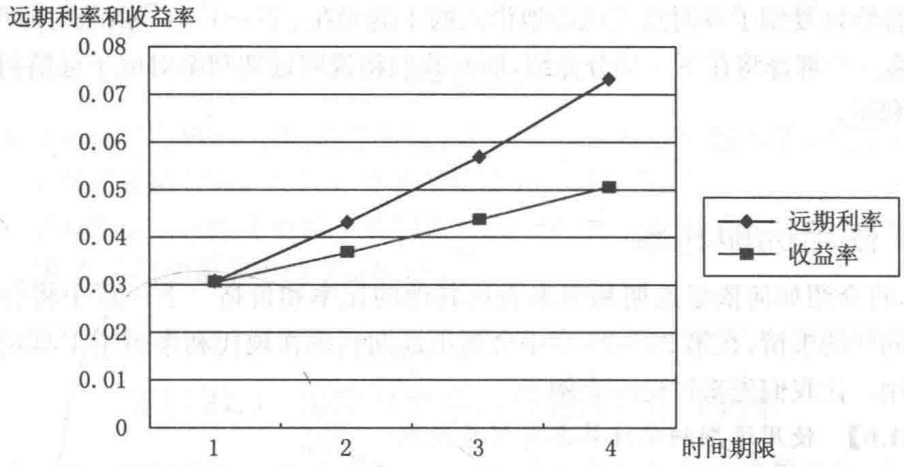


图 21.6 远期利率和零息债券的收益率曲线

21.4.2 理解远期利率

我们可以通过以下三种方式来理解远期利率：

(1) 根据定义我们推断出第一种解释，它是学术文献和金融业所使用的传统方法。取两种连续零息债券的价格求其比值，可以得到未来时期的隐含利率。

(2) 第二种解释是，某人可以于今天签订合约，规定其可以在未来的 $[T-1, T]$ 期间内以无风险利率借贷，你可以通过收益表(见表 21.4)来理解这种解释，使用例 21.5 中的数字来解释如何通过今天交易零息债券来复制未来一段期限的借款利率。过程如下：

表 21.4 生成远期利率的零息债券组合的收益表

投资组合	0 时点	$T-1=3$ 时点	$T=4$ 时点
今天卖出 1 单位 3 期的价值为 $B(0, 3)$的零息债券	$B(0, 3)$	-1	
今天买入 $B(0, 3)/B(0, 4)=0.88/0.82=1.073\,2$ 单位 4 期的价值为 $B(0, 4)$的零息债券	$-\dfrac{[B(0, 3)/B(0, 4)]}{B(0, 4)}$		$B(0, 3)/B(0, 4)$
总和	0	-1	$1.073\,2=B(0, 3)/B(0, 4)=f(0, 3)+1$

a. 设定今天为时点 0，到期时间最长的债券期限为 $T=4$。

b. 今天卖空 1 单位价值为 $B(0, 3)=\$0.88$ 的 3 期零息债券，并买入 $[B(0, 3)/B(0, 4)]=0.88/0.82=1.073\,2$ 单位价值为 $B(0, 4)=\$0.82$ 的 4 期零息债券。

c. 该组合今天的价值为 0，从而其现金流为 0。

d. 现金流第一次产生于 3 时点且为负值，这就如同在 3 时点借入 1 美元。

e. 下一次现金流产生于 4 时点，此时 4 期的零息债券到期。这时候现金流为正，其值为 $[B(0, 3)/B(0, 4)]=\$1.073\,2$，它等于远期所定义的 $[1+f(0, 3)]$。这相当于偿还之前借入的 1 美元并支付利息。

为了得到一般规律，我们将 4 时点替换为 T 时点。这一替换表明，收益表中零息债券

的投资组合恰好复制了0时点无风险地借入的1美元在$[T-1, T]$所获得的现金流。

(3) 第三种解释将在下一部分介绍，届时我们将说明远期利率对应于远期利率协议合约的报价利率。

21.4.3 使用远期利率

这里，将介绍如何依据远期利率来表达其他的比率和价格。下一章中将会阐述如何对互换做同样的事情，在第23—25章中会揭示远期利率在现代利率衍生工具定价模型中的重要作用。让我们先来讨论一个例子。

【例21.6】 使用远期利率计算零息债券价格

- 继续我们之前的例子，使用式(21.9)，我们可以根据远期利率写出第一个零息债券的价格：

$$f(0,0)=\frac{1}{B(0,1)}-1, \text{或 } B(0,1)=\frac{1}{1+f(0,0)} \tag{21.10a}$$

其中$f(0,0)$也是即期利率。

- 考虑一个从下一期开始计算，即时点1的远期利率，我们会得到

$$\begin{aligned} f(0,1)&=\frac{B(0,1)}{B(0,2)}-1 \text{ 或 } B(0,2)=B(0,1)\frac{1}{1+f(0,1)} \\ &=\frac{1}{[1+f(0,0)]}\frac{1}{[1+f(0,1)]} \end{aligned} \tag{21.10b}$$

其中等式右边的最后一项用式(21.10a)中$B(0,1)$的值代替。

- 通过继续这种连续替换，我们可以概括出一个适用于更长到期期限的零息债券的公式。

对本例的归纳是我们的下一个结论。

结论21.2

用远期利率表示的零息债券价格和收益率

$$B(0,T)=\frac{1}{[1+f(0,0)][1+f(0,1)]\cdots[1+f(0,T-1)]} \tag{21.11a}$$

$$R(0,T)=([1+f(0,0)][1+f(0,1)]\cdots[1+f(0,T-1)])^{\frac{1}{T}}-1 \tag{21.11b}$$

其中$B(0,T)$是到期日为T时点的零息债券在0时点的价格，$R(0,T)$为该零息债券的到期收益率，且$f(0,t)$代表在0时点约定的$[t,t+1]$时期的远期利率。

式(21.11a)将一个零息债券的价格$B(0,T)$表示成在T时点收到1美元的贴现值，其中贴现利率为远期利率。式(21.11b)表示，一个零息债券的收益率是相应的远期利率的几何平均值减去1。这个结论与在本章开头的式(21.1)中零息债券收益率的定义一致。式(21.11b)

还另外提供了一个观点：即期利率(由 $R(0)$ 定义)是立即借贷 1 期的远期利率，即

$$R(0)=R(0,1)=f(0,0) \tag{21.12}$$

尽管零息债券更容易操作，但是却不经常产生交易。在这种情况下，人们可以通过附息债券的价格得到远期利率。其计算方法在拓展 21.3 中介绍。

远期利率和收益率的概念有助于我们理解基础的利率衍生工具、远期利率协议和利率期货，我们将在后面的章节中讨论这些概念。

拓展 21.3 由附息债券的价格计算远期利率

通过附息债券的价格求远期利率是一个求线性方程组的解集的简单过程。首先，我们需要附息债券具有如下的无套利关系。

设一个附息债券，其价格为 P_T，本金为 L，到期期限为 T，每期支付利息 C。为了消除套利机会，在一个无摩擦的竞争性市场中，必须有

$$P_T=CB(0,1)+CB(0,2)+\cdots+CB(0,T-1)+(C+L)B(0,T) \tag{1}$$

这要建立在一个由 C 个单位的 $B(0,1)$、C 个单位的 $B(0,2)$，…，C 个单位的 $B(0,T-1)$ 和 $(C+L)$ 个单位的 $B(0,T)$ 组成的零息债券组合的现金流可以模拟附息债券现金流的基础上。因此，建立一个这样的组合的成本必须等于附息债券的交易价格，否则就会存在套利机会。公式(1)中等号右边的部分即为构建组合的成本。

接下来，假设我们有一个包含 T 个不同的附息债券价格的组合。其中每一个附息债券都满足一个类似式(1)的方程。这使我们得到关于 T 个未知数 $[B(0,1), B(0,2), \cdots, B(0,T)]$ 的 T 个方程。我们可以通过使用线性代数求解该线性方程组以得到零息债券的价格。如果方程组无解，我们可以找到使得式(1)左右两边误差平方和最小的零息债券价格。最后，我们可以将零息债券的价格代入式(21.9)，求得远期利率。

【例 1】 由附息债券的价格计算远期利率

- 今天是 0 时点。设有三个票面价值为 $L=\$100$ 的美国国库券。

  —1 年期国库券的价格为 $P_1=\$97$。

  —2 年期国库券的价格为 $P_2=\$100.60$，年利息 $C_2=\$4$。

  —3 年期国库券的价格为 $P_3=101.90$，年利息 $C_3=\$5$。

计算零息债券价格

- 幸运的是，第一个短期国债给出了零息债券的价格。由式(1)可得

$$P_1=LB(0,1)$$
$$97=100B(0,1) \text{ 或 } B(0,1)=0.97 \tag{2a}$$

- 代入 2 年期短期国债，由式(1)得

$$P_2=C_2B(0,1)+(C_2+L)B(0,2)$$
$$100.60=4\times0.97+(4+100)\times B(0,2)$$
$$\text{或 } B(0,2)=(100.60-3.88)/104=0.93 \tag{2b}$$

- 最后，对于3年期短期国债，可由式(1)得到

$$P_3 = C_3B(0,1) + C_3B(0,2) + (C_3 + L)B(0,3)$$
$$101.9 = 5 \times 0.97 + 5 \times 0.93 + (5 + 100)B(0,3)$$
$$\text{或 } B(0,3) = (101.9 - 4.85 - 4.65)/105 = 0.88 \quad (2c)$$

计算远期利率

由于这些零息债券的价格与例21.5中相应的价值相同，我们已经计算出了远期利率并将结果在表21.3中给出。

在确定了零息债券的价格之后，你可以很容易地求得其收益率，并画出它们关于到期期限的零息债券价格曲线。

21.5 基本利率衍生工具合约

21.5.1 发展简史

利率衍生工具(IRDs)产生于20世纪70年代，当时利率水平的波动性达到了一个空前的地步，取代了原来利率平缓变化的时代。回顾我们第8章中的讨论，产生这种变化的原因是石油危机和其他商品供给端的波动推高了通货膨胀，使得利率变动比之前更加剧烈。于是市场开始寻找一个能够管理利率风险的工具，这推动了交易型开放式利率衍生工具的创新。

- 1975年，芝加哥交易所推出了第一个利率衍生工具GNMA(Government National Mortgage Association，政府国民抵押协会)期货，它可以用于对冲长期利率风险。
- 1976年，13周的国库券期货合约开始交易。目前认为，这是最早的交易型开放式利率期货合约。
- 在80年代后期，GNMA期货合约逐渐被淘汰，原因是，由芝加哥交易所于1977年发行的美国国库券期货，在面对同样的风险时套期保值的效果更好。
- 1981年，芝加哥商品交易所推出了世界上第一个现金结算的衍生工具——欧洲美元期货。这是一个对短期利率风险进行套期保值的工具，在13年后，它取代了长期国债期货，成为世界上交易最为活跃的期货合约。
- 1982年，芝加哥交易所推出了长期国债期货期权，其定价和风险对冲将在第23—25章中讨论。
- 1992年，芝加哥商品交易所推出了一个后市场全球电子交易系统Globex。它由(芝加哥交易所、芝加哥商品交易所和纽约商业交易所在2007—2008年间合并产生的)芝加哥商品交易所集团管理，如今Globex是一个24小时运行的庞大系统，几乎在世界各地都可以登录这个系统，它覆盖了80%的集团交易量。①该系统促

① 《芝加哥商品交易所全球电子交易系统Globex平台的增长：一次回顾》(2008年8月10日)；芝加哥商品交易所集团的一个出版物，可在以下网站找到：cmegroup.mediaroom.com/index.php?s=114&item=119。

进了利率衍生工具市场的发展。由于全球事件对于利率的影响，长期以来，利率衍生工具市场一直是24小时运行的。

当今的市场上有多种多样的利率衍生工具。前面讲过，基于一个标的股票（或商品）的基础股权（商品）衍生工具有远期合约、期货合约、欧式看涨期权和欧式看跌期权。对利率衍生工具，也有类似的合约，其标的"资产"为即期利率，它是一个指数，而不是交易的证券。它们所用的基础衍生工具是相同的，但有不同的命名：远期利率协议（FRAs）、利率期货、利率上限和利率下限。

然而，并非所有的基础证券都可交易。可交易的有场外市场远期利率协议和交易所交易期货。单期利率上限协议和单期利率下限协议只作为利率上限和利率下限投资组合的一部分进行交易。此外，远期利率协议和零息债券构成的投资组合也可交易。这些是利率互换，我们已在第7章介绍过。这部分内容将在下章中详细阐述。

下面我们将介绍远期利率协议和利率期货合约。我们先来阐述远期利率协议，它易于理解，并且与前面讲到的远期利率相关。之后我们会阐述欧洲美元期货，它非常流行，并且与美国短期国库券期货（在拓展21.4中讨论过）相似。

21.5.2 远期利率协议

远期利率协议与远期合约类似，有时也会被简单地称为"远期"。就像远期交易锁定了未来某时刻购买商品的价格一样，**远期利率协议**固定了未来某个时间段借贷的利率。这种场外交易合约的最大市场是在伦敦，那里有各色交易员对欧洲美元、euribor（欧元银行同业拆借利率，它是和以欧元银行间定期存款计算的bbalibor类似的利率指数）、英镑、瑞士法郎和日元等货币贷款的远期利率协议进行报价。①

下例将介绍远期利率协议的运作方式。

【例21.7】 远期利率协议

- 设今天为1月1日（0时点）。国际美食与餐馆有限公司（INTRest，一个虚构的公司）的财务主管计划5个月后借入1亿美元以建造一个工厂。她接受当前的利率水平，并且决定通过在远期利率协议中成为多头以锁定当前的利率水平。
- 伦敦基础自营商银行公司（虚构公司）对一个5×8的1亿欧洲美元远期利率协议给出利率为5.95%—6%的报价。图21.7描述了这个远期利率协议的运作过程（在这里我们省略了一些清算日市场惯例）。

  —5×8的意思是该远期利率协议从5个月后（即6月1日）开始执行，在第8个月结束。

① 《Euribor-EBF（欧洲银行联合会）是一个国际性的非盈利组织，它是于1999年在欧元产生的同时建立的。欧洲银行设施控制且对外宣布主要基准利率：欧元银行同业拆借利率（Euribor）、欧元隔夜加权平均利率（Eonia）、欧元回购参考利率（Eurepo）和Eonia互换指数。Euribor（欧元银行同业拆借利率）是EMU（Euro Interbank Offered Rate，欧洲货币联盟）中的银行之间的贷款利率。与bbalibor相似，euribor是由一些银行报出的拆去利率的阶段平均值，它由信息公司汤森路透在欧洲中部时间上午11点向市场公布。Eonia（Euro Over Night Index Average，欧元隔夜加权平均利率）是一个由欧元地区的一些银行之间以高质量证券作抵押的隔夜贷款利率指数，而EONIA SWAP INDEX是由主要银行间报出的EONIA互换的中间市场利率。

—名义本金 L_N 是 1 亿美元。这个金额不会转手，只用来计算利息。由于利率是以欧洲美元计价的 bbalibor，所以这是一个欧洲美元远期利率协议。

—该财务主管决定从交易员那里购买远期利率协议，协定远期利率 f_{FRA} 为 6%。这个利率成为了该公司锁定的借款固定利率。或者，如果 INTRest 想要贷入资金，它可以以 5.95%的利率卖出该远期利率协议，该利率即成为有效的贷款利率。

现在(起始日)
(0 时点=1 月 1 日)

结算日
(6 月 1 日)

支付日
(9 月 1 日)

公司买入 1 份远期利率协议，为贷款本金 1 亿美元锁定年利率为 6%的远期利率水平	在 6 月 1 日，3 月期的 bbalibor 年利率为 8%	在 9 月 1 日，公司收入 $511 111.11

图 21.7　远期利率协议的时间线和现金流

- 5 个月后，在 6 月 1 日，英国银行家协会宣布未来 3 个月的 bbalibor 利率为每年 8%。远期利率协议的买家会获得收益，因为这个浮动的 3 月期 bbalibor 利率(称为参考利率)比远期利率中协定的利率要高。
- 该财务主管在付息日 9 月 1 日(贷款终止日)得到

$$\text{名义本金}\times(\text{参考利率}-f_{FRA})\times\text{时期}=100\,000\,000\times(0.08-0.06)\times(92/360)$$
$$=511\,111.11\text{ 美元} \tag{21.13a}$$

- **一些远期利率协议在结算日支付利息，结算日是宣布参考利率的日期**(在本例中为 5 个月后)。在这种情况下，用 8%的利率对式(21.13a)中的现金流进行折现，其中 8%的利率是这 92 天间的市场利率。那么多头公司将在 6 月 30 日得到：

$$\frac{511\,111.11}{\left(1+0.08\times\frac{92}{360}\right)}=500\,871.08\text{ 美元} \tag{21.13b}$$

- 如果在 6 月份借款，国际美食与餐馆有限公司需要支付 8%的利息。而实际上它们的借款成本只有 6%，这是因为在远期利率协议上获得了收益。
- 远期利率协议的保护作用只持续了 3 个月。为了能够在更长的时间范围内对冲现金流，国际美食与餐馆有限公司可以购买一系列到期日不同的远期利率协议。该公司需要支付 6%的利息，同时可以获得相应时期的浮动参考利率。幸运的是，这种合约在市场上是打包交易的。你可能会猜到，这就是我们在第 7 章介绍的利率互换协议！在下一章中，我们会证明这一猜想，并且告诉大家为什么利率互换协议是远期利率协议的集合。

注意远期利率协议的以下特征：

(1) 远期利率协议使用实际天数/360 天的计息方式。即，假设一年中有 360 天，计息时间段为实际天数。欧洲美元远期利率协议和欧洲银行间隔夜拆借利率都使用这种计息方式，而英镑远期利率协议使用的计息方式为实际天数/365 天。

(2) 结算金额由通过使用单利而实现的 bbalibor 贴现得到。

(3) 我们已经假设远期利率协议的签订方不会有违约风险，意味着约定的结算金额即为实际收到的结算金额。由于远期利率协议是场外交易工具，因此在交易中需要与交易对手商议所需的担保额。

(4) 与远期合约一样，远期利率协议的回报可能是正的、零或负的。因此，远期利率协议是一个关于未来 bbalior 利率变动的“赌博”。

本例中远期利率协议的回报可以由公式求出。设一个远期利率协议的名义本金为 L_N，结算日为 t_{Set}，支付日为 T 时点。支付日(T 时点)远期利率协议的回报为

$$L_N \times (Ref - f_{FRA})(T - t_{Set})/360 \tag{21.14a}$$

其中 Ref 是以在 t_{Set} 决定的时间段 $(T - t_{Set})$ 间按天数计的参考利率(多数情况下为 bbalibor 或 Euribor)，f_{FRA} 为远期利率协议中的利率。

如果现金流的交割发生在参考利率公布的那一天，则在结算日(t_{Set})时，远期利率协议的回报为

$$\frac{L_N \times (Ref - f_{FRA})(T - t_{Set})/360}{[1 + Ref \times (T - t_{Set})/360]} \tag{21.14b}$$

式(21.14a)中的回报按参考利率贴现到结算日得到。

在离散时间模型中，远期利率协议在 T 时点的回报可以简化为

$$L_N \times [R(T-1) - f_{FRA}] \tag{21.14c}$$

这是因为参考利率为 $R(T-1)$，是 $(T-1)$ 时点的即期利率，并且时间段具有单位长度(而不是 360 天)。

21.5.3 利率期货

正如你可能想到的，利率期货合约是远期利率协议在交易所交易的“孪生兄弟”。这是因为它也是一个锁定未来的借(贷)款利率的协议。它和远期利率协议的区别与期货合约和远期交易的区别一样。有很多特征可以区分它们，比如标准化、有清算所、收取保证金和每日结算。一些利率期货(如那些国债利率期货)最终以实物交割，而另一些(如欧洲美元利率期货)则以现金交割。

期货的报价方式与标的证券的报价方式相同。考虑在芝加哥商品交易所集团的交易所内交易非常活跃的一些利率期货合约。国债、票据和本息分离债券的期货报价方式为，票面价值为 100 美元的债券的价格是按 1/32 美元为最小单位报出。通过买进这些证券之一的期货合约，意味着你承诺在未来某时期按约定的价格购买其标的债券。而欧洲美元期货与短期国库券期货一样，遵循不同的报价规则。我们以欧洲美元期货为例进行讨论，

它不受与美国国库券期货合约的实物交割特征中嵌入期权相关的复杂状态的影响(国债期货在拓展 21.4 中讨论)。

欧洲美元期货合约的收益由合约交割时的 3 月期 bbalibor 利率决定,但是欧洲美元期货合约并不直接报出期货的利率,而是报出期货价格,可写作

$$\text{期货报价} = 100 - \text{期货利率} \tag{21.15}$$

例如,期货报价为 94 意味着期货利率为(100 − 94) = 6%。

注意欧洲美元期货的以下特征。

(1) 显然,用期货利率除以 100 得到利率的小数形式,在这个例子中即为 0.06。在接下来的计算中将使用这种小数形式。

(2) 例子中的 94 是票面价值为 100 美元、合约到期 3 个月后偿还本金的欧洲美元存款的期货价格。欧洲美元期货的报价在 0—100 之间,并将新产生的欧洲美元期货合约的价格设定为 0。

(3) 这种报价方式还有另一个好处:它保持了其他市场中常见的卖出价和买入价之间的关系。在大多数市场中卖出价(对客户来说是买入的价格)比买入价(对客户来说是卖出的价格)高。在利率市场中,同样的关系以价格的形式得以保持:顾客购入债券的价格要比售出债券的价格高。然而,债券的报价通常是以利率(收益率)的形式。由于债券的价格和收益率呈相反关系,卖出收益率要比买入收益率低。同样,如例 21.8 所述,期货价格报价使得卖出期货价格报价高于买入期货价格报价(见图 21.8),并且卖出期货报价利率低于买入期货利率报价。

【例 21.8】 一个欧洲美元利率期货合约

欧洲美元期货合约

- 设今天是 1 月 1 日,6 月份的欧洲美元期货卖出报价为 94.00,买入报价为 93.99。这意味着卖出利率为 100 − 94 = 6%,买入利率为 100 − 93.99 = 6.01%(见图 21.8)。标的资产为 90 天的 100 万欧洲美元 3 月存款。100 万美元是名义本金,该合约是以现金结算的。期货利率在 90 天期间不断地被计算(见表 21.5,在芝加哥商品交易所集团交易的欧洲美元期货合约规范)。
- 注意到期货价格报价(卖出报价 94)是市场用于确定期货利率的惯用指标,这是很重要的。在这里,卖出期货利率为 6%或小数形式 $i_{fut} = 0.06$。
- 由期货利率可以求出为期货合约支付的费用,决定 t 时点期货合约费用的值由下式给出

$$1\,000\,000 \times \left(1 - i_{fut} \times \frac{90}{360}\right) \tag{21.16a}$$

其中 i_{fut} 是期货利率的小数形式。为方便起见,我们将这个值叫做**期货合约价格**(future-contract-price)。

- 期货价格报价和期货合约价格之间的区别在于后者调整了名义本金(从 100 到 100 万美元)并将时间期限以单利形式调整为 3 个月(注意,在式(21.15)中期货价格报价的隐含时间期限为 1 年)。

表 21.5 欧洲美元期货合约规格

规　格	描　述
标的资产	本金价值为 100 万美元、3 个月到期的欧洲美元定期存款
报　价	按 IMM3 个月 libor 指数点或者 100 减去年利率(以 360 天为一年)报价
最小变动价位(最低波幅)	最近到期合约月份中一个基点的 1/4(0.002 5 = 6.25 美元/合约); 其他所有合约月份中一个基点的 1/2(0.005 = 12.5 美元/合约)
合约月份	3 月份、6 月份、9 月份、12 月份,直至 10 年(40 份合约总和)再加上 4 个最近的分期到期时间(不属于 3 月份周期的月份)。未来 10 年期终止的新合约月份于前季度期货合约到期之后的周二上市
最后交易日	合约到期月份第 3 个周三之前的第 2 个伦敦银行营业日。到期合约交易于最后交易日伦敦时间上午 11 点收市
最终结算	到期合约以现金结算,其价格为 100 减去英国银行家协会在最后一个交易日报出的 3 月期美元 LIBOR;最终结算价格保留小数点后 4 位,相当于每份合约百分制的 1/10 000 或 0.25 美元
头寸限制	无
交易时间(中央标准时间)	公开喊价,周一至周五:上午 7:20 至下午 2:00; CME GLOBEX,周日至周五:下午 5:00 至下午 4:00

资料来源:www.cmegroup.com/trading/interest-rates/stir/eurodollar_contract_specifications.html。

- 卖出期货合约价格为 $1\,000\,000\times[1-0.060\,0\times(90/360)]=\$985\,000$,买入期货合约价格为 $1\,000\,000\times[1-0.060\,1\times(90/360)]=\$984\,975$(见图 21.8)。注意,如果期货价格下降了一个基点,即 0.000 1,那么该欧洲美元期货合约价格会下降 25 美元。

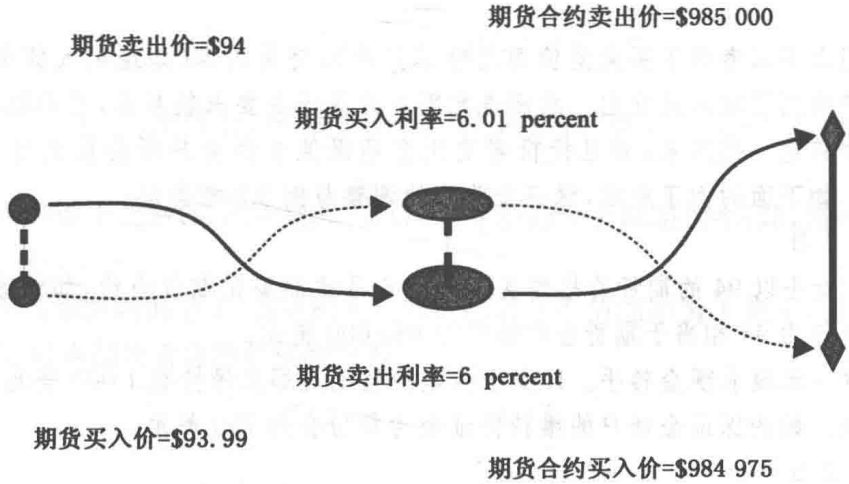


图 21.8 欧洲美元期货的期货价格、期货利率和期货合约价格

- 在交割日的期货合约价格为

$$1\,000\,000\times\left(1-i\times\frac{90}{360}\right) \tag{21.16b}$$

其中 i 是在交割日宣布的单利形式的 bbarlibor 即期利率。请注意,在交割日,期

货利率会趋同于即期利率。

- 交割日的期货合约价格表示存 3 个月后支付 100 万美元的欧洲美元存款在当天的价值。该计算采用单利(bbalibor)计息,一年按 360 天算。例如,如果交割日当天 $i=0.03$,那么期货合约价格即为 $1\,000\,000\times[1-0.03\times(90/360)]=992\,500$ 美元。这就是在 3 个月后支付 100 万美元的欧洲美元存款在交割日的买入价格。

套期保值的例子

- 让我们调整该合约以满足我们在前面的例子中列举的国际美食与餐馆有限公司的套期保值需求:
  - —国际美食与餐馆有限公司需要购买 100 份合约满足其 1 亿美元的需求。
  - —国际美食与餐馆有限公司必须卖出欧洲美元利率期货合约以锁定借款成本:如果利率上升了,则期货价格会下降,期货产生负的收益,作为空头的国际美食与餐馆有限公司会得到正的收益。
  - —例如,如果期货卖出价格下降到 91.99(这相当于期货利率为 100 − 91.99 = 8.01%),则期货合约价格会变为

$$1\,000\,000\times[1-0.080\,1\times(90/360)]=\$\,979\,975$$

- 卖空 100 份合约,国际美食与餐馆有限公司的现金流为

$$\begin{aligned}&-100\times[\text{新的合约价格(卖出价)}-\text{旧的合约价格(买入价)}]\\&=-100\times(979\,975-984\,975)\\&=500\,000\text{ 美元}\end{aligned}$$

期货合约的表现与远期利率协议合约差不多(见式(21.13b)中的收益)。

保证金

- 我们之前只考虑了买卖差价而忽略了其他的交易成本(如经纪人佣金)和保证金账户的利息收入或支出。欧洲美元期货的保证金要求较复杂,它们取决于交易策略和其他一些因素,并且投机者要比套期保值者和交易所会员支付更多的保证金。如下面的例子所示,保证金账户的调整与例 9.3 相类似。
- 1 月 1 日
  - —L 女士以 94 的期货价格购买了一份 6 月欧洲美元期货合约,如前面所述,期货价格为 94 相当于期货合约价格为 985 000 美元。
  - —这一天没有现金转手。L 女士在她的经纪人那里保持有 1 000 美元的初始保证金。她的保证金账户的维持保证金为每份合约 750 美元。
- 1 月 2 日
  - —期货结算价格为 94.05。期货利率为 100 − 94.05 = 5.95%,或以小数形式表示为 0.595。则期货合约价格为 $1\,000\,000\times[1-0.059\,5\times(90/360)]=985.125$ 美元。
  - —保证金账户变化 = 1 月 2 日期货合约价格 − 1 月 1 日期货合约价格 = 985 125 − 985 000 = 125 美元。她的保证金账户余额为 1 000 + 125 = 1 125 美元。
  - —可以看出随着期货价格上升,多头的价值会增加。

- 1月3日

  —期货结算价格为93.75。则期货合约价格为1 000 000×[1－0.062 5×(90/360)]＝984.375美元。

  —保证金账户变动＝984 375－985 125＝－750美元。

  —由于她的保证金账户价值1 125＋(－750)＝375美元已经低于维持保证金，她的经纪人要求她在账户中存入(1 000－375)＝625美元或更多现金。

前面例子中的欧洲美元期货合约价格可以用公式描述。设一个欧洲美元期货合约在t时点交易，交割日为T，标的资产为名义价值L_N＝100万美元、3个月到期的欧洲美元存款。在t时点时该欧洲美元期货的合约价格由下式表示

$$\mathcal{F}(t)=L_N\times\left[1-i_{fut}(t)\times\frac{90}{360}\right] \tag{21.16c}$$

其中$\mathcal{F}(t)$为t时点的期货合约价格，$i_{fut}(t)$是t时用小数表示的期货利率。可以发现期货报价并没有在这个公式中明确给出。期货价格只是市场用于对期货利率报价而引入的概念。

在时间段$[t, t+1]$投资者的盈亏由期货合约价格的变化决定，即

$$\mathcal{F}(t+1)-\mathcal{F}(t)=-L_N\times[i_{fut}(t+1)-i_{fut}(t)]\times\frac{90}{360} \tag{21.16d}$$

由式中等号右边的负号可以看出如果期货利率增加，则期货合约价格会下降。这是因为期货合约价格与期货利率本来就呈相反方向变动。

期货合约在交割日的结算价格为

$$\mathcal{F}(T)=L_N\times\left[1-i(T)\times\frac{90}{360}\right] \tag{21.16e}$$

其中$\mathcal{F}(T)$是T时点的期货合约价格，$i(T)$是T时点的90天bbalibor即期利率(单利形式)。

随着时间趋近于交割日，期货利率$i_{fut}(t)$也逐渐趋近于即期利率；即，当t趋近于T，$i_{fut}(t)$趋近于$i(T)$。

在我们的离散时间模型中，将欧洲美元期货的名义价值缩小为1美元，就可以将t时点和交割日T时点的期货合约价格简化为

$$\mathcal{F}(t)=[1-i_{fut}(t)] \tag{21.16f}$$

和

$$\mathcal{F}(T)=[1-R(T)] \tag{21.16g}$$

因为时间是离散的，具有单位长度，且即期利率[见式(21.12)]在本例中也是单利。

从这个时间离散化的例子中，我们可以发现期货报价是以期货合约价格的百分比形式(乘以100)表示的，因此对于接下来的建模期货报价和期货合约价格可以不再作区别。

拓展 21.4 国债期货

短期国债期货价格

13 周短期国债期货合约产生于 1976 年，是最早的交易所交易利率衍生工具。它是一个非常受欢迎的短期利率风险规避和投机工具，与欧洲美元期货合约有着许多共同的特征：两者的名义本金都是 100 万美元，都假定利率适用期为 90 天，都设 1 年为 360 天，都被构建为指数变动 1 个基点时相当于期货合约价格变动 25 美元。它们间最主要的区别在于，短期国债期货合约以短期国债作为标的资产，所以如果空头要求交割，它必须以实物交割；而欧洲美元期货合约是以现金交割的，并不会产生期货交割要求。

让我们从一个卖出价格为 94.00 美元的期货入手了解 13 周短期国债期货的运作方式。与欧洲美元期货相同（见例 21.8），这相当于该期货年利率为 $100-94=6\%$。这是你在式(2.7b)中看到的银行折现收益率。将此利率作为卖出利率，由式(2.7b)可以算出面值为 100 万美元、90 天到期的债券的期货合约卖出价格为：

$$P_{Ask}=1\,000\,000B=1\,000\,000\left[1-(\text{银行贴现收益率})\left(\frac{T}{360}\right)\right]$$

$$=1\,000\,000\left(1-0.06\times\frac{90}{360}\right)=985\,000$$

如果期货报价为 94.01 美元，则银行贴现收益率就为 5.99%，且债券的卖出期货合约报价为 985 025 美元。与欧洲美元期货相同，期货价格上涨 1 个基点会造成 13 周短期国债期货合约价格增加 25 美元，这是短期国债期货买方会获得的利润。

实物交割的要求使得短期国债期货合约比欧洲美元期货合约更难处理。在短期国债期货到期日，会发行新的 13 周到期的短期国债。芝加哥商业交易所集团允许在经过适当的价格调整后以 91 天和 92 天的短期国债代替 90 天的短期国债，以此提高可交易证券的流动性。

中期和长期国债期货

较长期的国债期货与短期国债期货的操作方式类似，但是它们的报价方式不同。中期国债、长期国债和本息分离债券的报价方式是以最小变动价位为 1/32 个基点报出面值为 100 美元的债券价格。买进上述证券之一的期货合约，意味着你承诺在未来以固定的价格购买该标的债券。

与短期国债期货一样，由空头发起交易并决定以哪支债券进行交割。合约规定，在通过转换系数对价格进行适当的调整后，符合条件的债券之间可以相互代替。这使得空头拥有了一个有价值的嵌入期权，其形式为提供一个最便宜交割债券（cheapest-to-deliver bond）。此外，空头还有一个“期权”，称为**百塔牌期权**（wild card option），因为长期国债期货在下午 2:00（美国中央时间）停止交易，而长期债券的交易截止于下午 4:00 并且空头在下午 8:00 前都可以发出交割意向。这些嵌入期权大大地增加了债券期货合约估价的复杂程度。

21.5.4 远期利率和远期利率协议间利率的对等性

远期利率和远期利率协议都能够锁定未来某时刻的借贷利率。那它们之间有什么联系吗？答案是肯定的，这两个利率是相等的。让我们举个简单的例子来证明这一点。

【例 21.9】 远期利率和远期利率协议利率

- 我们通过利用无套利假设，来确定远期利率协议利率并证明它与远期利率相等。
  —设一个在 0 时点签订的远期利率协议，其执行日是 3 时点，到期日为 4 时点。
  —用 $f_{FRA}(0,3) \equiv f_{FRA}$ 来表示远期利率协议利率。合约名义本金为 $L_N = 1$ 亿美元。
  —远期利率协议以 3 时点时的即期利率 $R(3)$ 计算的价值为标的。该利率在 3 时点时公布，作用于在时间段[3, 4]（见式(21.14c)）。

在远期利率协议的到期日，4 时点

- 远期利率协议在到期日的现金收益为

$$[R(3) - f_{FRA}]100 = [1 + R(3) - (1 + f_{FRA})]100 \tag{21.17a}$$

我们通过对括号中加 1 再减 1 改写了该收益的形式。

在 3 时点

- 向前移动一个时期，并计算 3 时点的现值，我们得到

$$[1 - (1 + f_{FRA})B(3,4)]100 \tag{21.17b}$$

括号中第一项为 1 是因为我们通过在 3 时点向货币市场账户中投资了 1 美元而在 4 时点得到了 $[1 + R(3)]$，而第二项是由 4 时点 $(1 + f_{FRA})$ 乘以零息债券的价格 $B(3,4)$ 而得到的 3 时点的现值。

在 0 时点，签订远期利率协议的日子

- 为了计算 0 时点的现值，要注意两点（见图 21.1）：3 时点的 1 美元在 0 时点的现值为 $B(0,3)$；同样，$B(3,4)$ 在 0 时点的现值为 $B(0,4)$。因此，这些现金流的现值为

$$[B(0,3) - (1 + f_{FRA})B(0,4)]100 \tag{21.17c}$$

- 与传统的远期合约一样，远期利率协议利率将协议签订日（0 时点）的远期利率协议价值设定为 0。令式(21.17c)等于 0，解出远期利率协议利率，

$$[B(0,3) - (1 + f_{FRA})B(0,4)]100 = 0$$

$$\text{解得 } f_{FRA}(0,3) \equiv f_{FRA} = [B(0,3)/B(0,4)] - 1 \equiv f(0,3) \tag{21.17d}$$

其中最后一项遵循式(21.9)中对于远期利率的定义。

上例的结论具有普遍性。将式(21.17d)中的 4 时点用 T 时点代替，可以得到以下结论。

结论 21.3

远期利率协议利率和远期利率

设一个远期利率协议，名义本金为 L_N，到期日为 T，结算日为 $T-1$（离散时间模型），则

$$\text{远期利率协议利率，} f_{FRA}(0, T-1) = f(0, T-1)\text{，远期利率} \tag{21.18}$$

得出这个结论是理所应当的。在前面的章节内容中，到期日 $(T-1)$ 的远期利率是一个人可以在 0 时点约定的在 $[T-1, T]$ 内进行无风险借贷的利率。在合约中，借方预计即期利率会大于远期利率——但这也是买入远期利率协议时做出的预测。买入远期利率协议，意味着预期参考利率，就是这里说的即期利率，会高于远期利率协议利率。因此，这两个利率必须相等。更进一步的理解就是：我们之前定义的抽象的远期利率与源自在市场上交易的远期利率协议的利率一样。在后面三章中，我们会以其他衍生工具为背景进一步阐明远期利率的作用。

本章小结

1. 对于利率衍生工具(IRDs)的讨论与前面讲到的商品和股票的现货、远期、期货和期权内容一致。对于利率衍生工具来说，相当于用一系列不同到期期限的无风险零息债券代替了单一的商品或股票价格而作为标的资产。由零息债券得出的收益率和远期利率是其基础概念。我们着重阐述了欧洲美元利率衍生工具，它相比于国债期货更简单，并且拥有最大的交易量。

2. 欧洲美元是在欧洲银行(或美国银行在欧洲的分行)的美元存款，并赚取美元利息。欧洲美元有三种主要的利率：欧洲美元存款支付的欧洲美元年利率、伦敦银行报出的相互拆借美元的一般 libor，和由英国银行家协会计算的利率指数 bbalibor(它是伦敦一些主要银行的 libor 报价的平均值，大约在上午 11 点向市场公布)。

3. 假设离散化的时间序列为 $t=0, 1, 2, 3, \cdots$，一个零息债券的收益率就是贴现债券现金流等于其现价时的利率：

$$B(0, T) = \frac{1}{[1+R(0, T)]^T}$$

其中 $B(0, T)$ 是在 T 时点支付 1 美元的零息债券在 t 时点的价格，$R(0, T)$ 是到期日为 T 的零息债券在 t 时点的收益率。

4. t 时点时，到期期限最短的零息债券的到期日为 $(t+1)$，其收益率有一个特殊的名字——即期利率 $R(t)$。一个无风险货币市场账户在每一期都赚取即期利率。

5. 收益率曲线是零息债券的收益率关于债券到期日的函数图像。该图像称为利率的期限结构。收益率曲线可以有很多种形状，影响其形状的因素有：(1)市场参与者对利率未来变动情况的预期，(2)投资者的风险厌恶，和(3)标的零息债券的供给和需求。

6. 一个无风险附息债券的收益率(或到期收益率,也叫内部收益率)y 由下式决定

$$P_T=\frac{C}{(1+y)}+\frac{C}{(1+y)^2}+\cdots+\frac{C}{(1+y)^{T-1}}+\frac{C+L}{(1+y)^T}$$
$$=\sum_{t=1}^{T}\left[\frac{C}{(1+y)^T}\right]+\frac{L}{(1+y)^T}$$

其中 P_T 表示附息债券的价格,C 表示每年支付的利息,L 表示本金(面值或票面价值),T 表示以年计的到期期限。如果收益率等于息票利率,则债券价格就等于其面值,此时的收益率叫做平价债券收益率。

7. 传统的利率管理涉及麦考利久期的计算和利用麦考利久期近似计算当收益率的变化给定时债券价格的变化。结论 21.1 表示,债券到期收益率 y 的一个小的变动引起的债券价格变化约等于

$$\Delta P \approx -PDur_M\Delta y$$

其中 P 是变化前的债券价格,ΔP 是债券的价格变化,$Dur_M \equiv Dur/(1+y)$ 表示修正久期,Δy 表示到期收益率的变化。久期的计算公式为

$$Dur=\frac{1}{P}\left\{\sum_{t=1}^{T}\left[\frac{C}{(1+y)^t}\right]\times t+\left[\frac{L}{(1+y)^T}\right]\times T\right\}$$

其中 C 是年利息,L 是债券面值(或本金),T 是债券到期期限,y 是变动前的到期收益率。通过凸性调整,价格的近似程度会增加,凸性调整使用了价格变动方程的二阶泰勒展开式。

8. 久期是对每笔现金流发生的时间的加权平均。一个久期较长的债券意味着对于给定的利率变化其价格变动更大。零息债券的久期与其到期期限相同。一个债券组合的久期等于组合中各个债券的久期的加权平均值。

9. 基于久期的套期保值有许多缺点,这限制了它的效力。它只在利率发生极小变化、收益率曲线发生平行变动,即收益率发生等量的变动时才有效。但实际中收益率曲线很少发生平行变动。

10. 0 时点时,时间段 $[T-1, T]$ 的远期利率可以定义为

$$f(0, T-1)=\frac{B(0, T-1)}{B(0, T)}-1$$

其中 $B(0, T-1)$ 和 $B(0, T)$ 是到期日为 $(T-1)$ 和 T 时点的零息债券在当前的价格。

11. 零息债券的价格和收益率可以用远期利率表示为

$$B(0, T)=\frac{1}{[1+f(0, 0)][1+f(0, 1)]\cdots[1+f(0, T-1)]}$$
$$R(0, T)=([1+f(0, 0)][1+f(0, 1)]\cdots[1+f(0, T-1)])^{\frac{1}{T}}-1$$

其中 $B(0, T)$ 是到期日为 T 时点的零息债券在 0 时点的价格,$R(0, T)$ 是该零息债券的到期收益率,且 $f(0, t)$ 代表在 0 时点约定的 t 时点的远期利率。

12. 即期利率(用 $R(t)$ 表示)也是在一期中立即进行借贷的远期利率,即,$R(t)=f(t,t)$。

13. 远期利率协议(FRA)是在未来某段时间内按约定利率进行借贷的场外交易合约。它有许多特征:(1)远期利率协议的计价方式为实际天数/360,(2)收益以实际 bbalibor 利率依据单利形式折现,且(3)和远期一样,远期利率协议的报酬可以是正值、零或负值。远期利率协议利率与远期利率相同。

14. 设一个远期利率协议的名义本金为 L_N,结算日为 t_{Set},支付日为 T 时点。支付日(T 时点)时远期利率协议的回报为

$$L_N \times (Ref - f_{FRA})(T - t_{Set})/360$$

其中 Ref 是以在 t_{Set} 决定的时间段 $(T-t_{Set})$ 间按天数计的参考利率(多数情况下为 bbalibor 或 euribor),f_{FRA} 为远期利率协议中的利率。

15. 利率期货是在未来一些时期按约定利率进行借贷的场内交易合约。它和远期利率协议的区别与期货合约和远期交易的区别一样。有很多特征可以区分它们,如标准化、有清算所、收取保证金和每日结算。

16. 欧洲美元期货价格,与美国短期国债期货一样,以一个指数的形式报出,该指数定义为

$$\text{期货价格} = 100 - \text{期货利率}$$

17. 欧洲美元期货合约的标的资产是 90 天、本金 100 万、3 个月到期的欧洲美元存款。期货利率通常是以 90 天为一期计算的,且该合约是现金交割的。t 时点时欧洲美元期货合约价格决定了期货合约的收益,可由下面的方程得出

$$1\,000\,000 \times \left(1 - i_{fut} \times \frac{90}{360}\right)$$

其中 i_{fut} 是期货利率,它可以从前面的期货价格方程中得出,并以小数表示。

18. 设一个远期利率协议,名义本金为 L_N,到期日为 T,结算日为 $T-1$(离散时间模型),则

$$\text{远期利率协议利率},f_{FRA}(0,T-1) = f(0,T-1),\text{远期利率}$$

案例分析

伯利恒钢铁公司的养老金计划——2001(哈佛商学院案例 #202088-PDF-ENG)。该案例通过使用传统的利率风险管理工具分析了该公司养老基金的资产和负债。

联合碳化物公司:利率风险管理(哈佛商学院案例 #294057-PDF-ENG)。该案例研究了该公司如何通过匹配其资产和负债的久期来管理其利率风险。

德意志银行:寻找相对价值交易(哈佛商学院案例 #205059-PDF-ENG)。该案例研究了该银行是如何找到顾客和其交易平台都满意的收益率曲线的。

习题和思考题

1. 欧洲美元、欧洲美元利率和美国短期国债利率之间的区别有哪些?

2. 什么是 libor? 说明它和 bbalibor 之间的相同点和不同点。

3. 画出下面零息债券价格的收益率曲线。

到期期限 T	今天的零息债券价格 $B(0, T)$	
1	$B(0, 1)$	0.98
2	$B(0, 2)$	0.96
3	$B(0, 3)$	0.94
4	$B(0, 4)$	0.90

4. 债券收益率与内部收益率之间有什么关系? 用债券收益率来预测明年的收益是一个好方法吗?

接下来的三个问题将用到以下信息。

邦迪债券(虚构的名称)是一个附息债券,到期期限为 10 年。其息票年利率为 5%。该债券票面金额为 10 000 美元,市场价为 8 500 美元。

5. (Microsoft Excel)计算邦迪债券的收益率,写出你如何利用 Excel 达到这个目的。

6. 利用上一题算出的收益率计算邦迪债券的久期。

7. 假设收益率在一周之内增加了 0.000 5。

a. 算出邦迪债券现在的价格。

b. 算出债券价格的实际变化。

c. 利用久期估算邦迪债券的价格变化。此结果与实际价格变化相比如何?

8. 一个 5 年期的附息债券,年利率为 6%,每半年支付一次利息,面值为 100 美元,市场价为 95 美元。

a. 使用 Excel 计算该债券到期收益率。

b. 计算该债券久期。

9. 0 时点,到期日为 T 的零息债券的久期是多少? 用久期的定义证明你的答案。

10. 使用久期衡量债券价格的变动风险有哪两个问题?

11. 由以下零息债券价格计算远期利率。

到期期限 T	今天的零息债券价格 $B(0, T)$	
1	$B(0, 1)$	0.98
2	$B(0, 2)$	0.96
3	$B(0, 3)$	0.94
4	$B(0, 4)$	0.90

12. 由以下零息债券价格计算远期利率和收益率。

到期期限 T	今天的零息债券价格 $B(0, T)$	
1	$B(0, 1)$	0.93
2	$B(0, 2)$	0.90
3	$B(0, 3)$	0.88
4	$B(0, 4)$	0.85

13. 用一个与书中表 21.4 相似的收益表解释产生远期利率 $f(0, 3)$的零息债券投资组合。

14. 由以下远期利率计算零息债券价格。

到期期限 T	今天的远期利率 $f(0, T)$	
1	$f(0, 1)$	0.02
2	$f(0, 2)$	0.03
3	$f(0, 3)$	0.04
4	$f(0, 4)$	0.05

15. 什么是即期利率 $R(t)$? 说明它与远期利率和收益率的关系。

16. 什么是远期利率协议? 举一个具体的数值例子说明远期利率协议的时间是如何安排的,及远期利率协议的回报。

17. 什么是利率期货? 举两个常见的利率期货的例子。

18. 远期利率协议和利率期货合约之间有什么区别? 从制度差异和经济差异两个方面来回答该问题。

19. 知道了远期利率协议和利率期货合约的区别后,你认为对于其他方面均相同的合约,远期利率协议利率和期货利率会相等吗? 解释你的答案。

20. 到期日为 T 的远期利率协议利率与 $T-1$ 时点的远期利率之间有什么关系?

▶22

利率互换

22.1 引言

“信你所不能够的，赌你所不应当的。”这句话形象地描述了从 1993 年信孚银行与宝洁公司所进行的固定利率与浮动利率的互换中所得到的教训。宝洁公司受来自互换的低浮动利率的诱惑，显然低估了其支付期间的利差的重要性，而这种利差可能会增加其债务。后来因利率上升，宝洁遭受了巨大的损失，于是公司提起诉讼，强调它并不完全理解这种复杂的互换。由于信任遭遇危机，信孚银行最终赦免了大部分应付款项，平息了这场官司。这个故事的寓意很明确：不要交易那些你不了解的衍生产品，特别是那些有着复杂条款的产品，比如一个奇异的利率互换！而了解这类互换就是本章的目标。

尽管你在第 7 章已经对互换有所了解，但我们在这里会对它进行更为详细的讨论。在本章开始，我们将阐述互换的简史，之后我们会讨论互换合约的制度特点。由于互换是场外交易，具有很大的灵活性，但是交易也要受到标准化条款的规范。我们之后将对普通利率互换建立一个估值公式。最后，我们会阐述如何构建互换曲线，并将分析互换与远期利率协议(FRAs)和远期利率之间的关系。

本章所阐述的互换估值公式是利用随机利率而得到的。但估值公式并不是通过一个对利率期限结构演变的具体模型而得到的。这是因为，在固定利率与浮动利率的互换中，偿付的现金流呈线性结构。互换价值被证明只取决于当前零息债券价格的期限结构。这类似于第 16 章中的期权定价关系，这一内容先于第 17 章和第 18 章中对于二项式期权定价的研究，以及第 19 章和第 20 章的布莱克—斯科尔斯—默顿模型的学习。回想一下，对非线性偿付的看涨与看跌期权的估值需要一个股票定价过程，而这也同样适用于在之后章节所要讨论的更普遍的利率衍生工具。具有非线性偿付结构的利率衍生工具需要详尽分析利率期限结构的演变，这是理解赫斯—加罗—默顿(HJM)模型的关键所在。

22.2 互换简史

1981 年，华尔街所罗门兄弟有限责任公司组织了一项世界银行(常被称作“银行”)与

国际商用机器公司(IBM)之间的交易,这项交易被看作最早的互换(见拓展 22.1 该互换交易的详情)。世界银行发现联邦德国与瑞士的利率要低于美国,但银行从这些市场上的借款额已经达到了最大值。IBM 又分别以德国马克和瑞士法郎得到贷款。美元的升值会降低这些贷款的价值,IBM 则想把它们转换为美元贷款。因此,银行通过出售欧洲债券借到美元,再在现货市场上将美元换为马克和法郎。这项交易使世界银行与 IBM 拥有了对方的还贷义务。这就是世界上第一笔互换交易,因为它包含了在未来的现金流的交换。

互换市场得到了迅猛的发展——表 22.1 列出了一些里程碑。我们将市场的发展分为了四个阶段:(1)新的互换合约的引入;(2)从经纪业务到自营业务市场的转变;(3)国际互换与衍生品协会(ISDA)的建立与合约标准化;(4)新科技的运用与交易的自动化。

表 22.1　互换发展史上的一些重大事件

年　份	发　　展
1981	所罗门公司安排完成了 IBM 和世界银行之间的第一笔货币互换
1982	沙利美和 ITT 金融完成了第一笔利率互换
1985	国际互换交易商协会(ISDA,之后重新命名为国际互换和衍生品协会)获发特许执照,ISDA 引入了 SWAPS——对于标准化互换合约非常有用的一个文件模板
1986	由大通曼哈顿银行作为中介完成了第一笔商品互换
1987	ISDA 颁布了第一部主协议,之后版本分别在 1992 年和 2002 年进行过更新
1989	信孚银行组织进行了第一笔权益关联互换
1995	J.P.摩根进行了第一笔信用违约互换

22.2.1　互换合约的引入

1982 年所诞生的一份金融安排通常被认为是第一笔利率互换(参见 Johnson, 2004; Greenbaum and Thakor, 2007)。你或许听说过沙利美(Sallie Mae,学生贷款营销协会)——一个由政府赞助的企业,它拥有或管理着超过 1 000 万美元的学生贷款账户。①为了管理好这项事务,沙利美从银行和其他机构购买浮动利率学生贷款,这些银行和机构的贷款利率每季度会按 91 天短期国库券利率重新确定。该协会为这些购买来融资并通过卖出利率与短期国库券利率相联系的短期债券来对冲风险。但是,由于由政府赞助,沙利美可以以中期固定利率很便宜地进行借款。相反,市场上有的公司可以以一个有利浮动的利率筹资,但它们更愿意利用固定利率贷款。第一笔利率互换很聪明地将两者匹配起来——沙利美发行一个中期固定利率贷款,ITT 股份有限公司发行一个浮动利率票据——之后它们互换彼此的偿付义务。

这笔交易打开了互换创造与互换发行的闸门,除了发展奇异的利率与货币互换的类型,1986 年大通曼哈顿银行作为中介进行了基于石油价格的第一笔商品互换;1989 年,信

① 学生贷款营销协会(简称沙利美)是美国联邦政府于 1972 年发起的企业,该企业于 2004 年通过注册 Sallie Mae 公司名称而实现私有化。该公司主要向本科生和研究生及其父母提供联邦和私人学生贷款,包括提供合并贷款。

孚银行组织了首次权益互换;1995 年,J.P.摩根发行了第一份信用违约互换。正如表 22.2 所记载的,互换市场迅猛发展。如表所示,从 1987 年至 2009 年,互换市场呈现指数式的增长。在信用违约互换或权益衍生工具市场大量交易(分别在 2001 年和 2002 年)之前,利率和货币互换交易已经活跃了将近 15 年。而在 2007 年金融危机中,未平仓信用违约互换几乎减半的原因是一项新的记录方法——要求由同一个机构的同一个信用主体进行冲抵合约的净额结算。正如所述,交易的大多数互换合约仍是利率和货币互换。

表 22.2 年末名义未平仓数量,所有调查合约,1987—2009 年(基于 ISDA 市场调查)

年 份	利率和货币衍生工具总量	总信用违约互换总量	权益衍生工具总量
1987	865.60		
1988	1 654.30		
1989	2 474.70		
1990	3 450.30		
1991	4 449.50		
1992	5 345.70		
1993	8 474.50		
1994	11 303.20		
1995	17 712.60		
1996	25 453.10		
1997	29 035.00		
1998	50 997.00		
1999	58 265.00		
2000	63 009.00		
2001	69 207.30	918.87	
2002	101 318.49	2 197.57	2 455.29
2003	142 306.92	3 779.40	3 444.08
2004	183 583.27	8 422.26	4 151.29
2005	213 194.58	17 096.14	5 553.29
2006	285 728.14	34 422.80	7 178.48
2007	382 302.71	62 173.20	9 995.71
2008	403 072.81	38 563.82	8 733.03
2009	426 749.60	30 428.11	6 771.58

资料来源:www2.isda.org/search?keyword=market+survey。

22.2.2 从经纪业务到自营业务市场

在 1983 年之前,投资银行会为其客户在一个完全匹配的基础上安排一个单边交易。银行赚取不菲的经纪费用并不承担信用风险——但路途会有颠簸。每项交易不得不分开单独与交易双方协商并被仔细记录。前台(交易员)想要继续进行但后台(会计师)行动缓慢,因此交易员的数据有时会与会计师的数据不同。在一个特别的显著性事件里,严重的后台问题迫使 J.P.摩根在 1987 年长达 6 个月的时间里将其互换业务规模缩小。

人们发现，互换银行（又叫互换服务商）成为互换交易商，通过标准化合约并将其像同质商品一样进行交易可以节省后台费用。互换银行也开始了仓储互换。它们在市场上从事不同的互换交易，既充当买方也充当卖方，并利用利率衍生工具规避残余风险。早先一位银行家是这样总结这个进展的："首先我们进行相匹配的交易，之后我们意识到如果参与一笔利率互换，再进行一个国库券对冲，便可规避利率风险。下一个有逻辑的步骤就是观察整个账簿并只对冲残余风险。"（Chris Goekjian 的观察报告，报道于 Sawyer，2007，p.26）下例阐述了具体做法。

【例 22.1】 管理一个互换账簿

- 假设互换银行有限责任公司（一个虚拟的名字）从事了一笔名义本金为 1 亿美元的普通利率互换，其中该公司每年收到 6 个月 bbalibor 浮动利率，支付一个固定利率。互换银行像其他优秀的交易员一样，想要通过最优对冲其组合来管理账簿。
- 银行从事一笔期限匹配的相互抵消的互换，但该公司在名义本金 8 000 万美元上收到高出 4 个基点的利率。银行已经在 8 000 万美元上对冲其利率风险并赚取额外的 4 个基点，其等于：

$$\text{本金额} \times \text{利差} \times \text{产生利息的时间期限} = 8\,000 \text{ 万美元} \times 0.000\,4 \times 0.5$$
$$= \$16\,000 \text{ 每 6 个月}$$

- 互换银行承担对手信用风险，但考虑到互换市场的附属协议，此风险较小。
- 剩下的 2 000 万美元名义本金仍有风险。互换银行可以从事另一笔抵消互换来转移风险，也可以通过交易其他利率衍生工具来转移风险，在本章末我们会来解释具体做法。

22.2.3 ISDA 和合约标准化

正如之前所提到的，标准化合约可以提高互换交易的速度并使交易成本最小化。1984 年，当 18 名互换交易商一起建立国际互换交易商协会（ISDA，读作"iz-da"；之后为了表现协会更广的范围，重新命名为国际互换和衍生品协会）后，这项工作就正式开始了。1985 年正式获批后，ISDA 公布了 Code of SWAPS（标准用词、假设，及互换条款准则；"代码"），为场外衍生品合约提供了称为主协议的标准化文件。ISDA 随着互换市场也在不断发展，在 2008 年，ISDA 已经拥有了来自 6 大洲 56 个国家的超过 800 个的会员机构。①

ISDA 的主协议对于私下协商的衍生工具建立了标准化合约，这样就减少了法律上的不确定性，并通过担保条款、净额安排以及违约事件发生后的例行程序降低了信用风险。主协议有两个部分：（1）一个提前印刷好的不可更改的表格；（2）一张一览表，允许双方都标注变动并修改印刷表格上的条款（参见 Allen and Overy，2002）。主协议建立了非经济类条款（例如陈述与担保、违约事项和终止事项），这些条款制约着未来两个交易对手间的场外衍生品交易。每次这两名交易对手执行了一项未来的交易时，他们所要做的就是协

① 资料来源：www2.isda.org。

商经济类条款并将这些条款记录在一封确认书中。(从 2006 年开始)主协议、确认书和其他支持性的文件共同构成了 ISDA 协议结构。主协议从创立之日起,为了反映不断变化的市场环境,分别在 1987 年、1992 年和 2002 年进行了更新。

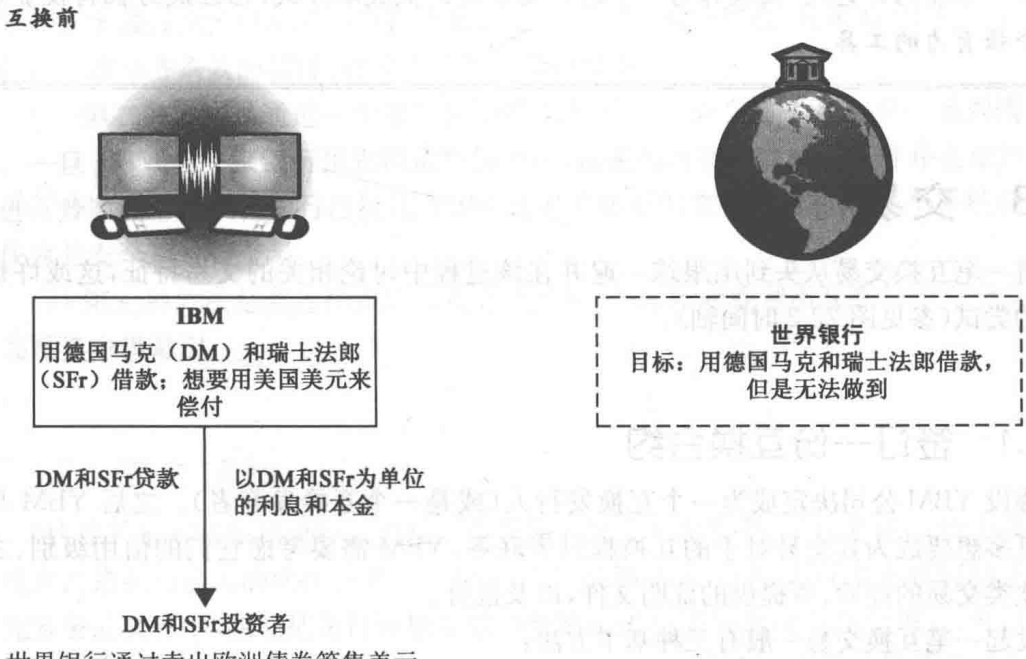
拓展 22.1 第一笔互换交易

"从某种意义上讲,衍生工具的历史就是世界银行的历史。"这是《风险》杂志 20 周年纪念版中一篇文章的开头。这篇文章强调世界银行在互换和结构化产品上是一名先驱者,并且是第一家进行现代风险管理实践的机构。第一笔互换交易拓展了我们的视野。考虑第一笔互换的背景(参见 Sawyer, 2007; Park, 1984)。

- 在 20 世纪 80 年代早期,世界银行发现联邦德国和瑞士市场的借款利率要低于美国。然而遗憾的是,世界银行已经达到了允许向上述两个国家借款额的最大值。
- 相反,IBM 在 20 世纪 70 年代借入德国马克(DM)和瑞士法郎(SFr)贷款,但是该公司意识到了美元对上述两种货币在升值,因此其贷款的美元价值就会减少。IBM 想要将其贷款换为美元,因此它就可以(1)花更少的美元来偿付贷款,(2)对冲其货币风险敞口,(3)在国内市场匹配其现金流支付。

你可以感觉到如果它们进行一个债务互换,双方都会从中受益——而这也就真的发生了! 1981 年 8 月,所罗门兄弟公司组织了一个名义本金为 2.9 亿美元的互换。

- 世界银行通过卖欧洲债券借到美元,在现货市场将它们转换为马克和法郎。它有美元债务,但持有马克和法郎。
- 银行与 IBM 互换彼此的贷款义务。



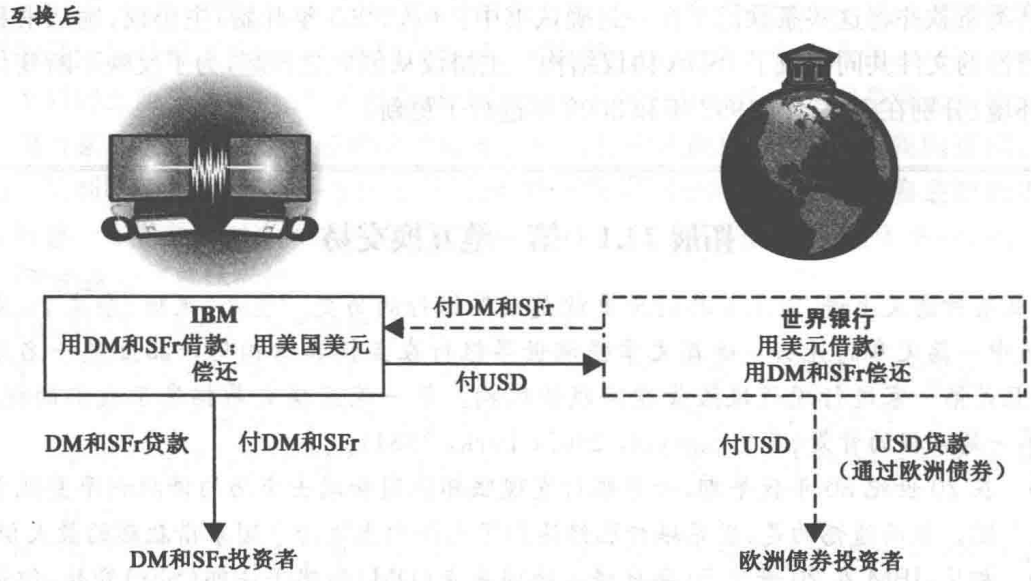


图 22.1　1981 年 IBM 与世界银行的货币互换

这是一笔互换，因为它包含了未来日期的现金流的互换(见图 22.1)。如果忽略信用风险，IBM 就会有效地将其贷款换成美元债务。同理，世界银行的交易与用马克和法郎筹集现金的最终结果是一样的。

互换是金融工程的一个完美的例子。两个类似贷款的结合可以创造出一笔可降低信用风险的互换，并且避免了资产负债表的影响，克服了资本市场的种种限制(记住拓展 1.1 中默顿·米勒的评论)。互换作为一个转移现金流的低成本方式，已经成为机构投资者手中一个强有力的工具。

22.3　交易特征

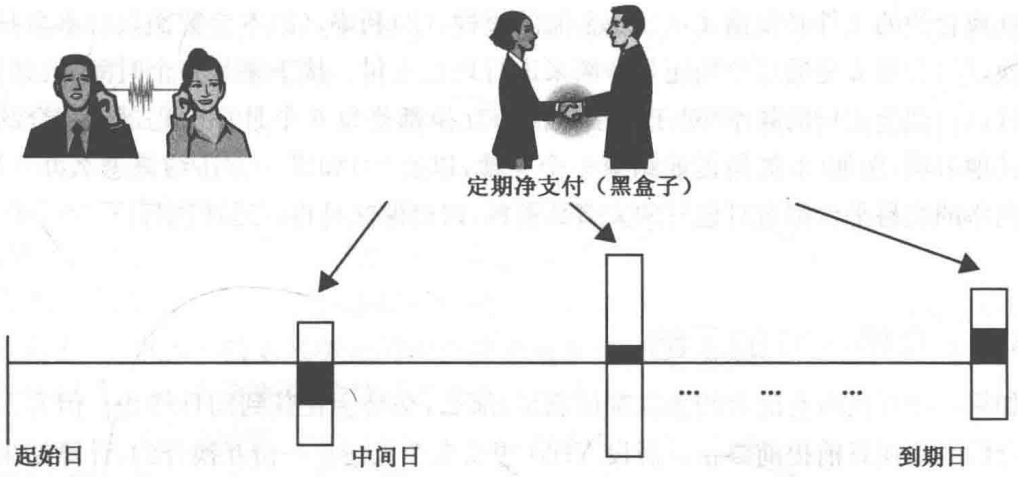
将一笔互换交易从头到尾跟踪一遍并在该过程中讨论相关的交易特征，这或许是个有益的尝试(参见图 22.2 时间轴)。

22.3.1　签订一份互换合约

假设 YBM 公司决定成为一个互换发行人(或是一个互换发起者)。之后 YBM 与一个或更多想要成为其交易对手的互换提供者联系，YBM 需要考虑它们的信用级别、之前进行此类交易的经验、所提供的证明文件，以及报价。

发起一笔互换交易一般有三种基本方法：

(1) 传统方法是通过电话方式。通过电话，交易双方可以协商交易的经济类条款(价格或利率、本金、期限和付息频率)，讨论任何信用支持要求(保证金，或抵押品，或担保品)。



互换发起者和银行通过口头协议、电子交易或者拍卖来执行交易，并制定必要的文件	交易双方进行定期支付（对大部分互换来说都为半年一次）	互换合约随最后一笔支付而到期
除了外汇和货币互换，名义本金不进行交换	通常，（若为同种货币）支付额进行净额结算；若为不同种货币则不能进行净额结算	
不进行现金换手（平价互换）	交易商可以通过（1）收购、（2）出售、（3）冲抵来了结其头寸	
交易双方要进行抵押	没有二级市场，场外合约存在信用风险	

图 22.2 普通利率互换的时间轴

交易双方承诺按照该口头合约进行交易。之后，一方（或经纪商，如果有）给另一方寄送一封包含有该经济条款的信件，并要求签署一份确认书。

（2）第二种方法是通过一个基于网络的交易平台。该交易平台上有一系列潜在的互换。一旦 YBM 与一家银行预先拟定交易协议，这家公司就可以核查报价并在很短的时间内进行普通利率互换。银行已经让 YBM 签署了必要的文件并建立了一个系统保证该公司快速并安全地进行交易。

（3）第三种方法是通过拍卖。这在有州政府、当地政府或者市政部门作为交易对手的**市政互换**中很常用。

22.3.2 文件资料

“伙伴关系常常会随争吵而完结，”本杰明·富兰克林在他 1791 年的自传中说道，“但我高兴的是我与他人的伙伴关系总是友好地开展和结束，这很大程度上要归功于在我们预先签署的文件中，我们把每件预期要做的事情都进行明确地说明与处理，因此没有什么事情会导致争论。我建议每一位开始这种伙伴关系的人都能够采取这种预防措施。”这项对于伙伴关系的有用建议，延展到互换来讲，就是准备相应文件资料的原因。

互换合约的文件必须描述:(1)现金流的币种,(2)利率,(3)本金数额,(4)本金是否进行交换,(5)交易方是通过全额还是净额来进行现金支付。接下来是一个时间表:(6)互换到期日,(7)现金支付的频率(对于大多数简单互换都是每 6 个月一次)。最后,合约必须明确其他事项,例如(8)如何提前结束一个互换,以及(9)如果一方违约该怎么办。当然,基于网络的交易平台都有打包好的大多数资料,以确保交易得以迅速执行。

22.3.3 互换头寸的了结

如果一项互换所有的合约条款都被满足,那么,交易会在其到期日终止。但有三种情况使合约在到期日前提前终止。假设 YBM 想要在今天终止一份互换合约,计算结果表明合约现在有正的价值 100 万美元。了结合约的步骤如下:

(1) **买断**。买断包括 YBM 的合约对手付给 YBM100 万美元,之后在双方同意的情况下终止互换。

(2) **分配**。在合约对手方同意后,YBM 可以将互换出售给第三方。第三方将会付给 YBM100 万美元,在合约中代替 YBM,在互换剩余的期限内,享受所有的收益,承担所有的责任。

(3) **冲抵**。YBM 可以进入一个等价的互换,与初始的互换有等价但相反的条款。YBM 的新合约对手方需要付给 YBM100 万美元,因为这是互换的价值。在相匹配的互换中,YBM 未来的净现金流为 0。这一做法与前两种交易不同,在这里 YBM 并没有完全离开市场,在两份互换到期前,它仍承担信用风险。

22.4 估值

我们在这里将会对随机利率下的普通利率互换进行估值。推导出的估值公式并不对利率期限结构的具体演进进行详述,这是因为互换在标的固定利率和浮动利率下的现金流支付是线性的。这类似于第 11 章和第 12 章的远期合约的定价。

互换定价涉及一个聪明的技巧:(1)将互换分解成一个固定利率和一个浮动利率贷款,对应于互换的两端;(2)计算每笔贷款的现值;(3)计算它们的差值。当然,我们知道如何计算固定利率现金流的现值,但如何衡量浮动现金流的现值呢?我们通过一个简单的观察来解决这个问题。

这个简单的观察便是:*浮动利率贷款的价值在它的偿付日和重置日总是与面值相等*。[①]这是因为在这些日期里贷款总是会偿付应付利息。例如,一笔 1 000 万美元的 3 年

① 计算在支付日期之间发生的下一个浮动利率支付的现值是很容易的。下一个浮动利率支付的现值加上面值等于在支付期间内该浮动利率贷款对发行者的价值。下一个浮动利率支付(假设为 X)在最后一个支付日期(假设为 a 时点)时已知,并且在它支付之前(假设为 b 时点)。下一个浮动利率支付等于现在的浮动利率乘以本金。接下来,会在 b 时点支付的浮动利率额在时点 a 的现值为 $B(a,b)X$。在时点 b,当利息支付时,浮动利率贷款会重新设定为面值。

期浮动利率贷款每季度偿付相应的利息(不论是以何种利息计算方法),在每季度偿付日,这个贷款的未偿付部分的价值为1 000万美元。

一个对互换估值的聪明方法就是,在对固定利率和浮动利率的现金流估值时加入本金。因为在计算两个贷款的现金流的差额时,本金会被抵消。并且对包含有固定利率和浮动利率的贷款估值更容易,所以这种方法会使我们的目标变得简单。如何操作?假设有两笔贷款,一笔是3年期固定利率贷款,最终返还本金1 000万美元,另一笔是本金为1 000万美元的浮动利率贷款。随后对这两种贷款进行估值。现在,如果你取它们价值的差额,则1 000万美元的名义本金的现值就会被抵消,只剩固定利率的支付现值与浮动利率支付的差值。更准确地说,这就是该互换的价值。

有了这些认识作为铺垫,下面我们将对一个利率互换进行估值。

【例22.2】 对一个普通利率互换进行估值(固定利率对浮动利率)

一个数值例子

- 参考例7.4的数据。
  - —FT公司以1年的bbalibor浮动利率借到3年期的1 000万美元,但是该公司现在想要一个固定利率的贷款。
  - —FC公司以固定年利率 $i=6\%$ 筹集到了同样期限和数额的资金,但它想要转换为一个浮动利率的贷款。
  - —他们通过交换彼此的债务进行了利率互换。FT公司购买了互换,承诺以固定利率6%支付给FC公司,而对方作为互换合约的卖方,承诺以1年期的bbalibor支付给FT公司(见图22.3,其重复了图7.2)。互换的买方支付固定利率而收到浮动利率,卖方则相反。
  - —名义本金 $L_N=1\,000$ 万美元,被用来计算年末要支付的利息。
  - —我们利用表22.3中的零息债券价格对固定利率偿付额进行贴现。

从事互换3年后

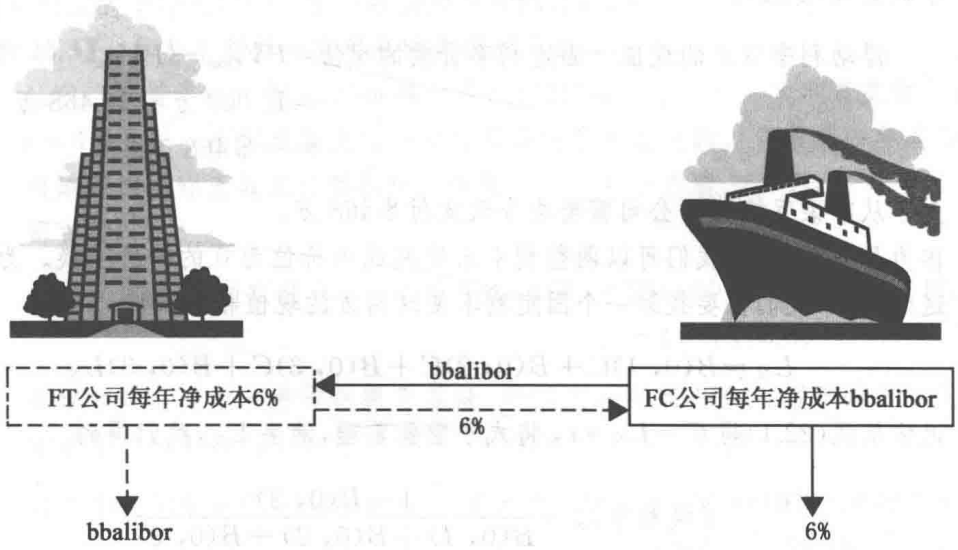


图22.3 普通利率互换将固定利率贷款转换为浮动利率贷款(反之亦然)

表 22.3 常用的零息债券价格数据

至到期的期限 T	今天的零息债券价格 $B(0, T)$	
1	$B(0, 1)$	0.97
2	$B(0, 2)$	0.93
3	$B(0, 3)$	0.88
4	$B(0, 4)$	0.82

固定利率贷款的现值

- 首先，让我们看如下的固定利率贷款。固定利率贷款每期需要支付 C 美元的利息，并在期末支付 L_N 的本金。定期支付额通过将本金与固定利率 i 相乘可以得到。因此

  每期末的固定支付：

$$C = L_N \times i = 100 \times 0.06 = \$600\ 万 \tag{22.1}$$

  固定利率贷款的现值为

$$\begin{aligned} PV_{Fix} &= B(0, 1) \times C + B(0, 2) \times C + B(0, 3) \times L_N \\ &= (0.97 + 0.93 + 0.88) \times 6 + 0.88 \times 100 = \$10\,468\ 万 \end{aligned} \tag{22.2}$$

浮动贷款的现值

- 回忆我们的观察：浮动利率贷款在支付日的价值总是等于其面值：

$$PV_{Float} = L_N = \$10\,000\ 万 \tag{22.3}$$

互换估值

- 因此，互换对于 FT 公司（支付固定利率，收到浮动利率）的价值，就是从式(22.3)中减去式(22.2)：

$$\begin{aligned} \text{浮动利率贷款的现值} - \text{固定利率贷款的现值} &= PV_{Float} - PV_{Fix} \\ &= 10\,000\ 万 - 10\,468\ 万 \\ &= -\$468\ 万 \end{aligned} \tag{22.4}$$

- 为了从事该互换，FT 公司需要在今天支付 \$468 万。
- 作为另一种选择，我们可以调整利率来使其成为价值为 0 的平价互换。为了实现这个目标，我们需要找到一个固定利率使这两方的现值相等，即：

$$L_N = B(0, 1)C + B(0, 2)C + B(0, 3)C + B(0, 3)L_N$$

  记住从式(22.1)得 $C = L_N * i$，将式子重新整理，消去 L_N，我们得到

$$\text{互换利率 } i_S = \frac{1 - B(0, 3)}{B(0, 1) + B(0, 2) + B(0, 3)} \tag{22.5}$$

  平价互换的固定利率 i_S 通常被称为**互换利率**。

- 代入零息债券的值，我们得到

$$i_S=(1-0.88)/(0.97+0.93+0.88)=0.043\,165 \text{ 或 } 4.32\%\text{(近似)}$$

由这个例子我们得到以下一般性结论。

结论 22.1

对一个普通利率互换进行估值

考虑一个今天(0 时点)开始的两个交易对手之间的利率互换，在每一期末(在 t 时点，其中 $t=1, 2, \cdots, T$)，互换买方付一个固定数额 $L_N \times i$(其中 L_N 为名义本金，i 为固定利率)，收到一个浮动利率偿付，只有在每一期初才会知道。

互换对于买方的价值等于浮动利率贷款的现值减去固定利率贷款的现值，即

$$V_{\text{Swap}}=PV_{\text{Float}}-PV_{\text{Fix}} \tag{22.6}$$

浮动利率贷款的现值在支付日总是等于面值，即

$$PV_{\text{Float}}=L_N \tag{22.7}$$

固定利率贷款的现值即是固定现金流的现值，即

$$\begin{aligned} PV_{\text{Fix}} &=[B(0,1)+B(0,2)+\cdots+B(0,T)]L_N \times i+B(0,T)\times L_N \\ &=[\sum_{t=1}^{T}B(0,t)]L_N \times i+B(0,T)\times L_N \end{aligned} \tag{22.8}$$

其中 $B(0, t)$ 是在 t 时点付 1 美元的零息债券在 0 时点的价格。

在一个平价互换的例子中，通过设定 $PV_{\text{Float}}=PV_{\text{Fix}}$，可以计算出固定利率 i_S(通常称为互换利率)。

为了简化起见，我们在之前所举的例子假定利息是每年支付的，例 22.3 阐述了在更接近于现实设定的半年支付的情况下现金流是如何计算的。

【例 22.3】 每半年支付一次利息的普通利率互换

- 让我们接着早先的例 22.2 继续讨论，但假设每半年进行一次利息支付。固定利率 $i=6\%$ 是以一个每半年支付一次的等价债券为基础的。它假定一年有 365 天，以该期间的实际天数来计算利息。如果下一个 6 个月有 182 天，在 6 个月后 FT 公司支付：

$$\begin{aligned} \text{名义本金}\times\text{固定利率}\times(\text{期间天数}/365) &=100\,000\,000\times 0.06\times(182/365) \\ &=\$2\,991\,780.82 \end{aligned}$$

- 浮动利率以货币市场收益率为基础，其假定一年有 360 天而不是 365 天，如果目前 6 个月的 bbalibor 为每年 5%，FC 公司 6 个月后支付

$$\begin{aligned} \text{名义本金}\times 6\text{个月 bbalibor}\times(\text{期间天数}/360) &= 100\,000\,000\times 0.05\times(182/360) \\ &=\$2\,527\,777.78 \end{aligned}$$

- FT 公司付给 FC 公司的净值等于

$$2\,991\,780.82 - 2\,527\,777.78 = \$464\,003.04$$

- 每6个月，FC公司付$2 991 780.82或一个以过去6个月的实际天数计算的类似数额。在6个月之后，交易对手检查市场并找到新的6个月的bbalibor利率，该利率将用于下一个6个月。利用这个利率以及期间的实际天数，可计算出下一个浮动利率偿付额。

22.5 利率互换：补充说明

我们已经主要从机构投资者的角度对互换进行了研究，但正如我们接下来要研究的，政府机构也经常要使用利率互换。如前所例，我们继续采用信孚银行和德意志银行发行的复杂的引致了诉讼和大量道德问题的利率互换。最后，我们会研究不同的利率互换，这些互换可以由向普通利率互换中添加不同的特征所得出。

22.5.1 市政互换

当然，你对于美国联邦政府复杂的金融操作，如管理国家货币供应、规范银行和金融机构、卖掉国库证券、管理公债等很熟悉。但许多州政府、当地政府和市政部门通过发行**市政债券**(municipal bonds，或munis)来筹集资金。这种市政债券会支付固定或浮动利率并享有免税优惠。[①]许多政府主体也会使用互换和其他衍生工具来管理现金流。拓展22.2讨论了政府主体在市政互换市场中遇到的各事项。一篇题为《美国地方政府增加了衍生产品的使用》(《风险》，2004年9月)的报道称由于低利率和不断改变的法律，美国地方政府对衍生工具的使用“每年以超过100%的比例增长”。

拓展22.2 政府对互换的使用

“政府应该规范衍生工具市场而不是利用它们”——很多人都持有这样的观点。但是正如我们在很多情况下所讨论的，许多政府都在交易衍生工具。特别是，许多政府主体会很主动地从事市政互换交易来管理其收入和支出的利率风险。例如，一个在利率上扬时发行固定利率附息票债券的政府主体，可以从事一个“收固定，付浮动”的互换以利用较低的利率带来的好处。互换并不一定反映发行人的信用评级，但主要的信用评级机构会研究互换与发行人总体的资产—负债管理政策关系以及发行人是否了解互换的期限、条件和风险。[②]

市政互换具有类似的风险：

---

① 市政债券主要有两种：一般债务债券，该债券的发行所筹资金主要被用于一般的项目中；收益债券，为专门的项目来筹集资金，比如建设收费公路，其未来的收费将会被用来偿还这些债券的利息和本金。市政债券的利息通常从联邦收入税中剔除，有时甚至不包括在州和地方政府的收入税中。

② 讨论是基于《利率互换基础》(2004年10月)中的事例简要，可在加利福尼亚债券与投资顾问委员会网站上得到(www.treasurer.ca.gov/cdiac/reports/questions.pdf)。

- 对手风险。解决方案可以是采取谨慎的做法，如确定敞口水平、评级门限和抵押担保的规范，以及与评级在 AA 或更高级别的对手进行交易。
- 基差风险。该风险一般是产生在，所收到的互换的可变利率（如 6 个月的 bbalibor）与债券所要支付的可变利率（可能与 SIFMA 市政互换指数相挂钩，该指数每周重置一次）不匹配时。①
- 终止风险。通过对于可能引发这种行为的事件进行评估可以预测到此类风险。
- 展期风险。该风险是指被对冲的债券的期限（如 20 年）与互换的期限（如 5 年）不匹配时所发生的风险。这会使政府主体在互换到期时无法被对冲。
- 提前偿付风险。该风险是指，当政府主体决定将债券提前撤回，使互换与债券的有效期限不匹配时所导致的风险。

尽管公众公司和私人公司的财务人员可能具有互换的专业知识，但一家发行互换的政府机构可能会需要外部的指导。想要对政府互换方面的事务给予建议吗？所雇用的顾问应该包括：(1)一名融资顾问：在进入互换之前会讨论并分析不同的融资方案；(2)一名互换顾问：讨论并分析各种互换方案，发起合适的互换（包括准备一个有竞争力的价格），调整互换，帮助发行人制定一个互换策略；(3)一名互换/债券的法律顾问：帮助遵从各项法律规定；(4)一名互换承保人：在特定事件下当发行人要向互换银行偿付时承保人会提供保险。

不断发生（且在金融危机中被放大的）金融失误提醒我们，在这些交易中一定要非常仔细。有一句古谚语值得记住："法律偏爱谨慎之人，而不是疲倦之人。"

22.5.2 法律与道德事项

场外互换合约导致了大量违背公开性的活动、严重的诉讼以及监管行动。在本章开头以评论"信你所不能够的，赌你所不应当的"所介绍的公开互换就在早期引发了争论。这场高级喜剧的演员是衍生工具市场中经验丰富的玩家：信孚银行和宝洁公司。这场互换中宝洁公司需要支付一个显著低于市场利率的浮动利率，但若利率提高，它的偿付额也要显著增加。

由于（从宝洁公司的角度来看）利率非预期上扬，宝洁公司在互换里遭受了 1 亿美元的损失，之后就提起了诉讼。宝洁公司起诉信孚银行没有恰当地披露风险和合约期限，并且也向其他同样遭受重大损失的客户销售了复杂的衍生产品，雇主欺骗了其顾客。面对公开的噩梦和客户信用受损，信孚银行处理并免除了大部分的债务（见拓展 22.3），但这家一度蓬勃发展并利润丰厚的银行，声誉因此受到了无可挽回的影响。1998 年，德意志银行并购了信孚银行。

① 证券产业与金融市场协会（SIFMA）编制 SIFMA 市政互换指数，这是一个每周计算的指数，包括从 SIMFA 广泛的市政市场数据中选择出的高级且免税的可变利率即期债券（VRDOs）。SIFMA 是一个产业交易组织，代表美国、欧洲和亚洲的证券公司、银行和资产管理公司。VRFOs 是一种支付定期（每天、每周或每月）调整的浮动利息的债券，债券持有者有在利率改变期间赎回 VRDOs 的选择权。

信孚银行与宝洁公司的案例后续又派生出许多问题。从商业角度来看，它影响了公司财务部对衍生工具不断增加的使用。从公司治理和道德角度来看，它对于如何对待客户提出了问题。从风险管理角度来看，它强调了通过对公司交易的衍生产品进行仔细评估履行勤勉义务的重要性。

此外，还发生过一起类似的案例。德国高等法院在2011年起诉德意志银行在没有充分告知交易风险的情况下，不恰当地将利率互换销售给了客户(见拓展22.3)。这项指控开启了一扇诉讼的阀门——因为这家银行已经向成百上千的客户销售了类似的合约，而他们中的许多人都遭受了损失。

拓展22.3 “一经售出，概不退还”与适当披露

信孚银行与宝洁公司

信孚纽约公司最初于1903年成立时是一家信托公司，并且传奇式的金融家约翰·P.摩根掌握控股权。[①]在20世纪90年代，信孚银行(BT)作为主要交易商进入了衍生工具市场。它向它的大量客户销售了复杂的衍生产品，它们希望管理其承担的利率风险(或利用利率风险进行投机?)。这些客户中的许多都遭受了损失，最著名的要数宝洁公司，其长期使用互换和其它衍生工具进行风险管理(第1章对于宝洁公司的衍生工具使用有一个简明的描述)。我们对其中一些已经披露的事情予以简要的阐述。

- 1993年由宝洁公司卖给信孚银行的固定利率对浮动利率的利率互换有以下的主要特征：

  —名义本金为2亿美元

  —合约日期为1993年11月4日；到期日为1998年11月4日

  —信孚银行(BT)付固定利率5.3%

  —宝洁公司支付

  $$\text{商业票据利率} - 0.75\% + \text{“利差”} \tag{1}$$

  这个非负利差在1994年11月4日之前为0；之后，利差由以下公式计算

  $$\text{利差} = (5\text{年期国债收益率} \times 98.5/5.78) - \text{收益率为}6.25\%\text{的}30\text{年国债的价格} \tag{2}$$

- 注意利差的前两个表达式的好处。宝洁公司偿付的以商业票据利率形式表示的浮动利率要比市场利率低75个基点。商业票据是由一家公司销售的约定支付的票据，通常具有以下特征：(1)无担保；(2)到期日为270天或少于270天；(3)类似短期国库券，以零息债券形式卖出。因为在过去的几年里利率都很低，所以宝洁公司忽略了其偿付期的其他表达式，特别是利差的份额(98.5/5.78)，因此它支付的利率会迅速上扬超过其阈值。

① 信孚信托的历史见于《国际公司历史名录》，卷2，1990年，www.fundinguniverse.com/companyhistories/bankers-trust-new-york-corporation-history。

- 美联储突然加息，宝洁公司损失了1.5亿多美元。宝洁公司在痛苦和愤恨下提起了诉讼。宝洁公司与其他的客户，如吉布森贺卡公司（其诉讼信孚银行不应让它进行这样的风险交易）不同，它起诉信孚银行没有恰当地告知从互换中解除的可能花费。宝洁董事长表明他赞同衍生工具的最终使用者对其交易是有解释义务的，“但只有在其期限和风险都被充分和准确地披露的情况下”（参见《宝洁就互换交易起诉信孚银行》，《纽约时报》，1994年10月28日）。
- 由于“一经售出，概不退还”（又称“买者自省”），宝洁公司胜诉几率很小。这是应用于生活中很多方面（包括场外衍生品市场）的基本准则；一名法官先前曾判过衍生工具不是证券，不应被包含在“更严格的证券法”中。在这场交易中，BT并没有对于宝洁公司的信托义务（参见《信孚银行处理了与宝洁公司的官司》，《纽约时报》，1996年5月10日）。但当被发现BT向其他遭受类似损失的客户也销售了复杂的衍生产品，并且从银行的录音系统中得知它的一些员工声称他们通过高的收费欺骗了其客户。
- 证券交易委员会、商品期货交易委员会和纽约联邦储备银行（其已对信孚银行进行了谴责）对BT的衍生工具销售活动进行调查。面对这个公开的噩梦和客户信用受损，BT处置并减免了大部分的债务。它的声誉损失很大，两年后被德意志银行并购。

德意志银行

- 历史似乎在不断重复。在新世纪开始的10年里，德意志银行向“德国市政当局、社区公共部门以及中等规模的企业”出售了700份利差阶梯互换。在这些互换中，客户支付一个浮动利率（收入一个固定利率），预期“长期利率会上扬，短期利率会下跌”（见《德意志银行等候裁决——问题是，客户被公平地告知了风险吗?》，《华尔街日报》，2011年3月22日）。
- 在2011年3月，美国最高民事法庭起诉德意志银行“未能正确告知客户利率互换的风险”，并裁令银行向它的客户（听从银行的建议购买利率互换试图降低利息支付额）赔偿欧元541 000（美元769 000）（见《环球金融：德意志银行的诉讼——判决银行在互换中欺骗客户可能会引致更多的判决》，《华尔街日报》，2011年3月23日）。法庭判决银行“对于向公司披露互换中所有的风险具有特别的责任，同样也要披露银行潜在的收益，因为银行在推广一项产品时，产品的风险与银行得到的好处相关，而以客户利益作为代价，这就是‘利益冲突’”。判决对银行尤为不利，因为它很可能会影响许多其他遭受了类似损失的顾客提出的针对德意志银行的诉讼结果。

22.5.3 利率互换的变化

利率互换在这些年变得越来越复杂。下面将讨论在普通利率互换中添加不同的特征所形成的一些例子：

- 在一个普通利率互换的浮动利率上设定一个最大值（又称**上限**），即**利率上限互换**。

之后你会发现这样一个简单的变化相当于向互换中嵌入了一个看涨期权。如果浮动利率同时设定一个最小值(即**下限**),则这种证券就嵌入了一个**利率双限**。

- **收益互换**——双方都是以浮动利率支付往往涉及低收益率的债券和高收益率的债券之间的交换。通常收益率越高的债券,到期日越长,信用评级越低,意味着利率也就越高,信用风险越大。
- 对于一个**分期互换**,其本金数额根据之前确定的步骤逐步减少。这可以用来对冲抵押贷款的投资组合,在该组合中,所投入的资金通常赚取固定利率,并且本金的偿付随时间摊销。
- 还有会改变本金的其他互换种类。例如,**递增互换**的本金随时间不断增加。这些互换与建筑项目有关,可以用来对冲所投资的资金额逐步增加的风险。**季节性互换**对于零售行业很有用,其所承诺的资本金取决于一年中的不同时间段。这种互换最普遍的形式为**过山车互换**,这种互换的本金数额由经销商根据客户生意的融资需求来确定。
- **可撤销互换**给予互换中的一方撤销互换的权利,而不用支付额外的费用或罚金。有两种方式:可赎回互换给予固定利率支付者终结互换的权利,当浮动利率下降到一定水平时这种互换可能被赎回。相反的,可回售互换给予固定利率收入者未来回售或者撤销互换合约的权利,当浮动利率上涨到超过某一阈值时,这种互换可能被回售。
- **远期互换**(或称**递延互换**),初始设定有期限和条件,但只在之后的某一期限才开始执行。这种延迟的技巧可能对于会计或税收方面很有用。
- **固定期限互换**(CMS)包括一个固定利率与浮动利率支付的互换,其中浮动利率(为固定期限利率)根据固定期限市场利率(持续期扩展到超过互换重置期)在每一阶段进行重新确定(如按照1年期固定期限中期国库券率)。

为了衡量与对冲这些基于普通利率互换变化而来的互换,我们需要赫斯—加罗—默顿(HJM)模型来对这些嵌入式期权进行定价,在接下来的三章里我们会来讨论这些内容。

22.6 互换与远期利率协议

之前的章节表明,在对利率衍生工具进行定价时,远期利率是关键。因为远期利率等同于远期利率协议利率,所以,远期利率协议可以被用来合成构建一个互换,让我们来看一下如何操作。

22.6.1 用欧洲美元与远期利率协议来合成互换

这里将阐述如何用远期利率协议和零息债券(欧洲美元存款)的组合来构建一个合成互换。合成构建有以下几个好处:(1)它提供了另一种以合成构建的成本来为互换定价的方法;(2)它展示了如何运用远期利率协议和零息债券来对冲互换现金流;(3)它提供了一种发现远期利率协议市场和互换市场套利机会的工具。下面的例子描述了构建的过程。

【例 22.4】 用远期利率协议和欧洲美元存款来合成构建一个利率互换

构建过程

- 对一个浮动利率—固定利率互换的现金流的仔细分析，描述了合成构建是如何进行的。在例 22.2 的互换中，

  —互换本金为 $L_N=1$ 亿美元。从今天开始(时间 0)，3 年后到期。

  —固定利率 i 为每年 0.06。

  —浮动利率为欧洲美元 1 年期 bbalibor，记为 $R(t)$，这些利率在每一阶段开始时都已知，即 $R(0)$在 0 时点时即被确定，时点 1 时为 $R(1)$，时点 2 时为 $R(2)$。

- 互换买方 FT 支付固定利率并收入浮动利率。例如，2 年后它的现金流为

$$100[R(1)-0.06] \tag{22.9a}$$

图 22.4 绘出了买方的现金流。

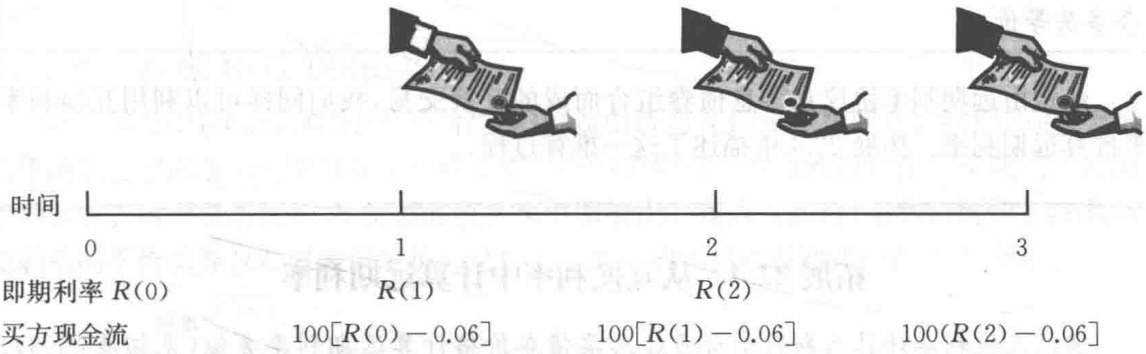


图 22.4 一个互换买方的现金流(付固定，收浮动利率)

- 现在考虑本金为 1 亿美元，2 年后到期的远期利率协议。远期利率协议的买方的现金流由第 21 章的公式(21.11c)给出：

$$100[R(1)-f_{FRA}(0,1)] \tag{22.9b}$$

其中 $f_{FRA}(0,1)$是现在经协商后的远期利率，在第 1 年后开始，用于第 2 年。

- 除了每个表达式的最后一个数量结果外，表达式(22.9a)和式(22.9b)的现金流是相同的。为了调整这个差异，将远期利率协议交易中加入一个 2 年后到期的 $100[f_{FRA}(0,1)-0.06]$零息票债券的多头寸。这可以是一个正的或负的数量，取决于即期利率是高于还是低于远期利率协议的利率。在时点 2，多头寸的远期利率协议和多头寸的零息债券的组合支付将为：

$$100[R(1)-f_{FRA}(0,1)]+100[f_{FRA}(0,1)-0.06]=100[R(1)-0.06] \tag{22.9d}$$

这与互换在时点 2 的现金流表达式(22.9a)相同。

- 因为这个结论并不仅限于时点 2，你可以用同样的方法合成构建在其他支付日期的互换现金流。
- 将所有现金流支付日的远期利率协议和零息债券加总得到一个远期利率协议和

零息债券的组合，这个组合与互换有同样的现金流。

我们将这些想法集合一起作为我们接下来的结论。

结论 22.2

利用远期利率协议和零息债券合成构建一个互换

对于一个从今天(时点 0)开始到时点 T 结束的利率互换，在每一阶段 $t=1, 2, \cdots, T$ 末，互换买方支付固定数额 $L_N \times I_i$ (L_N 为名义本金，i 为固定利率)，收入浮动数额，为即期利率 $R(t-1)$。

互换买方在 t 时点的现金流为

$$L_N \times [R(t-1)-i] \tag{22.10}$$

这个互换回报与一个由同样名义本金、分别在 $t=1, 2, \cdots, T$ 到期的远期利率协议的多头寸和到期日同样为 $t=1, 2, \cdots, T$ 的 $[f_{FRA}(0, t-1)-i]$ 的零息债券所构成的投资组合多头等价。

给定由远期利率协议和零息债券组合而成的互换交易，我们同样可以利用互换利率来推算远期利率。拓展 22.4 中描述了这一推算过程。

拓展 22.4 从互换利率中计算远期利率

通过互换利率计算远期利率与通过息票债券价格计算远期利率类似(见拓展 21.3)。这通过解出一系列未知参数的线性方程集来完成。第一步就是计算零息债券价格。

现有一个平价互换，价值 $V_{Swap}=0$，本金为 L_N，到期日为 T，互换利率为 i_s，每期支付。令表达式(22.7)等于结论 22.1 中的式(22.8)，将各项重新整理，得到一个包含有零息债券价格(其为未知数)的表达式，即

$$1-B(0, T)=\left[\sum_{t=1}^{T} B(0, t)\right] \times i_s \tag{1}$$

下面，假设我们得到一系列到期日为 T 的互换利率，每一个互换有一个类似于表达式(1)的等式，这给我们针对于 T 个未知数的 T 个方程 $\{B(0, 1), B(0, 2), \cdots, B(0, T)\}$，将它们解出来，得到零息债券的价格。如果这一集合无解，我们可以找到相应的近似解，其可以将等式(1)右边和所有的债券价格的误差平方和最小化。

【例 1】 利用互换利率来计算远期利率

- 今天是 0 时点，考虑三个固定利率换浮动利率的普通互换，期限为 1 年的互换对应互换利率 $i_S=0.0309$，期限为 2 年的互换对应互换利率为 0.0368，期限为 3 年的互换对应互换利率为 0.0432。

计算零息债券价格

- 对 1 年期互换，表达式(1)给出

$$1-B(0, 1)=B(0, 1)i_S$$

$$\text{或 } B(0,1)=1/(1.030\,9)=0.97 \tag{2a}$$

- 对2年期互换，表达式(1)给出

$$1-B(0,2)=[B(0,1)+B(0,2)]i_S$$

$$\text{或 } B(0,2)=(1-0.97\times 0.036\,8)/(1+0.036\,8)=0.930\,0 \tag{2b}$$

- 最后，对3年的互换，表达式(1)给出

$$1-B(0,2)=[B(0,1)+B(0,2)+B(0,3)]i_S$$

$$\text{或 } B(0,3)=(1-0.97\times 0.043\,2-0.930\,0\times 0.043\,2)/(1+0.043\,2)=0.88 \tag{2c}$$

这些零息债券的价格与例21.3中相对应债券的价格一致，并且我们已经在例21.5中计算出了远期利率，该例子讨论完毕。

22.6.2 收益和互换曲线

这一部分中，我们会将国债(平价债券)收益曲线与互换曲线相联系。我们知道，美国国债的收益率曲线由到期日在1年或1年以内的短期国库券和到期日在1年期以上的国库券组成。对于息票债券，平价债券收益率由图绘出。我们也知道，那些与国债债券利率相联系的平价债券收益以面值定价。这样一个假定的国债收益曲线如图22.5所示。

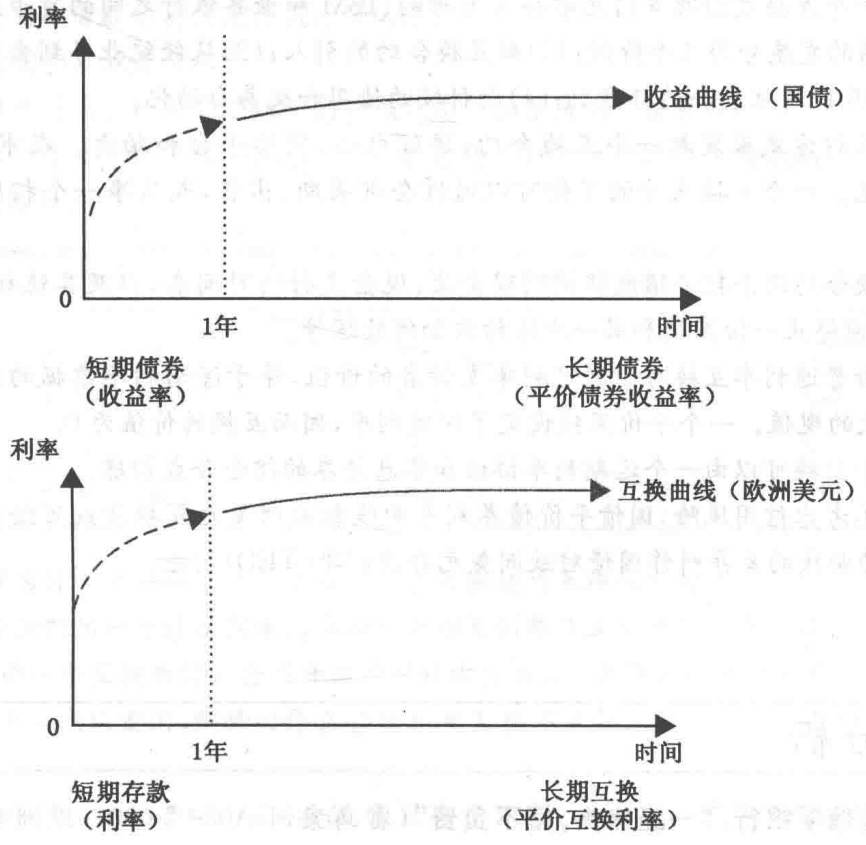


图22.5 收益曲线和互换曲线

现在，让我们对欧洲美元市场建立一个类似的曲线图，我们知道欧洲美元存款利率都为1年或1年以下，这些利率与短期国库券利率相对应，可以直接绘出。期限在1年以上的平价互换利率可用来画出这个曲线。我们知道，平价互换利率就是一个可以使互换的标的息票债券的现金流现值（表达式(22.8)）与债券的面值（互换的标的浮动利率债券的现值）相等的利率。因此从这个角度来看，平价互换利率与平价债券收益率相等。这样一条假设的欧洲美元互换曲线也绘制在图22.5中。

因此，当以这种方式构建时，互换曲线几乎与国债收益曲线等价。差异不在于绘制的利率所依据的公式，它们是相同的，并提供公平、合理的比较。实际上，这种差异在于国债与欧洲美元利率的信用风险的不同，这种差异以国债—欧洲美元利差（TED）来衡量。如果将它们画在同一张图里，欧洲美元利率将会以TED利差超过国债利率。事实上，将这两种利率画在一起的一个原因就是将这种利率差异（TED利差）直观化。当市场处于比较平稳的时期时，TED利差比较小，并且在不同期限上也相对稳定。当市场动荡时，TED利差会变得比较大，在曲线的短的末端，差异最大。因此，在市场处于平稳期和动荡期时，这对大型欧洲银行测度信用风险的市场定价会是一个很有用的统计数据。

本章小结

1. 第一个互换是由所罗门兄弟公司安排的、IBM和世界银行之间的货币互换。我们把互换市场的发展分为三个阶段：(1)新互换合约的引入；(2)从经纪业务到自营业务的转换；(3)ISDA的建立和合约标准化；(4)新科技的使用和交易自动化。

2. 有三种方式来发起一个互换合约：通过电话、网络平台和拍卖。在市政互换中，拍卖最常见。一个互换头寸的了结可以通过全部买断、出售，或从事一个相反的互换来抵消。

3. 互换合约的条款必须能够阐明现金流、现金支付的时间表，以及其他相关事项，比如，如何提前终止一份互换和若一方违约该如何处理等。

4. 一份普通利率互换对于固定利率支付者的价值，等于浮动利率票据的现值减去固定利率贷款的现值。一个平价互换设定了固定利率，因而互换的价值为0。

5. 一个互换可以由一个远期利率协议和零息债券的组合合成构建。

6. 若不考虑信用风险，国债平价债券利率曲线和欧洲美元互换曲线可绘出等价的利率。这两种曲线的差异叫作国债对欧洲美元存款利率（TED）利差。

案例分析

宝洁与信孚银行："一经售出，概不负责"（雷鸟案例A06-05-0001，欧洲案例交流中心）。该案例分析了宝洁公司与信孚银行之间的一个复杂的利率互换。

沃尔玛对利率互换的使用(哈佛商学院案例 108038-PDF-ENG)。该案例研究了沃尔玛对于利率互换的使用,以在变化的利率市场中,对其固定利率债务的公允价值进行套期保值。

美国第一银行:资产与负债管理(哈佛商学院案例 294079-PDF-ENG)。该案例研究了一家银行对利率互换的使用,从而来管理其利润对于利率变化的敏感性,并将其作为对于传统证券的一个有吸引力的替代投资选择。

习题和思考题

1. 如果你从事一个普通利率互换,那么你将面临什么风险?

2. a. 为了减少互换中的对手方风险,互换合约中写入什么条件?

b. 对于定期支付和本金的结构,在 ISDA 互换条款中还有哪些其他的限制条款可以减少对手方风险?

3. a. 有哪三种方式可以发起一个互换合约?

b. 都有哪四种方式可以了结一个互换合约?

4. 解释一个普通利率互换是如何将一个固定利率贷款变为浮动利率贷款,请用图表来阐述你的解释。

5. 浮动利率贷款的价值是什么?请阐述。

6. a. 仓储型互换是什么?

b. 互换交易商成功地管理他们的普通利率互换账簿吗?请解释。

7. 计算一个 4 年期、息票利率为 5%、本金为 \$100 的固定利率贷款的价值。利用下表中零息债券的价格:

到期日 T	今天的零息债券价格 $B(0, T)$	
1	$B(0, 1)$	0.97
2	$B(0, 2)$	0.93
3	$B(0, 3)$	0.88
4	$B(0, 4)$	0.82

8. 解释为什么公司财务主管会对于一个可撤销的互换感兴趣。

9. 解释如何用一个浮动利率债券和一个固定利率债券来构建一个互换。

10. 解释一个互换为什么会在开始的时候价值为 0。为什么这会是一个有用的惯例?

11. 基于文中的案例,解释为什么普通利率互换不互换本金,而普通货币互换要互换本金。

12. 就例 22.2 中的互换而言,现在,假设每 6 个月支付一次。零息债券价格(每 6 个月到期)由下表给出:

零息债券价格		
到期日(T)	零息债券价格 $B(0, T)$	
0.5	$B(0, 0.5)$	0.99
1.0	$B(0, 1.0)$	0.97
1.5	$B(0, 1.5)$	0.95
2.0	$B(0, 2.0)$	0.93
2.5	$B(0, 2.5)$	0.91
3.0	$B(0, 3.0)$	0.88

计算这个互换的价值。

13. 如何通过运用一个远期利率协议和零息债券的组合来合成构建一个互换?

14. 不考虑信用风险,T 年期互换的利率与 T 年期平价债券的利率相等吗? 请解释。

15. 请描述合成构建一个互换的两种不同方法。哪种方法更容易执行?

16. 在信孚银行与宝洁公司的案例中,宝洁公司强调它没有完全理解所从事的这笔复杂的利率互换交易。你认为从事一个你并没有完全了解的衍生工具是谨慎的吗? 请解释。

17. a. 在第 1 章,我们列出了五种不同的风险,这些风险被巴塞尔银行监督委员会和国际证券委员会组织认为是重要的。取其中的三个风险并解释为什么你认为它们对于互换市场的交易商是重要的。

b. 请讨论国际互换和衍生工具协会在互换和场外衍生品市场中所扮演的角色。

c. 什么是主协议?

18. 请解释为什么一个摊销的利率互换对于管理住宅房屋抵押贷款的风险是有用的工具。

19. 如果一个利率互换被卖出并已过去一段时间,那么该利率互换的价值会总是等于 0 吗? 试解释。

20. 为什么利率互换被认为是金融工程的一个完美的例子?

▶23

单期二项式 HJM 模型

23.1 引言

本章在简单的二项式模型下阐述为利率衍生工具定价的赫斯—加罗—默顿(HJM)模型。本章与第 17 章介绍的二项式期权定价模型相似但略有不同。认为相似是因为在利率衍生工具定价中也引入了无套利和套期保值;而不同的方面则是修改了其中的一个关键假设。在本章不会再出现仅有一支股票的回报是随机的、仅有一个利率保持恒定不变这种情况。我们将阐述随时间随机波动的利率期限结构。就像爱丽丝漫游奇境①,我们将进入一个全新的世界——利率衍生工具的世界。它与我们熟悉的权益类衍生产品相似但有很大不同。在这个新世界中,就像柴郡猫和疯帽子先生,这里有新奇的角色,比如远期利率和零息债券的价格,它们会帮助我们寻找白兔,即利率衍生工具的套期保值比率。

尽管我们在第 21、22 章讨论了利率衍生工具(远期利率协议(FRA)和互换),但它们的回报都是线性的。因此,不需要设定利率期限结构的变动过程,我们就可以对衍生工具进行定价。本章和后几章将这种分析进行拓展,我们会考虑非线性回报的基本利率衍生工具,如期货合约、利率看涨和看跌期权。在这个新世界中,看涨期权和看跌期权被称为单期利率上限和单期利率下限。这种期权交易的投资组合,就被称为利率上限期权和利率下限期权。本章将讨论利率上限期权和利率下限期权以及它们的用途。

接下来阐述利率衍生工具模型的简史,然后,我们进入单期二项式 HJM 模型的学习。就像第 17 章中的二项式期权定价模型一样,HJM 模型的目的是为了给利率衍生工具定价,所以我们需要对利率期限结构的随机变动作出假设。本章的呈现方式与第 17 章中二项式期权定价模型的发展类似,于是在此基础上,我们的阐述更简单、更易于理解。首先,我们给出了必要的假设条件;然后,为了对单期利率上限定价,我们利用零息债券和货币市场账户构建了一个与该利率上限期权回报完全相同的合成单期利率上限期权。构建的成本得到单期利率上限期权的无套利价格,这样我们就可以进行套期保值比率的确定、鞅定价和风险中性定价。为了对单期利率下限定价,与看涨—看跌期权平价关系类似,我们

① 《爱丽丝漫游奇境》是查尔斯·L.道奇森以笔名路易斯·卡罗尔在 1985 年出版的一本经典之作。

引入了单期利率上限期权和下限期权平价关系。本章最后将讨论其他利率衍生工具的定价。第 24 章则把本章的单期模型拓展到了多期，因此就产生了可以在实际中应用的 HJM 模型。

在阅读第 23 章和第 24 章之前，需要最后提醒一点。在这两章中所有的结果都是在基于 Excel 的软件计算得到的，所以结果都是 16 位精度。但是，当我们呈现结果的时候一般都是四舍五入到小数点后 4 位。最后的结果如果用四舍五入的数表示，可能会与用 16 位以上的精度给出的结果有所不同。这是用这种方式呈现计算结果的典型问题（见拓展 2.1）。如果记住这一点，那么，你理解下面的计算结果就不会有什么问题。

23.2 基础利率衍生工具

本书的前面讲到了每种基础证券或指数都可以有四种基础衍生工具：远期、期货、看涨期权和看跌期权。利率衍生工具的世界与此相同，但是在这一部分中，标的“指数”是无违约的即期利率，而且看涨期权和看跌期权拥有了不同的名字：分别是单期利率上限期权和单期利率下限期权。在这个新奇的世界中，单期利率上限和单期利率下限并不单独交易，而是分别构成利率上限期权和利率下限期权这样的组合。这些证券以组合方式进行交易的目的是为了使交易成本最小化。就像下面要讲到的，这些证券在对固定利率和浮动利率息票债券进行套期保值时非常有用。由于息票债券有多笔现金流，所以用于套期保值的基础工具也需要有多笔现金流。有趣的是，在这个利率世界中，远期既可以单独作为远期利率协议（FRAs）交易，也可以作为投资组合交易，即利率互换。我们在表 23.1 中总结了这四种利率衍生工具的基本类型，并且接下来对它们进行进一步描述。

表 23.1 利率衍生工具的基本类型

今日	期间	到期日
(1) 远期：远期利率协议（FRAs）买卖双方协商确定 FRA 的利率（与远期利率相等）和合约条款。今日没有现金的转手	没有现金流	在固定时间区间以名义本金为基础，空头付给买方即期利率和 FRA 利率的差额
(2) 期货：欧洲美元期货合约受监管的、标准的合约，规定在未来到期日按照一个单利率（bbalibor）结算。今日没有现金的转手	按市值计算的现金流	在固定时间区间以名义本金为基础进行现金结算
(3) 看涨期权：单期利率上限期权利率上限期权的买方付出期权费买入相同名义本金、不同到期日的欧式看涨期权的组合。标的是一个单利率（bbalibor）。单期利率上限是这些欧式看涨期权的其中之一	如果为正，单期利率上限的买方收到即期利率减掉利率上限的差额；其他情况为 0	与期间相同
(4) 看跌期权：单期利率下限期权利率下限期权的买方付出期权费买入相同名义本金、不同到期日的欧式看跌期权的组合。标的是一个单利率（bbalibor）。单期利率下限是这些欧式看跌期权的其中之一	如果为正，单期利率下限的买方收到下限利率减掉即期利率的差额；其他情况为 0	与期间相同

- 远期：远期利率协议(FRA)是一种场外合约，它锁定了在未来某段时期内借款(或贷款)的利率。FRA 利率与远期利率相等，这是我们理论的基石。利率互换是零息债券和 FRAs 的组合(参见第 22 章)。
- 期货：利率期货是交易所内交易的合约，它将未来某个日期借款(或贷款)的利率固定下来。它与 FRA 的不同之处与一般期货和远期的不同点是一致的。标准化、清算所、保证金和逐日清算等特征保证了期货交易的安全和便利。有些利率期货(比如以国库券作为标的资产)最后以实物交割，有些(比如以欧洲美元作为标的资产)最后以现金结算。
- 看涨期权：**单期利率上限**是一种在单期内有效的以利率为标的资产的欧式看涨期权。如果为正，单期利率上限的买方收到即期利率减掉利率上限的差额，其他情况则为 0。**利率上限期权**是单期利率上限的组合。利率上限期权一般是在 bbalibor 的基础上进行现金结算的合约。
- 看跌期权：**单期利率下限**是一种在单期内有效的以利率为标的资产的欧式看跌期权。如果为正，单期利率下限的买方收到利率下限减掉即期利率的差额，其他情况则为 0。**利率下限期权**是单期利率下限的组合。利率下限期权一般是在 bbalibor 的基础上进行现金结算的合约。

当然，还有其他更加奇异的利率衍生工具交易。其中之一是**互换期权**，它是一个以利率互换为标的资产的期权。它一般有两种形式：*支付者互换期权*是一个从事互换合约的期权，其中该期权的持有者支付固定利率，收入浮动利率；*收入方互换期权*也是一个从事互换合约的期权，而该期权的持有者支付浮动利率，收入固定利率。

虽然为利率上限期权和利率下限期权定价是本章和后面两章最主要的目标，但我们也会讨论互换期权的定价。在讨论定价之前，让我们先阐述金融机构怎样运用利率上限期权和利率下限期权这个问题。

23.2.1 利率上限期权、利率下限期权和利率双限期权的使用

下面的例子阐述了如何利用利率上限期权对利率风险套期保值或进行投机。

【例 23.1】 利率上限期权

投机

- 国际美食餐厅有限公司(INTRest，一个虚构的名字)的财务主管在今天(时点 0)买入了一份利率上限期权，该利率上限期权的利率上限为每年 $k=5\%$，名义本金为 $L_N=\$1$ 亿。这份场外合约 2 年后到期，并且以 6 个月的 bbalibor 作为基础的浮动利率。这份利率上限期权包含了 4 份单期利率上限，每个单期利率上限都是每 6 个月根据即期利率进行支付。
- 图 23.1 描述了利率上限期权的收益。点虚线表示的是 6 个月 bbalibor 利率，即期利率在每期期初确定，由该利率决定的支付在每期期末进行。

  —今日的即期利率 $R(0)$ 为 0.06，第 1 份单期利率上限在 6 个月之后向 INTRest 支付的金额为：

$$L_N \times [R(0) - k] \times \text{时间} = 10\,000 \times (0.06 - 0.05) \times 0.5 \text{年} = \$50 \text{万} \tag{23.1a}$$

—6 个月之后(时点 1),6 个月的 bbalibor 利率为 $R(1)=0.05$。第 2 份单期利率上限是平值期权,没有支付发生。

—由于 $R(2)=0.04$,小于上限利率,所以第 3 份单期利率上限在时点 3 没有价值。

—一年半之后,即期利率 $R(3)=0.07$。第 4 份单期利率上限在时点 4 向 INTRest 支付 $10\,000 \times (0.07-0.05) \times 0.5$ 年 $= \$100$ 万。

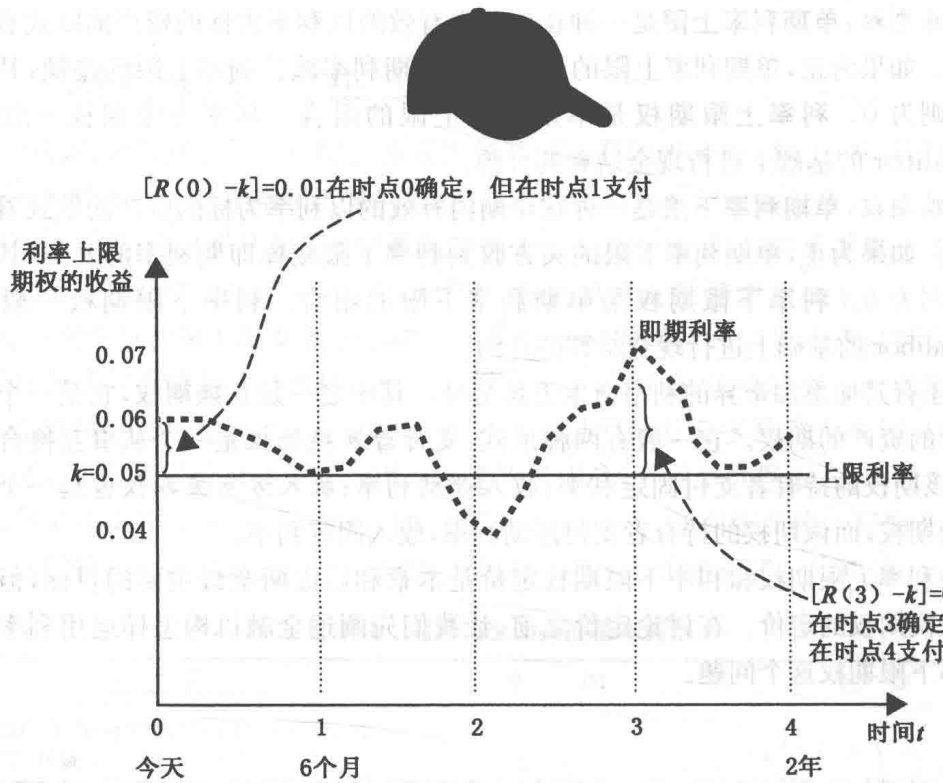


图 23.1　利率上限期权买方的收益图

套期保值

- 利率上限期权通过对浮动借款利率设定一个上限来规避利率上升的风险。为了明白这一点,我们假设 INTRest 购买了利率上限期权,并同时发行浮动利率为 bbalibor 加 50 基点的债券,面值 $L = \$1$ 亿,还款期限结构与利率上限期权大致相同。

—6 个月之后,INTRest 的现金流为:

来自债券的现金流 + 来自第 1 份单期利率上限的现金流

$$= -L \times [R(0) + 0.005] \times \text{时间} + L_N \times [R(0) - k] \times \text{时间}$$

$$= -10\,000 \text{万} \times (0.005 + k) \times 0.5 = -\$275 \text{万} \tag{23.1b}$$

—第 2 次和第 3 次的现金流流出分别是 \$275 万和 \$225 万,原因就在于 INTRest 受益于时点 1 和时点 2 的低浮动利率,分别为 $R(1)=0.05$, $R(2)=0.04$。

—在时点 4,总共的支出再次被限定在了 \$275 万。

- 利率上限期权为 INTRest 的借款成本锁定了上限，即上限利率＋50 基点。

表达式(23.1a)给出的利率上限期权的收益可以按照下面的过程规范化。考虑由 T 份到期日分别为 $t=1, 2, \cdots, T$ 的单期利率上限组成的利率上限期权。如果这份利率上限期权的名义本金为 L_N，上限年利率为 k，那么一份单期利率上限在到期日 t 的收益为：

$$c_t = \max[0, R(t-1)-k] \times L_N \times \text{时间} \tag{23.2a}$$

其中，$R(t-1)$ 为在 $(t-1)$ 期确定的适用于 $[t-1, t]$ 时间区间的即期利率(通常为 bbalibor 或 euribor)，这个时间区间由市场惯例决定(比如对于欧洲美元和 euribor 为实际天数/360，对英镑存款为实际天数/365)。利率上限期权的收益为单期利率上限收益的总和。

在我们的离散时间模型中，在时点 t 的第 t 份单期利率上限的收益可以简化为

$$c_t = \max[0, R(t-1)-k] \tag{23.2b}$$

其中，我们假设名义本金为 $1，时间区间为单位长度。

利率下限期权使得其持有者可以对利率下降进行投机或套期保值。利率下限期权是单期利率下限的集合，单期利率下限都是关于利率的欧式看跌期权。利率下限期权可以为现在持有的债券保证最小的利率水平(这与第 15 章中阐述的保护性看跌策略类似)或者同时买入债券和利率下限期权(这与配对看跌期权类似)。很多捐赠基金、对冲基金、共同基金、养老基金和金融机构购买场外交易的利率下限期权以保障所持有债券的最低收益，同时又保留了收益上涨的可能性。

我们可以用同样的方法描述单期利率下限的收益。考虑由 T 份单期利率下限组成的利率下限期权，这些单期利率下限的到期日分别为 $t=1, 2, \cdots, T$。如果这份利率下限期权的名义本金为 L_N，下限年利率为 k，那么一份单期利率下限在到期日 t 的收益为：

$$p_t = \max[0, k-R(t-1)] \times L_N \times \text{时间} \tag{23.3a}$$

其中，$R(t-1)$ 为在 $(t-1)$ 期确定的适用于 $[t-1, t]$ 时间区间的即期利率。同样，利率下限期权的收益为单期利率下限收益的总和。

同样地，在我们的离散时间模型中，名义本金为 $1、时间区间为单位长度的单期利率下限在时点 t 的收益为

$$p_t = \max[0, k-R(t-1)] \tag{23.3b}$$

常用的利率衍生工具的组合是**利率双限期权**，它把具有相同到期日和条件但行使利率不同的利率上限期权和利率下限期权结合起来。让我们看一个例子。

【例 23.2】 利率双限期权

- 假设 INTRest 公司的财务主管购买了上例中的利率上限期权，它包括了 4 份名义本金 L_N 为 $1 亿的单期利率上限，上限利率 k_1 为每年 5%，到期时间为 2 年，6 个月的 bbalibor 是基础的浮动利率，支付是根据 6 个月的间隔的即期利率水平计算的。
- 然后，财务主管认为她可以通过卖出利率下限期权来为公司节省资金，该利率下限期权除了下限利率 k_2 为每年 2%之外，其他条款都相同。从利率下限期权获得的期权费可以抵消利率上限期权的成本，降低总头寸的有效成本。

- 现在如果实现的即期利率超过了5%，INTRest将会从利率上限期权中获得收益，所以公司的有效利率为5%。相反，如果即期利率下降到了2%以下，如0.5%，INTRest将要为利率下限期权支付$-(k_2-R)=-0.015$或者说1.5%的现金流出。公司就把支付的利率限定在了k_2与k_1之间，即2%—5%。利率下限期权的空头放弃了从很低的利率水平中获利的机会。
- 这种利率上限期权和利率下限期权的结合与在第15章中阐述的权益市场中的双限期权很类似，而且如果利率上限期权和利率下限期权的成本相符，那么它就是一个零成本的双限利率期权。

在对利率上限期权和利率下限期权这样的利率衍生工具进行定价之前，让我们先回顾利率衍生工具定价模型发展的历史。

23.3 利率衍生工具定价模型的简史

巴克斯特和伦尼在他们的书《金融数学——衍生工具定价模型导论》(Baxter and Rennie, 1996, p.203)中写道：

> 在利率领域，赫斯—加罗—默顿具有和布莱克—斯科尔斯相同的开创性地位。通过关注远期利率并且给出精细的随机过程变化，他们得到了最一般(有限)的布朗运动利率模型。其他的模型可能会声称与此不同，但它们仅仅是给HJM模型冠上了别的名字。

为了理解这些评论的相关性，我们退后一步来回顾利率衍生工具定价模型的历史。[①]虽然长久以来学术文献中一直在研究利率期限结构，[②]但直到20世纪的最后25年，衍生工具定价模型才逐渐发展起来。为利率衍生工具定价是一项艰巨的任务，最困难的地方在于为利率期限结构的变动建模。这包括刻画长期、中期和短期利率随机变动之间的相关性。

利率衍生工具定价模型起始于文献对即期利率变动的研究，称为“即期利率”模型，最终发展为HJM模型。

- *即期利率模型*。这一类模型关注于即期利率的变动，$R(t)$。这些模型包括了瓦西塞克(Vasicek, 1977)、布伦南和施瓦兹(Brennan and Schwartz, 1979)、考克斯等(Cox et al., 1985)的研究成果。即期利率模型有两个主要的缺陷：第一，在这些模型中，利率衍生工具的定价取决于利率风险溢价，或者说，取决于无违约风险债券的预期收益。我们知道，在布莱克—斯科尔斯—默顿模型提出之前，如何估算风险溢价始终是个让人头疼的问题，直到BSM公式提出才克服。第二，这些模型不能很轻松地拟合初始收益率曲线，而收益率曲线的拟合对于精确的定价和利率衍生工具的套期保值是至关重要的，因为收益率曲线拟合的任意一点偏差都可能会在衍生工具定价时得到“错误”的套利机会。
- HJM模型。为了克服即期利率模型的诸多限制，HJM模型应运而生。HJM模型

① 了解更多关于利率衍生工具定价模型的历史，参看第5章Hughston(1996)及Ho和Lee(2004)。

② Shiller(1989)对经典的利率期限结构文献中的基本概念、理论和实证研究做了综合讨论。

的先驱是侯和李(Ho and Lee，1986)的一篇论文，他们提出了零息票债券价格曲线的简单二项式变动。布莱克(Black et al.，1990)提出了另外一个相关的模型。哈格斯顿(Hughston，1996，xxvii)写道：

> 瓦西塞克的论文，从它取得的成就来看，并没有解决利率衍生工具定价的问题……所有必备的要素都已经具备，但是却没有迈出最后一步。10 年过去了，直到赫斯、加罗、默顿提出了他们的成果(直到 1992 年才发表)，他们成功地把这个谜团的碎片拼凑到一块，并且为贴现债券动态变化和或有求偿权的定价建立了一般的无套利模型。

受咨询的激发，康奈尔大学运筹学和工业工程学院的教授大卫·赫斯和一名博士生安德鲁·默顿一起研究这个问题。康奈尔大学约翰逊管理学院研究生院的金融学教授罗伯特·加罗后来加入了他们。他们一起提出了 HJM 模型，并于 1987 年首次在工作论文中阐述，于 1990—1992 年期间作为一系列的论文发表。

HJM 模型是连续时间的多因素模型，适用面很广。实际上，之前所有的即期利率模型都可以看作它的特例。在这之后，很多论文研究了 HJM 模型的特例，并且都具有很好的分析和计算的性质。并不是所有的研究都在公共领域，行业专家们承认他们利用自己专有的 HJM 模型的版本为自己的公司赚钱！

HJM 模型的比较流行的子领域是 libor 模型(或市场模型，或 BGM 模型)，它被华尔街广泛应用于利率上限期权、利率下限期权和互换期权的定价及套期保值。桑德曼等(Sandmann et al.，1995)、梅特森等(Miltersen et al.，1997)和布雷斯等(Brace et al.，1997)分别各自提出了 Libor 模型。该模型的主要特征是它利用 bbalibor 单利率以及不连续地合成即期或远期利率。该模型得到了与 BSM 欧式看涨期权公式类似的单期利率上限的公式。正因为如此，它对于衍生工具交易商来讲是熟悉的领域，这也解释了它的广泛适用性(对该模型的讨论参见第 25 章)。

23.4 假设条件

单期二项式 HJM 模型的假设条件与第 17 章中用来推导二项式期权定价模型的假设条件类似，但有一处很重要的修正。原来的假设 A6 即没有利率的不确定性现在被放宽了，原来的假设 A7 现在被一个刻画利率期限结构随机变动过程的新假设取代。这个新假设与原来描述股票价格变动过程的 A7 假设相似，但更加复杂。

为了假设的完整性，我们首先重新陈述假设 A1—A5。

A1. 没有市场摩擦。我们假设交易没有市场摩擦，包括交易成本(经纪人佣金和买卖价差)、保证金要求、卖空限制以及税收(不同的证券可能会有不同的税率)。而且，资产是完全可分的。这样有助于我们构建一个基准模型，在此基础之上，后面可以再增加摩擦条件，这也是对机构投资者的合理近似。

A2. 没有信用风险。我们假设没有信用风险，它也被称为违约风险或交易对手风险，这是交易对手不能履行义务的风险。假设没有信用风险是合理的，对于交易所交易的衍生工具和场外交易的提供担保的衍生工具来说皆是如此。

A3. 竞争和运行良好的市场。在竞争性市场中，交易者是价格接受者而且价格不能被操纵。在一个运行良好的市场中，交易者对零概率事件有一致意见，所以套利机会的构成是一个共识。而且，在这个市场中，价格泡沫（使得资产的市场价格偏离了其内在或基础价值）假定不存在。

A4. 期间没有现金流。许多资产给持有者带来现金流入，比如股票的股利和债券的息票。现在我们假定资产不会给持有者带来这样的现金流入。后面将会看到，这种现金流很容易加入到模型中。

A5. 没有套利机会。这是不言而喻的。

我们现在放宽原来的假定 A6（第 17 章），即没有利率的不确定性。作为替代，我们允许整个利率期限结构随时间随机波动。相关的期限结构就是远期利率的期限结构，我们知道第 21 章中给出在时点 t 确定未来时间段 $[T-1, T]$ 的远期利率定义的表达式(21.9)，

$$f(t, T-1)=\frac{B(t, T-1)}{B(t, T)}-1 \tag{23.4}$$

其中 $B(t, T)$ 是在 T 时点到期的零息债券在时点 t 的价格。当在时点 t 时，远期利率对应于非常近的未来时间段 $[t, t-1]$，这时远期利率就有了很特殊的名字——即期利率，定义式为 $f(t, t)=R(t)$。

给定远期利率的期限结构之后，就可以像在第 21 章中那样（见结论 21.2）很轻松地计算零息债券价格的期限结构。相反，给定零息债券价格的期限结构，就可以根据表达式(23.4)很轻松地得到远期利率的期限结构。这种等价关系表明，远期利率的期限结构和零息债券价格的期限结构包含相同的信息。

因此我们可以通过对远期利率或者零息债券价格施加假设条件来描述利率期限结构的变动过程。在离散时间模型中，出于教学的目的——更清晰地阐述其中的经济学原理——把期限结构变动过程的假设加于零息债券的价格之上会更加容易。但是，在估算参数的时候，必须把零息债券的价格变动过程转化为远期利率的变动过程，原因在于远期利率的变动过程更具时间平稳性，这个特性与数据估算过程的要求相匹配（见第 21 章）。

但是，在连续时间模型中情况是相反的。把期限结构变动过程的假设加在远期利率之上会更加容易。这是第 25 章中讨论 HJM libor 模型时所采用的方法。当然，现在我们也知道这两种方法在施加假设条件上完全等价。

为了对期限结构变动建模，对第 17 章和第 18 章中的二叉树做了两处改变。首先，即期利率现在是随时间随机的，称为 $R(t)$；其次，股票价格是不相关的，被模型剔除。作为替代，现在每个节点都有一个零息债券的价格 $B(t, T)$ 向量，该零息债券对于时点 $t=0, 1, 2, \cdots$ 的到期日分别为 $T=1, 2, 3, \cdots$。而且这些债券的价格有两个参数：一个在今天的时点 t，一个是在到期日 T。了解这些内容之后，我们现在可以阐述最后的假设条件。

A6. 单期二项过程。零息债券价格 $B(t, T)$ 在 $t=0$，1 和 $T=1, 2, 3$ 时的交易是离散的，而且它们的价格变动服从二项过程。在时点 0 之后，有两种状态，分别是“上涨”和“下跌”。首先，如果零息债券在时点 1 到期，那么不论是什么状态，现在债券的价格都会趋向 \$1。其次，对于到期日 $T>1$ 的零息债券价格，在上涨状态的时候，用价格乘以因子

$u(0, T)$，并且实现价格 $u(0, T) \times B(0, T)$ 的实际概率为 $q(0) > 0$；或者在下跌状态的时候，用价格乘以因子 $d(0, T)$，并且实现价格 $d(0, T) \times B(0, T)$ 的实际概率为 $1 - q(0)$。我们假定 $u(0, T) > d(0, T)$。

图 23.2 给出了零息票债券价格期限结构的单期变动。我们先通过一个例子来解释这个变动。

【例 23.3】 期限结构的单期变动

假定今天为时点 0，在这个模型中有 4 种证券：3 种零息债券和 1 个货币市场账户。我们解释它们 1 年期的变动。

零息债券价格

- 到期日分别为 1 年(时点 1)、2 年(时点 2)、3 年(时点 3)的零息债券在今天的价格由下面的矩阵给出：

$$\begin{bmatrix} B(0, 3) = \$0.88 \\ B(0, 2) = \$0.93 \\ B(0, 1) = \$0.97 \end{bmatrix} \tag{23.5}$$

这些价格是取自例 21.1 中用到的常见零息债券价格。为了减少混乱，我们把美元的符号省略。

- 在 1 期之后，债券价格可能上涨或下跌，我们假设它们发生的实际概率分别为 $q(0) = 0.3$ 和 $[1 - q(0)] = 0.7$。债券价格在上涨状态时(带有下标 u)为：

$$\begin{bmatrix} B(1, 3)_u = 0.916\,7 \\ B(1, 2)_u = 0.962\,0 \\ B(1, 1)_u = 1 \end{bmatrix} \tag{23.6a}$$

债券价格在下跌状态时(带有下标 d)为：

$$\begin{bmatrix} B(1, 3)_d = 0.897\,7 \\ B(1, 2)_d = 0.955\,5 \\ B(1, 1)_d = 1 \end{bmatrix} \tag{23.6b}$$

在时点 1 时，在时点 1 到期的债券无论是上涨状态还是下跌状态均支付 \$1，然后从市场中消失。

风险证券 VS 无风险证券

- 在这个变动过程中，有两种无风险证券，即在时点 1 到期的债券和货币市场账户。2 期和 3 期到期的债券都是风险证券。这可以通过计算它们在上涨状态和下跌状态时的收益而看出来，发现它们是不相同的。

$$\begin{bmatrix} [B(1, 3)_u - B(0, 3)]/B(0, 3) = (0.916\,7 - 0.88)/0.88 = 0.041\,8 \\ [B(1, 2)_u - B(0, 2)]/B(0, 2) = (0.962\,0 - 0.93)/0.93 = 0.034\,4 \\ [B(1, 1)_u - B(0, 1)]/B(0, 1) = (1 - 0.97)/0.97 = 0.030\,9 \end{bmatrix} \tag{23.7a}$$

$$\begin{bmatrix} [B(1,3)_d - B(0,3)]/B(0,3) = (0.897\,7 - 0.88)/0.88 = 0.020\,1 \\ [B(1,2)_d - B(0,2)]/B(0,2) = (0.955\,5 - 0.93)/0.93 = 0.027\,4 \\ [B(1,1)_d - B(0,1)]/B(0,1) = (1 - 0.97)/0.97 = 0.030\,9 \end{bmatrix} \tag{23.7b}$$

这个结果在这部分的后面将会很有用。

图 23.2 的下半部分用假设 A6 中给出的符号把这个例子规范化。

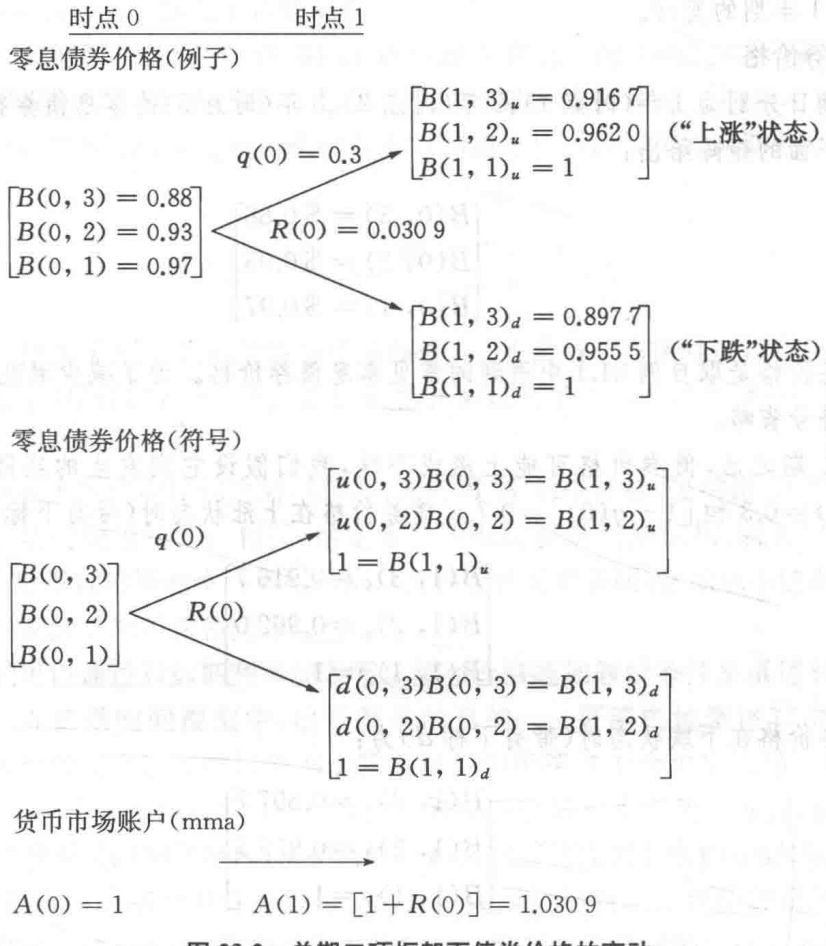


图 23.2　单期二项框架下债券价格的变动

1. 零息债券价格的变动

- 定义今天为时点 0，零息债券的价格分别为 $B(0,1)$、$B(0,2)$、$B(0,3)$。它们分别在到期日，即时点 1、时点 2 和时点 3，支付 1 美元。在这个变动中只显示时点 1。
- "上涨"的实际概率为 $q(0) > 0$。
- 在时点 1，零息债券的价格是上涨状态(在这种情况下，乘以上涨因子)或者是下跌状态(在这种情况下，乘以下跌因子)。

  —如果零息债券价格上升，这个 3 期的债券有了一个新价格 $B(1,3)_u$，这是用 $B(0,3)$ 乘以上涨因子 $u(0,3)$ 得到的。

—同样，2 期债券的价格为 $u(0,2)B(0,2)=B(1,2)_u$。

—1 期债券的价格为 $B(1,1)_u=1$，因为当它到期时支付 \$1，并从市场中消失。

—时点 1 的零息债券价格的下标 u 是为了把它们和下跌状态时的价格区分开。

—如果零息债券价格下降，这个 3 期的债券有了一个新价格 $d(0,3)B(0,3)=B(1,3)_d$。类似地，$d(0,2)B(0,2)=B(1,2)_d$，$B(1,1)_d=1$。这里我们用下标 d 代表下跌状态。

2. 即期利率

- 不考虑发生的状态，到期日最短的债券在时点 1 支付 \$1。因此，这个债券是无风险的，并赚取即期利率：

$$R(0)=[1-B(0,1)]/B(0,1)=(1-0.97)/0.97$$
$$=0.030\,9 \text{ 或 } 3.09\% \tag{23.8a}$$

3. 货币市场账户

通过定义可知，mma 以每期的即期利率增长。如果投资者在时点 0 投资 \$1 于 mma，那么在时点 1 它的回报是 $[1+R(0)]$。所以 mma 在时点 0 和时点 1 的价值分别为：

$$A(0)=\$1$$
$$A(1)=1[1+R(0)]=\$1.030\,9 \tag{23.8b}$$

23.5 单期模型

我们现在开始阐述单期二项式 HJM 模型。我们将应用这个模型对单期利率上限期权定价，后面会讲到用这个模型也可以很轻松地对其他利率衍生工具定价。这种方法的第一步就是保证假设的变动是无套利的。

23.5.1 无套利的变动

“下雨了，溪流涨了，风吹打着那间房子；但是它没有倒，因为它建立在岩石上”，但是建在沙子上的房子“呼啦地倒了”(参见 Matthew 7:25 and 7:27, King James 新国际版)。同样，我们想建立一个在对利率衍生工具进行定价时不会倒塌的坚实的二叉树。如果树的变动允许套利存在的话，这个树(方法)就会倒塌。为什么？因为如果零息债券本身的价格都存在套利的机会，我们怎么可以确定衍生工具的无套利价格？很显然，这是不可能的。因此，我们要通过保证假定的变动是无套利的来确保它“建立在岩石上”。这个任务相比于在用二项式模型对权益衍生工具进行定价中用到的更加复杂，因为我们必须要确保投资者不能通过交易这些零息债券的组合来套利。

必要条件 我们可以利用在第 17 章的二项式定价模型中得到的启示来确定无套利条件。在第 17 章中，二叉树中只有一个风险资产的价格，我们利用本章的符号来表示无套利条件：

$$\text{上涨因子}>1+R(0)>\text{下跌因子}$$

但是，在这里，每个节点上我们都有两种风险债券。因此，如果不存在套利机会，那这个条件对两种风险零息债券 $B(0, 2)$ 和 $B(0, 3)$ 都适用。否则，就像在第 17 章中所讨论的，投资者可以通过构建风险零息债券和货币市场账户的投资组合来创造套利机会。

这个逻辑意味着无套利的必要条件为：

$$u(0, T) > 1 + R(0) > d(0, T) \quad T = 2, 3 \tag{23.9a}$$

其中，$u(0, T)$ 和 $d(0, T)$ 是 T 期的零息债券从时点 0 到时点 1 的上涨因子和下跌因子。

但是这个条件并不能保证二叉树是无套利的。原因在于它只把风险债券和货币市场账户联系起来，却没有比较两种风险债券之间的收益。这样的比较会产生另外一个必要条件，并与表达式(23.9a)表示的条件结合起来，这样才是充分的。在确定剩余的条件之前，把表达式(23.9a)重新写成一种等价的方式是很有用的。

等价的必要条件 简单的逻辑表明表达式(23.9a)只有在当且仅当存在一个实数 $\pi(0, T)$，且 $0 < \pi(0, T) < 1$ 时才会成立并得到：

$$1 + R(0) = \pi(0, T)u(0, T) + [1 - \pi(0, T)]d(0, T) \quad T = 2, 3 \tag{23.9b}$$

这个式子表明货币市场账户的收益是风险零息债券在上涨状态和下跌状态时收益的加权平均值。注意，权重 $\pi(0, T)$ 是由现在的时点(由第一个参数 0 给出)和考虑在内的风险债券(由第二个参数 T 给出)确定的。对表达式(23.9b)求解可以得到权重的方程：

$$\pi(0, T) = \left(\frac{1 + R(0) - d(0, T)}{u(0, T) - d(0, T)}\right) \text{ 和}$$

$$1 - \pi(0, T) = \left(\frac{u(0, T) - [1 + R(0)]}{u(0, T) - d(0, T)}\right) \quad T = 2, 3 \tag{23.9c}$$

有了这个方程，无套利的必要条件就可以简化为对每个 T 检查是否满足 $0 < \pi(0, T) < 1$。

最后，我们可以把表达式(23.9b)再次重新写成另外一种形式。表达式(23.9b)两边同时除以 $[1 + R(0)]$，并同时乘以 $B(0, T)$，这样就得到了最后的结果：

$$B(0, T) = \frac{\pi(0, T)B(0, T)u(0, T) + [1 - \pi(0, T)]B(0, T)d(T)}{1 + R(0)} \quad T = 2, 3 \tag{23.9d}$$

我们将很快回到这个条件并解释它的重要意义。

充分条件 前面的必要条件式(23.9a)—(23.9d)都没有比较两种风险债券的收益值。为了比较收益值从而确定在它们的价格变动中是否存在套利机会，我们可以比较交易的 2 期零息债券的现金流和用 3 期零息债券与货币市场账户合成的 2 期零息债券的现金流。如果交易的 2 期零息债券的价格等于构建合成的 2 期零息债券的成本，我们就知道 2 期和 3 期零息债券的收益值不存在套利机会。本章的附录证明了下式是正确的：

$$B(0, 2) = \frac{\pi(0, 3)B(0, 2)u(0, 2) + [1 - \pi(0, 3)]B(0, 2)d(0, 2)}{1 + R(0)} \tag{23.10}$$

2 期零息票债券的表达式(23.9d)与表达式(23.10)，除了用 $\pi(0, 2)$ 代替了 $\pi(0, 3)$，其他的都完全相同。这只有在满足下面的条件时发生：

$$\pi(0,3)=\pi(0,2) \text{ 且 } 0<\pi(0,2)<1 \tag{23.11}$$

这也是我们最后的必要条件。

事实证明表达式(23.11)也是保证二叉树无套利的一个充分条件。这个观点的证明参见本章的附录。我们直接把讨论过程总结成了结论。

结论 23.1

等价伪概率条件

当且仅当存在一个实数 $\pi(0)$ 严格处在 0 和 1 之间时，单期零息票债券价格的变动是无套利的，并有

$$\pi(0)=\pi(0,T) \quad T=2,3 \tag{23.12}$$

其中，$\pi(0,T)=([1+R(0)-d(0,T)]/[u(0,T)-d(0,T)]$，$R(0)$ 是时点 0 的即期利率，$[u(0,T),d(0,T)]$ 分别是到期日为 T 的零息债券在上涨状态和下跌状态时的收益值。

因为 $\pi(0)$ 是一个处于 0 和 1 之间的数，所以可以把它理解为概率，我们称之为伪概率。我们把表达式(23.12)称为**等价伪概率**条件。幸运的是，这大大简化了我们检查零息债券价格树是否为无套利的任务。

【例 23.4】 单期二叉树无套利的证明

考虑例 23.2 和图 23.2 给出的期限结构的变动，为了检查这种变动是否无套利，我们计算两种零息债券从时点 0 变动到时点 1 时的上涨因子和下跌因子。

- 对于在时点 3 到期的零息债券，有：
  上涨因子，$u(0,3)=B(1,3)_u/B(0,3)=0.916\,7/0.88=1.041\,8$
  下跌因子，$d(0,3)=B(1,3)_d/B(0,3)=0.897\,7/0.88=1.020\,1$
- 对于在时点 2 到期的零息债券，有：
  上涨因子，$u(0,2)=B(1,2)_u/B(0,2)=0.962\,0/0.93=1.034\,4$
  下跌因子，$d(0,2)=B(1,2)_d/B(0,2)=0.955\,5/0.93=1.027\,5$
  接下来，我们计算 2 期和 3 期零息债券的伪概率：

$$\pi(0,3)=\left(\frac{1+R(0)-d(0,3)}{u(0,3)-d(0,3)}\right)=\left(\frac{1.030\,9-1.020\,1}{1.041\,8-1.020\,1}\right)=0.5$$

$$\pi(0,2)=\left(\frac{1+R(0)-d(0,2)}{u(0,2)-d(0,2)}\right)=\left(\frac{1.030\,9-1.027\,5}{1.034\,4-1.027\,5}\right)=0.5$$

- 因为两个伪概率是相等的，且严格地处于 0 和 1 之间，这个单期二叉树是无套利的。
- 对于这个二叉树，$\pi(0)=0.5$ 是在时点 2 和时点 3 到期的零息债券上涨的唯一的伪概率。

23.5.2 零息票债券价格和鞅

使用新的符号，在无套利的条件式(23.12)下，我们可以把表达式(23.9d)重新写成：

$$B(0,\ T)=\frac{\pi(0)B(1,\ T)_u+[1-\pi(0)]B(1,\ T)_d}{1+R(0)}\quad T=2,\ 3 \tag{23.13a}$$

假设我们把 $B(0,\ T)$ 上涨的"概率"看作 $\pi(0)$，下跌的"概率"看作 $[1-\pi(0)]$，其中 $T=2$，3。那么，这个表达式说明零息债券在伪概率条件下的折现预期收益就是零息债券在今天的价格！这为我们计算零息债券的现值提供了一种方法。

注意这和第 17 章中的表达式(17.5)是多么相似。在第 17 章中，股票价格的变动是一个鞅，从而股票价格等于它在伪概率条件下时点 1 的折现预期收益。现在我们对两种零息债券做同样的事情。最后一步是将伪概率应用于利率衍生工具的定价。希望你能开始理解为什么鞅定价是现代衍生工具定价的核心。

【例 23.5】 用预期折现价值计算债券价格

- 考虑例 23.2 和图 23.2 给出的期限结构的变动。在时点 1，3 期零息债券在上涨状态时的价格为 $B(1,\ 3)_u$，上涨的伪概率为 $\pi(0)$；在下跌状态时的价格为 $B(1,\ 3)_d$，下跌的伪概率为 $[1-\pi(0)]$。因为今天将 1 美元投资于货币市场账户，在时点 1 时获得 $[1+R(0)]$，应用表达式(23.13a)得到：

$$\frac{\pi(0)B(1,\ 3)_u+[1-\pi(0)]B(1,\ 3)_d}{1+R(0)}=\frac{0.5\times 0.916\ 7+0.5\times 0.897\ 7}{1.030\ 9}=0.88$$

  这与 $B(0,\ 3)$ 相符，即在时点 3 到期的零息债券在今天的价格。

- 对 2 期的零息债券应用同样的方程，该债券在时点 1 的价格为 $B(1,\ 2)_u$ 和 $B(1,\ 2)_d$，伪概率分别为 $\pi(0)$ 和 $[1-\pi(0)]$。可以得到：

$$\frac{\pi(0)B(1,\ 2)_u+[1-\pi(0)]B(1,\ 2)_d}{1+R(0)}=\frac{0.5\times 0.962\ 0+0.5\times 0.955\ 5}{1.030\ 9}=0.93$$

  这与 $B(0,\ 2)$ 相符，即在时点 2 到期的零息债券在今天的价格。

使用我们熟悉的抽象符号，我们把这些表达式写成下面的结论。

结论 23.2

零息债券的风险中性定价

零息债券在时点 0 的价值为：

$$B(0,\ T)=\frac{E^{\pi}[B(1,\ T)]}{1+R(0)}\quad T=2,\ 3 \tag{23.13b}$$

其中，$E^{\pi}[\cdot]$ 表示在伪概率 $\pi(0)$ 下的期望，$R(0)$ 为在时点 0 的即期利率，$B(1,\ T)$ 是在 T 时到期的零息债券在时点 1 的价格。

这个结论表明零息债券在时点 0 的价格等于它在时点 1 价格的预期折现值，其中折现率是即期利率，期望是利用伪概率计算出来的。

最后，使用货币市场账户价值的符号可以得到：

$$\frac{B(0,\ T)}{A(0)}=E^{\pi}\left(\frac{B(1,\ T)}{A(1)}\right)\quad T=2,\ 3 \tag{23.13c}$$

这个表达式说明零息债券的价格，经过货币市场账户价值的标准化，是伪概率下的鞅。

换种表述方式，二叉树为无套利的充分且必要的条件为存在严格处于 0 和 1 之间的实数 $\pi(0)$，使得标准化的零息债券的价格在伪概率测度下为鞅。正是这种形式的无套利条件才使得将利率期限结构变动的更复杂的模型一般化变得较为简单。

23.5.3 理解等价伪概率条件

等价伪概率条件有一个很好的经济学内涵，为了理解这种经济学内涵，我们注意到这个很明显的事实：

$$\text{当且仅当}[1-\pi(0,3)]=[1-\pi(0,2)]\text{时，}\pi(0,3)=\pi(0,2)\text{ 成立} \quad (23.14a)$$

利用结论 23.1 将这个表达式完整地写出，我们可以发现当且仅当如下等式成立时二叉树是无套利的：

$$\left(\frac{u(0,3)-[1+R(0)]}{u(0,3)-d(0,3)}\right)=\left(\frac{u(0,2)-[1+R(0)]}{u(0,2)-d(0,2)}\right) \quad (23.14b)$$

首先，注意到表达式(23.14b)的分子是对承担零息债券相对于货币市场账户的风险的补偿。风险零息债券在上涨状态 $u(0,T)$ 时可能产生的更高收益是投资者愿意持有风险债券而不是货币市场账户的原因。图 23.3 描述了这种不同。

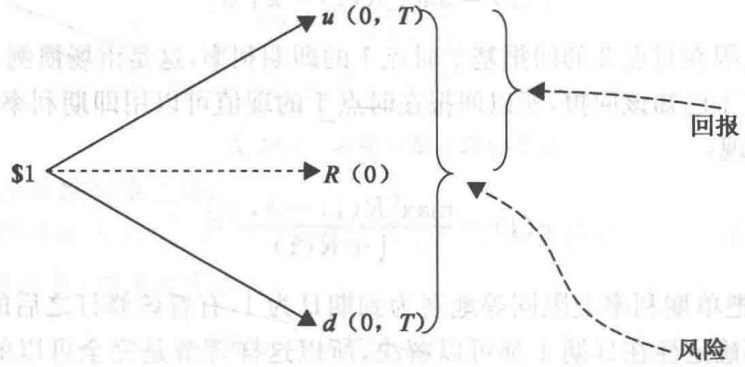


图 23.3 债券的风险溢价

其次，分母衡量了零息债券的利差，或者说风险。实际上，零息债券在上涨状态和下跌状态时的收益差距越大，回报的风险就越大，因为利得和损失都被放大了。因此，零息债券在最好和最差状况下的收益差额是对风险的衡量。

将分子和分母结合起来看，这个比率衡量了每单位风险的回报，称为风险溢价。因此无套利条件可以等价地表述为：当且仅当所有的零息债券都有相同的风险溢价时二叉树是无套利的。这个最后的表述有很好的经济学意义。如果零息债券有不同的风险溢价，交易商就会希望持有那些每单位风险回报更高的零息债券。实际上，如果交易商聪明地做空每单位风险回报较低的债券，则所有的利率风险都可以从投资组合中分离出来产生一个套利机会。这是结论 23.2 的基础逻辑。

23.5.4 实际概率与伪概率

就如在第 17 章中讲到的，当且仅当实际概率 $q(0)$ 和 $1-q(0)$ 严格为正时，二叉树中上涨和下跌状态时的伪概率 $\pi(0)$ 和 $1-\pi(0)$ 严格为正。这个条件意味着存在两个严格为正的数字 Φ_u 和 Φ_d 使得：

$$\pi(0)=\Phi_u q(0)$$
$$1-\pi(0)=\Phi_d[1-q(0)]$$

Φ_u 和 Φ_d 这些数字把实际概率转化为伪概率，这对应用风险中性的方法对衍生工具定价非常有用(如下)。数字 Φ_u 和 Φ_d 在用折现预期价值计算无套利价格时，对现金流风险的实际概率进行了调整。这个结论的证明与第 17 章中二项式模型的证明是相同的(参见第 17 章附录)，所以此处就不再赘述。

23.5.5 单期利率上限期权的定价

建立了这个框架之后，现在用单期 HJM 模型对单期利率上限期权定价就很简单。单期利率上限是即期利率的欧式看涨期权。因此，到期日为 2、敲定利率为 k 的单期利率上限的回报为：

$$c(2)=\max[R(1)-k,\ 0] \tag{23.15a}$$

注意单期利率上限在时点 2 的回报基于时点 1 的即期利率，这是市场惯例。

因为在时点 1 已知该回报，所以回报在时点 1 的现值可以用即期利率 $R(1)$ 对表达式(23.15a)进行折现：

$$c(1)=\frac{\max[R(1)-k,\ 0]}{1+R(1)} \tag{23.15b}$$

因此，我们可以把单期利率上限同等地视为到期日为 1，有着该修订之后的收益。因为关于回报的所有不确定性在日期 1 都可以解决，所以这样理解是完全可以的。就像这个例子，为了简便计算，我们在本章和下一章引入了下面的惯例。

单期利率上限期权和单期利率下限期权到期日惯例 出于定价的目的，我们认为单期利率上限期权和单期利率下限期权在实际到期日之前的很小段时间的回报与在到期日之后的很小段时间的实际回报的现值相等。

图 23.4 显示了单期利率上限的回报。接下来我们展示应该怎样对单期利率上限定价，先从例子开始，再扩展到一般情况。

【例 23.6】 单期利率上限的定价

- 就像第 17 章中的二项式模型，我们用零息债券和货币市场账户构建投资组合来复制单期利率上限在上涨状态和下跌状态时的收益。构建该合成单期利率上限的成本就是该交易的单期利率上限的无套利价格。
- 利用图 23.2 中零息债券价格的变动，我们可以分别计算即期利率在时点 1 处于上

涨状态和下跌状态时的价值，$R(1)_u$ 和 $R(2)_d$。

$$R(1)_u = 1/B(1,2)_u - 1 = 1/(0.962\,0) - 1 = 0.039\,5$$
$$R(1)_d = 1/B(1,2)_d - 1 = 1/(0.955\,5) - 1 = 0.046\,5$$

单期利率上限在时点 1 的回报

- 考虑图 23.4 中在时点 1 到期、执行利率为每年 $k=0.04$ 的单期利率上限。在上涨状态时，单期利率上限为虚值期权、价值为 0，见下面的计算：

$$\begin{aligned} c_u &= \max[(R(1)_u - k)/(1+R(1)_u),\ 0] \\ &= \max[(0.039\,5 - 0.04)/1.039\,5,\ 0] = 0 \end{aligned} \tag{23.16a}$$

在下跌状态时，单期利率上限最后为实值期权，价值为：

$$\begin{aligned} c_d &= \max[(R(1)_d - k)/(1+R(1)_d),\ 0] \\ &= \max[(0.046\,5 - 0.04)/1.046\,5,\ 0] = \$0.006\,2 \end{aligned} \tag{23.16b}$$

时点 0　　时点 1

例子

$$c(0) = 0.003 \begin{cases} c(1)_u = \max\left\{0, \dfrac{0.039\,5 - 0.04}{1.039\,5}\right\} = 0 \\ c(1)_d = \max\left\{0, \dfrac{0.046\,5 - 0.04}{1.046\,5}\right\} = 0.006\,2 \end{cases}$$

符号

$$c(0) \begin{cases} c(1)_u = \max\left\{0, \dfrac{R(1)_u - k}{1+R(1)_u}\right\} \\ c(1)_d = \max\left\{0, \dfrac{R(1)_d - k}{1+R(1)_d}\right\} \end{cases}$$

图 23.4　单期利率上限的变动

构建合成的单期利率上限

- 用 m 份价格为 $B(0,2)$ 的 2 期零息债券和 n 单位价值为 $A(0)$ 的货币市场账户构建投资组合，构建的成本为：

$$V(0) \equiv mB(0,2) + nA(0) \tag{23.17a}$$

- 在时点 1，我们希望找到 (m, n) 使得组合的价值与交易的单期利率上限的价值在每种状态下都相等。由此，我们得到含两个未知数的两个方程：

在上涨状态时：$V(1)_u = mB(1,2)_u + nA(1) = c(1)_u$

$$\text{或 } m0.962\,0 + n1.030\,9 = 0 \tag{23.17b}$$

在下跌状态时：$V(1)_d = mB(1,2)_d + nA(1) = c(1)_d$

$$\text{或 } m0.955\,5 + n1.030\,9 = 0.006\,2 \tag{23.17c}$$

用表达式(23.17b)减去表达式(23.17c)得到：

$$m \times (0.962\,0 - 0.955\,5) = -0.006\,2$$
$$\text{或 } m = -0.955\,6$$

把 m 的值代入表达式(23.17b)求解，得到：

$$n=\frac{-m0.962\,0}{1.030\,9}=0.891\,7$$

- 所以通过做空 0.955 6 份 2 期零息债券和买入 0.891 7 单位货币市场账户，我们可以构建一个合成的单期利率上限，构建的成本为：

$$V(0)\equiv mB(0,2)+n=-0.955\,6\times 0.93+0.891\,7=\$0.003$$

这就是交易的单期利率上限的无套利价格。

- 我们可以用货币市场账户和 3 期零息债券重复这个构建过程，试一下就会发现由于期限结构的变动是无套利的，两种方法算出的单期利率上限的价格是相同的。

套期保值比率(圣杯)

风险债券的持有数量 m，被称为单期利率上限的 delta 或者套期保值比率，是期权定价的圣杯。它是单期利率上限的价格变动除以零息债券价格变动的比率。回头再看表达式(23.17b)和表达式(23.17c)，我们可以发现如果持有交易的单期利率上限并做空 m 份 2 期零息债券，得到的组合将会是无风险的，回报是货币市场账户的利率。

套利机会

假设单期利率上限的市场价格为 \$0.005，那么就存在一个套利机会。该套利机会就是以 \$0.005 的价格卖出交易的看涨期权，并以 \$0.003 的成本买入一个合成的看涨期权。在时点 1，交易的看涨期权的空头和合成的看涨期权的多头的回报数量相等、符号相反，所以净回报为 0。

我们可以利用该单期利率上限期权定价的方法将这个例子规范化以得到一般的结论。

单期利率上限期权在时点 1 的回报 首先，我们注意到单期利率上限期权在时点 1 的回报为(见图 23.4)

$$\text{在上涨状态：}c(1)_u=\max\left[0,\frac{R(1)_u-k}{1+R(1)_u}\right] \tag{23.18a}$$

$$\text{在下跌状态：}c(1)_d=\max\left[0,\frac{R(1)_d-k}{1+R(1)_d}\right] \tag{23.18b}$$

构建合成的单期利率上限 我们可以构建合成的单期利率上限，构建成本为：

$$V(0)=mB(0,2)+nA(0)$$

其中，m 份价格为 $B(0,2)$ 的 2 期零息债券和 n 单位价格为 $A(0)=1$ 的货币市场账户。

然后，在时点 1，我们令组合的价值与单期利率上限的价值相同：

$$\text{上涨状态：}V(1)_u=mu(0,2)B(0,2)+n[1+R(0)]=c(1)_u \tag{23.19a}$$

$$\text{下跌状态：}V(1)_d=md(0,2)B(0,2)+n[1+R(0)]=c(1)_d \tag{23.19b}$$

解 m 和 n 得到：

$$m=\frac{c(1)_u-c(1)_d}{[u(0,2)-d(0,2)]B(0,2)} \tag{23.20a}$$

$$n=\frac{u(0,2)c(1)_d-d(0,2)c(1)_u}{[u(0,2)-d(0,2)][1+R(0)]} \tag{23.20b}$$

为了避免套利，构建合成单期利率上限组合的成本必须等于交易的单期利率上限的价格。把 m 和 n 代入表达式并简化，就可以得到该单期利率上限的无套利价格：

$$c(0)=mB(0,2)+n=\frac{c(1)_u-c(1)_d}{[u(0,2)-d(0,2)]B(0,2)}B(0,2)+\frac{u(0,2)c(1)_d-d(0,2)c(1)_u}{[u(0,2)-d(0,2)][1+R(0)]} \tag{23.21}$$

注意单期利率上限的价值并不依赖于实际概率 $q(0)$；它只取决于 2 期零息债券的上涨因子和下跌因子$[u(0,2),d(0,2)]$、2 期零息债券的价格 $B(0,2)$和即期利率 $R(0)$。这与我们在第 17 章中发现的二项式期权定价模型相似。

这是很重要的发现，它意味着只要两个投资者对这些输入变量没有异议，即使对实际上涨概率 $q(0)$有不同意见，他们仍然对单期利率上限的价格保持一致意见。当然，假如固定$[u(0,2),d(0,2),R(0)]$，对实际上涨概率的不同看法可能会导致对初始的零息债券价格 $B(0,2)$的不同判断。但是，如果对零息债券的价格 $B(0,2)$意见一致，那么单期利率上限的价值则由无套利条件确定，两个投资者也会在单期利率上限的价格上达成一致。

我们忽略这一点是因为在推导单期利率上限的价格时使用了精确的复制。不论二叉树上的零息债券价格向哪个方向变动，合成单期利率上限的回报精确复制了交易的单期利率上限的回报。所以我们不关心上涨或下跌的实际概率。

最后，我们注意到构建合成的单期利率上限使用的是 2 期债券和货币市场账户。同样，也可以用 3 期债券和货币市场账户构建合成的单期利率上限。在这种构建中，3 期债券和货币市场账户的持有比例与 2 期债券和货币市场账户的持有比例是不同的，但是无套利价格却是相同的。这是由等价伪概率条件，即表达式(23.12)保证的。

23.5.6 套期保值比率(圣杯)

构建合成的单期利率上限的方法也提供了对冲单期利率上限多头风险的方法。当然，确定该套期保值比率是期权定价的圣杯(参见第 17 章)。如果为持有的每份单期利率上限多头做空 m 份 2 期零息票债券，得到的组合就是无风险的。风险债券的持有数量 m 被称为单期利率上限的 delta 或套期保值比率。为了证明该组合是无风险的，我们只需要对表达式(23.21)移项，得到时点 0 的套期保值的单期利率上限的组合：

$$c(0)-mB(0,2)$$

它在时点 1 的回报为：

上涨状态时：$c(1)_u-mu(0,2)B(0,2)=c(1)_u-\frac{c(1)_u-c(1)_d}{[u(0,2)-d(0,2)]}u(0,2)=\frac{u(0,2)c(1)_d-d(0,2)c(1)_u}{[u(0,2)-d(0,2)]}=n[1+R(0)]$

下跌状态时：$c(1)_d-md(0,2)B(0,2)=c(1)_d-\frac{c(1)_u-c(1)_d}{[u(0,2)-d(0,2)]}d(0,2)=$

$$\frac{u(0,2)c(1)_d - d(0,2)c(1)_u}{[u(0,2)-d(0,2)]} = n[1+R(0)]。$$

在上涨状态和下跌状态时，组合都具有相同的价值，因此是无风险的。如计算结果显示，它的回报是即期利率。因此由表达式(23.20a)给出的套期保值比率 m 把套期保值的单期利率上限组合的利率风险全都消除了。

23.5.7 风险中性定价

我们可以对计算单期利率上限无套利价格的表达式(23.21)作出调整，从而可以获得新的理解。运用代数的知识可以得到：

$$c(0) = \frac{1}{[1+R(0)]}\left[\left(\frac{1+R(0)-d(0,2)}{u(0,2)-d(0,3)}\right)c(1)_u + \left(\frac{u(0,2)-[1+R(0)]}{u(0,2)-d(0,2)}\right)c(1)_d\right]$$

在无套利条件下，运用结论 23.1 关于伪概率的定义，我们可以把表达式简单地重新写成：

$$c(0) = \frac{\pi(0)c(1)_u + [1-\pi(0)]c(1)_d}{1+R(0)} \tag{23.22a}$$

单期利率上限的无套利价格被看作使用伪概率的预期折现价值，这给出了现值的计算公式。用伪概率对单期利率上限回报的风险进行调整，因此就可以用无风险利率折现到今天。就如第 17 章，如果使用该表达式对单期利率上限定价，它就被称为风险中性定价。

使用我们熟悉的抽象符号，我们对这个结论进行了总结。

结论 23.3

单期利率上限的风险中性定价

执行利率为 k、到期日为 1 的单期利率上限的价值为：

$$c(0) = \frac{E^{\pi}[c(1)]}{1+R(0)} \tag{23.22b}$$

其中 $E^{\pi}[\cdot]$ 表示在伪概率 $\pi(0)$ 下的期望，$R(0)$ 是时点 0 的即期利率，$c(1)$ 是单期利率上限在时点 1 的价值。

就如之前提到的，单期利率上限的价值并不依赖于上涨状态的实际概率，它仅取决于伪概率。因为表达式(23.22b)，所以伪概率一般被称为**风险中性概率**。

此外，这个更抽象的表达式将会在推导单期利率上限期权和单期利率下限期权的看涨—看跌期权平价关系时非常有用，该平价关系与一般的看涨期权和看跌期权的平价关系很类似。

风险中性定价极大地简化了单期利率上限无套利价格的计算，就像下面的例子所显示的：

【例 23.7】 风险中性定价

使用图 23.2 中的二叉树和图 23.4 中的单期利率上限的回报，可以得到：

$$c(0)=\frac{\pi(0)c(1)_u+[1-\pi(0)]c(1)_d}{1+R(0)}=\frac{0.5\times 0+0.5\times 0.006\,2}{1.030\,9}=0.003$$

就像所阐述的，使用风险中性定价的方法比构建合成的单期利率上限并用两个方程解两个未知数简单很多——而且算出来是同样的结果，这不应该值得惊讶了！

23.5.8 单期利率下限期权的定价

风险中性定价也可以被用来对单期利率下限期权定价。同样，可以通过看涨—看跌期权平价关系利用单期利率上限的价格得到单期利率下限的价格。这由下面的结论给出。

结论 23.4

单期利率上限期权和单期利率下限期权平价

$$[f(0,1)-k]B(0,2)=c(0)-p(0) \tag{23.23}$$

其中，时点 0 表示今天，时点 1 是到期日，$f(0,1)$是在 0 时的日期 1 的远期利率，$B(0,2)$是在时点 2 到期的零息票债券在今天的价格，$c(0)$和 $p(0)$分别是单期利率上限和单期利率下限在今天的价格，这两种期权执行利率为 k、到期日为 1，其他条件也完全相同。

这个关系在本章的附录中给出了证明。单期利率上限—单期利率下限平价关系表明一份单期利率上限的多头和一份单期利率下限的空头等于表达式左边表示的 $[f(0,1)-k]$ 份零息债券的多头。给定单期利率上限的价格，从这个表达式就可以直接得出单期利率下限的价格。下面的例子阐述了怎样利用单期利率上限—单期利率下限平价关系为单期利率下限定价。

【例 23.8】 单期利率下限的定价

- 考虑一个执行利率 $k=0.04$ 每年，到期日为日期 2 的单期利率下限，它在时点 2 的回报是：

$$p(2)=\max[k-R(1),0]$$

- 单期利率下限是关于即期利率的欧式看跌期权，注意单期利率下限在时点 2 的回报是由时点 1 的即期利率决定的。因为在时点 1 时回报已知，时点 1 回报的现值就可以用即期利率折现得到：

$$p(1)=\frac{\max[k-R(1),0]}{1+R(1)}$$

和单期利率上限一样，由于单期利率下限在时点 1 的回报是已知的，按照我们的惯例，我们把时点 1 看作单期利率下限的到期日。

- 期限结构的变动为图 23.2 和例 23.3 给出的形式，考虑一个与单期利率下限具有相同到期日和执行利率的单期利率上限。我们按照例 23.7 把单期利率上限在 0 时的价格记为 $c(0)=0.003$ 美元。由表达式(23.4)给出日期 2 在时点 0 的远期利

率为：

$$f(0,1)=\frac{B(0,1)}{B(0,2)}-1=\frac{0.97}{0.93}-1=0.043\,0$$

- 于是，利用单期利率上限—单期利率下限平价，我们得到：

$$\begin{aligned}p(0)&=c(0)-[f(0,1)-k]B(0,2)=0.003-(0.043\,0-0.04)0.93\\&=\$0.000\,2\end{aligned}$$

这便是单期利率下限期权在时点0的价值。你可以利用风险中性定价得出相同的结果，而且必须是相同的结果。

23.5.9 对各种利率衍生工具定价

我们通过风险中性定价为单期利率上限定价的方法非常具有一般性。它可以被用于任何利率衍生工具来获得它们的无套利价格。唯一需要修正的地方就是用其他利率衍生工具在时点1的回报替换单期利率上限的回报。我们将在学习完第24章的2期模型之后来阐述怎样应用这个方法为美式期权、互换期权和期货合约定价。我们不能在这里进一步学习，因为这些证券的复杂性在单期模型中都消失了：期货合约成了远期合约，美式期权成了欧式期权，互换期权成了确定的。

23.5.10 多因子

单期二项式HJM模型被称为**单因素模型**，因为在二叉树的每个节点只有两个可能性中的一个会发生：上涨或下跌。**两因素模型**在二叉树的每个节点有三个分支：上涨、中间、下跌；三因素模型在每个节点有四个分支，以此类推。

一个因素表示影响利率期限结构变动的一个经济冲击。这些冲击是由生产、消费、技术进步、人口增长和政府监管政策（货币和财政）等正常经济活动导致的经济的天然随机性引起的。可以通过思考怎样在HJM的二叉树中模拟变动来理解这些随机冲击。

对于单因素二叉树，在时点0开始并逐步向前，在每个节点掷硬币就会产生二叉树的一个路径。当然，硬币也需要标明正面向上的概率为实际上涨的概率。

硬币是能想到的最简单的随机发生装置。因为在产生二叉树路径的时候只需要一个随机发生装置，所以被称为单因素模型。对于两因素模型，在树的每个节点，都需要掷两枚硬币来决定选择哪个分支。回想一下两因素模型在每个节点有三个分支，一个硬币是用来决定选择上涨和“剩下的两个分支”，第二个硬币是用来在剩下的两个分支中做决定：中间或下跌。因此为了模拟两因素HJM树的变动需要两个这种最简单的随机发生装置。每个随机发生装置是一个“因素”。同样的逻辑可以扩展到三因素或四因素。

多因素模型的定价和套期保值的方法是前面介绍的单因素模型方法的直接拓展。唯一的差别在于需要考虑更多的分支，而且套期保值在每个时间步中需要更多的零息债券，因为有了更多的风险（见Jarrow，2002b）。

在为利率期限结构的变动建模时，应该包括足够的因素来刻画所有影响经济的随机性。像前文介绍的，宏观经济学有助于理解这种随机性的来源。研究者对多因素模型进行了预测并发现为了使得期限结构的变动与历史数据相匹配，至少需要考虑三或四个因素。

本章小结

1. 基本的权益衍生工具是远期、期货、看涨和看跌期权。基本的利率衍生工具是远期(称为远期利率协议)、期货、看涨期权(称为单期利率上限)和看跌期权(称为单期利率下限期权)。单期利率上限和单期利率下限不能交易，但是单期利率上限的组合(称为利率上限期权)和单期利率下限的组合(称为利率下限期权)在场外市场进行交易。

2. 单期二项式 HJM 模型假定零息债券的价格 $B(t, T)[T=1, 2, 3$ 和 $t=0, 1]$ 在离散时间交易，而且它们的价格根据二项过程变动。首先，如果零息债券在下一期到期，即时点 1，那么不管处于什么状态，现在债券的价格都会变成 $1。第二，现在 $T>t+1$ 到期的零息票债券的价格或者乘以上涨因子 $u(t, T)$，到达价格 $u(t, T)\times B(t, T)$ 的实际概率为 $q(t)>0$；或者乘以下降因子 $d(t, T)$，到达价格 $d(t, T)\times B(t, T)$ 的实际概率为 $1-q(t)$。

3. 当且仅当存在严格位于 0 与 1 之间的伪概率 $\pi(0)$ 时单期零息债券价格二叉树为无套利，使得：

$$\pi(0)=\pi(0, T)\quad T=2, 3$$

$$\pi(0, T)=\left[\frac{1+R(0)-d(0, T)}{u(0, T)-d(0, T)}\right]$$

4. 考虑一个时点 2 到期的敲定利率为 k 的单期利率上限。它的回报在时点 1 的现值为 $c(1)=\max[0,(R(1)-k)/(1+R(1))]$。因为该回报在时点 1 已知，所以我们认为该单期利率上限的到期日为时点 1 而不是时点 2。可以使用风险中性定价的方法来确定单期利率上限的无套利价格 $c(0)=E^{\pi}[c(1)]/[1+R(0)]$，其中 $E^{\pi}[\cdot]$ 表示在伪概率下的期望。套期保值比率 $m=[c(1)_u-c(1)_d]/\{[u(0, 2)-d(0, 2)]B(0, 2)\}$。可以通过持有一份单期利率上限的多头和 m 份的 2 期零息债券来构建无风险组合。

5. 单期利率上限—单期利率下限平价关系为：

$$[f(0, 1)-k]B(0, 2)=c(0)-p(0)$$

其中，$f(0, 1)$ 在时点 0 确定的日期 1 的远期利率，$B(0, 2)$ 是到期日为时点 2 的零息票债券在时点 0 的价格，在时点 0 的价格为 $c(0)$ 单期利率上限和在时点 0 的价格为 $p(0)$ 的单期利率下限敲定利率都是 k，到期日均为时点 1。

附录

1. 等价伪概率条件

就像股票期权定价里面的二项式模型(见第 17 章),我们可以通过交易两种资产来合成第三种资产的价格。跟这个合成构建过程密切相关的是等价伪概率,下面的证明就会展示这一点。

必要条件的证明

- 我们首先阐述怎样用货币市场账户和 3 期零息债券的组合来构建交易的 2 期零息债券价格的变动。
- 交易的 2 期零息债券的回报在时点 1 时上涨状态和下跌状态分别为 $u(0,2)B(0,2)$ 和 $d(0,2)B(0,2)$。
- 构建一个包括 n 单位货币市场账户和 m 份 3 期债券的投资组合,在时点 0 的价值满足 $V(0)\equiv mB(0,3)+nA(0)$,使得不论在上涨状态还是在下跌状态,组合的价值都与 2 期零息债券的价格相等,即

$$V(1)_u = mB(1,3)_u + nA(1) = u(0,2)B(0,2)$$
$$V(1)_d = mB(1,3)_d + nA(1) = d(0,2)B(0,2)$$

- 使用图 23.2 的符号,我们可以把这组方程重新写成:

$$mu(0,3)B(0,3)+n[1+R(0)]=u(0,2)B(0,2)$$
$$md(0,3)B(0,3)+n[1+R(0)]=d(0,2)B(0,2)$$

解这组方程得到:

$$m=\frac{[u(0,2)-d(0,2)]B(0,2)}{[u(0,3)-d(0,3)]B(0,3)},$$
$$n=\frac{[u(0,3)d(0,2)-u(0,2)d(0,3)]B(0,2)}{[u(0,3)-d(0,3)][1+R(0)]}$$

把这些代回 $V(0)$ 得到构建组合的成本为:

$$V(0)=\frac{[u(0,2)-d(0,2)]B(0,2)}{[u(0,3)-d(0,3)]B(0,3)}B(0,3)+\frac{[u(0,3)d(0,2)-u(0,2)d(0,3)]B(0,2)}{[u(0,3)-d(0,3)][1+R(0)]}A(0)$$

代数化简得:

$$V(0)=\frac{\left(\frac{1+R(0)-d(0,3)}{u(0,3)-d(0,3)}\right)B(0,2)u(0,2)+\left(\frac{u(0,3)-(1+R(0))}{u(0,3)-d(0,3)}\right)B(0,2)d(0,2)}{1+R(0)}$$

最后,利用表达式(23.9c),我们可以把构建的成本重新写为:

$$V(0)=\frac{\pi(0,3)B(0,2)u(0,2)+[1-\pi(0,3)]B(0,2)d(0,2)}{1+R(0)} \tag{1}$$

- 不存在套利意味着构建合成的两期零息债券的成本必须等于交易的两期零息债券的价格，即：

$$B(0,2)=\frac{\pi(0,3)B(0,2)u(0,2)+[1-\pi(0,3)]B(0,2)d(0,2)}{1+R(0)} \tag{2}$$

表达式(2)是第三个必要条件(见表达式(23.10))。

充分条件的证明

- 为了证明充分性，我们注意到表达式(23.12)意味着式(23.13b)成立，我们接下来会用到这个条件。
- 在我们的利率二叉树中，令条件式(23.12)成立：$\pi(0)=\pi(0,T)$，$T=2,3$。我们假设存在套利机会，与条件式(23.12)矛盾，从而证明变动是无套利的。
- 考虑一个由 a 单位货币市场账户、b 单位 2 期零息票债券和 c 单位 3 期零息债券构成的套利组合。然后，由套利交易策略的定义可知该组合初始投资为 0：

$$a+bB(0,2)+cB(0,3)=0 \tag{3}$$

- 在 1 期之后，套利组合的价值必须一直是非负的，其中一个必须严格为正，即

上涨状态：$aA(1)+bB(1,2)_u+cB(1,3)_u\geqslant 0$

下跌状态：$aA(1)+bB(1,2)_d+cB(1,3)_d\geqslant 0$

其中，最后这两个不等式至少有一个是严格为正的。

- 最后两个表达式除以 $A(1)$，并用伪概率 $\pi(0)$ 计算期望，得到：

$$E^{\pi}\left(a+b\frac{B(1,2)}{A(1)}+c\frac{B(1,3)}{A(1)}\right)>0 \tag{4}$$

但如果把表达式(23.13b)代入最后的方程中(由式(23.12)产生)得到的结果与表达式(3)矛盾：

$$a+bB(0,2)+cB(0,3)>0 \tag{5}$$

因此，当存在唯一的伪概率时，在二叉树中不可能有套利机会。

2. 单期利率上限—单期利率下限平价关系的证明

为了在单期模型中证明单期利率上限和单期利率下限平价关系，考虑到期日均为 1、敲定利率均为 k 的单期利率上限和单期利率下限。它们在时点 2 的回报为：

$$c(2)=\max[0,R(1)-k]$$

$$p(2)=\max[0,k-R(1)]$$

其中 $R(1)$ 是即期利率。

很容易证明下面的表达式成立：

$$R(1)-k=\max[0,R(1)-k]-\max[0,k-R(1)]=c(2)-p(2) \tag{6}$$

很容易通过计算即期利率大于或小于敲定利率 k 来证明该等式是成立的。

在等式的左边加1减1，然后除以货币市场账户在时点2的价值$A(2)$，得到：

$$[1+R(1)]/A(2)-(1+k)/A(2)$$
$$=\max[0, R(1)-k]/A(2)-\max[0, k-R(1)]/A(2)$$
$$[1+R(1)]/A(2)-(1+k)/A(2)=c(2)/A(2)-p(2)/A(2) \tag{7}$$

用伪概率对式(7)求期望得到：

$$E^{\pi}\left[\frac{1+R(1)}{A(2)}\right]-(1+k)E^{\pi}\left[\frac{1}{A(2)}\right]=E^{\pi}\left[\frac{c(2)}{A(2)}\right]-E^{\pi}\left[\frac{p(2)}{A(2)}\right] \tag{8}$$

风险中性定价的方法意味着

$$B(0, 2)=E^{\pi}\left[\frac{1}{A(2)}\right] \tag{9a}$$

$$E^{\pi}\left[\frac{1+R(1)}{A(2)}\right]=E^{\pi}\left[\frac{1}{A(1)}\right]=B(0, 1) \tag{9b}$$

$$c(0)=E^{\pi}\left[\frac{c(2)}{A(2)}\right] \tag{9c}$$

$$p(0)=E^{\pi}\left[\frac{p(2)}{A(2)}\right] \tag{9d}$$

把表达式(9a)—(9d)代入式(8)得到下面的结果：

$$B(0, 1)-(1+k)B(0, 2)=c(0)-p(0) \tag{10}$$

但这个表达式的左边等于：

$$\left[\frac{B(0, 1)}{B(0, 2)}-1\right]B(0, 2)-kB(0, 2)=[f(0, 1)-k]B(0, 2)$$

其中，$f(0, 1)$是从远期利率的表达式中得到的(见表达式(23.4))。代入得到最后的结果：

$$[f(0, 1)-k]B(0, 2)=c(0)-p(0) \tag{11}$$

案例分析

斯宾塞大厅(Spencer Hall)(A)(欧洲案例交流中心案例 9A95B045)。这个案例分析了利用利率互换、利率上限期权和利率双限期权等工具对利率风险进行套期保值的问题。

斯宾塞大厅(Spencer Hall)(B)(欧洲案例交流中心案例 9A97N004)。对上个案例(斯宾塞大厅[A])的拓展，该案例考虑了通过接受保证金来取消利率上限的问题。

马尔堡地产公司(Markborough Properties Inc.)(毅伟出版案例 9A87B002，欧洲案例交流中心案例)。这个案例讨论了公司怎样利用利率互换和利率上限期权等利率衍生工具对冲利率风险的问题。

习题和思考题

1. 证明下面的二叉树不是无套利的。

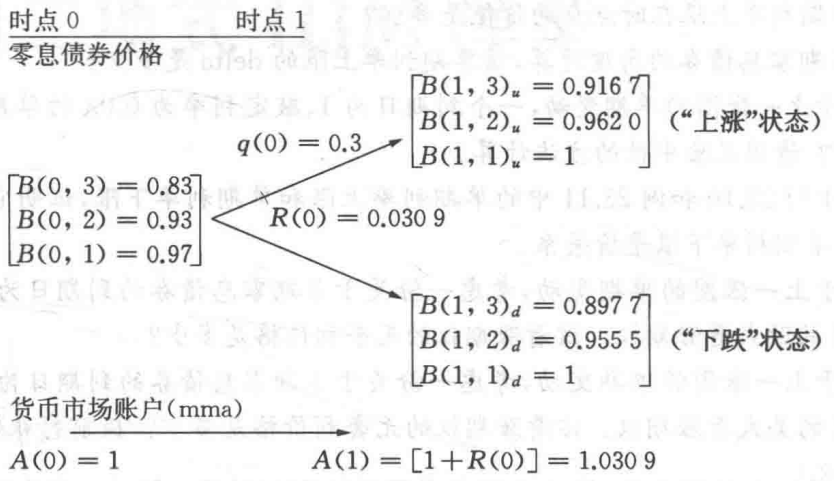


图 23.A 零息债券价格变动

2. 计算图 23.2 中的远期利率变动(这与之前 $B[0,3]=0.88$ 的二叉树完全相同)。

3. 在单期利率上限的例 23.6 中,用 3 期零息债券和货币市场账户构建合成的单期利率上限(单期利率上限的敲定利率为 $k=0.04$ 或 4%)。请展示构建的成本为 0.003,与 2 期零息债券构建的成本相同。

4. 在单期利率下限的例 23.7 中,利用风险中性定价的方法对单期利率下限进行定价并显示得到与文中相同的答案。

5. 在单期利率上限的例 23.6 中,假设交易的单期利率上限的市场价格为 \$0.002,什么样的交易策略能够产生套利机会?

6. 在单期利率上限的例 23.6 中,假设你拥有单期利率上限的多头,利用该单期利率上限和 2 期零息债券构建一个套期保值的组合使得该组合没有利率风险。

7. 利用图 23.2,考虑一个关于 3 期零息债券的欧式看涨期权,该期权到期日为 1,敲定价格为 $k=\$0.90$,请利用风险中性定价的方法计算该期权的价值。

8. 利用图 23.2,考虑一个关于 3 期零息债券的欧式看跌期权,该期权到期日为 1,敲定价格为 $k=\$0.90$,请利用风险中性定价的方法计算该期权的价值。

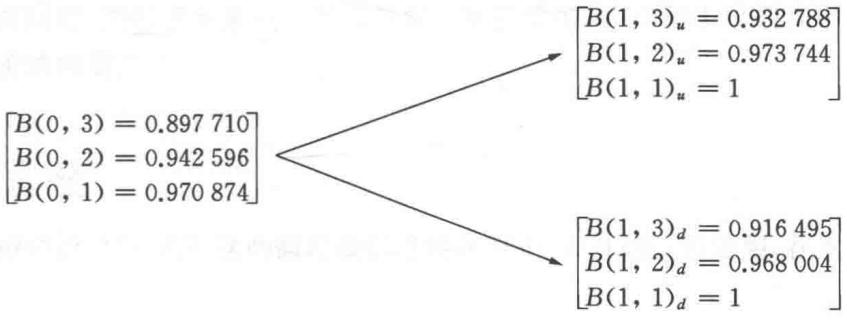


图 23.B 零息债券价格变动

9. 对于该图中的单期变动，计算时点 0 和时点 1 上涨状态及下跌状态时的即期利率。请证明该二叉树是无套利的(在计算伪概率时保留小数点后 2 位)。

10. 对于上一张图的单期变动，考虑一个到期日为 1、敲定利率 $k=0.03$ 的单期利率上限。

a. 该单期利率上限在时点 0 的价值是多少？

b. 从 3 期零息债券的角度计算，该单期利率上限的 delta 是多少？

11. 对于上一张图的单期变动，一个到期日为 1、敲定利率为 0.03 的单期利率下限的价值是多少？请用风险中性的方法计算。

12. 对于例 23.10 和例 23.11 中的单期利率上限和单期利率下限，证明它们满足单期利率上限—单期利率下限平价关系。

13. 对于上一张图的单期变动，考虑一份关于 3 期零息债券的到期日为 1、敲定价格 $k=$ \$0.92 的欧式看涨期权。该看涨期权的无套利价格是多少？

14. 对于上一张图的单期变动，考虑一份关于 3 期零息债券的到期日为 1、敲定价格 $k=$ \$0.92 的美式看涨期权。该看涨期权的无套利价格是多少？提前行权(在时点 0)是最优选择吗？

15. 对于上一张图的单期变动，考虑一份关于 3 期零息债券的到期日为 1、敲定价格 $k=$ \$0.92 的欧式看跌期权。该看跌期权的无套利价格是多少？

16. 对于上一张图的单期变动，考虑一份关于 3 期零息债券的到期日为 1、敲定价格 $k=$ \$0.94 的欧式看跌期权。该看跌期权的无套利价格是多少？

17. 对于上一张图的单期变动，考虑一份关于 3 期零息债券的到期日为 1、敲定价格 $k=$ \$0.94 的美式看跌期权。该看跌期权的无套利价格是多少？提前行权(在时点 0)是最优选择吗？

18. 为什么单期利率上限和单期利率下限作为组合即利率上限期权和利率下限期权进行交易，而在权益市场看涨期权和看跌期权直接进行交易？

19. 为什么欧洲美元期货和远期利率协议不相等？

20. 当把远期利率协议和欧洲美元期货合约进行比较时，哪一个有更大的交易对手方风险？你认为这会影响远期利率协议和期货利率的差别吗？如果是，为什么？

24

多期二项式 HJM 模型

24.1 引言

使用单期赫斯—加罗—默顿(HJM)模型作为教学工具,来介绍基于定价和对冲方法理论的经济学逻辑,是十分有效的。但是,即使作为一种教学工具,单期模型也有它的局限性。许多利率衍生品需要至少两期来体现其复杂性。例如在单期设定中,一个美式看涨期权会简化为一个欧式期权,一个期货会简化为一个远期,一个互换期权会不再拥有不确定性,变为一个确定的证券。因此,即使为了教学,我们也需要把 HJM 模型拓展到多期的设定。

更重要的是,单期模型真正的局限性在于,正如第 18 章的二项式期权定价模型,期限结构的变动只有当时间期变得很小、数目很大时,才会更接近现实。为了得到一个在实践中有用的模型,必须将 HJM 模型拓展到多期设定。本章中,由两期模型开始这一路径。当期数增多时,多期拓展的计算会变得越来越复杂,但只要掌握了两期模型的经济学逻辑,这可以由电脑很轻易地完成(参见 Jarrow, 2002b)。

本章将阐述多期二项式 HJM 模型。我们从两期设定的利率变动期限结构开始。接下来,将讨论两期的 HJM 估值模型。之后,对于多期以及对于连续时间 HJM libor 模型的近似拓展(第 25 章的主题)进行讨论。最后,多期模型被应用于单期利率上限定价、单期利率下限定价、远期利率协议(FRAs)、欧洲美元期货,以及互换期权合约。为了便于阐述,本章内容与第 18 章的多期二项式模型中所使用的阐述相平行。下一章中,我们将阐述一个连续时间的、类似于布莱克—斯科尔斯—默顿模型,并应用于单期利率上限与单期利率下限定价的模型。

24.2 假设

我们保留假设 A1—A5,这些假设我们已经从第 17 章开始一直使用,在这里为了便利再次重复:

A1. 没有市场摩擦;

A2. 没有信用风险；

A3. 市场是完全竞争并且运行良好的；

A4. 没有期间的现金流；

A5. 没有套利机会。

我们将假设 A6 拓展到两期。

A6. 两期二项式过程。零息债券价格 $B(t, T)$，其中 $t=0, 1, 2$，$T=1, 2, 3$，在离散的时点进行交易，它们的价格根据二项式过程进行演变。在树中的每一个时点，都会有两种状态，“上涨”或“下跌”。第一，若零息债券在下一期到期，即 $T=t+1$，那无论处于何种状态，现在的债券价格为 $1。第二，站在 t 时点上，现在 $T>t+1$ 到期的零息债券价格要么在上涨的状态里以概率 $q(t)$ 乘以因子 $u(t, T)$，得到价格 $u(t, T)\times B(t, T)$。要么以概率 $1-q(t)$ 在下跌的状态里，乘以因子 $d(t, T)$，得到价格 $d(t, T)\times B(t, T)$。我们假设 $u(t, T)>d(t, T)$。

上述阐述与单期模型几乎是等价的。唯一的区别就是要考虑的期数不同。两期模型的演变由图 24.1 给出。两者在 1 时点前的演变（无论向上或向下的状态）是相同的，而差异发生在 1 时点之后。因此当描述这种演变时，我们只关注于第 1 期之后发生了什么。

【例 24.1】 两期期限结构演变

零息债券价格

- 如果我们在 1 时点处于上涨状态，那么零息债券价格可能再一次上升，或者也可能下降。实际的上涨概率为 $q(1)_u=0.2$。零息债券在上涨和下跌的状态下的价格由角标 uu、ud 分别定义。

  —考虑最长期限的零息债券。如果上涨的情形发生，零息债券的价格为 $B(2, 3)_{uu}=0.955\,5$。如果下跌的情形发生，则零息债券的价格为 $B(2, 3)_{ud}=0.950\,4$。

  —考虑两期债券。无论哪种情形发生，债券都会支付 1 美元。这样

$$B(2, 2)_{uu}=B(2, 3)_{ud}=1$$

- 如果我们在 1 时点处于下跌的情形，下跌的实际概率为 $q(1)_d=0.6$。在上涨和下跌情形的零息债券的价格由角标 du，dd 分别定义。

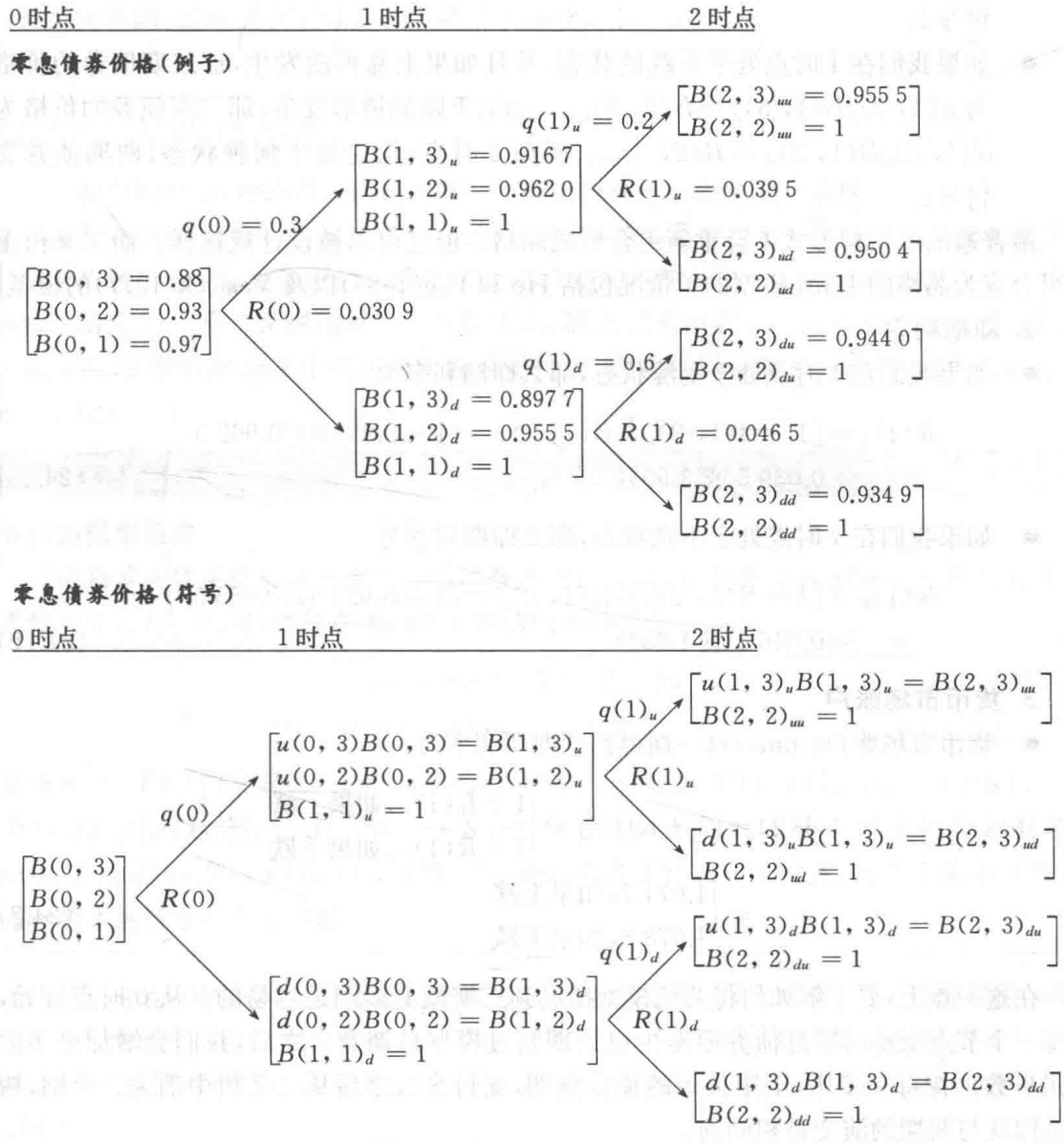
  —考虑三期的零息债券。如果上涨情形发生了，则零息债券价格为 $B(2, 3)_{du}=0.944\,0$，如果下跌情形发生，则零息债券的价格 $B(2, 3)_{dd}=0.934\,9$。

  —考虑两期的债券。如果任意一种情形发生，债券会支付 1 美元。这样

$$B(2, 2)_{du}=B(2, 2)_{dd}=1$$

- 明确在时段 (1, 2) 中，有少于一支的零息债券以零息债券期限结构交易。这是因为在 0 时点的单期债券会在 1 时点到期，并从市场上消失。
- 我们强调这里的二叉树，不像第 17 章中的二叉树模型，并不会再次组合来形成一个晶格。这是因为这个例子是基于对于 HJM libor 模型的一个离散近似，而这个模型是不进行再组合的（见本章附录）。

图 24.1 的下半部分是利用假设 A6 的符号对此例的标准化。



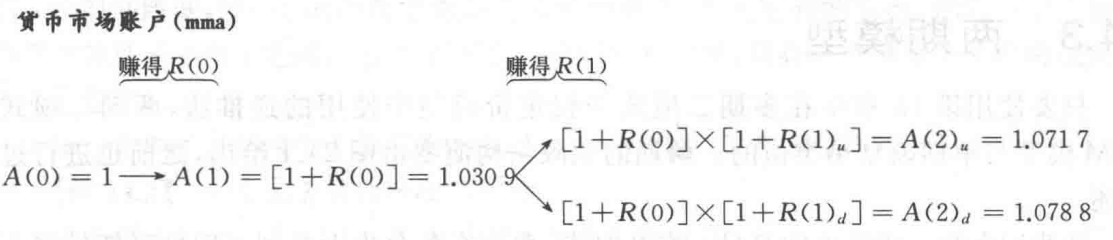


图 24.1 两期 HJM 的演变

1. 零息债券价格

- 如果我们在 1 时点处于上涨的状态，并且如果上涨又再次发生，那么三期债券的价格为 $u(1,3)_u B(1,3)_u = B(2,3)_{uu}$。如果下跌情形发生，三期债券价格为 $d(1,3)_d B(1,3)_d = B(2,3)_{dd}$。而无论 2 时点的状态是什么，两期债券支

付$2。

- 如果我们在1时点处于下跌的状态，并且如果上涨再次发生，那三期债券的价格为$u(1,3)_d B(1,3)_d = B(2,3)_{du}$。如果下跌的情形发生，那三期债券的价格为$d(1,3)_d B(1,3)_d = B(2,3)_{dd}$。而在2时点，无论处于何种状态，两期债券支付$1。

最普遍的二叉树形式不会重新组合形成晶格。但它可以被设计成这样。而二叉树重新组合成为晶格的HJM模型的子情况包括Ho和Lee(1986)以及Vasicek(1977)的模型。

2. 即期利率

- 如果我们在1时点处于上涨状态，那么即期利率为

$$R(1)_u = [1 - B(1,2)_u]/B(1,2)_u = (1 - 0.962\,0)/0.962\,0 = 0.039\,5 \text{ 或 } 3.95\% \tag{24.1a}$$

- 如果我们在1时点处于下跌状态，那么即期利率为

$$R(1)_d = [1 - B(1,2)_d]/B(1,2)_d = (1 - 0.955\,5)/0.955\,5 = 0.046\,5 \text{ 或 } 4.65\% \tag{24.1b}$$

3. 货币市场账户

- 货币市场账户(mma)每一期得到的即期利率为：

$$A(2) = [1 + R(0)] \times \begin{cases} 1 + R(1)_u, \text{如果上涨} \\ 1 + R(1)_d, \text{如果下跌} \end{cases} = \begin{cases} 1.071\,7, \text{如果上涨} \\ 1.078\,8, \text{如果下跌} \end{cases} \tag{24.2}$$

在这一点上，要了解如何将两期模型拓展到三期或更多期是容易的。从0时点开始，在每一个节点交易的零息债券要至少以一期超过模型总期数。之后，我们会增加更多的时间步数。在每一步中，期限最短的债券到期，支付$1，之后从二叉树中消失。否则，树的结构就与两期的演变是相同的。

24.3 两期模型

只要使用第18章中在多期二项式期权定价模型中使用的逆推法，两期二项式HJM模型与单期模型是类似的。两期的期限结构演变由图24.1给出，之前也进行过描述。

让我们介绍一些简单的符号。在2时点，我们在各分支上看到了四种可能的状态(上涨，上涨)，(上涨，下跌)，(下跌，上涨)，(下跌，下跌)。我们在2时点将价格记作$B(2,T)_{su}$和$B(2,T)_{sd}$，其中$s \in \{u, d\}$(这是对s取u或d的简略写法)，$T=2,3$。例如，如果$s=d$，$T=3$，那第一个表达式就取值$B(2,3)_{du}$。这就是一个在1时点的节点下跌、2时点的节点上涨的三期零息债券在2时点的价格。图24.1显示这种零息债券的价格为0.944 0。注意时间路径是从左向右读的：在标为du的路径中，字母d表示第一次

运动是向下的，而第二个字母 u 表示第二次运动是向上的。

24.3.1 无套利演变

正如单期模型，我们需要确定两期二叉树无套利的必要和充分条件。

必要与充分条件 很显然，若二叉树是无套利的，那么在每一节点和时点上，该节点的单期的演变必须是无套利的。那么结论 23.1 在二叉树的每一节点都必须成立——并证明如果结论 23.1 在二叉树的每一节点都成立，那么二叉树就是无套利的。这最后的论述证据与第 23 章结论 23.1 中的充分条件是等价的，因此可以被略去。最终，我们可以得到如下结论：

结论 24.1

等价伪概率条件

两期零息债券价格演化为无套利的条件为：当且仅当存在实数 $\pi(0)$、$\pi(1)_u$、$\pi(1)_d$ 严格处于 0 与 1 之间，这样在每一节点的伪概率必须相等，即

$$\pi(0)=\pi(0,T)\quad T=2,3 \tag{24.3a}$$

$$\pi(1)_s=\pi(1,3)_s\quad s\in\{u,d\} \tag{24.3b}$$

其中 $\pi(0,T)=[1+R(0)-d(0,T)]/[u(0,T)-d(0,T)]$；$\pi(1,3)_s=[1+R(1)_s-d(1,3)_s]/[u(1,3)_s-d(1,3)_s]$；$R(0)$ 和 $R(1)_s$ 是 0 时点和 1 时点的即期利率；$u(0,T)$，$d(0,T)$，$u(1,3)_s$，$d(1,3)_s$ 分别是在 0 时点和 1 时点，处于上涨和下跌状态时的零息债券的美元回报。

在上述结果中，0 时点的无套利条件与单期模型相同。在 2 时点，二叉树的最后一期，只有一个伪概率。这是因为在最后一个时间跨度中，只有一个风险零息债券在交易。因此在最后的时间跨度中，无套利条件与第 17 章中的相同。伪概率需要严格地在 0 与 1 之间。

当考虑一个超过两个时间跨度的模型时，有两个观察结果总是成立的。第一，除了最后一个时间跨度，每一个时间跨度都会有多种伪概率，在无套利的节点，它们一定会相等并严格地处于 0 与 1 之间。第二，在最后一个时间跨度里，只有一个伪概率并严格地处于 0 与 1 之间。

下一个例子表明这个无套利条件由图 24.1 的两期二叉树演化得到满足。

【例 24.2】 一个无套利的两期二叉树

这个例子证明了图 24.1 的期限结构演化是无套利的。

- 首先，我们已经在例 23.4 中检查了 0 时点的节点，证明了其是无套利的。因此我们仅仅需要检查 1 时点处于上涨和下跌状态的两个节点。对于这个三期零息债券在 1 时点的所有可能的状态，我们需要计算上涨与下跌的回报。如下所示：

$$u(1,3)_u=B(2,3)_{uu}/B(1,3)_u=0.955\,5/0.916\,7=1.042\,3$$

$$d(1,3)_u=B(2,3)_{ud}/B(1,3)_u=0.950\,4/0.916\,7=1.036\,7$$

$$u(1,3)_d = B(2,3)_{du}/B(1,3)_d = 0.9440/0.8977 = 1.0516$$
$$d(1,3)_d = B(2,3)_{dd}/B(1,3)_d = 0.9349/0.8977 = 1.0415$$

- 之后，利用表达式(24.3)，我们计算伪概率：

$$\pi(1,3)_u = \left(\frac{1+R(1)_u - d(1,3)_u}{u(1,3)_u - d(1,3)_u}\right) = \left(\frac{1.0396 - 1.0367}{1.0423 - 1.0367}\right) = 0.5$$
$$\pi(1,3)_d = \left(\frac{1+R(1)_d - d(1,3)_d}{u(1,3)_d - d(1,3)_d}\right) = \left(\frac{1.0465 - 1.0415}{1.0516 - 1.0415}\right) = 0.5$$

因为这是最后一个时间跨度，这里面每一个伪概率都是处于0与1之间，二叉树是无套利的。我们令这些伪概率在上涨和下跌状态下的值分别为 $\pi(1)_u$、$\pi(1)_d$。

24.3.2 零息债券和鞅

假设二叉树在每一个节点都是无套利的，正如单期模型一样，利用伪概率，我们可以证明零息债券的价格必须等于其预期的$1支付的贴现。为了证明，我们使用逆推法。

站在1时点的状态 $s \in \{u, d\}$ 上，因为节点是无套利的，根据 $\pi(1)_s$ 的定义，得到：

$$B(1,T)_s = \frac{\pi(1)_s B(2,T)_{su} + [1-\pi(1)_s]B(2,T)_{sd}}{1+R(1)_s} \quad T=2,3 \tag{24.4a}$$

或者，更抽象的

$$B(1,T)_s = \frac{E^{\pi}[B(2,T)]}{1+R(1)_s} \quad T=2,3 \tag{24.4b}$$

这与单期模型类似，但是从1时点的状态 s 来看的。

接下来，重新回到0时点，用于单期模型的逻辑显示：

$$B(0,T) = \frac{\pi(0)B(1,T)_s + [1-\pi(0)]B(1,T)_d}{1+R(0)} \quad T=2,3 \tag{24.5a}$$

将表达式(24.4a)替换到这个表达式中，得到：

$$\begin{aligned} B(0,T) = {} & \pi(0)\pi(1)_u \frac{B(2,T)_{uu}}{[1+R(0)][1+R(1)_u]} \\ & + \pi(0)[1-\pi(1)_u]\frac{B(2,T)_{ud}}{[1+R(0)][1+R(1)_u]} \\ & + [1-\pi(0)]\pi(1)_u \frac{B(2,T)_{du}}{[1+R(0)][1+R(1)_d]} \\ & + [1-\pi(0)][1-\pi(1)_u]\frac{B(2,T)_{dd}}{[1+R(0)][1+R(1)_d]} \end{aligned} \tag{24.5b}$$

或者，更抽象的，我们可以得到最终的结论。

这两个表达式表明零息债券的价格是用伪概率计算出的$1回报的贴现。

结论 24.2

对零息债券的风险中性估值

零息债券在 0 时点的价值如下

$$B(0,2)=E^{\pi}\left(\frac{1}{[1+R(0)][1+R(1)]}\right) \tag{24.6a}$$

和

$$B(0,3)=E^{\pi}\left(\frac{B(2,3)}{[1+R(0)][1+R(1)]}\right) \tag{24.6b}$$

其中 $E^{\pi}(\cdot)$ 表示利用伪概率$[\pi(0),\pi(1,s)]$得到的预期;$R(0)$和$R(1)$分别是在 0 时点和 1 时点的即期利率;$B(2,3)$是在 2 时点的三期零息债券价格。

结论 24.2 证明了局部预期假设[在第 21 章中有介绍(见拓展 21.2)]在伪概率而不是实际概率下成立。局部预期假设表明所有的零息债券在任何时间阶段都具有同样的预期回报。更本质地说,所有的零息债券具有同样的风险。我们可以看到局部预期假设在伪概率下成立,正如之后会看到的,因为通过风险调整,伪概率与实际概率是不一样的,局部预期假设在实际概率下不成立。

最后我们强调一下表达式(24.6a)和式(24.6b)的分母对应于 2 时点的 mma $A(2)$的值。这样,这立刻表明由 mma 的价格正态化的零息债券价格,$B(t,T)/A(t)$,在伪概率条件下是一个鞅,这将单期模型中同样的结果普遍化。下一个例子就将风险中性定价应用于零息债券中。

【例 24.3】 零息债券的风险中性估值

利用图 24.1 中的两期估值,我们可以来检查一下对于在 2 时点到期的零息债券,风险中性估值公式是否成立。公式为:

$$\begin{aligned}
&\pi(0)\pi(1)_u\frac{B(2,2)_{uu}}{[1+R(0)][1+R(1)_u]}+\pi(0)[1-\pi(1)_u]\frac{B(2,2)_{ud}}{[1+R(0)][1+R(1)_u]}\\
&\quad+[1-\pi(0)]\pi(1)_u\frac{B(2,2)_{du}}{[1+R(0)][1+R(1)_d]}\\
&\quad+[1-\pi(0)][1-\pi(1)_u]\frac{B(2,2)_{dd}}{[1+R(0)][1+R(1)_d]}\\
&=0.25\frac{1}{[1.030\,9][1.039\,6]}+0.25\frac{1}{[1.030\,9][1.039\,6]}\\
&\quad+0.25\frac{1}{[1.030\,9][1.046\,5]}+0.25\frac{1}{[1.030\,9][1.046\,5]}\\
&=0.97=B(0,2)
\end{aligned}$$

将结论在两期例子中进行验证。如前所述,三期零息债券的价格等于在 2 时点的四个状态的值乘以每种状态发生的伪概率,并利用即期利率贴现回 0 时点。这是表达式(24.6b)所写出的。

24.3.3 单期利率上限定价

我们现在准备在这个两期的经济情境中对一个单期利率上限进行定价。尽管它们在两期二叉树中没有显示出来，2 时点的即期利率在每一种状态下可以进行如下计算：

$$R(2)_{us}=\frac{1-B(2,3)_{us}}{B(2,3)_{us}} \tag{24.7a}$$

和

$$R(2)_{ds}=\frac{1-B(2,3)_{ds}}{B(2,3)_{ds}} \quad s\in\{u,d\} \tag{24.7b}$$

对于一个在 3 时点到期、敲定利率为 k 的单期利率上限，该期权在 3 时点的支付为 $c(3)=\max[0,R(2)-k]$。在 2 时点，价值已知，因此，这笔支付在 2 时点的现值为：

$$c(2)=\max\left[0,\frac{R(2)-k}{1+R(2)}\right] \tag{24.8}$$

运用前面章节的惯例，为了估值，我们令单期利率上限的到期日为 2 时点。这些是二叉树中使用的用来计算该期权在 0 时点的价值的支付。

倒推法 让我们回想(虚拟的)大侦探夏洛克·福尔摩斯，他以倒推法闻名：从结果开始，倒推时间，从而解决开始的问题。为了使用倒推法来对单期利率上限期权定价，我们假设站在 1 时点上，并在该时点上对该期权进行估值。之后，知道了 1 时点的价值，我们再回到 0 时点上，在那个时点上对该期权估值，最终给出我们的答案。

1. 方法一：在 1 时点上构建合成单期利率上限

以状态 $s\in\{u,d\}$ 站在 1 时点上，我们想要建立三期零息债券和 mma 账户的组合，以使得对该组合的支付与交易的单期利率上限匹配。这个方法与在单期模型中使用的等价，除了符号现在不一样。我们选择 n 份三期的零息债券和 m 份的 mma，成本为

$$V(1)_s=mB(1,3)_s+nA(1)$$

则在 1 时点，

在上涨的状态下：$V(2)_{su}=mu(1,3)_sB(1,3)_s+nA(1)[1+R(1)_s]=c(2)_{su}$ (24.9a)

在下跌的状态下：$V(2)_{sd}=mu(1,3)_sB(1,3)_s+nA(1)[1+R(1)_s]=c(2)_{sd}$ (24.9b)

解出 m 和 n，

$$m=\frac{c(2)_{su}-c(2)_{sd}}{[u(1,3)_s-d(1,3)_s]B(1,3)_s} \tag{24.10a}$$

$$n=\frac{u(1,3)_sc(2)_{sd}-d(1,3)_sc(2)_{su}}{[u(1,3)_s-d(1,3)_s]A(1)[1+R(1)_s]} \tag{24.10b}$$

将 m 和 n 替代入构建成本中，简化得到单期利率上限的无套利价格：

$$c(1)_s=mB(1,3)_s+nA(1)=\frac{c(2)_{su}-c(2)_{sd}}{[u(1,3)_s-d(1,3)_s]B(0,2)}B(0,2)$$

$$+\frac{u(1,3)_s c(2)_{sd}-d(1,3)_s c(2)_{su}}{[u(1,3)_s-d(1,3)_s][1+R(1)_s]} \tag{24.11a}$$

2. 方法二:在 1 时点的风险中性估值

利用无套利条件和伪概率,得到

$$c(1)_s=\frac{\pi(1)_s c(2)_{su}+[1-\pi(1)_s]c(2)_{sd}}{1+R(1)_s} \tag{24.11b}$$

或者,更抽象的,

$$c(1)_s=\frac{E^{\pi}[c(2)]}{1+R(1)_s} \tag{24.11c}$$

我们再次强调这与我们在单期模型里使用的是同一种方法,除了时间和状态符号有所改变。这给出了一个现值公式。利率上限期权在 1 时点的价值是运用伪概率在 2 时点预期支付的贴现。

3. 在 0 时点对单期利率上限定价

已经在 1 时点对单期利率上限在上涨与下跌状态进行了定价,我们现在回到 0 时点对单期利率上限进行定价。明确这与单期模型中所解决的是一样的问题,除了我们将之前的支付替换成了表达式(24.11c)。则单期利率上限的无套利价格为:

$$c(0)=\frac{\pi(0)c(1)_u+[1-\pi(0)]c(1)_d}{1+R(0)} \tag{24.12a}$$

将单期利率上限在 1 时点的价值由表达式(24.11b)替代,得到:

$$\begin{aligned}c(0)=&\pi(0)\pi(1)_u\frac{c(2)_{uu}}{[1+R(0)][1+R(1)_u]}\\&+\pi(0)[1-\pi(1)_u]\frac{c(2)_{ud}}{[1+R(0)][1+R(1)_u]}\\&+[1-\pi(0)]\pi(1)_u\frac{c(2)_{du}}{[1+R(0)][1+R(1)_d]}\\&+[1-\pi(0)][1-\pi(1)_u]\frac{c(2)_{dd}}{[1+R(0)][1+R(1)_d]}\end{aligned} \tag{24.12b}$$

运用更多抽象符号,我们可以将此写为我们下面的结论。

结论 24.3

单期利率上限的风险中性估值公式

敲定利率为 k,到期日为日期 2 的单期利率上限由下式给定:

$$c(0)=E^{\pi}\left(\frac{c(2)}{[1+R(0)][1+R(1)_u]}\right) \tag{24.13}$$

其中 $E^{\pi}(\cdot)$ 表示利用伪概率 $[\pi(0),\pi(1,s)]$ 得到的预期;$R(0)$和 $R(1)$分别是在 0 时点和 1 时点的即期利率;$c(2)$是利率上限在 2 时点的值。

表达式(24.13)表明对一个单期利率上限的风险中性估值，它给出了一个现值公式。今天的价格是该期权在2时点支付的预期贴现值，其中预期值使用的是伪概率。伪概率经过风险调整，之后由无风险即期利率贴现。为了计算一个单期利率上限的无套利价格，正如下一个例子所示，表达式(24.13)很容易使用。

【例 24.4】 对一个单期利率上限定价

这个例子运用风险中性估值对一个单期利率上限进行定价，它在2时点到期，敲定利率为 $k=0.05$，本金为 \$1。

- 首先，我们需要计算该期权在2时点所有状态下的支付。因此，我们必须首先计算在2时点所有状态下的即期利率。利用图24.1，我们得到

$$R(2)_{uu}=\frac{1-B(2,3)_{uu}}{B(2,3)_{uu}}=\frac{1-0.955\,5}{0.955\,5}=0.046\,5$$

$$R(2)_{ud}=\frac{1-B(2,3)_{ud}}{B(2,3)_{ud}}=\frac{1-0.950\,4}{0.950\,4}=0.052\,2$$

$$R(2)_{du}=\frac{1-B(2,3)_{du}}{B(2,3)_{du}}=\frac{1-0.944\,0}{0.944\,0}=0.059\,3$$

$$R(2)_{dd}=\frac{1-B(2,3)_{dd}}{B(2,3)_{dd}}=\frac{1-0.934\,9}{0.934\,9}=0.069\,6$$

- 该期权在2时点的支付为

$$c(2)_{uu}=\max\left[0,\frac{R(2)_{uu}-k}{1+R(2)_{uu}}\right]=\max\left[0,\frac{0.046\,5-0.05}{1.046\,5}\right]=0$$

$$c(2)_{ud}=\max\left[0,\frac{R(2)_{ud}-k}{1+R(2)_{ud}}\right]=\max\left[0,\frac{0.052\,2-0.05}{1.052\,2}\right]=0.002\,1$$

$$c(2)_{du}=\max\left[0,\frac{R(2)_{du}-k}{1+R(2)_{du}}\right]=\max\left[0,\frac{0.059\,3-0.05}{1.059\,3}\right]=0.008\,8$$

$$c(2)_{dd}=\max\left[0,\frac{R(2)_{dd}-k}{1+R(2)_{dd}}\right]=\max\left[0,\frac{0.069\,6-0.05}{1.069\,6}\right]=0.018\,3$$

这些支付由图24.2所示。

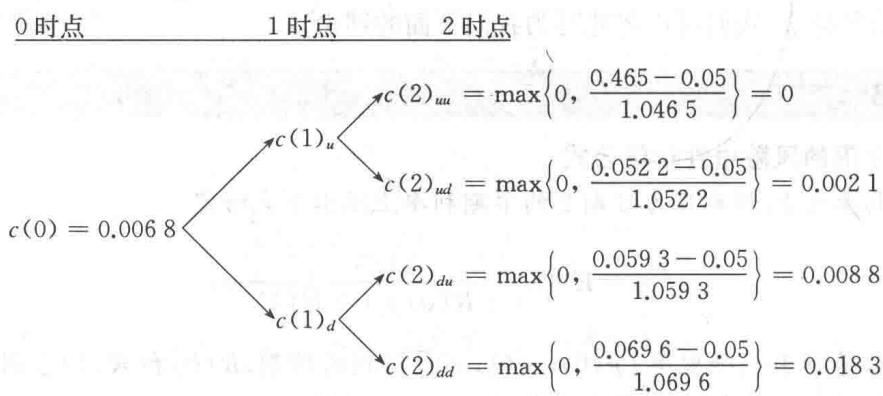


图 24.2 单期利率上限的演变

- 最后，利用风险中性估值公式，该期权在 0 时点的价值为

$$
\begin{aligned}
c(0) &= \pi(0)\pi(1)_u \frac{c(2)_{uu}}{[1+R(0)][1+R(1)_u]} \\
&\quad + \pi(0)[1-\pi(1)_u] \frac{c(2)_{ud}}{[1+R(0)][1+R(1)_u]} \\
&\quad + [1-\pi(0)]\pi(1)_u \frac{c(2)_{du}}{[1+R(0)][1+R(1)_d]} \\
&\quad + [1-\pi(0)][1-\pi(1)_u] \frac{c(2)_{dd}}{[1+R(0)][1+R(1)_d]} \\
&= 0.25 \frac{0}{[1.030\,9][1.039\,6]} + 0.25 \frac{0.002\,1}{[1.030\,9][1.039\,6]} \\
&\quad + 0.25 \frac{0.008\,8}{[1.030\,9][1.046\,5]} + 0.25 \frac{0.018\,3}{[1.030\,9][1.046\,5]} \\
&= 0.006\,8
\end{aligned}
$$

24.3.4 单期利率下限定价

同样的方法可以应用到单期利率下限期权的定价中，无套利估值公式为表达式(24.13)，只是偿付由单期利率下限替换掉单期利率上限。或者，给定单期利率上限的价格，我们可以利用单期利率上限—单期利率下限平价公式，来对利率下限进行估值。接下来的结论给出两期设定下的单期利率上限—单项利率下限平价。

结论 24.4

单期利率上限—单期利率下限平价

$$[f(0, t-1)-k]B(0, t) = c(0) - p(0) \tag{24.14}$$

其中 $f(0, t-1)$ 是在 0 时点的对 $t-1$ 时点的远期利率，$B(0, t)$ 是在 0 时点的到期日为 t 的零息债券价格，在 0 时点价格为 $c(0)$ 的单期利率上限与在 0 时点价格为 $p(0)$ 的单期利率下限的敲定价格都为 k，到期日都为 $t-1$，$t=2, 3$。

证明与单期模型相同，因此在此省略(见第 23 章附录)。下一个例子阐述了如何运用单期利率上限—单期利率下限平价对一个单期利率下限进行定价。

【例 24.5】 对一个单期利率下限进行估值

- 给定一个单期利率下限，敲定利率 $k=0.05$，到期时间为 2。在 3 时点的支付为：

$$p(3) = \max[k - R(2), 0]$$

- 单期利率下限是即期利率的看跌期权，明确该期权在 3 时点的支付是基于 2 时点的即期利率。因为支付在 2 时点就已经知道，则在 2 时点的支付的现值可以通过用即期利率贴现得到。为了估值，这是该期权的到期日。

$$p(2)=\frac{\max[k-R(2),0]}{1+R(2)}$$

- 让期限结构如图 24.1 演变，给定一个与单期利率下限有着同样到期日和敲定价格的单期利率上限。我们令例 24.5 中该单期利率上限在 0 时点的价格为 $c(0)=\$0.006\,8$。
- 在 0 时点的 2 时点的远期利率为

$$f(0,2)=\frac{B(0,2)}{B(0,3)}-1=\frac{0.93}{0.88}-1=0.056\,8$$

因此，利用上限—下限平价[见表达式(24.14)]，我们有

$$\begin{aligned}p(0)&=c(0)-[f(0,2)-k]B(0,3)\\&=0.006\,8-(0.056\,8-0.05)0.88\\&=0.000\,8\end{aligned}$$

单期利率下限在 0 时点时价值为 $\$0.000\,8$，本金为 $\$1$。

24.3.5 对不同利率衍生工具进行估值

对一个单期利率上限期权定价的方法可用来对任何利率衍生工具进行定价。唯一的调整就是将单期利率上限的支付替换为相应利率衍生工具的支付。对于(像第 18 章中的)美式利率衍生工具，在倒推法下，我们需要对于是否提前执行在每个二叉树节点上做出决定。否则，该过程与早前描述的相同。

24.3.6 多元因素

在两期模型里，对于多元因素的拓展与单期模型相同。例如，一个两因素模型在二叉树的每个节点上有三个分支。定价方法可以很容易拓展，见 Jarrow(2002b)。

24.4 多期模型

将二项式 HJM 模型拓展到两期以上，在计算量上有一定要求，但在想法和概念上很直接。在建立二叉树时，当模型时间跨度增大时，在期限结构中需要更多的零息债券。在期限结构中至少有超过模型期限一个零息债券。除了在每一个时间节点债券价格向量的规模变大，其他分析与之前的相同。当二叉树中时间向前推进，一个零息债券到期并离开期限结构。当我们对利率衍生工具进行估值时，正如两期模型，使用倒推法。之前所有的结论可以应用在 T 期模型中[见 Jarrow(2002b)更多关于此主题的讨论]。

通过将时间跨度在规模上缩小，多期二项式 HJM 模型可以用来近似等同于一个连续时间的 HJM 模型。多期二项式 HJM 模型与 HJM libor 模型(下一章会进行讨论)的联系会在本章附录中给出。附录证明了在零息债券价格的演变中如何选择上涨和下跌因子以

使得得到的远期利率单利在极限下满足对数分布。

24.5 远期、期货和互换期权

让我们重新回顾两期二项式模型下的 FRAs、欧洲美元期货和互换期权，尽管结论在多期的设定中可以更普遍地适用。正如在本章的引言中所强调的，这些合约的复杂性只有在多期模型中得到证明。

24.5.1 远期利率协议

我们在第 21 章中讨论过 FRAs。我们知道，在离散时间模型中，FRA 在 T 时点的支付可以被写成：

$$L_N \times [R(T-1) - f_{FRA}(0, T-1)] \tag{24.15}$$

其中，L_N 是合约的本金额，$f_{FRA}(0, T-1)$ 是 0 时点上 $T-1$ 时点的 FRA 利率。在合约支付的不确定性被确定后的一期，FRA 进行支付。

考虑一个到期日为 3 时点、本金为 \$1 的 FRA。运用之前的表达式，我们有 FRA 在 3 时点的支付为

$$R(2) - f_{FRA}(0, 2) \tag{24.16}$$

FRA 的多头寸在 3 时点所收到的是即期利率和所约定的 FRA 利率 $f_{FRA}(0, 2)$ 之差。市场出清的 FRA 利率在 0 时点确定，因此 FRA 的价值为 0。在第 21 章证明市场出清条件为 FRA 利率与远期利率相等，即：

$$f_{FRA}(0, 2) = f(0, 2) = \frac{B(0, 2)}{B(0, 3)} - 1 \tag{24.17}$$

0 时点的远期利率可以很容易地从图 24.1 两期演变的 0 时点的零息债券价格中计算得到。

$$\begin{bmatrix} f(0, 2) = 0.056\,8 \\ f(0, 1) = 0.043\,0 \\ f(0, 0) = 0.030\,9 \end{bmatrix}$$

24.5.2 欧洲美元期货

我们之前也在第 21 章讨论过欧洲美元期货合约。我们知道，在离散时间模型中，一个本金为 L_N、交割时间为 T 的期货合约，其期货价格等于

$$\mathcal{F}(t) = L_N \times [1 - i_{fut}(t)]，在\ t\ 时点 \tag{24.18a}$$

和

$$\mathcal{F}(T) = L_N \times [1 - R(T)]，在\ T\ 时点 \tag{24.18b}$$

其中 $i_{fut}(t)$ 是在 t 时点的期货利率。

期货合约整个期限的现金流由逐日盯市制度所决定。在 $t=1, 2, 3, \cdots$ 时点的现金流为

$$[\mathcal{F}(t)-\mathcal{F}(t-1)]=-L_N\times[i_{fut}(t)-i_{fut}(t-1)] \tag{24.18c}$$

对于一个到期日为 2 时点、本金额为 \$1 的欧洲美元期货。我们可以通过两期 HJM 模型轻易地得到无套利期货价格。

1. 无套利期货价格

我们可以运用倒推法和风险中性估值公式来确定无套利期货价格。

站在 1 时点上，运用风险中性估值公式，期货合约的价值为

$$V(1)=\frac{E^{\pi}[\mathcal{F}(2)-\mathcal{F}(1)]}{1+R(1)}$$

1 时点的期货价格这样设定以使得合约价值为 0。这意味着：

$$0=\frac{E^{\pi}[\mathcal{F}(2)-\mathcal{F}(1)]}{1+R(1)}$$

运用一些简单的代数运算得到结果：

$$\mathcal{F}(1)=E^{\pi}[\mathcal{F}(2)] \tag{24.19}$$

1 时点的期货价格与所预期的 2 时点的期货价格相同，其中预期由伪概率计算得到。

最后，回到 0 时点，再次运用风险中性估值公式，期货合约的价值为

$$V(0)=\frac{E^{\pi}[\mathcal{F}(1)-\mathcal{F}(0)]}{1+R(0)}$$

与之前一样，0 时点的期货价格 $\mathcal{F}(0)$ 被设定使合约价值为 0。这意味着

$$0=\frac{E^{\pi}[\mathcal{F}(1)-\mathcal{F}(0)]}{1+R(0)}$$

或者，等价的

$$\mathcal{F}(0)=E^{\pi}[\mathcal{F}(1)] \tag{24.20}$$

同样，0 时点的期货价格与在伪概率下计算出的 1 时点的预期期货价格相等。表达式(24.19)与式(24.20)证明期货价格在伪概率下为一个鞅。

2. 无套利期货利率

我们现在可以运用表达式(24.18a)和式(24.18b)来确定无套利期货利率。将这些表达式替换入无套利期货价格，得到

$$1-i_{fut}(1)=E^{\pi}[1-R(2)] \text{ 和 } 1-i_{fut}(0)=E^{\pi}[1-i_{fut}(1)] \text{ 或者}$$

$$i_{fut}(1)=E^{\pi}[R(2)] \text{ 和 } i_{fut}(0)=E^{\pi}[i_{fut}(1)] \tag{24.21}$$

期货利率也可以被看作在伪概率下的鞅。

最后一个计算式给了我们最后的结论。运用图 24.1 的符号，我们可以将表达式(24.21)写作

$$i_{fut}(1)=\pi(1)_s R(2)_{su}+[1-\pi(1)_s]R(2)_{sd} \tag{24.22a}$$

其中，$s \in \{u, d\}$。之后，对表达式(24.21)进行替代，得到

$$i_{fut}(0) = \pi(0)\{\pi(1)_u R(2)_{uu} + [1-\pi(1)_u]R(2)_{ud}\} + [1-\pi(0)]\{\pi(1)_d R(2)_{du} + [1-\pi(1)_d]R(2)_{dd}\} \quad (24.22b)$$

将这个表达式写得更抽象一些可以得到最终的结果。

结论 24.5

欧洲美元期货利率

对于一个欧洲美元期货合约，到期日为 2 时点，本金额为 \$1，市场出清的期货利率为：

$$i_{fut}(0) = E^{\pi}[R(2)] \quad (24.23)$$

其中 $E^{\pi}(\cdot)$ 表示运用伪概率 $[\pi(0), \pi(1, s)]$ 得到的预期，$R(2)$ 为 2 时点的即期利率。

正如结论所证明的，期货利率就是运用伪概率得到的预期的期货即期利率。与普遍观点相反，期货利率不是运用实际概率得到的预期期货即期利率。因为伪概率和实际利率在风险调整上不同，我们认为欧洲美元期货利率反映了风险溢价和实际概率，是对未来即期利率的有偏估计。

24.5.3 比较远期利率和期货利率

我们现在可以比较远期利率和期货利率。运用即期利率 $R(2)$ 的定义，我们可以将表达式(24.23)重新写为

$$i_{fut}(0) = E^{\pi}\left(\frac{1}{B(2, 3)}\right) - 1 \quad (24.24)$$

但

$$E^{\pi}\left(\frac{1}{B(2, 3)}\right) = E^{\pi}\left(\frac{\frac{1}{A(2)}}{\frac{B(2, 3)}{A(2)}}\right) > \frac{E^{\pi}\left(\frac{1}{A(2)}\right)}{E^{\pi}\left(\frac{B(2, 3)}{A(2)}\right)} = \frac{B(0, 2)}{B(0, 3)} = 1 + f(0, 2)$$

第一个严格不等式来自著名的概率论结论称作琴生不等式（给定一个随机变量 x，$E[1/x] > 1/E[x]$）。第二个到最后一个等式使用了对零息债券的风险中性估值等式。最后一个等式就是对远期利率的定义。将这样的理解代入表达式(24.24)中，得到：

$$i_{fut}(0) > f(0, 2) \quad (24.25)$$

期货利率总是大于远期利率。两种合约都基于未来即期利率 $R(2)$。但是，利率期货合约有逐日盯市，而 FRAs 没有。这意味着期货合约有现金流再投资风险，而 FRAs 没有。因此，为了吸引投机者在期货合约价值为 0 时进入，利率需要高于 FRA 利率。两种合约的再投资风险不一致是表达式(24.25)不相等的原因。正如之前许多次所强调的，期货和远期合约像是兄弟一样，但不是相同的双胞胎！下一个例子解释了欧洲美元期货利率的确

定过程。

【例 24.6】 欧洲美元期货利率

- 这个例子运用图 24.1 的期限结构演变计算了一个在 2 时点到期的欧洲美元期货合约在 0 时点的期货利率。例 24.4 已经计算出了在 2 时点的即期利率，为：$R(2)_{uu}=0.0465$，$R(2)_{ud}=0.0522$，$R(2)_{du}=0.0593$ 和 $R(2)_{dd}=0.0696$。那么，

$$\begin{aligned} i_{fut}(0) &= E^{\pi}[R(2)] = 0.25(0.0465+0.0522+0.0593+0.0696) \\ &= 0.0569 \end{aligned}$$

- 为进行比较，计算在 0 时点的 2 时点的远期利率为

$$f_{FRA}(0,2) = f(0,2) = \frac{B(0,2)}{B(0,3)} - 1 = \frac{0.93}{0.88} - 1 = 0.0568$$

正如理论所证明的，期货利率大于相应的 FRA 利率。

24.5.4 互换期权

互换期权是基于未来日期的互换价值的期权(看涨或看跌)。作为一个期权，敲定价格 K、到期日 T，以及标的——互换——需要被完全确定，收入固定利率，支付浮动利率(或相反)。我们运用图 24.1 的例子来对一个互换期权估值进行说明。

【例 24.7】 互换期权估值

为了对互换期权进行估值，必须首先对标的互换进行估值。

- 考虑一个互换，收入浮动利率，支付固定利率，本金为 1 亿美元，在 2 时点到期。令互换固定利率为每年 0.04。浮动利率为即期利率 $R(t)$。
- 运用第 22 章的估值公式(结论 22.1)，互换在 1 时点的价值可以被抽象地写为浮动利率贷款价值减去固定利率贷款价值：

$$\begin{aligned} V_{\text{swap}}(1) &= PV_{\text{Float}}(1) - PV_{\text{Fixed}}(1) \\ &= 100 - [100 \times (0.04) \times B(1,2) + 100 \times B(1,2)] \end{aligned}$$

其中，浮动利率贷款总是以面值(1 亿美元)估值，固定利率贷款的价值为其在 2 时点的息票和本金支付的现值。运用图 24.1 的零息债券价格，我们得到：

$$V_{\text{swap}}(1)_u = 100[1-(0.04)0.9620-0.9620] = -0.0475$$

$$V_{\text{swap}}(1)_d = 100[1-(0.04)0.9555-0.9555] = 0.6248$$

- 对于一个基于此互换而出售的互换期权。我们下面将正式讨论一个互换期权，该互换期权是这一互换的一个欧式看涨期权，到期日为 1 时点，敲定价格为 $K=0$。在到期日 1 时点，互换期权的偿付为

$$\text{Swaption}(1) = \max[V_{\text{Swap}}(1), 0]$$

如果互换的价值大于 0，期权就会被执行，多头寸方会以价值 $V_{\text{Swap}}(1)$ 得到标的互换。

- 运用之前计算的互换价值，互换期权在 1 时点，处于上涨和下跌情形下的价值为

$$\text{Swaption}(1)_u = \max[-0.047\,5,\ 0] = 0$$
$$\text{Swaption}(1)_d = \max[0.624\,8,\ 0] = 0.624\,8$$

- 最后，运用风险中性估值公式，0 时点的互换期权价值为

$$\text{Swaption}(0) = \frac{\pi(0)\text{Swaption}(1)_u + [1-\pi(0)]\text{Swaption}(1)_d}{1+R(0)}$$
$$= \frac{0.5\times 0 + 0.5\times 0.624\,8}{1.030\,9} = 0.303\,0$$

从经济学的角度来看，一个互换期权是一张保险单，它使得持有多头寸的一方根据在 0 时点决定的条款在之后某个日期从事一个互换。这对于一个公司的财务主管很有益处，如果他在 0 时点得到了一笔浮动利率贷款，若利率上升，他会想以在 0 时点确定的浮动利率换为一笔固定利率贷款。若在随后的日期执行，他的浮动利率贷款加上互换将原先的浮动利率贷款换为固定利率贷款，以 0 时点的固定利率——并且因为敲定价格为 0，执行费用则为 0！这对于公司财务主管来说是一个完美的保险产品，但是与所有的保险合约相同，它有费用，即，需要支付期权费。之前的例子证明了如何决定期权费的无套利价值。

本章小结

1. 二项式 HJM 模型假设零息债券价格 $B(t, T)$，$t=0, 1, 2$，$T=1, 2, 3$。在离散时间交易，价格根据二项式过程进行演变。首先，若零息债券在下一期到期，即 $T=t+1$，则现在的债券无论所处状态，价格为 \$1。第二，站在 t 时点上，现在的到期日 $T>t+1$ 的零息债券价格要么以实际概率 $q(t)>0$ 乘以上涨因子 $u(t, T)$，得到价格 $u(t, T)\times B(t, T)$，要么以概率 $1-q(t)$ 乘以下跌因子 $d(t, T)$ 得到价格 $d(t, T)\times B(t, T)$。

2. 当且仅当存在伪概率 $\pi(0)$、$\pi(1)_u$、$\pi(1)_d$ 严格在 0 与 1 之间，两期零息债券二叉树是无套利的，得

$$\pi(0)=\pi(0, T),\ T=2, 3 \text{ 和 } \pi(1)_s=\pi(1, 3)_s \quad s\in\{u, d\}$$

其中 $\pi(0, T)=[1+R(0)-d(0, T)]/[u(0, T)-d(0, T)]$ 和 $\pi(1, 3)_s=[1+R(1)_s-d(1, 3)_s]/[u(1, 3)_s-d(1, 3)_s]$。

3. 考虑一个在 2 时点到期、敲定利率为 k 的单期利率上限。在 2 时点的支付为 $c(2)=\max\{0, [R(2)-k]/[1+R(2)]\}$。单期利率上限的无套利价格可以通过风险中性估值公式得到 $c(0)=E^{\pi}\left(\frac{c(2)}{[1+R(0)][1+R(1)]}\right)$，其中，$E^{\pi}(\cdot)$ 为伪概率下的预期。

4. 单期利率上限—单期利率下限平价为

$$[f(0,1)-k]B(0,2)=c(0)-p(0)$$

其中 $f(0,1)$ 为在 0 时点的 1 时点远期利率，$B(0,2)$ 是在 2 时点到期的零息债券于 0 时点的价格。0 时点价格为 $c(0)$ 的单期利率上限和 0 时点价格为 $p(0)$ 的单期利率下限的敲定利率都为 k，且都在 1 时点到期。

5. 有一个欧洲美元期货合约，在 2 时点到期。0 时点的无套利期货利率为 $i_{fut}(0)=E^{\pi}[R(2)]$。期货利率总是比相应的 FRA 利率要高。

附录

将二项式 HJM 模型与 HJM libor 模型相联系

二项式利率模型很容易理解和实行。但它真正有用吗？答案是：是的。事实上，二项式模型可以近似为流行的 HJM libor 模型，后者广泛地被金融机构使用于对利率上限期权、利率下限期权和互换期权进行定价。本附录阐述了如何对二项式 HJM 模型设定参数，以使得它近似于第 25 章的 HJM libor 模型。

对于利率模型，其具体过程比第 18 章中用二项式期权定价模型近似布莱克—斯科尔斯—默顿模型更复杂。但这一过程的逻辑是相同的。

我们为一个单因素 HJM 模型提供了收敛参数。选取这些参数是为了使远期利率单利 $i(t,T)$ 收敛于对数正态分布，在这一分布的基础上得到 libor 模型。

首先，设定 Δt 为一个离散时间步长。给定一个时间跨度使 $N\Delta t=\delta$。令 T^* 为零息债券的最长期限，其中 $t\leqslant T\leqslant T^*$，且 $T^*=t+M\delta=t+M\cdot N\cdot\Delta t$。总共 $M\cdot N$ 个步长为 Δt 的时间跨度包含在该期限中。

时间区间 $[t,t+\Delta t]$ 的远期利率和即期利率定义如下：

$$f(t,T)=\left(\frac{B(t,T)}{B(t,T+\Delta t)}-1\right)\frac{1}{\Delta t}$$

和

$$R(t)=\left(\frac{1}{B(t,t+\Delta t)}-1\right)\Delta t$$

我们想要研究当 $\Delta t\to 0$ 时多元树的极限。我们强调远期利率 $f(t,T)$ 会收敛于在时间区间 $[t,t+\mathrm{d}t]$ 远期利率的连续复利 $f(t,T)$。

我们对于远期利率单利的极限分布感兴趣，定义为：

$$i(t,T)=\left(\frac{B(t,T)}{B(t,T+\delta)}-1\right)\frac{1}{\delta},\ 0\leqslant t\leqslant T\leqslant T^*$$

其中 $[T,T+\delta]$ 对应于远期利率应用的未来时间区间，δ 是一个固定的时间期，例如 0.25 年。

在每一个时间节点 t 选择(见 Jarrow, 2002b, p.286)

$$\pi_t = 1/2$$

$$u(t, T) = \frac{[1+R(t)]}{\cosh\left(\sum_{j=t+\Delta t}^{T-\Delta t} \gamma(t, j)\Delta t^{3/2}\right)} e^{\sum_{j=t+\Delta t}^{T-\Delta t} \gamma(t, j)\Delta t^{3/2}}$$

$$d(t, T) = \frac{[1+R(t)]}{\cosh\left(\sum_{j=t+\Delta t}^{T-\Delta t} \gamma(t, j)\Delta t^{3/2}\right)} e^{-\sum_{j=t+\Delta t}^{T-\Delta t} \gamma(t, j)\Delta t^{3/2}}$$

其中 $\cosh(x) \equiv (e^{-x}+e^{x})/2$, 连续复利的远期利率的波动方程满足

$$\gamma(t, T+\delta) = \gamma(t, T) + \frac{\partial\left(\frac{\delta \cdot i(t, T)\sigma(t, T)}{1+\delta \cdot i(t, T)}\right)}{\partial T} \tag{1}$$

对于给定的输入 $\{B(t, T): T \geqslant t\}$ 和 $\{\sigma(t, T): T \geqslant t\}$, 其中 $\sigma(t, T)$ 是 t 时点的确定性方程(见 Shreve, 2004, p.442)。

$\sigma(t, T)$ 对应于 libor 模型中远期利率单利 $i(t, T)$ 的瞬时波动。

$$\text{定义 } X(t, T) = \left(\frac{\delta \cdot i(t, T)\sigma(t, T)}{1+\delta \cdot i(t, T)}\right)$$

将 $\frac{\partial X(t, T)}{\partial T}$ 用它的滞后衍生品近似表示,为

$$\frac{\partial X(t, T)}{\partial T} \approx \frac{X(t, T-\Delta t) - X(t, T)}{\Delta t}$$

其中 $X(t, T-\Delta t) \equiv 0$。

表达式(1)的解由以下给出。令 $T = t + j\Delta t + K\delta$, 其中 $j = 0, \cdots, N$, 且 $K = 1, \cdots, M-1$。之后,对于固定的 δ, 对于每个 $j = 0, \cdots, N-1$,

$$\gamma(t, T) = \gamma(t, t+j\Delta t) + \sum_{k=0}^{K} \frac{\partial X(t, t+j\Delta t+k\delta)}{\partial T} \tag{2}$$

为详细说明这一过程, $\gamma(t, t+j\Delta t)$ 对于 $j = 0, \cdots, N-1$ 可以被任意规定,我们建议设定它们都为 0。

给定 $B(t, T)$, $\sigma(t, T)$, 其中 $T = t + n\Delta$, 对 $n = 0, \cdots, MN$。从 $B(t, T)$ 可以计算得到 $R(t)$ 和 $i(t, T)$。从 $i(t, T)$ 和 $\sigma(t, T)$ 可以计算出 $\gamma(t, T)$。最后,替代得到 $u(t, T)$、$d(t, T)$。然后,当 $\Delta t \to 0$ 时,远期利率单利 $i(T, T) - i(t, T)$ 趋近于对数正态分布。

在实施中,为了估计参数,可以选择

$$\sigma(t, T) = \sigma(T-t)$$

作为到期的确定性方程。

强调一下,以这种近似所产生出的二叉树并不是一个晶格。这种非晶格结构是希望在极限时得到服从对数正态分布的远期利率单利的结果。将这种近似扩展到多因素模

型，见 Jarrow(2002b)。

案例分析

通用汽车的负债管理(哈佛商学院案例 293123-PDF-ENG)。该案例是关于通用汽车利用利率衍生工具来管理债务结构的事例。

哥伦比亚河纸浆有限责任公司——利率对冲策略(毅伟商学院公开案例 9A90B037，欧洲案例交流中心案例)。该案例研究了在一个公司的浮动利率负债下，如何利用利率衍生工具如上限、双限和互换来管理利率风险。

斯宾塞大厅(A)(欧洲案例交流中心案例 9A95B045)。该案例分析了利用如利率互换、利率上限期权和利率双限等工具来对冲利率风险的相关问题。

习题和思考题

1. 考虑图 24.1，其中 $B(0,1)=\$0.95$ 替代 $\$0.97$。证明新的二叉树不满足无套利。

2. 在单期利率上限的例 24.4 中，假设敲定利率为 $k=0.06$，请对单期利率上限估值。

3. 在单期利率下限的例 24.5 中，假设敲定利率 $k=0.06$，请对单期利率下限估值。

4. 请证明在问题 2 和问题 3 中得到的单期利率上限和单期利率下限的值满足单期利率上限—单期利率下限平价。

5. 利用图 24.1。考虑一个到期日为 2 时点、敲定价格为 0.95、标的为三期零息债券的欧式看涨期权。这个看涨期权的价格是多少？

6. 利用图 24.1。考虑一个到期日为 2 时点，敲定价格为 0.95，标的为三期零息债券的欧式看跌期权。这个看跌期权的价格是多少？

7. 对于例 24.6 中的欧洲美元期货合约。

a. 计算 1 时点的在上涨和下跌状态下的期货利率 $s[i_{fut}(1)=E^{\pi}[R(2)]]$。

b. 分别计算在 1 时点，对于在 2 时点到期的在上涨和下跌状态下的远期利率协议利率。证明这两种利率是相同的，因为两个合约都是在同一期到期。

8. 对于例 24.7 的互换，令敲定价格为 $K=\$0.50$。利用风险中性估值来计算互换价值。

9. 为什么互换期权是一个有用的利率衍生品？给出一个例子来解释你的答案。

10. 假设一个借款人有一笔 10 年期浮动利率贷款，但想要一笔固定利率贷款。解释借款人如何利用利率上限期权和利率下限期权将浮动利率贷款转换为固定利率贷款。

11. 假设欧洲美元期货利率的期限结构对于 1 时点、2 时点、3 时点和 4 时点都上升了，这是否意味着即期利率在接下来的 4 个期间里预期会上升？

接下来的问题基于这幅图。

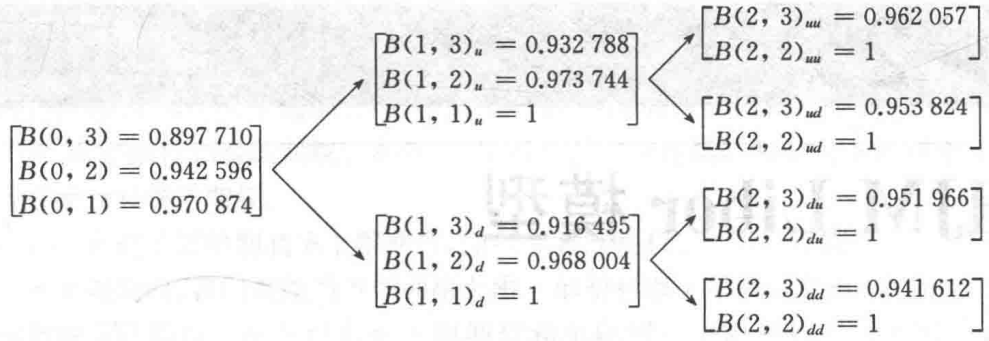


图 24.A 零息债券价格演变

12. 在二叉树的每一个节点处计算即期利率。

13. 两期的演变是无套利的吗？证明你的答案。

14. 考虑一个在 2 时点到期、敲定利率 $k=0.03$ 的单期利率上限。计算该期权的无套利价值。

15. 考虑一个在 2 时点到期、敲定利率 $k=0.03$ 的单期利率下限。计算该期权的无套利价值。

16. 利用单期利率上限—单期利率下限平价，证明问题 14 和问题 15 的答案。

17. 考虑一个在 2 时点到期、敲定价格为 \$0.95、标的为三期零息债券的欧式看涨期权，这个看涨期权的价值是多少？

18. 考虑一个在 2 时点到期、敲定价格为 \$0.93、标的为三期零息债券的欧式看跌期权，这个看跌期权的价值是多少？

19. 考虑一个在 3 时点到期、敲定价格为 \$0.96、标的为三期零息债券的美式看跌期权，这个看跌期权的价值是多少？

20. 计算在 2 时点到期的欧洲美元期货利率，将它们与在 3 时点到期的远期利率协议利率进行比较。

▶25

HJM Libor 模型

25.1 引言

从前，一个利率衍生工具方面的专家和他的妻子去银行办一张存款单，以便能够获得固定的利息。银行给他们一个在投资期中改变一次利率的期权，并且把利率就此锁定在这个利率。解释完各条款和条件后，银行工作人员问道："你懂这个期权了吗？"专家暗笑，忍不住想说："是的，我甚至知道怎么去对这个期权估价，你能吗？"但在妻子的怒视下，他只是说自己懂了。于是他们办完手续就走了。正如所述的那样，即使包含利率衍生工具的标准银行产品也需要谨慎处理。

本章中，我们会通过把第 23 章和第 24 章的离散时间模型扩展到连续时间模型来继续我们对赫斯—加罗—默顿模型的研究。你可能会想到我们在连续时间的布莱克—斯科尔斯—默顿模型中，假设是没有利率风险的。现在我们重新回到这一话题。本章中我们会阐述怎样用连续时间的 HJM libor 模型去定价最基本的利率衍生工具——单期利率上限期权。当然，单期利率上限期权只是利率的欧式看涨期权，和 BSM 模型中研究的衍生工具是一样的。同样，本章和第 19、20 章的 BSM 模型类似。

下一部分中，我们会解释为什么定价单期利率上限期权在衍生工具的研究中具有里程碑式的意义。然后，我们讨论单期利率上限期权定价模型的简单历史。随后是 HJM libor 模型下的假设、单期利率上限期权定价公式及其输入因素的讨论。随后再介绍鞅、风险中性定价、实际概率和伪概率。讲述中用到的是远期利率，因为它们有良好的特性。接下来单期利率下限期权用单期利率上限—单期利率下限期权平价来定价。然后，我们会讨论 delta 对冲和 gamma 对冲。本章最后，将阐述美式期权、期货合约、互换期权和其他利率衍生工具的估值。

25.2 为什么要研究单期利率上限期权

为什么我们要用连续时间下的单期利率上限期权定价来研究衍生工具？

- 我们的口头禅一直是集中关注主要的利率衍生工具：远期、期货、看涨期权和看跌

期权。一旦很好地掌握了这方面知识，你就能通过组合与分解法（见第 7 章）搞懂大多数金融衍生工具。

- 我们在第 21 章学习了远期合约，在第 23、24 章的离散时间模型中讨论了利率的期货、看涨期权和看跌期权。本章中，我们重新讨论连续时间设定下的利率期货、看涨期权和看跌期权。
- 这需要我们了解单期利率上限期权，即利率看涨期权。一旦我们定价了一个单期利率上限期权，我们就能用单期利率上限—单期利率下限期权平价来定价一个单期利率下限期权。在单期利率上限期权和单期利率下限期权之后我们将讨论期货。

接下来我们要讨论正题！首先，让我们来阐述一下单期利率上限期权定价模型的历史。

25.3 单期利率上限期权定价的历史

25.3.1 布莱克模型

第一个被广泛应用的单期利率上限期权定价模型是基于费希尔·布莱克的商品期权定价公式（见拓展 25.1 对这个模型的讨论和图 25.1 中显示这些模型发展的表格）。布莱克模型需要恒定的连续复利 libor 即期利率的假设。显然在这个利率随机的世界，这是一个不合理的假设。尽管如此，这个模型在早期仍然被使用，因为没有其他模型可利用了。现在的交易商则使用 libor 模型，这个模型看起来很像原始模型，但它完全依靠现代基础，这些基础在几乎 20 年后才发展起来。

拓展 25.1 定价商品期权和单期利率上限期权的布莱克模型

1976 年，布莱克在《金融经济学杂志》（*Journal of Financial Economics*）发表了《商品合约的定价》。这篇论文把 BSM 模型扩展到可以对商品期货期权定价。用结论 19.1 中类似的符号，欧式商品期货看涨期权的布莱克公式为：

$$c = B(0, T)[FN(d_1) - KN(d_2)] \tag{1}$$

其中，现在为 0 时点，$B(0, T) \equiv e^{-rT}$ 是到期时间为 T 的零息债券的现值，r 是每年连续计复利的无风险利率；T 是期权和远期合约（或期货）共同的到期时间；F 是现在决定的远期合约（或期货）价格；$N(\cdot)$ 是累计标准正态分布函数，

$$d_1 = [\log(F/K) + (\sigma^2 T/2)]/\sigma\sqrt{T} \text{ 且 } d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

K 是敲定价格，σ 是连续复利远期合约（或期货）的价格波动率。

如书中第二部分所示，如果利率不变，远期合约和期货的价格则是一样的。我们把 BSM 模型中的股价 S 替换成 $FB(0, T)$ 就可以得到公式(1)。

布莱克模型很容易推广用来定价远期合约的期权，其中期权到期日为 T 但远期合约在更晚些时间才到期。除了零息债券价格和晚到期的远期合约价格，新的看涨期权价格公式和表达式(1)一样。

接下来，为了把这个模型运用到单期利率上限期权上，用单利(不是复利)计算远期利率 $i(0, T)$。在这个远期利率下，定价一个到期日为 T、敲定利率为 k 的单期利率上限期权的布莱克公式为：

$$c = B(0, T+\delta)[i(0, T)N(d_1) - kN(d_2)]\delta \tag{2}$$

这个公式是把表达式(1)中的 F 换成 $i(0, T)$，把远期利率单利波动率 σ 换成 σ_B，并增加了一项 δ 来表示单期利率上限期权利率支付的时间间隔。要强调的是，这个公式和结论 25.1 中 HJM libor 单期利率上限期权定价模型公式有相似之处。

遗憾的是，布莱克模型不能满足假设 A5 的无套利。这是因为此模型做了两个不能同时成立的假设：首先，即期利率(无风险利率)是不变的，其次，远期利率是随机的。这些假设不是相互一致的。如果即期利率总是不变的，那么远期利率必须也是非随机的。假设它们同时成立会在模型中产生套利机会。

这种不一致性是促成 HJM libor 模型的主要原因。HJM libor 模型通过给布莱克公式(有修正输入)一个无套利理由，克服了这些困难，并能对单期利率上限期权和单期利率下限期权进行定价。

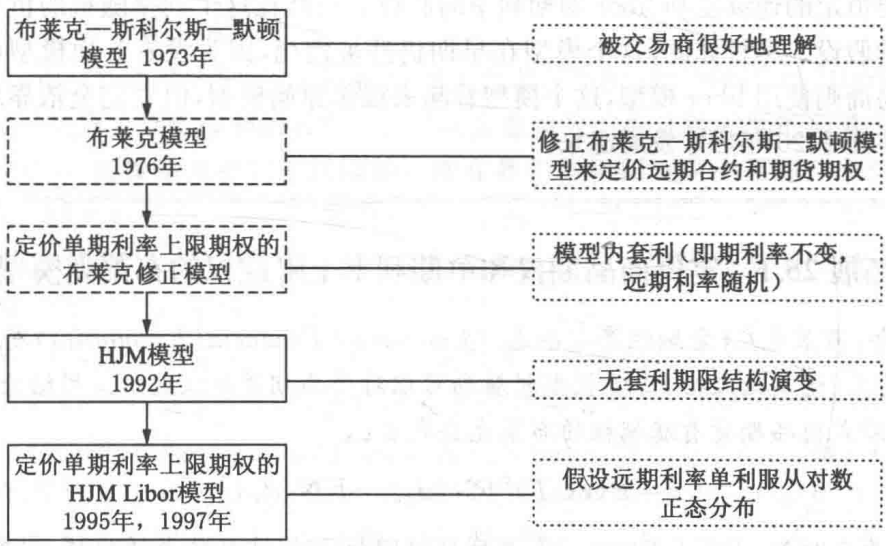


图 25.1　单期利率上限期权定价模型的发展

25.3.2　赫斯—加罗—默顿模型

就像早期的股票期权定价模型一样，早期的利率期权定价模型需要对风险溢价进行估计。对风险溢价的估计，像对零息债券的期望回报率估计一样，是不可能做到的。就像在股票期权中 BSM 模型避开了风险溢价估值这个棘手的问题一样，HJM 模型对利率衍

生工具也是这么做的。这种洞察力使市场能够以与股票期权市场类似的方式，对利率风险进行定价和对冲。因此，HJM 模型促进了互换和利率衍生工具市场的发展。

在《牛津金融建模指南》一书中，Ho 和 Lee(2004，p.158)写道："我们把它(HJM)考虑成一个有用的数学定理或者一个利率模型。……这个定理是指，如果我们知道波动率曲面，我们就能说明一个无套利的利率模型。"因此，HJM 模型可以被视为一个定价利率衍生工具的"超级模型"。libor 模型被视为 HJM 的一个特例。

25.3.3 HJM Libor 模型

布莱克的单期利率上限期权定价模型允许套利，因为连续复利下的即期利率不变和远期利率单利随机变动不可能同时成立。这种不一致性出现在最初的 HJM 论文中(Health，Jarrow and Morton，1992)。该范例随后的研究旨在克服这个缺点。这项研究是为了找到利率的随机演变，其中连续复利的即期利率是随机的，但远期利率是服从对数正态分布的。需要用这个对数正态分布来维持布莱克公式的存在。

Sandmann，Sondermann，Miltersen(1995)；Miltersen，Sandmannn，Sondermann(1997)；Brace，Gatarek，Musiela(1997)独立发现了这个解法。他们提出了意见：尽管 HJM 模型中的远期利率连续复利不能服从对数正态分布，但远期利率单利可以。这个基本的洞察使我们能简单地对单期利率上限期权、单期利率下限期权、利率上限和利率下限进行定价。HJM 模型这个特殊的情况被称为 libor 模型。它也被称为 libor 市场模型、远期 libor 模型，或者市场模型。强调 libor 这个词，是因为实践中常把英国银行家协会确定的伦敦银行间同业拆借利率作为利率上限和利率下限的标的利率。

25.4 假设

HJM libor 模型下的前五个假设和第 19 章的一样，第六个假设与 BSM 模型下的对数正态假设类似。这并不奇怪，因为 libor 模型通过布莱克(1976)模型(见图 25.1)继承了 BSM 模型。

我们知道最后两章单期利率上限期权的标的资产是欧洲美元存款(和互换协议)的期限结构，或欧洲美元零息债券的期限结构。第 19 章的相关假设是为了交易这些零息债券。之所以在这里加以重复，主要是为了方便(和强调)起见。

A1. 无市场摩擦。我们假设交易没有市场摩擦，并且资产可以被完全分割。这帮助我们构建了一个基准模型，人们可以在此基础上增加摩擦，这对机构交易商是一个合理的近似。此外，无摩擦市场甚至逐渐变为小交易商合理的第一近似，因为信息技术日积月累的发展已经大大降低了交易成本。

A2. 无信用风险。这是对于场内交易衍生工具的一个合理假设，但对于场外交易的衍生工具可能并不如此。事实上，场外交易通常要求对方添加担保条款来降低信用风险。我们假设场外交易市场担保条款消除了场外交易合约的信用风险，并作为第一近似。有趣的是，有信用风险的衍生工具可以通过第 26 章的扩展期限结构模型的结构框架来

定价。

A3. 竞争性的和运转良好的市场。在一个竞争市场中，交易商是价格接受者。在一个运转良好的市场中，交易商对零概率事件达成一致，所以也都很清楚套利机会的意义。这种市场也不存在价格泡沫。

尽管这是一个合理的假设，但在2007年的金融危机时，巴克莱银行因为操纵bbalibor而被征收罚金(见拓展25.2)。

拓展25.2　2007—2009年，Bbalibor涉嫌被操纵

一份《华尔街日报》的研究

bbalibor是一个简单的利率。每个营业日，英国银行家协会引用伦敦主要的知名银行的贷款利率，舍去其中的极端值，计算一个截尾均值。舍去最高和最低的值可以保证这个指数不会被一两家银行操纵。如第8章所述，这一方法是其他许多国家制定利率指数的基础。但是如果有些银行向利率决定者传递了错误信息会怎样？《华尔街日报》的文章中阐述道，这可能已经在2007—2009年的金融危机中发生了。

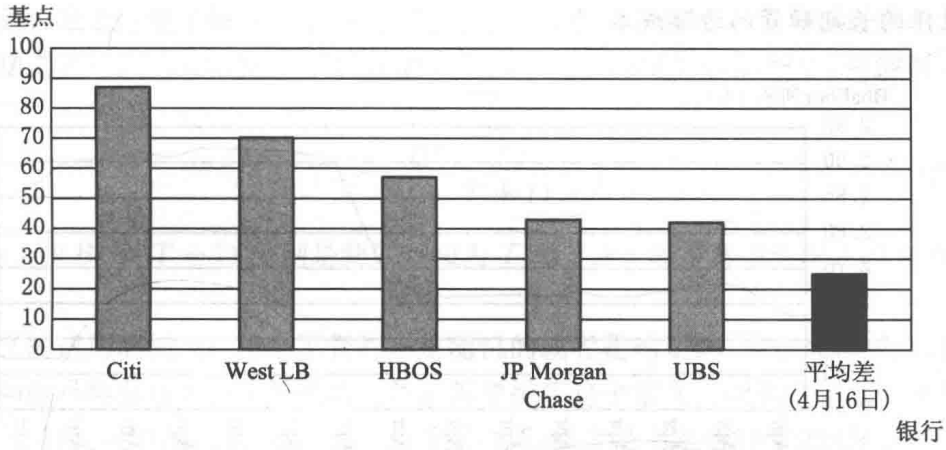
从2007年末到2008年初，很多市场观察者抱怨bbalibor低于其应有的值，没有反映出银行资金的真正成本。bbalibor的发起者——英国银行家协会最初争辩并否认它有任何偏差。但是英国银行家协会屈服于压力，并对其重新检查。有趣的是，这个检查的消息看起来推高了Libor(见2008年4月18日《华尔街日报》中的《Libor也随审查而激增》《银行可能随BBA加速审查而反应》《对借款者的影响》)。

然后，《华尔街日报》也研究了这个问题。它进行的研究显示，这个指数可能在金融危机时被故意低估。[①]这个研究把bbalibor和历史上同它涨跌情况类似的利率作比较，但结果发现，这段时间涨跌并不同步。这个类似利率是一个用信用违约互换利率计算估计出的借款利率，叫做wsjlibor。

此研究的主要成果如下：

- 在危机之前，两个利率呈同向变动，但是在2008年1月时彼此的波动发生偏离。4月16日，wsjlibor是2.97%，比每年的实际bbalibor——2.73%高了25个基点(见图25.2最后一个矩形条)。这与一些分析师和战略家提出的低估了30—40个基点的结论是一致的。
- 此研究把这个差距归因于某些银行对借款利率的低报。在2008年1月末到4月16日期间，此研究发现有五个银行的上报libor利率和计算的类似wsj贷款利率有巨大缺口：花旗集团(平均低0.87%)、摩根大通(0.43%)、德国的西德意志银行(0.7%)、英国的哈利法克斯苏格兰银行(0.57%)和瑞士的瑞士联合银行(平均低0.42%)。图25.2显示了这五个银行在欧洲美元libor面板的平均缺口。

① 参见《研究对关键利率提出疑问》《WSJ分析提示银行可能为libor报告有误的利率》和《期刊分析的背后》，《华尔街日报》，2008年5月29日。



2008 年 1 月末到 4 月中旬，报道的 bbalibor 和 WSJ 估计的 libor 的差异。为了对比，最后的矩形条显示了 2008 年 4 月 16 日这些利率的平均差异。

资料来源："Study Casts Doubt on Key Rate; WSJ Analysis Suggests Banks May Have Reported Flawed Interest Data for Libor" and "Behind the Journal's Analysis," *Wall Street Journal*, May 29, 2008.

图 25.2 估计的借款成本漏报数量

- 对其他借款利率，如商业票据利率的检验，使此研究得出如下结论：这五个银行低报它们的借款成本的目的，是为了呈现给人们一个比它们自身实际运作更健康的好印象。
- 利率衍生工具中，依据 bbalibor 产生的支付额大约有 90 万亿美元。《华尔街日报》的分析估算，如果 bbalibor 像估计的那样低报了，那么，在 2008 年的头 4 个月它会减少 450 亿美元的利息支付额。赢家包括了房屋业主、公司和投资者，而输家包括了其他投资者，如"投资于抵押贷款的共同基金和某些绑定 libor 的衍生工具合约的对冲基金"。①

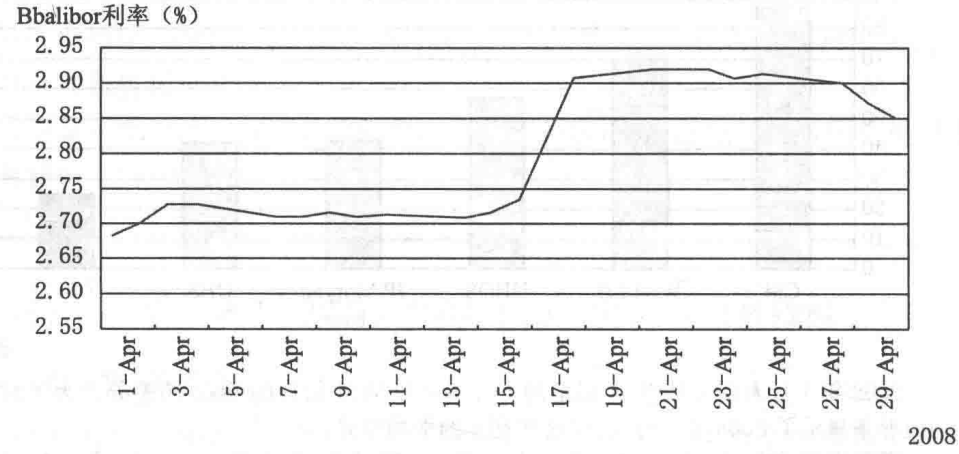
直接后果

在 2008 年的前 4 个月中，3 个月和 6 个月的美元 bbalibor 利率比 wsjlibor 报道的低了大约 25 个基点。在英国银行家协会释放出将要检查 bbalibor 的消息后，这个差距下降到 15 个基点(见图 25.3)。随着《华尔街日报》文章的发表，3 个月的 bbalibor 增加了 3 个基点，这是 2 个星期以来最大的增长了(见《libor 在监管下增长》《比报道的利率系统准确度高 2.68%》，《华尔街日报》，2008 年 5 月 30 日)。

一些随后的研究也支持英国银行家协会没有操纵利率的立场。在国际清算银行 2008 年 3 月的《评论季刊》中，职员金特伯格和伍德里奇发现 bbalibor 在动荡期间以一个不寻常的程度偏离其他相关利率，但把"恶化市场流动性、利率波动性增加和贡献者面板的组成的差异性"归为分歧的主要原因。此外，在 2008 年 10 月国际货币基金组织的《全球金融稳定性报告》中评述道："尽管美元 libor 修正过程的完整性受到一些市场参与者和金融媒体的质疑，但美元 libor 看起来仍然是一个精确的方法，用来测算典型且信誉良好的银行

① 《研究对关键利率提出疑问》《WSJ 分析提示银行可能为 libor 报告有误的利率》，《华尔街日报》(东部版)，2008 年 5 月 29 日。

未投保的长期融资的边际成本。”



资料来源：“Treasury and Finance Info” http://treasurytraining.be/TF/bba-libor-historical-market-rates.html on July 19, 2011.

图 25.3　2008 年 4 月的 3 月期 bbalibor

监管调查和诉讼

在 bbalibor 出现问题之后，美国司法部、证券交易委员会和商品期货交易委员会展开了调查（见 2011 年 3 月 6 日《华尔街日报》的文章《监管者调查银行的 libor 报告》）。尽管最初调查对象大约有 16 家银行，但调查范围慢慢缩小，集中到一小部分银行了。

回顾第 6 章的内容：需要我们在法律上去证明“操纵”，操纵者（1）必须表现出有能力去人为地设定一个期货价格，（2）必须打算去人为地设定一个期货价格，和（3）必须已经成功地设定过这样一个价格。监管者要想证明操纵是一项艰巨的任务，因为“银行报告和获得借款成本这个不透明的过程鲜有证据线索”（见 2011 年 3 月 18 日《华尔街日报》中的文章《libor 的调查障碍——美国监管者面临着证明不道德行为的挑战》）。

反垄断和反欺诈的检察官负责司法部的案子（见 2011 年 6 月 22 日《华尔街日报》中的文章《UBS 帮忙调查“利率勾结”》）。被调查的银行雇用了主要的企业保护法律公司。这个案子的结果还没有定下来。

接下来是诉讼。一个维也纳的对冲基金、一家迈阿密的投资公司、伦敦和芝加哥的欧洲美元交易商和佛罗里达的养老基金已经向 Libor 小组成员银行提出了诉讼（见 2011 年 6 月 22 日《华尔街日报》中的文章《UBS 帮忙调查“利率勾结”》）。这些案子的解决尚需时日。最近，巴克莱银行因为操纵 bbalibor 利率被英国和美国的监管者罚款 4.5 亿美元（见 2012 年 7 月 27 日《华盛顿邮报》的文章《巴克莱因操纵 libor 被罚》）。其他众多银行正在被调查，风波仍在继续。

A4. 没有期间现金流。因为零息债券在到期前没有现金流，这个假设自动满足。

A5. 没有套利机会。这个假设是不言而喻的。

我们舍弃了原来的假设 A6——无利率不确定性，现在允许利率随机波动。就这一点而言，我们需要给利率期限结构的演变加一个假设。

为了帮助大家更好地了解这一假设，让我们首先回顾一下前面章节关于远期利率的概念。我们知道表达式(21.9)给出了现在的 $[T, T+1]$ 期间的远期利率(离散时间区间)是

$$f(0, T)=\frac{B(0, T)}{B(0, T+1)}-1 \tag{25.1}$$

其中 $B(0, T)$ 和 $B(0, T+1)$ 分别是到期时间为 T 和 $T+1$ 的零息债券现在(0 时点)的价格。

这个定义的适用面相当广泛。不管利率是随机的或者是确定的，该定义都成立，但局限性是时间间隔是离散且为单位长度的。我们需要推广这个定义。问题是你该怎么推广这个定义，来计算任何时间段 $[T, T+\delta]$ 的远期利率，甚至是无限小的时间间隔。一个例子有助于我们解决这个问题。

【例 25.1】 远期利率的计算

远期利率(离散时间区间下)

- 我们计算远期利率并把它们呈现在表 25.1 中。

表 25.1 计算不同类型的远期利率(见例 25.1)

T 时点	零息债券价格 $B(0, T)$	$B(0, T)$ 的值	时长	远期利率	远期利率的计算
0	$B(0, 0)$	1	1	$f(0, 0)$ $\equiv R(0)$	$\frac{B(0, 0)}{B(0, 1)}-1=0.0309$
1	$B(0, 1)$	0.97	1	$f(0, 1)$	$\frac{B(0, 1)}{B(0, 2)}-1=0.0430$
1.0027	$B(0, 1.0027)$	0.9699	$1/365=0.0027$	$i_{\frac{1}{365}}(0, 1)$	$\left[\frac{B(0, 1)}{B(0, 1.0027)}-1\right]\times 365=0.0421$
1.5	$B(0, 1.5)$	0.95	0.5	$i_{0.5}(0, 1)$	$\left[\frac{B(0, 1)}{B(0, 1.5)}-1\right]\times 2=0.0421$
2	$B(0, 2)$	0.93	1	$f(0, 2)$	$\frac{B(0, 2)}{B(0, 3)}-1=0.0568$
3	$B(0, 3)$	0.88	1	$f(0, 3)$	$\frac{B(0, 3)}{B(0, 4)}-1=0.0732$

—第一列表示 T 时点：现在是 0 时点，第一年是 1 时点，以此类推。

—第二列表示到期日为 T 的零息债券现在的价格 $B(0, T)$。它们的数值在第三列中显示。例如，1 年后到期的零息债券现在的价格是 $B(0, 1)=\$0.97$，2 年后则为 $B(0, 2)=\$0.93$，以此类推(这些数字从表 21.3 中获取)。定义 $B(0, 0)=\$1$。

- 我们用定义式(25.1)计算远期利率。

—$[0, 1]$ 区间的远期利率是 $f(0, 0)=B(0, 0)/B(0, 1)-1=0.0309$，它在第二行的第四格和第五格中给出。关系式(21.12)告诉我们这也是即期利率 $R(0)$。一些这种计算也显示在表 21.3 中。

—[1, 2]区间的远期利率是

$$f(0,1)=\frac{B(0,1)}{B(0,2)}-1=0.043\,0 \tag{25.2a}$$

- 在远期利率的符号中有两个日期：现在(0 时点)，利率报价的时点；到期日(1 时点)，利率生效的时点。因为知道结束日(2 时点)，我们跳过把它当成第三个论点。尽管我们的很多例子把时间间隔的长度考虑成一年，但它在连续时间设定时不需要这样做。

(连续时间下)远期利率单利

- 假如你想像表达式(25.2a)那样在一个固定的但又不是单位时间区间(如 6 个月)中计算远期利率。为了做到这点，我们引入单利的概念，我们考虑一个远期利率单利。为了计算这个利率，我们需要一个从现在开始，1.5 时点到期的零息债券：假设它的价格为 $B(0,1.5)=\$0.95$。考虑时间区间[1, 1.5]，我们把每年的远期利率单利写为：

$$i_{0.5}(0,1)=\left(\frac{B(0,1)}{B(0,1.5)}-1\right)\frac{1}{0.5}=\left(\frac{0.97}{0.95}-1\right)2=0.042\,105\,26 \tag{25.2b}$$

注意在单利的定义中，需要指明利率所在的时间区间。单利符号的第一个时间参数 $t=0$，对应的是现在的时间，第二个对应的是未来时间区间的开始日 $T=1$。i 的下标 0.5 表示利率所在的时间区间的长度：半年。最后，注意之所以要乘以 2 是因为要把 6 个月的利率转为年利率。

- 为何我们回到第 2 章讨论的单利？首先，欧洲美元市场是一个用单利计算现金流的衍生工具(如互换、单期利率上限期权和单期利率下限期权)市场。其次，它能够让我们用修正的布莱克公式去给单期利率上限期权定价。

(连续时间下)远期利率连续复利

- 假如你想计算从 1 时点开始的一个无穷小时间区间下($[1,1+\Delta t]$，其中 $\Delta t\to 0$)的远期利率单利。让我们在表达式(25.2b)中先用 $\Delta t=1/365=0.002\,740$(以一年中的一天计)来估计。这需要一个到期日为一年零一天的，且现在价格为 $B(0,1.002\,740)=\$0.969\,888$ 的零息债券。然后，这个很小的时间区间 $\Delta t=1/365$ 的每年远期利率单利为

$$\begin{aligned} i_{\frac{1}{365}}(0,1)&=\left(\frac{B(0,1)}{B(0,1.002\,740)}-1\right)365=0.000\,115\times 365\\ &=0.042\,149\,20 \end{aligned} \tag{25.2c}$$

注意乘 365 是把每日利率转换为年利率。

- 采用这个利率，如果你把 1 美元投资一年零一天，你会得到 1.000 115 美元。
- 在式(25.2c)中使用越来越小的区间可以让我们定义出远期利率的连续复利

$$\tilde{f}(0,1)=\lim_{\Delta t\to 0} i_{\Delta t}(0,1)=\lim_{\Delta t\to 0}\left(\frac{B(0,1)}{B(0,1+\Delta t)}-1\right)\frac{1}{\Delta t} \tag{25.2d}$$

我们在这里给远期利率连续复利引入了一个不同的符号，与单利相反，这是在一个无

穷小的时间区间内。这个新的符号避免了用一个时间区间下标，因为远期利率所在的时间区间的长度总是固定不变的。

这个例子包括了两个重要的想法，我们在此重点重写一下。首先，我们定义远期利率单利。把表达式(25.2b)中的 1 和 0.5 分别替换为 T 和 δ 就给出了 $[T, T+\delta]$ 区间下的远期利率单利(即远期利率表示为一个单利)。我们定义这个在 0 时点的 T 时点的远期利率为

$$i(0, T)=\left(\frac{B(0, T)}{B(0, T+\delta)}-1\right)\times\frac{1}{\delta} \tag{25.3a}$$

注意我们删掉了下标是因为在这一章的剩余内容中，远期利率单利所在的区间是固定等于 δ 的。为简便起见，我们从 0 时点开始，尽管即使从 t 时点开始，我们的分析仍然成立。

然后，我们定义远期利率的连续复利。把表达式(25.2d)中的 1 和 $(1+\Delta t)$ 分别替换为 T 和 $(T+\Delta t)$，Δt 为利率所在的时间区间。令 Δt 趋近于 0 下取极限就得出了远期利率的连续复利：

$$\widetilde{f}(0, T)=\lim_{\Delta t\to 0}\left(\frac{B(0, T)}{B(0, T+\Delta t)}-1\right)\frac{1}{\Delta t} \tag{25.3b}$$

现在，我们增加在远期利率单利随机演化下的假设。

A6. 区间 $[T, T+\delta]$ 上的远期利率单利 $i(T, T)$ 服从对数正态分布。这个假设是指远期利率单利的自然对数服从正态分布。用符号表示：

$$i(T, T)=i(0, T)\,\mathrm{e}^{\int_0^T\mu_s\,\mathrm{d}s-\frac{1}{2}\upsilon_T^2(T)+\upsilon_T\sqrt{T}\cdot z}$$

概率为

$$q(z)=\mathrm{e}^{-\frac{1}{2}z^2}/\sqrt{2\pi} \tag{25.4a}$$

其中 0 时点就是现在，到期是 T 时点，远期利率单利的每年平均百分比变化是 μ_T，

$$\upsilon_T^2=\frac{\int_0^T\sigma_s^2\,\mathrm{d}s}{T}\ (\upsilon\text{ 是希腊字母，念“nu”}) \tag{25.4b}$$

σ_s 是到期日 s 的远期利率单利 $i(0, s)$ 的年波动率，$q(z)$ 是实际概率，z 是均值为 0、方差为 1 的标准正态随机变量。注意公式中的相关波动率为 υ_T，它是在期权的整个时期内到期日为 s 的远期利率单利的瞬时波动率的均值。这个均值被假定为到期日 T 的确定性函数。到期日 s 的远期利率单利波动率 σ_s 被假定为不变的。

这个假设和 BSM 模型呈现在关系式(19.2)中的股价变动假设 A8 很相似。但在此处，远期利率单利代替了股票价格成为一个对数正态分布变量。

其他关于远期利率单利演变的假设会促成不同的期限结构发展和不同的单期利率上限期权定价模型。但是，就像 HJM libor 模型，这些另外的假设经常会影响远期利率连续复利 $\widetilde{f}(0, T)$ 而不是远期利率单利。一些其他的模型用到以下假定演变：高斯模型、扩展的瓦塞克模型和仿射模型(见 Jarrow, 2010)。这些其他的模型会在更高级的课程中阐述。

我们通过保留第 19 章关于欧洲美元零息债券交易的假设 A7，来完成我们的假设单。

A7. 交易连续发生。这个假设是不言而喻的。

这些假设为介绍 HJM libor 模型做了铺垫。

25.5 单期利率上限期权定价

单期利率上限期权是指远期利率单利的欧洲看涨期权。本章的许多例子，我们都要用到下面的数据。

25.5.1 单期利率上限期权和单期利率下限期权的定价(CFP)数据

- 单期利率上限期权和单期利率下限期权的交易从现在(0 时点)起，1 年后到期(T 时点)。
- 名义本金 L_N 是 1 亿美元。
- 敲定利率(可能是上限或者下限的利率)k 是每年 4%。
- 支付基于 6 个月的 bbalibor，远期利率单利 $i(0, T)$。假设 6 个月共有 182 天，$\delta = 182/365 = 0.498\,6$ 年就是计算单利的投资期。
- 平均远期利率波动率 v_T 是每年 0.15 或者 15%。
- 如果单期利率上限期权(或单期利率下限期权)处于实值，在到期日 0.498 6 年后($[T+\delta]$ 时点)进行支付。
- 零息债券价格和远期利率单利是从以前的例子(见表 25.1)中选取的。

25.5.2 单期利率上限期权定价模型

在介绍定价模型之前，让我们详细说明在连续时间下单期利率上限期权的运作。

【例 25.2】 单期利率上限期权的支付

- 国际招待和餐饮公司(INTRest，一个虚构的名字)的财务主管买了一个单期利率上限期权，它从现在(0 时点)开始，到期日为 $T=1$，敲定利率为 $k=4\%$，名义本金 $L_N=1$ 亿(时间表见图 25.4)。
- 假如 6 个月的 bbalibor 的实际利率在 1 年后为 5%。这是远期利率单利，$i(T, T) = i(1, 1) = 0.05$。
- 运用单期利率上限期权和单期利率下限期权定价(CFP)数据：

  —这个单期利率上限期权在 $(T+\delta)=1.498\,6$ 时的支付是

$$c_{1.498\,6} = \max(0.05 - 0.04, 0) \times (182/365) \times 100 \text{ 百万} = \$498\,630.14 \tag{25.5a}$$

  公司在该单期利率上限期权于 T 时点到期后的 δ 年(1 年中的一小段时间)收到这笔支付。它等于年利率单利减 $[i(T, T) - k]$ 乘以赚取利息的时间期间 δ，再乘以名义本金。

  —到期日的支付现值可以通过它乘以相关零息债券的价格得到。假设 $B(1,$

1.498 6) =0.985 0 是 6 个月后 ($(T+\delta)$ 时点)到期的零息债券在 1 时点(T 时)的价格。然后,单期利率上限期权支付在 1 时点的价值为:

$$c_1 = 0.985\,0 \times \max(0.05 - 0.04, 0) \times (182/365) \times 100 \text{ 百万}$$
$$= \$491\,150.68 \tag{25.5b}$$

起始日
0时点
(今天)

中间日期

到期日
T时点
(1年)

支付日
($T+\delta$) 时点
(1.498 6年)

时间区间, δ=0.498 6年

买方和卖方协商单期利率上限期权的条款:名义本金 L_N、敲定利率 k 和到期日 T	多头可以执行美式单期利率上限期权	Bbalibor $i(T, T)$ 确定,适用区间 δ	如果 $i(T, T) > k$,多头支付 $G + \delta = L_N \times [i(T, T) - k] \times \delta$ 如果 $i(T, T) \leqslant k$,单期利率上限期权为虚值
多头支付期权费,成为单期利率上限期权的持有者	交易者能通过反向交易来平仓	此时多头支付的价值 $c_T = B(T, T+\delta) \times L_N \times \max[i(T, T) - k] \times \delta$,零息债券在 $(T+\delta)$ 时点支付 \$1	零和博弈——多头的收益就是空头的损失

图 25.4 单期利率上限期权的时间轴(连续时间下)

例子中单期利率上限期权的支付很容易被公式化。考虑一个单期利率上限期权:名义本金为 L_N,敲定利率为 k,到期日为 T,支付日 $T+\delta$,单利计算的时间间隔为 δ。

单期利率上限期权在支付日的收益为

$$c_{T+\delta} = \max[i(T, T) - k] \times \delta \times L_N \tag{25.6a}$$

其中远期利率单利 $i(T, T)$ 是从 T 时点开始 $[T+\delta]$ 期间的利率。

为了得到 T 时点的支付的现值,我们要乘以相关零息债券的价格来贴现现金流。单期利率上限期权到期日的价值为

$$c_T = B(T, T+\delta)\max[i(T, T) - k] \times \delta \times L_N \tag{25.6b}$$

$B(T, T+\delta)$ 是在 $(T+\delta)$ 时支付 1 美元的零息债券在 T 时点的价格。

为了计算,可以把 T 时点认为是到期日和支付日,但这里我们需要用表达式(25.6b)作为单期利率上限期权的支付。

在 HJM libor 模型下，由下式可得单期利率上限期权在 0 时点的价值。

结论 25.1

单期利率上限期权的 HJM libor 模型公式

单期利率上限期权的价格为

$$c = B(0, T+\delta)[i(0, T)N(d_1) - kN(d_2)] \times \delta \times L_N \tag{25.7a}$$

其中 $B(0, T+\delta)$ 是 $(T+\delta)$ 到期的零息债券的现值，T 是到期日，δ 是利率计算的时间期，$i(0, T)$ 是 $[T, T+\delta]$ 区间的年远期利率单利，$N(\cdot)$ 是累计标准正态分布函数(均值为 0，标准差为 1)，

$$d_1 = \frac{\log\left[\frac{i(0, T)}{k}\right] + \frac{v_T^2 \times T}{2}}{v_T\sqrt{T}} \text{ 和 } d_2 = d_1 - v_T\sqrt{T} \tag{25.7b}$$

k 是敲定利率(为利率上限)，v_T 是单期利率上限期权期内平均远期利率波动率，L_N 是名义本金。

我们将在本章后面讨论风险中性估值的时候证明这个结论。

单期利率上限期权公式表面上看起来和标准 BSM 公式很相似，但它是用 T 时点的远期利率单利 $i(T, T)$，而不是股价(它在利率衍生工具领域不相关)。它和标准 BSM 公式最主要的不同在于，债券价格 $B(0, T+\delta)$ 和单利 $i(0, T)$ 的乘积替换了股价。出现这种情况是因为 $B(0, T+\delta) \times i(0, T)$ 对应了 在$(T+\delta)$ 时收到的 $i(T, T)$ 美元的现值。

除了远期利率单利 $i(0, T)$，单期利率上限期权价值还取决于零息债券价格 $B(0, T+\delta)$、敲定利率 k、到期日 T 和平均远期利率波动率 v_T。与 BSM 公式一样，远期利率单利的平均百分比变动不出现在表达式中。如果出现了，计算风险溢价的问题就会继续困扰我们。这个“重要忽略”使公式具有可用性。与 BSM 模型类似，它意味着如果两个交易商在变量 $[i(0, T), B(0, T+\delta), k, T, v_T]$ 上达成一致，但在远期利率单利平均百分比变动上不一致，那么，它们仍会在单期利率上限期权价格上达成一致。

接下来的例子阐述了结论 25.1。

【例 25.3】 单期利率上限期权定价

- 考虑 CFP 数据。
  - —单期利率上限期权在现在(0 时点)交易，$T=1$ 年到期。
  - —名义本金 $L_N=1$ 亿，敲定利率 k 为每年 4%。
  - —合约适用于 6 个月的 bbalibor(远期利率单利)。利率以 182 天计，或者 $\delta = 182/365 = 0.498\,6$ 年。
  - —远期利率单利 $i(0, T) = i(0, 1) = 0.042\,1$(见表 25.1 的第五行第五列单元格)
  - —每年的平均远期利率波动率 v_T 是 0.15，或者说 15%。
  - —一个 1.498 6 年后到期的零息债券在今天的价值为 $B(0, T+\delta) = B(0, 1.498\,6) = \$0.95$。

- 计算 d_1 和 d_2：

$$d_1=\frac{\log\left[\frac{i(0,\ T)}{k}\right]+\frac{v_T^2\times T}{2}}{v_T\sqrt{T}}=\frac{\log\left(\frac{0.042\ 1}{0.04}\right)+\frac{0.15^2\times 1}{2}}{0.15\sqrt{1}}=0.417\ 0$$

$$d_2=d_1-v_T\sqrt{T}=0.417\ 0-0.15=0.267\ 0$$

- 运用 Excel，我们得到累计标准正态分布函数的值：

$$N(d_1)=N(0.417\ 0)=\text{NORMSDIST}(0.417\ 0)=0.661\ 6$$
$$N(d_2)=N(0.267\ 0)=\text{NORMSDIST}(0.267\ 0)=0.605\ 2$$

- 用 HJM libor 模型公式(25.7a)计算的本金为 1 亿美元的单期利率上限期权的价格为：

$$\begin{aligned}c&=B(0,\ T+\delta)[i(0,\ T)N(d_1)-kN(d_2)]\times\delta\times L_N\\&=B(0,\ 1.498\ 6)[i(0,\ 1)N(0.417\ 0)-0.04N(0.267\ 0)]\times 0.498\ 6\times 100\text{ 百万}\\&=0.95\times[0.042\ 1\times 0.661\ 6-0.04\times 0.605\ 2]\times 0.498\ 6\times 100\text{ 百万}\\&=\$\,172\,842.45\end{aligned}$$

25.6 输入变量

收集 HJM libor 单期利率上限期权定价模型的输入变量与收集 BSM 的输入变量类似。除了平均远期利率波动率，大多数变量都可以很容易获得。

25.6.1 可观察变量

最容易获得的变量是敲定利率 k、到期日 T 和计算利率的时间期 δ。这些会被写进合约里。那远期利率单利呢？如果标的是一个国库券，我们能从市场上观察零息债券的价格——但我们用欧洲美元和 bbalibor 利率。这个差别只会带来一点点复杂。

既然远期利率和 FRA 利率相等(见结论 21.3)，我们能通过观察场外市场交易的 FRA 合约利率来获得远期利率单利 $i(0,\ T)$。FRA 利率报价是基于表达式(25.3a)定义的单利得出的。①

一个欧洲美元零息债券价格可以采用几种方法从这些 FRA 利率中推导出来。例如，你能用下面公式的 FRA 利率来计算零息债券价格：

$$B(0,\ T)=\frac{1}{[1+i(0,\ 0)\times\delta][1+i(0,\ \delta)\times\delta]\cdots[1+i(0,\ T-\delta)\times\delta]}\tag{25.8}$$

① 需要强调，当我们在前面章节定义远期利率时，为了简单起见，总是让利率应用的时间区间固定，均为 1 时间单位。这里，为了切合实际，有必要让时间区间不同于 1 时间单位，设置为 δ 时间单位。

$i(0, 0)$ 是在 $[0, \delta]$ 区间内的即期利率，$i(0, \delta)$ 是下一个时间段 δ 的远期利率单利，依次类推。这是一个已知的关系式(结论 21.2 的表达式(21.11a))被简单修改来解释时间区间不是 1 单位，而是 δ 单位的情况。

或者你可以直接从(最多 1 年到期的)欧洲美元利率和(超过 1 年到期的)互换利率得到零息债券的价格。从互换利率得到零息债券价格的过程在拓展 22.4 中给出。

25.6.2 平均远期利率波动率

如同 BSM 模型背景下遭遇的波动率估计的困扰一样，平均远期利率波动率也是 HJM libor 模型最难估计的变量。如以前，估计波动率有两个标准方法：一个显性方法是用过去的远期利率单利，生成一个历史波动率；还有一个隐性方法，用单期利率上限期权市场价格修正，生成一个隐含波动率。

注意，波动率的表达式和我们用在权益期权中的不同。这里它等于单期利率上限期权期限内远期利率的平均波动率，即，

$$v_T = \sqrt{\frac{\int_0^T \sigma_s^2 \, ds}{T}} \tag{25.9a}$$

此处 σ_s 是到期日为 s 的远期利率单利 $i(0, s)$ 的年波动率。

为了计算这个表达式，我们需要估计每个到期日为 s 的远期利率波动率 σ_s。方法是我们需要用不变的到期日的远期利率并计算其波动率，就像在第 19 章计算股票收益率的波动率一样。除了这两个不同，估计单位时间远期利率单利波动率的方法和我们在第 19 章和第 20 章讨论的权益期权波动率的计算方法是一致的。

计算到期日为 s 的远期利率单利 $i(t, s)$ 的历史波动率为：

$$\sqrt{\text{var}\left[\log\left(\frac{i(t+\Delta t, s+\Delta t)}{i(t, s)}\right)\right]\frac{1}{\Delta t}} = \sigma_s \tag{25.9b}$$

这是到期日为 s 的远期利率单利在 $[t, t+\Delta t]$ 内百分比变动[①]的标准差。乘以 $(1/\Delta t)$ 是为了年化所估计的波动率。

历史波动率 为了计算表达式(25.9a)的平均远期利率波动率，我们需要用一些积分学的基本思路。图 25.5 描述的是一个连续函数 $y = g(x)$，其中 x 沿横轴分布，y 沿纵轴分布。微积分告诉我们积分 $\int_a^b g(x)dx$ 度量的是曲线在 $x = a$ 和 $x = b$ 中间的一部分。我们知道，能通过用曲线(见图 25.2)下的一系列矩形来估计这个区域。当然，每个矩形区域等于它们的底乘以高。这些矩形组成的区域的极限随着底趋于 0，而得到 $g(x)$ 的积分，其中 x 范围为 a 到 b 之间。我们用这个简单的近似值来计算平均远期利率波动率。

① 比率 $\log[i(t+\Delta t, s+\Delta t)/i(t,s)]$ 给出了到期日为 s 的远期利率单利在时间区间的百分比变动。需要注意，这些远期利率对应的时间区间分别是 $[t, t+\delta]$ 和 $[t+\Delta t, t+\Delta t+\delta]$，$\delta$ 是不变的。在我们的例子中，δ 对应的是 6 个月。

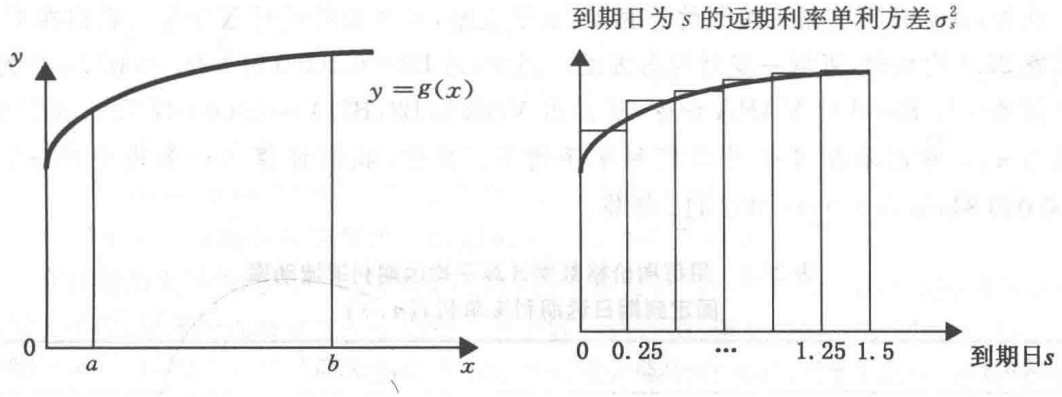


图 25.5 远期利率波动率的一致性和平均值

这个过程如下：(1)收集到期日 s 为 0 到 T 之间的整个期限结构的不变远期利率，(2)用表达式(25.9b)计算这些远期利率单利的百分比变动的方差，(3)把这些方差相加得到关系式(25.9a)的分子近似值，最后，(4)除以整个时间区间 T 的长度来算出平均值。最后，取其平方根就得到了平均远期利率波动率。

随着用实际远期利率自然做图，可获得在实际概率分布下历史波动率的估计值。用我们先前的术语，这便是在概率 q 下的估计值。下例将阐述这一方法。

【例 25.4】 计算历史平均远期利率波动率

- 单期利率上限期权的到期时间 T 和远期利率单利的投资区间 δ 都是由合约说明给定的。我们选择 $T=1.25$ 年、$\delta=0.5$ 年，代表一个典型单期利率上限期权的参数。
- 首先，必须决定数据的频率(每日、每周或每月)。然后，必须收集场外市场中交易商的所有从 0 到 T 期到期的 FRA 报价。以每周作为观察区间是个不错的选择，可以平衡微观结构噪声和提供足够多的观察值。
- 表 25.2 给出了 0 到 $T=1.25$ 年假设到期日不变的远期利率，收集了连续 20 周的每周数据。每个远期利率适用于 6 个月的投资区间，即，$\delta=182/365=0.498\,6$ 年。
  —第一列标记“第 n 周”，它追踪了所收集的数据点的日期。
  —后面六列给出了不变到期日为 s 的远期利率。这些远期利率单利总是对应了未来一个固定的 s 年。每个利率都是 6 个月的投资区间。例如，在第 1 周，到期日为 0 的远期利率(即期利率)为 0.100 0。此即期利率对应了投资区间 [0, 0.5]。接下来，到期日为 0.25 的远期利率为 0.105 0，对应了投资区间 [0.25, 0.75]，以此类推。
- 这里有一些方法来计算样本方差：
  —有一个手动计算的繁琐方法。尽管是无效率的，但它锻炼了动手能力。当手动计算时，我们需要计算每个到期日为 s 的远期利率时间序列的均值和方差。

均值：
$$\hat{\mu}_s=\frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} i(n,s) \tag{25.10a}$$

方差：
$$\hat{\sigma}_s^2=\frac{1}{N-1}\sum_{n=1}^{N}[i(n,s)-\hat{\mu}_s]^2 \tag{25.10b}$$

此外，我们还可以用可编程的计算器、电子表格，或电脑的统计程序包。我们在 Excel 输入表 25.2 的数据，可以一步计算出方差。例如，对 B2＝0.100 0 到 B21＝0.092 0 中的 20 个观测值运行 Excel 的 VARA 命令，可得出 VARA(B2:B21)＝0.000 047 79。我们把这个记为 $\hat{\sigma}^2_0$，并记录在 3 个月即期利率序列下。同样，我们计算和记录表中的 $\hat{\sigma}^2_{0.25}$ ＝0.000 049 84，$\hat{\sigma}^2_{0.5}$ ＝0.000 052 41，等等。

表 25.2　用每周价格数据计算平均远期利率波动率
固定到期日远期利率单利 $i(n, s)$

周数 n	$s=0$	$s=0.25$	$s=0.5$	$s=0.75$	$s=1.00$	$s=1.25$
1	0.100 0	0.105 0	0.110 0	0.115 0	0.120 0	0.115 0
2	0.102 0	0.106 0	0.112 0	0.116 0	0.123 0	0.116 0
3	0.105 0	0.107 0	0.114 0	0.116 0	0.126 0	0.119 0
4	0.108 0	0.109 0	0.115 0	0.118 0	0.127 0	0.123 0
5	0.109 0	0.111 0	0.115 0	0.121 0	0.128 0	0.125 0
6	0.110 0	0.113 0	0.118 0	0.121 0	0.129 0	0.128 0
7	0.110 0	0.115 0	0.119 0	0.125 0	0.130 0	0.131 0
8	0.111 0	0.115 0	0.120 0	0.124 0	0.134 0	0.131 0
9	0.112 0	0.116 0	0.121 0	0.127 0	0.134 0	0.135 0
10	0.112 0	0.117 0	0.121 0	0.128 0	0.135 0	0.136 0
11	0.111 0	0.118 0	0.121 0	0.127 0	0.136 0	0.131 0
12	0.109 0	0.117 0	0.120 0	0.126 0	0.135 0	0.128 0
13	0.107 0	0.113 0	0.118 0	0.123 0	0.129 0	0.121 0
14	0.103 0	0.109 0	0.110 0	0.120 0	0.123 0	0.124 0
15	0.099 0	0.105 0	0.110 0	0.116 0	0.121 0	0.121 0
16	0.098 0	0.103 0	0.108 0	0.118 0	0.120 0	0.119 0
17	0.096 0	0.101 0	0.106 0	0.109 0	0.116 0	0.116 0
18	0.094 0	0.099 0	0.101 0	0.105 0	0.114 0	0.111 0
19	0.092 0	0.097 0	0.100 0	0.103 0	0.111 0	0.109 0
20	0.092 0	0.095 0	0.099 0	0.101 0	0.109 0	0.108 0
方差	0.000 047 79	0.000 049 84	0.000 052 41	0.000 065 42	0.000 067 47	0.000 069 40
方差×0.25	0.000 011 95	0.000 012 46	0.000 013 10	0.000 016 35	0.000 016 87	0.000 017 35
总方差×0.25/T	0.000 070 46					
波动率×$\sqrt{52}$	0.060 530					

T 为 1.25 年，δ 为 0.5 年。

- 在得到这些方差之后，就很容易计算平均远期利率波动率了。
  —用 0.25(矩形的底)乘以每个方差，在表 25.2 下的单元格中记录下来。加起来就得到了曲线下的区域，就是

$$\int_0^T \sigma_s^2 \mathrm{d}s \approx \sum_s \hat{\sigma}^2_s \times 0.25 = (\hat{\sigma}^2_0 + \hat{\sigma}^2_{0.25} + \cdots + \hat{\sigma}^2_{1.25}) \times 0.25$$
$$= 0.000\,088\,08 \qquad (25.10c)$$

  —用式(25.10c)除以时间间隔长度 T 就得出

$$v_T^2 = \frac{\sum_s \hat{\sigma}_s^2 \times 0.25}{T} = 0.000\,070\,46 \tag{25.10d}$$

它的正平方根是每周的平均远期利率波动率 $v_T = 0.008\,394$，或者 0.839 4%。为了得到每年的波动率，乘以 52 的平方根，得到 0.060 530，或者 6.053 0%。这代表了到期日固定的单期利率上限期权在期限内的远期利率(每年)平均波动率。

在计算历史平均远期利率波动率时，仍然存在大量问题。首先，你应该用多少观察量？理论上来说，更多的观察量有助于得到一个更好的估计值，但是长时间序列数据可能不是平稳的。第二，观察日间的时间间隔应该多长？如果收集的观察量时间间隔短，市场摩擦和市场微观结构问题可能显著影响估计值。每天或每周的间隔会更少出现这种情况。最后，远期利率的到期日间的时间间隔应该是多少？时间间隔越小，则曲线下区域用矩形求和能估计得更好。实际上，如表 25.2 所示，不同远期利率到期日的季度间隔可以得到一个合理的估计值。

隐含波动率 如同 BSM 公式，我们能用单期利率上限(作为单期利率上限期权组合)的市场价格，来找到最符合市场价格的平均远期利率波动率 v_T。这就是校准。利用这一过程可得到隐含波动率。

在实际操作中，就像在 BSM 模型中一样，单期利率上限期权的隐含波动率不同于历史波动率，当我们对敲定价格和到期日画图时，它们呈现出一个微笑或冷笑(见 Jarrow et al., 2007; Rebonato, 2002)，这暗示了像 BSM 公式的情况一样，数据正式拒绝了 HJM libor 模型。

尽管如此，这个模型仍然能用隐含波动率，但在这种情况下，它只能作为单期利率上限期权定价的统计模型。当它作为统计模型时，其目的只能局限于为单期利率上限期权(和单期利率下限期权)定价，不再适合作为对冲工具。这是因为这个理论模型已经被拒绝了(见第 20 章关于这个问题的详细讨论)。之前关于 BSM 公式的评论和批评也适用于 HJM libor 模型。

如同其他市场的期权一样，很多交易员根据波动率报价，这就是他们指的“vols”。用 HJM libor 模型中的其他已知变量，我们可以为单期利率上限期权定价。

25.7 理解 HJM Libor 模型

我们已经了解股票期权定价中的鞅、伪概率和风险中性估值。我们在书中第三部分对这些内容进行了介绍，从而有利于读者更深刻地理解期权定价方法。我们同样会再次这么做。此外，借助于这些概念，我们也为结论 25.1 中的单期利率上限期权定价公式提供一个简要的证明。

25.7.1 远期利率和鞅

在第 23 章中所讨论的二项式利率期权定价模型，表明(见 Jarrow, 2010)[①]无套利假

① 它表示对数正态分布的远期利率单利隐含对应的远期利率连续复利的随机过程。条件式(25.11)能用来表示在远期利率连续复利过程下 HJM 无套利漂移限制成立，证明了隐含期限结构演变是无套利的。

设暗示了伪概率 $\pi_{T+\delta}(z)>0$ 的存在，所以

$$i(0,\ T)=E^{\pi}_{T+\delta}[i(T,\ T)] \tag{25.11}$$

其中 $i(0,\ T)$ 是今天(0 时点)的时间间隔 $[T,\ T+\delta]$ 的远期利率单利，T 是单期利率上限期权的到期日，δ 是给定利率的时间间隔，$E^{\pi}_{T+\delta}[\cdot]$ 是伪概率 $\pi_{T+\delta}(z)$ 基础下的期望。

这里伪概率取决于远期利率的到期日。表达式(25.11)说明了当用伪概率时，现在的远期利率等于它在 T 时点的期望值。有趣的是，这表示伪概率下无偏期望假设成立(这在拓展 21.2 中进行介绍)。因为伪概率包含了对风险的调整(见下述内容)，这也表示了无偏期望假设在实际概率下不成立。

25.7.2 风险中性估值

为了了解单期利率上限期权是怎样利用风险中性估值定价的，我们首先强调单期利率上限期权价值能写成

$$c(0)=B(0,\ T+\delta)E^{\pi}_{T+\delta}\{\max[i(T,\ T)-k,\ 0]\cdot\delta\}\times L_N \tag{25.12}$$

其中 $E^{\pi}_{T+\delta}\{\cdot\}$ 是伪概率 $\pi_{T+\delta}(z)$ 基础下的期望。在该表达式中，单期利率上限期权的支付日为 $(T+\delta)$。

这个表达式表明，用伪概率时，单期利率上限期权在 0 时点的价值等于其预期支付额的折现值。显然，这与风险中性估值过程被用于 BSM 模型中相似。

表达式(25.12)为证明结论 25.1 的表达式(25.7a) 提供了一个方便方法。如前面所述，在伪概率下，远期利率 $i(T,\ T)$ 有一个均值为 0、方差为 v_T^2 的对数正态分布。用对数正态分布对表达式(25.12)的期望进行直接评估可得到 HJM libor 公式。除了只有变量(及其解释)发生变化外，该证明与 BSM 模型给出的相同。

25.7.3 实际概率与伪概率

实际概率和伪概率的不同在于对风险的调整，就像 BSM 模型一样。为了看到这点，我们从假设 A5 开始。在假设 A5 下，0 时点的远期利率单利 $i(0,\ T)$ 为对数正态分布。我们能写成这样：

$$\log\left(\frac{i(T,\ T)}{i(0,\ T)}\right)=\int_0^T\mu_s\,\mathrm{d}s-\frac{1}{2}v_T^2T+v_T\sqrt{T}\cdot z \tag{25.13}$$

其中 z 是一个均值为 0、方差为 1 的标准正态随机变量，其概率为 $q(z)=\mathrm{e}^{-\frac{1}{2}z^2}/\sqrt{2\pi}$。表达式(25.13)在 0 时点和到期日 T 间的任何时间 t 都成立。

这些 $q(z)s$ 是实际概率。像 BSM 模型一样，实际概率和伪概率必须在零概率事件上达成一致，即，

$$\text{当且仅当 } q(z)>0 \text{ 时，} \pi_{T+\delta}(z)>0 \tag{25.14}$$

否则，交易商不会在形成套利机会上达成一致。

第二，这暗示了实际概率和伪概率是依下式相关的：

$$\pi_{T+\delta}(z)=\varphi_{T+\delta}(z)q(z) \tag{25.15a}$$

其中 $\varphi_{T+\delta}(z)=e^{-\frac{\theta_{T+\delta}^2}{2}+\theta_{T+\delta}z}$ 且 (25.15b)

$$\theta_{T+\delta}=-\left(\frac{\int_0^T \mu_s \mathrm{d}s}{v_T\sqrt{T}}\right) \tag{25.15c}$$

数量 $\varphi_{T+\delta}(z)$ 是对风险的调整。这个陈述的证明和第 19 章给出的 BSM 公式一样。在我们这个有风险厌恶交易商的世界里，伪概率下的风险调整是风险中性估值过程起作用的原因！

25.8 利率上限期权和利率下限期权

为单期利率上限期权定价的 HJM libor 模型就是我们所需要的。我们能用它去定价利率上限(即，单期利率上限期权集合)、单期利率下限期权(通过单期利率上限—单期利率下限期权平价)，和利率下限(即，单期利率下限期权集合)。让我们来探讨一下怎样为这些利率衍生工具定价。

25.8.1 利率上限

利率上限是名义本金为 L_N、敲定利率为 k、到期日为 T 和“支付”区间为 δ 的金融证券。利率上限买方收到支付

$$\max[i(t-\delta,\ t-\delta)-k,\ 0]\times\delta\times L_N \tag{25.16}$$

支付日分别为 δ，2δ，…，$(T+\delta)$。

例如，第一次支付发生在 δ 时点，它是用远期利率单利 $i(0,\ 0)$ 经过时间区间 $[0,\ \delta]$ 计算的。我们知道，这个远期利率单利立刻有效，所以也是即期利率。第二次支付发生在 2δ 时点，它是基于 δ 时点已知的远期利率 $i(\delta,\ \delta)$，以此类推。

因此，利率上限是一个单期利率上限期权的组合，其中每个单期利率上限期权和利率上限有相同的敲定利率 k，与支付日对应的是每个都有一个不同的到期日。我们能通过估计每个单期利率上限期权并加总得到的值来发现利率上限的价值。

25.8.2 单期利率下限期权

单期利率下限期权是在即期利率上的欧式看跌期权。和单期利率上限期权一样，它的支付是在约定的到期日 T 后的 δ 年(1 年的一部分)收到。支付额等于本金乘以单利 $[k-i(T,\ T)]\delta$，它是利率应用的时间段 δ 调整后的值。

用更规范的术语来阐述。考虑一个单期利率下限期权有名义本金 L_N，敲定利率 k，

到期日 T，其中利率计算的时间间隔为 δ 年，支付日是 $(T+\delta)$。单期利率下限期权持有者在支付日的收益为

$$p_{T+\delta}=\max[k-i(T,\ T),\ 0]\times\delta\times L_N \tag{25.17}$$

其中远期利率单利 $i(T,\ T)$ 是 T 时点决定的利率，应用于时间段 $[T,\ T+\delta]$。

为了获得单期利率下限期权到期日支付的价值，用 $B(T,\ T+\delta)$ 乘前面的支付额，这就是 T 时点零息债券的价格，它在 $(T+\delta)$ 时点支付 1 美元。一旦你定价了一个单期利率上限期权，就很容易用我们的老朋友“单期利率上限—单期利率下限期权平价”来定价单期利率下限期权。

25.8.3 单期利率上限—单期利率下限期权平价

就像其他方面相同的欧式看涨和看跌期权价格因看涨—看跌期权平价相联系一样，单期利率上限期权和单期利率下限期权的价格也是一样。下面的论证是 HJM 二项式模型中单期利率上限期权和单期利率下限期权平价的推广。我们从一个恒等式开始：

$$i(T,\ T)-k=\max[i(T,\ T)-k,\ 0]-\max[k-i(T,\ T),\ 0] \tag{25.18a}$$

能通过输入比共同的敲定价格 k 更大或者更小的远期利率单利 $i(T,\ T)$ 的值，轻易地验证这个等式是对的。

注意右边分别是单期利率上限期权和单期利率下限期权在 $(T+\delta)$ 时点的支付。左边代表了 $(T+\delta)$ 时点到期的 FRA 的支付。接下来，我们应用风险中性估值过程：用伪概率 $\pi_{T+\delta}(z)$ 得到期望 $E^{\pi}_{T+\delta}\{\cdot\}$，然后通过乘以 $(T+\delta)$ 时点到期的零息债券的价格来对支付额进行折现。这给出了

$$\begin{aligned}&B(0,\ T+\delta)E^{\pi}_{T+\delta}[i(T,\ T)-k]\times\delta\times L_N\\=&B(0,\ T+\delta)E^{\pi}_{T+\delta}\{\max[i(T,\ T)-k,\ 0]\}\times\delta\times L_N\\&-B(0,\ T+\delta)E^{\pi}_{T+\delta}\{\max[k-i(T,\ T),\ 0]\}\times\delta\times L_N\end{aligned} \tag{25.18b}$$

其中我们也对表达式两边乘了 $\delta\times L_N$，它是计算利率的时间段乘以本金。

因为 $i(T,\ T)$ 的期望是现在的远期利率单利，不变的 k 的期望值是它本身，单期利率上限期权和单期利率下限期权的支付折现后的期望值是其今天的价格，我们就得到了最后的结果。

结论 25.2

单期利率上限—单期利率下限期权平价

$$c-p=B(0,\ T+\delta)[i(0,\ T)-k]\times\delta\times L_N \tag{25.19}$$

其中 c 和 p 是单期利率上限期权和单期利率下限期权现在的价格，它们各自有相同的敲定价格 k 和到期日 T，$B(0,\ T+\delta)$ 是 $(T+\delta)$ 时点支付 1 美元的零息债券现在的价格，$i(0,\ T)$ 是 $[T,\ T+\delta]$ 区间的远期利率单利，L_N 是名义本金。

我们下一个例子用单期利率上限—单期利率下限期权平价来定价一个单期利率下限期权。

【例 25.5】 用 HJM Libor 模型定价单期利率下限期权

- 考虑 CFP 数据。
  - —现在是 0 时点，单期利率下限期权的到期日 T 为 1 年，利率适用于 6 个月，即 $\delta=182/365=0.498\,6$ 年的区间，支付日为 $(T+\delta)$。
  - —名义本金 $L_N=\$1$ 亿，敲定利率为每年 $k=4\%$。
  - —δ 区间下的远期利率单利 $i(0,T)=i(0,1)=0.042\,1$。
  - —平均远期利率波动率 v_T 为 0.15，或者每年 15%。
  - —零息债券在 1.498 6 年后到期，且今天的价值为 $B(0,T+\delta)=B(0,1.498\,6)=\$0.95$。
- 例 25.3 给出了单期利率上限期权的价格为：

$$c=B(0,T+\delta)[i(0,T)N(d_1)-kN(d_2)]\times\delta\times L_N=\$172\,842.45$$

- 用单期利率上限—单期利率下限期权平价关系式(25.19)，单期利率下限期权的价格为

$$\begin{aligned}p&=c-B(0,T+\delta)[i(0,T)-k]\times\delta\times L_N\\&=172\,842.45-0.95\times(0.042\,1-0.04)\times0.498\,6\times100\text{ 百万}\\&=\$73\,116.42\end{aligned}$$

25.8.4 利率下限

利率下限是名义本金为 L_N、敲定利率为 k、到期日为 T 和“支付”区间为 δ 的金融证券。它的持有者得到支付

$$\max[k-i(t-\delta,t-\delta),0]\times\delta\times L_N \tag{25.20}$$

对应时间 δ，2δ，…，T，$(T+\delta)$。因此利率下限是单期利率下限期权的组合，其中每个单期利率下限期权和利率下限有相同的敲定利率 k，与支付日对应的是每个都有一个不同的到期日。我们能通过估计每个单期利率下限期权的值并将其加总来发现利率下限的价值。

25.9 运用 HJM Libor 模型

使用一个衍生工具定价模型实际上意味着“对冲”。毕竟，完美的对冲是衍生工具定价的基础，期权定价的核心在于期权的 delta 的确定。那让我们来看怎么在 HJM libor 模型中进行对冲。

后退一个时刻，在 HJM libor 模型中对冲利率风险是非常灵活的，因为每个交易的证券都能用来对冲其他证券。但是，因为 HJM libor 模型结构特殊，以下内容将着重讨论它对单期利率上限期权和单期利率下限期权的 delta 和 gamma 对冲。这有以下一些原因：

(1) 在 HJM libor 模型中单期利率上限期权和单期利率下限期权有封闭解。这使我们很容易去通过计算偏导数来得到 delta 和 gamma 对冲的准确公式。遗憾的是,对其他利率衍生工具封闭解并不适用。

(2) 我们讨论过在一个波动率不随机且与 HJM libor 模型定价不一致的模型中运用 vega 对冲的危险性。这被 HJM libor 模型受到历史数据拒绝的事实所混淆,完全类似于 BSM 模型(见第 20 章)。

(3) 我们在此讨论的 delta 和 gamma 对冲技术并不拓展到更复杂的利率衍生工具,如美式期权和期货合约,因为它们没有封闭解。它们必须在一个更复杂的 HJM 模型中用定量方法来对冲,在第 24 章讨论的两期二项式模型就是个例子。这是因为 HJM libor 模型中的远期利率连续复利不服从简单的概率分布,它被用来为利率衍生工具定价,而不仅仅是简单单期利率上限期权和单期利率下限期权的拓展。

25.9.1 希腊字母

希腊字母对冲是一种风险管理技术,它运用 HJM libor 模型和泰勒级数展开来对单期利率上限和单期利率下限头寸的利率风险。方法与第 20 章讨论的 BSM 模型相似。在介绍希腊字母对冲之前,让我们首先计算对冲中的 delta 和 gamma。

- 在结论 25.1 中的单期利率上限期权公式中对 $i(0,\ T) \equiv i$ 求偏导数,则单期利率上限期权的 delta 值可表示为

$$\text{delta}_c \equiv \frac{\partial c}{\partial i} = B(0,\ T+\delta) \times N(d_1) \times \delta \times L_N > 0 \tag{25.21a}$$

这是有意义的,因为它表明在其他条件相同的情况下,远期利率单利的增加会增加单期利率上限期权的价值。

- 我们把表达式(25.3a)给出的远期利率单利的定义重写成

$$B(0,\ T+\delta) = \frac{B(0,\ T)}{1+i \times \delta} \tag{25.21b}$$

对表达式中的 $i(0,\ T)$ 求偏导数则给出

$$\frac{\partial B(0,\ T+\delta)}{\partial i} = -\frac{B(0,\ T)\delta}{(1+i \times \delta)^2} < 0 \tag{25.21c}$$

这个表达式也有意义,因为它表明利率的增加会降低零息债券的价值。

- 对表达式(25.21a)求二阶偏导数,运用式(25.21c),并简化得到单期利率上限期权的 gamma:

$$\text{gamma}_c \equiv \frac{\partial^2 c}{\partial i^2} = \frac{B(0,\ T+\delta)}{i \times v_T \sqrt{T}} N'(d_1)\delta L_N - \frac{B(0,\ T)}{(1+i \times \delta)^2} N(d_1)\delta^2 L_N \tag{25.21d}$$

其中 $N'(\cdot)$ 是标准正态密度函数。

25.9.2 delta 对冲

对冲组合的思想非常简单。考虑一个由一种单期利率上限期权组成的组合。我们通过其他对利率敏感的证券来形成冲抵头寸，而不是卖出单期利率上限期权，来消除我们单期利率上限期权多头的所有利率风险。为了达到这个目的，我们可以用一些零息债券。因此我们想买或者卖一些零息债券来 delta 对冲单期利率上限期权，所以最后的组合变成 delta 中性，尽管远期利率单利有小幅波动，但它的值保持不变。

如果我们交易足够迅速以至于交易的时间间隔 Δt 接近于一个无穷小的时间间隔 dt，然后这个定理告诉我们 delta 对冲消除了所有单期利率上限期权头寸的利率风险。结果是在我们的假设下，一个完美的对冲组合可以获得无风险利率(关于此方法更详细的讨论见第 20 章的附录)。不幸的是，理论里说的连续交易是不可能的。因此，我们有必要考虑在有限但很小的时间间隔 $[0,\ \Delta t]$ 下的 delta 对冲。

为了 delta 对冲一个单期利率上限期权多头，考虑一个合成的组合 V，它由一个价值为 c 的单期利率上限期权多头和 n 份价值为 $B(0,\ T+\delta)\equiv B$ 的零息债券组成。我们在 0 时点完成这个对冲，但是你能在任何时点 t 进行。组合的初始价值为

$$V(0)=c(0)+nB(0,\ T+\delta) \tag{25.22a}$$

用符号表示，我们能把组合价值随着时间间隔 $[0,\ \Delta t]$ 演变的过程写成

$$\Delta V=\Delta c+n\Delta B \tag{25.22b}$$

其中 $\Delta V\equiv V(\Delta t)-V(0)$ 且 $\Delta B\equiv B(\Delta t)-B(0)$。

对远期利率单利的变动 Δi 写出泰勒序列扩展的一阶式，如果我们能找到 n，我们能看到组合是 delta 中性的，使得

$$\Delta V=\frac{\partial c}{\partial i}\Delta i+n\frac{\partial B}{\partial i}\Delta i=0 \tag{25.22c}$$

注意模型中关于其他参数的偏导数都缺失，因为它们是固定不变的。

先前的表达式给出了

$$n=-\frac{\dfrac{\partial c}{\partial i}}{\dfrac{\partial B(0,\ T+\delta)}{\partial i}} \tag{25.22d}$$

把表达式(25.22a)代入分子，式(25.22c)代入分母可得到

$$n=-\frac{B(0,\ T+\delta)N(d_1)\delta L_N}{-\left[\dfrac{B(0,\ T)\delta}{(1+i\times\delta)^2}\right]}=N(d_1)(1+i\times\delta)L_N \tag{25.22e}$$

其中我们用表达式(25.22b)进一步简化。

这给出了 HJM libor 模型的核心！对冲比率 n 代表了建立一个无风险组合中每 1 个

单期利率上限期权对应的零息债券的持有数量(等于货币市场账户的一个头寸)。看到一个单期利率上限期权多头要通过一个零息债券多头来对冲,你会觉得疑惑吗?不。原因当然是债券价格和远期利率单利向不同方向移动,因此债券和单期利率上限期权价格也向不同方向移动。它是有意义的。

结论 25.3

libor 模型中的 delta 对冲

为了消除单期利率上限期权多头的利率风险,买入

$$N(d_1)(1+i[0,\ T]\times\delta)L_N \text{ 份价值为 } B(0,\ T+\delta) \text{ 的零息债券} \qquad (25.23)$$

其中 $d_1=(\log[i(0,\ T)/k]+v_T^2T/2)/v_T\sqrt{T}$,$N(\cdot)$ 是累积标准正态分布函数,现在是 0 时点,$i(0,\ T)$ 是远期利率单利,T 是到期日,δ 对应的是利率适用的时间段,L_N 是名义本金,$B(0,\ T+\delta)$ 是零息债券现在的价格,k 是敲定利率,v_T 是平均远期利率波动率。

接下来的例子阐述了对单期利率上限期权进行 delta 对冲的有效性。

【例 25.6】 delta 对冲单期利率上限期权

- 考虑 CFP 数据。
- 现在是 0 时点,$T=1$ 年,$i(0,\ T)=i(0,\ 1)=0.042\,1$,$\delta=0.498\,6$ 年,$B(0,\ T+\delta)=B(0,\ 1.498\,6)=\$0.95$,$k=0.04$,且 $v_T=0.15$。基于名义本金 $L_N=\$1$ 亿,单期利率上限期权现在的价值为 $\$172\,842.45$(见例 25.3)。
- 就像刚刚讨论的,一个 delta 中性组合通过用 $n=N(d_1)[1+i(0,\ T)\delta]$ 份零息债券对冲一个单期利率上限期权多头来获得。这创造了一个初始价值为 $V=c+nB(0,\ T+\delta)$ 的 delta 中性组合。
- 我们计算 $\Delta V=\Delta c+n\Delta B(0,\ T+\delta)$ 的值来看不同远期利率单利变化的 delta 对冲有什么不同。结果在表 25.3 中记录。为了简化,我们假设远期利率单利能魔幻般地变化,而时间不变。
- 第一列记录了从中间行 0.042 1 开始的不同远期利率单利 $i(0,\ 1)$,利率从这个起始值变化 100、10、1 个基点。
  - —第二列记录了从表达式(25.21b)中得到的不同利率对应的债券 $B(0,\ T+\delta)$ 价格。
  - —第三列记录了不同利率对应的单期利率上限期权价值。
  - —为了弄清楚对冲是如何运作的,我们首先计算对冲一个单期利率上限期权需要多少份零息债券。这由表达式(25.22e)给出。用原始数据代入 $N(d_1)$ 得到

$$\begin{aligned} n&=N(d_1)[1+i(0,\ T)\times\delta]L_N\\ &=0.661\,6\times(1+0.042\,1\times0.498\,6)\times100 \text{ 百万}\\ &=67\,553\,564.09 \end{aligned} \qquad (25.24a)$$

—最后一列记录了不同远期利率单利下对冲组合的价值变化：

$$\begin{aligned}\Delta V &= \Delta c + n\Delta B(0,\ T+\delta) = [c(\Delta t) - c(0)] + n[B(\Delta t) - B(0)] \\ &= (\text{新看涨期权价格} - 172\,852.22) + 67\,553\,564.09 \\ &\quad \times (\text{新债券价格} - 0.950\,054) \end{aligned} \tag{25.24b}$$

—例如，在第四行，因为 $i(0,1)=0.042\,0$，我们得到 $\Delta V=(169\,739-172\,852.22)+(67\,553\,564.09\times(0.950\,100-0.950\,054)=\$\,22.20$。

表 25.3　单期利率上限期权的 Delta 对冲误差

$i(0,\ 1)$	$B(0,\ T+\delta)$	c	ΔV
0.032 1	0.954 716	8 088.79	150 212.61
0.041 1	0.950 518	142 989.05	1 495.93
0.042 0	0.950 100	169 739.89	22.20
0.042 1	**0.950 054**	**172 852.22**	**0**
0.042 2	0.950 007	175 991.68	5.23
0.043 1	0.949 590	205 424.69	1 244.00
0.052 1	0.945 436	575 720.16	90 953.48

- 上表表示远期利率的较小变化会使 Delta 中性组合的价值变化较小（例如当 $i[0,\ 1]=0.042\,0$，$\Delta V=22.20$），但是远期利率有较大变化时，对冲误差显著增加（例如，当 $i[0,\ 1]=0.052\,1$，$\Delta V=90\,953.48$）。与基本的理论一致，这显示了远期利率单利有较小变化时，对冲效果较好。

25.9.3　gamma 对冲

当 Δt 很小时，delta 对冲有很好效果，因为远期利率单利的变化会很小。但是如果区间 Δt 很大，则远期利率单利的变动很大，我们就需要 gamma 对冲。gamma 对冲除了对冲利率的变化，还对冲 delta 的变化（类似第 20 章的方法）。

gamma 对冲是一个有效的过程，因为利率变动的风险已经被定价纳入估值方法。但是我们注意到，gamma 对冲对于利率衍生工具而言并没有像对于股票那么重要，因为远期利率 $i[t,\ T]$ 随着每日和每周的交易区间所发生的变化比股票价格变化更小。

正如第 20 章所讨论的内容，在 delta 对冲上增加 gamma 对冲需要一个额外的对冲证券。在此两种选择看起来比较合适：另一个零息债券或者单期利率上限期权。如果我们用另一个零息债券，我们需要知道 $i[0,\ T]$ 的变化对另一个零息债券带来的影响。这是一个复杂的问题，我们不能轻易用 HJM libor 模型操作。或者，我们能用另一个有相同远期利率但具有不同到期日的单期利率上限期权。我们能用第二种方法，是因为单期利率上限期权的 delta 作为一个分析表达式是可得到的。与 delta 对冲一样，我们在 0 时点设置一个 delta—gamma 对冲，但是我们能在任何 t 时点完成。

令 c_2 为另一个有相同到期远期利率但是不同敲定利率的单期利率上限期权。我们创建一个由初始单期利率上限期权 c_1、n_1 份价值为 $B(0,\ T+\delta)\equiv B$ 的零息债券和 n_2 份额

外的有不同敲定利率的单期利率上限期权组成的组合。然后，在时间区间 $[t, t+\Delta t]$ 内最终组合的价值变化为

$$\Delta V = \Delta c_1 + n_1 \Delta B + n_2 \Delta c_2 \tag{25.25a}$$

然后，为了得到 delta 和 gamma 中性，我们需要选择 n_1 和 n_2 使得

$$\Delta V = \left(\frac{\partial c_1}{\partial i}\Delta i + n_1 \frac{\partial B}{\partial i}\Delta i + n_2 \frac{\partial c_2}{\partial i}\Delta i\right) + \frac{1}{2}\left(\frac{\partial^2 c_1}{\partial i^2}\Delta i^2 + n_1 \frac{\partial^2 B}{\partial i^2}\Delta i^2 + n_2 \frac{\partial^2 c_2}{\partial i^2}\Delta i^2\right) = 0 \tag{25.25b}$$

令第一个括号(有系数 Δi)和第二个括号(有系数 Δi^2)的项为 0，我们得到两个未知数的方程。它们的解是

$$n_2 = \left(\frac{\partial^2 c_1}{\partial i^2}\frac{\partial B}{\partial i} - \frac{\partial c_1}{\partial i}\frac{\partial^2 B}{\partial i^2}\right) \div \left(\frac{\partial c_2}{\partial i}\frac{\partial^2 B}{\partial i^2} - \frac{\partial^2 c_2}{\partial i^2}\frac{\partial B}{\partial i}\right) \tag{25.25c}$$

$$n_1 = -\left(\frac{\partial c_1}{\partial i} + n_2 \frac{\partial c_2}{\partial i}\right) \div \frac{\partial B}{\partial i} \tag{25.25d}$$

它们给出了建立一个 delta-gamma 中性组合的规定持有量。因为这里的计算与第 20 章的类似，我们就不提供一个具体数字的例子来解释这个过程了。

25.10 美式期权、期货、互换期权和其他衍生工具

怎么去定价和对冲美式期权、期货和其他利率衍生工具？遗憾的是，HJM libor 模型的公式用处不大。要理解为什么，我们不得不探索一些技术因素。注意 HJM libor 模型的详述(假设 A6)，我们不需要详细说明影响零息债券价格的期限结构变动的因素数量。这是因为单期利率上限期权定价只需要相关远期利率单利和 $(T+\delta)$ 到期的债券的信息。但是，对于更复杂的利率衍生工具，则需要因素结构和零息债券整个期限结构的变动的详细信息。这与我们在第 24 章做的类似，但是扩展到连续时间情况了。

对于定价美式期权，则需要应用数量分析过程，就像 BSM 模型一样。就这一点而言，可以运用第 23、24 章阐述的离散时间的 HJM 模型。随着时间趋近于 0，用以获得 HJM libor 模型的离散时间下 HJM 模型的输入参数在第 24 章附录中给出。

同样，期货、互换期权和其他利率衍生工具的定价需要运用数量分析方法。[①]这是因为在 HJM libor 模型下，隐含的远期利率连续复利不服从对数正态分布。因此，远期利率连续复利的利率期限结构的变动是非常复杂的。就这一点而言，第 23、24 章展示的离散时间 HJM 模型能提供一个数量分析方法。关于类似的连续时间的 HJM 模型的阐述就留给更高级的课程吧！(例如，见 Jarrow(2002b)对此类模型进行了介绍)。

① 如果远期利率单利被假定为对数正态分布，则作为平均远期利率的互换利率不服从对数正态分布，以致简单的布莱克式模型并不适用。

本章小结

1. 单期利率上限期权和单期利率下限期权分别是欧式利率看涨和看跌期权(由远期利率单利度量)。它们是捆绑交易的:利率上限期权是除了到期日外,期限和条件都相同的单期利率上限期权的集合,利率下限期权则是单期利率下限期权的类似集合。

2. 费希尔·布莱克(1976)发展了一个模型,后来被修正用于定价单期利率上限期权。布莱克的原始模型与无套利假设不一致。

3. 桑德曼等(1995)、米尔特森等(1997),和布雷斯等(1997)独立发展了 HJM libor 模型,它假设 HJM libor 模型中的远期利率单利服从对数正态分布。远期利率单利在 0 时点被定义,适用于时间区间 $[T, T+\delta]$,即

$$i(0, T)=\left(\frac{B(0, T)}{B(0, T+\delta)}-1\right)\times\frac{1}{\delta}$$

4. HJM libor 模型的单期利率上限期权定价公式为

$$c=B(0, T+\delta)[i(0, T)N(d_1)-kN(d_2)]\times\delta\times L_N$$

其中 $B(0, T+\delta)$ 是 $(T+\delta)$ 到期的零息债券的现值,T 是单期利率上限期权的到期日,δ 是利率计算的时间期,$i(0, T)$ 是有效区间 $[T, T+\delta]$ 的远期利率单利,$N(\cdot)$ 是累积标准正态分布函数方程(均值为 0,标准差为 1),$d_1=(\log[i(0, T)/k]+v_T^2T/2)/v_T\sqrt{T}$ 且 $d_2=d_1-v_T\sqrt{T}$,k 是敲定利率,v_T 是单期利率上限期权期内平均远期利率波动率,L_N 是名义本金。

5. 最容易获得的因素是敲定利率 k、到期日 T 和利率获得的时间区间 δ,因为它们在合同上写出了。远期利率同远期利率协议利率相同,它们在 OTC 市场报价。FRA 利率或(直到 1 年到期的)欧洲美元利率和(多于 1 年到期的)互换利率能被用来定价零息债券价格。

6. 平均远期利率波动率通过以下等式计算

$$v_T=\sqrt{\frac{\int_0^T\sigma_s^2\mathrm{d}s}{T}}$$

此处 σ_s 是到期日为 s 的远期利率单利 $i(0, s)$ 的年波动率。

7. 就像 BSM 模型一样,我们能用利率上限期权(单期利率上限期权组合)的市场价格去找到最适合市场价格的平均远期利率波动率 v_T。这就是隐含波动率。

8. 单期利率上限—单期利率下限期权平价由下式给出

$$c-p=B(0, T+\delta)[i(0, T)-k]\times\delta\times L_N$$

其中 c 和 p 是单期利率上限期权和单期利率下限期权现在(0 时点)的价格,它们各自有相同的敲定利率 k 和到期日 T;$B(0, T+\delta)$ 是 $(T+\delta)$ 时点支付 1 美元的零息债券现在的价格;$i(0, T)$ 是 $[T, T+\delta]$ 区间的远期利率单利;L_N 是名义本金。

9. HJM libor 模型能用来 delta 和 gamma 对冲利率风险。delta 对冲通过买入 $N(d_1)[1+i[0, T]\times\delta]L_N$ 份价值 $B(0, T+\delta)$ 的零息债券获得。gamma 对冲运用类似的方法。但是，这些技术不能扩展到像美式期权和期货合约这样的更复杂的利率衍生工具，因为它们没有封闭解。

案例分析

房地美风险(斯坦福商学院案例 F270，欧洲案例交流中心所案例)。这个案例考虑了房地美的抵押贷款组合的利率风险管理。

学生教育贷款基金公司(省略的)(哈佛商学院案例 201083-PDF-ENG)。这个案例研究了一个提供学生贷款的组织怎样利用利率衍生工具，将贷款期限从半年期支付的浮动利率贷款变为每月支付固定利率贷款。

人头马君度：债务管理和收益曲线(案例 111-039-1，欧洲案例交流中心案例)。这个案例考察了龙头红酒和烈酒制造商的利率风险管理，该公司有大量存货和不同到期日的大额金融债务。

习题和思考题

1. 在 HJM libor 模型中，有哪两个假设不同于布莱克—斯科尔斯—默顿模型？

2. a. 在 HJM libor 模型中，是单利还是连续复利服从对数正态分布？

b. 为什么这一区别很重要(提示：联系布莱克公式)？

c. 在 HJM libor 模型中，远期利率单利的波动率是恒定不变的，还是根据时间变化？

3. 简述利率期权定价模型从 BSM 模型发展到 HJM libor 模型的历史。

4. 在一个到期日为 T、敲定利率为 k 的单期利率上限期权定价中，在什么日期收到支付额，以及在 T 时点所支付的金额是多少？

5. 使用单期利率上限期权估值公式和表达式(25.5)回答以下问题。假设两个投资者对单期利率上限期权的持续期中，远期利率单利的预期变动百分比变动意见不一。那么，请问这两个投资者仍然会接受这一单期利率上限期权的价格吗？

6. 假设时点 0 的远期利率单利 $i(0, 2)$ 是 0.045/年，名义本金 L_N 为 \$4 000 万，敲定利率 k 为 0.04/年，利率估算的持续期 δ 为 3 个月，单期利率上限期权的到期日 $T=2$ 年，平均远期利率波动率为 0.15/年，2.25 年以后到期的零息债券当前的价值 $B(0, T+\delta)=$ \$0.89。请问，这一单期利率上限期权的价值是多少？

7. 在 HJM libor 单期利率上限期权模型的价值中，由于在单期利率上限期权的持续期中远期利率波动率的变化，哪一个波动率应该计入方程？这与计入针对权益期权的 BSM 模型的波动率有怎样的区别？

8. 在估计单期利率上限期权的持续期中的远期利率平均波动率时有两种方式。哪两种？它们的优缺点各是什么？

9. 根据以下数据，计算到期日固定的远期利率的历史波动率。

每周远期价格数据

	固定到期日的远期利率单利 $i(n, s)$					
周数 n	$s=0$	$s=0.25$	$s=0.5$	$s=0.75$	$s=1.00$	$s=1.25$
1	0.102 0	0.106 0	0.112 0	0.116 0	0.123 0	0.116 0
2	0.105 0	0.107 0	0.114 0	0.116 0	0.126 0	0.119 0
3	0.108 0	0.109 0	0.115 0	0.118 0	0.127 0	0.123 0
4	0.109 0	0.111 0	0.115 0	0.121 0	0.128 0	0.125 0
5	0.110 0	0.113 0	0.118 0	0.121 0	0.129 0	0.128 0
6	0.110 0	0.115 0	0.119 0	0.125 0	0.130 0	0.131 0
7	0.111 0	0.115 0	0.120 0	0.124 0	0.134 0	0.131 0
8	0.112 0	0.116 0	0.121 0	0.127 0	0.134 0	0.135 0
9	0.112 0	0.117 0	0.121 0	0.128 0	0.135 0	0.136 0
10	0.111 0	0.118 0	0.121 0	0.127 0	0.136 0	0.131 0
11	0.109 0	0.117 0	0.120 0	0.126 0	0.135 0	0.128 0
12	0.107 0	0.113 0	0.118 0	0.123 0	0.129 0	0.121 0

T 为 1.25 年；δ 为 0.5 年。

10. 给定单期利率上限期权的市场价格为 \$209 801.727，并根据括号中关于单期利率上限期权的信息计算单期利率上限期权的整个持续期中隐含的平均远期利率波动率（本金为 \$1 亿，敲定利率 $k=4\%$，到期时间 1 年，6 个月的 bbalibor 为 $i(0, 1)=0.421$，$\delta=0.498\,6$，$B(0, T+\delta)=\$0.95$）。

11. 远期利率是未来即期利率的无偏估计值吗？回答并解释。

12. 为什么实际概率和伪概率不同？实际概率影响单期利率上限期权的价值吗？回答并解释说明。

13. 单期利率上限期权的价值是否等于其在到期日使用实际概率计算的支付额的预期贴现值？如果不是，请给出正确的结论并解释。

14. 给定一个和问题 6 的单期利率上限期权拥有完全相同条款的单期利率下限期权，请使用单期利率上限—下限期权平价来计算单期利率下限期权的价值。

15. 如果你想用一个到期日为 $(T+\delta)$ 的零息债券来对冲单期利率上限期权，你应该应用的对冲比率是多少？

16. 根据问题 6 中计算单期利率上限期权的方法，计算这一单期利率上限期权的 delta 值。

17. 为什么要用 gamma 对冲 HJM libor 模型？为什么不用 vega 对冲 HJM libor 模型？

18. 单期利率上限—单期利率下限期权平价是什么？解释你的回答。

19. 如果一个人想通用 HJM libor 模型为美式期权定价，那么有封闭解？如果没有，应该怎样对这一类期权定价？

20. 在 HJM libor 模型中怎样对利率期货定价？

▶26

金融风险管理模型

26.1 引言

即使是在世界投资银行圈的上层世界里，像高盛集团这样一家曾雇用过包括意大利总理、几位美国财政部长、世界银行主席，以及中央银行行长等声名显赫的雇员的企业一直拥有良好的口碑。根据诺塞拉(Nocera)的报道，高盛于 2006 年 12 月发现，包括风险价值(VaR)在内的各种风险管理手段都表明住房抵押贷款证券市场的某些地方出现了问题。[①]因此公司召开了包括风险管理人员和高级管理人员的会议，他们详细审查了每一个交易头寸，辩论了金融模型得出的结论，讨论了市场，并决定“离家更近些(get closer to home)”(在商人的行话中，这意味着减少他们住房抵押贷款支持证券的风险暴露)。这使得高盛在住房市场崩溃的 2007 年夏季避免了数十亿美元的损失，从而避免了像贝尔斯登和雷曼兄弟这些华尔街公司一样的破产命运。

这个故事也凸显了伯恩斯坦(Bernstein，1998)所描述的，“那些认为最佳决策是基于定量的，由过去模式决定(重点强调)的人和那些基于更多未来不确定性的主观信念(重点强调)来决策的人之间长久以来的较量”。[②]要是模型在人们最需要的时候出了错，那要它们还有什么用？那些实践者和预言家们经常这样批评道，甚至一些经历过 2007 年金融危机的教授也这样说。

可我们不同意！我们对危机的解读与此大相径庭。在高盛的例子中，“主观决策”和“模型”都派上了用场。它们发现了潜在的危机，完成了自己的使命。更好地了解模型有哪些优势和不足才能化险为夷。或者说，不是模型不好，而是对模型的错误使用在一定程度上导致了金融危机。

本章是我们对衍生工具定价模型研究的一个总结。前 25 章告诉我们如何对受市场风险影响的衍生工具进行定价和对冲，这些风险包括由权益价格、商品价格、外汇和利率产生的风险。本章结合这一知识并添加剩余的风险——信用风险、流动性风险和操作风

① 《风险管理》，《纽约时报》，2009 年 1 月 4 日。

② 《与天为敌——风险探索传奇》(1998，p.6)，皮特·伯尔斯坦(Peter L. Bernstein)著。

险——建立一个统一的风险管理框架，它在结构与表述上都具有独特性。

本章要点如下：首先，我们以公司的资产负债表为分析重点（见图 26.1），来构造金融风险管理的框架。公司的风险特点在于其权益损失的分布。大家熟知的风险管理工具，如 VaR 和情景分析都能借此很好地被理解。其次，我们研究四种风险：市场风险、信用风险（由此引申实物期权的概念）、流动性风险和操作性风险，并探讨如何使用一致的方式来建立这些模型。我们通过对 2007—2009 年信用危机的分析来对我们这一章进行总结，并讨论一下模型和衍生证券交易的未来发展趋势。

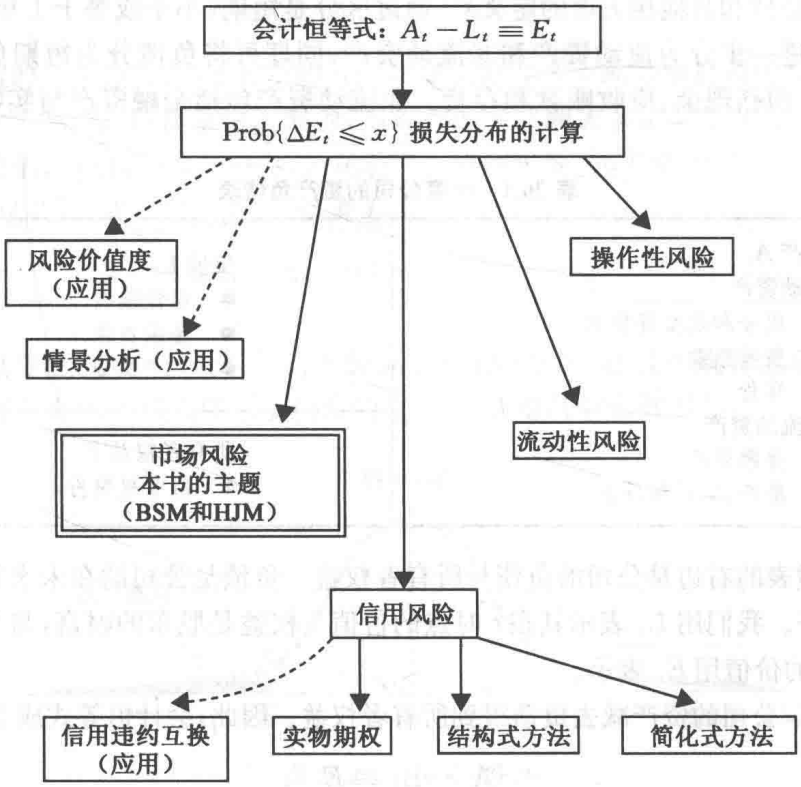


图 26.1 公司金融风险管理框架

本章的前四部分关于风险管理的内容将站在较前 25 章更高的层面上。这样做是因为风险管理和布莱克—斯科尔斯—默顿模型与赫斯—加罗—默顿模型的假设是衍生证券定价和对冲之后的步骤，我们想要告诉读者接下来会发生什么。正因如此，这四部分会对于相关话题和涉及的数学方法作一个快速回顾，而不是进行深入分析。而在最后两个部分关于信用危机和衍生证券与模型未来趋势的内容中，只是在一个简单介绍的层面上，并不需要什么新的分析技术。

26.2 金融风险管理框架

从社会的角度来看，衍生证券模型最重要的应用是在公司权益资本（企业、金融机构）的风险管理或者是个人财富管理方面。通过权益风险的管理，经济体中关键角色所持有

的资产和负债才能与他们的需求和偏好相匹配。这些公司和个人通过使用专业的知识，来对冲他们想要规避的风险和进行风险投机。这种风险管理使经济体中的风险分配达到了最优，增加了社会财富并促进了经济增长。前 25 章所展示的模型可以用作风险管理的基础。

金融风险管理是对公司(企业或财务)权益资本风险的管理。为了更好地理解公司权益风险管理所涉及的问题，我们需要来看一下表 26.1 中典型的公司资产负债表。资产负债表通过汇总某一特定日期的总资产、负债和所有者权益，来给出公司财务的概况。资产负债表的左边是公司的资产，为公司提供经济利益。我们把时点 t 的资产价值写成 A_t(见第 1 章资产、负债和其他相关项的定义)。通过区分是短期(小于或等于 1 年)还是长期资产，资产可以进一步分为流动资产和非流动资产，同理可将负债分为短期负债和长期负债。流动资产包括现金、应收账款和存货。非流动资产包括金融资产与实物资产——房产和设备。

表 26.1　一家公司的资产负债表

资产 A_t 流动资产 ● 现金和现金等价物 ● 应收账款 ● 存货 非流动资产 ● 金融资产 ● 房产、工厂和设备	负债 L_t ● 应付账款 ● 金融负债 ● 养老基金义务 所有者权益 E_t ● 所有权股份

资产负债表的右边是公司的负债与所有者权益。负债是公司的在未来某一时间点需要支付的债务。我们用 L_t 表示其在 t 时点的价值。权益是股东的财富，与个人的财富类似，其 t 时点的价值用 E_t 表示。

根据定义，公司的资产减去负债得到所有者权益。因此，会计恒等式成立：

$$A_t - L_t \equiv E_t \tag{26.1}$$

风险管理可以通过分别对会计恒等式上的不同组成部分进行分析来更好地理解。公司的管理层掌管公司资产的购买和售卖(称为资本预算决策)、公司负债(组成、期限结构和规模)的积累，以及所有者权益的规模(红利、新股发行)。这些决策是公司金融的核心(见 Ross et al., 2004)。

出于风险管理的目的，权益持有者更关心的是权益价值在一段时间区间 $[t, t+\Delta t]$ 的变化。在很多决策中，Δt 可能是一天、一周或者是一年。用符号表示，权益价值的变化可定义为：

$$\Delta E_t \equiv E_{t+\Delta t} - E_t, \text{ 在 } [t+\Delta t] \text{ 区间中} \tag{26.2}$$

因为这个是内在风险管理，在破产和(或)清算诉讼前，可能出现很大的损失以至于公司的所有者权益严格为负的，即 $E_{t+\Delta t} < 0$，该损失超过了所有的公司权益，甚至更多。

当然，从表达式(26.1)和式(26.2)中可以看到，所有者权益价值的改变是由资产与负债价值的改变决定的：

$$\Delta E_t \equiv \Delta A_t - \Delta L_t \tag{26.3}$$

其中，$\Delta A_t \equiv A_{t+\Delta t} - A_t$，$\Delta L_t \equiv L_{t+\Delta t} - L_t$。

首先用来分析公司权益变化的工具是概率分布，即

$$\text{Prob}\{\Delta E_t \leqslant x\} = \text{Prob}\{\Delta A_t - \Delta L_t \leqslant x\} \tag{26.4a}$$

对所有 x 成立。

我们可以根据这个分布来决定应该使用何种股东和监管者会感兴趣的风险管理方法。例如，公司在时间区间 $[t, t+\Delta t]$ 会破产的概率是：

$$\text{Prob}\{\Delta A_t - \Delta L_t \leqslant -E_t\} \tag{26.4b}$$

如果权益价值的变化为负（不等式左边），而且变化幅度大于或等于目前的权益价值，那么公司将会破产。在资产负债表中表现为，当资产的变化减去负债的变化是负的，且大于 t 时点的股本作垫（equity cushion）时，公司破产。举例来说，如果资产增加了 10 亿美元，负债增加了 50 亿美元，股东权益为 35 亿美元，则

$$\Delta E_t \equiv \Delta A_t - \Delta L_t = 1 - 5 = -4 < -3.5 = -E_t$$

公司破产。

需要注意的是，在这种情况下，由于股东是有限责任的，在破产或者流动性清算后，权益资本的价值变为 0，债权人将承受剩余的损失，而权益持有者则不会。

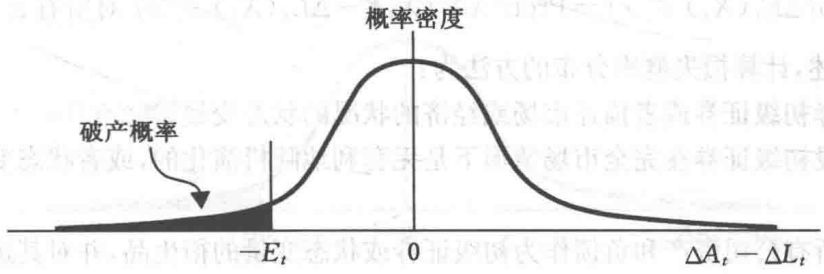


图 26.2 损失分布图像

监管者关心金融机构和一些被认为“大而不倒”的大型公司是否能够保障偿还能力，即有足够的权益资产来履行偿债的义务。这些资本决策中，我们关注分布左侧的尾部，这里的权益价值的变化为负（见图 26.2）。如果公司受到损失，则权益价值变动为负。当资产价值的变化小于负债价值的变化时便会发生这种情况。从监管的角度来看，公司的权益变化的分布被称为**损失分布**。我们首先需要理解如何计算损失分布，才能进行风险管理的决策。下一个部分我们将探讨这个问题。

26.3 计算损失分布

计算公司权益价值变化的损失分布并不容易。为了完成任务，可以考虑将公司的资产与负债的价值当作状态变量向量 X_t（描述了 t 时点的经济状态）的函数，即 $A_t(X_t)$ 和 $L_t(X_t)$。状态变量可以用如通货膨胀率、国内生产总值和失业率等宏观变量来衡量或将

其视为基础证券自身的价格：如零息债券价格、股票价格、商品价格或者外汇汇率。在计算这些资产和负债的价值时，我们当然首先要把这些价值分解成它们各个的组成部分，然后分别测算每个部分的价值。

我们必须知道，函数 $A_t(X_t)$ 和 $L_t(X_t)$ 的式子是在前面几章学习的衍生证券定价理论基础上得到的，例如股票期权的 BSM 公式和利率上限期权的 HJM 公式，其中，X_t 分别是股票价格和零息债券价格的期限结构。当计算这些公式时，需要考虑这四种风险：市场风险、信用风险、流动性风险和操作风险。这四种风险在第 1 章中讨论过。让我们回顾一下。

市场风险是股票价格、利率、外汇和商品价格随机波动产生的风险。信用风险是指交易对方未能履行契约中的义务导致违约，从而造成经济损失的风险。流动性风险是指短期内交易大量金融证券的风险，它会对交易商交易的价格造成不利影响。最后，操作风险是指公司运行可能会因为失误、管理不善、欺诈、意外事故或者法律诉讼而造成损失的风险。

这本书的前 25 章主要讨论了市场风险。在这些章节中，我们假设不存在信用、流动性和操作风险。我们会在接下来的章节中考虑这三种风险，并将模型进行拓展。但是，现在先假设我们知道如何在估值方程中考虑这四种风险。

接下来，给出 ΔX_t 假定的概率分布，其中包含了这四种风险，我们就可以用由衍生品定价理论推导出的公式得到公司资产、负债和所有者权益的概率分布：

$$\text{Prob}\{\Delta E_t(X_t) \leqslant x\} = \text{Prob}\{\Delta A_t(X_t) - \Delta L_t(X_t) \leqslant x\} \text{ 对所有 } x \text{ 成立}$$

综上所述，计算损失概率分布的方法为：

(1) 选择初级证券或者描述市场或经济的状况的状态变量。

(2) 假设初级证券在完全市场情形下是无套利地随机演化的，或者状态变量是随机演化的。

(3) 将所有公司资产和负债作为初级证券或状态变量的衍生品，并对其进行估值。由此得到了它们的估值公式：$A_t(X_t)$ 和 $L_t(X_t)$。

(4) 计算由公式和对演化的假定得到的资产和负债的变化分布。我们可以通过蒙特卡洛模拟方法或者解析方程估计来进行计算。如果有必要，为了简化计算，可以通过使用衍生证券的 delta 和 gamma 得到线性和二次近似方程来计算估值。

需要注意的是，一家公司资产与负债价值集合的变化之间存在的关系是由于其估值方程都是依赖于初级证券或状态变量向量 X_t 而导致的。这个状态变量依赖于在经济周期中反映的经济健康状况变化所产生的权益价值的变化。反过来又可以从经济周期对公司资产和负债结构的影响得到违约相关性。在实际操作中，计算过程十分复杂，通常使用蒙特卡洛模拟技术生成而不是由解析方程得到。关于这些方法的细节留给大家在日后更深层次的阅读以及更高级的书籍中慢慢了解。

26.4 风险价值和情景分析

由我们之前讨论的损失分布的计算方法可以引出两种常用的风险管理统计方法——

VaR 和情景分析法——这两种方法都被企业、决策者和监管者广泛使用。

26.4.1 风险价值

风险价值(Value-at-Risk, VaR)在 1989 年由丹尼斯·韦瑟斯通(Dennis Weatherstone)提出,随后丹尼斯先生,这位 J.P.摩根主席希望看到一篇仅用一页纸就能够测量他所掌管的这家国际银行所面临的全部风险的报告,而他要这篇报告在纽约股票交易所收盘前 15 分钟就放在自己桌上。这份 4:15 送达的报告中用 VaR 的方法总结了 J.P.摩根资产负债表中的风险。

VaR 是对公司的权益价值在某一固定时间段 $[t, t+\Delta t]$ 内变化的损失分布的概括性度量,其中 Δt 可以是一天、一周或一年。通过表现公司权益和资产与负债之间关系的会计恒等式, VaR(VaR_α)在当损失概率为 α 时,满足以下条件:

$$\text{Prob}\{\Delta E_t \leqslant -\text{VaR}_\alpha\} = \text{Prob}\{\Delta A_t - \Delta L_t \leqslant -\text{VaR}_\alpha\} = \alpha$$

通俗地说,VaR_α 是指公司以 α 的概率可能遭受超过该值的损失(见图 26.3)。在实际操作中,α 被设定为 1%或者 5%。表达式中 VaR_α 前方带有负号,因而计算得到的 VaR_α 是正数。我们来看一些 VaR 的计算案例来更好地理解它的应用和重要性。

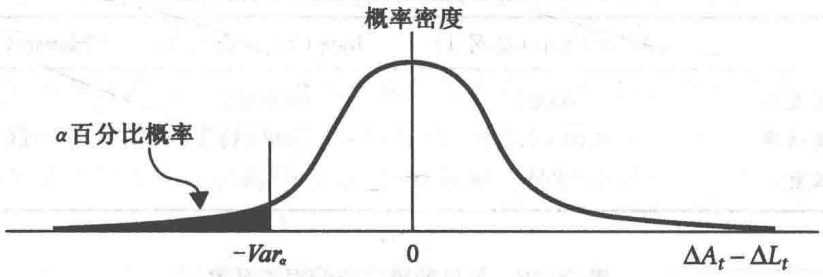


图 26.3 风险价值

我们首先假定 $\alpha = 0.01$ 是公司和监管机构认为合适的破产概率以便接下来更好地理解如何在风险管理决策中使用 VaR_α。在给定 VaR_α 之后,公司的管理者能够通过比较 VaR_α 与公司的现存权益资本规模 E_t,判断在该破产风险下,公司的资产配置是否合理。

【例 26.1】 计算风险价值

- 为了计算 VaR,把公司当作"证券"的投资组合,其中证券是公司的资产与负债。资产有正的权重值,负债有负的权重值,组合权重相加为 1。
- 假设有一家公司,它的资产与负债的组合由三家公司(虚构的名字)Aztec、Inca、Mayan 组成,各公司权重在表 26.2A 中给出。此外,让这三家公司的每日收益呈正态分布,均值、波动率和相关由表 26.2A 和 26.2B 给出。这表明初级证券的随机演变为公司的资产与负债证券组合的基础。
- 为了计算一个基于正态分布的每日的 VaR,我们首先需要计算公司资产与负债组合期望的每日收益与波动率。该组合的每日期望收益为:

$$E(r_p)=\sum_{i=1}^{3}w_iE(r_i)=(3/4)\times(0.001)+(3/4)\times(0.000\,5)-(1/2)\times(0.001)$$
$$=0.000\,625$$

该证券组合的每日收益的方差为：

$$\sigma_p^2=\sum_{i,\,j=1}^{3}w_{i,\,j}^2\,\text{covariance}(r_i,\,r_j)$$
$$=(3/4)^2(0.013\,416\,4)^2+(3/4)^2(0.008\,944\,3)^2+(-1/2)^2(0.017\,888\,5)^2$$
$$+2(3/4)(3/4)(0.013\,416\,4)(0.008\,944\,3)(0.5)$$
$$+2(3/4)(-1/2)(0.013\,416\,4)(0.017\,888\,5)(0.9)$$
$$+2(3/4)(-1/2)(0.008\,944\,3)(0.017\,888\,5)(0.5)$$
$$=(0.000\,101\,2+0.000\,045+0.000\,08)+(0.000\,067\,5-0.000\,162-0.000\,06)$$
$$=0.000\,226\,2-0.000\,154\,5=0.000\,071\,7$$

其中我们用到了熟知的结果：$\text{covariance}(r_i,\,r_j)=\sigma_i\times\sigma_j\times\text{correlation}(r_i,\,r_j)$，$i$ 和 j 表示公司，分别记为 1，2，3。

每日波动率是方差的平方根：

$$\sigma_p=+\sqrt{0.000\,071\,7}=0.008\,467\,6$$

表 26.2A　期望收益率、波动率和组合权重

	Aztec Corp.(公司 1)	Inca Corp.(公司 2)	Mayan Corp.(公司 3)
期望日收益率	0.001	0.000 5	0.001
收益日波动率	0.013 416 4	0.008 944 3	0.017 888 5
组合权重	3/4	3/4	−1/2

表 26.2B　每日期望收益的相关系数

	Aztec Corp.	Inca Corp.	Mayan Corp.
Aztec Corp.	1	0.5	0.9
Inca Corp.	0.5	1	0.5
Mayan Corp.	0.9	0.5	1

- 第三，我们可以在 5%和 1%水平下，计算每日 VaR。我们知道正态分布的统计量，价值以 95%的概率落在标准差为均值 1.65 倍的范围内。
  —5%的左尾偏离均值 $1.65\times0.008\,467\,6=0.013\,971\,5$。
  —所以 95%的置信区间水平或 $-\text{VaR}_\alpha$ 是 $0.000\,625-0.013\,971\,5=-0.013\,346\,5$。
  —这意味着公司只有 5%的可能性在一天内损失将超过 1.33%的价值。
- 因为价值以 99%的可能性落在标准差为均值 2.33 倍的范围内，我们得到如下结论：
  —1%的左尾偏离均值 $2.33\times0.008\,467\,6=0.019\,729\,5$。
  —所以 99%的置信区间水平或 $-\text{VaR}_\alpha$ 是 $0.000\,625-0.019\,729\,5=-0.019\,104\,5$。

—这意味着公司只有1%的可能性在一天内损失将超过1.91%的价值。

- 如果 $\text{VaR}_\alpha < E_t$，则公司的破产概率小于期望的 α，公司被恰当地资本化。实际上，如果损失与 VaR_α 相等，那么，就有足够的权益资产去填补损失，公司就不会破产。
- 如果 $\text{VaR}_\alpha > E_t$，则公司的破产概率大于期望的 α，因为没有足够的权益资产来填补损失。公司需要(1)加入资本去平衡负债表，或者(2)重新构建资产与负债结构风险来减小损失概率。例如，(1)公司可以发行新的股票或者减少股利分红支付，和(2)它可以出售资产和用它们的资金来减少负债。

如果把 VaR_α 当作唯一方法来量化公司的风险，那么它有很多缺点。首先，它没有考虑超过 α 水平的损失。例如，如果 VaR_α 是1亿美元，则在 VaR_α 计算中，超过 VaR_α 额外的1.5亿美元的损失和5亿美元损失的1%被认为是一样的。很明显对于公司来说，不同的损失不应该被认为是相同的。第二，在特定的情况下，VaR_α 惩罚分散化。传统的证券组合理论认为资产与负债组合的分散是有益的，因为它减少了风险。实际上，当组合变得更分散时是有问题的，因为 VaR_α 会增加，而不是减少。这种可能在下个例子中会阐述。

【例 26.2】 VaR_α 惩罚分散化

- 奇怪的是，当一个证券组合更加分散时，VaR_α 会增加风险！这与你在大学里上的现代投资课程中分散化会减少风险的观点是相悖的。显然，VaR_α 不总是一个度量公司风险的好方法。
- 假设有两种贷款A和B能用来构成公司的资产，表26.3中给出A和B的损失分布。贷款A和B的相似处在于，都有0.999 1的概率无损失，都有0.000 9的概率有1美元的损失。我们假设贷款A和B拖欠的概率是统计上独立的。

表 26.3

损　失	概率(损失 A)	概率(损失 B)	概率(损失 [A+B]/2)
\$0	0.999 1	0.999 1	0.998 200 81
\$0.5	0	0	0.001 798 38
\$1	0.000 9	0.000 9	0.000 000 081

- 我们比较两个假设的公司，一家公司投资1美元在贷款A，第二家公司分别在两笔贷款A和B上投资0.5美元。当然，第二家公司有更大的分散性的贷款组合，因为它把1美元分散投资在两笔贷款中，而且它们是统计上独立的。
- 第二家公司的回报在第三栏中给出。两笔贷款都有 $(0.000\,9)(0.000\,9) = 0.000\,000\,081$ 的概率违约，对于第二家公司有1(=0.5+0.5)美元的损失。有 $2 \times 0.000\,9 \times 0.999\,1$ 的概率A或B其中一笔贷款违约，则第二家公司的损失为0.5(=0.5+0)美元。有 $(0.999\,1)(0.999\,1)$ 的概率两笔贷款都没有违约，对于第二家公司没有损失。
- 为我们的VaR计算选择 $\alpha = 0.001$。非分散化的公司只有贷款 A，有 $\text{VaR}_{0.001}(A)$

$=\$0$，因为在概率大于0.001的情况下没有损失发生。但是分散化使得公司有$\text{VaR}_{0.001}([A+B]/2)=\$0.50$，因为概率0.001 798 38的情况下，有0.50美元损失发生。分散化的公司VaR更大！因此，单独基于本方法，则分散化的组合会需要更多资本，这不是一个正确的决定。

因为分散化减少风险，所以最后一个缺点使得VaR作为风险度量方法是有严重缺陷的。单独用在决策权益资本上，因为刚阐述过的两个缺点，VaR_α是一个危险的统计。然而，在与其他风险度量方法共同使用时，这是风险管理者工具箱中的一种有用的工具。

26.4.2 情景分析

在2007年金融危机期间，美联储要求银行在问题资产救助计划下收取存款，来计算另一种风险方法以决定它们是否能偿还TARP基金。[①]另一种方法建立在情景分析的基础上，它是另一种有用的风险管理技术。

情景分析(scenario analysis，俗称压力测试)开始于一系列公司希望避免发生的情景。这些情景对应了不同经济状态的变化，它由时间区间$[t, t+\Delta t]$内的状态变量ΔX_t表示。例如，如果X_t代表一系列宏观经济变量(如通货膨胀率、GDP、失业率和利率)，则一系列的情景可能是利率增加1%、失业率增加5%、通货膨胀率增加5%、GDP减少2%。在这些情景下，公司想要在它的资产和负债的基础上计算损失来看它是否有足够的权益资本来避免破产。

使用我们的符号，公司选择了一个特定的ΔX_t，并计算

$$\Delta E_t(X_t)=\Delta A_t(X_t)-\Delta L_t(X_t)$$

给出了资产与负债价值公式，它是关于状态变量的方程，然后计算公司权益资本的变化，如果它是负值，而且超过了现有的权益资本头寸，则我们知道这种情景将会导致公司破产。

拓展26.1 风险度量

VaR是一种有用的风险度量方法，但是如前所述，它有一些缺陷。可能如所期待的，有一些其他的风险度量方法可以用来与VaR共同使用或者替代VaR。

从阿尔茨纳等人(Artzner et al.，1999)的论文开始，人们开始学习权益资本决定中风险的度量。他们定义一致性风险度量。我们需要退一步，从风险度量的定义开始来了解它们是什么。

风险度量是一个真正有价值的功能，它可以量化公司的权益资本在一定时间内损失的变化的风险。一家公司权益资本的损失当然是一个随机变量。通过定义，有无数种风险度量方法。例如，最大化损失、期望损失、损失的标准差、一个随意α的VaR_α，以及损失的现值，都是风险度量方法。

① 《付钱！美联储叫银行提交TARP偿还计划》，《纽约日报》，2009年11月24日。

这带来一个问题，如何决定哪一种方法是有用的？

答案是，一种风险度量方法如果有用，则它需要提出一些合乎要求的性质或公理让它成为一个“好”的风险度量方法。阿尔茨纳等人定义了4个这样的公理。为了表述这些公理，我们需要一些其他的符号。

令 $\rho(\cdot)$ 为一种风险度量方法，令 ΔE 为一家公司权益资本在一定时间内的变化，令 r 为一个相同时间内的无风险资产（货币市场账户）收益率。

现在我们陈述四个公理：

（平移不变性）$\rho(\Delta E+\alpha)=\rho(\Delta E)-\alpha$

（劣可加性）$\rho(\Delta E_1+\Delta E_2)\leqslant\rho(\Delta E_1)+\rho(\Delta E_2)$

（正齐次性）对 $\lambda\geqslant 0$，有 $\rho(\lambda\Delta E)=\lambda\rho(\Delta E)$

（单调性）$\Delta E_1\leqslant\Delta E_2$，$\rho(\Delta E_2)\leqslant\rho(\Delta E_1)$

平移不变性公理表明，如果给公司增加 α 单元的权益资本，并投资于一个无风险资产，则风险度量正好减少 α 单位。劣可加性表明，一个分散化的组合（包括两家公司的股权资本）并不比单独每家公司的资本头寸的总和风险大。正齐次性表明，如果你成比例地扩大一家公司的资产与负债，则风险随之同比例增加。最后，单调性表明，如果一家公司权益资本的变化总是超过另一家公司（加和减），那么变化较大的公司的风险更大。任何满足这四个定理的风险度量被称为**一致性风险度量**。

正如所期望的，有许多方法是一致性风险度量方法，也有很多方法不是一致性风险度量方法。例如，VaR_α 不是一致性风险度量，就像文中前面例子所示，它违反了劣可加性定理。可能令人吃惊的是，由于防止公司违约的保险单支付的保费违反了平移可加性，因而它不是一致性风险度量方法。

ΔE 的期望值是一个一致性风险度量方法的例子。一个更复杂的一致性风险度量方法是预期损失。定义为：$\widetilde{E}\{\Delta E\mid\Delta E\leqslant-\mathrm{VaR}_\alpha\}$，其中 $\widetilde{E}\{\cdot\mid\Delta E\leqslant-\mathrm{VaR}_\alpha\}$ 代表权益损失超过 VaR_α 的条件期望。预期损失是一致性风险度量方法的证明，可参见弗尔默和锡德（Follmer and Schied，2004）。

一致性风险度量方法是否是合适的风险度量方法，取决于这四个定理是否被认为是合理的，在这一点上有很多不同意见。例如，加罗（Jarrow，2002a）明确地不喜欢平移不变性公理，因为这排除了防止公司违约的保险单支付的保费。为了改正这种情形，加罗提出了另一系列公理，产生了他所称的保险风险度量。其他定理的制定也是可能的，并且其他风险度量方法的特征也可以通过这种方式勾勒出来。风险度量的研究现在是一个有趣的领域（弗尔默和锡德（2004）很好地总结了不同公理的选择）。

在这种情况下，如果相信某种情形可能发生，公司可以（1）增加权益资本去平衡资产负债表，或者（2）重新构建资产与负债结构风险来减小损失概率。如前所述，若给定特定情景下的损失，用衍生工具来对冲损失是可能的。

情景分析的问题是它没有分配不同选择情景的概率，所以公司的管理者不知道这种情景将会发生的概率。当然，该缺点可以通过考虑与情景相关的 ΔX_i 的概率分布来克服。

遗憾的是，该内容及相关计算将在更高级的课程中讨论。

26.5 四种风险

巴塞尔委员会的《衍生工具风险管理指引》(1994 年 7 月)识别了与机构的衍生工具活动相关的以下风险。①与巴塞尔委员会相反，我们在操作风险中包括了法律风险。否则，两套风险的定义是相同的。

- **市场风险**是指因市场价格的不利波动而对公司产生的风险。
- **信用风险**是指对手方未能履行义务而违约的风险。
- **流动性风险**是指由于市场价格的数量影响，公司不能在不发生损失的情况下使资产和负债头寸保持流动性的风险。
- **操作风险**是指公司因法律诉讼、运行失误、管理不善和欺诈等因素而导致的损失。

下面将对每一种风险进行讨论，并阐述如何用衍生工具的定价技术把风险纳入模型中。

26.5.1 市场风险

用衍生工具定价和对冲是本书的重点。前 25 章考虑的市场风险包括股票价格、商品价格、外汇和利率产生的风险。我们的模型在一系列假设下运行，它排除了信用风险(假设 A2)、流动性风险(假设 A1 和假设 A3)和操作风险(显然的!)。为了包括这些额外的风险，我们需要放宽假设并考虑更广义的模型。下面，我们会讨论这些广义模型。

26.5.2 信用风险

信用风险是指对方未能履行契约中的义务导致违约的风险。这在交易活动中是一个很重要的因素，因为所有的交易对手都可能违约。以下例子阐述了这种风险。1974 年 6 月 26 日，西德银行赫斯塔特银行在收到了马克支付款后，于其尚未在纽约用相应的美元进行支付前(有 6 个小时的时差)，被迫受到了西德银行的流动性监管者的清算，给对手方带来损失。这一事件，警醒了市场的**交叉货币结算风险**，也称**赫斯塔特风险**(路透金融词典定义为“当与海外客户交易时，如果对方在支付义务上违约，银行可能不能收回款项的风险”②)。这一事件导致了外汇支付的持续联系结算系统的发展。

有两种方法来对信用风险建模：结构式模型和简化式模型。**结构式模型**有时被称为或有权益模型，它由默顿最初提出。加罗和特恩布尔(Jarrow and Turnbull，1992，1995)最初提出了**简化式模型**去克服结构式模型中包含的严格假设。结构式模型假设公司所有资产交易在无摩擦的和竞争的市场中进行，因此，价格是可观测的。这个假设通常在实际中是偏离的。大多数公司资产是非常没有流动性的且并不经常交易，例如，一家公司的主

① 资料来源：www.bis.org。

② 资料来源：http://glossary.reuters.com/index.php/Herstatt_Risk。

办公大楼或者制造工厂，包括制造设备。相反，简化式模型用更弱的限制来替代它。简化式模型只假设公司交易其负债(债务)的一部分。必须交易的公司负债部分是被考虑定价和对冲的。但是这个小小的差异却使估值和风险管理出现一个很大变化。

从经济目的考虑，结构模型最好应用于制定内部管理决策，在这方面，即使资产不是在无摩擦和竞争市场上交易，管理者也能“观察”价格。在此环境下，结构模型有助于经济判断。相反，简化式模型最好应用于包含金融市场中交易的有信用风险的证券的定价、对冲和风险管理决策。于是，在我们现在的市场环境下，它们是风险管理的优选模型方法。它们可以轻松地估值，且实证研究表明它们与市场价格吻合(有关内容可参见 Jarrow (2009))。

26.5.3 结构式模型

为了理解结构式模型背后的思路，最好从默顿(1974)的原始公式开始。我们考虑一个简单公司，其负债结构在表 26.4 中给出。像前面一样，公司在 t 时点有价值为 A_t 的资产，并发了债，由票面价值为 K、到期日为 T 的简单零息债券组成。假设 L_t 为 t 时点公司债务的价值，E_t 为 t 时点公司权益的价值。这是公司所能实现的最简单的债务结构。该公司太简单以至于模型不能用在实际操作中，但是有助于加深我们对经济学的理解。

默顿的结构式模型是第 19 章 BSM 模型的转变。这个结构式模型用了 BSM 模型的假设 A1—A8，并有两个修正。首先，假设 A2 中，无信用风险被移除了，因为结构式模型的目的就是为了理解公司何时会发生债务违约。第二，假设 A7 和假设 A8 中公司的资产价格代替了股票价格。尤其是，结构式模型假设公司资产在时间上能连续交易，且资产的价值变动过程服从对数正态分布。假设 A6 中保留了不存在利率不确定性。

表 26.4 t 时点一家公司的资产负债表

资产 A_t	负债 L_t 零息债券 ● 到期日 T ● 票面价值 K
	所有者权益 E_t

我们假设无风险即期利率连续复利为 r/年。因此在 T 时点支付 1 美元的无风险零息债券在 t 时点的价值为

$$B(t, T) = e^{-r(T-t)}$$

在此公司，T 时点的债务和权益价值完全由债务的契约决定。在债务到期日，权益所有者决定是否偿还债务。当且仅当公司的资产价值超过了负债的价值，他们才会这样做。否则，会发生违约。因此 T 时点的权益价值可写成

$$E_T = \max[A_T - K, 0] \tag{26.5}$$

我们看到权益的价值和公司价值的到期日 T、敲定价格 K 的欧式看涨期权的支付是相同的。

就本质而言，债务持有者拥有了该公司，而不是权益持有者。权益持有者保留了在 T 时点以 K 美元从债务持有者手中买回公司的选择权。如果资产价值超过购买价格，他们就会这么做。因此我们让 t 时点的权益价值等于

$$E_t = c(A_t, K, T) \tag{26.6}$$

其中 $c(a, b, T)$ 代表以现价 a、敲定价格 b 和到期日 T 的资产为标的的欧式看涨期权的价值。

运用公司权益和资产与负债价值相关的会计恒等式，我们可以看到 T 时点债务的价值等于资产的价值减去权益的价值，即

$$L_T \equiv A_T - E_T = A_T - \max[A_T - K, 0] \tag{26.7}$$

简单代数运算得到 T 时点债务的价值可写成

$$L_T = \min[K, A_T] = K - \max[K - A_T, 0] \tag{26.8}$$

能看出，到期日债务的价值与债务票面价值和公司资产价值中更小的一个值相等。即，T 时点债务的支付等于债务的票面价值减去公司价值在到期日为 T、敲定价格为 K 的欧式看跌期权的支付。t 时点的价值因此为

$$L_t = Ke^{-r(T-t)} - p(A_t, K, T) \tag{26.9}$$

其中 $p(a, b, T)$ 代表以现价 a、敲定价格 b 和到期日 T 的资产为标的的欧式看跌期权在 t 时点的价值。这表明了公司风险债务价值比类似的到期无风险零息债券价值（$Ke^{-r(T-t)}$）低。价值的减少等于表达式(26.9)中看跌期权的价值。

运用对数正态分布假设，我们能清晰地给出 t 时点债务价值的公式：

$$L_t = A_t N(-d_1) + Ke^{-r(T-t)} N(d_2) \tag{26.10}$$

其中 $N(\cdot)$ 是累计标准正态分布函数，它的均值为 0、标准差为 1，

$$d_1 = \frac{\log\left(\frac{A_t}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$$

$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T-t}$，$\sigma$ 是资产的年收益波动率。

这个表达式有一个很好的经济学解释。债务的价值等于违约次数的风险调整概率乘以公司价值加上不违约次数的风险调整概率乘以折现的债务票面价值。这两项代表了公司债务可能的支付情景，它取决于公司违约（第一项）还是不违约（第二项）。

很容易发现，随着公司资产波动率的增加，其债务价值趋于减少。因为公司资产波动率 σ 处于管理控制下，负债的减少随着 σ 的增加导致股东/债务持有者相冲突（参见 Ross et al., 2004, p.640）。理解股东/债务持有者的冲突仅仅是结构式模型的用途之一。模型的另一个用途是它能被用来为公司投资/资本预算决策提供洞察力。这是实物期权（见拓

展 26.2)理论。

结构式模型能被扩展并纳入公司发行的更复杂的负债。但是,这一扩展要分析性地解决问题会变得非常困难,因为公司的整个负债结构需要十分详细,且所有的负债价值要同时解决。就这一点而言,需要用到量化过程(参见 Jones et al., 1984; Leland, 1994。可掌握更多有关扩展的内容)。

拓展 26.2 实物期权

期权定价理论能被用来理解公司应该怎么去进行投资决策。在以往,这一领域叫做资本预算。现在称为实物期权,也就是这个拓展的标题。这是因为大多数公司的投资决策中都嵌着期权,这是在古典资本预算中经常被忽视的。

实物期权理论通常在结构式模型的假设下进行。模型用了 BSM 模型的假设 A1—A8,有两个修正:首先,假设 A2 中,移除了无信用风险。第二,假设 A7 和假设 A8 中公司的资产价格代替了股票价格。尤其是,它假设公司资产在时间上能连续交易,且资产的价值过程服从对数正态分布。假设 A6 中保留了不存在利率不确定性。我们假设无风险即期利率的年连续复利为 r。当然,与结构式模型一样,很多假设可以被放宽,但是会增加分析和计算的复杂性。

我们用一个例子解释实物期权理论。假设有一家金矿公司,它在考虑要不要买一个新的金矿。金矿的购买价格为 P_0 美元。管理者研究了开采黄金的花费,相信它能以 U_0 美元开采 1 单位产量(100 吨)。在 t 时点,黄金以每单位市场价格 A_t 美元交易。它花费了 T 时间单位去从金矿里开采黄金。

最后,管理者意识到,在 T 时点从金矿开采初始单位黄金后,可以投资额外的 K 美元去开采另 k 单位的黄金,其中 $0<k<1$。为了简化(尽管这对于分析不是必要的),我们假设另 k 单位在 T 时点的价值为 A_T。

这个在 T 时点的额外机会是一个嵌入的实物期权,管理者想把它包含在决策中。这个嵌入期权是一个黄金的欧式看涨期权,其敲定价格为 K、到期日为 T。因此它的支付为

$$C_T=\max[kA_T-K,\ 0] \tag{1}$$

在无套利和完全市场假设下,我们知道我们能用风险中性估值来决定金矿中黄金的现值。现值是初始单位的黄金和嵌入的期权的和,即

$$\text{现值}=E^{\pi}(A_T)\mathrm{e}^{-rT}-U_0+E^{\pi}(\max[kA_T-K,\ 0])\mathrm{e}^{-rT} \tag{2}$$

利用风险中性概率下黄金的价格是一个鞅这个事实,并嵌入看涨期权价值的一些简单的代数运算,我们重新写成

$$\text{现值}=A_0-U_0+kc_0(A_0,\ K/k,\ T) \tag{3}$$

其中 $c_0(a,\ b,\ T)$ 代表以现价 a、敲定价格 b 和到期日 T 的资产为标的的欧式看涨期权在 0 时点的价值。

利用黄金价格运动服从对数正态分布的假设,我们能决定看涨期权的价格:

$$现值 = A_0 - U_0 + kA_0 N(d_1) - K\mathrm{e}^{-rT} N(d_2) \tag{4}$$

其中 $N(\cdot)$ 是累计标准正态分布函数，它的均值为 0、标准差为 1，

$$d_1 = \frac{\log\left(\frac{A_0}{K/k}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$，$\sigma$ 为黄金年收益的价格波动率。给出了现值后，如果现值超过了购买价格 P_0 美元，管理者就会买金矿。

根据这个例子的阐述，实物期权理论把衍生证券定价理论应用到任何嵌入期权的投资决策中。关于这一话题，可参见 Dixit 和 Pindyck(1994)的经典教科书。

26.5.4 简化式模型

信用风险模型的第二课是简化式模型。为了理解简化式模型背后的思路，我们最好从加罗和特恩布尔(Jarrow and Turnbull，1992，1995)的原始公式开始讨论。简化式模型是第 23—25 章的 HJM 模型的扩展。它用了 HJM libor 模型所有的假设 A1—A7 和两个修正。第一，假设 A2，没有信用风险这一表述被移除，因为简化式模型的目的就是对风险债务定价和对冲。第二个修正是(无风险)远期利率单利不需要服从对数正态分布，有可能有其他演变。根据这一部分的目的，我们令演变完全是人为的。

注意与前面一部分讨论的结构式模型不同，简化式模型考虑一个有随机利率的经济。这对利率和信用风险不变的固定收益证券的风险管理特别重要。

我们用 r_t 表示随机无风险即期利率(连续复利)，$B(t, T)$ 为在 T 时点支付 1 美元的无风险零息债券在 t 时点的价值。除了假设 A1—A7，简化式模型需要两个假设来描述公司的风险负债。为了与结构式模型进行简单比较，我们假设一家公司，它的负债由一个票面价值为 K、到期日为 T 的零息债券构成。这个假设在简化式模型中很轻易地被放宽，而不像在结构式模型中放宽同样的假设那么复杂。

第一个增加的假设如下：

A8. 公司的零息债券在时间上可以连续交易。

需要强调，简化式模型不像结构式模型，它只假设这个具体的债券交易。公司的其他负债不需要交易。这克服了前述结构式模型的主要局限。

第二个增加的假设描述了违约情况下，风险债券的支付。这个描述因此必须包括两个部分：(1)假设关于什么时候违约发生(即详细说明随机违约的时点)和(2)关于当违约发生时债券的损失率的假设。

A9. 公司违约时点 τ 是密度为 λ 的泊松过程的第一次跳跃。一旦违约发生，损失率为 $(1-\delta)$，其中 $0 < \delta < 1$ 是债务的回收率。

假设公司还没有违约过，则违约密度 λ 是单位时间的违约概率。公司的违约时点由 τ 表示。损失率由 $(1-\delta)$ 给出，其中 δ 是回收率。所有的参数都能用历史数据简单地估计，

这个话题我们留给更高级的课程。

债务的支付可概括为：

$$K1_{\{\tau>T\}}+\delta K1_{\{\tau\leqslant T\}} \tag{26.11}$$

其中

$$1_{\{\tau>T\}}=\begin{cases}1 & \text{如果}\tau>T\\ 0 & \text{如果}\tau\leqslant T\end{cases}$$

符号 $1_{\{\tau>T\}}$ 叫做**示性函数**。当违约在时间 T 之前没有发生，它取值为 1，否则为 0。运用示性函数，表达式(26.11)表示，债务到期日前如果没有违约，债务的报酬等于 K 美元，否则为 δK 美元。违约的支付占债务初始票面价值 K 的百分比只有 δ，$\delta<1$。

令 L_t 表示 t 时点债券的价值。就像 HJM 模型中所描述的，在无套利假设下，它表示在货币市场账户价值正态化后，存在风险中性概率 π 使得所有的无风险零息债券和公司债券成为鞅。这表明：

$$B(t,\ T)=E^{\pi}(\mathrm{e}^{-\int_t^T r_\sigma \mathrm{d}s}) \tag{26.12a}$$

$$L_t=E^{\pi}(K1_{\{\tau>T\}}\mathrm{e}^{-\int_t^T r_s \mathrm{d}s}+\delta K1_{\{\tau\leqslant T\}}\mathrm{e}^{-\int_t^T r_s \mathrm{d}s}) \tag{26.12b}$$

表达式(26.12a)刚好就是熟知的风险中性估值公式。无风险零息债券的价格刚好就是 T 时点支付的 1 美元折现后的期望值，并且它是用即期利率折现的。期望值是用风险中性概率计算的。

表达式(26.12b)也用了风险中性估值。这个表达式显示债务的价值等于有关违约的两种不同概率下支付折现值的期望值：(1)债务在到期前不违约，这种情况下可以收到票面价值 K，和(2)在到期日前发生违约，这种情况下债务收到它的回收价值。如前面一样，折现用即期利率，期望值用风险中性概率计算。

运用泊松过程的性质和表达式(26.12a)，可以这样表示(参见 Jarrow，2009)：

$$L_t=\mathrm{e}^{-\tilde{\lambda}(T-t)}KB(t,\ T)+\int_t^T\tilde{\lambda}\,\mathrm{e}^{-\tilde{\lambda}(s-t)}\delta KB(t,\ s)\mathrm{d}s \tag{26.13}$$

其中 $\tilde{\lambda}$ 是单位时间的风险中性违约概率。

在此，我们发现有风险的零息债券不如无风险的零息债券 $KB(t,\ T)$ 有价值。第一项代表了没有违约时，约定的支付折现后的期望值。这里的 $\mathrm{e}^{-\tilde{\lambda}(T-t)}$ 是不违约的风险中性概率。第二项代表了违约时返回价值折现后的期望值，其中 $\tilde{\lambda}\,\mathrm{e}^{-\tilde{\lambda}(s-t)}$ 是时间 s 违约的风险中性概率。加总所有违约时间 s 的风险中性概率得到第二个积分项。

单位时间违约的风险中性概率 $\tilde{\lambda}$ 与风险溢价的实际违约概率 λ 不同。但是，如果违约风险是特定的(公司特有的)，风险中性和实际违约密度是一样的(参见 Jarrow，2009)。在一定的经济条件下，有可能使一家公司对另一家公司的违约是异质的。至于这是否是真实的，则是一个需要进一步研究的问题。

不同于结构式模型，将简化式模型扩展到更复杂的违约过程，对交易中的公司所发行债券和信用衍生工具进行定价，都是很容易做到的。拓展 26.3 阐述了怎样运用简化式模型来为第 7 章中介绍的信用违约互换进行定价。

拓展 26.3 信用违约互换

信用违约互换(credit default swaps)是写在有到期日、名义价值和保费的交易债券上的定期保险合约。如果保险过的债券在合约期内违约,CDS 卖方支付债券本金和市场价值之间的差额。当然,市场价值因违约发生而减少。CDS 买方为了得到这一补偿,支付的是一般的保费。

以下内容阐述了怎样用简化式模型为 CDS 定价。我们用和前面部分相同的模型,下例将讨论一个由我们公司发行的债券的 CDS,此债券到期日为 T^*,支付红利,名义价值为 1 美元,假定 t 时点债券价格为 L_t。

我们设 τ 为公司随机违约的时间,如果公司在附息债券到期日前违约,则我们假设债券会有 $(1-\delta)$ 美元的损失,其中 δ 是回收率。

我们现在对附息债券的 CDS 估值。假设 CDS 的到期日 $T<T^*$,名义价值为 \$1。在该 CDS 中,违约风险保护卖方同意若在到期日之前,一旦公司违约,则支付给买方债务的损失。作为回报,买方在中途固定的日期 1, 2, …, $T-1$ 支付固定的金额,该金额为价差 c 乘以名义价值。在互换到期之前或违约事件发生之前,不管两者中哪个先发生,买方将一直持续支付该金额。

运用风险中性估值过程,对于卖方来说,t 时点 CDS 的价值为

$$\mathrm{CDS}_t = E^{\pi}\left(\sum_{k=1}^{T-1} c\,1_{\{\tau>k\}}\,\mathrm{e}^{-\int_t^k r_s\,\mathrm{d}s} - (1-\delta)1_{\{\tau\leqslant T\}}\,\mathrm{e}^{-\int_t^{\tau} r_s\,\mathrm{d}s}\right) \tag{1}$$

这是收到的保费的现值(加总项)减去违约事件发生时支付的损失。它能被简化表示成:

$$\mathrm{CDS}_t = c\sum_{k=1}^{T-1}\mathrm{e}^{-\tilde{\lambda}(k-t)}B(t,k) - (1-\delta)\tilde{\lambda}\int_t^T \mathrm{e}^{-\tilde{\lambda}s}B(t,s)\,\mathrm{d}s \tag{2}$$

其中 $\tilde{\lambda}$ 是单位时间的风险中性违约概率。

市场出清 CDS 率 c 是给定 CDS 价值为 0 时的价差,即

$$c = (1-\delta)\tilde{\lambda}\,\frac{\displaystyle\int_t^T \mathrm{e}^{-\tilde{\lambda}s}B(t,s)\,\mathrm{d}s}{\displaystyle\sum_{k=1}^{T-1}\mathrm{e}^{-\tilde{\lambda}(k-t)}B(t,k)} \approx (1-\delta)\tilde{\lambda} \tag{3}$$

我们看到 CDS 率约等于公司债务(每年的)风险中性期望损失——风险中性违约概率乘以损失率。CDS 的价格通过应用风险中性概率,纳入了风险厌恶这一因素。

很多公司债券都交易 CDS,如同(对于给定的回收率)隐含风险中性违约概率反映的那样,市场利用 CDS 价差和表达式(3)来推断市场对于违约风险的看法。

简化式方法也能轻易地被用来理解和定价更复杂的信用衍生证券,如担保抵押债券(参见 Jarrow, 2009)。

26.5.5 流动性风险

流动性风险与竞争市场的假设条件的放宽相对应。我们知道，竞争市场假设表明了所有的交易商都是价格接受者，即，它们的交易对卖价和买价不产生影响。当对获得的价格有一个数量上的影响时，流动性风险便会产生。在实际市场中，数量上的影响会因为市场势力(规模)或者不对称信息(它意味着双方有着不同的信息，例如卖方可能比买方更了解二手车的质量)而产生。市场势力很容易理解。对任何证券而言，由于买方需要吸引卖方去卖，所以，大量买入会改变其价格。不对称信息引起数量的影响是因为我们相信卖方是有信息的，知道证券价值比现价低时才会卖出，很明显卖价要下降。结合在一起，上述两个原因都表明卖出(买入)大量证券通常会减少(增加)获得的价格。当市场不稳定和受破坏时，数量影响会比市场平静和稳定时更大一些。

体现流动性风险重要性的最臭名昭著的例子，恐怕是 1998 年长期资本管理公司(LTCM)的失败案例。LTCM 是一个由约翰·梅里韦瑟(John Meriwether)、前所罗门兄弟公司的债券交易商和一些金融学术机构在 1994 年建立的对冲基金。在公司运作的前 4 年中，凭借他们在债券市场运用趋同套利交易策略，获得了惊人的利润，回报率超过 20%。趋同套利交易策略的一个特点是借助于大杠杆来把债券的小价差转化为客户的高额回报。

LTCM 的业绩在 1998 年 5 月和 6 月变糟了，此时抵押担保债券遭受严重的价值损失。之后，俄罗斯 1998 年发生的债务违约和最后市场的反应导致了 LTCM 资产价值的严重缩水。这次资产价值的损失导致 LTCM 收到了期货头寸追加保证金和互换头寸追加抵押的通知。LTCM 为了获得额外的资本，不得不出售其资产。但是，在一个恐慌的和缩水的市场上出售资产是有问题的。随着大量证券的卖出，市场行情下跌更严重，这些资产的卖出导致 LTCM 价值损失增大。大量额外的追加保证金与抵押的通知和市场进一步下跌因此产生，最终导致 LTCM 破产以及纽约联邦储备银行的救助，以避免金融市场的崩溃，有关更详细的历史可参见乔瑞恩(Jorion，2000)。

流动性风险的建模方法有两种，它们的不同在于对交易价格的数量影响的持久性。如果对价格的数量影响是暂时的，则流动性风险类似于一个内生的交易费用。所谓暂时影响，是指对价格的数量影响只在交易中考虑，交易过后，价格就回到正常的值。赛汀等(Çetin et al.，2004)在衍生工具定价背景下首先研究这种方法。幸运的是，衍生工具定价方法在这种流动性风险形式下被扩展了。因此在前 1—25 章中的所有研究结论都能直接应用，几乎不变。

但如果对价格的影响是持久的，流动性风险呈现出不同的特征。这种情况下，交易商会采取策略性行动并操纵价格以对其自身有利。这里流动性风险需要考虑市场操纵的因素。加罗(Jarrow，1992，1994)在衍生工具定价的背景下首先研究操纵。遗憾的是，标准

的衍生工具定价方法在这种流动性风险形式下不成立。定价和对冲变得更具体，取决于交易商采取的策略和市场背景。前1—25章学习的所有结果都不能应用，需要新的模型。有关这一领域的深入研究是当下学术界关注的主题。

26.5.6 操作风险

操作(和法律)风险是指运作一家金融机构的内部风险。这些风险通常只引起小损失，但是有时候会导致灾难性后果。日本瑞穗证券公司在2005年12月8日发生的一起案例就是操作风险一个极好的案例。当时，该公司在订单处理过程中，调转了数量与卖价。它错误地输入了以1日元的价格出售小公司J-Com 610 000股股票，而不是相反。这个错误在1分半钟后被发现，但是东京股票交易所的全电子化交易系统阻止了它所有想取消的努力。结果该公司损失了3.35亿美元。[①]在1991年2月7日，交易商在现已停业的华尔街所罗门兄弟公司提交了一个非许可的10亿美元的顾客投标，作为所罗门兄弟公司所称的"恶作剧"来戏弄一名雇员，但是他们没有及时阻止那些投标，额外的价值10亿美元的债券被买入。最后，被买入的证券在没有损失的情况下被转入所罗门兄弟公司的账户里(参见Chatterjea，1993)。

好的管理控制和过程能够将操作风险最小化。因此，这类风险的控制和最小化属于商业管理或者组织行为范畴，而非金融范畴。尽管如此，对于定价和对冲风险，金融仍是有用的。

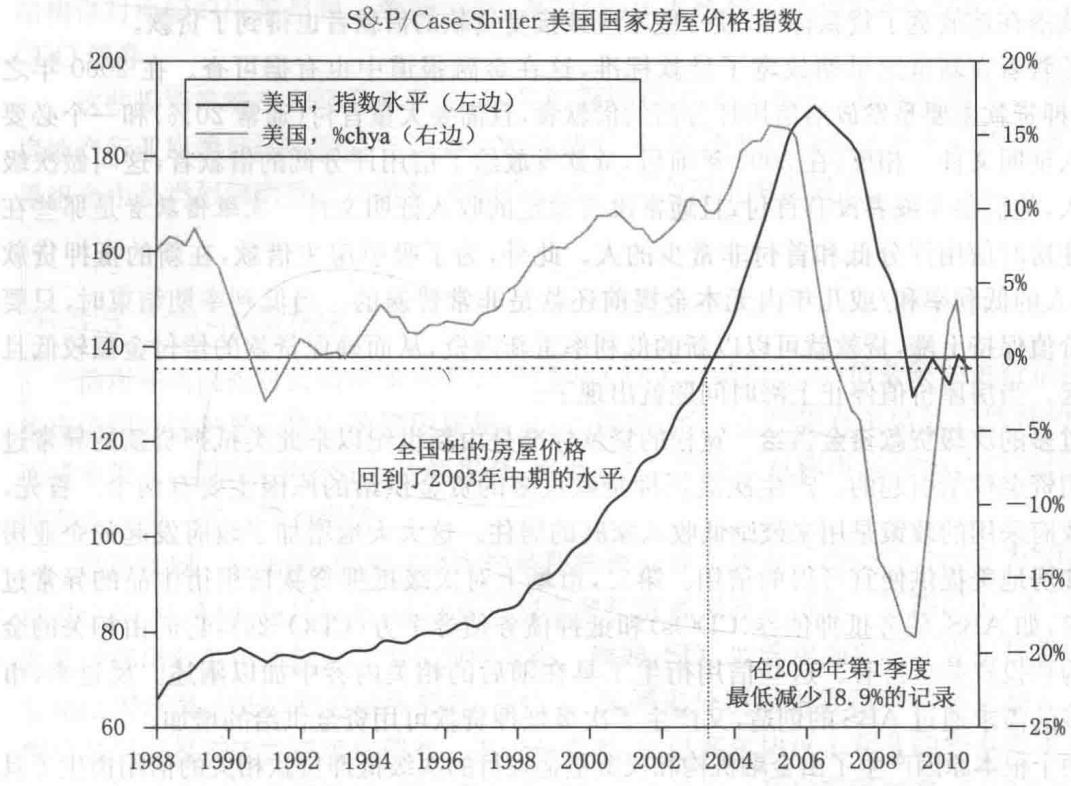
我们能用简化式信用风险模型中所使用的相同数学方法来为操作风险建模。实际上，当它发生时会对公司产生损失，操作风险能被看成一个负面事件。这正是简化式风险模型看待违约的视角。因此，可以用信用风险中的建模技术为操作风险建模(参见Jarrow，2008；Jarrow et al.，2010a)。

两个模型唯一的实质性区别是，与操作风险事件相比，信用风险事件(实现和损失)有更多的公共可用数据。但是随着不同工业集团操作风险数据库的创建，在数据的可得性方面，两者的区别越来越小。

26.6 2007年的信用危机

随着我们对风险管理和决策制定中的风险的理解不断加深，用所积累的知识来研究2007年的信用危机是非常有益的。2007年信用危机的起因在于住宅房产价格泡沫和最近的崩溃(见图26.4)。以下阐述基于加罗(Jarrow，2012)。图26.6概括了信用危机中的相关市场参与者和经济因素。

① 见《瑞穗解决交易崩溃：日本部长责骂经纪人利用错误》，《华尔街日报》，2005年12月14日。



资料来源：S&P Indices and Fiserv. Data through 2010 Q3.

图 26.4 房屋价格指数

26.6.1 住宅房产价格泡沫

住宅房产市场和相关的建筑业是经济中一个很大且很重要的领域。房子是典型家庭财富最大的组成部分之一。低利率环境和宽松的抵押贷款标准以及信贷扩张，是导致最近的住宅价格暴涨和房产业迅速扩张(21 世纪初期破产)的主要原因。宽松的抵押贷款标准发生在抵押贷款发放的过程中。

抵押贷款 抵押贷款市场的特征是借款者(了解自己的支付能力)和贷款者(只知道借款者不完整的信息)间的信息不对称。因为在发放贷款中的信息不对称，贷款发放过程包含高额的建设基础设施相关的重要固定成本，这些固定成本涉及用来估算贷款申请者的信用等级、发放贷款、偿还贷款以及处理违约事件时的法律事务的费用。因此，金融机构发放贷款是因为它们有必要的资源和专业技术。

贷款发放者通过发债和权益资本来为贷款资产融资。这叫直接贷款。但是，为了利用基础设施的规模经济，贷款发放者通常把贷款卖给第三方。第三方是(1)政府发起的企业房利美和房地美，(2)发行资产支持证券(ABS)的实体。这是间接贷款。当抵押贷款卖给了第三方之后，贷款发放者收到发放贷款和偿还贷款的费用。

如果抵押发放者不把贷款放进存货中，这就是一个关于贷款发放的激励性问题。如果贷款违约了，那么费用由第三方承担，而不是由贷款发放者承担。当抵押贷款被出售给第三方后，抵押贷款发放者只需要对欺诈性的贷款发放负责。因此，在正常的情况下，间

接贷款潜在地放宽了贷款标准，使一些不应该接受贷款的借款者也得到了贷款。

监管者在新世纪早期放宽了贷款标准，这在金融报道中也有据可查。在 2000 年之前，抵押贷款主要是发放给信用评分高的借款者，且需要大量首付（通常 20%）和一个必要的收入证明文件。相反，在 2005 年前后，贷款发放给了信用评分低的借款者，这叫做次级借款人，他们很少或者没有首付，且通常没有稳定的收入证明文件。次级借款者是那些在购买住房时信用评分低和首付非常少的人。此外，为了吸引房主借款，在新的抵押贷款中，诱人的低利率和/或几年内无本金提前还款是非常普遍的。当低利率期结束时，只要房屋价值保持上涨，贷款就可以以新的低利率重新融资，从而确保贷款的偿付金额较低且付得起。当房屋价值停止上涨时问题就出现了。

过多的次级贷款资金供给 宽松的贷款标准是由新世纪以来此类抵押贷款的异常过多可用资金供给引起的。产生次级抵押贷款过多的资金供给的原因主要有两个。首先，美国政府采用的政策是用来鼓励低收入家庭的居住。这大大地增加了政府发起的企业房利美和房地美提供便宜可得的信用。第二，市场上对次级抵押贷款信用衍生品的异常过多需求，如 ABS、债务抵押债券（CDOs）和抵押债务债券平方（CDO^2s），它们由相关的金融机构和投资基金持有。这些信用衍生工具在随后的相关内容中加以阐述。反过来，市场过多的需求通过 ABS 的创造，又产生了次级抵押贷款可用资金供给的增加。

两个根本原因产生了由金融机构和投资基金发行的次级抵押贷款相关的信用衍生工具的过多需求。一个原因是金融机构和投资基金内部的薪资结构管理的代理问题。第二个原因是内部的激励问题，因为信用评级机构是付费服务的。我们会依次讨论上述两个原因。

26.6.2 代理问题

金融机构的交易经理和投资基金经理通过短期交易业绩获得年终奖，收到一份可观的报酬。年终奖通常数倍于基本工资。这种奖金计划驱动了股东和管理者利益的嵌入，叫做代理问题。股东希望长期财富最大化，但是管理者受短期利益驱动。这两种目标是冲突的。因为管理者作为公司股东的代理人，一个激励的冲突就会产生。这就是代理问题。

这些金融机构的管理者通常被限制去投资于投资级别债券（investment-grade bonds），寻求最高的收益来实现短期利润最大化。投资级别债券是指那些被信用评级机构评为高等级的债券。这些包括了标准普尔（S&P）的 AAA、AA、A 和 BBB 级债券。这个想法当然是假设信用评级保证违约风险不变。在股市暴跌之前，AAA 级 ABS、CDO 和 CDO^2 债券的收益明显高于相同等级的美国国债收益。因此，市场对 AAA 级 ABS、CDO 和 CDO^2 债券的需求很大。

投资基金经理相信评级机构的评级。他们这样做，部分原因是因为 CDO 和 CDO^2 债券基于复杂的支付结构，且很难去理解和建模。因此投资基金受短期利益的驱动而不谨慎行事。很明显，因为 AAA 级 ABS、CDO 和 CDO^2 债券收益明显要高于相同等级的美国国债收益，没有人相信它们的风险相同。但是，由于信用评级机构对 ABS 债券的错误评级，市场并未意识到基于评级的风险与实际风险是不同的。

尽管大型金融机构的职业交易商们有更多可利用的专业知识去估值证券，但其薪资

结构也对他们的决策起到了激励作用，他们（包括美林和贝尔斯登）大量投资于 ABS 和 CDO 债券。

这些投资策略产生的债券组合，比类似等级和期限的美国国债风险更大。当繁荣的房地产行业崩溃且标的抵押贷款池开始违约时，这些债券组合遭受巨大的价值损失。如果组合中是类似信用级别和期限的美国国债，则不会发生重大损失。

26.6.3 信用评级机构

信用评级机构对公司债和 ABS、CDO 及 CDO^2（结构化的）债务契约进行估值，通过给出信用等级来显示债券的信用质量。由于规模经济，在收集有关借款者信誉的信息方面成本很大，需要很多经济变量的集合，因此，这个信息不对称市场结构让信用评级机构的存在成为一件自然的事情。

政府管制 在美国，信用评级机构是那些被证券交易委员会（SEC）指定为“国家统计评级组织”的机构，包括穆迪、标准普尔和惠誉投资者服务公司等。长期以来，不同的政府监管者都出台了包括信用评级在内的规则。例如，SEC 监管规则要求在发行债券时，需要使用信用评级。SEC 和劳动部都有“审慎人”规则来分别限制货币市场基金和养老基金，限定其只能投资于投资级别债券。银行监管者（见巴塞尔协议Ⅰ和Ⅱ的资本要求）决定资本要求基于它们的信用等级，禁止其持有投机级别债券。信用等级越高，则债券的发行需要更少的资本来支持债务的投资。信用评级也被用来确定可用作保证金贷款的证券资格。这些监管规则要求使用信用评级，并且强调了市场活动中信用评级的重要性（关于信用评级业更深刻的讨论，参见坎特和帕克（Cantor and Packer，1994）。

激励冲突 评级机构由发行债券的实体付款。这笔款项不是一次性的，而是未来可以更好地持续更新信用估值的付款资金流。这是很普遍的，因此，借款者根据获得的信用评级选择评级机构。信用评级机构为了获得业务，往往提供高于应得的信用评级。显然，发债主体支付的费用结构产生了评级机构的发行准确评级和保留业务之间的利益冲突。

错误评级 在信用危机前，信用评级机构对公司债和结构型债务的错误评级是一个事实。公司债务错误评级导致包括大型投资银行和商业银行贝尔斯登、雷曼兄弟、美林、花旗、保险公司 AIG 以及政府发起的企业房利美和房地美在内的金融机构的破产或濒临破产（在政府援助下渡过难关）。这些机构在其破产前几个月还处于很高的信用评级。在信用危机中期一段很短时间内，曾经被评为 AAA 级的 CDO 和 CDO^2 债务的信用等级出现大幅度下降，降为垃圾级，这便是结构化债务错误评级的证据。已有很多出版物对这些错误评级进行了阐述。

发生错误评级的原因主要有两个，即，利益的冲突和评级公司运用不当的模型去估计违约风险（参见 Jarrow，2011）。除了不当的模型，结构化债务模型中的估计参数也是基于历史数据，而不包括前面所讨论的更宽松的贷款标准。

准确的信用评级在行业中如此重要，而这些错误评级导致了人们对次级抵押信用衍生工具有了过多需求。这反过来又导致了投资基金的组合比标明的债券等级风险更大，并且金融机构没有足够的资本去抵补贷款组合最终发生的损失。资本的不充足和风险过

大最终导致这些金融机构的破产，并引发金融危机。

26.6.4 信用衍生工具

三种信用衍生工具在住房抵押市场和信用危机中起到关键作用：ABS、CDO 和 CDO^2。

ABS 这里我们将讨论次级 ABS。尽管发行 ABS 的实体法律结构与典型的公司非常不同，通常是一个特殊目的载体(special purpose vehicle，SPV)，但是，ABS 最容易理解为企业或者公司发行的负债。公司的资产负债表由资产和负债组成。由 SPV 购买的资产叫做**抵押池**——SPV 负债下的抵押品。信用危机中 ABS 抵押池主要包含了次级住房抵押贷款。(这种情况下，ABS 又被叫做住房抵押贷款证券[RMBS]；但是，为了保持陈述的一致性，我们继续称之为 ABS。)

SPV 为了帮助购买抵押池融资而发行债券。债券以不同的债券份额方式发行，从高级债券份额到夹层再到初级债券份额。这些债券份额对抵押池的现金流和抵押池的损失有不同的要求权，叫做瀑布现金流。现金流由利率和本金支付组成，先支付给最高级债券，然后是夹层债券，再是初级债券，剩下的留给权益(见图 26.5)。损失则以相反的顺序实现，从权益开始，之后依次为初级、夹层和高级债券份额。显然，就违约风险而言，高级债券份额是最安全的，而权益是风险最大的。

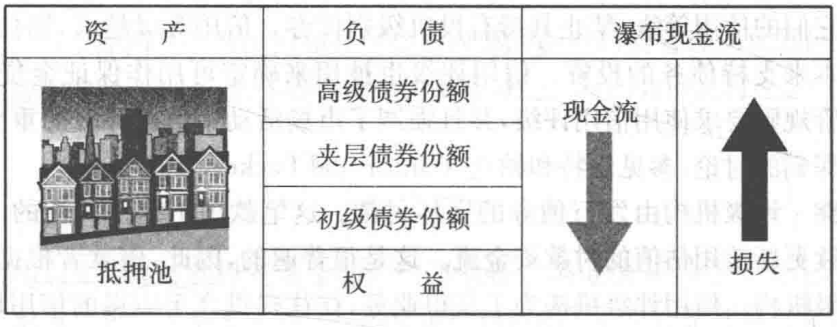


图 26.5　ABS 债券份额

就住房市场繁荣和金融危机而言，ABS 创造过程帮助提供了资金，促成了次级住房抵押贷款以前所未有的规模发放。住房抵押贷款发放过程中的激励性问题(前面讨论的)导致了宽松的贷款标准和信贷投放，从而使房主对抵押贷款产生过多需求。ABS 债券的需求通过金融机构和投资基金的 CDO 和 CDO^2 AAA 级债券(后面将阐述)的过多需求间接产生。CDO 和 CDO^2 的创造过程需要 ABS 债券。

CDO 和 CDO^2s CDO 是一种 ABS。ABS 和 CDO 的关键不同在于抵押池的组成部分。次级 ABS 的抵押池中有大量次级住房抵押贷款。这些贷款在金融市场中的交易并不活跃。相反，次级 CDO 的抵押池中有大量的夹层次级 ABS 债券，评级低于 AAA。这些 ABS 债券在金融市场上交易。另一个小的区别是 CDO 的瀑布现金流更复杂，如果某种抵押品和利息保障比率被突破，就会触发现金流流到更高级的债券份额。

就抵押池和瀑布现金流规则的复杂性而言，CDOs 是很复杂且让人难以理解的证券。对 CDOs 的另一个理解是，每个 SPV 的瀑布现金流是不同的，这让建模变成一个冗长的 SPV-by-SPV 练习。这种复杂性给很多金融机构和投资基金不务正业提供了一个方便的

借口，在这一方面，仅仅依赖信用评级机构的评级。于是，交易中缓释信用风险的传统防护缺失了。

CDO^2s 是 CDOs，但它的抵押池主要有次级 CDOs 中的夹层、初级，甚至权益份额债券。因此是 CDO 的平方！这可能难以置信，但确实存在。

创造一个 CDO（和 CDO^2）的成本相当大，包括律师、评级和投资银行费用，以及场外交易市场交易的抵押池资产，而不像 ABS 住房贷款的抵押池。因此 CDO 权益会有负价值，且 CDOs 不会被创造，除非抵押池的 ABS 债券价值低估，发行的 CDO 债券价值高估。

抵押池中的 ABS 债券价值被低估是不可能的。相反，有明显证据表明 CDO 债券价值是高估的。CDOs 在危机之前被大量创造，且有证据明显表明 AAA 级 CDO 债券被错误评级。这表明 CDOs 的创造是为开发“信用评级套利”，因为评级机构对债券存在错误评级。CDOs 的存在把垃圾债券转为黄金——高收益的 AAA 债券。炼金术最后有效。对于 CDO^2s 也是一样。

对于住房价格繁荣和金融危机，CDOs 和 CDO^2s 起到关键作用。这些证券是由公司和政府机构运作的金融机构、养老基金和退休基金的投资基金持有。首先，这些基金在危机前利润不菲，但它们出高价购买债券。第二，当住房价格崩溃和抵押贷款违约时，这些 CDO 和 CDO^2 债券价值损失惨重。这个价值损失导致公司（如通用公司）、州政府（如加利福尼亚州、纽约）、主权国家（如冰岛）和投资银行（如贝尔斯登、美林）严重的经营困难和/或破产。这些结构化债券在最初被评为 AAA 级，类似的 AAA 级债券发行导致它们的损失因先前的优先级别而变得史无前例。之所以损失是史无前例的，是因为结构化债券在一开始就被错误评级，原因我们已在前面讨论过。

26.6.5 房价暴跌

房价泡沫太大，不可持续下去。房价暴跌有三个原因。首先，次级房屋购买者的供给枯竭，于是市场需求减少。第二，利率开始上扬，因为伊拉克战争带来的政府赤字增加导致了人们对通货膨胀的担心。第三，石油价格上涨，因为伊拉克战争引起了汽油价格的上涨，从而影响了许多次级购买者偿还抵押贷款的能力。

鉴于上述原因，经济环境的变化引起了次级抵押贷款违约事件的增加。抵押贷款违约带来止赎，使得房价下跌。当诱人的低利率时代结束时，这又进一步导致更多违约事件发生，并且，由于借款者房屋价值下降得比抵押贷款本金要低，于是很多借款者不可能再得到再融资。

当抵押贷款违约发生时，次级住房抵押贷款 ABS、CDO 和 CDO^2 债券份额损失价值。这些信用衍生工具带来的亏损侵蚀了金融机构的资本，投资基金的价值损失惨重。社会总财富的损失以及因此所导致的金融机构破产严重打击了金融市场，并因其对实体经济产生严重的负面影响，最终导致失业和大萧条。

26.6.6 监管改革

为了纠正导致信用危机的结构性问题，监管改革势在必行。这一过程现在正在进行中。

首先并且最重要的，正是评级机构的错误评级导致了不同市场参与者处于被误导的市场环境中。实际上，即便给出了不同的评级误导，但如果信用评级机构的评级被改正，则产生信用危机市场的驱动力就会消失。这是因为，如果评级机构各司其职，则下列情况就会发生：

- 金融机构和投资基金不会投资信用衍生工具，因为人们会认为投资于证券的风险太大。
- 除了由房利美和房地美向政府发起的企业提供贷款之外，市场上向次级抵押贷款者提供间接贷款的需求会消失。这可能会使得发放房产抵押贷款者取消宽松贷款标准。
- 金融机构持有权益资本会更合适，因为监管者自身对于金融危机的可能性和成本会有合适的信息。

为了做出监管改变，监管当局已经给出一些合理提议，有些已经被包括在《多德—弗兰克华尔街改革和消费者保护法》中。首先，信用评级机构的支付结构需要改变。使用评级的用户应该对信用评级机构的服务付费；但评级机构不应该从被评级的机构那里收费。这次改革看起来不可能发生，这不属于多德—弗兰克华尔街改革的内容。第二，信用评级应该从所有的政府监管中移除，进而再移除人为创造出的对评级用途的需求。这种改革是多德—弗兰克华尔街改革方案的部分内容。

接下来，需要改革市场参与者的误导结构。金融管理的赔偿方案需要改变，应与长期业绩最大化一致而不是与短期奖金挂钩。保留多年期的年奖金或延迟支付能帮助改善这种情况。由于银行监管者施加压力，很多金融机构制定了这些改革措施。

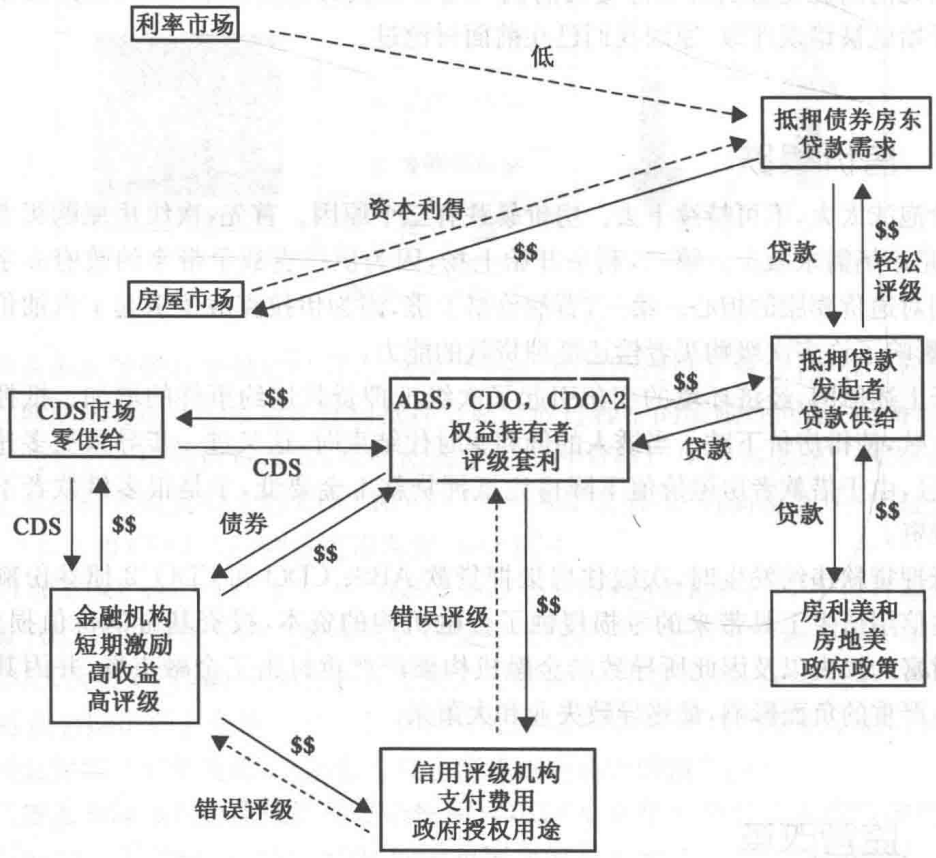


图 26.6　2007 年金融危机

今后，应该要求抵押贷款发放者去持有他们发放的贷款资产的一定比例。也需要设计一个避免抵押贷款发放者优选最好的贷款的机制。这也属于多德—弗兰克改革的内容之一。

最后，房利美和房地美的业务需要与政府政策和政府所有权分离。两家公司应该实现私有化，由市场驱动其运作。关于低收入者住房的政府政策应该仅仅通过财政政策和税收激励来实施。政府行为的这一转变属于多德—弗兰克改革范畴之外，但现在因为房利美和房地美引发的巨大损失而被热议。

26.7 模型和交易的衍生工具的未来

2007 年爆发的信用危机和产生的后果，导致人们对风险管理模型和衍生工具的不安。这份不安使人们开始怀疑风险管理模型和衍生工具的未来。下面，我们会根据本书前面所阐述的知识来讨论这个问题。以下讨论基于加罗(Jarrow，2011)。

26.7.1 模型风险

当我们运用金融风险管理模型时，必须要弄清模型风险。模型风险会发生是因为模型是复杂现实的简单近似。统计学家博克斯和德雷帕(Box and Draper，1984，p.74)说："记住，所有模型都是错误的：实际问题是，它们应该错到哪种地步，才能达到没用的程度。"

一个模型的用途——近似值的质量——需要人们根据目的去判断。原始的模型在一些情况下对于决策者是很有用的，但复杂的模型在其他方面满足人们的需要。应该通过检验和持续地验证模型的用途，来保证近似值的持续准确度。

为了理解怎样去检验一个模型，我们首先需要把模型的假设分为两种类型：一般假设和关键假设。一般假设是指如果假设做轻微修正，模型的结果也只会轻微变动。相反，关键假设是指如果假设有轻微变动，则模型的结果会离散地变动。

上述区别是很重要的，因为既然模型是复杂现实的近似，我们可能不会得到完全准确的假设。对于一般假设我们不需要担心太多。对于一般假设中的小错误，结果也只会出现微小变动。但我们需要对关键假设非常小心，如果我们的关键假设有一点错误，则结果会完全改变。

现在来检验模型，如果有可能的话，我们需要检验模型的所有相关结果和假设。但有时候不是所有的假设都能被检验。在这种情况下，我们必须检验所有关键假设。如果任何一个结果或关键假设被拒绝，那么模型就不能用。为什么呢？因为用一个错误的模型会导致人们做出错误的风险管理决策。

如果一个模型被接受使用，则需要持续监测和验证结果和关键假设，因为市场是动态的和不断变动的。随着监管或机构的变化，市场结构总有可能发生改变，于是，基本的假设可能不再是合理的近似。如果这一情况发生，定价和对冲就不再奏效。

理解模型和它们用途的最好方法是考虑一个类似情况。模型类似于医学处方药。处

方药如果用得合适则会有很大的医学益处和教育用途。但如果用得不对，则处方药会带来负面后果，甚至致死。但这不意味着因为处方药如果用得不对可能会导致死亡，我们就要停止使用它。这意味着我们需要教育和监管使用。事实上，处方药可能应该被人们更多地使用，因为它们能拯救和延长生命。我们的模型也是如此。

金融市场已变得太复杂以至于不能在没有风险管理模型的情况下运行。决定一个价格——公允价值——有时候不是问题，因为在很多情况下，专家的判断可以提供一个合理的估计。但是，下面这些陈述是对的：

- 没有模型，就没有方法去对冲一个组合，即决定对冲比率。
- 没有模型，就没有方法去定价一个流动性差的衍生工具。

这些问题是风险管理的核心。因此金融风险管理模型有存在的价值。

26.7.2 衍生工具

衍生工具已经存在了几千年。它们跨越不同世纪、不同政府、不同经济体系一直存在着。除了人们偶尔利用它们达到邪恶目的，衍生工具的交易一直在进行主要是因为它们帮助完善市场，并最终提升社会福利。如果历史没有给我们展示其他东西，那么，它一定展示了衍生工具一直存续至今。

因此，和衍生工具相处的最好方式就是接受教育和掌握其相关知识。我们已经通过本书内容的阐述让你开始了这段旅行，但这仅仅是个开始！还有大量更多的东西需要去学习和掌握。我们只是刚刚把你引入衍生工具这一领域，现在是完成本书写作的时候了。但是，我们留给你的，是让你知道你已经有能力去应对未来的挑战了。

本章小结

1. 公司的风险管理决策可以通过用公司的资产负债表和损失分布来理解，其中损失分布定义为 $\text{Prob}\{\Delta A_t - \Delta L_t \leqslant x\}$，其中 t 时点的资产价值为 A_t，t 时点负债价值为 L_t，且 $\Delta A_t \equiv A_{t+\Delta t} - A_t$，且 $\Delta L_t \equiv L_{t+\Delta t} - L_t$，分别对应于时间区间 $[t, t+\Delta t]$ 资产和负债价值的变动。

2. 风险价值（VaR_α）对于 α 的损失概率是满足条件 $\text{Prob}\{\Delta A_t - \Delta L_t \leqslant -\text{VaR}_\alpha\} = \alpha$ 的数值。在一些情况下，VaR_α 惩罚分散化，这是风险管理统计的一个失败。

3. 情景分析（也被称作压力测试）开始于一系列公司希望避免发生的情景（或者经济状况）。在这些情景下，公司想要在它的资产和负债的基础上计算损失来看它是否有足够的权益资本来避免破产。情景分析最大的问题是它没有分配不同选择情景的概率。

4. 信用风险是指因对方未能履行契约中的义务而导致违约的风险。有两种方法来量化信用风险：结构式模型和简化式模型。结构式模型被用来制定内部管理决策和了解公司资产负债表的经济变量，但简化式模型被用来定价和对冲金融市场交易的信用风险工具。

5. 流动性风险和操作风险能用书中学习的技术建模。操作风险建模是用与信用风险建模相同的方法。

6. 2007 年信用危机是住房价格泡沫和崩溃的结果。宽松的抵押贷款和低利率产生了泡沫。宽松的抵押贷款标准是由政府政策鼓励低收入家庭所有权和次级住房 ABS、CDO 和 CDO^2 市场的指数增长引起的。

7. 次级住房 ABS、CDO 和 CDO^2 市场的指数增长是由被错误评级的 ABS、CDO 和 CDO^2 债券的高收益产生的。错误评级是由信用评级机构发布的，评级费用的支付结构导致评级机构的激励机制扭曲。金融管理者购买这些证券的短期奖金激励也助长了这些结构式债务的增长。

8. 随着金融机构因为投资 ABS、CDO 和 CDO^2 债券而失去大量财富，房价泡沫的暴涨最终引起了金融危机。

9. 在复杂的金融市场中，需要模型来进行风险管理。为了避免模型误用，就需要提供更好的教育。

案例分析

不凋花基金：30 天损失了 60 亿（毅伟商学院基金会案例 908N03-PDF-ENG，哈佛商学院出版社）该案例研究对冲基金惊人的损失，并介绍如流动性风险、风险价值、价差交易和衍生品运用的概念。

德尔福公司和信用衍生品市场(A)（哈佛商学院案例 210002-PDF-ENG）。该案例阐述了如何使用信用衍生品来对冲信用风险、如何对公司债务的价格进行投机，以及当放贷机构与一家旨在避免破产的处于财务困境的公司进行谈判时，信用衍生工具怎样影响该机构的激励机制。

中信大厦 II：实物期权（香港大学案例 HKU199-PDF-ENG，哈佛商学院出版社）。该案例研究是否购买香港新开垦土地，以在未来合适时间建一幢办公楼的决策的实物期权。

习题和思考题

1. 当用 5%水平下的风险价值去决定权益资本时，债务持有者需要担心 1%水平下的损失吗？请解释。

2. 假设一家公司，它的业务是购买不良债务，即违约公司的债务，希望通过破产解决过程来谋利。对不良债务估值时，不良债务公司四种风险（市场风险、信用风险、流动性风险和操作风险）中的哪种风险会被考虑？请解释。

3. 假设你与一个朋友赌 5 美元来猜一场足球比赛的胜者。你在这场赌博中会面临什么风险？

4. 在结构式信用风险模型中，债务持有者拥有公司，而不是权益持有者。请解释为什么。

5. 既然权益持有者的头寸与公司资产看涨期权的价值一样，并且权益持有者管理公司资产，他们能通过增加公司资产波动率来增加他们的权益价值吗？请解释你的回答。

6. 在简化式信用模型中，债券面临哪三种风险？

7. 是什么风险导致了对冲基金长期资本管理公司的破产？

8. 请解释为什么操作风险和信用风险能用相似的技术建模。

9. 是什么假设让结构式模型的定价和对冲在现实中没有用，但是让简化式模型适合这些业务？

10. 假设你祖母给了你一个银花瓶作为生日礼物。你想把它卖了换一台新电脑。对于此资产，你会面临什么风险？

11. 像 eBay 这样的网络市场，减少了持有资产的什么风险？

12. 当房主借用一笔抵押贷款，他们通常需要交一份定金，这往往是房屋价值的 5%—20%。定金可以降低什么风险？

13. 什么是信用违约互换？

14. ABS 是什么？ABS 中的瀑布现金流是什么？

15. 什么是 CDO？怎么区分 CDO 和 ABS？

16. 什么是 CDO^2？

17. 为什么模型类似于医学处方药？衍生工具是否有可能不能继续交易？请解释。

接下来的两个问题基于以下三家公司的数据。

期望收益率、波动率和组合权重

	Ali Co.（公司 1）	Barb Co.（公司 2）	Cao Co.（公司 3）
周期望收益率	0.002 0	0.002 5	0.003 0
周收益波动率	0.03	0.04	0.05
组合权重	1/3	1/3	1/3

期望收益的相关系数

	Ali Co.（公司 1）	Barb Co.（公司 2）	Cao Co.（公司 3）
Ali Co.	1	0.4	0.8
Barb Co.	0.4	1	0.5
Cao Co.	0.8	0.5	1

18. 请计算 Ali Co. 每周 95%和 99%的风险价值。

19. 请计算等比例投资于三种股票的组合的每周 95%和 99%的风险价值。

20. 现在你已经阅读完本书，并对衍生工具有了一个基本了解，请简单论述一下你对衍生工具利弊的观点。可以利用网络去找些相关的引用来支持你的观点。

附录A

数学和统计

A.1 指数和对数

指数和对数对现金流估值以及计算连续复利收益十分有用。

A.1.1 指数

从算术课上我们学到2乘以2等于4，代数课告诉我们可以将2乘以2写作2^2（读作“2的2次方”）。在这里2是一个**指数**，表示数字自乘两次。

我们可以将这个例子推广一下，并将“x乘以x”写作x^2。我们可以进一步推广，并将“x连乘n次”表示为

$$x^n \equiv x \times x \cdots n\text{次} \tag{A1.1}$$

符号$\equiv$意味着“定义恒成立”。

指数也可以是分数，表示为“根”。例如，$x^{\frac{1}{2}}$意味着$x^{\frac{1}{2}} \times x^{\frac{1}{2}} = x$；我们还可以将$x^{\frac{1}{2}}$写作$\sqrt{x}$并读作“$x$的平方根”。进一步推广，$x^{\frac{1}{n}}$即为“$x$的$n$次方根”，并且还可以将其表示为$\sqrt[n]{x}$，这意味着

$$x^{\frac{1}{n}} \times x^{\frac{1}{n}} \cdots n\text{次} \equiv x \tag{A1.2}$$

负幂通常用于生成一个逆。例如，2^{-1}即为$1/2^1 = 1/2$。这可以进一步推广并定义为：

$$x^{-n} \equiv 1/(x \times x \cdots n\text{次}) \equiv 1/x^n \tag{A1.3}$$

当然，上面的定义只有当x不等于0时才成立（用符号表示即为，$x \neq 0$）；而且，当$x \neq 0$时$x^0 = 1$。这一令人困惑的结果可以通过指数运算法则来解释。你可以将x的0次方写作

$$x^0 = x^{m-m} = x^m \times x^{-m} = x^m / x^m = 1$$

这个式子只有当x不为0时才有效。当$x = 0$，且对x取0次幂时，那么分母中将包含0，实质上即为除以0，这在数学上是不允许发生的，因为其结果没有意义。

接下来我们会描述一些有用的指数运算性质(见表 A.1)。我们会描述法则,并举例说明如何使用。

表 A.1 指数运算法则

指数运算法则	例 子
1. $x^m x^n = x^{m+n}$	$x^2 x^3 = x^5$
2. $x^{-m} = \dfrac{1}{x^m}$	$x^{-2} = \dfrac{1}{x^2}$
3. $x^{m-n} = \dfrac{x^m}{x^n}$	$x^{5-3} = \dfrac{x^5}{x^3} = x^2$
4. $x^0 = x^{m-m} = x^m \dfrac{1}{x^m} = 1$,当 $x \neq 0$ 时	$x^0 = x^{5-5} = \dfrac{x^5}{x^5} = 1$
5. $(x^m)^n = x^{mn}$	$(x^2)^3 = (x^2)(x^2)(x^2) = x^6$
6. $x^m y^m = (xy)^m$ 且 $x^m / y^m = (x/y)^m$	$x^5 y^5 = (xy)^5$ 且 $x^4 / y^4 = (x/y)^4$

A.1.2 对数

在本书中我们只考虑自然对数(见表 A.2)。自然对数写作 $\log(x)$,并定义为

$$\log(x) = y \text{ 等价于 } e^y = x \tag{A1.4}$$

这里,e 为欧拉数,近似于 2.711 828,由极限

$$e = \lim_{n \to \infty} \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n \tag{A1.5}$$

来定义。

当 n 趋于无穷大,对任意实数 x,有无穷级数

$$e^x = 1 + \frac{x}{1} + \frac{x^2}{1 \times 2} + \frac{x^3}{1 \times 2 \times 3} + \cdots + \frac{x^n}{n!} + \cdots \tag{A1.6}$$

注意表达式(A1.6)中的通项由第 $(n+1)$ 项 $x^n/n!$ 来表示,这里,$n!$读作 n 的阶乘,并定义为 $n! = n \times (n-1) \times \cdots \times 3 \times 2 \times 1$,且 $0! = 1$。

表 A.2 对数运算法则

对数运算法则	例 子
1. $\log(xy) = \log x + \log y$	$\log(50) = \log 5 + \log 10$
2. $\log(x/y) = \log x - \log y$	$\log(10/2) = \log 10 - \log 2 = \log 5 + \log 2 - \log 2 = \log 5$
3. $\log(x)^n = n \log x$	$\log 2^3 = \log 8 = \log(2 \times 2 \times 2) = 3\log 2$ 且 $\log 2^{1/5} = (1/5)\log 2$
4. $\log 1 = 0$	因为 $e^0 = 1$,所以 $\log 1 = 0$

A.1.3 连续复利

如果今天将 X 美元以年利率 r 进行投资每年计息 m 次，m 趋于无穷大，则得到 T 时点的价值为

$$X[(1+r/m)^m]^T = X[(1+r/m)^{m/r}]^{rT} \to Xe^{rT} \tag{A1.7}$$

因为当 $n=m/r$ 趋于无穷大时，$(1+r/m)^{(r/m)} \equiv [1+1/(m/r)]^{m/r} = (1+1/n)^n$ 趋于 e。

这可以用来建立股息收益率模型。设想一下，购买一单位每年连续支付股息且股息支付率为 δ 的股票。假设将这些股息再投资到资产中(见第 12.3 节)。

为了建立这个模型，我们首先将一年等分为 m 期，并假设在每期末支付的股息为股票价值的 δ/m。在每个支付日期，我们用获得的股息来购买更多的股票，因此，股票头寸的价值会像复利一样增长。这里，每年对 δ/m 复合 m 次，且 m 趋于无穷大，那么，我们的股票单位将变为

$$T \text{ 年后股票单位有 } [(1+\delta/m)^m]^T \equiv [(1+\delta/m)^{(m/\delta)}]^{\delta T} = e^{\delta T} \tag{A1.8}$$

之所以这样是因为当 $n=m/\delta$ 趋于无穷时，$(1+\delta/m)^{(m/\delta)} \equiv [1+1/(m/\delta)]^{(m/\delta)} = (1+1/n)^n$ 趋于 e。

A.2 二项式定理

从代数知识中你已经学到了如何求两个变量 x 与 y 的和平方：

$$(x+y)^2 = x^2 + y^2 + 2xy$$

表达式 $(x+y)$ 被称为**二项式**，因为它为两项之和。接下来将二项式扩展到三次方：

$$(x+y)^3 = x^3 + 3x^2y + 3xy^2 + y^3$$

可以将此二项式的阶数推广至任意整数 n。二项式定理为我们进行以下运算提供了一种方法：

$$\begin{aligned}(x+y)^n = &\binom{n}{0}x^n y^0 + \binom{n}{1}x^{n-1}y^1 + \cdots + \binom{n}{j}x^{n-j}y^j + \cdots \\ &+ \binom{n}{n-1}x^1 y^{n-1} + \binom{n}{n}x^0 y^n = \sum_{j=0}^{n}\binom{n}{j}x^{n-j}y^j\end{aligned} \tag{A2.1}$$

这里二项式系数(从可能存在 n 件物品中选出 j 件物品的方法总数)可以被表示为

$$\binom{n}{j} = \frac{n!}{j!(n-j)!} \tag{A2.2}$$

表达式 $n!$ 称作 n 的阶乘，并被定义为

$$n! = n \times (n-1) \times (n-2) \times \cdots \times 2 \times 1 \tag{A2.3}$$

例如，$4! = 4\times3\times2\times1 = 24$，$1! = 1$，按照定义有 $0! = 1$，而且，$n! = n(n-1)! = n(n-1)(n-2)!$，以此类推。

A.3 正态分布

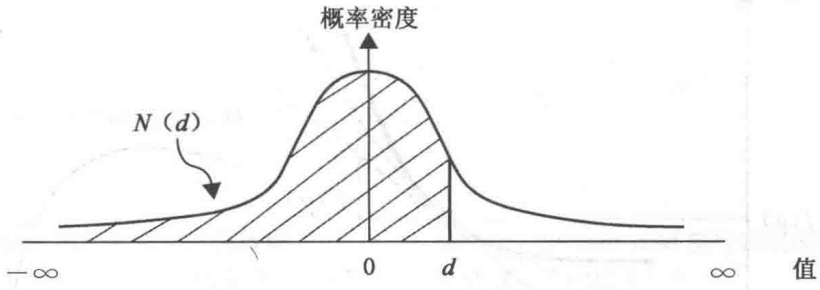
标准正态分布是均值为0、标准差为1的正态分布。正态分布函数由 $N(d)$ 来表示。这表示基础正态随机变量 z 的概率值将小于或等于 d，即 $N(d)=\text{Prob}(z\leqslant d)$。

概率值可以从正态分布表(见表A.3)中查得，也可以通过计算机软件(如电子数据表)来求出。通常情况下，从正态分布表中查到的 z 的概率值大于0。

表 A.3 累积正态分布函数

	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0	0.5	0.504	0.508	0.512	0.516	0.519 9	0.523 9	0.527 9	0.531 9	0.535 9
0.1	0.539 8	0.543 8	0.547 8	0.551 7	0.555 7	0.559 6	0.563 6	0.567 5	0.571 4	0.575 3
0.2	0.579 3	0.583 2	0.587 1	0.591	0.594 8	0.598 7	0.602 6	0.606 4	0.610 3	0.614 1
0.3	0.617 9	0.621 7	0.625 5	0.629 3	0.633 1	0.636 8	0.640 6	0.644 3	0.648	0.651 7
0.4	0.655 4	0.659 1	0.662 8	0.666 4	0.67	0.673 6	0.677 2	0.680 8	0.684 4	0.687 9
0.5	0.691 5	0.695	0.698 5	0.701 9	0.705 4	0.708 8	0.712 3	0.715 7	0.719	0.722 4
0.6	0.725 7	0.729 1	0.732 4	0.735 7	0.738 9	0.742 2	0.745 4	0.748 6	0.751 7	0.754 9
0.7	0.758	0.761 1	0.764 2	0.767 3	0.770 4	0.773 4	0.776 4	0.779 4	0.782 3	0.785 2
0.8	0.788 1	0.791	0.793 9	0.796 7	0.799 5	0.802 3	0.805 1	0.807 8	0.810 6	0.813 3
0.9	0.815 9	0.818 6	0.821 2	0.823 8	0.826 4	0.828 9	0.831 5	0.834	0.836 5	0.838 9
1	0.841 3	0.843 8	0.846 1	0.848 5	0.850 8	0.853 1	0.855 4	0.857 7	0.859 9	0.862 1
1.1	0.864 3	0.866 5	0.868 6	0.870 8	0.872 9	0.874 9	0.877	0.879	0.881	0.883
1.2	0.884 9	0.886 9	0.888 8	0.890 7	0.892 5	0.894 4	0.896 2	0.898	0.899 7	0.901 5
1.3	0.903 2	0.904 9	0.906 6	0.908 2	0.909 9	0.911 5	0.913 1	0.914 7	0.916 2	0.917 7
1.4	0.919 2	0.920 7	0.922 2	0.923 6	0.925 1	0.926 5	0.927 9	0.929 2	0.930 6	0.931 9
1.5	0.933 2	0.934 5	0.935 7	0.937	0.938 2	0.939 4	0.940 6	0.941 8	0.942 9	0.944 1
1.6	0.945 2	0.946 3	0.947 4	0.948 4	0.949 5	0.950 5	0.951 5	0.952 5	0.953 5	0.954 5
1.7	0.955 4	0.956 4	0.957 3	0.958 2	0.959 1	0.959 9	0.960 8	0.961 6	0.962 5	0.963 3
1.8	0.964 1	0.964 9	0.965 6	0.966 4	0.967 1	0.967 8	0.968 6	0.969 3	0.969 9	0.970 6
1.9	0.971 3	0.971 9	0.972 6	0.973 2	0.973 8	0.974 4	0.975	0.975 6	0.976 1	0.976 7
2	0.977 2	0.977 8	0.978 3	0.978 8	0.979 3	0.979 8	0.980 3	0.980 8	0.981 2	0.981 7
2.1	0.982 1	0.982 6	0.983	0.983 4	0.983 8	0.984 2	0.984 6	0.985	0.985 4	0.985 7
2.2	0.986 1	0.986 4	0.986 8	0.987 1	0.987 5	0.987 8	0.988 1	0.988 4	0.988 7	0.989
2.3	0.989 3	0.989 6	0.989 8	0.990 1	0.990 4	0.990 6	0.990 9	0.991 1	0.991 3	0.991 6
2.4	0.991 8	0.992	0.992 2	0.992 5	0.992 7	0.992 9	0.993 1	0.993 2	0.993 4	0.993 6
2.5	0.993 8	0.994	0.994 1	0.994 3	0.994 5	0.994 6	0.994 8	0.994 9	0.995 1	0.995 2
2.6	0.995 3	0.995 5	0.995 6	0.995 7	0.995 9	0.996	0.996 1	0.996 2	0.996 3	0.996 4
2.7	0.996 5	0.996 6	0.996 7	0.996 8	0.996 9	0.997	0.997 1	0.997 2	0.997 3	0.997 4
2.8	0.997 4	0.997 5	0.997 6	0.997 7	0.997 7	0.997 8	0.997 9	0.997 9	0.998	0.998 1
2.9	0.998 1	0.998 2	0.998 2	0.998 3	0.998 4	0.998 4	0.998 5	0.998 5	0.998 6	0.998 6
3	0.998 7	0.998 7	0.998 7	0.998 8	0.998 8	0.998 9	0.998 9	0.998 9	0.999	0.999
3.1	0.999	0.999 1	0.999 1	0.999 1	0.999 2	0.999 2	0.999 2	0.999 2	0.999 3	0.999 3
3.2	0.999 3	0.999 3	0.999 4	0.999 4	0.999 4	0.999 4	0.999 4	0.999 5	0.999 5	0.999 5
3.3	0.999 5	0.999 5	0.999 5	0.999 6	0.999 6	0.999 6	0.999 6	0.999 6	0.999 6	0.999 7
3.4	0.999 7	0.999 7	0.999 7	0.999 7	0.999 7	0.999 7	0.999 7	0.999 7	0.999 7	0.999 8
3.5	0.999 8	0.999 8	0.999 8	0.999 8	0.999 8	0.999 8	0.999 8	0.999 8	0.999 8	0.999 8
3.6	0.999 8	0.999 8	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9
3.7	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9
3.8	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9
3.9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

正态密度是正态分布函数的数学导数。正态密度函数的图像关于均值0对称(见图A.1),并且其形状像一口钟,如果你想计算某些负值的正态分布函数$N(-d)$,则可以利用$N(d)+N(-d)=1$来求得。



图A.1 正态密度函数

例1 累积标准正态分布

- 从累积标准正态分布表(表A.3)中查得,

$$N(0.75)=0.773\,4$$

这是正态随机变量的值小于或等于0.75的概率。

- 同理,

$$N(0.55)=0.708\,8$$

- 或者你还可以使用Excel或Lotus Notes之类的电子数据表程序计算累积正态分布函数,Excel使用的命令为command=NORMSDIST(z),在这里z是基础正态随机变量(在Lotus Notes中,使用的命令为command@NORMAL(z, 0, 1, 0))。

A.4 泰勒级数展开式

1715年,英国数学家布鲁克·泰勒(Brook Taylor)正式提出了**泰勒级数**,它使得我们可以用一种特殊的函数来表示包含多项式的无限项之和。

A.4.1 单变量

若一元函数$f(x)$在a的某个领域内无限可微,则该函数可以展开成幂级数

$$f(x)=f(a)+\frac{f^1(a)}{1!}(x-a)+\frac{f^2(a)}{2!}(x-a)^2+\cdots+\frac{f^{(n)}(a)}{n!}(x-a)^n+\cdots \tag{A4.1}$$

这里,$n!=n\times(n-1)\times\cdots\times2\times1$表示$n$的阶乘,$f^{(n)}(a)$表示函数$f$在点$a$处的$n$阶导数。注意$f^0$定义为$f$本身,定义$(x-a)^0$和0!都等于1;$f^1$和$f^2$通常分别写作$f'$和$f''$。

考虑图A.2,这个函数在点$x=a$处的泰勒级数近似式可以用前两项之和来表示

$$f(x)\approx f(a)+f'(x)(x-a) \tag{A4.2}$$

代数知识告诉我们上式的右边表示了函数 $f(x)$ 在点 $x=a$ 处的切线。式(4.2)表示这条直线逼近于函数 $f(x)$ 在点 $x=a$ 的值(见图中短划线)。

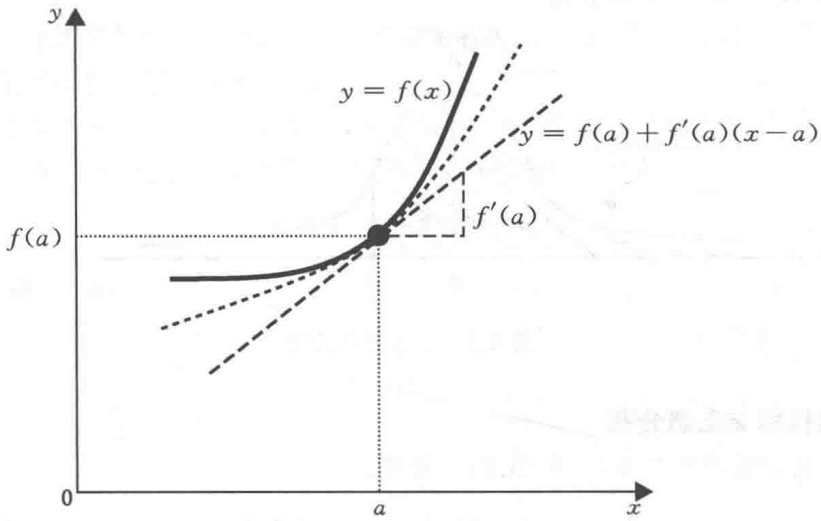


图 A.2　泰勒级数逼近

当 x 围绕 $x=a$ 发生较小的变化时,这种逼近效果会更好。当变量 x 变动幅度较大时,为了得到更好的效果,可以保留包含二阶导的这一项

$$f(x) \approx f(a) + f'(a)(x-a) + \frac{1}{2}f''(a)(x-a)^2 \tag{A4.3}$$

A.4.2　多元

一个良性性状多元函数的泰勒级数可以表示为

$$f(x_1, \cdots, x_d) = \sum_{n1=0}^{\infty} \cdots \sum_{nd=0}^{\infty} \frac{(x_1-a_1)^{n1} \cdots (x_d-a_d)^{nd}}{n_1! \cdots n_d!} \left(\frac{\partial^{n1+\cdots+nd} f}{\partial x_1^{n1} \cdots \partial x_d^{nd}} \right)(a_1, \cdots, a_d) \tag{A4.4}$$

为了说明这个一般规律,我们来考虑一个包含了两个变量 x 和 y 的函数。把 $(x-a)$ 改写为 Δx、$(y-b)$ 改写为 Δy,则关于点 (a, b) 的二阶泰勒级数展式为

$$f(x, y) \approx f(a, b) + \frac{\partial f(a, b)}{\partial x}\Delta x + \frac{\partial f(a, b)}{\partial y} + \frac{1}{2!}\left[\frac{\partial^2 f(a, b)}{\partial x^2}\Delta x^2 + \frac{\partial^2 f(a, b)}{\partial y^2}\Delta y^2 + 2\Delta x \Delta y \frac{\partial^2 f(a, b)}{\partial x \partial y} \right] \tag{A4.5a}$$

把 $f(x, y) - f(a, b)$ 写成 Δf,并把这个式子右边的第一项移到左边进行化简得

$$\Delta f \approx \frac{\partial f}{\partial x}\Delta x + \frac{\partial f}{\partial y}\Delta y + \frac{1}{2!}\left[\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}\Delta x^2 + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}\Delta y^2 + 2\Delta x \Delta y \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} \right] \tag{A4.5b}$$

这个结论会在第 20 章和第 25 章用到。

术语表

Algorithmic trading or algo 算法交易或算法
使用一种算法(一套规则或一系列步骤)识别实时市场数据模式,或者利用潜在的盈利性交易机会进行交易。

American depository receipt 美国存托凭证
一种在美国上市交易的证券,这种证券以固定数量的外国股份作为标的资产。

American option 美式期权
一种可以在有效期内任何一天执行的期权。

Annual Percentage Rate(APR)年百分比利率
以年化单利的形式重述一种利率(如:连续复利)。

Arbitrage 套利
一种不需要资金的净投资便有机会获得无风险利润的交易策略。

Arbitrageur 套利者
试图通过价格差异来谋取套利利润的交易者。

Arbitration 仲裁
一种在去法院之前调节纠纷的制度。

Ask(or offer) price 要价,卖方报价
交易商报出的向客户出售证券的价格。

Asset-backed security(ABS)资产支持证券
特殊目的载体(SPV)发行的以资产作为抵押品为基础的债券。

At-the-money (option) 平值(期权)
标的资产价格接近行权价格的期权。

Audit trail 审计跟踪
对于一项金融安全交易的详细的信息记录。

Backward induction 倒推法
从模型中的最后一个阶段开始、通过逆向推理求解的一种解决问题的数学方法。

backwardation 现货溢价
远期价格或期货价格分别低于即期价格的远期市场和期货市场。

Banging(or marketing) the close 操纵收盘价(做尾盘)
买卖大量证券仓位为收盘做准备,然后在交易结束之前平仓,以此来控制价格。

Banker's discount yield 银行贴现收益率
短期国库券的报价利率。

Basel committee on banking supervision 巴塞尔银行监管委员会
由 10 个国家的中央银行于 1974 年成立的组织;制定了广泛的监管标准并推出了最佳银行业务的声明。

Basis 基差
现货价格减去期货价格。

Basis point(bp)基点
一个百分点的百分之一。

Bbalibor 英国银行家协会伦敦同业拆放利率
英国银行家协会通过收集一组主要银行针对欧洲美元存款(或 9 种其他货币的定期存款)的伦敦同业拆放利率而提出的报价,并计算出截尾均值,来确定日利率,其中欧洲美元存款的期限从隔夜到一年不等。

Bearish trade 看跌交易
从证券价格降低的过程中获益的交易。

Bid price 买方报价
交易商报出的从客户手中购买证券的价格。

Binomial stock price evolution 二项式股价演变模型
一种股价波动模型,该模型使用一棵树,从任意时间结点向前推移,股票价格只能为两种可能值中的一种。

Block trade 大宗交易
交易数量在 1 万股及以上的股票交易。

Bond or fixed-income security 债券或固定收益证券
借款人发行债券,承诺在未来归还本金并对所借款项支付利息(统一公债除外)。

Bond-equivalent yield 债券等值收益率
将债券持有至到期所获得的持有期收益率。

Bootstrap method 息票剥离法
利用市场数据创造一个零息债券价格期限结构的方法(包括采用插值法计算出任意缺失价格)。

Broker 经纪人
撮合买方及卖方并从该服务中赚取佣金的金融

中介。

Bullish trade 看涨交易

从证券价格上涨的过程中获益的交易。

Butterfly spread 蝶式价差

一种期权投资策略，该策略由同一类型的四个期权（均为看涨期权或看跌期权）组成，这四个期权有三种不同的敲定价格：在最高、最低两个敲定价格买入（卖出）两个期权，并同时在中间敲定价格卖出（买入）两个期权。

Buying hedge(or long hedge)买入对冲(多头避险)

对远期合约或期货合约做多头交易，以此来对冲从现货市场买入现货存在的价格风险。

Buy-write(option)同时买卖(期权)

在买进标的资产的同时卖出该标的资产的看涨期权。

Calibration 校准

一种数学方法，该方法假设模型中的价格与市场价格相同，以此来估算衍生品定价模型中的参数。

Call option 看涨期权

一种金融证券，该证券赋予其持有者在未来的某一特定日期或该日期以前，以合约出售时商定的执行价格购买一定数量的金融或实物资产的权利。

Callable bond 可赎回债券

一种债券，其发行者有权在到期日之前归还本金并终止债券。

Cap 利率上限

单期利率上限投资组合。

Capital gain or loss 资本利得/资本损失

利得：以高于购买价的价格出售资产所获得的收益。

损失：以低于购买价的价格出售资产所产生的损失。

Caplet 单期利率上限

利率的欧式看涨期权。

Cash settlement 现金结算

通过现金支付而非交换实物资产的方式来终止一项金融衍生品合约。

Cash-and-carry argument 买现卖期

一个观点，该观点认为远期价格可以通过这种方式来决定：某人以借来的现金购买标的商品并持有该商品至远期合约到期日。

Central limit theorem(CLT)中心极限定理

概率论中的一个重要定理，该定理阐述了大量独立随机变量的均值的分布，将其标准化后（用样本均值减去期望，所得的差再除以均值的标准差），随着样本容量的增加，独立随机变量的均值近似服从于标准正态分布。

Cheapest-to-deliver bond 最便宜交割债券

出售国库券期货合约的卖方可用的一种嵌入式期权，该合约卖方可以在到期日对任何一个国库券进行交割。

Clearing(a trade)清算(一项交易)

当买方和卖方指令相匹配时，一项交易得以正式确立，且由交易所清算中心将此项交易记录在册。

Clearing member 清算成员

对交易进行清算的交易所成员（经纪人或交易商）。

Clearinghouse 清算所

与交易所相联系或附属于交易所的一个实体，负责清算交易。

Close(futures market) 收盘(期货市场)

每日交易时段的最后一段时间。

Close-end fund 封闭式基金

投资公司在初始发行时确定了基金发行总额，之后不再发行额外的份额。

Closing transaction(or a reversing trade)平仓交易(反向交易)

取消未平仓头寸的一种交易。

Collar 双限

（期权）将一个多头看跌期权和一个空头（敲定价格不同）看涨期权与标的资产一个多头寸相组合起来，构成一个投资组合，以便合成的投资组合截断了收益的上下两端。

（市场监管）一个交易限令，规定当股票价格波动超过特定点数时，禁止对该股票进行买卖。

Collateralized debt obligation(CDO)债务抵押债券

一种资产支持证券，该证券与抵押贷款不同，其抵押池由资产支持债券组成。债务抵押债券被划分为高等级债券，其明确规定了债券将获得的利息及本金。

Collateralized debt obligation squared(CDO^2)二次债务抵押债券

一种资产支持证券，其抵押池由债务抵押债券构成。

Combination strategy 混合策略

一种投资组合，全部买入或全部卖出不同类型的期权，这些期权的标的资产和到期日相同。

Commercial paper 商业票据

一种由公司发行的期票，到期期限小于或等于270天，并且以零息债券方式出售。

Commercial trade (futures) (期货)商业交易商

诸如农民、制造商、商品交易商之类的期货交易

商，由于从事的商业活动涉及基础商品，他们具有正当的套期保值需求。

Commitment of traders(COT) 交易商持仓报告

由商品期货交易委员会每周发布的报告，公布了特定期货、期权市场的总计商业及非商业交易头寸。

Commodity(US futures contract) 商品(美国期货合约)

1974年颁布了商品期货交易委员会法案，该法案将商品项目定义为包括任何“货物、商品……以及所有的服务、权利及利益”，所列商品的期货交割合约可进行出售。

Commodity Futures Trading Commission(CFTC) 商品期货交易委员会

对期货及期权市场的期货进行监管的美国联邦政府机构。

Commodity indexed note 商品指数票据

一种衍生品，其持有者收到的款项与商品实物或商品指数的收益相联系。

Commodity pool (or commodity fund) 商品池(商品基金)

投资于商品期货的投资基金。

Commodity swap 商品互换

一种互换，该互换的另一方获得的浮动收益受商品价格变化或商品价格指数收益的影响。

Competitive market 竞争市场

一种理想化的市场，市场上有大量的交易者，他们对整个市场来说是如此的微不足道以至无法影响价格。

Complete market 完整市场

该市场上有充足的证券交易，从而投资者能够获得任何他们想要的期货收益。

Condor spread 铁秃鹰价差

一种期权投资组合，该投资组合由四个同类期权(均为看涨期权或看跌期权)构成，有四个不同的敲定价格：在最高、最低两个敲定价格买入(卖出)两个期权，并同时在中间敲定价格卖出(买入)两个期权。

Consol 金边债券

一种从不归还本金但永远以约定的利率支付利息的债券。

Consumer price index(CPI) 消费者物价指数

该指数用来衡量代表性家用物品以及所购服务的成本。

Contango 期货/远期溢价

远期价格或期货价格分别高于即期价格的远期市场及期货市场。

Convertible bond 可转换债券

一种债券，其持有者有权将这种债券转换为固定份额的该公司股票。

Cost-of-carry model 持仓成本模型

该模型用于确定商品的远期价格，假设购买并持有该商品至未来的成本只有利息。

Counterparties 对手

一次金融交易中的交易者(买方和卖方)。

Coupon 息票

债券附有的定期的利息支付。

Coupon bond 息票债券

一种定期向债券持有者支付利息(息票)的债券。

Covered (option trade) 抵补(期权交易)

一种附有标的资产头寸的期权交易，这种交易策略可以降低整体风险，现金保护看跌期权(一种空头看跌期权交易，其卖方向经纪人支付一笔与敲定价格相等的保证金)作为一个特例也被看作抵补期权。

Credit default swap 信用违约互换

一种衍生证券，为债券的发行者可能违约或债券价值下跌这样的事件发生提供了保险。

Credit swap 信用互换

一种互损，其交易双方支付的款项均基于同一产业但信用评级不同的单个股票收益。

Cross-hedge(imperfect hedge) 交叉避险(不完全避险)

现货与期货头寸相互之间无法完全抵消的避险方式。

Cross-trade 交叉交易

买方和卖方指令的抵消或非竞争性匹配，通常情况下是禁止的，但在特殊情况下允许发生。

Cum-dividend 附有红利

除息前的股票价格。

Currency swap 货币互换

支付一种货币来交换另一种货币的互换。双方之间的普通货币互换(或交叉货币互换)为(1)在开始日期，对两种不同的货币进行等额互换，(2)在中期，对两种货币贷款的利息支付进行互换，(3)在结束日期，偿还贷款的本金额。

Current assets 流动资产

现金或用于收藏、销售或消费的现金等价物，企业在一年正常的营运周期中所产生的资产，所有其他资产都是非流动资产。

Current liabilities 流动负债

企业每年正常的营运周期结算的负债，有些用于

交易，有些是企业实体没有绝对权力超过 12 个月延迟支付；其他的负债为非流动负债。

Daily settlement(futures)(期货)每日结算

贷记/借记期货合约当日保证金账户的收益/损失。

Dark pool (or dark pool of liquidity)黑池交易(或流动性黑池交易)

机构交易者的秘密交易匹配网络，不会直接向交易所发送交易指令，或者交易指令不会在限价指令簿中显示。

Day order 当日指令

如果在下达委托的当日收市之前没有执行指令，限价指令就会被取消。

Day trader 当日交易商

企图从每日价格波动中获利的交易商，早晨建立交易头寸并在收市时结清头寸。

Dealer 交易员

一个金融中介，公布其购买证券打算支付的价格(批发价或买价)或出售证券愿意支付的价格(零售价或卖价)。

Default 违约

没有在约定的时间支付金融合约中事先约定的款项。

Delivery date(or maturity date)交割日(到期日)

期货合约的卖方同意以期货价格向买方交割基础商品的事先确定的日期。

Delivery period(futures)交割期(期货)

在期货合约中规定好的，可以在这一时期交割基础商品。

Delta 期权风险指标 Delta 值

衡量期权价格对其标的资产价格变化的敏感程度。

Delta-neutral Delta 中性

Delta 为 0 的投资组合。

Derivative (or a derivative security)衍生工具(或衍生证券)

一种金融合约，其价值源于股票价格、商品价格、亦或是利率之类的基础变量。

Diagonal spread 对角线价差

购买一个特定截止日期和执行价格的期权，同时卖出一个到期日和执行价格不同的期权，这两种期权(同为看涨期权或同为看跌期权)具有相同的标的资产。

Discriminatory auction 歧视性拍卖

一种拍卖，成功的出价人支付买方报价购买正在销售的商品。

Diversifiable risk 可分散风险

可以通过投资组合证券的多样化来消除的风险。

Dividend 股息

以现金或股票的形式向现有股东的支付。

Dividend yield 股息收益率

某种股票的股息支付以股票价格的一部分来表示。

Dollar return 美元回报

过去投资的 1 美元在未来某一天的价值。

Dual trading 双重交易

允许市场的参与者在同一天扮演经纪人与交易商的角色，但不是同一个交易。

Duration 久期

债券产生的现金流的支付时间的加权平均值，权重相当于各期收到的现金流的现值。

Dynamic hedging 动态套期保值

定期进行调整以保持无风险头寸的套期保值。

Efficient market 有效市场

资产价格“完全并精确”地反映了所有相关信息的市场。

Electronic communications network (ECN)电子通信网络

一个电子系统，该系统自动匹配在特定的限价指令价格水平下公开显示的买方指令与卖方指令。

Employee stock options 员工股票期权

公司以非现金报酬的方式授予雇员的股票看涨期权。

Equilibrium model 均衡模型

通过使供给与需求相等来决定价格的模型。

Equity option 股票期权

以普通股作为标的的期权。

Equity swap 权益互换

这种互换的一方获得的浮动收益受股票或股票指数收益的影响。

Equity-linked note (ELN)股票挂钩票据

一个零息债券(或低息债券)与一个收益基于某单一股票、一篮子股票或股票指数的业绩的票据的组合。

Euribor (Euro Interbank Offered Rate) 欧元银行同业拆放利率

一种以欧元银行间定期存款来计算的利率。

Eurobond 欧洲债券

一种面值金额并非为发行国当地货币的国际债券。

Eurocurrency 欧洲货币

存放在货币发行国境外银行中的本国货币的定期存款。

Eurodollar 欧洲美元
存放在美国境外的银行、以美元标价的定期存款。

European option 欧式期权
只能在到期日当天行权的期权。

Exchange 交易所
买方和卖方在一系列给定的规则下撮合交易一种标准商品的实体或电子场所。

Exchange of physicals (EFP)期转现
以现货交易终止一个期货合约,在此现货交易中,买卖双方私下协商在一个与期货合约中规定的地点不同的场所对该商品进行交割。

Exchange rate 汇率
以一种货币表示另一种货币的价格。

Exchange-traded fund(ETF)交易所交易基金
将一篮子证券中的部分所有权交给股东的投资公司。

Exchange-traded note(ETN)交易所交易票据
由承销银行发行的债券,承诺向投资者支付的收益(减去费用)基于一种市场基准(例如商品物价指数)或某些投资策略的业绩表现。

Ex-dividend date 除息日
在这一天之前持股人可以收到公司上一次宣告发放的股息,当日之后持股人不能享有该期股息。

Execution 执行
当交易双方就期限、条件、价格和数量达成一致,并承诺进行交易时,交易即被执行。

Exercise price(or strike price)执行价格(或敲定价格)
事先已经确定的期权持有人在行权时需要支付的价格。

Exotic (derivative) 奇异期权(衍生品)
是一种复杂的衍生品,不是普通的看涨期权或看跌期权。

Expectations hypothesis 预期假说
该假说认为不同到期日的零息债券是完美的替代品。

Expense ratio(mutual fund)费用比率(共同基金)
以平均净资产的某一百分比来表示共同基金每年的营运开支。

Expiration date(option)到期日(期权)
期权持有人可以执行该期权的最后日期。

Extendible bond 延期债券
一种其持有者有权延长债券期限的债券。

Fail to deliver 交割失败
在一份回购协议中,当合约的对方没能交割证券时,所贷款项可以不收取额外利息延期一天归还。

Federal funds market 联邦基金市场
美国银行业的现金借贷市场。

Federal Reserve System (the Federal Reserve or simply "the Fed")联邦储备系统(联邦储备或简称为"美联储")
美国的中央银行。

Financial Accounting Standards Board (FASB)财务会计准则委员会
一个私人的、非盈利性组织,其主要目的是建立财务会计标准,通过非政府实体来管理财务报告的准备工作。

Financial assets 金融资产
纸质资产,如股票、债券以及代表了对实物资产的索取权的货币。

Financial engineering 金融工程
运用工程工具来开发金融合约以满足企业需求的一门科学。

Financial futures(or financials)金融期货
以金融资产(如外汇)或金融变量(如利率)为基础的期货合约。

Financial Industry Regulatory Authority(FINRA)金融业监管机构
将纽约股票交易所与全美证券交易商协会的自我监管功能联合起来而建立的一个自我监管组织。

Fixed price offering 固定价格报价
对已经事先宣告了价格、利率、到期日的在售证券的报价。

Floor 利率下限
单期利率下限的投资组合。

Floor broker 场内经纪商
在交易所大厅工作的经纪商。

Floorlet 单期利率下限
一种利率的欧式看跌期权。

Forex swap (or FX swap)外汇掉期
一种掉期:(1)这种合约从一种货币与另一种货币的交换开始;(2)在随后的日期以这两种货币现金支付的反向交易结束,且附带利息。

Forward contract 远期合约
买方与卖方之间为了在以后的日期以固定的价格交易某些商品所签订的具有约束力的协议。

Forward price (or delivery price)远期价格(或交割价格)
一份远期合约中的固定价格,在这份期货合约中,交易双方同意在未来的交割期交易商品。

Forward rate 远期利率
投资者可以在今天协定的在未来一段时间内进行

无风险借贷的利率。

Forward rate agreement 远期利率协议

一种衍生品合约，其资金的清偿以未来一段时期借入款项（或贷出款项）的利率为基础。

Forward rate curve 远期利率曲线

远期利率关于到期时间的函数图像。

Front running 预先交易

以关于另一方即将展开的交易的非公开信息为基础的交易。

Fundamental analysis 基本面分析

一种证券分析方法，需要解读一个企业的会计和财务信息，从而判定其股价是高估还是低估。

Futures commission merchant(FCM) 期货佣金商

期货交易服务商，为期货交易的各方面提供了一站式服务。

Futures contract 期货合约

期货合约是买方与卖方之间为了在以后的日期以固定的价格交易某些商品所签订的交易所交易协议。

Gamma 期权希腊字母 Gamma 值

衡量 delta 对标的资产价格变化的敏感程度。

Gilt security 金边证券

一种由英国政府发行的债券。

Good-till-canceled(GTC)order 撤销前有效指令

一种限价指令，保持无限期的开放，直到被执行或是被下达该指令的交易商关闭。

Great Recession 大萧条

这一术语通常用来描述 2007—2009 年，当时大多数国家遭遇了产出的下降并经历了大规模的失业。

Gross domestic product 国内生产总值

一个国家在一年中所生产的全部商品和服务的市场价值。

Hedge 对冲，套期保值，避险

通过构建平衡性或补偿性的合约或交易来保护某人的投资，避免其遭受损失。

Hedge fund 对冲基金

一种利用复杂的策略为高净值客户创收的私人主动管理投资基金。

Hedge ratio 套期保值比率，对冲比率

为了将所有的价格风险从投资组合中去掉，交易每份期权合约所需的股份数量。

Hedger 套期保值者，对冲者

旨在通过交易衍生品及其他证券来降低先存风险的交易商。

High-frequency trading 高频交易

一种计算机化交易策略，通过在极短的时间内进行交易来寻求短期获利机会。

Horizontal spread(time or calendar spread)水平价差（时间价差或日历价差）

通过同时买进卖出标的资产与执行价格相同但到期日不同的期权合约（均为看涨或看跌期权）来构建一个投资组合。

Hybrid debt(or structure note)混合债务（或结构票据）

将一种债券与股权或者衍生品（远期、期权或互换）组合起来所创建的一种衍生证券。

Implied volatility 隐含波动率

令期权的模型价格等于期权的市场价格，由此所计算出来的期权标的资产的收益波动率。

Index (stock market)指数（股票市场）

一种计算投资组合中股票价格的平均值的度量方式。

Index arbitrage 指数套利

基于市场指数与这种指数的期货合约之间价格差异所做出的一种套利交易策略。

Index mutual fund(or stock index fund)指数共同基金（或股票指数基金）

一种共同基金，按照与试图复制的指数相同的比例持有一篮子证券。

Indication schedule (swap) 参考表（互换）

一张列示了不同利率的清单，其中的利率为互换交易商银行愿意进行交易的六个月伦敦同业拆放利率。

Inflation 通货膨胀

一般消费物价水平的上涨。

Initial margin(or performance margin)初始保证金（运作保证金）

在开始一项交易之前，交易商必须向经纪商支付这笔款项（以现金或高品质、低风险证券的形式）作为抵押品。

Insurance 保险

一种金融合约，要求其购买者定期向保险公司支付一笔款项，以确保在损失发生时具有保障。

Intercommodity spread(futures)跨商品价差（期货）

通过同时买进和卖出在相同或不同月份交割的基于不同商品的期货合约而建立的价差。

Interest rate 利率

借入或贷出现金所获收益的比率。

International Money Market 国际货币市场

芝加哥商业交易所（现在是芝加哥商业交易所集团的一部分）的一个部门，外汇期货在这里交易。

International Organization of Securities Commissions (IOSCO)国际证监会组织

一个负责证券监管的国际合作机构。

International Swaps and Derivatives Association (ISDA; previously International Swap Dealers Association)国际互换和衍生品协会(ISDA;之前为国际互换交易商协会)

一个由金融机构、工商企业、政府单位以及其他场外衍生品交易的最终用户组成的产业机构。

In-the-money(option)实值(期权)

立即行权可以获得正的收益的期权。

Intracommodity spread(futures)(期货)同商品价差

通过同时买进和卖出基于同种商品但到期日不同的期货合约而建立的价差。

Intrinsic value 内在价值

(资产)未来现金流的现值,也被称作基础价值。

(期权)立即执行期权所获得的现金流与零之间的较大的一个。

Law of one price 一价定律

一个必要条件,无论是以什么方式创造的,相同的未来现金流具有相同的市场价格。

LEAPS(long-Term Equity Anticipation Securities)长期普通股预期证券

到期期限长达3年的交易所交易的长期头寸。

Leverage 杠杆

用于购买某种证券或证券投资组合的借款。

Liability 负债

一种需要其持有者在未来某一天支付款项的金融负债。

Libor (London Interbank Offered Rate)and libid 伦敦银行同业拆放利率;伦敦银行同业拆入利率

一家银行在伦敦市场上报出的将其过剩资金拆放给另一家银行的年化利率。伦敦银行同业拆入利率是一种与其相似的某银行拆入资金所要求的利率。

Limit order 限价指令

这种指令规定执行时必须按照限定价格或更好的价格成交,否则就不成交。

Limit order book 限价指令簿

交易商的记录簿(或一个电子记录系统),上面记录了等待执行的交易指令。

Listing requirements 上市要求

公司的股票进入交易所交易必须满足的条件。

Long 多头

一种证券的买方。

Maintenance margin 维持保证金

交易商为了维持交易账户继续持有敞口头寸,必须保持在保证金账户内的最低金额。

Margin 保证金

交易商和经纪人持有的抵押品,以抵御交易损失的风险。

Margin call 保证金追加

当保证金账户中交易头寸损失了原有价值且下降至维持保证金以下时,经纪人发出的向保证金账户中增加现金的指令。

Marked-to-market (futures)(期货)按市值计价

当期货合约产生的损益被添加到交易商的保证金账户中时,每个交易日快要结束时的期货头寸按市值计价。

Market close(or the closing call)收盘

收盘价或收盘价幅已被确立的交易的最后一分钟。

Market corner 市场操纵

在该市场上,操纵者控制了可交割的证券或商品,以至于卖空者被迫向操纵者支付高价以履行他们的合约责任。

Market imperfections(or market frictions)市场不完整性(或市场摩擦)

诸如交易成本(经纪人佣金和买卖价差)、交易限制,或进行证券交易所产生的税收这样的交易障碍或交易代价。

Market maker 做市商

许多交易所特别指定的交易商,他们公布买价和卖价,并时刻准备以这些价格进行交易。

Market manipulation 市场操纵

利用市场力量或其他手段进行证券交易,以此来影响证券价格,并给某人自身带来获利优势。

Market order 市价委托

必须立即以最有利的价格执行的交易。

Market portfolio 市场组合

由市场上的所有风险资产按照其在经济中所占的比重组合起来的投资组合。

Market-value(or capitalization) weighted average 市值(资本)加权平均

将每个公司的股价与其权重相乘,然后计算平均值而得出的股票价格指数,这个权重与市场价值(或资本总额)成比例。

Mark-to-model 按模型计价

通过一个模型估算出资产和负债的价值。

Married put 配对看跌期权

同时买入一个看跌期权及其标的资产而构建的投资组合。

Martingale 鞅

一种随机过程,将来某个日期的期望值等于现值。

Martingale pricing 鞅定价方法
一种衍生品定价方法，需要计算衍生品的预期贴现支付流，使用伪概率的方法，并以无风险利率向后贴现至初期。

Master Agreement(ISDA)主协议(国际互换与衍生品协会)
一个由进行场外衍生品交易需要满足的法定条件构成的综合文件。

Modified duration 修正久期
久期除以1加债券收益率。

Money market account 货币市场账户
一种在每一期赚取无风险利率的投资账户。

Mortgage 抵押贷款
一种以住宅或建筑物为抵押的贷款，需要定期偿还利息和本金。

Municipal bond(muni)市政债券
由州、地方或市政府发行的债券，其持有者获得的利息收益通常享有种种免税优惠。

Municipal swap 市政互换
这种金融互换的交易对方为州、地方或市政府。

Mutual fund 共同基金
发起新的投资并允许投资者在任何时候赎回其股份的开放式投资公司。

Naked trading strategy 裸式交易策略
一种期权交易，包含一个没有建立其标的资产的相关头寸的单一期权。

National Association of Securities Dealers(NASD)美国证券交易商协会
为了对美国证券业进行监管，依据美国1934年证券交易法的规定所创建的一个自律组织。

National Association of Securities Dealers Automated Quotations(NASDAQ)纳斯达克，全美证券交易商自动报价协会
最初是一个标示股价报价的计算机电子布告栏系统，已经演变成了世界上第一个电子股票交易所。

National Futures Association(NFA)美国全国期货协会
是一个举行一系列自律、培训、推广和其他期货合约活动的行业组织。

Net asset value(NAV)资产净值
公司的总资产减去总负债。

Net present value 净现值
所有未来现金流的现值减去初始成本。

Noncommercial trader(futures)非商业性交易商(期货)
不同于商业交易商的交易商，通常与期货合约的投机联系在一起。

Nondiversifiable risk 不可分散风险
无法通过证券投资组合的多样化来消除的风险。

Normal backwardation 现货溢价
远期价格或期货价格分别低于预期未来现货价格的远期市场或期货市场。

Notional principal 名义本金
用来计算衍生品交易的现金流的本金账户，其交易双方之间从不进行资金的转手。

Notional variable 名义变量
诸如利率、通货膨胀率和证券指数之类的变量以名义形式存在，而不是以实际交易的资产的形式存在。

On-the-run issue vs. off-the-run issue 指标债券与非指标债券
近期拍卖的国库证券和之前拍卖的证券。

Open interest 未平仓合约
未结清的期货合约总数。

Open-end company 开放式公司
向附加投资开放的投资公司。

Opening call(futures) 开市(期货)
一项期货合约交易的初始阶段。

Open-outcry trading 公开喊价交易
一种进行期货合约交易的传统方法，场内经纪人或交易员必须在交易场喊出他们的买卖报价，从而其他人可以参与进来。

Option class 期权类别
某一特定标的资产的所有看涨期权与看跌期权。

Options Clearing Corporation(OCC)期权清算公司
美国大多数场内交易期权的清算所。

Options on futures(or futures options)期货期权
以一个期货合约作为标的资产的期权。

Options series 期权系列
一系列具有相同期限与条件的期权。

OTC Bulletin Board(OTCBB)场外交易公告板
一种规定好的报价服务，显示了实时报价、最后售价以及场外交易股权类证券的大量信息。

Out trade 交易所错账
由于信息记载不准确而无法在清算所清算的交易。

Out-of-the-money(option)虚值(期权)
立即行权将产生负的现金流的期权。

Over-the-counter(OTC)market 场外交易市场
除了有组织的交易所以外的其他所有进行交易的场所。

Overwrite(option)卖出滞后(期权)
在购买标的股票之后出售以该股票为基础的看涨

期权。

Par bond 平价债券

这种债券的票面利率等于其收益率，从而该债券的价格与债券面值相等。

Par swap rate 平价互换率

在建立一个掉期的初期令其初始价值为零的掉期率。

Payout ratio 股息支付率

某种股票支付的股利在其每股收益中所占的比重。

Physical delivery(forward and futures contracts)实物交割(远期和期货合约)

通过实际交割基础资产或所有权对远期合约或期货合约进行平仓的过程。

Pink quote 粉单报价

一个电子系统，它会显示出经纪商交易员在场外交易市场交易小型股的报价。

Pit(ring)交易池(环状)

期货交易所大厅中的多边形区域。

Plain vanilla derivatives 普通衍生工具

最简单的衍生品合约的市场行话。

Ponzi scheme 庞氏骗局

将后来投资者的现金作为收益支付给早期投资者的一种投资计划。

Portfolio insurance 投资组合保险

通过使用期权 delta 对基础股票和货币市场账户进行交易而创建的合成看跌期权。

Position limit 头寸限额

市场其中一个特定方向上一个交易商可以持有的最大期货(衍生品)合约数。

Position trader(trend follower)头寸交易商(趋势追随者)

维持交易头寸长于一天的投机者。

Post(trading post)交易地区

交易员在交易所交易大厅会面进行交易的特定场所。

Premium(options)期权费

一份期权的价格。

Price bubble 价格泡沫

资产的市场价格与其基本价值之间的差异。

Price discovery 价格发现

通过买卖双方在市场中的相互交易行为来发现价格的过程。

Price limit(daily;or the maximum daily price fluctuation)价格限制(每日的;每日价格最大波幅)

一个交易日中允许发生的最大价格变化。

Price-weighted average(stock index)价格加权平均(股票指数)

通过对指数的成分股价格进行简单的平均化计算得出的股票指数。

Primary dealer 一级交易商

大型证券公司，它们在国债拍卖中积极竞标，并且美联储通过向它们买卖国库券来进行公开市场操作。

Primary market 一级市场

首次向公众发行某种证券的市场。

Principal 本金

债券到期时支付的金额。

Program trading 程序交易

利用计算机程序进行的交易。

Protective put 保护性看跌期权

同时买入一份看跌期权及其标的资产而构成的投资组合，以此抵御该标的资产的跌价风险。

Pseudo-probability(martingale probability or risk-neutral probability)伪概率(鞅概率或风险中性概率)

在鞅定价模型中为了计算衍生品价格而使用的风险调整概率。

Put option 看跌期权

一种金融证券，该证券赋予其持有者在未来的某一特定日期或该日期以前，以执行价格出售一定数量的标的资产的权利。

Putable bond 可卖回债券

这种债券赋予其持有者一种选择权，使其能够在某些特定日期终止该债券。

Put-call parity 看跌—看涨平价

一种将看涨期权、看跌期权、股票、债券的价格联系起来的数学关系。

Random walk 随机游走

一种随机过程，其变化是独立同分布的随机变量。

Ratio spread 比率价差

一种期权投资策略，买入的看涨期权(或看跌期权)的数量与卖出的看涨期权(或看跌期权)的数量不同。

Real asset 实物资产

这种资产包括土地、建筑物、机器、商品，它们都具有实物形态。

Reinsurance 再保险

保险公司为其发行的保单所产生的尾部风险购买保险的做法。

Repurchase agreement("doesa repo")回购协议

通过出售高质量证券并同意在某个固定日期(通

常是第二天)以较高的价格将其购回来借入现金(或贷出证券)。

Residential mortgage-backed security(RMBS)住房抵押贷款支持证券

一种资产支持证券,其抵押池由住房抵押贷款构成。

Rho 期权风险指标 Rho 值

衡量期权价值变化对无风险利率的变化的敏感程度。

Risk premium 风险溢价

一种证券的每单位风险所对应的超额期望收益。

Risk-neutral valuation 风险中性定价理论

使用伪概率计算出期望收益、使用无风险利率进行贴现,从而计算出衍生品价值的方法。

Round lot 整股(手)

股票的交易单位,通常以 100 股为基础。

Round trip(commissions for trading futures)双向交易(期货交易的佣金收取方式)

开仓时不需要支付佣金,平仓时需要支付全额佣金。

Savings and loans bank 存贷银行

美国一种专门从事住房抵押贷款业务的特殊银行。

Scalper 抢帽子者

一天交易许多次、并希望从每一次交易中获取薄利的投机者。

Scenario analysis(stress testing)情景分析(压力测试)

一种根据识别未来经济中可能出现的场景来计算损失的方法

Seat(in the context of a securities exchange)交易席位(在证券交易所中)

交易所中的会员资格。

Securities and Exchange Commission(SEC)证券交易委员会

负责监管股票和股票期权市场的美国联邦政府机构。

Securitization 证券化

将许多个人贷款与债务组合起来放在一个抵押池中并将这些资产的要求权出售给第三方投资者的过程。

Security 证券

一种金融合约(如股票、债券或衍生品),它将某些未来现金流的所有权赋予其持有者。

Self-financing trading strategy 自融资交易策略

一种多期交易策略,在其中间时期不需要现金流入与现金流出。

Self-regulatory organization(SRO)自律组织

一种由对其自身实施管理职能的行业或专业成员构成的组织。

Semiannual bond equivalent basis 半年一次债券等价基础

在一年有 365 天的假设下计算半年期利息,并且按照 6 个月中的实际天数来计算。

Separate trading of registered interests and principal of securities(STRIPS)本息分离债券

将国债的每笔现金流进行分拆从而形成不同的零息债券。

Settlement 结算

证券交易的最后一步,买方支付现金并得到该证券的所有权。

Settlement date(forward rate agreement)结算日(远期利率协议)

远期利率协议的参考利率的确定日期。

Settlement price(futures)结算价格(期货)

最后成交价或者一种由交易所结算委员会决定的合适的价格,用来进行期货合约的每日结算。

Shareholder's equity(equity)股东权益(权益)

企业所拥有的资产减去其需要承担的负债。

Short 空头

一种证券卖方的市场行话。

Short selling 卖空

借入和出售并非某人所有的证券。

Simple forward rate 远期利率单利

以年化单利表示的远期利率。

Special purpose vehicle(SPV)特殊目的载体

以发行债务为目的而建立的法律实体,这些负债以一个抵押池中集合的资产为担保。

Specialist 专业会员商

一种交易商—经纪人做市商,其工作职责在于使分配给他们的证券市场有序运行。

Speculation 投机

进行风险交易以期获得正的收益。

Spin-off 子公司独立

现有企业通过出售股份或发行新股来建立一个独立的公司,或是建立一个母公司的分公司。

Spot price(or cash price)现货价格

商品或证券即时进行交易的价格。

Spot rate 即期利率

期限最短且无违约风险的零息债券的收益率。

Spread trading 价差交易

这种交易需要购买一份或更多的证券,并出售相

似的证券，以在价差趋同的过程中获取套利利润为目的。

Stock 股票

一种有限责任资产，赋予其投资者对公司剩余价值的所有权。

Stock price evolution 股票价格演变

一种描述股票价格如何随着时间的推移随机演变的模型。

Stop-loss order 止损指令

一种限价出售指令，要求价格低于当前市价；或限价买入指令，要求价格高于当前市价。

Storage costs 仓储成本

在持仓成本模型中，由于储存实物商品而带来的成本。

Straddle(called put-to-call strategy in London) 跨式(在伦敦被称为"看跌—看涨策略")

一种期权交易策略，要求同时买进(或卖出)标的资产、敲定价格、到期日均相同的看涨期权与看跌期权。

Strangle 勒束式

一种期权交易策略，要求同时买进(或卖出)标的资产和执行价格相同，但到期日不同的看涨期权与看跌期权。

Subprime lending (also known as B-paper, near-prime, or second chance lending) 次级贷款

向那些由于信用记录不良而无法以最优利率(在主要市场)贷款的借款人发放贷款。

Swap(financial swap) 互换(金融互换)

双方协商在合约的存续期交换一系列(通常为)半年一次的现金流。

Swap buyer 互换买方

支付固定利率并收到浮动利率的(普通)金融互换一方。

Swap facilitator(swap bank)互换服务商(互换银行)

在互换市场中扮演经纪人或交易商角色的金融中介。

Swap issuer(initiator) 互换发行者(发起人)

通过寻找对手方来完成交易的发行金融互换的当事人。

Swap rate 互换利率

事先已确定好的金融互换的对手方需要支付的利率，以此来交换某个众所周知的参考利率，如伦敦同业拆放利率。这个利率使得互换在起初价值为零。

Swaption 互换期权

一种以利率互换作为标的资产的期权。

Synthetic index 合成指数

以复制某一指数的收益为目的而创建的投资组合。

Synthetic option 合成期权

一种由可交易证券构成的投资组合，该投资组合复制了某种期权的收益，因此为未来避免套利的发生，其价格必须与在交易期权的价格相同。

Tail risk 尾端风险

发生位于概率分布尾端的罕见事件的风险。

Technical analysis 技术分析

一种证券分析技术，该技术着眼于价格形态，并包含了预测股价究竟是高估还是低估的相关度量方法。

Tenor(maturity or term of a swap) 互换期限

一个金融互换的持续时间。

Term structure of interest rates 利率的期限结构

收益率或远期利率与到期时间之间的关系图像。

Theta 期权希腊字母 Theta 值

衡量期权到期时间的减少对期权价值的影响。

Tick size (minimum price fluctuation) 最小价格波动

交易所交易证券的最小价格变动。

Ticker(trading) symbol 行情(交易)显示代码

通过这种缩写可以辨别交易所交易证券。

Ticker tape 行情显示器

一种运行的纸带或是电子面板，上面向交易所内外的人显示了各种价格、报价，以及其他相关信息。

Time spread(calendar spread)时间价差(日历价差)

通过同时买进卖出标的商品相同但交割月份不同的期货而建立的价差。

Time value(option)时间价值(期权)

期权费(或期权价格)减去其内在价值。

Total return index 总回报指数

该指数假设将指数中企业的所有付款都再投资到一个假设的指数投资组合中去。

Total return swap 总收益互换

一种互换，其中一方支付某价格指数所获得的总收益，以此来交换某一固定或浮动利率报酬。

Trading at settlement(or TAS) 结算时交易

一种特殊的期货合约，交易的对手方在交易的时候决定合约价格将等于当天的结算价加上或减去已商定好的差价。

Trading volume(or volume)成交量

在一个交易日中所交易的合约或证券总数。

Treasury bill(T-bill) 短期国库券

美国政府以零息债券的形式出售的债务，其到期

时间最多为1年。

Treasury inflation protected security(TIPS) 通货膨胀保值债券

这种国债针对通货膨胀进行调整，并向投资者支付保证的实际收益率。

Treasury note and bond(T-note and T-bond) 中期国债和长期国债

每半年付息一次的国债，原定偿还期限为1年以上，中期国债最长为10年，长期国债为10年以上。

Treasury security(Treasuries) 国库证券

美国联邦政府发行的债务。

Treasury-Eurodollar(TED) spread 泰德利差

伦敦银行间同业拆放欧洲美元利率与期限相同的国债利率之差。

Underlying(for a derivative)(衍生工具)标的

一种标的资产或名义变量，其价格或价值决定了衍生工具的收益。

Uniform price auction 统一价格拍卖

一种所有中标人支付相同价格(最高无效价格或最低中标价格)的拍卖。

Upstairs market 经纪行市场、楼上市场

一种远离交易大厅的交易市场，无论有没有经纪人的帮助，都在这里进行大型交易的谈判。

Value-at-risk(VaR) 风险价值

在预先设定的时间间隔和置信水平(如1%或5%)下，公司可能损失的最大金额。

Variation margin 变动保证金

将期货结算价格相对于前一交易日的变化金额计入交易者账户的借方或贷方。

Vega 期权希腊字母 Vega 值

衡量期权价值变化对其标的资产收益率波动的敏感程度。

Vertical spread (money, perpendicular, or price spread) 垂直价差(货币价差、或价格价差)

同时买进和卖出敲定价格不同但标的资产和到期日相同的期权(同为看涨期权或看跌期权)。

VIX(CBOE Volatility index)芝加哥期权交易所波动率指数

衡量标准普尔500股票指数期权价权的市场近期隐含波动率。

Wall Street 华尔街

一种对投资银行企业的表述，许多投资银行都在纽约金融区的华尔街附近设立办公场所。

Warehousing swap 仓储互换

互换提供商所使用的一种风险管理技术，他们进入不同的互换买方和卖方市场进行交易，并对冲残余风险。

Wash sale 虚假交易

发起同一商品并不是为了进行正当交易的买卖交易。

When-issued market 预发行市场

一种专业的远期市场，在这个市场上，国债在实际证券拍卖之前公开发行。

Wild card play(T-bond futures) 百搭牌游戏(长期国债期货)

百搭牌(长期国债期货)向长期国债期货出售者提供的一种嵌入期权，旨在告知他们，交割将在市场闭市几个小时之后进行。

Writer(option) 期权出售者

期权的卖方。

Yield(yield to maturity or internal rate of return) 收益率(到期收益率或内部收益率)

使债券现金流的现值等于债券当前市价的贴现率。

Yield curve 收益率曲线

债券收益率关于期限的函数图像。

Zero-cost collar 零成本双限期权

将一个多头看跌期权和一个空头看涨期权与标的资产的多头组合起来，构成一个投资组合，于是合成的投资组合截断了支付的上限和下限。

Zero-coupon bond 零息债券

不支付利息但以低于本金的折价方式出售的债券。

Zero-sum game 零和博弈

在这样的游戏中，交易一方的收益等于另一方的损失。

符号

$A(t)$ 货币市场账户中，初始投资 1 美元，每期赚取的无违约风险即期利率的值。（第 1—25 章）公司资产的价值（第 26 章）。

$b(t)$ t 时点的基点（≡现货价格－期货价格）。

$B(t, T)$ T 时点的收益为 1 美元的零息债券在 t 时点的价格（有时简写为 $B(t)$ 或 B）。

B_E 零息债券在国外的价格（以“欧洲术语”表示）。

C 现金流或债券的票息。

c 欧式看涨期权的价格或利率上限价格（第 1—25 章）；市场清算信用违约掉期率（第 26 章）。

c_A 美式看涨期权的价格。

corr 相关系数。

cov 协方差。

δ 股利收益率（第 1—24 章）；计算远期单利率的时间间隔（第 25 章）；返回率（第 26 章）。

div 美元股利。

dur 债券久期。

dur_M 债券的修正久期。

Δ （delta）变量取值的变化。

e 指数函数。

$E(t)$ t 时点公司的股权价值。

$E(\cdot)$ 计算括号内表达式的期望值。

$E^{\pi}(\cdot)$ 使用由 π 表示的伪概率来计算括号内表达式的期望值。

f_{FRA} 远期利率协定利率。

$f(t, T)$ t 时点刻定好的远期利率，在 $[T, T+1]$ 时间段内生效。

$F(t, T)$ T 时点到期的远期合约在 t 时点的价格（有时简写为 F）。

F_A 非美国货币以美元记值的远期价格。

F_E 非美国货币以欧洲货币形式或除美元之外的其他货币形式表示的远期价格。

G 仓储成本（总额）。

h 期货套期保值比率最小方差。

i 年单利（“本币”或“美元”）；i_E 为年利率（“欧洲的”或“外国的”）。

I 指数。

i_{fut} 期货利率。

i_s 互换利率。

$i(t, T)$ t 时点考虑的远期利率单利，在 T 时点生效。

log 自然对数。

L 债券本金或面值。

$L(t)$ t 时点发行的债券的价值。

L_N 名义本金。

λ 每单位时间发生违约的概率（在简化式模型中）；$\tilde{\lambda}$ 为风险中性违约概率。

μ 期望收益（第 1—24 章）；远期利率单利的期望百分比变动（第 25 章）。

$N(x)$ 均值为 0、标准差为 1 的累积标准正态分布函数。

$N'(x)$ 标准正态密度函数。

p 欧式看跌期权价格（第 1—20 章）；单期利率下限价格（第 21—26 章）。

p_A 美式看跌期权价格。

P 债券价格。

Prob 概率。

Prob_{π} π 为基础概率时，一个随机变量取某些值的概率。

ϕ 伪概率中风险调整的项。

π 股价上升的伪概率。

$\pi(t, T)$ 期限为 T 的零息债券在 t 时点升值的伪概率。

PV 现值。

q 股价上升的真实概率。

$q(t)$ 零息债券价格的期限结构在 t 时点上升的真实概率。

$\mathcal{F}(t)$ 期货在 t 时点的价格。

g 仓储成本（年度比率）。

$R(t)$ t 时点宣布的适用于 $[t, t+1]$ 时间段的无违约风险即期利率。

R_E	适用于以外国货币投资的“美元收益”概念(以欧洲货币形式或以除美元以外的其他货币形式)。
Ref	在某些未来日期宣布的参考利率(多数情况下为伦敦银行同业拆放利率或欧元银行同业拆借利率)。
$S(t)$	t 时点的股票价格或商品现货价格。
S_A	以美式方式表示的即期汇率。
S_E	以欧式方式表示的即期汇率。
S_{CDIV}	附息股价。
S_{XDIV}	除息股价。
sd	标准方差。
r	年连续复利;r_E 为外国利率(“欧式”利率)。
$R(0, T)$	今天投资 1 美元于无风险债券,在 T 时点所获得的美元收益(第 1—20 章)。
σ	股票年收益的标准差(波动率)。
θ	股票的风险溢价。
υ	远期利率平均波动率。
U, D	在单期或多期二项式期权定价模型中,分别为上涨影响因子和下跌影响因子。
$u(t, T)$	HJM 多期二项式利率期权定价模型中,上涨影响因子。
$d(t, T)$	HJM 多期二项式利率期权定价模型中,下跌影响因子。
var	方差。
VaR_α	损失概率为百分之 α 的风险价值度。
y	每年的便利收益率(第 12 章);附息债券收益率(第 21—26 章)。
Y	总便利收益率。

文献

Allen and Overy, 2002. "An Introduction to the Documentation of OTC Derivatives." www.isda.org.

Alletzhauser, Albert J., 1990. *The House of Nomura: The Inside Story of the Legendary Japanese Financial Dynasty.* Harper Perennial, New York.

Amemiya, Takeshi, 1994. *Introduction to Statistics and Econometrics.* Harvard University Press, Cambridge, Mass.

Amin, Kaushik I., and Robert A. Jarrow, 1991. "Pricing Foreign Currency Options under Stochastic Interest Rates." *Journal of International Money and Finance* 10(3), 310–29.

Arrow, Kenneth J., 1953. "Le rôle des valeurs boursières pour la répartition la meilleure des risques." *Econometrie* 11, 41–48. (Trans. 1964, "The Role of Securities in the Optimal Allocation of Risk-Bearing." *Review of Economic Studies* 31(2), 91–96.)

Arrow, Kenneth J., and Gerard Debreu, 1954. "Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy." *Econometrica* 22(3), 265–90

Artzner, Philippe, Freddy Delbaen, Jean-Marc Eber, and David C. Heath, 1999. "Coherent Measures of Risk." *Mathematical Finance* 9(3), 203–28.

Bachelier, Louis J.-B. A., 1900. *Théorie de la Spéculation.* Gauthier-Villars, Paris.

Bakshi, Gurdip, Charles Cao, and Zhiwu Chen, 1997. "Empirical Performance of Alternative Option Pricing Models." *Journal of Finance* 52(5), 2003–49.

Bank, Peter, and Dietmar Baum, 2004. "Hedging and Portfolio Optimization in Financial Markets with a Large Trader." *Mathematical Finance* 14(1), 1–18.

Bank for International Settlements, 2005. *OTC Derivative Market Activity in the First Half of 2005.* Monetary and Economic Department, Bank for International Settlements, Basel, Switzerland.

Baxter, Martin W., and Andrew J. O. Rennie, 1996. *Financial Calculus: An Introduction to Derivatives Pricing.* Cambridge University Press, Cambridge.

Bernstein, Peter L., 1992. *Capital Ideas: The Improbable Origins of Modern Wall Street.* John Wiley, Hoboken, N.J.

Bernstein, Peter L., 1998. *Against the Gods: The Remarkable Story of Risk.* John Wiley, New York.

Bhattacharya, Mihir, 1983. "Transactions Data Tests of Efficiency of the Chicago Board Options Exchange." *Journal of Financial Economics* 12(2), 161–85.

Bhattacharya, Utpal, and Hazem Daouk, 2002. "The World Price of Insider Trading." *Journal of Finance* 57, 75–108.

Billingsley, Patrick, 1995. *Probability and Measures.* 3rd ed. John Wiley, New York.

Black, Fischer S., 1976. "The Pricing of Commodity Contracts." *Journal of Financial Economics* 3(1–2), 167–79.

Black, Fischer S., and Myron S. Scholes, 1973. "The Pricing of Options and Corporate Liabilities." *Journal of Political Economy* 81, 637–59.

Black, Fischer S., Emmanuel Derman, and William W. Toy, 1990. "A One-Factor Model of Interest Rates and Its Application to Treasury Bond Options." *Financial Analysts Journal* 46, 33–39.

Box, George E. P., and Norman R. Draper, 1987. *Empirical Model-building and Response Surfaces.* John Wiley, New York.

Brace, Alan, Dariusz Gatarek, and Marek Musiela, 1997. "The Market Model of Interest Rate Dynamics." *Mathematical Finance* 7(2), 127–55.

Brealey, Richard A., and Stewart C. Myers, 2003. *Principles of Corporate Finance.* 7th ed. McGraw-Hill, New York.

Brennan, Michael J., and Eduardo S. Schwartz, 1979. "A Continuous Time Approach to the Pricing of Bonds." *Journal of Banking and Finance* 3(2), 133–55.

Brickley, James A., and John J. McConnell, 1987. "Dividend Policy." In *The New Palgrave: A Dictionary of Economics.* Edited by John Eatwell, Murray Milgate, and Peter Newman. W. W. Norton, New York. (Repr. 1989, *The New Palgrave: Finance.*)

Campbell, John Y., Andrew W. Lo, and A. Craig MacKinlay, 1996. *Econometrics of Financial Markets.* Princeton University Press, Princeton, N.J.

Cantor, Richard, and Frank Packer, 1994. "The Credit Rating Industry." *Federal Reserve Bank of New York Quarterly Review* 19(2), 1–26.

Castelli, Charles, 1877. *The Theory of "Options" in Stocks and Shares.* Fred C. Mathieson, London.

Çetin, Umut, Robert A. Jarrow, and Philip E. Protter, 2004. "Liquidity Risk and Arbitrage Pricing Theory." *Finance and Stochastics* 8(3), 311–41.

Chance, Don M., 2008. "A Synthesis of Binomial Option Pricing Models for Lognormally Distributed Assets." *Journal of Applied Finance* 18(1), 38–56.

Chang, Carolyn W., and Jack S. K. Chang, 1990. "Forward and Futures Prices: Evidence from Foreign Exchange Markets." *Journal of Finance* 45(4), 1333–36.

Chatterjea, Arkadev, 1993. *Market Manipulation and a Model of the United States Treasury Securities Market.* Unpublished PhD dissertation, Cornell University, Ithaca, N.Y.

Chatterjea, Arkadev, and Robert A. Jarrow, 1997. "Market Manipulation, Price Bubbles, and a Model of the U.S. Treasury Securities Auction Market." *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 33(2), 255–89.

Cornell, Bradford, and Marc R. Reinganum, 1981. "Forward and Futures Prices: Evidence from Foreign Exchange Markets." *Journal of Finance* 36(12), 1035–45.

Courtault, Jean-Michel, Yuri Kabanov, Bernard Bru, Pierre Crépel, Isabelle Lebon, and Arnaud L. Marchand, 2000. "Louis Bachelier on the Centenary of *Théorie de la Spéculation.*" *Mathematical Finance* 10(3), 341–53.

Cox, David R., and Hilton D. Miller, 1990. *The Theory of Stochastic Processes.* Chapman Hall, London.

Cox, John C., Stephen A. Ross, and Mark Rubinstein, 1979. "Option Pricing: A Simplified Approach." *Journal of Financial Economics* 7(3), 229–63.

Cox, John C., Jonathan E. Ingersoll, and Stephen A. Ross, 1981. "A Re-examination of Traditional Hypotheses about the Term Structure of Interest Rates." *Journal of Finance* 36(4), 769–99.

Cox, John C., Jonathan E. Ingersoll, and Stephen A. Ross, 1985. "A Theory of the Term Structure of Interest Rates." *Econometrica* 53(2), 385–407.

Culbertson, John M., 1957. "The Term Structure of Interest Rates." *Quarterly Journal of Economics* 71(4), 485–517.

Dash, Mike, 2001. *Tulipomania: The Story of the World's Most Coveted Flower and the Extraordinary Passions It Aroused.* Three Rivers Press, New York.

DeGroot, Morris H., and Mark J. Schervish, 2011. *Probability and Statistics.* 3rd ed. Pearson Addison Wesley, Boston.

Dezhbakhsh, Hashem, 1994. "Foreign Exchange Forward and Futures Prices: Are They Equal?" *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 29(1), 75–87.

Dixit, Avinash K., and Robert S. Pindyck, 1994. *Investment under Uncertainty.* Princeton University Press, Princeton, N.J.

Duffie, Darrell, 1989. *Futures Markets.* 1st ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J.

Duffie, Darrell, 2001. *Dynamic Asset Pricing Theory.* 3rd ed. Princeton University Press, Princeton, N.J.

Dunn, Kenneth B., and Kenneth J. Singleton, 1986. "Modeling the Term Structure of Interest Rates under Nonseparable Utility and Durability of Goods." *Journal of Financial Economics* 17(1), 27–55.

Easterbrook, Frank H., 1986. "Monopoly, Manipulation and the Regulation of Futures Markets." *Journal of Business* 59(2), 103–27.

Edwards, Franklin R., and Cindy W. Ma, 1992. *Futures and Options.* McGraw-Hill, New York.

Ehrlich, Paul R., 1968. *The Population Bomb.* Ballantine, New York.

Eisenberg, Larry, and Robert A. Jarrow, 1994. "Option Pricing with Random Volatilities in Complete Markets." *Review of Quantitative Finance and Accounting* 4(1), 5–17. (Repr. 1998, *Volatility: New Estimation Techniques for Pricing Derivatives*, Risk, London.)

Engle, Robert F., and Joshua V. Rosenberg, 2002. "Empirical Pricing Kernels." *Journal of Financial Economics* 64(3), 341–72.

Feynman, Richard P., 1998. *The Meaning of It All: Thoughts of a Citizen-Scientist.* Perseus Books, Reading, Mass.

Filer, Herbert J., 1959. *Understanding Put and Call Options.* Popular Library, New York.

Finucane, Thomas J., 1997. "An Empirical Analysis of Common Stock Call Exercise: A Note." *Journal of Banking and Finance* 21(4), 563–71.

Fischel, Daniel R., and David J. Ross, 1991. "Should the Law Prohibit 'Manipulation' in Financial Markets?" *Harvard Law Review* 105(2), 503–53.

Fisher, Irving M., 1930. *The Theory of Interest.* Macmillan, New York.

Follmer, Hans, and A. Schied, 2004. *Stochastic Finance: An Introduction in Discrete Time.* 2nd ed. Walter de Gruyter, Berlin.

French, Kenneth R., 1980. "Stock Returns and the Weekend Effect." *Journal of Financial Economics* 8(1), 55–69.

French, Kenneth R., and Richard Roll, 1986. "Stock Return Variances: The Arrival of Information and the Reaction of Traders." *Journal of Financial Economics* 17 (1), 5–26.

Froot, Kenneth A., David S. Scharfstein, and Jeremy C. Stein, 1994. "A Framework for Risk Management." *Harvard Business Review* 72(6), 91–102.

Gastineau, Gary L., and Mark P. Kritzman, 1996. *The Dictionary of Financial Risk Management.* Frank J. Fabozzi Associates, New York.

Gelderblom, Oscar, and Joost Jonker, 2005. "Amsterdam as the Cradle of Modern Futures and Options Trading, 1550–1650." In *The Origins of Value: The Financial Innovations That Created Modern Capital Markets.* Edited by William N. Goetzmann and K. Geert Rouwenhorst. Oxford University Press, New York.

Glasserman, Paul, 2003. *Monte Carlo Methods in Financial Engineering.* Springer Science + Business Media, New York.

Greenbaum, Stuart I., and Anjan V. Thakor, 2007. *Contemporary Financial Intermediation.* 6th ed. Academic, Burlington, Mass.

Grossman, Sanford J., and Joseph E. Stiglitz, 1980. "On the Impossibility of Informationally Efficient Markets." *American Economic Review* 70(3), 393–408.

Hao, Jia, Avner Kalay, and Stewart Mayhew, 2010. "Ex-Dividend Arbitrage in Option Markets." *Review of Financial Studies* 23(1), 271–303.

Harrison, J. Michael, and David M. Kreps, 1979. "Martingales and Arbitrage in Multiperiod Securities Markets." *Journal of Economic Theory* 20(3), 381–408.

Harrison, J. Michael, and Stanley R. Pliska, 1981. "Martingales and Stochastic Integrals in the Theory of Continuous Trading." *Stochastic Processes and Their Applications* 11(3), 215–60.

Heath, David C., and Robert A. Jarrow, 1988. "Ex-Dividend Stock Price Behavior and Arbitrage Opportunities." *Journal of Business* 61(1), 95–108.

Heath, David C., Robert A. Jarrow, and Andrew J. Morton, 1992. "Bond Pricing and the Term Structure of Interest Rates: A New Methodology for Contingent Claims Valuation." *Econometrica* 60(1), 77–105.

Hicks, John R., 1946. *Value and Capital.* 2nd ed. Clarendon Press, Oxford.

Higgins, Leonard R., 1902. *The Put-and-Call.* Elfingham Wilson, Royal Exchange, London.

Ho, Thomas S. Y., and Sang-Bin Lee, 1986. "Term Structure Movements and Pricing Interest Rate Contingent Claims." *Journal of Finance* 41(5), 1011–29.

Ho, Thomas S. Y., and Sang-Bin Lee, 2004. *The Oxford Guide to Financial Modeling: Applications for Capital Markets, Corporate Finance, Risk Management and Financial Institutions.* Oxford University Press, New York.

Hughston, Lane P., 1996. "The New Interest Rate Models." In *The New Interest Rate Models.* Risk Books, London.

Hull, John C., 2002. *Options, Futures, and Other Derivatives.* 5th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J.

Jarrow, Robert A., 1981. "Liquidity Premiums and the Expectations Hypothesis." *Journal of Banking and Finance* 5(4), 539–46.

Jarrow, Robert A., 1992. "Market Manipulation, Bubbles, Corners, and Short Squeezes." *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 27(3), 311–36.

Jarrow, Robert A., 1994. "Derivative Security Markets, Market Manipulation and Option Pricing Theory." *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 29(2), 241–61.

Jarrow, Robert A., 1999. "In Honor of the Nobel Laureates Robert C. Merton and Myron S. Scholes: A Partial Differential Equation That Changed the World." *Journal of Economic Perspectives* 13(4), 229–48.

Jarrow, Robert A., 2002a. "Put Option Premiums and Coherent Risk Measures." *Mathematical Finance* 12(2), 135–42.

Jarrow, Robert A., 2002b. *Modeling Fixed Income Securities and Interest Rate Options.* 2nd ed. Stanford University Press, Palo Alto, Calif.

Jarrow, Robert A., 2008. "Operational Risk." *Journal of Banking and Finance* 32(5), 870–79.

Jarrow, Robert A., 2009a. "Credit Risk Models." *Annual Review of Financial Economics* 1, 37–68.

Jarrow, Robert A., 2009b. "The Term Structure of Interest Rates." *Annual Review of Financial Economics* 1, 1–28.

Jarrow, Robert A., 2011. "Risk Management Models: Construction, Testing, Usage." *Journal of Derivatives* 18(4), 89–98.

Jarrow, Robert A., 2012. "The Role of ABS, CDS and CDOs in the Credit Crisis and the Economy." In *Rethinking the Financial System.* Edited by Alan S. Blinder, Andrew W. Lo, and Robert M. Solow. Russell Sage Foundation, New York.

Jarrow, Robert A., and George S. Oldfield, 1981. "Forward Contracts and Futures Contracts." *Journal of Financial Economics* 9(4), 373–82.

Jarrow, Robert A., and Philip E. Protter, 2008. "An Introduction to Financial Asset Pricing." In *Handbook in OR & MS* 15. Edited by John R. Birge and Vadim Linetsky. Elsevier, The Netherlands.

Jarrow, Robert A., and Andrew Rudd, 1982. "Approximate Option Valuation for Arbitrary Stochastic Processes." *Journal of Financial Economics* 10(3), 347–69.

Jarrow, Robert A., and Stuart M. Turnbull, 1992. "Credit Risk: Drawing the Analogy." *Risk Magazine* 5(9).

Jarrow, Robert A., and Stuart M. Turnbull, 1995. "Pricing Derivatives on Financial Securities Subject to Credit Risk." *Journal of Finance* 50(1), 53–85.

Jarrow, Robert A., and Stuart M. Turnbull, 2000. *Derivative Securities*. 2nd ed. South-Western, Cincinnati, Ohio.

Jarrow, Robert A., Haitao Li, and Feng Zhao, 2007. "Interest Rate Caps 'Smile' Too! But Can the LIBOR Market Models Capture the Smile?" *Journal of Finance* 62(1), 345–82.

Jarrow, Robert A., Jeff Oxman, and Yildiray Yildirim, 2010. "The Cost of Operational Risk Loss Insurance." *Review of Derivatives Research* 13(3), 273–95.

Jarrow, Robert A., Philip E. Protter, and Kazuhiro Shimbo, 2010. "Asset Price Bubbles in Incomplete Markets." *Mathematical Finance* 20(2), 145–85.

Jegadeesh, Narasimhan, 1993. "Treasury Auction Bids and the Salomon Squeeze." *Journal of Finance* 48(4), 1403–19.

Johnson, R. Stafford, 2004. *Bond Evaluation, Selection, and Management*. Blackwell, Cambridge, Mass.

Johnston, Elizabeth T., and John J. McConnell, 1989. "Requiem for a Market: An Analysis of the Rise and Fall of a Financial Futures Contract." *Review of Financial Studies* 2(1), 1–23.

Johnston, Jack, and John DiNardo, 1997. *Econometric Methods*. 4th ed. McGraw-Hill, New York.

Jones, E. Philip, Scott P. Mason, and Eric Rosenfeld, 1984. "Contingent Claims Analysis of Corporate Capital Structures: An Empirical Investigation." *Journal of Finance* 39(3), 611–25.

Jordan, Bradford D., and Susan D. Jordan, 1996. "Salomon Brothers and the May (1991) Treasury Auction: Analysis of a Market Corner." *Journal of Banking and Finance* 20(1), 25–40.

Jorion, Philippe, 2000. "Risk Management Lessons from Long-Term Capital Management." *European Financial Management* 6(3), 277–300.

Jovanovic, Franck, and Philippe Le Gall, 2001. "Does God Practice a Random Walk? The 'Financial Physics' of a Nineteenth-Century Forerunner, Jules Regnault." *European Journal of the History of Economic Thought* 8(3), 332–62.

Knoll, Michael S., 2008. "The Ancient Roots of Modern Financial Innovation: The Early History of Regulatory Arbitrage." *Oregon Law Review* 87(1), 93–116.

Krugman, Paul R., Maurice Obstfeld, and Marc Melitz, 2011. *International Economics: Theory and Policy*, 9th ed., Prentice-Hall, Upper Saddle River, N.J.

Lamont, Owen A., and Richard H. Thaler, 2003. "Can the Market Add and Subtract? Mispricing in Tech Stock Carve-outs." *Journal of Political Economy* 111(2), 227–68.

Leland, Hayne, 1994. "Corporate Debt Value, Bond Covenants, and Optimal Capital Structure." *Journal of Finance* 49(4), 1213–52.

Lintner, John, 1956. "Distribution of Incomes of Corporations among Dividends, Retained Earnings, and Taxes." *American Economic Review, Papers and Proceedings* 46(2), 97–113.

Lintner, John, 1965. "The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets." *Review of Economics and Statistics* 47(1), 13–37.

Lutz, Friedrich A., 1940. "The Structure of Interest Rates." *Quarterly Journal of Economics* 55(1), 36–63.

Lynch, Peter (with John Rothchild), 1989. *One Up on Wall Street: How to Use What You Already Know to Make Money in the Market*. Simon and Schuster, New York.

Macaulay, Frederick R., 1938. *Some Theoretical Problems Suggested by the Movements of Interest Rates, Bond Yields and Stock Prices in the United States since 1856*. National Bureau of Economic Research, Cambridge, Mass.

MacKenzie, Donald, and Yuval Millo, 2003. "Constructing a Market, Performing Theory: The Historical Sociology of a Financial Derivatives Exchange." *American Journal of Sociology* 109(1), 107–45.

Malkiel, Burton G., 2003. *A Random Walk Down Wall Street*. 8th ed. W. W. Norton, New York.

Malkiel, Burton G., and Richard E. Quandt, 1969. *Strategies and Rational Decisions in the Securities Options Markets*. MIT Press, Cambridge, Mass.

Markowitz, Harry, 1952. "Portfolio Selection." *Journal of Finance* 7(1), 77–91.

Marshall, Alfred, 1920. *Principles of Economics.* Macmillan and Co., London.

Mehrling, Perry, 2005. *Fischer Black and the Revolutionary Idea of Finance.* John Wiley & Sons, Hoboken, N.J.

Merton, Robert C., 1973a. "Theory of Rational Option Pricing." *Bell Journal of Economics and Management Science* 4(1), 141–83.

Merton, Robert C., 1973b. "An Intertemporal Capital Asset Pricing Model." *Econometrica* 41(5), 867–87.

Merton, Robert C., 1974. "On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates." *Journal of Finance* 29(2), 449–70.

Merton, Robert C., 1977. "An Analytic Derivation of the Cost of Deposit Insurance and Loan Guarantees: An Application of Modern Option Pricing Theory." *Journal of Banking and Finance* 1(1), 3–11.

Merton, Robert C., and Myron S. Scholes, 1995. "Fischer Black." *Journal of Finance* 50(5), 1359–70.

Miller, Merton H., 1986. "Financial Innovation: The Last Twenty Years and the Next." *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 21(4), 459–71.

Miller, Merton H., 1997. *Merton Miller on Derivatives.* John Wiley, New York.

Miller, Merton H., and Franco Modigliani, 1961. "Dividend Policy, Growth, and the Valuation of Shares." *Journal of Business* 34(4), 411–33.

Miltersen, Kristian R., Klaus Sandmann, and Dieter Sondermann, 1997. "Closed Form Solutions for Term Structure Derivatives with Log-Normal Interest Rates." *Journal of Finance* 52(1), 409–30.

Modigliani, Franco, and Merton H. Miller, 1958. "The Cost of Capital, Corporate Finance, and the Theory of Investment." *American Economic Review* 48(3), 261–97.

Modigliani, Franco, and Richard Sutch, 1966. "Innovations in Interest Rate Policy." *American Economic Review* 56(1/2), 178–97.

Mood, Alexander M., Franklin A. Graybill, and Duance C. Boes, 1974. *Introduction to the Theory of Statistics.* McGraw-Hill Higher Education, New York.

Mossin, Jan, 1966. "Equilibrium in a Capital Asset Market." *Econometrica* 35(4), 768–83.

Nelson, Samuel A., 1904. *The A B C of Options and Arbitrage.* S. A. Nelson, New York.

Ofek, Eli, Matthew Richardson, and Robert F. Whitelaw, 2004. "Limited Arbitrage and Short Sales Restrictions: Evidence from the Options Markets." *Journal of Financial Economics* 74(2), 305–42.

Overby, Brian, 2007. *The Options Playbook.* TradeKing.

Pan, Jun, 2002. "The Jump-Risk Premia Implicit in Options: Evidence from an Integrated Time-Series Study." *Journal of Financial Economics* 63(1), 3–50.

Park, Hun Y., and Andrew H. Chen, 1985. "Differences Between Futures and Forward Prices: A Further Investigation of Marking to Market Effects." *Journal of Futures Markets* 5(1), 77–88.

Park, James A. 1799. *A System of the Law of Marine Insurances.* Macmillan and Co., London.

Park, Yoon S. 1984. "Currency Swaps as a Long-Term International Financing Technique." *Journal of International Business Studies* 15(3), 47–54.

Paulson, Jr., Henry M., 2010. *On the Brink: Inside the Race to Stop the Collapse of the Global Financial System.* Business Plus, New York.

Qin, Wang X. and Nick Ronalds, 2005. "China: The Fall and Rise of Chinese Futures, 1990–2005." *Futures Industry Inside* May/June, www.futuresindustry.org/fi-magazine-home.asp?a=1038.

Rebonato, Riccardo, 2002. *Modern Pricing of Interest Rate Derivatives: The LIBOR Market Model and Beyond.* Princeton University Press, Princeton, N.J.

Rendleman, Richard J., and B. Bartter, 1979. "Two State Option Pricing." *Journal of Finance* 34(5), 1092–110.

Rendleman, Richard J., and Christopher E. Carabini, 1979. "The Efficiency of the Treasury Bill Futures Market." *Journal of Finance* 34(4), 895–914.

Ross, Stephen A., Randolph W. Westerfield, and Jeffrey Jaffe, 2004. *Corporate Finance.* 7th ed. McGraw-Hill/Irwin, New York.

Samuelson, Paul A., 1965a. "Rational Theory of Warrant Pricing." *Industrial Management Review* 6, 13–39.

Samuelson, Paul A., 1965b. "Proof That Properly Anticipated Prices Fluctuate Randomly." *Industrial Management Review* 6, 41–50.

Samuelson, Paul A., and Robert C. Merton, 1969. "A Complete Model of Warrant Pricing That Maximizes Utility." *Industrial Management Review* 10(2), 17–46.

Sandmann, Klaus, Dieter Sondermann, and Kristian R. Miltersen, 1995. "Closed Form Term Structure Derivatives in a Heath Jarrow Morton Model with LogNormal Annually Compounded Interest Rates." Proceedings of the Seventh Annual European Research Symposium, Bonn, September.

Sarnoff, Paul, 1965. *Russell Sage, the Money King.* Obolensky, New York.

Sawyer, Nick, 2007. "What's the Score." *Risk* Magazine, 20(7), 25–29.

Scholes, Myron S., 1998. "Derivatives in a Dynamic Environment." *American Economic Review* 88(3), 350–370.

Schwager, Jack, 1992. "Bill Lipschutz: The Sultan of Currencies." In *The New Market Wizards: Conversations with America's Top Traders.* Harper Collins, New York.

Sharpe, William F., 1964. "Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk." *Journal of Finance* 19(3), 425–42.

Sharpe, William F., 1978. *Investments.* Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J.

Sharpe, William F., 1995. "My Evolution as an Economist." Address delivered at Trinity University, San Antonio, Texas. In *Lives of the Laureates: Thirteen Nobel Economists.* Edited by William Breit and Roger W. Spencer. MIT Press, Cambridge, Mass.

Sharpe, William F., Gordon J. Alexander, and Jeffery V. Bailey, 1999. *Investments.* Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J.

Shiller, Robert J., 1989. "The Term Structure of Interest Rates." In *Handbook of Monetary Economics.* Edited by Benjamin Friedman and Frank Hahn. North-Holland, Amsterdam.

Shreve, Steven E., 2004. *Stochastic Calculus for Finance II: Continuous Time Models.* Springer Science + Business Media, New York.

Simon, Julian L., 1981. *The Ultimate Resource.* Princeton University Press, Princeton, N.J.

Solow, Robert M., 1956. "A Contribution to the Theory of Economic Growth." *Quarterly Journal of Economics* 70(1), 65–94.

Sowell, Thomas, 1995. *The Vision of the Anointed: Self-Congratulation as a Basis for Social Policy,* Basic Books (a member of the Perseus Books Group), New York.

Sullivan, Joseph, 1988. *The Way It Was: An Oral History of Finance 1967–1987.* William Morrow & Company, Inc., New York.

Summers, Lawrence H., 1999. "Distinguished Lecture on Economics in Government: Reflections on Managing Global Integration." *Journal of Economic Perspectives* 13(2), 3–18.

Sundaresan, Suresh, 1984. "Consumption and Equilibrium Interest Rates in Stochastic Production Economies." *Journal of Finance* 39(1), 77–92.

Thorp, Edward O., and Sheen T. Kassouf, 1967. *Beat the Market: A Scientific Stock Market System.* Random House, New York.

Tumbridge and Co., 1875. *Secrets of Success in Wall Street.* New York.

Varian, Hal R., 1992. *Microeconomic Analysis.* 3rd ed. W. W. Norton, New York.

Varian, Hal R., 2003. *Intermediate Microeconomics: A Modern Approach.* 6th ed. W. W. Norton, New York.

Vasicek, Oldrich A., 1977. "An Equilibrium Characterization of the Term Structure." *Journal of Financial Economics* 5(2), 177–88.

Vega, Joseph Penso, de la, 1688. *Confusión de Confusiones* (*Confusions and Confusions*). Republished, Sonsbeek Publishers, 1970, Arnhem, Netherlands.

West, Mark D., 2000. "Private Ordering at the World's First Futures Exchange." *Michigan Law Review* 98(8), 2574–615.

Wilmott, Paul, 1998. *Derivatives: The Theory and Practice of Financial Engineering.* John Wiley, Chichester, England.

其他资源和网站

期刊杂志

学术期刊是研究衍生证券和风险管理最好的资源。下面我们将罗列一些常用的学术期刊。

综合性金融期刊

- 《金融经济学年度评论》，www.annualreviews.org/journal/financial
- 《财政与随机》，www.springer.com/mathematics/quantitative+finance/journal/780
- 《金融分析师杂志》，www.cfapubs/org/loi/faj
- 《财务管理》，www.fma.org/Publications/FM/FMIndex.htm
- 《银行与金融杂志》，www.journals.elsevier.com/journal-of-banking-and-finance/
- 《金融学杂志》，www.afajof.org/details/landingpage/2866131/About-the-JF.html
- 《金融和量化分析杂志》，www.jfqa.org
- 《金融经济学杂志》，http://jfe.rochester.edu
- 《金融数学》，www.onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/(ISSN)1467-9965
- 《金融研究综述》，http://rfs.oxfordjournals.org

衍生品和风险管理类期刊

- 《衍生品杂志》，www.iijournals.com/toc/jod/current
- 《固定收益杂志》，www.iijournal.com/toc/jfi/current
- 《期货市场杂志》，http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/%28ISSN%291096-9934
- 《风险杂志》，www.thejournalofrisk.com
- 《衍生品研究综述》，www.springer.com/business+%26+management/finance/journal/11147
- 《风险管理》(发表金融数学文章)，www.risk.net/risk-magazine

发表衍生品和风险管理类文章的经济学杂志

- 《美国经济评论》，www.aeaweb.org/aer/index.php
- 《美国农业经济学杂志》，http://ajae.oxfordjournals.org/
- 《计量经济学杂志》，www.bloomberg.com
- 《经济学展望》，www.aeaweb.org/jep/
- 《经济综述杂志》，www.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productDd-ECTA.html
- 《政治经济学杂志》，www.press.uchicago.edu/ucp/journals/journal/jpe.html
- 《经济与统计评论》，www.mitpressjournals.org/loi/rest

发表衍生品和风险管理类文章的数学、统计学和管理学杂志

- 《应用概率论年报》，www.imstat.org/aap/
- 《美国统计协会杂志》，www.amstat.org/publications/jasa.cfm
- 《随机过程及其应用》，www.journals.elsevier.com/stochastic-processes-and-their-applications/

报纸杂志

经常报道衍生品和风险管理的商业报纸和杂志。

- 《巴伦周刊》,http://online.barrons.com
- 《彭博》,www.bloomberg.com
- 《经济学人》,www.economist.com
- 《金融时报》,www.ft.com
- 《期货期权世界》,www.fow.com
- 《哈佛商业评论》,http://hbr.org/magzine
- 《投资者商业日报》,www.investors.com
- 《纽约时报》,www.nytimes.com
- 《华尔街时报》,http://online.wsj.com

政府机构

现在许多政府机构都有网站,比如:

- 美国财政部,www.treasury.gov
- 国际清算银行,www.bis.org
- 美国联邦储备系统管理委员会,www.federalreserve.gov
- 纽约联邦储备银行,www.newyorkfed.org
- 国际货币基金组织,www.imf.org
- 美国证券交易委员会,www.sec.gov
- 世界银行集团,www.worldbank.org

工业组织和机构、自律组织

许多工业组织和机构及自律组织会通过网站公布信息。

- 特许金融分析师协会,www.cfainstitute.org
- 财务会计标准委员会(FASB),www.fasb.org
- 美国金融业监管局(FINRA),www.finra.org
- 全球风险专业协会(GARP),www.garp.org
- 全球金融工程师学会(IAFE),http//iafe.org
- 国际互换与衍生品协会(ISDA),www2.isda.org
- 美国国家期货协会(NFA),www.nfa.futures.org
- 证券业及金融市场协会(SIFMA),www.sifma.org

交易所

许多交易所的网站上都有一些信息,包括对其业务的描述、历史时间线、合同规范、价格和交易量信息,及教育和促销材料。

- 巴西圣保罗股票商品期货交易所,www.bmfbovespa.com.br/en-us/home.aspx?idioma=en-us

- 芝加哥期权交易所(CBOE):www.cboe.com
- 芝加哥商品交易所集团,www.cmegroup.com
- 欧洲期货交易所(包括国际证券交易所),www.eurexchange.com 和 www.ise.com
- 韩国交易所(KRX), http://eng.krx.com.kr
- 纳斯达克交易所,www.nasdaqomx.com
- 印度国家证券交易所(NSE), www.nseindia.com
- 纽约泛欧证券交易所,https://nyse.nyx.com 和 https://europeanequities.nyx.com/
- 俄罗斯证券交易所交易系统(RTS), www.rts.ru/en/

金融机构

对于市场走向和经济状况的预测,关于交易策略的建议以及风险管理相关的问题可以从很多金融机构的公告、简报和研究报告中找到,这些机构包括银行、经纪公司、商品交易顾问、信贷评级机构、金融公司(包括共同基金)和对冲基金。这些信息可以分别在它们的网站上找到。

译后记

本书的金融专业性很强，很适合金融从业人员、金融专业的高年级本科生和研究生，以及金融领域的研究人员阅读。

近年来，国际金融市场变化很快，衍生工具层出不穷，金融创新速度加快，因此，本书的问世有助于大家及时掌握国际金融动态，充分地了解金融市场上工具创新和监管的发展与演变。

本书的翻译，是由上海财经大学金融学院于研教授带领其硕士和博士研究生团队共同完成的。具体分工如下：

第1章至第3章由于研翻译，序言、第4章至第7章由金正轩翻译，第8章由付易坤翻译，第9章由张媛媛翻译，第10章由丁琦翻译，第11章由潘鑫馨翻译，第12章和第13章由陈磊翻译，第14章和第15章由王坤翻译，第18章和第23章由黄东兴翻译，第19章和第20章由刘婷翻译，第21章、附录和术语表由张迎初翻译，第22章和第24章由曹星婉翻译，第25章和第26章由童星翻译。由于研最终负责通篇校对。

译　者

2017年1月20日

An Introduction to Derivative Securities, Financial Market, and Risk Management
Copyright © 2013 by Robert A. Jarrow and Arkadev Chatterjea
Published by W. W. Norton & Company, Inc.
Simplified Chinese translation copyright © 2017
by Truth & Wisdom Press
ALL RIGHTS RESERVED

上海市版权局著作权合同登记号:图字 09-2013-674

当代经济学教学参考书系

衍生证券、金融市场和风险管理/罗伯特·加罗等著
劳动和人力资源经济学——经济体制与公共政策(第二版)/陆铭等著
国际贸易理论与政策讲义/理查德·庞弗雷特著
金融基础:投资组合决策和证券价格/尤金·法玛著
高级微观经济学教程/戴维·克雷普斯著
环境与自然资源经济学(第三版)/张帆等著
集聚经济学:城市、产业区位与全球化(第二版)/藤田昌久等著
经济数学引论/迪安·科尔贝等著
博弈论:经济管理互动策略/阿维亚德·海菲兹著
新制度经济学——一个交易费用分析范式/埃里克·弗鲁博顿等著
产业组织:市场和策略/保罗·贝拉弗雷姆等著
数量金融导论:数学工具箱/罗伯特·R.雷伊塔诺著
微观经济学:现代观点(第九版)/H.范里安著
《微观经济学:现代观点》练习册(第九版)/H.范里安等著
现代宏观经济学高级教程:分析与应用/马克斯·吉尔曼著
政府采购与规制中的激励理论/让-雅克·拉丰、让·梯若尔著
集体选择经济学/乔·B.史蒂文斯著
市场、博弈和策略行为/查尔斯·A.霍尔特著
公共政策导论/查尔斯·韦兰著
宏观经济学:现代原理/泰勒·考恩等著
微观经济学:现代原理/泰勒·考恩等著
微观经济理论与应用:数理分析(第二版)/杰弗里·M.佩洛夫著
国际经济学(第七版)/西奥·S.艾彻等著
金融学原理(第五版)/彭兴韵著
新动态财政学/纳拉亚纳·R.科彻拉科塔著
货币理论与政策(第三版)/卡尔·瓦什著
全球视角的宏观经济学/杰弗里·萨克斯著
《微观经济学》学习指南(第三版)/周惠中著
《宏观经济学》学习指南/大卫·吉立特著
法和经济学(第六版)/罗伯特·考特等著
宏观经济理论/让-帕斯卡·贝纳西著
国际经济学(第五版)/詹姆斯·吉尔伯著
博弈论与信息经济学/张维迎著
计量经济学(第三版)/詹姆斯·H.斯托克等著
微观经济学(第三版)/周惠中著
基本无害的计量经济学:实证研究者指南/乔舒亚·安格里斯特等著
中级公共经济学/吉恩·希瑞克斯等著
应用微观经济学读本/克莱格·M.纽马克编
理性的边界/赫伯特·金迪斯著
合作的微观经济学/何维·莫林著
宏观经济学数理模型基础/王弟海著
策略:博弈论导论/乔尔·沃森著
博弈论教程/肯·宾默尔著
经济增长(第二版)/罗伯特·J.巴罗著
宏观经济学/查尔斯·琼斯著
经济社会的起源(第十三版)/罗伯特·L.海尔布罗纳著
信息与激励经济学(第二版)/陈钊编著
政治博弈论/诺兰·麦卡蒂等著
发展经济学/斯图亚特·R.林恩著
宏观经济学:现代观点/罗伯特·J.巴罗著
合同理论/帕特里克·博尔顿等著
高级微观经济学/黄有光等著
货币、银行与经济(第六版)/托马斯·梅耶等著
鲁宾斯坦微观经济学讲义/阿里尔·鲁宾斯坦著
全球市场中的企业与政府(第六版)/默里·L.韦登鲍姆著
经济理论中的最优化方法(第二版)/阿维纳什·K.迪克西特著