



贪婪的大脑

The Ravenous Brain

How the New Science of Consciousness Explains Our Insatiable Search for Meaning

为何人类会无止境地寻求意义

丹尼尔·博尔 (Daniel Bor) 著
林旭文 译

脑科学研究专家唐孝威院士
意识领域知名学者、浙江大学李恒威教授

撰文推荐

如果你曾思考过意识问题，你会喜欢上这本书

如果你从未思考过，那么这本书是一个很好的开头。

漫话意识本质的故事

感悟人之为人意义



机械工业出版社
China Machine Press

贪婪的大脑

The Ravenous Brain: How the New
Science of Consciousness Explains Our
Insatiable Search for Meaning

[英]丹尼尔·博尔 (Daniel Bor) 著

林旭文 译

ISBN : 978-7-111-44310-0

本书纸版由机械工业出版社于2013年出版，电子版由华章分社（北京华章图文信息有限公司）全球范围内制作与发行。

版权所有，侵权必究

客服热线：+ 86-10-68995265

客服信箱：service@bbbvip.com

官方网址：www.bbbvip.com

新浪微博 @言商书局

腾讯微博 @bbb-vip

目 录

推荐序一

推荐序二

译者序

前言

第1章 哲学视域下的意识难题

技术层面的心电感应

哲学与科学的对抗

笛卡尔与身心二元论

幽灵离去的现代

感觉的不可穿透性

程序有感觉吗

计算机真的能懂中文吗

已知世界中最为复杂的对象——人类大脑

人造意识案例

主观性地位的削弱

人类不屈不挠的精神

第2章 大脑进化简史：思维的科学

大自然的第一课是失败

进化的本质

复制复杂的化学结构与叛逆的后代

生活在混乱边缘

RNA与DNA

具有普遍性的基因语言

逆境中的革新

保持基因活力的三种方式——基因突变、性

繁殖与死亡

激发基因活力的其他途径

合作和不同层次的信息处理

天才的细胞

内在进化

大脑的计算功能

广阔的内在世界

第3章 冰山一角：无意识的局限性

一次失去意识的经历

大脑的进化过程

无意识状态下神经元的同步性

无意识状态下能学到什么

无意识真的比意识优越吗

在不知不觉中掌握知识

无意识掌控大局

我们有选择的自由吗

奔向自由意志

第4章 关注模式：意识的内容

出神的危险性

注意汇集原始数据以建构经验

视而不见的现象

一个更明亮、更富生气的世界

思维的原子

激烈的神经元战争

意识的形成

对情感价值的过高评价

意识的层次

最多只有4个意识隔间

每个意识隔间都能处理极其复杂的对象

贬低经验的丰富性？

组块与意识

语言仅仅只是一种意识组块吗

组块的作用及自我意识的尴尬处境

第5章 意识神经科学

扎加尼加的一次经历

大脑产生意识

打开意识的闸门

盲视——意识神经科学的死胡同

通往意识的视觉通道

前额叶-顶叶网络与意识的关系

前额叶-顶叶网络受损的患者的情况

忽视现象

前额叶-顶叶网络受损导致意识水平下降

前额叶-顶叶网络的功能

前额叶-顶叶网络、意识及组块的关系

和谐的经验

各种意识理论

解释经验

第6章 解读动物的意识

温柔的黑猩猩与反复无常的倭黑猩猩

狡猾的乌鸦

动物有自我意识吗

根据赌博性选择判断有无意识

动物的组块能力

婴儿的意识

以大脑生理特征衡量动物的意识水平

章鱼的意识水平

量化意识

伦理学意义

经验的质量与数量

第7章 游走在脆弱的意识边缘：大脑严重损伤

和意识障碍

只是太复杂？

一场不确定的曲折战斗

生与死之间的薄纱

从内部观察意识

通过大脑活动进行沟通

检查意识神经通路的完整性

修复并非易事

第8章 意识异常导致的精神疾病

破碎的意识

自闭症与意识过度

睡眠的重要性

工作记忆失灵

神经递质失衡导致意识异常

认知训练方法

压力与意识的对抗

冥想的作用

恢复意识的不同方法

结语

致谢

参考文献

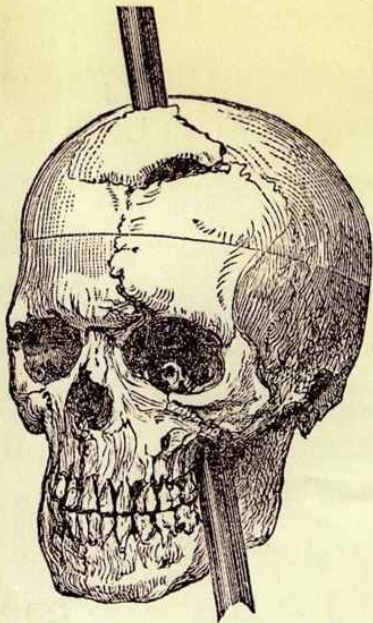


图 1 哈洛医生所画示意图。一根铁夯穿过菲尼

亚斯·盖奇的头盖骨和大脑。

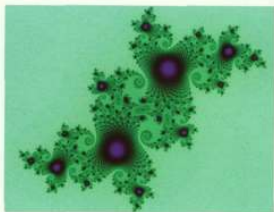
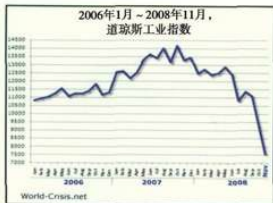


图 2 从潜在的简单的结构、规则或行为中产生复杂性的各种例子。

左上角：2007~2008年，信贷危机引起道琼斯指数
下跌。

右上角：一群蚂蚁相互合作，将一段间隔连接起

来，而这项工程对一只蚂蚁来说太巨大，无法独立完成。

左下角：漩涡状星系。

右下角：朱莉亚集分形。

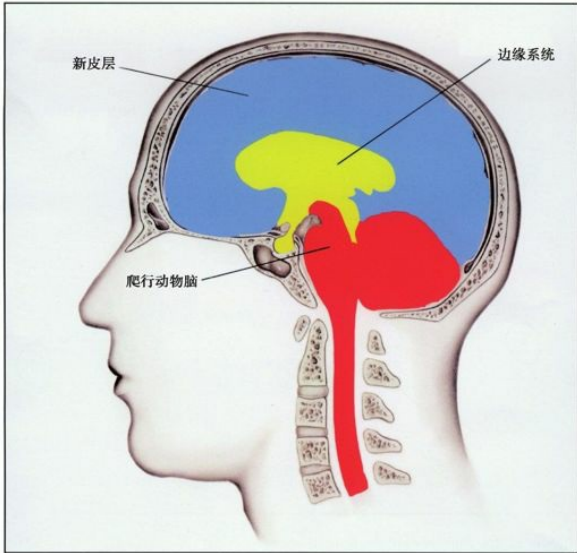


图 3 人类大脑示意图。脑干部分（爬行动物脑）最原始，位于中间。边缘系统（早期哺乳动物所具有）围绕着爬行动物脑分布。新皮层（晚期哺乳动物所具有）围绕着爬行动物脑分布。

乳动物所具有) 位于最外面一层。

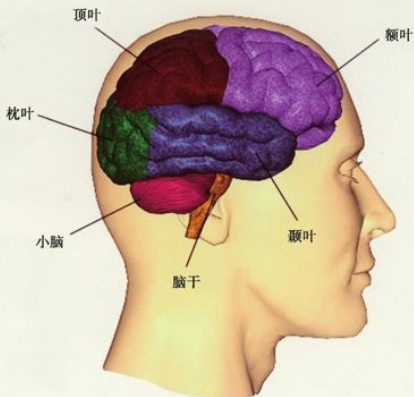


图 4 人类大脑皮层的四个部分（四叶）。

两幅图片一直交替出现，直到被试做出反应或60秒的测试时间结束



图 5 变化盲视的例子。两幅图片交替出现，中间以空白灰色屏幕做间隔，直到被试发现两幅图片明显的、却让人意想不到的区别。

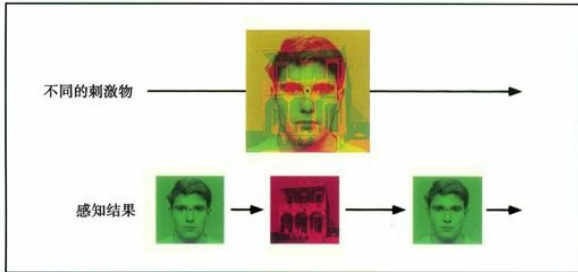


图 6 各种引起视觉切换的刺激物。上面的例子

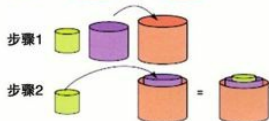
是双眼竞争测试图片，让被试戴上过滤掉红色和绿色的眼镜，给被试的一只眼睛呈现人的脸孔图片，另一只眼睛呈现房子图片，被试看到的是不断切换的脸孔与房子图像。下面两个例子，被试看到的是一个烛台或两张脸孔的侧面（左图），一个老太太或一个年轻的女人（右图），也是两幅不断切换的图像。

(a)

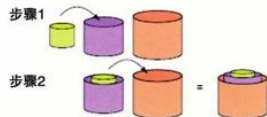
第一种策略：配对



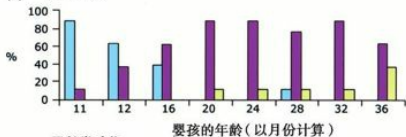
第二种策略：组套



第三种策略：装配



(b) 人类婴孩



灵长类动物

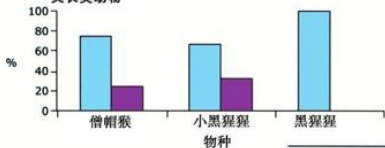


图 7 (a) 摆放杯子的三种方式。第一种方式采用配对策略，只是将一个杯子放到另一个杯子中去，不符合测验要求。第二种方式，依次将一个杯子放到另一个杯子中，如果一个杯子里面有另一个杯子，就不移动这个杯子。尽管通过这种方式可以完成测试，但这不是实验人员给实验参与者做示范时采用的方式。第三种方式具有一定程度的等级结构，将小杯子和中等大小的杯子同时放到大杯子中。(b) 对人类婴孩和各种灵长类动物采取三种不同策略的图表。蓝色代表策略一，紫红色代表策略二，黄色代表策略三。

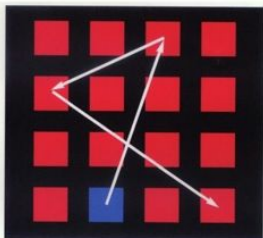
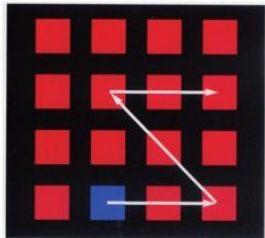


图 8 功能性磁共振成像扫描仪内的被试看到按 4×4 结构排列的红色方格，其中4个方格按某种顺序闪烁一下蓝光，被试需要记住这个次序。左边的次序具有结构，右边的次序没有结构。

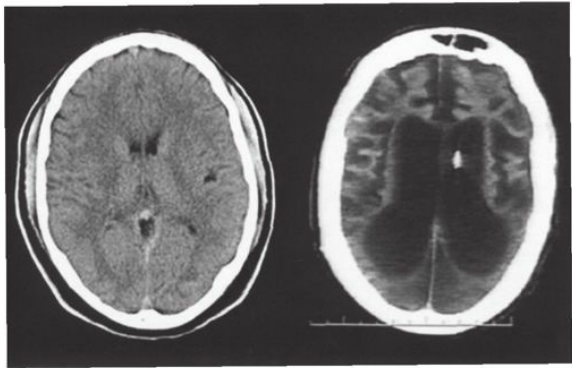


图 9 大脑CT图片对比。左边是正常人的大脑CT图片，右边是特里·夏沃（Terri Schiavo）的大脑CT图片。

谨以此书献给我挚爱的父亲

——雷尔·乔纳森·博尔

推荐序一

意识问题是当代自然科学最基本和最困难的问题之一。近年来，由于实验技术的发展，用自然科学方法研究和认识意识的任务已经提到科学研究的日程上来。

意识问题涉及广泛的学科领域。从神经生物学的角度看，意识研究的问题之一是，产生意识的神经机制是什么，也就是要回答：主观意识体验是怎样由脑内神经网络产生的？这是一个激起人类理智好奇的有趣问题。

脑和心智非常复杂，具有多个层次和多个维度，需要从脑和心智的不同层次的各种成分的特性和相互作用，从它们与身体、环境和社会的相互作

用，从它们的集成过程和层展现象等方面，来对意识进行研究。

意识研究不但有基本的理论意义，而且有重要的应用价值。世界最宝贵的是人，人最宝贵的是意识。人们开始重视意识与健康、意识与教育、意识与创新、意识与社会等实际问题的研究。这些应用研究的成果将造福于人类。

机械工业出版社组织翻译当代外国科学家关于意识的著作，以“意识与脑”为主题出版一系列图书。这些书有助于广大读者了解外国意识研究的现状，了解国外不同学科的科学家的种种见解，并提出自己的分析和讨论。

中华民族走向世界，为世界文明做出贡献。在

脑和心智的领域中，我们要对意识问题进行长期的、系统的研究，在继承中华文化和在自己研究的基础上，借鉴国外的发展，建构比较全面的意识研究框架。

意识问题是脑科学、心理学、生物学、医学、物理学、化学、信息科学、认知科学、计算机科学、哲学等许多学科交叉研究的课题，需要不同学科的科学家的参与，综合运用多学科的手段进行研究。愿我们为解开意识之谜而共同努力。

唐孝威

浙江大学物理系/语言与认知研究中心

2013年6月21日

推荐序二

“我思，故我在。”笛卡尔用他的怀疑程序强有力地“证明”：有意识的思维或感受是一个自明的、强硬的、不可置疑的事实。然而，从理智的——无论是哲学的还是科学的——角度看，意识这个确定的事实仍然是一个巨大的谜！意识之谜的吊诡之处在于：它因意识本身而被提出，而如果它能被理解和解决，也必须凭依有意识的理智本身。也许我们应该在意识之谜面前驻足片刻，去体会一下它的独特韵味：有意识的体验好比是宇宙漫长演化中的一道曙光，尽管它还闪烁不定，但它第一次将曾经漫无边际的无意识的黑暗世界的一隅照亮，然后慢慢扩大，并最终明白自己就诞生在那个被它照

亮的宇宙中。那么，到底是意识在宇宙中，还是宇宙在意识中？——这是一个“庄生晓梦迷蝴蝶”般的谜题。让我们暂时搁置这个玄思，回到当代理智的意识研究。

英国心理学家威尔曼斯（Max Velmans）在《理解意识》（Understanding Consciousness）这本名著中提出意识的科学-哲学研究的5组问题：

问题1 意识是什么，它位于何处？

问题2 如何理解意识与物质之间的因果关系，尤其是意识与脑之间的因果关系？

问题3 意识有什么功能？例如，它与人的信息加工过程的关系是怎样的？

问题4 与意识相关联的物质形式是什么——尤

其是大脑中意识的神经基质 (substrates) 是什么？

问题5 检测意识——发现其本性——的最恰当方式是什么？哪些特征能够以第一人称方法进行检测，哪些需要用第三人称方法，以及第一人称与第三人称方法的发现如何彼此相关？

换一个角度，关于意识的哲学-科学研究，我们也可以将它分为4个层次：

层次1 广义现象学：意识是一个唯有第一人称才可通达的现象，因此，作为一个现象，“意识是什么”的问题必须首先由第一人称的体验来揭示，它包括日常的体验、内省和反思、现象学的体验和反思、东方传统中的止观等。

层次2 形而上学：心与身相关，但心与身处于何种相关关系呢？这是一个根本的形而上学问题，它关乎人究竟以何种方式存在，就这个意义而言，它是意识研究中真正的“难问题”。在这个问题上，存在多种版本的一元论或二元论的解释。如果这个问题不能得到恰当理解，意识之谜就无望真正被解决。

层次3 自然科学：意识与身-脑紧密相关，这是意识科学研究的基础。苏珊·格林菲尔德（Susan Greenfield）说：“人脑是个难以捉摸的器官。由我们未知的原因它产生了情绪、语言、记忆和意识。它给予我们推理、创造和直觉力。它是唯一能自我观察的器官，而且沉思它的内在工作。”与意

识的自然科学研究相关的一些核心问题是：与意识体验相关的神经基质是什么？或者说意识的神经机制或神经相关物（NCC）是什么？无意识心智活动与有意识心智活动之间神经表征的差别是什么？为什么分布式的、时序上有先后的神经网络的活动会最终显现为一个统一意识体验？

层次4 方法论：从第一人称角度，我们拥有体验；从第三人称角度，我们拥有的是关于特定体验或体验类型的脑运行的知识。也许一个恰当的方法论态度是将第一人称方法和第三人称方法看成是互补的。

在当代，我们可以看到，不同背景的学者在上述所有层面上开展着如火如荼的研究——其间夹杂

着激烈的对话、争锋和谨慎的整合。这里有悲观主义者——意识之谜是不可解的；有独断论者——意识就是颅内那一团布满皱褶的物质，意识、自我还有自由意志都是错觉；也有谨慎乐观的未来主义者——理智自己提出的一切合乎理性的问题都可以在理智的未来进步和科学的未来发展中得到解决或判定。

这是一个意识研究的大合唱时代，也是百舸争流的时代，科学勇往直前，而哲学会不时表现出一丝忧虑。然而，不论是什么态度或心情，如果人类还想最终获得一个合乎逻辑的一致且全面的意识理论，那么无论是有此理论抱负的研究者还是一般公众，都有必要博采兼容意识研究的多元的进路、思

想和观点。为此，我们很高兴看到机械工业出版社以“意识与脑”为主题译介当代最新意识研究的成果和思想，汇成系列，希望这些工作能有助于推动国内科学界和哲学界对意识研究的关注，培育意识研究的学术氛围以及凝聚意识研究的学术共同体。

李恒威

浙江大学哲学系/语言与认知研究中心

2013年6月21日

译者序

意识是什么？经验是如何产生的？我们能够体验他人的意识吗？长期以来，各种意识问题一直是思想界争论不休的论题。早在2 000多年前的中国，庄子与惠施之间著名的“濠梁之辩”，就是一场关于他者经验是否可知的辩论。而17世纪法国哲学家笛卡尔认为，意识是个人的、主观的，我们无法洞悉他人的经验。

丹尼尔·博尔在《贪婪的大脑》一书中提出了一种全新的、与以往哲学观点不同的意识运作模式，即意识是大脑的产物，是物质性的。博尔博学多才，论述的内容涉及哲学、生物学、神经科学、心理学等领域，从各个角度剖析意识的起源、作用、

心理特性、神经机制以及意识的脆弱性。第1章“哲学视域下的意识难题”，将意识置于哲学的背景下进行讨论。第2章“大脑进化简史：思维的科学”，从生物进化的角度，阐释意识的演化过程。第3章“冰山一角：无意识的局限性”，讨论意识与无意识的区别。第4章“关注模式：意识的内容”，探讨意识的心理学特性，指出意识致力于发现信息的深层模式。第5章讨论意识的神经生理学特性，解释大脑如何产生经验。第6章分析动物的意识。第7章分析为何我们的大脑如此容易遭受损伤，以及如何检测大脑损伤后意识的情况。第8章探讨意识紊乱导致的精神疾病，以及恢复意识的方法。

人类的大脑无比复杂，这使我们拥有丰富的意识。意识是生命的本质，其主要任务是革新。我们运用革新能力，不断探索模式，洞悉世界的本质。“好奇号”登陆火星，人类胚胎干细胞克隆成功等，证明了人类探寻意义和模式非比寻常的能力。但是，正如博尔在结语中所指出的，人类似乎聪明过头了，我们经常做一些非理性的行为，导致生活失控。牛津大学人类未来研究所最近声称，人类对科技的过于依赖将导致人类的灭亡，因为科技发展之快超过了人类的控制能力，而灭亡时间很可能就是下个世纪。我们运用意识的革新能力，目的是要改善生活，而不是给自身带来毁灭。

博尔不仅见解独到、论述精深，且有很高的语

言造诣。翻译这本书的过程，也是一个学习的过程。因时间紧迫，第7章由许俊农翻译，在此向他表示感谢。由于水平所限，译文难免有错误和疏漏之处，请读者批评指正。

2013年5月19日于西溪留庄

前言

1997年5月8日，星期四，那晚我父亲患了中风。不断有人宽慰我，说只是轻度中风。但是在医院看到他的样子，我却深感不安。在我面前的这个男人反应迟钝，精疲力竭。表面上看，他没变；但是我知道，从深层意义上讲，他已不再是原先的他了。

父亲身上发生了一些细微的变化，表明他和原先不一样了，某些变化近乎可笑。比如，最近他对奇巧巧克力很着迷，连续几天除了奇巧，其他东西都不吃。另外一些变化更让人困惑。总之，他从一个思维敏锐、负责任的成年人变成了一个深受困扰的孩子。更为离奇的一种现象是，他对我的态度会

根据我坐在床的左边或者右边而发生改变。如果坐右边，他会注意到我，我们还能进行时断时续的交谈；如果坐左边，他一点都意识不到我的存在，好像我根本不在房里。

我甚至有一种奇怪的想法：宁愿父亲患的是轻度心脏病而不是中风。如果是心脏病，至少他还能活得像原先那样有精神。而现在这种情况如果持续下去，他身上的某些部分相当于已经死去。每次他开口说话，都让我觉得属于他身份特征的某些碎片已经丢失了。

父亲与往日不一样了，这点让我震惊；他不可能完全恢复到原先的样子，这点又让我焦虑万分。尽管如此，我还是忍不住非常冷静地观察他的症

状。父亲中风那天，离我大学期终考试还有几周时间。当时我正在研究哲学与生物心理学，而意识（consciousness）恰恰是这两个领域的热门话题。一方面，我重新查阅了一些哲学资料，这些哲学观点简单明确，认为意识是非物质的，几乎与大脑无关；另一方面，我又仔细查阅其他资料，试图弄明白意识究竟产生于大脑皮层的哪一个区域。通过阅读这些资料，我对“忽视”（neglect）现象有了全面的了解。“忽视”是中风的一种常见状态，以我父亲为例，他对左边的空间视而不见。

坐在父亲的病床边，我深深感到那些深奥的哲学论点与现实是如此不相容——错得太离谱了，甚至到了让人反感的地步。我旁边躺着一个我深爱的

人，仅仅由于大脑内的一个小血块使意识受到严重损伤，导致他的身份特征都被剥夺了。意识当然是物质性的！当我坐在父亲病床的左边，痛苦而又惊奇地感受到自己在他眼中变成隐形人，在那个时候我做了上述论断。虽然我不能确切地知道那些哲学论点的理论缺陷在哪里，也不知道哪一种意识理论在当时最有说服力，但我已经确定了自己今后的研究方向。

原先我曾考虑过攻读心灵哲学博士学位，但那时马上决定选择意识神经科学作为研究方向。不久我被剑桥大学录用，开始意识神经科学及相关领域的研究。我的研究工作主要在剑桥大学开展，不过最近一些研究实验在萨塞克斯大学新建成的萨克勒

意识科学中心进行。自从第一次痛苦地见识到父亲破碎的意识，我就明白意识神经科学是多么重要、多么基础的一门学科。经过多年研究，我越来越发现这门学科有很多迂回曲折之处，令人着迷，意义深远。我将在本书中与大家分享意识神经科学的曲折迷人之处。

对人类来说，没有什么比意识（awareness^[1]）更为重要。我们能够领略白雪皑皑的山峰那种令人窒息的美，欣赏猎豹追赶猎物时那份优雅与矫健，聆听花园里悦耳的鸟啼声，创作乐曲，欣赏音乐、艺术、文学，和家人朋友谈笑风生。这些以及其他所有我们在乎的事情，都是一种意识行为。如果感受不到这些，不能有意地体验这些，我们几乎不

能说自己还活着——至少不是活得很有意义。

不管是陶醉在无尽的喜悦中，还是沉浸在剧烈的痛苦中，我总是感到每件事情都隐含着一种幸运，一种对经验的渴望。意识是生命的本质，我们通过意识才认识自己。意识是感觉的堡垒，是思想的熔炉，是情感的家园——不管这种情感给我们带来的是痛苦还是安慰。正因为有了意识，我们的生命才有意义。

大部分意识科学研究都声称意识是一个至关重要的、意义深刻的论题，然而对意识的研究热情却微乎其微。以前，我们并不了解宇宙的历史，不清楚它的形状，不明白每一颗闪亮的星星在宇宙中运行的规律，也不知道原子的概念。以前，我们也没

有意识到人体内的每一个细胞都存在着、交织着一些编码（code），这些编码决定了我们的生命特征，将人类与地球上其他生命体联系在一起。我们所有令人赞叹的科技成果和科学发现都要归功于意识。然而，直到最近几十年，人们才对意识科学产生兴趣，才明白大脑是如何产生经验的。

从历史上看，设法解决意识难题的不是科学家，而是哲学家。近400年前，笛卡尔断言意识是纯粹个人的、主观的实体，自然科学无法解答意识问题，而且一个人的意识也不是他人所能体会得到的。例如，我在听贝多芬钢琴奏鸣曲时，只能通过语言这一不精确的媒介来传达听到的声音，以及那些音符是如何感动我的，而其他任何人都不会真正

明白我的感受。至少很多人都是这样认为的。将意识与其他物理实体做对比，更凸显了这种观点的独特性与可信性。任选一种物体，小至亚原子微粒，大至砖块甚至星球。从原则上讲，任何人都可以从不同的角度观察同一物体，而得出完全相同的结果。意识则不同：对意识来说，没有客观性，也无所谓多种观点。意识只有一个观点，即个人的观点。

现代哲学家进一步发展了这种观点，认为意识远远高于平淡无奇的大脑运作。他们还声称，我们体验到的感情和掌握的知识纷繁复杂、多姿多彩，不能被贬低到与廉价、低级的计算机或机器同样的层次。在本书开头我将论述哲学史上的此类观点。

我并不否定直观的情感诉求，但实验证据总是会战胜这些情感诉求。事实上，在有着翔实论据的科学面前，这类哲学论点所具有的貌似正确的光环逐渐消退了。我的观点与这类哲学论点相反。我认为最合理的观点是：意识是大脑的产物，而大脑就是一台计算机。

将意识纳入计算机大脑的框架中，表明意识与信息处理相关联，因为数据分析是神经元的首要目的；同时也暗示了我们的体验能力同神经机器一样，可能有一个进化的过程。

意识、信息、生物学之间关系匪浅。大自然的一个基本特性是具有存储信息和操控信息的能力。进化保证每一种生命形态在储存反映周围世界的有

用“想法”（ideas）方面具有控制权。这种控制行为不是有意识地进行，而是通过生命体的化学结构信息表现出来。很多例子都证明了动物不是唯一聪明的生物。植物长有刺，含有毒素，还拥有大量新颖、独特的武器，用来击退食肉动物的侵犯。即使是细菌，也拥有令人难以置信的、精密的武器库，它们运用这些武器潜入寄主体内，或是击败潜在的攻击者。这些攻击策略由脱氧核糖核酸（DNA）决定，DNA是一种“内在信念”（implicit beliefs），规定了生命体的最佳运作方式。但是，这个建立在DNA基础上的系统，最初是如何学会构造和编写这些精确的“隐秘概念”（blind concepts）的呢？

任何一种学习形式——细菌学会抵制抗生素，小孩试着从爬行到走路——都存在张力：一种力量紧紧抓住熟悉的东西，如已有的信念、已知的生活方式；另一种力量则向前寻找新事物。新事物会引发一些混乱，使原先存在的、顽固的“想法”发生重大改变。这个过程磕磕碰碰，极不顺利，很可能使情况变得更糟糕。但重要的是：至少提供了改进的可能性。

DNA是一种储存稳定的内在信息的理想介质，这无疑也是它成为“生命奥秘”的普遍承载者的原因。但是仍然存在一些机制，能改变DNA的编码顺序，使生物的后代表现出一些新特征。当一个物种及其基于DNA的“信念”（beliefs）即将消亡时，

产生新“概念”（ concepts ）对这一物种来说非常重要，而DNA重新编码能够使这一物种的少数成员存活下来（大部分成员被淘汰）。幸存者的DNA携带了新的有用信息，能使其度过逆境。换句话说，这一物种的部分成员历经几代演变，冲破重重阻碍，在摸索中学会了革新。

没有革新的能力，地球上就不会有生命，即使以一种随意、悲惨、低效的方式生存也不可能。因此，从某种意义上说，这种与时俱进、利用任何有利条件的能力是进化的本质。革新这种生命基本特性引发的一个必然结果是：原始DNA库变得过于拥挤，DNA开始涌入其他新领域，产生新物种。一个极佳例子是：进化过程中产生了一批特殊的计算细

胞，构成了大脑。于是，一系列特别的、全面的革新活动以一种有目的、特定的方式在有机体内展开：探查环境，将与生存相关的新信息存贮到神经元上，而不是对这些信息进行DNA编码。

人类也同样加入到了进化的行列，为生存而斗争。尽管我们的精神世界极其复杂，有时甚至晦涩难懂，但是进化巧妙地为我们奠定了各方面的生物结构基础，使我们拥有丰富的情感与各种奇思妙想。

人类虽然在所有生命体中只占了小部分，却因智力与意识的力量在大自然中占据着特殊的地位。与人类血缘最相近的动物是黑猩猩，与之相比，人类只有黑猩猩1/5的体力，甚至人类的感觉也远远

不如黑猩猩敏锐。然而，我们凭借意识的力量成为革新的主宰，从而在某种程度上掌控了进化的基本动力。每一物种都试图控制自身的生存环境，但拥有非凡才智的人类为了自身的利益，让地球大为改观。

我认为革新是一种最聪明的信息处理才能，也是意识的主要目的。当然，并非所有类型的神经信息都能达到意识这一层次。很多基础的计算功能（如控制呼吸的能力），无须意识参与就能顺畅进行。统计学习理论^[2]很简单，在我们生活中被广泛应用，通常不需要意识的参与。还有一点很重要：一旦我们掌握了某一技能（如走路），无意识就会接替意识运作。从上述例子看出，那些古板无

趣的信息由无意识处理，而意识则处理新的、有难度的信息。在学习过程中碰到哪怕只包含极少量新的或复杂的内容，我们都要运用意识功能。

意识是我们精神大厦里一个闪亮的、镀金的实验室，我们可以在这个实验室里深入分析任何事情。为了不浪费时间和充分利用能源密集的神经资源，大脑对进入这个重要场所的内容非常挑剔。注意（attention）是意识的守门人，只让那些我们感觉到的，或再三思量过的、具有生物学重要性且需马上处理的项目进入意识范围，尤其是那些具有让人意想不到的特性、能让我们获得深刻见解的项目。

遗憾的是，经验的储存空间过于狭窄。意识在

同一时间只能充分处理4个项目。但是，我们可以通过无数方式操控意识内容，从而产生神奇的结果。正是这些不间断的精神活动，使我们深入了解世界。

我们丰富的经验反映了一个事实：意识关注的不仅仅是原始数据的零星片段。事实恰好相反，下面这一令人费解的现象说明了这一点。大部分动物如果待在一个安全的地方，又有充足的食物，一般都会做出明智的决定——休息。不可否认，有些动物偶尔也会玩耍，像是在练习捕猎或打架，仅此而已。人类的情况完全相反：当生理需求得到满足后，我们会玩数独游戏或游戏机，甚至阅读一本科学读物。科学研究就像是纵横字谜游戏的延伸。奇

怪的是，很少有人将科学研究看作一种绝妙的爱好。从生物学意义上说，下面的情况有悖常理。阿尔伯特·爱因斯坦（Albert Einstein）将宇宙复杂隐晦的现象转化为5个字符： $E=mc^2$ （质能转换公式），而且他是利用业余时间发现这一真理的！

所以，人类一个明确的特性是对事实永不满足的追求。但是我们渴望的不是陈旧的信息，而是包含模式的那一小部分知识。找出智力游戏中隐藏的结构只是人类思想一个微不足道的癖好，与人类以生存为目的的进化驱动力无关。但是表象往往具有欺骗性。我们致力于对事实的追求，但偶尔也会玩玩智力游戏，就像一匹训练有素的纯种马会忽然快跑一阵，仅仅为了运动一下强壮的肌肉。然而更多

的时候，我们受躁动不安的好奇心的驱使，渴求真正的智慧。这种智慧不是长者的谆谆教诲里包含的有限知识，而是广义的智慧，指任何让我们快速提高理解能力和控制能力的大胆的创新思想。由于人类的意识永不停息地追求智慧，我们发现了火，学会了耕作。实际上，所有延长我们寿命、让生活更轻松有趣的现代科技成果都要归功于意识。对个体而言，对创新的渴望在我们成长的过程中表现为热烈的躁动，引导我们学会语言，掌握各种知识，使我们在复杂的现代社会顺利过渡到成年期。

意识的精神空间是经过精心选择的，意识致力于创新，它的一个关键要素是发现信息的深层结构。掌握这种包含模式的、有意义的信息处理形

式，能够使我们具备超强的学习能力，这也解释了为什么人类的意识使我们在每一个知识领域都取得了巨大成就。通过发现大自然的隐蔽规则，通过将两种完全不同的思想根据它们潜在的、共同的信息结构联系起来，我们的大脑创造了一个广阔的意义世界。这种不懈努力的结果之一就是：当我们看到一张椅子时，看到的不只是椅子基本的外部特征。当然，我们会认出这是一张椅子，然后马上会想到与这个物体相关的一系列意义：椅子有什么形状，具有何种功用，与其他家具的关系如何，放在哪幢大楼哪个房间内，等等。事实上，当我们观看周围世界时，无意识可能忙着处理一些基本的感觉特性，但是在意识的大本营内，每一项内容都要经过

我们掌握的知识结构的严密筛选。我们看到的任何物体，都会触发理解的意识波，即该物体不同层次的意义。

这种对知识及深层模式的不间断的追求，不仅是创新的机制，也是人类意识的特征。基于DNA的“想法”不可能是有意识的，部分原因在于这些信息仅仅表现事物最基本的特性。即使是黑猩猩也努力去了解意义的不同层次，但是人类的意识在这方面蓬勃发展，使我们以独特的方式深入理解并掌控世界。

意识只关注最有意义的精神建构，且急于在现有结构之外建构新的模式。为了达到这一目的，意识急切地组合、对比进入其范围内的任何物体。大

脑的运作方式直接反映了这些组合与对比功能。大脑皮层负责处理感觉的专门区域为意识提供了具体的内容，比如，负责辨识面孔的区域不仅仅要辨认出肤色和肤质，还要处理与面孔相关的其他方面的信息。但是，在大脑皮层这个最高级的、具有多功能的脑区，还有一个网状结构，直接从专门区域收集各类内容。这是个核心结构，不仅内部紧密相连，而且与整个大脑的主要区域都密切相关。在这个内核中，有意义的、高度结构化的信息源通过超快速的大脑运作相互联结。从神经学上来说，意识就是在这里产生的。

现在，我们清楚地知道意识是在大脑哪些区域产生的，以及这些区域是如何相互联结以形成意识

的数学模型。这些模型建立在神经结构和信息特征的基础上。事实上，这些数学模型已经在理论层面得到解释。同时，出现了新的实验方法，以探究不同层次的意识。不断改进的实验方法有可能解决一些过去无法解答的难题。例如，如果被试不能通过语言表达他们的意识，在这种情况下我们该如何测量其意识水平。这些棘手的实验对象包括动物，人类胎儿、婴儿，将来还包括机器人。

另外一些被试则迫切希望能够证实他们的意识能力，如果他们有能力这么做的话。这是一些脑部严重受损的病人，他们停留在意识的边缘，很少出现证明他们还具有意识的行为特征。医治这些病人的医生可能会很自然地得出结论：病人因疾病或伤

害造成的脑损伤已经使他们失去意识能力。但是，如果病人是因脑部运动中枢受损而导致全身瘫痪呢？这些病人是否仍然具有清醒的意识，或者他们的大脑损伤程度已经使其无法感受周围世界，而与瘫痪不相关？我们如何运用意识的科学知识去区分这些不同情况？

意识赋予我们不可思议的理解能力，尽管为此我们要付出沉重代价。在本书结尾，我将讨论人类大脑的脆弱性。为了支持人类意识令人惊奇的创新能力，人类大脑变得如此发达、复杂。我们极其容易遭遇严重脑损伤，从而丧失意识。然而，幸运的是，不断发展的新技术能够诊断脑损伤患者是否仍然具有某种程度的意识。这项研究使我们通过分析

患者的大脑信号“聆听”病人的心声，同时也为这些患者提供了与外界交流的机会。新兴的一些方法甚至可以恢复患者一部分意识（原先这些患者的意识已经完全丧失）。

幸运的是，严重脑损伤导致意识长期模糊的情况相对较少。不幸的是，人类大脑的脆弱性表现得很普遍，表现形式很微妙。要想产生最佳的意识，大脑各种成分与不同脑区的活动需要相互作用，并且达到一种平衡状态。一些人的基因决定了他们的大脑稳定性较差，而更多的人由于各种生活压力而神经紧张，很容易患精神病。精神病已经成为流行病，然而受到的关注却远远不够。

如今，“意识障碍”（disorders of

awareness) 这个术语被用来描述几乎所有的精神病，我们对精神病有了新的认识，对精神病的治疗也有了新线索。一些病人的意识空间被压缩了，就如同一辆小车只能在一条危险的、结冰的道路上缓慢爬行。这些患者极度渴望正常的生活，他们疯狂地抓住任何一种包含模式的微弱暗示。如同一个司机，以为猛踩油门是解决问题的唯一办法，而这种惊慌的举动只会令车子滑倒，从而失去控制。同样，患者的思想不受控制地向前滑行，产生许多偏执的、虚幻的想法，我们称这些想法为妄想 (delusions) 。

拓展和恢复意识的各种技术已经成功地应用到精神病患者身上。然而，这不仅仅是关乎意识是什

么或何时会崩溃的问题，而是如何运用这类知识让我们生活得更好的问题。比如，很多建构意识的方法很容易被我们用来减轻生活压力，或者使我们以新的眼光更透彻地看问题。慢慢地，我们的意识会变得平静、开放，能够发现周围很多美妙的新模式。

[1] 本书中，假定awareness与consciousness两个词意义相同，都指“意识”。

[2] 统计学习理论 (statistical learning) 是基于数据进行预测的一种机器学习理论，使用统计与功能分析的方法。该理论由俄罗斯统计学家弗拉基米尔·万普尼克(Vladimir Naumovich Vapnik)创建。——译者注

第1章 哲学视域下的意识难题

技术层面的心电感应

很多人凭直觉就简单地认定，我们的思想以某种方式独立于身体而存在。大多数宗教观点将上述想法概括为：人在肉体消亡后，仍以某种形式继续活着（在来世继续做人，或者转世投胎变成另一种动物）。根据这些宗教观念，意识与我们的的大脑和身体无关。如果真是这样，为什么阿司匹林有止痛作用？为什么早上一杯浓咖啡能够赶走倦意？在药物引起人脑化学结构变化的同时，人的某些特定的感受也发生了改变，这难道仅仅是巧合吗？

如果上述这些精神状态受生理变化影响的例子

过于含蓄，那我就举一个较为直接的例子。几年前，我的一个朋友兼同事马丁·蒙蒂在做一个新实验，我作为实验对象做过大脑扫描测验，这样的测验之前我做过好几次。这种现象很常见，研究人员先拟订一个初步的实验方案，然后互相之间做扫描，根据扫描测试结果确定最终实验方案，最后根据这个方案对普通志愿者进行测验。但这次测验与以往不同：马丁将扫描仪作为心灵感应的工具。

通常我躺在扫描仪内的任务就是看一系列的图像，而我的大脑活动情况要几天后才能被解读出来，因为图像分析过程很复杂。现在马丁用了一套新程序，能快速地做粗略分析，这样在几秒钟后他就能解读到我的大脑活动。图片显示在测试中我大

脑的哪块区域会亮起来，测验结果远没有平常的测验结果详细，但对于马丁来说已经足够了。

在实验过程中马丁会问我各种问题。如果我的答案是肯定的，我就想象环顾房间四周，这样位于大脑底部（海马旁回区域）负责导航运动的脑区就开始运作。如果我的答案是否定的，我就想象在打网球，启动位于大脑顶部负责手及手臂动作的运动皮层。这两项任务是特意设计的，目的是形成两套记录完备、不受干扰却截然相反的激活模式，从而经得起粗略的实时分析的检验。这类激活模式的原理是这样的：根据对象的变化，不同的脑区会被激活，如此反复。之所以产生这种结果，是因为大脑处理这些任务的方式很相似。

这个实验是一个科研项目的一部分，该项目的任务是尝试与一批患者进行交流，这些患者具有清醒的意识，但因丧失运动控制而无法表达自己的想法。对这些病情严重的患者做扫描实验有很多不便之处，所以马丁先以我作试验对象，检查他的实验方法是否可行。

躺在扫描仪中，刚开始我感到很放松，甚至有点无聊，偶尔睡意来袭还要挣扎着保持清醒（这点我可不会向研究者报告）。但是没过多久，我惊奇地发现自己变得很激动。我躺在那儿，放射线技师把我推进功能性磁共振成像扫描仪中，这个扫描仪体积很大，是白色的，形状像胖胖的甜面圈。我的整个身体都进入扫描仪中，只有脚露在外面。这时

我感到有点紧张，好像自己在精神上是赤裸的，在控制室的马丁通过扫描仪显示屏能清楚地解读我的想法。虽然我也知道事实并非我想象的那样，但我还是明显地感到自己此刻的脆弱性；这种感觉又让人异常兴奋，再过一会儿，世界上将没有人在精神上比我更透明的了。

在校准扫描仪器所发出的一阵嘟嘟声和咔嗒声后，耳机里传来了马丁的声音，他问我是否有兄弟姐妹。接下来的30秒钟，我回想家里各种家具、房间的大小和形状——表示我的答案是肯定的。接着休息30秒（时间是受控制的），再开始这种持续1分钟的循环，连续重复4次。经过5分钟的训练，扫描仪发出的嘟嘟声停止了。耳机中又传来马丁的声

音，打破了短暂的寂静，他说：“好的，这么说你确实有兄弟姐妹，并且不止一个吗？”接下来的5分钟，我想象自己对准向我飞来的网球，猛地一个正手击球——表示我的答案是否定的。这时马丁的声音又响起：“好的，这么说你只有一个兄弟姐妹。是兄弟吗？”我又开始想象房间里的东西，表示肯定的回答。马丁仅仅通过盯着反映大脑活动的电脑显示屏就准确地解读了我给的每个答案。其实，马丁在第一个1分钟就能读出我的答案，后面的4分钟只是为了确定。

问完家庭情况的问题，就开始闲聊：“你认为今天晚上英国队会赢得世界杯吗？”我虽然对足球所知甚少，但对英国队的实力还是清楚的，所以我

开始拼命想象打网球的动作，表明我的答案是：根本不可能。这样的对话进行了大概半个小时，我有30秒思考时间，马丁则观察我大脑活动的模式，很快知道我的答案是肯定或是否定。诚然，一个问题要花上5分钟时间作答的对话算不上高效率，但是我要强调的是：这个对话是在一方完全不使用语言、手势和书写的情况下进行的。我通过在脑海里想象做不同的事情来回答问题，而马丁在我想这些答案的时候观察我大脑的活动情况来判定答案。当放射线技师扶我从扫描仪床上下来，卸除绕在我身上的电线和装备的时候，我停了一会，然后想道：“我刚刚参加的实验有力地证明了，思想只不过是大脑的产物。”

当然，我不是第一次产生这样的想法。父亲因大脑右半球脑血管堵塞而导致个性改变，那时我就产生了类似的想法。我曾经为父亲精神上产生的变化感到很震惊，但那都没有减轻这次实验给我带来的震撼力。我成功地用科学方法完成了“心电感应”实验。马丁观察我的大脑运作，好像那正在上演一场电影，而此时我正在指派想象任务，并将正确的图像投射到大脑这个“电影屏幕”上。

哲学与科学的对抗

本书无疑是一本关于意识科学的著作。除了这一章，其他章节探讨的是人类经验的演化过程、心理机制及神经机制。两千多年来，心灵和身体的关系问题在哲学领域内一直存在激烈的争论。事实上，近20年才形成明确意识研究领域。如果我在这本讨论意识的书中略去这一重要的哲学论争不提，似乎说不过去。这一哲学论争对意识科学产生了深远的影响。

然而我坚持认为这些哲学论点无视科学，靠抽象的逻辑进行论证，能提供给意识研究的真知灼见非常有限，甚至可能会产生误导作用。

我重点围绕两个问题展开分析。第一个问题

是：意识仅仅是一种大脑活动（如同我做的扫描实验所显示的那样），还是独立于大脑、身体及物质世界其他东西而存在的？第二个问题是：人类作为一种精神存在，仅仅是一台生物计算机，还是存在某些特殊的東西？我们能感受到各种知觉（sensations），能赋予这个世界以意义，这些都是计算机软件无法做到的。

笛卡尔与身心二元论

17世纪的哲学家勒内·笛卡尔（René Descartes, 1596——1650）是心灵哲学之父。在他最著名的作品《第一哲学沉思录》（*Meditations on First Philosophy*）中，笛卡尔思考这样一种可能性：一个力量强大又狡猾无比的恶魔骗他说外部世界是存在的，他的身体也是真实存在的。电影《黑客帝国》（*The Matrix*）就是以这个设想为前提，主人公尼奥（Neo）过着平常人的生活，他一直认为自己生活在20世纪美国的一个城市里，直到有一天从漫长的梦境中醒来，发现自己其实一直生活在一个由计算机所创造的虚拟世界，是计算机将虚拟世界的信息植入他的大脑。

但是，笛卡尔认识到，不管这个恶魔有多狡诈，有一块思想领地是确定的、不受恶魔假象影响的，那就是他自己作为一个思考主体的存在。你可能会像电影中的尼奥那样，被蒙在鼓里，因而傻呵呵地以为自己就是那个真实的自我，实际上是计算机将各种感觉传递到你的身体里。尽管如此，有一点是计算机的邪恶力量无法做到的，即在你自身的存在这个问题上欺骗你。这里有两种选择：如果你相信自己的存在，从逻辑上说你肯定是存在的（至少是作为某种有意识的生命体存在），因为只有有意识的生命体才能做出相信这一行为；如果你试着不相信自己的存在，那么怀疑这一行为本身就证实了你的存在，因为怀疑的行为需要一个有意识的生

命体来完成。因此，仅仅通过思考这一行为（怀疑只是思考的一种形式），我们就明白一定存在一个有意识的实体，而那个实体就是我们自己！

通过苦思冥想，笛卡尔清晰地表述了如下观点：“我最后总结出这个命题：我活着，所以我存在（I am,I exist）。不管是被我提出来还是存在于我的思想中，这个命题都是正确的。”笛卡尔在《方法论》（Discourse on the Method）一书中将这一命题更简洁地表述为：“Cogito ergo sum”（“我思故我在”）。

在笛卡尔证明身心二元性的主要论据中，其中一个论据的正确性很值得怀疑。这个论据看似简单也很有说服力：我们很容易就怀疑自己身体的存

在，但却从来没有怀疑心灵的存在；由此可见，心灵是完全独立于身体存在的，与身体无关（按现代的说法，这句话中的“身体”应该被“大脑”代替）。

笛卡尔的观点马上遭到杰出的哲学家、数学家和逻辑学家戈特弗里德·威廉·冯·莱布尼茨（Gottfried Wilhelm von Leibniz）的反驳（莱布尼茨出生时，笛卡尔将近离世）。莱布尼茨指出：笛卡尔实际上只是表明，他可以思考他的意识与身体无关。显然，笛卡尔没有证明任何事情。莱布尼茨的评论可通过一个众所周知的例子来阐明，虽然这个例子的原意被稍稍歪曲了。比如说，我正走在大城市的街道上，远远地看到一个身强力壮的高个

子男人匆匆地跑进小巷的电话亭，这个男人戴的眼镜又厚又难看。我的朋友告诉我，这人是《星球日报》的记者克拉克·肯特。忽然，在街道的另一头，五个持枪歹徒从一辆警车中下来，企图抢劫数十万美元。我感到既害怕又兴奋，心想他们肯定能抢劫成功。这时起了一阵旋风，超人奇迹般地出现了，在我面前一闪而过，奔向那帮歹徒。一眨眼的工夫，超人就解除了歹徒的武装，还把他们用绳子捆了起来。我的朋友看看我，然后一歪头，问我：“你觉得有没有可能……克拉克·肯特就是超人？”这太荒唐了吧，我马上反驳道：“听着，我很清楚超人长什么样，好多次我看见他飞来飞去的，我甚至采访过他两次。虽然我不大认识这个克

拉克·肯特，但是刚才瞟了他一眼，他戴着眼镜，与超人很不一样。因此，我敢肯定克拉克·肯特与超人是完全不同的两个人。”我朋友点点头，被我无懈可击的逻辑说服。我很开心，为再次证明自己的智力高人一等而洋洋自得。

这个例子中的“我”犯了两个错误。第一，他认定自己对超人（克拉克·肯特）的认识是符合实际情况的；第二，他根据超人与克拉克外表的差异，就认定是两个不同的人，而非同一个人的两种装扮。但如果他是个称职的专业记者，像警犬似的查找确定证据，他对超人和克拉克的认识就会完全不同。如果他注意到克拉克频繁进出电话亭的奇怪举动，还注意到超人总是在克拉克进去后不久就忽然

从电话亭里出来，如果他还发现克拉克平常穿的衣服里面还穿着超人的衣服，如果他知道克拉克不戴眼镜的模样，等等，那么他就会发现超人与克拉克明显就是同一个人。

笛卡尔在对大脑一无所知的情况下得出结论，加上不愿意去探究证据，使得他更顽固地坚持自己的看法。要全面地检验他的观点，我们就必须对大脑和意识有一个透彻的认识，如同上述例子中的旁观者需要仔细观察超人和克拉克的一切细节。如果出现这样的情况：意识忽然改变了，但大脑活动没有变化，只有在这时，我们才能说意识是独立于大脑存在的。到目前为止，所有的大脑扫描实验都显示：即使是最细微的意识变化，都是由大脑活动的

变化引起的。所以比起那种认为意识独立于物质世界的观点，另一种观点——认为意识是大脑活动的结果，是一种物质的处理过程——显然更有道理。

但是笛卡尔同时声称，我们的心灵必然是隐秘的、主观的，是他人无法体察的。这个观点值得我们深思。当我看着广阔的大海，听着海浪的呢喃，感到平静、满足，在那一刻其他人无法真切地体会到我的感觉。从绝对意义上看，我好像真的陷进那种感觉中，只有我自己一个人清楚那种感觉，科学无法改变这一点。将笛卡尔的观点应用于现代：大脑扫描仪也许可以粗略地捕捉到我们的意识，但是它能使别人体验到和我完全一样的感受吗？这个问题反映了主观感觉有一种神秘性，这种神秘性一直

激发现代人去证明心灵的存在独立于大脑。

最后要指出的是，笛卡尔连同一个世纪之前的人们都认为心灵世界仅仅包括他们能意识到的东西。笛卡尔很可能会把无意识看成是自相矛盾的概念，当然他也不可能接受无意识可以影响意识的观点，而这一观点现今已被广泛认可。需要明确指出的是：从现在开始，我提到名词术语“心灵”（mind），或者谈论“心理状态”（mental states），指的是所有的认知过程，包括意识和无意识。

尽管当代批评家认为心灵仅仅只是大脑活动的产物（其中最著名的是英国哲学家托马斯·霍布斯（Thomas Hobbes）），但笛卡尔的身心二元论

几个世纪以来一直被很多人（甚至包括一些哲学家）认可。

幽灵离去的现代

虽然笛卡尔声名卓著，但是从19世纪中期开始，医学和新兴的神经科学领域内越来越多的证据表明笛卡尔的二元论站不住脚。其中最著名的神经学案例是菲尼亚斯·盖奇（Phineas Gage）的案例。盖奇在佛蒙特州的铁路建设部门当工头，一次用炸药清理一堆石头，盖奇将炸药塞到一个洞中，没想到炸药提前爆炸了，他手中的铁夯像子弹般飞出来。这根吓人的铁夯宽3厘米，长超过1米，重约6公斤。铁夯穿过盖奇的左脸颊，击碎脸部骨头，再射穿左半脑前额叶，很可能毁坏了大部分的前脑（见图1），最后穿过头盖骨顶部，落在25米开外的地上。盖奇被吓坏了，还流了一些血，但令人惊

奇的是，他仍有意识。在开头几分钟他还能讲话，甚至能自己行走，不用人扶着。在去医院的一段短距离路途中，他还能笔直地坐着。盖奇后来康复得极好，除了一个特殊情况。

盖奇的医生约翰·哈洛（John Harlow）写了一份报告，影响很大。据报告称，盖奇在事故发生之前是一个稳重、机灵、随和、有责任心、受人尊敬的人。然而事故发生后，他变得不成熟，经常说脏话，傲慢无礼，反复无常，而且他总是制订很多计划却不能坚持完成。简而言之，他的朋友都认为“他不再是原先的那个盖奇了”。社会上开始流传一种说法：人的大脑受损会导致性格剧变，这种传言给人们带来一定的精神冲击。虽然对这个案例

的细节仍存在相当大的争议，但接下来的几十年中相继出现了几十个相似病例，都是脑损伤导致性格或智力上的变化。科学使这座概念化的“巨轮”慢慢调转方向，开始接受另一种观点，即思想只是大脑活动的结果。

到了20世纪中期，笛卡尔的二元论遭到最猛烈的攻击，产生很大影响。英国哲学家吉尔伯特·赖尔（Gilbert Ryle）于1949年出版了著作《精神的概念》（The Concept of Mind），在业内引起巨大反响。在这本书中，赖尔将笛卡尔的二元论称作“哲学家的神话”。赖尔指出，笛卡尔认为心灵独立于身体存在是犯了“范畴错误”。为了说明何谓范畴错误，我举一个例子。一个外国朋友来剑桥

大学找我，让我带她走走，参观一下校园。我先带她来到圣约翰学院——我是这个学院的博士生，叹息桥横跨康河，河面荡漾着几艘平底船，庄严雄伟的新院看上去像个结婚蛋糕。接着又去了其他几个学院和系所，但是过了一会儿她不耐烦了，说：“行了，我已经参观了校园的生活区、实验室等，但是我原本以为你会带我逛剑桥大学呢！”她不明白剑桥大学是由这些建筑物和人员构成的。这些建筑和人员不是完全独立的，而是剑桥大学这个大范畴下面的子范畴。

赖尔认为，笛卡尔在精神与大脑的关系这一问题上犯了同样的范畴错误。笛卡尔可能认识到各个脑区负责处理不同的感觉，但同时他又认定大脑与

精神活动无关。正如赖尔指出的，笛卡尔相信“机器中的幽灵”（the dogma of the Ghost in the Machine）这一教条。笛卡尔认为，一个人的思想是某个“神秘的幽灵”，生存在人这一生物机器的大脑里面。但是，机器是不需要幽灵的，意识的产生仅需要大脑这个机器就够了。

在结束对赖尔的讨论之前，我想回到刚才提到的剑桥大学的类比。这个类比有一个细微之处很有意思。虽然我的外国朋友错误地认为，各个学院与研究所和剑桥大学不相关，但是她可能并非完全错误。如果我说“剑桥大学等于校园内每座大楼、大楼内的学生和工作人员，以及曾在大学学习或工作过的人相加的总和”，有人就会说我看问题太简单

化，太不浪漫了，竟然把一座有着800年历史的大学说得像由一组零件组成似的。“剑桥大学”这个词汇的意义不是一张零部件清单所能涵盖的。人们对这个学校的印象可以来自文学作品和电影，有着传统、尊贵的光环。学生的表现使这所大学具有浓重的学术气息，甚至有点书呆子气。仅仅通过参观校园的各个部分是无法准确解释这种氛围的。简而言之，“剑桥大学”这个概念具有某些突发特性，不是一张“购物清单”就能说清楚的，而赖尔则会把购物清单上列的物品称为这所大学的子范畴。

在很多领域，低一层次的错综复杂的思想集合可以产生令人惊讶的、深奥微妙的知识，而这些知识要大于低层次思想的总和。钱就是一个明显的例

子。细致入微地研究信用卡或硬币的每一个特性，并不能让你了解多少世界金融体系的运作方式。相反，很多经济规则是从那些希望买卖商品或者服务的人的相互活动中产生的。有些经济规则异常复杂，所以很少有人能预测2008年的信贷紧缩，几乎没人知道引起那次信贷紧缩的原因。另一个很有意思的例子是蚂蚁。一只蚂蚁其实很蠢，只具备一些基础知识。所以我们可能会认为一群蚂蚁不过是许多愚蠢生物的集合而已。但是，蚂蚁如果相互交流（主要通过发送化学信号），会发生不可思议的情况——它们能做异常复杂的事情。蚂蚁能耕作（在近5 000万年中，最先学会耕作的物种不是人类），能筑造复杂的蚁巢，能在看起来完全相同的

个体之间进行复杂的劳动分工，还能教导同类。蚂蚁是至今已知的唯一能教导同类的非哺乳动物：当一只蚂蚁领着另一只蚂蚁寻找食物源时，第一只蚂蚁会不时地停下来等另一只蚂蚁跟上。因此有人建议不应该把蚂蚁群看作蚂蚁的集合，而应是超个体（superorganism）。遍布全球的人类群体，通过互联网紧密相连，也许是另一种超个体。

突发特性并非生命体所特有。万有引力定律相对简单，但在万有引力的作用下形成了银河系令人眩晕的漩涡形状。分形方程式只是少量的长度符号，但能衍生出无比复杂的形状（见图2各种表现突现论的图片）。

以人类大脑这一已知世界上最复杂的物体为研

究对象，很可能会出现各种突发特性。我并非赞同笛卡尔的非物质幽灵，反而对这个幽灵不科学的宗教内涵不寒而栗。但是在一个科学的、以物质为基础的框架中，我赞同这样的想法：大脑的功能比它各部分功能相加的总和要大得多，而意识可能是大脑最耀眼、最让人着迷的产物。

感觉的不可穿透性

直到20世纪中期，哲学家们逐渐认同神经科学家的观点，认为精神是大脑的产物，而思想和感觉是脑细胞不断运作的结果。实际上，随着计算机的出现，加上我们开始承认自己不过是生物机器，精神与大脑关系的方程式很快就转变为精神与计算机程序关系的方程式。由于进化的巧合，我们人类形成了这个内部沟回形状，外表像果冻的计算机（即大脑），用来证实我们的思想程序。但也不一定非得通过大脑才行，原则上说，装有硅片的“大脑”能产生同样的思想。

如今广泛讨论的关于思想的一个哲学观点是：“思想不过是一台计算机，碰巧等同于大

脑。”神经科学家也默认这种论点。但现代哲学家们还是从各个角度攻击这个观点。

第一个疑问是，思想真的能被完全简化，等同于大脑（或者计算机，或者你能想到的任何物体）吗？笛卡尔反对这种简化，认为精神世界具有某些本质的、主观的、非物质的东西。托马斯·内格尔（Thomas Nagel）在1974年发表了一篇著名的哲学论文《成为一只蝙蝠会是什么样子》（What Is It Like to Be a Bat?），其中的观点与笛卡尔遥相呼应。内格尔同意这样的说法，即根据一种思想引发其他思想和行为的能力来描述这种思想的特性；他也不完全反对思想仅仅是大脑的产物这一观点，但他认为这种观点有问题。比方说，我和你一起听

肖斯塔科维奇的第十交响曲，我可以试着想象你听音乐时是什么感受。当然，我的想象很可能是错误的，但至少我能对你的体会做一个合理的猜测。我甚至能做另一个很不错的尝试：想象我家的猫听到门铃响时的感受。猫的耳朵与我们相似，而且其大脑的主要听觉中枢与我们也有相似性。但是如果想象一只蝙蝠能看到或听到什么，就让人无从入手了，因为蝙蝠是靠回声定位飞行的。假定蝙蝠也有意识，那么蝙蝠的意识与我们人类的意识是完全不同的。我们根本不可能知道蝙蝠的意识，至少牵涉到回声定位我们就毫无办法^[1]。如果我们连回声定位的感觉是怎样的都无法想象，又怎么能运用科学工具去了解蝙蝠的感受？

内格尔声称，“会是什么样子”的思考角度正是意识的精髓。由这个思考维度引出了一个问题，对那些希望把意识简化为大脑的物理过程的人来说，这个问题尤其突出。内格尔相信，某些动物如果有意识，它们也会思考“会是什么样子”这个问题。内格尔没有说我们不可能知道成为一只蝙蝠会是什么样子，虽然他暗示这一障碍是科学要解决的主要问题，而要解决这个问题，需要用完全不同的新方法。

澳大利亚哲学家弗兰克·杰克逊（Frank Jackson）将内格尔的观点向前推进了一步，他认为仅仅用物理的方法解释精神状态是不可能的。杰克逊的论据建立在一个思想实验的基础上，这个实

验大致情形如下。

假设到了2412年，邪恶的哲学家们控制了地球。一小帮自称为“笛卡尔族”的令人讨厌的哲学家们策划了一个残忍却有效的实验。世界上最著名的科学家夫妇刚生了一个漂亮的女儿，取名为玛丽。“笛卡尔族”的人在玛丽刚出生时就绑架了她，并把她关在一个没有窗户、只有黑白两种颜色的房间里。他们还将她的皮肤漂白，甚至将她双眼虹膜和头发的颜色都变为黑色。他们从白色墙上的一个黑色小窗口给她提供食物，食物的颜色不是黑的就是白的。在她的成长过程中，他们让她玩电脑，或者在电脑上教她一些东西，而所用的便携式电脑（包括显示屏）的颜色只有黑色和白色。在那

个时代，自然科学知识已经很完备了，人们知晓关于物理学、化学、生物学（特别是脑科学）的所有知识。玛丽像她父母一样热爱科学且天资聪慧，加上没其他事情可做，她就将学习所有自然科学知识当成自己的任务。经过数十年的刻苦学习，在30岁时她已经掌握了物理世界的所有知识（当然，这听上去极不合理，但是暂且假定这是可能的）：从亚原子颗粒的本质到人类表现色觉的脑细胞的活动。“笛卡尔族”的哲学家们认识到，实验到了这一阶段就要出成果了，他们将玛丽从禁闭的房间里放出来。玛丽生平第一次漫步在房间之外，她看到的东西让她眼花缭乱、不知所措、欣喜若狂。她跌跌撞撞地来到附近一个花园，然后弯下腰盯着一朵

红玫瑰看。当她明白这是红颜色时，她震惊万分，喊道：“在我走出房间之前，我已经知道了大脑产生意识的所有物理过程，但是现在我知道了新的东西：我知道了看到红色会是什么感觉。这个新知识是自然科学无法给予的。所以意识具有非物质性！”这时玛丽精神崩溃，倒在地上，而“笛卡尔族”的哲学家们对此无动于衷，只顾着庆祝他们的实验成果。他们认为这个可怜的实验对象——玛丽，帮他们证明了意识至少有部分是非物质性的。这个邪恶的哲学家团伙在小册子的结尾大胆地宣称：笛卡尔自始至终都是正确的！

虽然这个论点影响很大，貌似严密，但并非无懈可击。此观点与笛卡尔的论点在某些方面存在同

样的问题。笛卡尔的错误在于：他得出的结论超过了他的知识水平。笛卡尔对身体的了解远远比不上他对精神的了解，但是他却贸然下结论，认为身体与精神是不相关的（这一点他并未证实）。杰克逊犯了类似的错误，他不明白何谓完整的物理学，却妄下定论。据说19世纪最伟大的物理学家之一凯尔文勋爵（Lord Kelvin，1824——1907）在1900年曾声称：“物理学已没什么新发现了，剩下只是越来越多的精确测量。”发表这一论断的时间极具戏剧性：马克斯·普朗克（Max Planck，1858——1947）在同一年提出量子力学理论（quantum mechanics），从而引发了一场物理学革命；5年后爱因斯坦提出一系列革命性的理论，包括狭义相

对论 (special relativity) 和质能等价理论 (the equivalence of energy and mass) 。

在过去的四百年的时间里，我们根本不知道什么是“完整的物理学”。实际上，任何时候都可能出现令人惊叹的革命性理论，让那些满脑子科学教条主义的人窘迫不堪。对25世纪的描绘很可能比超弦理论 (superstring theory) 和量子力学更离奇，但纠缠于这种描绘的具体细节是毫无意义的。像杰克逊那样认为未来的自然科学不包括对意识的全面认识，这种论断过于大胆鲁莽。

实际上，这不是反驳杰克逊思想实验的唯一论据，试想出现下面这种情况。玛丽虽被困在只有黑白两色的屋子里，但她对屋外的动植物很着迷。当

她不用学习诸如神经元结构、物理特性之类的科学知识时，她的兴趣转向观察外面的花园。她秘密侵入了隔壁的一台遥控装置，这台装置恰好配有相当不错的摄像机。她操纵这台装置，使它对着花园。接下来的几天她一直通过摄像机进行观察，发现从玫瑰丛中发射出一些光，根据这些光的波长可以判断这些玫瑰颜色的深浅。为了进一步确定她的观察结果，她又设法秘密入侵了隔壁几台大脑扫描仪，这些属于25世纪的扫描仪有着快速的运作速度，恰恰又是当时的“老大哥”政府普遍使用的工具。通过扫描仪，玛丽观察每一个盯着玫瑰看的行人的大脑活动，她很容易就推断出这些大脑活动是与他们看到红色这一体验相对应的。所以在玛丽离开房间

之前，她已经通过其他途径获得了一个无可争议的清晰的认识，即附近花园里的玫瑰是红色的。因此关键的一点是，玛丽被放出来后，并不是忽然发现玫瑰是红色的，她早就知道这一点了。她现在终于知道了“看到红色会是什么感觉”，这点是她以前不知道的。而这种认识与我们平常所说的认识不一样。所以当玛丽看到玫瑰时，她到底学到了什么新知识？一些哲学家怀疑她是否学到任何新的信息。

基于这个怀疑，杰克逊思想实验的评论者中，有少数几个人认为“知道看到红色会是什么感觉”更像是一种集合知识的能力，而非知识本身。事实上，杰克逊本人就持这种观点，他因认同这种说法而放弃了原先的观点。色觉让我们知道很多有

用的信息，比如根据水果颜色判断是否成熟，交通信号灯变为红灯时表示要停车。这些信息都涉及知道某些东西是红色的，而“看到红色会是什么感觉”更抽象，可能更为准确的表述应该是“当我们再次看到红色时能够识别的能力”，即不需要借助像摄像机这样的工具而直接收集颜色信息的能力。

如今我们有多种方式获取颜色信息：自然的方式就是通过我们的眼睛看；人工技术的方式，例如通过数码相机拍摄。不管是通过眼睛还是卓越的现代技术，重要的是我们获取了信息，以何种方式获取并不重要。知道玫瑰是红色的这一信息，与得到这一信息所用的工具无关。而“看到红色会是什么感觉”则与获得这一信息的工具直接相关，在上述

例子中，这个工具是玛丽的眼睛。所以，重要的不是我们知道某一信息，而是运用我们的眼睛这一特定的工具获取信息。玛丽走出那个黑白两色的囚室后见到玫瑰，此时她并没有获得任何新的知识——这种说法至少有其合理性。因此，我们仍然可以说意识仅仅是种物理现象。

[1] 实际上，有些盲人声称自己学会了先进的回声定位法，能够分辨出停着的车辆的前部和后部。丹尼尔·基什（Daniel Kish）在一篇很有趣的文章《回声视觉：通过声音看事物的人》（Echo Vision: The Man Who Sees with Sound）中分析了此种现象。该文章发表于2009年4月11日的《新科学家》（New Scientist）

程序有感觉吗

意识不仅是大脑运行的物理过程，还可以被计算出来，这是意识标准的另一方面。现代哲学家对此持反对意见，认为意识在生物学特性之外还有其独特之处，也就是说我们无法将意识等同于硅片。

“意识可以被计算出来”这一观点遭到攻击，其中一个突出的论据就是意识的不可穿透性——我们的情绪和感觉很难被他人理解。持这种观点的人认为，经验的不可穿透性证明了计算机不可能准确捕捉到我们的意识。我们都知道草莓是红色的，蓝莓是蓝色的，但是如果我对红色和蓝色的经验恰恰与别人对这两种颜色的经验相反，结果会如何呢？假定不同的人看到一盘水果色拉的反应相同，那么

大脑中的“软件”可以选择已有的数值去表现红色和蓝色；甚至可以略去这些麻烦的代码，而通过其他颜色的色觉延伸或其他情绪与感觉来表现红色和蓝色，同样不会减弱大脑“程序”的可靠性。但是，如果意识对颜色的定义与计算机对颜色的定义不同，那么认为意识可以被计算出来的观点就过于草率了。因此，计算机还是不能表现意识。

然而，如果从科学角度仔细考虑问题，就会发现下面的想法很荒谬：一个人对红色和蓝色的经验和他人相反，其他方面的思想和行为却没有改变。我们对红色的感知不仅来自眼睛接收到的波长，还包括色彩的鲜艳程度，与周围颜色的对比度，明亮度，色彩所包含的意义及所属的类别等。所有这些

与我们的情绪、感觉在一个极其复杂的信息网络中相互作用，比如“蓝调”音乐表达的是黑人阶层的情感。这些都很好地反映了大脑的结构，它就像一张互相连接的高度密集的网，改变任何一个区域都会引起其他区域功能的变化。

由于不存在单一的关于红色的经验，就算我对红色和蓝色的经验与他人相反，我对红色的感觉也不可能是别人对蓝色的感觉。事实上我们对任何东西（如“紫红色”或“忧郁”）的感觉都包含了我们自身及外在世界的丰富信息，这些信息在这一刻是独一无二的。尤为重要是，它们不是孤立的，而是一个由很多知识相连形成的网络，与我们其他各种各样的经验形式形成对比。我们的感觉与情绪

尽管很复杂，但绝不是互不关联的。这些感觉与情绪帮助我们理解世界，并使我们与外界沟通。 [1]

[1]证明这种哲学观点的一个更为可信的做法是：在同一个人身上进行颜色经验的对比实验。比如，假设我通过一个特别的手术改变了对颜色的感觉，原先看到的红色现在看起来是蓝色，反之亦然。即便如此，我提出的反对理由仍然成立。即使没做手术，今天我对红色的感知与明天的感知会不同，因为每次看到红色时我的经验以及所有其他感觉与情感都会不一样，如同每一刻我的大脑运作情况都不一样。所以就算手术引起色觉的巨大变化也不能推翻我的论据。

计算机真的能懂中文吗

著名的“中文屋论证”（Chinese Room argument）的思想实验为以下观点辩护：意识在其生物机理之外还有某些特殊的、非程序化的东西。“中文屋论证”实验最初由约翰·塞尔（John Searle）在1980年提出，主要目的是为了证明意义的不可穿透性（不是感觉的不可穿透性）。塞尔急切地要证实人类的大脑不能被简化为一系列的计算机程序或规则。

实验如下。假设时间到了2412年，此时出现了一个称作“图灵的报应”的哲学家团体。这些哲学家们在纽约的街头徘徊，焦躁不安，急切地想找到可以与之激烈辩论的对象。不久，哲学家们遇到一

群中国游客，决定拿他们开个玩笑。他们把中国游客带到一间空屋子，房间的墙壁是白色的，陈设很简陋，只有一张桌子、一把椅子，桌上放着几张白纸和一支笔。他们让中国游客仔细检查每个角落，甚至连缝隙都查过。墙上没有窗户，只有一扇门，天花板上吊着一个灯泡。值得注意的一点是，房间的两端各有一个信箱端口与外界联结，一个端口写着“输入”，另一个端口写着“输出”。

“图灵的报应”团体的头目是一个很阴险的家伙，他很夸张地向中国游客做解释。他说自己很尊崇中国文化，而且相信这个世界上任何一个人都像他一样尊崇中国文化。关于这一点，他愿意以一个月的工资做赌注。中国游客可以从街上随便挑一个

人出来，哪怕这个人是个笨蛋，也肯定非常崇拜中国文化，能流利地使用中文。证明的办法是将他关在这个房间，中国游客在房间外面，双方通过墙上的两个信箱端口交流信息。中国游客马上同意了这
个赌博，因为即使到了2412年，有不少人会说中文，但能够用中文书写的人毕竟占少数。

中国游客仔细地挑选了一个看上去不怎么聪明的年轻白人。当这个白人被叫住并被拉到一边时，他还有些困惑不解。哲学家团体的头目也同意让这人做实验，并把他带到封闭的房间。这个头目一关上门（这时中国游客已不在房间），马上递给这个白人一本厚厚的手册，并低声对他说，如果他遵照这本手册的指示行事，接下来几个小时就能赚到一

周的工资。手册上列出一系列对话表，清楚地写明中文字符的组合规则。

接下来的几个小时，这个白人就从“输入”端口接收一张张写着中文的字条，这些字条是待在房间外面的中国游客写好的。房间里的人每收到一张字条，都翻开手册查找字条上中文字符的意思，然后按照手册的说明，将答案转换成中文字符写在纸条上，投到“输出”端口。由于对中文一窍不通，他根本不知道那些是中文字符；然而他每次把答案发出去，房间外的中国游客都很惊异，因为答案表述得很清晰，没有任何语法错误，完全像一个地道的中国人的回答。这个白人并不知道，他给的答案不但条理清晰，甚至还显得他很有学问。中国游客

觉得就像与他面对面对话似的。他们感到很震惊，这个白人风趣机智，和他给人的第一印象完全不同。这些中国游客在震惊之余，很不情愿地赔了打赌输掉的钱，然后离开了，不过还带着些许安慰：为中国文化在世界普及感到骄傲。

中国游客离开后，“图灵的报应”团体的哲学家们让他们的实验对象（年轻白人）又多待了几个小时。这个团体中有一个哲学家懂中文（能读和写），他将之前的问题翻译成英文，并依次将问题传递给他。这一次年轻人回答的速度比较快，尽管答案没有原先在手册上查到的中文答案准确，但内容相似。这个年轻人现在才明白之前让他回答的问题及自己给出的答案的意思。

中文屋论证表明，如果我们的思想仅仅是一套按照“如果这样，那么会怎样”诸如此类的规则运行的程序，那么这本特殊的手册就能表达思想。这本手册包含了中文的所有规则，教人如何理解并说中文，就像一个会讲中文的真实的人。但是，仅就中文而言，这个房间里不存在任何意识和意义。在房间里的人——年轻白人，完全不懂中文，他只是根据手册的规则操纵一些字符。而手册本身也不具备意识，毕竟它只是一本手册，如果没有人运用手册的规则和词汇，手册怎么可能有任何意义？试想一下，地球上所有生命都灭绝了，只有这本手册幸存下来，没有人去阅读它，手册就仅仅只是一件物品而已。

综上所述，手册中的规则被用来书写中文时，是没有意识和意义的；但是后来用英文书写，因为人的意识活动的参与，使交流有了意识和意义。塞尔认为，上述两者的区别在于：手册只是规则的集合，而意识和意义是靠人赋予的。所以意义——确切地说是意识，不仅仅是程序或一系列规则，它要求具备更多东西，某些属于我们大脑的神秘、独特的东西，这些是硅片无法拥有的。因此，计算机不可能有意识和真正的意义，只有我们的大脑才拥有意识和意义。大脑不是生物学意义上的计算机，思想相当于软件，大脑远比计算机复杂。塞尔总结为一句话：“句法规则不等同于意义。”

这个论据，如同之前我提到的其他论据一样，

其推理过程表面上看起来无懈可击，但事实上其推论诉诸我们的直觉。塞尔希望、甚至请求我们摒弃这样的想法：这本小手册包含着意义和意识。大部分人可能会凭直觉认同这样的想法：在实验房间内没有产生中文的意义和意识。但这只是我们的直觉，不是真实的，也不具有说服力。

仔细考察这个实验的具体细节，就会发现漏洞。塞尔在中文屋思想实验中对我们玩了两个把戏，以转移我们的注意力，就像一个出色的魔术师用敏捷的手法令我们看不出戏法的玄机。

首先，事实上在房间里的是一个完全具有意识的人，塞尔在这点上明显误导了我们。房间里的实验对象能够理解用英语书写的指令，除了对这个实

验的关键要素（他接收和传递的中文字符的意义）一无所知外，他完全明白周围发生的其他事情。我们只是关注实验对象对中文一无所知，并将他对中文的无知夸大到整个房间内没有发生意识行为。事实上，这个实验对象无关紧要，他只是在执行一项任务，即感觉的输入与输出，而这项任务并不一定需要意识的参与。使中文字符具有意义的不是房间里的这个人，而是手册上的规则。这个人完全可以被一个不会说话、没有意识的机器人或计算机所取代，只要它们能够在手册上查找信息，并将结果从输出端口传递出去。我们暂时不再讨论房间里的这个人，接着说说塞尔的第二个把戏。

为了更好理解第二个把戏，首先提一个最基本

的问题：手册懂中文吗？

已知世界中最为复杂的对象——人类大脑

上面这个问题的答案很简单。直觉告诉我们，在实验房间里不可能发生任何意识或意义，因为那本小手册只是一个物体。这么一本不起眼的平装书怎么可能具有意识？但是这个思想实验使用了一个狡猾的招数，就是让人相信这本几百页的手册包含了无比复杂的语言规则。事实上这是不可能的。一旦考虑到思想实验在现实中的可行性，我们就会发现这样一本手册（或者其他根据规则运行的设备，如计算机）无比复杂，而我们也会更加怀疑这些设备（手册、计算机等）是否能够理解中文。

为了简便起见，我们假设这本手册只有10 000个中文词汇，而每个句子长度不超过20个单词。这

本手册上的句式也很简单——“如果输入的句子是X，那么输出的句子是Y”。这样设定只是为了方便。假设房间外面的中国游客非常想赢得这次赌博，而其中有一人似乎发现哲学家头目悄悄塞给房间里的人一本手册。而这群中国游客里又恰好有一人精通技术发展史，清楚知道21世纪初期图灵测试竞赛^[1]利用计算机模仿人类进行文本聊天的技术。他建议采用一个狡猾的策略使房间里的人无法回答出问题，方法是设计出由各种排列方式组合形成的句子，句子的长度从1个单词到20个单词不等，而完全不理睬语法和单词的意思。要回答所有这种组合形成的句子，这本手册的容量究竟要有多大？答案是要包含大约 10^{80} 个不同类型的句子^[2]。

如果这本手册是传统的纸质书，长度要超过宇宙的直径——要将它装在一个房间里是不是太挤了！而要出版这样一部巨著，还要考虑到一些实际因素。这么多的句子刚好等于宇宙中原子的数量，所以这本手册初次出版时将耗尽所有纸张！所以，一本书包含所有按任何排列方式组合的、长度在20个单词以内的句子，并且每一种排列方式都有一个相应的答案，这样的书显然不存在。即使由拥有相同的存储容量和图表的计算机来替代纸质书，这台计算机的设计者也会发现根本无法建立这么大容量的硬盘。

稍微可行的办法是以计算机程序代替纸质书，那么就有更多简便的方法进行信息的输入与输出转

换，就像我们平时聊天那样连贯。就当是为了找刺激，我们以人类大脑的运作方式为基础，设计一个真的程序。考虑到我们只是对语言系统感兴趣，这种做法未免显得过头了，但是我们的语言交流能力是建立在广泛的认知技巧基础上的。

尽管几乎所有的神经科学家都认为大脑类似于计算机，但他们都清楚大脑和计算机的运行方式是根本不同的。二者存在两大不同点，即一个事件或者只有一个原因和结果（基本上是串行结构），或者有很多原因和结果（平行结构）；一个事件必然导致另一个事件（决定性框架），或是一个事件可能导致另一事件（可能性框架）。串行决定性结构的一个简单例子是排列紧密的一排多米诺骨牌，轻

轻推一下第一张骨牌，第二张必定会倒下，然后一张接着一张，直到所有的骨牌都倒下。平行可能性结构则相反，假设地板上有一堆杂乱无序的多米诺骨牌，其中一张被推倒，可能会使旁边三张也倒下。还有一些骨牌的摆放位置使得它们倒下时只是碰到旁边另一张骨牌，这张骨牌摇晃着，可能会倒下并使旁边更多的骨牌也倒下，但这种情况并不是必然的。

虽然现代计算机慢慢开发出一些平行结构，但至少之前的计算机几乎都是以串行结构运作，一种运算推出另一种。另外关键的一点是，计算机的硅片是以决定性方式运行的：一个指令必定会导致一个结果。人类大脑则完全不同：神经元互相连接并

以平行方式运行。而且神经元以可能性方式运作：一个神经元给其他多个神经元发送信息，使其他神经元更加容易（或者不容易）被激活或者“发射”。

为什么平行可能性结构的运行方式比串行决定性结构的运行方式优越？可能是因为串行决定性结构过于简单直接。计算机可以在一秒钟内运行无数的算术，而我们的大脑在同一时间内充其量只能思考几件主要事情。计算机在一瞬间就能计算出17 998 163.092 745 64的平方根，而我们会放弃这一棘手的任务。但是由于我们的大脑以平行可能性结构运作，我们的信息处理方式比现有的任何计算机更灵活、更微妙。我们更容易产生偏见、个人癖

好，更容易受影响。如果你重复念同一个单词“洋蓍洋蓍洋蓍洋蓍洋蓍”，那么在当天接下来的时间里（可能更长的时间），你每次认出单词“洋蓍”的时间会比上一次更快（你甚至可能在下次经过超市时买一个洋蓍）。但计算机的文字处理程序只会显示红色下划线，表明重复“洋蓍”这个单词不符合句法。在重复五遍这个单词后，计算机在单词下加红色下划线的时间并不会比第一次出现重复时更快些。

我们大脑具有的这一持续的、微妙的更新功能，意味着我们可以高效率地学习任何事情。比如，我们会认为在一张图片中区分猫和狗是件很容易的事情，而这种区分能力却是计算机的一个严重

缺陷。虽然辨认动物对我们来说是基本技能，但事实上这项技能非常复杂，隐藏在意识底下，需要运用大量的平行计算结构，而我们人类的大脑就具备这种结构。当然，使大脑准确计算出平方根对人类的进化来说没有多大意义。但是多方面的信息处理技能，在一瞬间就能分辨出是处于危险的情况抑或是有利的情况，然后做出准确的反馈，具备这种能力从生存角度考虑是非常有益的。

因此，串行决定性的处理方式适合在短时间内处理大量的简单任务，而平行可能性的处理方式在处理少数几个极其复杂的任务时很有效。

要想让一本书或计算机能讲中文，需要面对很多挑战，首先我们要深入研究以平行可能性方式运

作的人类大脑，弄清楚人类大脑与计算机运作的具体区别。暂且假设一个神经元能做一项初级运算，我们大脑约有850亿个神经元。普通计算机处理器大概有1亿个构成成分，与我们人类大脑拥有的神经元相比只是其1/850——对我们来说这个胜出很可观，但也不算什么了不得的事，现在有些超级计算机的构成成分甚至超过了人类大脑神经元的数量。当然数量的多少仅仅是个开始。与计算机相比，人类大脑一个显著的特征能使世界上任何一台计算机望尘莫及，使它们在我们大脑这个高效率的生物计算机面前相形见绌。计算机的中心处理单位的每一个成分可能与一个或者少数几个其他成分相连，但是我们大脑的每个神经元平均与7 000个神

神经元相连。这意味着人类大脑有600万亿个联结，这个数目是银河系所有星球数量的3 000倍。在每一个年轻的成年人脑中，这些“微型电缆”如果头尾相连，总长度达165 000公里，足够绕地球4圈了。人类大脑的复杂性是令人震惊的。

为了更好地理解以平行结构方式运作的大脑活动的复杂性，假设出现以下情形。有一天全人类的人口总数达到约850亿，是现在人口总数的12倍。当你忽然得知这一惊人的消息时，你马上告诉每一个人。你给联系人名单上的100个人发电子邮件，并让他们将这惊人的消息再转发给100个朋友。他们照做了，接下来的一批人也遵照同样的指示做了，就这样一批接一批地转告。我们暂且假设地址簿中

的联系人很少有重复，而且由于人人都有十足智慧，每个人都在几秒钟内遵照指示发送邮件。850亿人只需通过6个步骤，在几秒钟之内就能收到信息。而在大脑这个拥有850亿成员的大家庭中，一个神经元发送信息到其他神经元所需的时间，比我们执行6个步骤需要的时间还要短。

假设我们每个人都收到了这个惊人消息，而且每个人都向地址簿中的100个人发送了邮件，每个人在一个小时中发送10次。如果你没有设置垃圾邮件过滤器，你的邮箱在每小时会收到约1 000封邮件。一小时内每个人都收到1 000封邮件，加起来就是85万亿封邮件。

但一个神经元在一秒钟（而不是一个小时）内

就能发射10次，而且能发送给其他7 000个（而不是100个）神经元。所以每一秒钟我们的大脑都在令人眩晕地、复杂无比地运作，不计其数的信息都在为凸显自己而进行一场疯狂的、混乱的竞争。

神经活动形成的这张巨大的以平行方式运作的网络只是用来传播信息的。从很多方面来看，这种通过一个极小的组成部分来传递数据的方式不是来自直觉。计算机只能在一个地址存储一项信息，这个地址不能存储其他信息；大脑的神经元却完全相反。比如梭形脸部区域（fusiform face area，FFA）的神经元存储了很多不同的脸孔信息，虽然每个神经元只负责存储脸孔的小部分信息，但却能够记住上百甚至上千张脸孔的部分信息。

虽然人类大脑与计算机有诸多不同点，但本质上都是信息处理机器，两者的关系比乍看上去要亲密得多。所以，原则上计算机能运用与人类大脑相同的运算法则来处理信息。实际上，在神经科学领域已经出现一些杰出的计算机模型，其特性与人类大脑神经元的生物特性非常接近（最近的一项研究结果产生的模型具有100万个神经元，5亿个联结）。这些计算机模型表明人造神经元群体出现了很有意思的新趋势，如组织集群与活动波。

[1] 目前计算机聊天竞赛每年举行一次，对参赛者制作的程序进行图灵测试，优胜者将获得洛布纳奖（Loebner Prize）。很多人都以为与自己进行文本聊天的是真人而不是计算机软件。迄今为止所有的

软件都明显模仿人类对话（不是每个人都相信与之对话的是具有意识的真实的人）。但是，由于一些程序设计非常聪明，聊天程序与人进行的对话很逼真。想要了解更多这方面的信息，或希望与洛布纳奖得主聊上几句，请登录

www.loebner.net/Prizef/loebner-prize.html。

[2]如果不限定句子的长度，那么排列组合形成的句子数量将会无穷多。

人造意识案例

现在回到中文屋思想实验。如果思想真的是一种程序，那么这一“软件”首先会在神经元层面运作。在一本书中体现错综复杂的人类大脑活动，这项任务太艰巨了，因为大脑内部相互作用形成的复杂性是惊人的。

如果使用人工设备记录大脑的运算活动，必须用到计算机。四百年后，计算机的速度完全有可能使其运行一套以平行方式运作的人类大脑活动的程序，这种计算机在一秒钟内能进行不计其数的运算。我们再给这台计算机装上一对摄像镜头和机器人手臂。手臂的职能是从输入端口获取纸质文件，并将答案从输出端口传递出去。如果这台计算机能

够与一个中国人进行有效的交流，那么凭直觉我们会认为这台计算机内部是如何运行的呢？这台复杂无比的计算机由数十亿的芯片、数万亿的联结构成，运行着与人类大脑相同的运算法则。如果认为这样一台计算机没有意识，不明白它所读到并书写的每个字符的意思，恐怕需要很大的勇气才能下这种论断。

假设四百年后神经科学已经很发达，科学家能够模仿人类大脑的所有神经元。^[1]这时，中国最著名的神经科学家正处于弥留之际，他在去世前希望自己成为一项宏大实验的对象。大批技术熟练的微型计算机外科医生打开这位教授的头盖骨，将他大脑内的每一个神经元都换成同样大小形状的人造神

神经元，并且神经元之间的联结也与原先一样。每一个硅质神经元都模仿人脑复杂的神经元的各个方面。通过互联网，很容易做到这一点：一公里外仓库里的850亿台小型计算机（每台计算机负责一个神经元的工作），通过互联网连接到附近程序处理工厂一台相应的计算机上。假设25世纪的微型化技术已经发达到能够使植入教授大脑内的每个硅神经元都能执行必要的运算（这种假设不影响推论），这位教授的大脑最后变成了一个巨大的、相互作用的微型硅计算机的集合。

如同现在许多病人在做脑部手术时是清醒的（但是大脑感觉不到疼痛）一样，教授在整个手术过程中也是有意识的。最后，教授大脑内的所有神

神经元都换成人造神经元，他的大脑的运行不再受生理机制控制，而是由大批接入大脑的微型计算机操纵（你也可以说他所有的大脑活动都受制于一公里外850亿台小型的超强计算机）。这位著名的科学家会不会在某个阶段忽然失去意识，无法理解任何意思？这是第一个神经元转换手术吗？他的思想会不会一半受“湿件”（wetware）——人脑——控制，另一半受软件（software）控制？最后一个人造计算机神经元是什么时候转换好的？

几个小时前教授的思想还是受生理机制控制，而现在完全变成人造的了，他会感觉到自己的意识和之前是一样的吗？我认为完全有可能，只要人造神经元正常工作，与人脑神经元一样运行程序，那

么他的意识就不会有波动，他也不会觉得自己的意识在手术后会有所不同。

现在教授带着完好无缺的硅质大脑进入中文屋。任何一个路过实验室的中国人都能通过输入端口和输出端口与他顺利地进行文本交谈，尽管教授的大脑已经被转换了。房间外的交谈者与房间内的半机械人神经科学家（即教授）都认为他是完全清醒的，能够明白每个单词的意思。教授此时充当的角色不是等同于约翰·塞尔中文屋思想实验中的手册吗？为了使这个实验更完整，我们这次以教授替代手册。我们将教授的双手绑在背后，并将之前做过实验的年轻人带回来，这次交给他的就不是手册了。这个年轻人及时地捡起从输入端口落到地板上

的写有中文的纸条，拿给教授看，然后按照教授的指示将答案写在纸条上，从输出端口传递出去。当然，这个年轻人依然不明白自己传递的信息内容，但在房间里的教授却一清二楚。

如果“图灵的报应”团体和中国游客打赌任何人都都会说中文，但却带着教授与年轻白人一起进实验房间，那么情况就会变得很糟糕：中国游客肯定会抗议，认为这样做是违规的。即便向他们解释清楚教授的大脑已经换成硅脑，他们很可能还是会放弃这个赌博。在实验过程中教授的言谈举止都表明他完全具有意识，这让中国游客觉得有必要逃离这个愚蠢的骗局。

我承认自己的硅脑移植思想实验建立在未被证

实的直觉基础上，如同塞尔的中文屋实验一样。例如要捕捉到每个大脑细胞的活动情况，使计算机能够模仿得一模一样，这点是不可能做到的。但至少这个教授的例子有助于我们全面考虑问题，表明任何对神秘、特殊的思想本质的探索都是建立在关于大脑运行方式的天真设想基础上。

塞尔的中文屋实验反驳了计算机程序可以捕捉到意义的观点，但这个实验并不那么有说服力，主要原因是这个实验暗示语言交流所需要的程序设计比实际要简单很多。相反，我们至少要理解思想是大脑的产物这一观点，大脑的运作就如同计算机运行某一特定的（平行的）程序一样。因此，从原则上说，我们可以在某种程度上被转换成硅片计算

机，同时仍具有意识和真正的意义。显然没有令人信服的论据可以反驳这种观点，而我恰好相信硅片计算机在将来完全有可能和人脑一样具有意识。

事实上，我们被大量的机器人信息淹没了，书本上、荧幕上的机器人具有意识，而且很可信，因为它们具有无比复杂的人造大脑。举例来说，在观看《星际旅行》（Star Trek）及《银翼杀手》（Blade Runner）时，我们很容易会产生这样的想法：片中的人造生命体可能在很多方面都和我们一样具有意识。其实影片中的大多机器人都生活在一个机器人权力缺失的不公平社会里。这些机器人作为影片中的角色，至少和我们人类一样具有意识，是我们强加给它们不公平的规则。

[1]不管这个设想有无实现的可能，现今的研究正朝着这个目标努力。例如，一项研究以5纳米的分辨率观察老鼠大脑活动，如此高的分辨率足以清晰地观察到老鼠大脑每一个细胞的活动。详见网址：

www.mcb.harvard.edu/lichtman/ATLUM/ATLUM_web

主观性地位的削弱

在这一章中最历久不衰、最强有力的哲学观点，也是科学最难回答的问题，是笛卡尔提出的论断：意识必然是主观的。我们不能确切地知道他人的经验，反之亦然。我们可以复制世界上任何物质的东西（如在各大洲生产一模一样的计算机），但是我们不能复制经验，经验被锁定在它的唯一拥有者的头脑中。这个推论看似明显正确，但是否也建立在一套未经证实的直觉基础上呢？

加拿大的不列颠哥伦比亚省弗农县生活着一个大家庭，在这个忙碌的家中有一对四岁的双胞胎姐妹——塔蒂亚娜·霍根和克丽丝塔·霍根。她们在很多方面与同龄的孩子一样，有时顽皮捣蛋，有时亲

切体贴，累了就变得急躁挑剔。她们与众不同之处在于：她们的头和大脑是连着的，如果一个朝向一边，另一个必须朝向另一边。关键的一点是，她们的丘脑之间似乎存在神经连接。丘脑处于大脑中心，是一个极其重要的脑区，起着感觉的中转站的功能。现在虽然还没有对双胞胎姐妹进行严密的科学研究，有关她们的奇闻异事却也很有趣。例如，如果你蒙住其中一个的眼睛而给另一个看泰迪熊，被蒙住眼睛的那个能说出玩具的名字。如果你碰一下其中一个，另一个能指出你碰了哪里。塔蒂亚娜讨厌番茄酱，而克丽丝塔却喜欢，所以当克丽丝塔蘸着番茄酱吃东西时，塔蒂亚娜有时候会去擦自己的舌头，好像自己也吃到了番茄酱。有时候其中一

个感觉到另一个口渴了，就给她递一杯水。所以她们中的任何一个都能感觉到另一个的视觉、触觉、味觉，甚至另一个渴望什么都能知道。尤其值得注意的是，她们能区分一种经验究竟是属于自己的还是对方的，虽然会出现某些罕见的让她们困惑的情况，如品尝番茄酱，她们搞不清楚到底是自己还是双胞胎姐妹吃了番茄酱。

这个不同寻常的例子表明，笛卡尔有关主观性的观点并不完全正确。在这个例子中，一个人可以感觉到另一个人的主观经验。从原则上说，一个人的意识能在多大程度上与其他人的意识融合交汇呢？

回到前面提到的硅脑教授，一个很有意思的问

题出现了：主观性是否必须是个人的、特殊的呢？试想出现下面的情况会如何：如果还有其他几个人也像教授那样将自己的大脑转换成硅质大脑，每个人都有一批芯片使大脑正常运转并准确记录大脑的活动。再设想下，他们每个人的程序都是独特的，而记录他们大脑活动的芯片会保存在一个大容量的硬盘中，传给他们的后人。这样我们就能够像塔蒂亚娜和克丽丝塔那样体验到对方的感觉了，我们可以通过将计算机连接到另一个人的大脑而获取感觉信息。或许我们可以做更为大胆的设想：也许不只是感觉可以被连接起来，如果两台计算机可以共享思想，那么一个人能否知道另一个人的思想呢？一个人能否拥有两个人的思想——甚至不止两个？如

果人的思想变成数字形式（就像计算机的一系列运算法则），而且所有的一切都可以归结为信息，那么关于信息如何共享就会出现很多可能性，任何一种可能性都将打破主观性的壁垒，或者更确切地说，将拓展主观性的范围。

也许下面的情况是可能的：一个人的硅脑在几秒钟内变成另一个人（这个人可以是去世很久的亲戚）的大脑，这样就可以了解他人的性格，重温他人的经验，体验他人的信仰，所有这些都是通过计算机的运算法则完成。这个过程延续一两分钟，然后回到他原先的状态，而刚才经历的模糊记忆会被添加到他的硅脑中。在一个很短的时间内，关于自己的一切（包括性格、记忆）都被消除了，并被另

一个人取代，这种体验会使人紧张不安。但这种可能性再次表明，从原则上说一个人的经验是可以被分享的。如果认为思想仅仅是一种物质计算机，那么就会出现各种可能性。

当然，我应该感到羞愧，老是沉浸在各种疯狂的设想中，却不能够提供具体实在的证据。但我只是试图说明，那个看起来无懈可击的观点（即认为主观性是不可穿透的）很可能只是建立在毫无说服力的直觉基础上。所以，与之相反的观点可能是正确的。

如果我们把意识看作一个科学无法测知的神秘体，那么意识必定是主观的。但是如果把意识看作大脑这一生物计算机的运作过程（像其他计算机一

样，大脑的主要目的是信息处理），那么意识和主观性的神秘面纱就可能被揭开。顺着这一思路，如果我们相信与意识相关的科学技术会取得显著发展，说不定有一天主观性将不再是意识的必然特性，而只是个偶然因素，完全可能通过多种方式被穿透。

因此，总有一天主观性这个哲学谜题会被解开。主观性不再是意识科学探索中一个永恒的、无法跨越的障碍，而仅仅反映了这样一个事实：到目前为止我们还不能深入了解大脑处理信息的方式，还缺乏获取和操控信息的专门的知识技能。

这一章对那些认为意识不是物质计算机大脑的产物的哲学观点做了概括介绍。从根本上说，这些

哲学观点是站不住脚的（尽管貌似无懈可击），因为它们不仅忽视大脑的实际运作方式，而且建立在直觉的基础上。但由于许多论题都是以直觉作为起点，所以直觉依然有用。我认为基于直觉的初步设想能激发科学研究，而通过科学研究才能得出可靠的答案。

人类不屈不挠的精神

小时候，临睡前父亲总是给我读一些离奇有趣的外星故事，故事里的人物充满活力。其中一本书破破烂烂的，书名叫《太空人威利斯》（The Space Willies），作者是英国作家埃里克·弗兰克·拉塞尔（Eric Frank Russell）。这本小说并不出名，但让我惊叹不已，小说的副标题是“地球人是打不败的”（You Can't Keep an Earthman Down）。这个标题不仅巧妙地点出了小说的情节，还概括出人类拥有不可思议的力量。对我来说，隐藏在这个副标题下面的是一种无比复杂的情感：一种积极进取的精神，明确自己的目标，即使深陷最牢不可破的陷阱，也要相信凭自己的才智能

够脱险，甚至为有一个展示自己足智多谋的机会而感到高兴。

不可否认，小说的情节缺乏真实感，而且即便在那时这本书也已经过时了。但这本书很有趣，叙述生动，以致我们几乎注意不到它的缺陷。小说讲述了一个严重不合时宜的军队飞行员——利明的故事，他驾驶的太空飞船在追踪敌人时被撞破了，很快他被长得像蜥蜴的敌人抓获并囚禁在战争犯监狱里，狱中只有他是人类。情况看起来很糟糕，但利明有一点远胜于那些监狱看守：擅长骗人。利明很快想出了一个天才的计划，虽然实现的可能性很小。他散布谣言，说所有地球人都有一个孪生兄弟，这个孪生兄弟很神秘，像影子一样，威力无比

且报复心很强。他将一根扭曲的电线胡乱缠在一块木头上，然后开始鬼鬼祟祟地暗示，他可以通过这个超级复杂的装置与距离遥远的孪生兄弟进行交流，还可以让孪生兄弟在任何时间发动进攻。不仅如此，他还暗示敌人，说他们的同盟也有看不见的伙伴，叫作威利斯，而威利斯能在一眨眼的工夫变得很凶恶。狱卒一开始还很怀疑，后来派出间谍向人类打听，问是不是他们的每一个敌人都有一个伙伴——威利斯。答案是肯定的，而且人类还很乐观地断定，只要战争继续，他们的敌人拥有威利斯的数量会增加。由于利明出色的计谋，加上碰巧有灾祸发生在狱卒身上，使得谣言传得沸沸扬扬，敌人出于自身安全考虑，释放了利明并将他遣送回地

球。敌方联盟最终在一个谣言的压力下瓦解了。

这个故事以一种迂回的方式，让年幼的我学会了一个道理：人类的聪明才智能够使其在任何困境中跨越种种障碍，开辟出一条生路。意识研究的历史展示了这一令人骄傲的精神，但同时也凸显了我们共有的品质中令人沮丧的一面。几个世纪以来，不同的研究领域都持同样的观点，即科学难以解释意识。这一章的论述也表明，许多现代哲学家仍赞同这种观点，并提供大量的论据试图证明用科学方法研究意识是毫无意义的。从心理学历史上看，在很长时间里，即使是科学家们也都追随失败主义的浪潮，避开与意识研究领域相关的论题，认为意识不能通过实验方法得到证实。比如，20世纪最著名

的实验心理学家乔治·米勒（George Miller）在1962年建议：“我们应当在一二十年内禁止使用意识这个词。”

幸运的是大约30年前，一批有着与利明一样的进取精神的科学家，不顾同事们的反对（认为意识是世界上最难解的谜），以积极探索的态度开发意识领域，希望有所发现，就算是为了兴趣也好。这样的故事在科学史上重复了无数遍：由于怀疑我们的理解能力而做出了不科学的论断，这些论断最终演变为令人惊叹的科学进步。但这次的情况很独特，主题是关于人类的本质。

从现在开始，我不再提哲学观点。相反，我重点关注意识科学的成功之处。我将描述对未知世界

勇敢而好奇的探索所带来的成果，我们已有的丰富的、引人入胜的证据表明意识究竟是什么，以及大脑是如何产生经验的。

第2章 大脑进化简史：思维的科学

大自然的第一课是失败

1998年，我开始在剑桥大学医学研究理事会（MRC）认知与脑科学中心攻读博士学位。入学后没多久，系主任威廉·马斯兰·威尔逊来到我的办公室。威尔逊是个高个子，黑头发略带点灰白色，面目和蔼。他亲切地和我闲聊了几分钟，欢迎我的到来。我很感动，除了一点：他一直用各种不同的名字称呼我（将混淆名字上升到艺术层面）。后来他起身走了，到门口又停了下来，开玩笑似地说：“大卫，记住，科学研究的第一课是失败。”这话有点怪，开始我没有在意，直到我的第

一个实验以失败告终，才体会到科学研究的第一课确实是失败。

做科学研究，失败是难免的。作为科学人员，我们探寻真理。为了更接近事物的真相，我们要以创造性的方式探究不同的可能性。很多观点肯定是不正确的，将科学团体作为一个整体来考虑更加凸显了这一点——这个团体由上百万互相竞争的科学家组成，其中很多科学家都持有不同的观念。

举个例子。在科学史上，有很长时间人们都相信宇宙中充满着一种叫“以太”（ether）的物质。一直到19世纪末人们普遍接受的一种观念是：“光以太”（luminiferous ether）是光在宇宙中传播的介质。直到20世纪初，这种认为宇宙中

存在无所不在的“以太”的观念才失去立足之地，而这要归功于艾伯特·迈克耳孙（Albert Michelson）和爱德华·莫利（Edward Morley）做的一个严谨的实验以及爱因斯坦的理论。现在我们将“光以太”视作过时的、已消亡的理论。

事实上，用“消亡”一词来形容早已被废弃的科学理论是一个很贴切的比喻。科学方法与生物进化之间有着令人惊奇的相似性：两者本质上都与信息有关。科学方法实质上注重的是数据信息。科学思想的发展其实是一个进化的过程（尽管看起来不是很明显）：早先存在的思想出人意料地变成一种深奥的新理论，能更深入地解释一些现象，接着这种理论开始流行，同时与一批意见相左的学说相互

竞争。这种理论还能继续存在的条件是：与之竞争的理论不能更精确地解释世界，或不能得到科学团体成员的认同。通过这种方式，各种关于宇宙的有关信息产生、繁荣、消亡，就像生物物种一样。

另一个更让人惊奇的观点是：所有的生命体在本质上是一个科学实体——尽管生命体仅仅关注有关生存与繁衍的信息，而科学关注宇宙中任何有趣的信息。

大自然与科学在成功和失败方面都很相似，而科学研究的第一课是失败，所以我们也同样可以说大自然的第一课是失败。在所有物种中，现今存活下来的只有千分之一。但更为重要的是：生命体为了更有效地存储与改进关于周围世界的假说而进行

各种自然实验，最后形成规定生命本质的机制。

这本书的主要论题是：意识只是一种信息处理过程，主要处理那些有用的、关于世界模式的信息。本章论述是为了说明，意识不是突然神秘地出现的，而是像自然界所有生物一样，有一个逐渐发展的过程，并与准确获取有用信息的、普遍的生物机制密切相关。因此，我们大脑及意识的运算信息，反映了进化过程中几乎所有的特性。

进化的本质

进化的基本理论极其简单：所有生命体共同的祖先经过几十亿年的时间进化产生了上百万种不同的生命形式，这些生命形式有些已经消亡，有些现今还存在。之所以出现这种情况，原因之一是资源有限，各种生物为获取资源而互相竞争。一些有机体将另一些有机体消灭了，竞争演变成激烈的战争（不管是在各物种之间还是在物种内部，都是如此）。那些有利于有机体生存与繁衍的特性被保存下来并进一步发展，而那些阻碍生存与繁衍的特性经过几代的演化逐渐消失。物种的特性经过一代代的变化，才产生新的物种。

物种的特性主要由基因决定，基因是决定有机

体性状的独特指令。一种生物的基因会复制给后代，因此后代与先辈有相似性。但这些指令有时候会出错，从而使下一代出现一些新特性。这种错误不同于书本中的打印错误，后者是实实在在的错误，而基因代码的错误，或者称为“基因变异”，有时候反而对生命体有利。如果一种生命体繁衍后代的方式是有性繁殖，而不是简单的自我复制，那么其后代之间的相似性会越来越少，而且随着时间推移，生命体产生变异的可能性会增大。

以上概述了地球上的生命体是如何进化的，其中隐含着生命体的一种内在需求，即准确反映世界相关特性的需要。从某种角度上说，这种内在需求是进化的本质，可能有助于创造基因、DNA，甚至

是生命体。

复制复杂的化学结构与叛逆的后代

虽然不能证明生命最初是如何产生的，但是不少关于生命起源的学说还是有价值的。不管生命最初是以何种方式产生，有一点是肯定的，就是存在大量的化学分子。这些化学分子中的小部分能够通过简单的化学反应进行自我复制（令人惊奇的是，我们确实发现了一些能进行自我复制的无生命分子，并对其加以技术利用）。

化学分子经过几亿年随机的相互作用，活动方式更加多样化；在各种进行自我复制的化学分子中，必然存在大量可变因素。一些化学分子完成复制需要的能量和资源比其他化学分子要少。这些化学分子复制的后代，在相似程度以及适应剧烈的环

境变化的能力方面比其他化学分子要强得多。

从某种意义上说，进化的第一步就是：碰巧有一两种化学分子特别擅长复制相似性很高的后代，尽管这时还是没有出现生命形式。

发展到这个阶段，化学分子的数量很可能会剧减：低效率的非生命体复制因子在争夺资源的竞争中失败，然后消失；而优秀的复制因子处于支配地位。接着新的竞争就在这些优秀的幸存者中展开。即使在这个生命形式还没有出现的早期，为争夺能源和化学成分而展开的激烈斗争也是一种进化过程，因为这种斗争具备了进化的主要因素——为有限的资源而激烈竞争。表面上看，是不同的化学物质在竞争；但从本质上讲，却是关于如何保存自身

并进行复制的各种“想法”在竞争，这点可以从这些原初生物（proto-creatures）的化学信息中得到体现。

比如，在附近没有任何钾元素的情况下，想要成为一个依赖钾元素进行复制的优秀的复制因子，这种“想法”就是“糟糕的想法”。如果一种物质身处一片漆黑之中，却需要阳光来保存自身，这种需求是毫无意义的。同样，在能量稀少的情况下，需要大量能量才能进行复制的化学成分是没有存在意义的，尤其在周围还有很多竞争者的情况下，生存就更加不可能了。进化初期以数量的多少来衡量成功与否，这是由于必须保存那些准确反映周围环境的化学成分。这些化学成分了解可以获取的资源

类型，以及从周围环境汲取能量的最佳方式；清楚怎样的环境变化会危害化学反应，从而需要提早防范；等等。

需要说明的是，我并不是说除了人类以外的其他有机体具有任何形式的意识，我用“信念”、“想法”这样的词汇只是为了表达方便，用来描述那些能够内在反映一定信息的生物，但并不表示这些生物具有意识。

在这场前生命体（pre-life）的“军备竞赛”中，有关周围环境的“微信念”（micro-beliefs）储存在具有自我复制功能的化学物质中，这些“微信念”对生存至关重要。这些化学物质在竞争中占有优势，因为它们能更准确地反映环境，

承载着更为重要的信息。事实上，生命可能从简单的非生命体进化而来的一个关键是：非生命体不能产生复杂的物质结构，或者说不能进行大量的信息储存，而这些对生命体来说是很简单的。

举一个简单的例子。假设有三个原始的复制体——爱丽斯、贝丝和克莱尔，她们都处在一个活火山口附近。爱丽斯储存的信息是：这个地点恰好有着无限的资源（可能是因为爱丽斯与石墙产生某种强烈化学反应）。当这个火山口处于休眠状态时，爱丽斯就分解消亡了，没能进行任何复制。贝丝的化学构成使其产生如下“想法”：资源分布在好几个地方（可能是因为贝丝与石墙产生的化学反应由于缺乏足够的热量变得微弱，后来碰巧旁边出现一

块灼热的岩石而使化学反应又增强)。当这个火山口处于休眠状态时，由于缺乏热量，贝丝游离这块岩石，漫无目的地漂移，直到撞上另一块灼热的岩石，与之发生化学反应并附到岩石表层。贝丝再次接近热量和其他资源，这使她能够进行一些自我复制。但当这块岩石也不再有热量，而附近又没有其他火山口，贝丝也分解消亡了。从某种意义上说，与爱丽斯相比，贝丝的化学结构能够使其获取更为准确的有关能源地点的外部数据。爱丽斯的化学“信念”是“只有这个地方有资源”，而贝丝的“概念”是“任何一块灼热的岩石都有资源”。克莱尔的物质结构反映的信息是“有热量就有资源，与所处的位置无关”（由于受最近发热源的吸

引，加上化学感应，克莱尔才得到这个信息——也许对非生命体来说，这种行为过于复杂了）。所以克莱尔的化学构成使其能够获得有关热量的最准确的信息，这使她和她的后代具备了独特的优势。克莱尔跟着贝丝到了第二个火山口，当这个火山口进入休眠状态时，贝丝就消亡了，而克莱尔却直接游向最近的发热源。随着时间推移，在应对周围环境——不时喷发的危险的火山口——的过程中，唯一存活下来的将是克莱尔这种化学结构。

生活在混乱边缘

克莱尔能产生更复杂、更准确的“想法”，这使她在“伪生命体”（pseudo-life creature）的世界中处于支配地位，但是更为有效的一种应付环境变化的方式是更新“想法”。复制真实的自我固然很重要，但在一个充满变数的环境中，随时会出现更高级的竞争者和新的危险，因此，过于专注表象是很危险的。在这种情况下，完美地复制原始的化学结构显得落伍，缺乏灵活性，因而注定要失败。那些确实能够激发创造性想法的机制，换句话说，那些具有“学习”能力的机制，将对进化极为有利。

在这个即将进入生命体的初始阶段，改变“信

念”仅仅意味着不要进行完全一模一样的复制。换句话说，原初生物大家庭的成员需要在两种选择——保留有用知识与承认他们的构想可以被改进得更好——中保持良好的平衡。他们希望后代是自己忠实的翻版，但又不能太过忠实。复制的忠实性要求的降低带来惨重的代价：很多后代质量降低——或者出生时就不完整，或者缺少某一重要的化学信息而影响生存和复制。但也可能出现另外一种情况，即有些后代的质量得到改进。

保持原有“信念”与激发新“想法”之间的张力对任何复杂的信息处理体系来说都意义深远，不管这些体系是原初生命体形式，还是人类大脑的神经活动，或者是整个科学研究。中间状态，即处于

一片混乱与完全稳定的中间，对任何体系来说，都是处理信息的最佳状态，而学习新知识尤其需要这种状态。任何时候进行有效信息处理都需要这种半混乱的状态。中间状态很可能是神经网络的默认状态，这也是人类大脑神经元的运作产生复杂思想的原因之一。

科学研究领域同样存在类似的处于秩序与混乱中间的平衡状态。维护秩序的现象在社会科学领域尤为突出。例如，一个著名的教授，为人很自负（之前的研究成果让他赚了不少钱），他会尽其所能地维护自己的理论，包括运用不科学的、教条的研究方法。他可能会在论文中篡改规则，肯定自己的研究成果，而完全不顾实验数据与结论相矛盾。

他坚称实验是合乎规矩的，而且手下都绝对相信他的理论，等等。面对越来越多的反对证据，他和他的科学团队，所带的博士生和博士后助理都会维护他的理论。由于他的影响力和个性力量，他的理论可能在短期内还会盛行，但最终将会被废弃。到时候，他的研究团队成员会发现，由于长期维护一个错误的观点，他们已经很难在学术界获得一个体面的位置。

另外一种情况是混乱的状态。一些科学家不断产生新想法，却不怎么热衷于通过严密的实验来证实这些想法。诚然，这些人很少拿到博士学位；即使拿到了，他们过分活跃的创造力似乎总是妨碍他们事业的发展。

最出色的科学家是这样一些人：不仅有让人尊敬的事业，而且留下了经得起考验的成果，还培养了一批新的高素质科研人员——之前指导的学生。这些声誉卓越的科学家能提出有见地的理论，而且他们的理论有实验证据的支持。但是一旦有足够的证据反驳他们的理论，他们会放弃自己的理论，然后以新的方法探究问题，总是能产生富于创见的思想。

对一般的前生命体生物来说，在稳定与混乱之间找到平衡点的要求可能过高了，因为它们缺乏复杂的结构。但是对那些最高级的、即将进入生命体状态的前生命体生物来说却不是不可能。具体来说，有效灵活的信息处理技能与生存及复制能力有

关，首先需要一种方法来储存很多已经存在的“信念”——DNA可以胜任这一工作（关于DNA储存信息的过程将在下一节讨论），然后需要一些技巧来测试关于周围环境的新“设想”是否正确。对生命体来说，主要的方法是制造一批优秀的、与自己只有细微差异的后代，而后代身上的那些差异中有小部分是一种进步，反映了有用的革新特征。

为了说明复杂性和适应性之间的关系，我再举一个简单的例子。假设用5个不同的单词（相当于原初生命体的5个不同的原子）造一个5个单词长度的句子（相当于复制由5个原子组成的化学生物）。任何一个5个单词长度的句子所能提供的信息都微乎其微，然而这样的句子可以有3 125个。

这个数目不算少，但要应付不断变化的情况还是太少了。假设还是只有5个不同的单词，但可以造出的句子长度达100个单词（相当于复制由100个原子组成的化学生物）。每个100个单词长度的句子含有的信息是5个单词长度句子所含信息的20倍。更为惊人的是，100个单词长度的句子可以有 8×10^{69} 个！

因此，如果表现更多的不同类型“想法”的能力有利于进化，化学生物的形体就要变得更大，结构要变得更复杂。一些化学生物会比其他同等大小的生物更擅长储存信息，更擅长在稳定性和可变性之间找到平衡点。这些化学生物的结构及其本身的复杂性对进化的过程起了积极作用。

一旦达到某一程度的复杂性，生命体就迅速产生了，这几乎是必然的。希望成为生命体形式的竞争者们进入一个高效学习的阶段，与那些简单的、缺乏灵活性的对手相比具有绝对的优势。这些优秀的、试图成为原初生命体的化学生物需要具备很强的适应性，能最大限度地利用可用资源，并击败那些稳固不变、缺少灵活性的对手。

进化到了这一阶段，即将向更高一级迈进。与这一阶段的进化过程相类似的情况是人类科学的发展进程。人类历史上大约有99.5%的时间几乎没有什么科学成果，但在过去400年里，在印刷出版业、教育、科学爱好者、引起热烈争议的理论以及有文字记录的证据等因素的作用下，人类的学习能

力得到提高，科学新发现也急剧增加。

RNA与DNA

原初生命体发展到某一阶段，很可能通过几个简单的小步骤就进化成由RNA（核糖核酸）构成的早期生命体。RNA是DNA的近亲，与已知的任何非生命体相比，RNA是更高效、更灵活的信息载体。

RNA是如何承载信息的？和DNA一样，RNA是由碱基组合而成的长链状分子，RNA碱基有4种类型，或者称为4个“字母”。3个字母组成的三联体序列是一种很重要的组合，RNA中的“词”都由3个字母组成（对DNA或RNA而言，所有词都是3个字母长度）。每个词代表一种氨基酸（共有20种左右的氨基酸）。氨基酸是构成细胞的物质，氨基酸

组合形成蛋白质，而几乎所有的细胞活动都离不开蛋白质。细胞根据氨基酸排列顺序制造不同类型的蛋白质，而这种氨基酸序列就是基因。^[1]

原始非生命体简单的分子结构只能反映有限的信息，与之相比，RNA所能反映的信息要多好几倍。RNA通过制造大量的蛋白质分子承载信息，一个细胞就可能包含上千个蛋白质分子，而每个蛋白质分子的化学结构都要比任何一个简单的非生命复制体复杂得多。

这是一个无比复杂、灵活的系统，尽管RNA编码的随意变动会引起内在信息的变化。之前讲到简单的非生命化学物质时，提到这些化学物质具有反映周围环境的“想法”，这样的说法显得有些牵

强，因为这些化学物质形体太小，化学特性很少，所能反映的信息量也微乎其微（尽管这些早期的信息载体在从非生命体进化到生命体的过程中起了关键作用）。而基于RNA的生命体形式是经过一个周密谨慎的进化过程形成的。RNA作为信息储存载体，像计算机一样具有特殊字符编码（计算机采用0和1二进制编码），而它的“软件程序”用来制造蛋白质。经过几代的进化，RNA很可能会发生一些改变。为了更新记录在RNA上的信息，使生命体具有更优秀的特性，RNA字母的序列会稍作改动，结果是淘汰那些不能准确反映信息的生物，而培养那些能够最准确地反映信息的生物。通过这种方式，基因不仅能储存信息，而且经过几代的演化逐渐学

会最佳的生存方式。

与简单的自我复制的化学物质相比，RNA在向生命体的进化过程中迈进了一大步。即便如此，它还是有不少缺陷。RNA的分子结构不稳定，很容易被分解。RNA储存简单的信息没有问题（因为这些信息可以很快被复制），但很难储存那些由上千个字母组成的复杂信息。复杂信息的长序列结构会很快分解，导致有机体不能将经过自然选择而产生的有利特性传给下一代。

换句话说，想要增加信息储存量，RNA不是理想的选择。RNA无法增大信息储存量：储存的信息越多，成功传给下一代的信息会越少。对RNA来说，一旦信息量增加，稳定（维护一种“信念”）

和混乱（创造性地开发新“想法”，包括好的“想法”和坏的“想法”）之间的平衡就会被打破，结果完全向混乱倾斜，而之前积累起来的有用信息会丢失，生命体也必然要消亡。

DNA解决了这一问题。细菌可以说是第一个真正的生命体。在我们看来，细菌极为简单，但是即使是体积最小、结构最简单的细菌，其生物结构都必须包含一个DNA链，而这个DNA链由超过100 000个字母编码组成。复制DNA需要更多的能量，但它要比RNA稳定得多，也就是说，DNA在复制时很少会出错。因此，DNA作为储存信息的主要分子形式，对生命进化来说是件好事（RNA只是作为DNA与蛋白质的信息中间载体）。DNA与RNA结

构极其相似（主要区别是DNA是双股结构，而RNA是单股结构），可能在进化早期就出现了，而且DNA的产生可能会相对容易些。

回到复杂性和适应性的问题，我们可以用一种更为具体的方式讨论生命体，而不是简单的非生命体。与人类基因组（一个有机体的所有基因）30亿个字母编码相比，细菌具有的100 000个字母是个小数目。但从原则上讲，这个数目已经能产生足够多的不同类型的蛋白质，数量超过宇宙中原子的数量。事实上，只需要几百个DNA字母的不同组合就能超过宇宙中的原子数量（ 10^{80} 个）。因此，经过DNA重新编码，细菌从原则上讲能够做任何事。例如，目前生物技术工程师正在研发一种新型细菌，

能够从废品中提取柴油。

[1]这个系统以一种极其高效的方式储存信息，其运作形式与计算机类似，只是RNA只有少量的4个字母。对信息处理来说，4个字母少得过分，但是原则上4个字母可以进行各种编码。计算机采用二进制，即1和0，只要由这两个符号构成的序列长度够长，0和1就可以表现大量不同类型的信息。1个数字的排列可以反映2类信息（ 2^1 ，即1或者0），2个数字序列可代表4类信息（ 2^2 ，即00,01,10或11）。以此类推，10个数字序列能代表的信息类型就很可观了，达1024（ 2^{10} ，即0000000000,0000000001,0000000010，一直到1111111111）。RNA和DNA的运作方式与计算机相

同，只是在1和0之外再添加2个数目。RNA的4种字母可以简单地标识为0,1,2,3，但通常我们以A,G,C,U表示，分别代表4种化学碱基：腺嘌呤

(adenine)、鸟嘌呤 (guanine)、胞嘧啶

(cytosine) 和尿嘧啶 (uracil)。DNA的碱基与

RNA相似，只是由T取代U，即由胸腺嘧啶

(thymine) 代替尿嘧啶。为什么要采用3个字母组

成的序列进行编码呢？3个字母组成的三联体序列

有64 (4^3) 种不同组合，足够用来表现20种氨基

酸。而2个字母组成的序列只有16 (4^2) 种组合，不

足以表现20种氨基酸。这就是RNA和DNA以3个字

母的词进行编码形成氨基酸，进而构成蛋白质的原

因。

具有普遍性的基因语言

地球上的生命体在这一阶段的进化过程都是一样的：DNA储存与有机体结构和功能相关的指令；RNA临时复制DNA编码片段，将信息转化成不同类型的蛋白质；而蛋白质是所有有机体必备的生物分子。这一过程在最初形成时肯定很成功，击败了其他所有的竞争对手。科学家对这一点很肯定，因为所有的已知生命体——从最简单的细菌到包括人类在内的动物，在这一阶段的信息处理过程都是一样的。

生命体的DNA结构的一致性让人惊奇。最近有段时间，我待在意大利东海岸一个叫瓦斯托的小村庄里。由于我知道的意大利词汇少得可怜，与当地

人交流时，不得不配上笨拙的手势。谈话进行得不算太糟糕，因为我还懂一点西班牙语和法语，就这样用几种语言磕磕碰碰地与人交谈。不管是意大利语，西班牙语还是法语，相互间都有类似的地方（毕竟都属于人类的语言，而且讲这些语言的人还生活在同一个大洲）。但是，由于几千年历史和文化的差异，大部分意大利语在发音和拼写上都与英语不同。

欧洲语言之间存在差异，但不同生命体的基因“语言”的情况则完全不同。人类与细菌早在10亿年前就按不同的方向进化，但是两者都通过4种类型的碱基经过三联体序列产生64种组合（氨基酸就是由三联体序列编码而形成的），且两者的基因

中每种相对应的组合的意义相同。用一个比喻的说法，整个生物界使用的不仅是同一种语言，而且还是一种口音的方言！

很多例子都可以证明不同生命体基因令人惊异的同一性。比如，科学家已经无数次成功地将一个物种的基因导入另一个完全不同的物种体内，从而改变该物种基因的性状。这样的实验包括将人的基因注入老鼠体内，或将老鼠的基因注入苍蝇体内。你可能会觉得这种基因替换不合乎自然规律，生物实验室里将会制造出像弗兰肯斯坦（Frankenstein）那样的人造怪物。但事实远非如此。比如，自然界中有13%的植物是由两种不同谱系的物种的基因混合产生的。而且有资料表明，人

类与病毒或细菌之间可以进行有利的基因替换。

DNA-RNA-蛋白质体系能够在进化过程中迅速崛起并取得控制地位，部分原因在于这是生物储存和处理信息的理想体系。DNA是大量基因信息极其安全可靠的载体，而蛋白质能有效地检索和表达信息。另一种简单的复制有机体的方法是：将2股DNA编码解开，每1股各自进行自我复制，然后将4股合在一起，形成2个双股DNA，通过这种方式产生新的细胞。

这种基于DNA的机制具有很强的储存信息的能力，并且能轻易地转化成蛋白质。因此，在40亿年前，这种机制肯定轻松地战胜了其他竞争者，而且这种机制一旦控制了局面，就不可能退出。

逆境中的革新

虽然基于DNA的生命体在现阶段努力地想保存大量的“想法”，但是大量一成不变的信息处理过程变得越来越枯燥乏味，就算环境发生变化，DNA编码还是没有改变。

更糟糕的是，还存在各种生物机制尽一切努力保持有机体的稳定性，防止有机体发生混乱。比如，形成氨基酸的DNA，即使编码出错（在很多情况编码会出现少许变动），还是能够正常运作。一些有机体体内还存在更为活跃、复杂的机制，一旦编码出现任何错误，这些机制就会马上进行侦测、校正。

但是还有另一套生物机制与DNA的稳定性相对

抗。例如，一些机制会在井然有序的DNA编码中加入一定数量的杂乱无章的编码，弄乱整个DNA片段，使这种有机体在几代的时间内吸取大量新“想法”。

在稳定和混乱之间取得一个平衡点有助于有机体进行高效率的学习：一方面可以保持原有的DNA的“想法”；另一方面，经过几代的演化，DNA编码改变从而产生新的“概念”。但如果永不偏离这个信息平衡点，又会出现低效率、愚钝、顽固等缺点。一种极端的情况是：如果可以轻轻松松地生活在1 000年来都不会变化且没有敌人的环境中（这种情况可能适用于少数细菌），那么尽量使现有成功的“想法”保持不变是完全可以的。另一种极端

的情况是：如果一个物种的基因的“想法”明显不成功，导致这个物种的很多生物因急剧变化的环境或过多的竞争者而大批死去，那么最大幅度的革新是该物种的生物生存下去的唯一途径。尽管混乱带来一些不好的“想法”，导致更多的死亡，但是只要出现新的、正确的“想法”，这个物种中的一些成员必定能存活下去。在这两种极端情况中，中间的平衡状态就不起作用了。

生命体在进化过程中一般都会经历顺境和逆境。最佳的解决办法是能够根据环境的变化调整已有的“信念”与新的“想法”的比例。所以，理想的情况是：有机体在处于顺境时，阻止DNA产生任何混乱的变动；但处于新的充满竞争威胁的时期，

原有的“信念”不再起作用，就要积极鼓励冒险与创新。

墨守成规与创新也是人类经验中显著的心理特性。每个人都有一些习惯，这些习惯动作已经重复了上千次，比如晨起冲澡的习惯。我习惯在冲澡时一边机械地用海绵球擦拭身体，一边做白日梦。但是如果水忽然变得冰冷，我会一下子清醒过来，停止幻想，然后去修理出了问题得水暖装置。意识到水暖装置出现问题，要想办法去修理，我清醒了不少，人也有干劲了，当然也不会继续做白日梦了。事实上，这种意识一下子清醒过来的现象并不是巧合。我将在本书中详细说明，这种革新动力是意识的主要特性。相反，无意识及习惯的主要任务就是

利用意识革新产生的丰盛成果。

像细菌这样基于DNA的简单的生命体，不具备任何形式的意识去指导它们进行各种程度的革新——从教条式的机械运动到孤注一掷的创新，但是细菌有一套了不起的机制，当它们觉察到周围出现危险时，会根据危险的不同程度做出相应的创新反应。这是一个令人吃惊的现象：即使是卑微的单细胞有机体也具有反映意识和无意识之间区别的复杂的学习策略。

保持基因活力的三种方式——基因突变、性繁殖与死亡

基因突变是向DNA编码中注入新“想法”的最明显的途径。尽管DNA分子很有活力，但并非完美，偶尔也会出错。以细菌为例，每1 000万个字母会出现一个错误，而细菌有10万个字母进行DNA编码，也就是说100个细菌包含的字母中只有1个字母发生1个错误。有些错误不会导致生物性状的变化，因为这些错误只是另一种编码形式。而另外一些错误会改变蛋白质的构成，从而严重影响细胞的功能。基因突变带来进步的可能性很小，也不大可能产生有利于生存繁衍的更好的“想法”。

对所有有机体来说，为了获取更多的新“想

法”来应付动荡的环境，其中一个办法就是控制基因突变的数量。一些物种确实利用了这一办法，比如细菌在形势严峻、生存压力加大的时候，会增加基因突变数量。酵母菌面对生存压力的反应不是基因突变，而是改变整个染色体的结构，这种做法能产生同样效果。

有趣的类似情况也发生在灵长类动物身上。社会地位较低的灵长类动物比地位高的同类更喜欢标新立异——希望通过这些举动获取高一级的地位。人类也不乏这样的例子，比如战争总是会带来技术的飞跃。

动物的基因突变率虽然和细菌相似，但是存在一个严重问题：由于动物基因的形体要比细菌大很

多，结构也更为复杂，动物进行自我复制的速度比细菌慢50万倍，这就导致动物基因的创造力远远不如细菌基因。很多动物应对变化的能力非常差。6500万年前，陨落到地球上的直径10公里的小行星对很多动物来说都是致命的，尤其是对恐龙而言。其中一个原因是，这些动物不能适应这颗行星带来的气候变化，75%的动物就是因此消亡的。尽管不可能收集到因这一事件而死亡的细菌数量，但是细菌的死亡比例很有可能很小。由于细菌能够很快适应这颗小行星坠落带来的可怕环境，进化选择了这些生存在大多数物种体内的新型的细菌，而这种选择破坏了进化过程。

为了弥补复制速度缓慢带来的严重不足，动物

开始进行性繁殖。从很多方面来看，性繁殖是一种新策略。尽管细菌主要通过简单的分裂方式繁殖，在繁殖过程中保存每个基因，但是细菌也可以进行类似的性繁殖：通过与另外一个细菌（甚至是其他种类的细菌）结合，替换对方的基因编码片段。但对动物来说，性繁殖是一种必须，而不是例外。

从“自私的基因”的观点看，沉溺于性繁殖而不是进行简单的自我复制会带来一些小祸患，因为只有一半动物基因的特性传给下一代。但是性繁殖会提高基因创造力，这证明性繁殖的方式是有价值的。动物两性的基因混合产生新的基因信息，能提高后代应付危险的能力。这种补偿复制速度慢的方式极为有效，所以大部分动物都进行性繁殖。

充分利用性繁殖的一种动物是地位较低的线虫（nematode worm）。秀丽隐杆线虫（*Caenorhabditis elegans*）是线虫中的一种类型，成为基因研究的模式生物。秀丽隐杆线虫结构简单，发育后代的速度很快（约为4天），繁殖方式为有性繁殖。这种线虫可以自由选择生育后代的方式——通过自体受精或者与其他线虫交配。

从信息处理角度看，如果线虫生活的环境很安全，有充足的食物，那么不妨采用自体受精的方式，因为它的有关生存的基因信息准确无误。但如果线虫生活在有致命危险的环境中，它的下一代的DNA就要做重大调整，而经性繁殖产生的下一代可能具有更好的基因来应付恶劣的环境。秀丽隐杆线

虫就是按照这种方式繁殖的。帕特里克·菲利普斯（Patrick Phillips）及其同事的研究结果表明，当遇到像细菌感染这样的威胁时，秀丽隐杆线虫很可能放弃自体受精，而与其他线虫交配繁殖，使其家族世系有可能存活下来。在这种情况下，通过与其他线虫交配产生多样化的基因，虽然会造成混乱，但还是有利的。相反，那些无视危险进行自体受精产生的后代，不能适应变化的环境，不出几代就会马上消亡。

另一个保持基因创造力的方式是死亡。有一种观点认为，研究机构让那些脾气暴躁的老教授到一定年龄退休是明智之举，这使得顽固过时的理论和思维习惯不能长久地影响学术圈，也使年轻的、富

于创新思想的科学家有机会展现才华。同样，在自然界，死亡很可能使生物体避免积累过时的信息。有机体在逐渐消亡，这是事实。生物成功生育后代后突然出现的致命的基因疾病不是进化关注的重点，这也是事实。但这些并非事实的全部。

在某些情况下，死亡也会陷入困境，似乎并不那么确定。比如，生活在寒冷荒凉的南极地区的一些细菌，生命处于停滞的状态，但还活着，如果有必要还可以这种状态活上几十万年。另外，所有被测试过的有机体——从酵母菌、虫子到人类，仅仅通过少吃点，至少能增长 $1/3$ 的寿命。因此，这很可能是一种重要的生物机制，使生命体坚持得久一些，直到有足够的食物，而且环境变得适合生育下

一代。所以在某种程度上，死亡像是事前设计好的，具有灵活机动的特性，而且很可能有充分的理由。

如果没有自然死亡，一个物种的基因创造力会受到过时的思想的损害，随着时间推移，这种损害会变得越来越严重。如果年老的一代不消亡，有着创新思想的后代很难得到发展，因为家庭内部就存在激烈的竞争。如果这种情况持续几代，那么优秀的思想会变得越来越少，而这一物种对外界变化的反应也会越来越迟缓。一旦出现危机（年老的生物是无法解决这些危机的），这个物种应对危机的能力会非常差。而如果正常更新换代，情况会好很多。

这也是我们通常不会全部记得所经历的事情的原因。牢记那些不断增多的不相关信息，会严重干扰我们的日常生活，最终使我们患上精神疾病。有着惊人记忆力的所罗门·舍雷舍夫斯基（Solomon Sherashevski）的例子可以说明这一点。所罗门生于1886年，在一个俄罗斯籍犹太人的小团体中长大，近30岁时成为一名记者。

就在他做记者后不久，人们才发现他具有超人的记忆力。一天，编辑与往常一样在早上开会，给记者分派采访任务。每个人都忙着做笔记，除了舍雷舍夫斯基。他甚至连笔和纸都没带。编辑认为舍雷舍夫斯基太懒了，对他很不满，让他解释为什么不做笔记。舍雷舍夫斯基说他根本不需要做笔记，

因为他清楚地记得听到的每一句话，而且向来都如此。编辑不相信，让他马上证明。舍雷舍夫斯基照他说的做了，一字不差地复述了编辑在当天早上说过的话。

实际上，舍雷舍夫斯基自己也感到莫名其妙，为什么其他人会和他不一样？为什么其他人会马上忘记这些重要的事情呢？这意味着什么？现在人们终于明白舍雷舍夫斯基异于常人了。舍雷舍夫斯基被送到俄罗斯著名心理学家亚历山大·鲁利亚（Alexander Luria）那里，亚历山大花了30年的时间研究舍雷舍夫斯基的记忆力。

舍雷舍夫斯基的记忆力确实惊人，他似乎能很轻松地记住所有事情。举一个例子，有人对着他用

意大利语大声朗读但丁《神曲》里的段落，而他根本不懂意大利语。15年以后，他能够准确地复述这些诗句，连重音和发音都与当初他听到的一模一样。

拥有天赋的神奇记忆力也要付出代价，这种记忆力带来了一些负面影响，有些影响不严重，有些却很严重。其中一个缺陷是偶尔会出现“只见树木，不见森林”的情况，也就是说，舍雷舍夫斯基不能理解所记住的信息的意义、结构及模式。他能记住一长串的数字，却完全不知道简单的数字排列结构，例如他就不明白1、2、3、4是递增数列。

上述这些思维方面的怪现象与超强记忆力带来的情感困扰相比，根本算不了什么。由于舍雷舍夫

斯基的想象力太丰富了，他经常会把现实当作幻想。想象力严重影响了他的现实生活，他做一件事要费很大的劲，比如看小说这样寻常的事情对他来说却很吃力——小说中的每个字都引起他的想象，形成很多画面，让他分心。出于同样的原因，舍雷舍夫斯基努力地克服过去的经历给他带来的重压，他甚至对一岁之前的事情都记得一清二楚。他极力想抹去过去沉重的记忆，因为那些记忆中包含了早期的一些令人紧张的情绪，如恐惧和婴儿时期的哭泣。

舍雷舍夫斯基的例子说明，有时候旧有信息的消亡反而能让人更成功。一个人适当地忘掉一些过去的事情，有助于准确、有条理地思考当下的事

情。同样道理，老一代生命体的死亡能使一个家族或物种有更强的能力应对变化的环境。

进化的动力就是繁衍后代，生存居次要地位。死亡作为一种进化手段，展示了繁衍与生存之间的矛盾：为了使基因能够更准确地反映最新的相关信息，有利于繁衍后代，有机体会毫不犹豫地放弃生存。

激发基因活力的其他途径

要想获取有用的新思想以保持DNA序列的活力，或者调整学习速度以更准确地反映现有信息是否有误，方法不止基因突变、性繁殖和死亡三种。

简单的有机体可以利用很多方法使自身更好地生存与繁衍，其中最简单的方法就是将一段基因编码移到其他地方。毕竟，如果大部分编码能反映有用信息（很可能这些编码已经制造出了一个功能性蛋白质），那么它们转移到另一基因组就能够创造出更有利的蛋白质。这种方法比基因字母一个一个艰难地改变排列更有效，可以很快产生有用的思想。当然这种编码移动也可能导致灾难性的后果，但也有可能向有利革新的正确方向发展，如果成

功，就向革新前进了一大步。

混合DNA编码信息的方式很多。转座子（transposons），或称作跳跃基因，是一整段基因编码，可以在基因组内从一个地方跳转到另一个地方。

跳跃基因的来源与行为都很神奇。有些跳跃基因可能是存在于一个生命体内的另一种生命形式，在结构密集、双股缠绕的DNA链上可能会出现某些有利于生存和繁衍的基因。就像一个有机体经过几代的演化摸索得到能够更好反映环境的“信念”，这些跳跃的DNA编码片段也是经过演化形成的，由一系列的DNA字符组成。如果这些跳跃基因产生致命错误，影响宿主（即有机体）的功能，它们就会

被淘汰；如果它们能对有机体产生任何有利影响，那么它们存活下来的机会就很大。

在这些可能会被理查德·道金斯（Richard Dawkins）称为“微型复制机器”的跳跃基因中，有大部分是病毒入侵的残存物。如果这些跳跃基因真能形成某一生命形式，那么病毒很可能就是地球上最成功的有机体。病毒的数量超过所有有机体的数量总和，很可能在生命体产生的时候病毒就存在了。病毒只有在进入宿主细胞内才能进行复制，也正是因为这个原因，一般不将病毒归入有机体范围。人类与细菌的关系是矛盾的：虽然我们知道有些细菌是有害的，甚至有致命危险，但是我们的消化系统却需要细菌帮助消化食物。事实上，在我们

每一个细胞中都存在的线粒体就起源于一种入侵的细菌（线粒体能为细胞活动提供能量）。而我们与病毒的关系则不同，我们讨厌病毒，因为病毒只会使我们生病。但也许我们不应该草率下结论，病毒也可能对我们有利。

病毒虽然形体比细菌还要小，但种类繁多，是地球上最有创造力的复制机器。病毒适应性很强，以流感病毒为例，我们每年都要受流感病毒感染。而细菌（病毒的近亲，比病毒单调，但结构比病毒稳定）要花几十年时间才能产生抗生素抗性。流感病毒每年都发生变异，变得越来越危险，能更有效地感染我们。从某种意义上说，流感病毒特别聪明，特别有创造力，但这仅仅是因为流感病毒基于

RNA的基因组极不稳定的原因。由于变异以及被感染者产生免疫力，流感病毒原先的基因组不再发挥作用。而有着新基因组的流感病毒又能够感染我们，效果与一种新病毒一样。

关于侵入有机体内的病毒有两点要补充说明。从一个角度看，病毒只是利用新发现的信息，找到一个更理想的宿主。但从单个基因及其面对的进化压力的角度来看，结论会稍有不同。如果这一单个基因确实能反映有用的信息，而它很可能被一堆糟糕的“想法”包围着，携带它的病毒也马上要消亡了。此时，如果这个病毒变成一个新的混合的生命形式，如变成一个细菌DNA编码的片断，这一变化很可能使这个的基因存活下来，其有用的“想

法”也得以保存下来。

反过来说，作为宿主的有机体没必要强烈抵制这一可能含有有用基因信息的病毒，因为如果碰上恶劣的环境，某一两个基因可能会使有机体存活下来。这种DNA信息的种间转移为有机体进行实质性的革新提供了可能，产生新的信息使有机体在艰难动荡的环境中存活下来。

越来越多的证据表明，这种DNA的变动和转移是一种常见过程，发生在包括人类在内的所有物种身上，是成功进化的关键。其他种间基因替换是吸收新的基因信息的一种有效而危险的方式，到目前为止，进化革新最主要的来源是病毒。

在细菌体内经常发生病毒的DNA编码导入，而

人类基因组也充满了病毒残余物（人类有50%的基因组由原始病毒残余物组成）。但是一些病毒入侵对我们极为有利，可以将其他物种的有用信息转移到我们体内，或者重组我们的DNA编码而产生新特性，比如早期哺乳动物的胎盘的形成就与病毒残余物有关。

基因混合发生在相似物种间，或由于病毒入侵产生。由此可推想，生命体的DNA编码之所以具有普遍性，原因之一是DNA能够促进不同来源的新基因信息的导入。如果真是这样，那么我们会发现，尽管外部世界的斗争从不间断，而且很残酷，但整个生物圈为了优化内在的基于DNA的“想法”而进行奇怪的合作。

合作和不同层次的信息处理

科学家知道宇宙并不是由无数不相关的事实构成，他们努力探寻深层模式，即信息的组成要素与总体信息结构之间的关系。相互关联性具有普遍性，而且高度分层。比如，夸克相互结合形成亚原子粒子，亚原子粒子结合形成原子，原子相互结合形成分子，分子相连形成蛋白质，在细胞机制作用下蛋白质之间相互作用，细胞在人体器官中发挥着特定的作用，而这个人是一家全球性公司的某部门员工，该部门位于某一地区的大楼内，该地区在某一国家内，该国家在地球上，地球围绕太阳转，太阳是银河系的一部分。

人类运用无与伦比的智慧探索、解释信息结

构。信息处理是所有生命体的本质特性，其主要任务之一就是反映细胞的结构及不同层次的意义。

进化生物学家理查德·道金斯提出了著名的“自私的基因”学说。根据道金斯的理论，基因是进化的核心，宿主通过复制将基因传给下一代。这里的宿主指的是有机体，按照道金斯的说法，称为“生存机器”。有机体降级为基因的载体，每个基因在进化过程中都是一个自私的幸存者。这一学说有大量的事实支持，很有说服力和影响力。

然而在很多基因组中，“真正的赢家”是那些比基因低一个级别的DNA（道金斯对基因的定义与一般的基因定义不同，他将那些自私的非编码DNA也称为基因）。一般来说，那些不参与蛋白质编码

的DNA序列不归入基因一类，而称为自私的DNA。这些自私的DNA隐藏在基因组内疯狂地进行复制。例如，我们每个人都有近100万个黄色节杆菌元素^[1]，占了人类基因组的10%，但这些DNA序列不参与任何蛋白质编码。没有一个有机体愿意支持这种过度的、自私的复制行为。但这些微小的DNA序列成功地隐藏在染色体中，很难被发现。

进化关注的对象不仅仅局限于基因及非编码DNA。达尔文的自然选择理论将有机体作为一个整体来考虑，这一角度同样适用于进化问题的探讨。进化关注的不仅仅是生物体基因组中个体基因的总和，还包括基因之间以复杂的方式相互作用而产生的任何基因信息。例如，人类大脑就需要几千个基

因进行无比复杂的合作才能运作。

有时一些纯粹自私的基因会妨碍宿主的生存。

人类很容易产生基因紊乱，我们能够生存下来着实不易。实际上，如果某一自私的基因在有机体生命早期确实对有机体产生不利的影响，有机体会在繁殖之前死亡，而这一基因也会消亡。那些对有机体有利的基因很可能会一直遗传下去。因此，基因也存在压力：在自私的同时又要以一种高明的方式参与合作与调节，以确保有机体发展。

但是，每个人看问题的视角不同。我总觉得，这种认为个体基因通过遗传给后代的方式而继续存活下来的观点，从进化的角度看遗漏了什么。关于进化的一种更简便的描述是，各种有关生存的“想

法”之间存在激烈的竞争，那些能更准确反映事物的“概念”可能会继续存在（这种描述带有过度概括的倾向，同样适用于科学领域和资本主义）。这种观点与“自私的基因”理论有一点相同，即都认为有机体可能仅仅是某种更重要的东西借以存在的跳板。尽管如此，这种以“想法”为中心的定义适用于所有进化现象，也适用于存在不同“想法”之间竞争的任何情况，而这对生物进化至关重要。

这两种观点的另一个区别是：“自私的基因”理论认为基因能够抵制任何形式的变化，而以“想法”为中心的观点则认为基因乐于改变自身编码，只要能获取更好的思想（包括一系列基因共同反映的思想）。道金斯认为，基因突变率的控制

是单个引发突变的基因不希望其他基因改变身份的自私的表现。与之形成强烈对比的是，进化将内在的“想法”摆在首要位置，这表明所有的基因都愿意改变身份，如果它们自身的“想法”明显落伍了的话。这种对基因突变率的控制，方式直接，是对严峻压力的一种反应，也是一种增加革新机会的可靠策略。

少量的“想法”逐渐积累形成高级的“概念”，是进化的一个重要特征。如果一个人不能将事物的各项基本特征综合起来，形成整体概念并进行归类（比如他的记忆中只是些诸如“黑色”、“一个圆点”之类的简单的想法，而不是诸如“计算机”、“水果”之类的整体概念），那么

他对事物的了解是支离破碎的。同样道理，一些简单“想法”可能只需要简单的基因进行运作就能产生，另一些复杂的、更有用的“内在信念”（blind beliefs）需要几百个基因共同作用才能形成，而更高层次的“概念”甚至需要很多有机体共同作用才能形成。有趣的是，这些由低层次的成分构成的较高级的“想法”也会有进化压力，因为那些复杂的“概念”更为准确、聪明、强大。

实际上，有用的“想法”是由一定数量的基因组合产生的。同样，人类大脑处理信息的一个基本特征就是进行大量的合作。大脑的一个神经元只负责一种记忆的极小部分。如对人的脸部记忆，一个神经元能记住一个人的脸部的某一小部分特征，但

它也能记住几千个人的脸部的某一小部分特征。我们对一个人脸部的整体记忆，不是由一个神经元完成的，而是几千个神经元互相作用，综合产生一种突发特性才形成的。同样，一个复杂的多细胞生物会有几万个甚至更多的基因，其中每个基因都具有多种功能，负责形成一种特性的某一小方面。人类大脑就是一个极佳的例子，大脑的产生以及正常运作需要2万个基因和80%的基因组的共同作用。

即使是生命体出现之前的原初生物，其化学成分之间也会相互作用形成组合物，这种组合物能反映的信息胜过各个化学成分所反映的信息的总和。其实，化学成分具备的这种“洞察力”没有什么神奇的地方，只是各个组成部分的随机组合，而进化

更倾向于选择那些稳定的、有利于复制的、高级别的信息。对于生命体来说，基因之间组合产生复杂“想法”的现象很普遍，因为每一种有机体都有几十亿相互作用的基因的“想法”，经过无数代的发展演化，产生大量复杂的思想。

例如，细菌之间联合成为一个整体，能够产生比单个细菌更为有效的抵御功能。在这个由不同细菌组成的合作结构中，每一种细菌负责各自的任务，这种组合类似于多细胞生物。进一步说，多细胞生物的劳动分工也很细致，不同的细胞种类负责不同的任务，这些细胞共同作用，才使有机体得以生存和繁衍。

动物之间也存在紧密的、聪明的合作，这样的

例子很多，如一些群居昆虫。而越来越多的证据表明植物之间也有合作与交流。例如，花旗松通过地下真菌网与同一品种的树苗（但不是直系后代）共享土壤资源。花旗松让人联想到那些年老后成为慈善家的富翁。又如，番茄植株在遭受攻击时，会向空中和地下发出化学信号，附近的同类收到信号后会加强防备。

很有意思的是，一些特别不受干扰的生态系统会自发形成某些结构特征。例如，在尼日尔有几个区域会轮流出现茂盛的植物地带和贫瘠的土地两种面貌特征，形成了类似于老虎斑纹的保护色模式。即使在资源缺乏时，这个生态系统还是能够通过这种模式使一些植物存活下来。

这种高级的、“智慧型”的信息处理行为的根源在于DNA。但是这个高层次的、基于生态系统的“想法”与单独的DNA片段之间的关系很遥远：处于信息等级顶端的“概念”是由底下各个层次的“想法”集合起来形成的（这一信息等级结构为：生态系统、有机体集合、有机体的生理特性、基因的相互作用等）。两者之间的距离很可能和意识与单个神经元活动之间的距离一样遥远。

超出有机体的范围讨论进化问题会引起争议，但是我想说明的是：只要各种信息载体之间存在竞争的、变化的“想法”，就会产生类似进化的行为特征。

很可能某些特别复杂的“想法”确实要由一群

有机体共同作用才能形成。如果出现一种“想法”使这群有机体都能存活下来，从原则上说，进化会倾向于选择这种“想法”。虽然需要通过基因将这一“想法”传到后代，但是进化主要关注“概念”层面的信息。在这个语境中，概念层面指这群有机体（而不是基因），将这群有机体看作一个系统。同理，不是因为主宰基本粒子的物理规则生效了，才使今天的股票市场涨了1%，虽然没有基本粒子的存在，股票市场也根本不可能存在。

从DNA片段开始，一级一级直到生态系统，甚至是生态系统的上一级，从原则上说，进化在各个级别都会舍弃那些与生存不相关的“想法”，而保留那些准确的、重要的“概念”。这一处理方式会

促使低层次的“想法”综合形成高一级的“概念”。

[1]黄色节杆菌元素是一小段DNA，因具有黄色节杆菌（Alu, *Arthrobacter luteus*的缩写）限制性内切核酸酶的行为特性而命名。——译者注

天才的细胞

到目前为止，我只是讨论了DNA层面的信息管理。如果其他有机体也采用基因信息处理的方式，那么怎样才能进化在这场军事竞赛中胜出呢？一种方式是细胞运用其他工具进行信息储存和信息更换，建立新的级别，不仅涉及各种“想法”的结构和范围，还要能进行运算。

计算机的应用使科学领域发生了革命性的变化。上周我花了几天时间，分析了一个功能性磁共振成像数据库。准确地说，是我的计算机做的分析。计算机需要进行超过30亿次的运算才能得出结果。对科学家来说，计算机是无可替代的工具，在收集和分析信息方面起了巨大的作用。

如果一种生物不仅在随机的基因突变中比其他生物优秀，而且具有很强的计算功能，那么这种生物在竞争中就具备了优势。

目前，基于DNA的“想法”只有通过进化才能更新。也就是说，通过有机体的更新换代，那些仍然能够继续生存的基因（或基因集合）被选中，而另外一些则被淘汰。这种了解周围环境的方式效率太低：在充分学到一些经验之前，上百万种生命形式已经消亡了。较为理想的一种方式是在有机体的一个生命周期内就获取相关知识。

听起来似乎只有动物才能做到这一点。实际上，包括细菌在内的很多单细胞生物也以这种灵活的方式处理信息。

这一方式的主要机制是由基因编码形成的蛋白质。一些蛋白质之间相互作用，按照逻辑规则进行基本运算；另一些蛋白质则负责收集环境信息；还有一些蛋白质返回到制造它们的DNA分子上，通过调控不同基因从而改变其他蛋白质的功能。通过蛋白质的这种信息交流方式，大量复杂活动得以正常进行，还可获得高效的学习形式和有用信息。

同源异型基因的例子可以说明复杂概念的形成。同源异型基因通过激活或压制其他基因，决定动物胚胎时期肢体的位置和数量。一些同源异型基因会下降一个等级，去调控其他基因的行为。^[1]人类的活动与此类似。比如一个大公司里不同岗位等级的职员形成一个员工网络；或者我们所做的不同

层次的归类，如便携式电脑属于电脑，电脑是一种电子设备，电子设备属于机器范畴，所有机器都是工具，工具属于物体，等等。大多数复杂的系统都受益于不同等级的知识和管理，包括单细胞生物。

但是更让人惊奇的是，一些微生物以蛋白质为基础进行运算，表现出了很强的学习能力。以细菌为例，细菌通过释放化学信号互相交流，如果化学信号暗示缺乏食物，每个细菌会分散到在一个区域内，最大限度地消费可用的一点食物。

原生动物和细菌在碰到不同类型的食物或潜在的危险时，甚至会运用一些基本的学习和记忆形式。例如，在直肠内的细菌如果发现合适的食物，它们会为消化附近可能出现的相关食物做准备。这

就像在做某种预测，如果不能很快找到相关食物，它们就会放弃。

[1]人类基因组大约有23 000个基因，这一数目与其他生物相比要少很多。作为有着地球上最为复杂的器官（人脑）的生物，这一数目也是极少的。然而，通过一些聪明的技巧（如一个基因可以参与多种蛋白质的编码，基因的不同控制等级，等等），我们可以最大限度地利用这些少量的基因。衡量有机体复杂性更理想的标准是蛋白质的数量，而不是基因的数量。在这方面，我们人类远远胜过其他生物。

内在进化

进化支持那些通过高效学习获得的准确的内部信息，但这一过程有不少重要的限制因素。首先，要提高内部信息的准确性，就需要更多的能量来维持知识增长，而一旦食物供应不足，有机体就变得很脆弱。而且，要产生大量的不断增加的“想法”，需要有机体变得越来越复杂，这样就会降低有机体的复制速度。不管此刻的“内部信念”如何准确，但是环境瞬息万变，如果有机体不勤于复制后代，那么“想法”——如果有任何“想法”的话，比如记忆——中包含的关键的DNA成分就不能很快更新以赶上变化，这样有机体很有可能会消亡。最后，要储存所有这些额外的“想法”，要求

有机体的体积更大、结构更复杂，而如此庞大的生物机器更容易遭受失败。

细菌恰好符合这种要求。细菌具有一定的复杂性，但复杂的程度又不至于给生存带来压力。一方面，细菌处理信息的方式很聪明；另一方面，细菌结构简单，形体微小，因而能进行快速有效的复制。以任何一种标准进行衡量，细菌都是地球上最为成功的生物类型。从数量上看，细菌的数目是惊人的，达 10^{30} 个；从类型上看，世界上任何地方、任何气候条件下都有不同种类细菌存在，细菌甚至能在酸性物质、核废料及地壳中生存；从寿命上看，细菌的休眠期可以长达几万年甚至几百万年。早在动物出现之前的几十亿年，地球上就已经存在

大量的细菌，而且很可能在未来我们人类消亡之后的很长时间内，细菌还能存活下去。基于这些因素，在生命体出现以后，很可能在一段时间内，那些能够灵活、准确地处理信息的生物大行其道（但只是限于复杂程度与细菌相当的生物）。

这样就产生了一个问题，动物最初是怎么出现的？一种解释是，动物的出现和发展是个意外。经过很长时间的进化探索，一旦条件成熟，生存的契机就会出现，或者说产生了“生物想法”（biological ideas）。所以，动物是生命体发展过程中一个偶然环节。当然，人类是一种奇妙无比的生物，拥有丰富的意识和非凡的才智。但是，人类聪明与否与进化是否成功是两回事。例如，人

类才智的发挥似乎导致了一种失控状态，威胁到我们自身的生存。我们的集体智慧产生了一系列破坏性的后果，其中之一就是大量二氧化碳的排放造成的后果。

撇开这些威胁我们生存的不利因素不谈，先来探讨一下动物所利用的契机。细菌对信息（不只是DNA上的信息，还包括整个细胞内的信息）进行编码，很快形成和改变“想法”。细菌主要通过蛋白质表现“想法”，另一种更为有效的方式是在DNA和蛋白质之间建立许多运算链接。这个处理系统虽然很独特，但存在很大局限性：只能一步一步获取最基本的信息。如果运算能力的增强符合进化的要求，那么要怎样做才能处理更多的信息呢？一个原

始的例子是：细菌相互间联结在一起来表现有关食物的信息。按照逻辑推理，下一步应该突破细胞的范围。

多细胞生物的情况又如何呢？多细胞生物的每种细胞都有特定的功能，而无数神经细胞构成了大脑。按照一种进化“假说”，快速学习和储存更多的信息，在某种程度上可以弥补维持大脑运作所需投入的更多时间及资源。

非动物类生物（包括聪明绝顶的细菌）要花几代的时间，通过自然选择和DNA对周围环境的一些基本变化进行编码。然而，即使是结构最简单的动物，只需要几秒钟就能从环境中学到大量的知识。动物轻易就能掌握有关环境的一些复杂的特性，而

仅仅靠DNA可能无法理解。由于非动物类生物处理信息的能力有限，如果碰到威胁，可能会导致个体甚至是整个物种的灭亡；而动物碰到同样的威胁，甚至不会受到任何伤害。

如果进化主要是“想法”之间的竞争，而最终获胜的是最佳的想法，那么从某种意义上说，动物为了获得更多生存机会，会紧紧抓住另一种进化形式，即内在进化。

因此，所有生物在进化过程中都要经历基因假说-测试阶段。有机体的“概念”正确与否通常由环境直接反馈，那些理想的“概念”被选中，遗传给后代，而那些糟糕的“概念”则不再存在。如果是复杂类型的细菌，有小部分重要的反馈来自蛋白

质这一中介介质——蛋白质能快速地反映环境的粗略特征。

对动物来说，处理关乎生存与繁衍的重要“信念”需要有一个缓冲物。动物收到的反馈来自环境，但大部分反馈不需要经过DNA，因为DNA只能改变那些储存在大脑细胞内的“想法”。通过运动的方式，动物能够直接与环境产生互动，快速有效地检测“信念”正确与否。一个动物在一生中能产生无数的“想法”，其中一个重要的原因是，错误的“想法”不会威胁到动物的生命。

而且，动物的精神世界越复杂，就越能够细致地反映外在世界。动物结构复杂的大脑能够进行大部分的环境反馈，而这些环境反馈是改变“信

念”（不管这些“信念”是储存在基因里还是神经细胞中）所必需的。

有着复杂大脑的动物，不需要动一下就能检测许多互相竞争的想法。举例来说，我因为思考意识科学问题，到半夜都无法入眠，这时我感到饥饿，很想吃腰果。开始我想去厨房看看，但是马上想到前几天大扫除清理了很多吃的东西。然后想到去超市买，但平常去的那家超市9点以后就关门了。我只能去24小时超市（开车要15分钟），或者去1公里外的加油站。我躺在床上就能想出一个最好的办法，去买几里外的、现在急需的、很容易让人发胖的零食。从某种进化的角度看，做到这点是不可思议的。

这说明内在进化的形式已经产生，而且动物智力水平越高，这种内在进化表现得越明显。人类大脑很像一个内在进化的世界^[1]。我们的大脑能充分、准确地反映世界，我们几乎不需要浪费一点体力，就能产生各种想法以及做大量选择。这种方式还很安全，我们思考各种选择时不用冒任何风险，不会发生下面的任一情况：或者在基因优劣的竞争中失败而无法生存，或者因为一些失误而造成身体上的损伤。这种方式似乎与本章开头提到的原初生命的“想法”大相径庭。其实，两者并非看起来那样不相关。两者都属于相互关联的进化步骤，都是建立在一个理论基础上，即高效的信息处理占有优势。

[1]事实上，大多数动物通过免疫系统进行积极的内在进化。动物身上有大量寄生物，这些入侵者很可能会导致宿主死亡，因此需要免疫系统来应付任何突发情况。免疫系统抵御入侵者的方式类似于自然选择的方式，或者说与大脑处理信息的方式相似。免疫系统创造性地产生很多可供选择的物质，让这些物质与病原体互相作用，当某一个物质找到一个匹配项（即这个物质学到了某些东西），形成附近存在危险的假设，抗体就会开始繁殖。这一方式是免疫系统的一个显著特征。

大脑的计算功能

在这一章的最后两小节，我要强调，动物在进化方面并不比其他生物更成功。例如，一棵橡树如果能做这样的设想：粗硬的表面能起到很好的保护作用，太阳是能量的主要来源，那么橡树作为一个物种，能够像老鼠一样数量众多，存在的时间也能和老鼠一样长。动物由于具有一系列强有力的优势，使其能进行复杂的信息处理，而动物的总体基因设想使它们具有的少数几个优越特性远远胜过其局限性。

动物神经系统最基本的功能是调控动物的基本状态，保持体内平衡（homeostasis）。神经系统就像大脑内部的一台计算机，多数动物的神经系统

能控制重要的生物特性。例如，神经系统能够监测体温，动物感到太热或太冷时，神经系统会做出相应的反应。通过这种方式，使动物的体温保持在一个理想的范围内，神经系统的作用就像一个恒温器。即使是体温完全受周围温度影响的冷血动物，神经系统的这种调控作用依然有效：如果动物待的地方太冷，神经系统会引导动物向炎热一些、背阴处少一些的地方转移。这一调控能力使得很多动物比非动物类生物有优势。具体来说，很多动物的生存地点很广泛，冬天也不需要冬眠。神经系统的很多特性都可以微调，比如调节血液中能量（葡萄糖）和水的比例，盐分的浓度等。体内出现任何不平衡，监测系统会进行纠正，如果有必要的话，化

学信使（通常是某种激素）也会进行调节。

但是这种内部调节只是动物大脑的一小部分功能。大脑的主要任务是感知外在世界，获取信息数据，在此基础上做出反应。获取准确的外部信息对生存意义重大。一些细菌具有基本的感知能力，能够通过蛋白质转换觉察到什么时候食物缺乏，能够做到这点其实很聪明。但是，如果食物在附近，却被化学物质掩盖，以致细菌觉察不到食物，这种情况下，细菌就会显得很笨。动物有多种感知能力，在寻找食物时，通过视觉很快发现哪个地点有什么食物，是否有其他动物已经在享用；通过嗅觉感知到食物所含的能量是否丰富；通过听觉判断是否有其他食肉动物埋伏在附近（如果有的话，等到自己开

始尽情进食时，这些食肉动物会猛扑过来）。

我们对自身的感知能力太习以为常，很少去探究这些感知的本质。感知只是获取环境信息的渠道。比如，视觉是由于小部分电磁波的刺激形成的，我们周围几乎所有的物体都会反射甚至释放电磁波；听觉与在空气或水中传播的压力波有关，物体的震动会产生压力波；嗅觉与化学刺激有关。各种感知能力给我们带来完全不同的感受，但关键的一点是，所有感知到的都是信息。

在雪貂身上做的实验可以说明这点。改变刚出生的雪貂的视觉通路，这样原先到达视觉皮层的信息会传到听觉皮层，而本来专门负责听力的听觉皮层会处理视觉信息，最终雪貂还是能够看见东西。

而且，在听觉区域甚至出现属于视觉皮层的特征，如出现专门表现物体轮廓的神经元。听觉皮层的运作和视觉皮层的运作不完全一样，但是所起的功能相同。另一个例子是出生时就看不见的盲人。盲人阅读盲文，主要在大脑的视觉区域处理文字信息。盲人的视觉区域没有视觉输入，但这部分的大脑皮层承担起了阅读盲文的任务。这些例子说明，所有的感觉处理对大脑来说只是信息，大脑的每个区域都能处理各种类型的信息，即使该区域原本是处理某一特定类型的数据的指定区域。

重要的是，我们对世界的感知不仅仅是感官接收到的物理信息的拷贝——这点对复杂的神经系统尤其重要。一台无意识的统计机器在运作着，将我

们接收到的基本信息转换成详细的即时信息，包括不久的将来可能会变成怎样，以及什么对我们很重要。

但是，仅仅让感觉器官装满信息是没有意义的。如果只是一味地囤积信息，而从来不运用这些好不容易得来的知识去做有意义的事情，那么储存信息会变得毫无意义。真正需要做的是将信息与行为联系起来。换句话说，要行动起来。对简单动物来说，这点很明确：它们的行动与感觉之间的关系通常很直接。以虫子为例，虫子感觉到有食物，就会马上接近食物；感觉到有威胁，会马上离开。但是动物越复杂，它们在感觉和行动之间就要进行更多的信息处理。

人类大脑的主要任务是控制身体的活动，与大脑内产生的无数想法相比，这一任务显得不那么重要了。在我们的感觉和行为之间纠缠着纷乱的想法。在既能协调身体、又能准确地反映信息的无数可能性中选择最理想的一种，这个处理和运算的过程占了主导地位。然而，从根本上说，即使是人类的大脑，其主要的任务还是以最佳的方式控制躯体的运动。认识到这一点很重要。

运动的首要机制是本能行为，这是所有动物都具备的。本能是一种先天遗传的大脑“程序”，能将感觉输入与特定的反应联系起来。本能有利于生存，并能使动物最大限度地进行繁衍。在本能行为中，基因的作用是利用大脑储存及处理信息的能力

（这些信息太复杂，不能仅仅以直接的遗传方式解决）。例如，如果我不小心碰到刚刚从烤炉中拿出来的馅饼，在我意识到发生了什么之前，我的手已经从灼热的馅饼上快速移开了。过了一会我才反应过来，意识到刚刚差点烫到自己。在高级的大脑皮层感受到热或者要做出手臂猛抽回来的反应动作之前，大脑的原始区域就已经感觉到了热并设计好反应的程序。这种反应看起来很简单、很自然，意识似乎只是一个旁观者。但是这个反射动作是一个无比复杂的由神经细胞参与的处理过程：需要知道手臂抽回来的方向，由哪些肌肉参与，强度如何等。

对固定的感觉输入产生相应的反应，这种能力很重要，但仅仅靠本能并不能让人受益多少。电视

剧《辛普森一家》里有一集的内容如下。莉萨为学校举办的科学展览会准备的展品被爱捣蛋的哥哥巴特弄坏了。出于报复，莉萨决定让巴特成为她的新展品。她做了一系列的实验，测试巴特和仓鼠哪个更聪明。其中一个实验是这样的：仓鼠正准备啃一小片食物时，被轻轻地电了一下，仓鼠马上意识到不能再去碰这个食物了。巴特的情况则不同。巴特发现一个蛋糕，蛋糕连着电极，前面还有一个醒目标记：“不要触碰”。巴特将标记随手一扔，伸手去拿蛋糕。他的手猛地被电了一下，缩了回来。但这只会惹恼他，他又伸手去拿蛋糕，又被电了。巴特一次次伸手，每次都被电到。我想，在现实生活中巴特活不到10岁就要夭折。巴特和仓鼠的例子清

楚地表明：本能很重要，但如果没有一些最基本的学习能力，本能发挥的作用并不大。

即使是最简单的学习形式，也能发挥很大的作用。如果动物吃了有毒的食物，那么它很快就会将这种食物与其产生的结果联系起来，而且以后也会避免接触类似的东西。这种本领很了不起。动物能将事物与其效用相联系，聪明的动物还能区别效用的程度，如巧克力的味道比菠菜好。以这种复杂的方式学习，需要的脑细胞少得惊人。回到线虫（特别是秀丽隐杆线虫）的例子：这种只有1毫米长度的小虫，只有302个神经元。然而附近食物源发出任何气味，即使很淡，线虫都能闻到，并且马上向气味的方向爬去（大概以为跟随气味很快就能找到

食物)。之前认为可能存在危险的刺激物，如果一再证明是无害的，那么线虫就不会再远离这个刺激物，抹去之前坚定的“信念”。线虫甚至显示出某些社会化倾向：当线虫在一个群体中时，由于某些压力，线虫会开始进食。

另一种经常作为研究对象的动物是果蝇。果蝇比线虫复杂，非常聪明，但却仅仅由20万个神经元构成。像线虫一样，果蝇也是通过简单联系的方式学习。果蝇会睡眠，有短期记忆和长期记忆，甚至拥有类似于注意力的能力，所有这些都由罂粟籽大小的大脑控制。

学习当然是件好事，但如果被无数的事实包围着，那么该学习哪些呢？为什么要费劲去学习

像“不要碰灼热的馅饼，直到馅饼冷下来再碰”这样的知识呢？为什么线虫要这么麻烦去避开有毒的食物呢？为什么不去搞清楚风使右边的树叶摆动的速度比左边的树叶快一点的原因呢？答案是：动物受一套价值体系的限制，价值体系规定了什么是好的、让人愉快的，什么是不好的、令人痛苦的。这一机制在进化过程中不断完善，规定什么有利于生存与繁衍，什么不利于生存与繁衍。

这套价值体系对任何相关的刺激物归类，归类的依据为刺激物是有利于动物发展还是使动物陷入危险，以及利益或危险有多大。简单的动物会遵照这套价值体系活动：接近有利的东西（如食物或性），远离有害的东西（如捕食性动物）。对很多

动物来说，学习的速度和持久性与利益或危险的程度直接相关。例如，狗很快就能领会下面这种情况：如果主人开始朝它大声吼，那么紧接着就要挨打了。但是如果主人说“再喝点水”，需要重复多次，才能让狗明白又要喝水了。这是因为水的供应很充足，再加上口渴并不会威胁到生命。

简单的动物会区分周围环境中哪些是有利的，哪些是有害的，但它们并不知道为什么某些东西是有利的或有害的。秀丽隐杆线虫闻到有毒食物源会后退，而当它感觉到震动时会以同样的方式后退。事实上，线虫的大脑对两种情况的反应没什么区别。这时价值体系需要情感来扩充，情感解释了动物认为某些东西有利或有害的原因。原始的情感主

要有三类：恐惧，厌恶和愤怒。如果我们害怕某种气味，我们会马上跑开。或者躲藏起来，但还是会对这一危险保持警惕，密切关注最细微的变动，如有必要，随时准备跑开。某种气味让我们想起恶心的食物，如果我们以最快的速度逃离这种气味的地方，会显得很傻；相反，我们会慢慢后退，然后去找其他吃的东西。所以，面对不同类型的威胁，基本的情感会使我们的行为方式更复杂，而粗略的价值体系只有好的和差的两种分类。

一些心理学家认为，我们完全可以通过身体的反应判定我们的情感状态。生气时，心跳会加快，还会紧握拳头，等等。情感促使我们行动，去改变环境，从而有利于生存和繁衍。

当然，与简单动物相比，我们人类有着大量复杂的情感类型，如妒忌、幸灾乐祸、不公平感。人类比其他哺乳动物有更为丰富的情感类型，因为我们生活在庞大、复杂、等级制度的社会，要处理各种社会及政治问题，要与不同类型的人打交道。某些情感可能会毁了我们的生活，比如执着地爱一个不可能得到的女人，或沉溺于赌博。然而，我们所有的感情都有一个明显的进化基础。大脑为我们判断环境的优劣，但由于生活太复杂，有时候大脑也会计算失误。许多复杂微妙的情感是几种相对简单的情感的综合，每种情感都有明确的进化目的。例如，妒忌是两种情感的综合产生的，一种是对某种东西（如性伴侣）极度渴望，另一种是对存在的威

胁感到愤怒，这种威胁妨碍我们占有渴望得到的东西。

仔细研究我们的近亲——黑猩猩就会发现，人类与黑猩猩有很多相同的情感，而这更清楚地表明我们众多的复杂情感是有进化基础的。比如，最近的研究发现，黑猩猩也有是非感，甚至可能还有一定程度的好奇心。如果黑猩猩看到瀑布，它可能会在瀑布前做各种动作，触碰下瀑布，或长时间地盯着瀑布看。即使旁边没有其他黑猩猩，它们也会做这些动作，这就排除了下面的可能性：猩猩的头目在其他猩猩面前表现以树立自己在群体中的威信。如果碰到雷电交加的天气，所有的黑猩猩都会跳起舞来。一些研究灵长类的动物学家认为，发生这种

现象是因为黑猩猩偶尔会表现出强烈的好奇心，甚至对大自然发生的重大事件表现出敬畏之情。

广阔的内在世界

到目前为止，我并没有说除了我们人类之外，其他的任何动物具有任何形式的意识。但同时我确信，我们与黑猩猩拥有相似的情感。不仅如此，从进化的角度看，人类的情感还可以一直上溯到这一章开头描述的发生在爱丽斯、贝丝和克莱尔之间的斗争。

虽然所有的生命体都要获取关于周围环境的有用“想法”，但是另一种明显的倾向是：储存在一个层次的信息联合形成高一层次的、更为丰富的“概念”。在某些情况下，更多的层次在这些基础上建构，一层又一层，直到产生一种高效的体系。如细菌能进行基因控制，能进行基本的学习，

还能相互间联合起来充分利用食物；成群的鱼聚合在一起，围成一圈，通过这种方式就能轻易避开食肉动物的攻击（而单独的鱼是无法逃离这种危险的）；不计其数的蚂蚁聚集在一起，通过传递简单的化学信号，就能进行高智商的行为。价值体系作为一种捷径，判定什么对动物有利或有害；除此之外，还产生一些简单的情感，然后在简单的情感基础上形成复杂情感；人类能进行分门别类，制订计划，使用语言，运用独特的策略调节、丰富我们的情感和动机。之所以产生这种情况，原因之一是：大自然确实是高度结构化、互相关联、具有不同的等级结构的。我们可以辨别每一个层次的复杂结构，其中一些结构井然有序，简单的数学方程式就

能够对其进行透彻分析。

宇宙中的信息都包含着某种模式。科学家们试图发现这些模式，这样他们就能做出无比精确的预测。比如，一颗离地球5亿公里，需要半年时间才能被发射到太空的卫星，怎样才能如美国航空航天局（NASA）的科学家希望的那样，丝毫不差地进入围绕火星的轨道？但是发现模式不仅仅对科学家有利。我们人类有着复杂的大脑，还有革新的压力，我们有必要发现有用的模式，而不只是简单的事实。我们越是能够准确地反映宇宙的结构，就越能更好地控制环境和自身。科学、研究、技术领域是如此，进化也不例外。所有这些都受益于模式这一强大无比的假想测试器。对人类来说，科学研究

与我们智力之间关系紧密，我们人类是第一个拥有如此不可思议的智力的生物，因为从第一个原初生命体在海洋中出现开始，进化从根本上支持准确的信息处理。

充分运用模式的不只是动物。在大自然中，模式无处不在。很多病毒的形状是圆的，因为圆形需要的遗传指令最小、最有效。花瓣以及花的种子都是对称的（数学家立刻会认出这种模式），而蜜蜂发现花瓣秩序井然，就会被吸引。虽然如此，但非动物类生物对这些规律进行编码的能力很有限。

很多动物一直在拼命地寻找模式，有时候会找错方向。伯尔赫斯·弗雷德里克·斯金纳（Burrhus Frederic Skinner）是研究简单学习形式的先驱，

他与伊万·巴甫洛夫（Ivan Pavlov）的实验研究发现：间隔一定的时间给鸽子食物，在下次喂食前，如果不给鸽子任何暗示，鸽子就会做一些动作，希望通过这些动作得到可口的食物。一只鸽子会跳一种很奇怪的舞，逆时针方向旋转好几次；另一只鸽子会不断点头。鸽子似乎相信旋转的动作会产生食物。斯金纳指出鸽子的旋转行为很像人类的迷信行为，如祈雨舞、占星术信仰。我们一些非理性的信念（如宗教信仰，以及相信外星人劫持的说法）之所以很普遍，原因之一是我们坚持不懈地在信息的洪流中寻找结构和意义。

动物界迷信行为盛行，表明与迷信密切相关的一些深层次的东西对动物很有用。动物寻找有用模

式的努力程度，类似于质量低劣的立体声音响的音量控制程度。音量太低听不清楚；音量适中，可以听到相当多的音乐，但是很难区分伴奏音乐；音量开到最大，听到的音乐会失真，几乎听不到主旋律。动物似乎喜欢将“信息音乐”的音量调大，这样能够听清楚音乐的每一个细节，包括低音和伴奏，为此可以忍受音乐的吵闹和失真。充分利用机会去了解有关世界的新的、有趣的信息，强过错失增长见识的机会，尽管有时候也会产生错误想法或形成不当的行为习惯。这与基因的混乱策略很相似，基因突变、性以及跳跃的基因可能产生一些新的致命的信息，但也可能产生一些真正有用的革新。

细菌进行的革新很了不起，而人类拥有大脑这一生物计算机，能够快速存储稳定的信息以及学习新信息，我们处理信息和控制生存环境的能力比起细菌要进步很多。

我们不断追求技巧和模式获得了回报，这种回报过于丰厚，以致我们几乎注意不到自己到底掌握了多少系统知识，以及这些知识在何种程度上影响我们。我是网坛巨星罗杰·费德勒的球迷，他击球技术的精确性、力度以及击球方法的多样性经常让我震惊不已，费德勒击球动作的规律性几乎超过了人力所能为的极限。但我马上想到他也只是人，从孩提时就开始就对网球着迷，花了不计其数的时间来练习，这样才形成高水平的技术。想到这点让我多

少有些安慰。要成为任何一个领域的天才人物，一个必要条件是长时间致力于自己喜爱做的事情。从我们与外界进行精神互动的角度看，我们都是费德勒式的人物，都在不断地练习。但是，在进化层面上的练习，我们花了5亿年的时间（不是几千个小时）磨炼我们的技术。

多数动物都有反复实践过的关于世界的模型，一些模型是由基因决定的，一些来自遗传，还有一些是经过后天学习和经验积累形成的。人类是一种独特的动物，尽管我们出生时形体已经齐全，但是有好几个月的时间，我们弱小无助（通常情况下要过一年我们才能够行走）。其中一个明显的原因是：如果出生时大脑就已经发育好，那么婴儿的脑

袋就要大很多，这就要求母亲有足够大的骨盆，结果会使母亲几乎无法行走。在快速、易变、简单的本能与缓慢、稳定、复杂的计划这两种选择中，人类显然会选择后者。我们的生命以无知和无助开始，但是我们具有很强的学习能力、高超的运动技巧，能准确全面地反映世界，而这些正是我们一生在做的事情。

我们可能没有费德勒矫健的击球姿态，但是我们能轻而易举地做到下面的事情：在热闹的城市转转，与朋友聊会儿天。走路和聊天时，我们的肢体和嘴巴的动作十分协调，能够熟练灵活地一次性谈很多事情，还能马上看到路上的障碍物，等等。我们能做这些事情，从进化角度看是个奇迹。经过上

亿年的进化，产生了人类大脑这一强大无比的生物计算机，大脑以正确的方式历经磨炼，这样我们才能理解世界，并能行动自如。但进化只是原因之一。我们在日常生活中能够进行各种极其复杂的活动，另一个原因是由于我们进入成年后进行大量的学习活动。

在很多领域内，我们很轻易就具备了思维和运动的才能，这使最先进的机器人都显得很白痴。尽管人类对机器人进行了多年研究，但是想要发明不是为了准确完成事先设定的、重复的动作，而是能够感知、行走、理解事物意义的机器人的尝试，都遭遇到可笑的失败。

尽管我们拥有强大的大脑，并且在人工智能方

面取得了很大进步，我们制造出的机器人就像是醉酒的松鼠与新生的婴孩的结合体。几乎所有我们在不自觉中顺利完成的事情，都是无比复杂的，需要进行大量细致的生物运算，虽然我们平时可能没有意识到这点。

人类的大脑是极其复杂的统计工具，在不断完善关于世界现状与未来的模型。我们觉得任何事情都很容易，但这纯属错觉。例如，我们看费德勒打网球很轻松，其实这是具有欺骗性的表面现象。当我们自己拿起球拍模仿他的动作时，就会发现事实并非如此。我们的每一项精神活动都需要我们运用强大的预测统计，即贝叶斯推理。这种推理归结为一点，就是根据过去相关事件，调整目前和将来的

模型。

大量的统计计算，以及对模式的不断探索，使我们能够准确地捕捉到世界瞬息变幻的特征，并且在众多现象中洞悉本质，从而在我们头脑中形成美丽无比的结构。因此，从某种意义上说，我们人类之所以受到很多保护，免于生物进化的残酷竞争，是因为众多的信息竞争发生在我们的精神领域。以专业的、科学的方式理解宇宙，是我们大脑活动的产物。我们已经驯服并控制了大自然，从大自然中获取足够的食物，还能保护自己免受风雨等恶劣天气的侵袭，而且医学的进步也提高了我们抵御疾病和抵抗衰老的能力。

同时，我们强大的学习能力——从信息流中发

现规律性和意义，与意识以及在生活中不断累积的丰富的、深沉的经验密切相关。

第3章 冰山一角：无意识的局限性

一次失去意识的经历

多年来，每周三我都与剑桥大学研究所的同事踢足球。除了不记分，我们玩得很认真，两队一旦出现实力不均衡情况，就马上替换队员。踢完足球，就去酒吧喝一杯，这似乎比足球比赛还重要。几年前，一次比赛进行到一半，球传到我这儿，跟我抢球的是个身材特别高大、令人生畏的家伙。我想象自己采取一套复杂灵活的策略：先是从容地在这个大个子左右运球，对方其他球员也想过来抢球，但都失败了，球似乎黏在我脚上；然后我开始向球门冲刺，猛地一脚，球从侧面射进球门。这个

万无一失的计划只是我的想象，现实的情况是：我刚一扭身，就很狼狈地摔倒在地。像这种情况，甚至不能判对方犯规，因为根本没有人碰到我。

我只能倒退着，笨拙地走向草坪，右膝盖发出“咔嗒”的声音，着实令人担心，可能是前十字韧带拉伤了。比赛中止了，我被送到急诊室。

几周后我的膝盖还没有复原，医生建议我做一个手术，看看膝盖里面的情况，以便治疗。第二天早上，我躺在手术室旁边的休息室里，马上要做生平第一次麻醉。很多人会感到紧张，这完全可以理解。但我却不同，我感觉自己就像一个在糖果店里的孩子（在这个语境下，孩子换成了书呆子气很重的神经科学爱好者，而糖果则是改变大脑性状的专

门药物)。在做麻醉之前，我与麻醉师聊了几句，深入讨论了即将给我注射的药物的有关情况，以及这种药物会对哪些神经递质

(neurotransmitters) 起作用。马上就要注射了，我感到既兴奋又好奇，想知道这些化学药品会在我身上产生什么样的效果。

刚开始给我注射的是肌肉松弛药，我感到天花板开始缓缓地转动。过后才注射主要的麻醉药——异丙酚。我之前看过有关异丙酚的研究资料（在迈克尔·杰克逊使用这种药物过量致死之前），对这种药物非常好奇。医生要我数数，从10开始倒数，大概数到6，我开始完全失去意识，好像死了似的。

通常情况下，如果我晚上睡得很好，这段时间

我的意识好像是空白的。细想想，又并非如此。在我真正睡着之前，有5~10分钟，我的思维处于不连贯的状态，像在做白日梦，尽是一些零星的想法和意象。睡着时，我会做很多梦，梦中忽然被叫醒的话，我可以复述梦的内容。即使没做梦，如果忽然醒过来，我通常也能回想起一些零星的、傻乎乎的想法。对我来说，睡眠就像是一种无声的背景，在这个背景中上演着一连串杂乱、不连贯的经历（尽管我经常忘记经历过的事情）。夜里即使睡得很沉，我还是很容易惊醒。女儿的哭声，妻子轻轻拍下我的手臂，都会让我马上醒过来。

我做了全身麻醉后，感觉房间好像在游动，觉得自己刚刚才从10开始倒数，一下子就醒过来了

（其实中间的过程有60分钟），感到有些眩晕。这期间，我的脑子完全是空白的，没有感觉和意识。我听不到医生发出的任何声音，也感觉不到自己身体的伤痛。当然，全身麻醉的目的就是如此。

一些人在麻醉后恢复意识，感到十分恐慌。但是我在恢复意识后，感到像是喝醉了酒，飘飘然的。我不知道如何定义这种状态，或许称为酒精偏好。我当时马上要求在静脉注射器中添加苏格兰威士忌，目的是为了延长麻醉的效果。我可能还对一个漂亮的女护士开了一个不大合适的玩笑，幸运的是，护士估计见惯了这种情况，只是笑笑而已。令人失望的是，5分钟后，麻醉的效果逐渐消失，下午剩下的时间我只能靠吗啡带来的快感聊以慰藉。

然而奇怪的是，那一个小时意识的空白成了我生命中最难忘的时刻之一。

在这本书中，意识与信息处理是紧密联系的。但是我不认为细菌和植物具有意识，尽管细菌和植物也具有信息处理的能力。简单的动物充其量只有最低限度的意识。但是，具有广泛意识的人类与其他生物之间的区别是什么呢？为什么在我们生活中，意识波动的幅度会这么大（比如，睡着的时候或者做了全身麻醉后，有一段时间我们的意识是空白的）？在这一章中，我会通过界定意识和无意识的不同范围来解答这些问题。

大脑的进化过程

全身麻醉是探究意识的一种有效方式，它能够很安全地抹去全部意识，等麻醉效力过去后，可以恢复意识。因此，可以通过全身麻醉的方式研究在没有意识的状态下，大脑缺失了哪些信息处理过程。

我做了全身麻醉后，处于无意识的状态，但是大脑的很多处理过程仍然正常运作。我能够呼吸，保持着正常的体温，其他的一些基本功能也都正常，而且还有很强的脑电波。为了更好地解释神经系统的意识与无意识的劳动分工，我要稍稍离题，先简单介绍一下大脑的结构。

进化产生了大量的有机体，每一种有机体都经

过不断磨炼，形成适应环境的特征。虽然进化是了不起的创造者，几乎为每一种有机体提供了所需要的一切，但是在有机体的特性形成后，进化却懒于清理，不去删除那些不再需要的特性。对细菌来说，如果生存受到威胁，为了高效地运作，它们会去除那些无用的特性。但是大多数动物体内都存在多余的、过时的特性，如我们体内每个细胞都有大量无用的DNA。而且，我们能够容忍很多残余物的存在。例如，寒冷的时候，我们的毛发会竖起来，在皮肤周围产生起缓冲作用的气流，好像这样可以使我们与寒冷隔绝开来。其实不可能产生这样的效果，人类不像其他灵长类动物，我们没有足够多的毛发使这种自动反应产生效果。从某些角度看，人

类大脑处理信息的过程更具创造性，而非破坏性。

我们的大脑有3个进化区域（见图3），就像一个有着悠久历史的城市。以剑桥大学为例，这所大学的历史中心如今挤在康河的一个拐弯处，这一地带的土地很肥沃。这里的一个小山坡上曾建有一个城堡，是威廉一世在11世纪建造的。剑桥大学最古老的部分（包括一些古老的教堂）现在依然在这一中心地段。几个世纪以来，住宅区、学院、研究所围绕这一中心地带相继建成。在这些相对旧一些、属于第二圈的建筑物的外围，又建造了现代住宅区、科技园区及商务区，这些新的建筑属于郊区部分。务实的人希望以现代街道、建筑取代古老建筑与中心地带的狭窄的、弯弯曲曲的道路。尽管如此，这

些古老的建筑还是有作用的，为翻新这些古老建筑而花费金钱实在不划算。

我们大脑像城市一样，最古老的部分处于中心部位。大脑的中心主要是脑干（brain stem），这部分又称为“爬行动物脑”（reptilian brain），因为这是我们人类与爬行动物祖先共同拥有的唯一区域。脑干是联结大脑与躯体的通道，我们身体所有的感觉信号（如恋人轻轻抚摸脸部的感觉，针刺手臂的感觉等）都是通过脑干传给大脑的其他部分。相应地，较为复杂的大脑区域的命令（如跳探戈、踢足球）会经过脑干，传向脊髓，再传到身体的其他部分，以顺利执行运动命令。脑干还控制着其他基本功能，如呼吸和心率。

脑干是大脑的关键区域。如果因中风、肿瘤或意外导致脑干受损的话，后果会很严重，死亡的几率很高，就算还活着，也会永久地失去意识。由于所有的运动命令都要经过脑干，脑干受损还可能导致一种被称作“闭锁综合征”的病。这种病很罕见，却让人胆战心惊：病人的意识是清醒的，但却几乎全身瘫痪。

让·多米尼克·鲍比是一位“闭锁综合征”患者，他生动地描述了这种病的症状。鲍比在1995年患了中风，之前他是法国时尚杂志《她》（Elle）的主编。中风后，鲍比昏迷了20天，然后康复了——至少从精神层面来说是康复了。鲍比醒来时发现自己全身几乎无法动弹，除了眼睛可以转动，头可以

稍微动一下。令人惊奇的是，仅仅靠眨动左眼和一位耐心的记录者的协助，鲍比写了一本书。记录者念出字母表上的字母，鲍比用眨眼睛的动作选择需要的字母。鲍比的著作《潜水钟与蝴蝶》（The Diving Bell and the Butterfly）是一本令人印象深刻的回忆录，在书中鲍比记录了他患病之前的生活，以及患病后精神囚牢般的生活。

围绕脑干的部分是边缘系统（limbic system），这是人类与最早的哺乳动物共同拥有的区域。这一区域可以称作本能中心，决定了我们的性取向和性嗜好。边缘系统影响饥饿和口渴的感觉，能调节体温，而边缘系统神经元有节奏地运作使我们的生物钟具有规律。另外，像愤怒、恐惧这

些原始的情绪，以及逃离危险或挺身而战的本能反应，都是由边缘系统决定的。有意思的是，我们感受到的恐惧的类型暗示着这一系统的老化程度。尽管每年车祸导致的死亡人数成千上万，但又有多少人会因此而害怕搭车呢？被蜘蛛咬伤不会致命，但还是有不少人（很可能你就是其中一个）害怕这种爬行的昆虫。这是因为几百万年前，蜘蛛对人类来说确实是一种致命的威胁，而因为进化具有惰性，没有更新这种恐惧的感觉。

在大脑的这一中间地带，有一个特殊的区域值得一提，那就是丘脑（thalamus）。丘脑是大脑的中转站，将大脑各个部位联结起来。如果丘脑的某些部分受到损伤，而其他部位完好无缺，患者也会

变成植物人，几乎没有意识。丘脑是影响我们感觉的重要结构，能使信息在大脑内顺畅流通。

我们本能的恐惧没有及时更新的原因之一是，现代生活的许多方面太新了（如汽车的使用），以致自然选择还不能形成相应的反应。另一个原因与大脑的第三个区域，即大脑皮层（cortex）有关。大脑皮层最晚出现，是包裹在大脑其他部分的外壳（“大脑皮层”这个词源自拉丁语，原意是“树皮”的意思），只有高级哺乳动物才具有大脑皮层。进化不需要更新我们天生的恐惧情绪，因为我们有大脑皮层这一强大的信息处理机制。我们能够通过学习获得所需要的新的恐惧情绪，如果有必要，我们还能够压制已有的恐惧情绪。我们最为复

杂、灵活的精神活动发生在大脑皮层这一区域。大脑皮层能够复制、甚至可能改变或控制大脑其他两个较为原始的区域的功能，但是同一种功能发生在大脑皮层会比发生在其他两个区域更为复杂。

大脑皮层也存在大量的冗余现象。大脑皮层由四部分（或者称为四叶）组成（见图4），大脑左右半球各有四叶，呈对称分布。枕叶（the occipital lobes）位于大脑皮层最后部，离眼睛最远，却负责处理视觉信息。颞叶（temporal lobes）位于大脑中间底端，处理听觉信息，并具有部分语言功能（尤其是左脑）和识别物体的高级视觉功能，还有长期记忆功能——存储我们见过的脸孔的信息，经历的事情以及对意义的感知。顶叶

（ parietal lobes ）位于大脑后部顶端，处理空间信息和触觉信息。空间信息处理体现为：表现数目，以及通过记住一个空间的多种事物进行短期记忆。顶叶还具有集中注意力、关注细节的能力。顶叶的后部负责处理复杂的思想，如智商测试。

额叶（ the frontal lobes ）与枕叶、颞叶、顶叶相比，特别不一样。额叶不参与任何感觉信息处理（尽管额叶靠近位于大脑前部下端的嗅觉中枢）。移除一个大脑半球大部分的额叶，不会造成明显的损伤（除了主要运动区所在的额叶后部之外——我们暂且忽略这一部分）。失去大部分右半脑额叶的患者，可能还可以正常行动，感觉也没受任何影响，几乎没有丧失任何记忆。第1章里盖奇的例子

表明，额叶的损伤会造成一些微妙的变化。盖奇失去额叶最前面的部分，导致性格大变。这一部分被称为眶额叶皮层（orbitofrontal cortex），是次级情感中心，对边缘系统——人类神经系统进化中第二古老的区域——较为原始的情感起补充作用。我们复杂的情感在这里被激活，如在社交场合如何应对，如何根据风险或回报的程度采取相应的行动。

额叶的其他部分负责处理我们最为抽象的思想。这一部分与智商直接相关，负责处理复杂或新奇的任务。

额叶外侧的中间部分称为外侧前额叶皮层（the lateral prefrontal cortex），与意识的关系最为密切，许多功能与后顶叶皮层（the posterior

parietal cortex) 相同。

这里，有几点需要说明。第一，谈到“爬行动物脑”时，我并不是暗示进化早期的动物（人类的祖先从这些动物中分化出来）太原始了，不能以复杂的方式进行学习。几亿年前人类的祖先从中脱离出来的那些动物，有充足的时间进化形成高级的神经系统。

第二点要说明的是，我们大脑的三个区域之间不是互相独立的。三个区域相互紧密联系，一起运作，共同的目的是使我们生存和繁衍。如果有必要，任何一个区域都可以负责指挥，有时候各等级之间还会产生竞争。例如，当我们发现草丛中有一条毒蛇时，边缘系统负责恐惧刺激的杏仁核

(amygdala) 会马上开始指挥工作。位于中间的边缘系统执行来自高级的大脑皮层发出的“赶紧逃离”的指令，同时执行脑干的指令——加快呼吸，以产生更多的能量快速逃离危险。但是过了一会儿，我们还可以根据大脑皮层的指令小心翼翼地回来，接近毒蛇。我们会压抑来自边缘系统的信息，并刻意平缓呼吸（通过大脑皮层传给脑干的信息），这样我们就可以在一个安全的距离内仔细观察这条毒蛇了。

如果我们失去意识，“爬行动物脑”的基本功能不受影响，由此可以肯定，意识与那些基本的、对我们的生存至关重要的信息处理（如呼吸）无关。也就是说，意识可能与脑干无关。

大脑的其他两个区域——边缘系统和大脑皮层，在麻醉时处于停滞状态，也不可能产生意识。

无意识状态下神经元的同步性

大部分麻醉剂发挥效用的机制是，不断产生一种称为 γ -氨基丁酸（GABA）的神经递质，抑制大脑皮层的神经元活动。在这种抑制的状态，神经元发射变得比平时更加协调，没有差别性：大脑皮层的电波以缓慢的、强烈的节奏（ δ 节奏）每秒钟几次在波动。

这种情况乍看起来令人感到困惑，甚至觉得自相矛盾：意识渐渐模糊，而大脑的活动却更猛烈、更有节奏。但是考虑到大脑主要的、持续的任务是信息处理，就不会对这种情况感到奇怪了。为了说明信息处理与脑电波的关联性，我要在此处稍稍离题，解释一下脑电波。

报纸上经常提到脑电波：注意力集中时的脑电波是 β 波，沉思时是 θ 波，等等。这种大脑模式究竟有什么意义呢？我们用脑电图描记器（EEG）来探测隐藏的脑电波：将一组电极连接到头皮上，每一个电极探测由上百万个神经元发出的电波。

假设神经活动是一群随意组合的游客的活动。这些游客（神经元）正在一次喧闹的航行途中，开始还互不相识，现在一些游客已经混得很熟了。经过一天的航行，他们来到海岸边的一个国家公园，分散着从不同方向攀登公园里面起伏的山坡，每个游客都与经过身旁的其他游客简短地聊几句，聊聊下面马路上发生的事故，或者地平线上的某个有趣的古代巨石圆阵。

再假设一个星期后，来了同样数量的人。但这次是一支部队，由一个军士长指挥，整个部队步调统一地前进着。一个人乘坐飞机（EEG电极）路过，远远地看到这个队伍，他觉得这些士兵很有效率，让人印象深刻，甚至会觉得这些士兵的数量比上周附近山坡上游客的数量要多（其实不是这样）。从空中往下看，好像一列穿着卡其绿衣服的人在郊外以缓慢、稳定、有力的节奏上上下下地移动。相比之下，游客太分散，没法计算他们的人数，而且在山顶上的游客人数要比士兵少很多。

虽然士兵的队伍比游客有秩序，但是他们很无趣，也没有好奇心。除了关注前面士兵的步伐，他们不会去注意任何其他事情，如马路上发生的事情

或巨石圆阵。他们实际上是一个整体。如果有人试图使这沉闷的旅行活跃一点，而与旁边的人交谈上几句，被军士长发现，就要受到严厉的训斥，交谈者也就马上不做声了。这严重限制了士兵们获取及传递关于周围环境的有用信息。

因此，无意识状态下（如全身麻醉后的状态）的神经元以整齐、缓慢、沉重的方式在运作，只能处理最低限度的大脑信息。这些神经元可能在努力传递比附近神经元更多的信息，但是由于太多的神经元在步调一致地运作，他们接收不到任何可以传递的原始信息。

只有神经系统内信息之间进行积极的转移与混合，才能产生意识。这就是我们具有意识，而细菌

和植物不具备意识的一个重要因素。相比之下，细菌和植物的信息处理只是发生在蛋白质——DNA这一小范围内。

无意识状态下能学到什么

我将意识与复杂的信息处理相联系，这与全身麻醉后的无意识状态并不矛盾。在麻醉状态下，原先支持信息处理的机制不再起作用：脑电波变得缓慢而沉重，大脑皮层（大脑最晚发展的、最高级的部分）不再运作。是否能因此得出结论：在麻醉后的无意识状态下，我们不能进行任何复杂的学习？

问题是，每个患者对麻醉的反应都会不同。最糟的情况是，一些患者在手术过程中还是清醒的，会感到剧烈的痛楚。所以在做任何测试前，要先确定麻醉已经发挥效用，患者确实处于无意识状态。

确定患者处于无意识状态的主要方法是运用脑电图描记器：如果脑电波缓慢而深沉，表明大脑几

乎没有任何神经活动。确定患者处于无意识状态后，我们能观察到什么结果呢？针对患者在麻醉后的学习情况进行了各种研究，结果是一致的：没有证据显示患者醒来后还能记起手术中的任何事情。如果在手术过程中，对患者念单词表上的单词，患者醒来后不会记得任何单词。在手术中反复告诉患者，当听到“侏儒怪”这个名字时，抬一下手指头。患者清醒后，实验人员给患者提示，但患者没有任何反应：既不会抬一下手指头，也不记得别人曾对他做过任何指示。

尽管如此，患者还是有可能进行一些学习，只是效果不明显。其实我们一直在学习，只是有时候不明显，因而没有意识到自己在学习。如第1章的

例子，如果有人一直对你念单词“洋葱”，念上100次，那么在这一天中，当你再次听到“洋葱”时，你的反应比平时听到这个单词的反应要快。你念“洋葱”这个单词的速度也会加快；在超市也会很快注意到洋葱；如果人家要你马上说出几样蔬菜的名称，你会马上想到洋葱；甚至可能会在市场上买一个洋葱。你不会意识到上述这些情况，而且这也不是你能控制的，但是确实会出现这些情况。

如果老是重复听到一个单词，那么我们的神经元是如何反应的呢？大脑中共同反映“洋葱”的神经元，每当再次听到这个单词，就会重新被激活，调整发射该信息的阈值。下次听到这个单词或看到

洋蓍时，神经元发射信息的速度会加快。就像肌肉经过运动后会变得强壮。但是，事实上远不只如此。神经元集合对“洋蓍”这个单词的反应速度加快，其实是由于一种重要的预测运算在起作用。神经元集合会这样想：洋蓍又来了，可能这个词比较重要，我们的反应速度要更快些、力度要更强些，甚至要更热切地期望洋蓍再次出现。每次我们接收到任何信息，神经元都会进行微调。

神经元不断做调整，产生一些预示信息。因此，无意识状态毫无疑问也在忙碌地进行各种运算。我们的感官知觉不能直接反映外界信息，需要经过一系列的运算步骤向意识提供可用的相关信息。我们身体的活动有一部分靠感觉的反馈，比如

感觉会让我们知道，我们想要拿到的物体距离我们有多远。这些活动是在无意识的状态下顺利完成的，而我们很多低层次的经验是固有的。比如，我们一开始就知道太阳在天上，物体是有边沿的，等等。这些固有的经验是在几百万年的进化过程中形成的，非常有效。因此，我们人类以及智力较低的人类祖先能够从环境中获取危险或安全的信息，并且反应速度比掠夺者或竞争者更快。另外一些无意识的经验来自我们在婴孩时期有意识的探索，这些探索后来在我们的思想里根深蒂固，被无数有意义的信息掩盖，以致我们意识不到它们的存在。

从某种角度看，能够进行预测学习的无意识机器是很复杂的，但这仅仅指无意识能够进行大量简

单的统计运算，不是指无意识能够揭示深层次的意义。神经元的微调只对我们的理解能力起辅助作用，而大量经验在意识领域内综合作用，使我们学到有趣的、深层次的模式。

在无意识状态下，神经元能进行简单的运算，这种功能是很有限的。患者在手术后恢复意识，让他拼写出包含有"ash"（灰）的单词，结果可能是"ashcan"（垃圾桶），也可能是"ashtray"（烟灰缸）。但是，如果在患者处于无意识状态时反复对他说“烟灰缸”，那么他恢复意识后很可能给的答案就是“烟灰缸”。他根本不记得大约一个小时前他听过“烟灰缸”这个词，但是他大脑的某个部分会记住，一些神经元会识别这个词，因此他的反

应会是“烟灰缸”。换句话说，他已经被“设定”好了，因而会重复这个他听到过的词。诸如此类的例子表明，至少在某个非常浅显的、无意识的层次，神经元会关注词汇。

但是一个词有很多特征，如发音、语法结构、与其他词汇的各种语言学关系以及词的意义。意义是我们大脑建构信息的第一步，因为意义的产生要求厘清在一个密集的网络中各种事物之间的关系、各种类别的等级关系，等等。从这个角度看，不仅信息处理需要意识，连信息建构都离不开意识。

患者可以被“设定”而重复听到某个单词，但是一个单词的意义是否也可以“设定”呢？如果在患者手术过程中，不断向他重复“cigarette”（烟）

这个单词，等他清醒过来，再让他拼写包含"ash"的单词，他回答“烟灰缸”（ashtray）的可能性是否大于“垃圾桶”（ashcan）呢？如果真是这样，说明存在更深层次的触发机制：当神经元听到一个词时，就会激活另外的神经元，对这个词的意义进行解码。许多研究者做过这种测试，但结果显示：在深度麻醉状态下，我们不能做到这一点。

因此，当我们处于无意识状态（如全身麻醉后的状态）时，在意识的监测下，我们只能隐约听到某个词，仅此而已。稍微复杂一点的内容（如词的意义），至少需要一定层次的意识参与才能破解，而无意识是无能为力的。当然，我们有意识地进行

学习的任何事情，如制订一个策略、记住一张清单、阅读一份说明书，或者是我们每天要处理的无数信息，都需要意识的参与才能完成。

无意识真的比意识优越吗

研究无意识的最佳的方法是：研究一个人在全身麻醉状态下的反应。因为在全身麻醉的情况下，尽管大脑完好无损，我们却意识不到任何事情。因此，上面提到的无意识的局限性是可信的。但是科学在不断进步，对同一问题可以采取不同的方法进行研究。实际上，通过其他方法也可以探究无意识学习。

比如，我们在清醒状态下，无意识的情况是怎样的呢？有没有这种可能性：无意识在意识的监控下获取信息，再混合各种信息，接着马上得出比我们刻意的、长时间的、有意识的慎重考虑还要高明的结论？荷兰研究者雅普·迪克特赫斯（Ap

Dijksterhuis) 做过一系列的实验来论证这种可能性。迪克特赫斯认为，在很多情况下，我们应该相信本能。本能反应是无意识的，而无意识缓慢的、一体化的处理方式远远优越于笨重的、有着更多局限性的意识的处理方式。

迪克特赫斯的一个实验（共有好几个类似的实验）要求志愿者根据个人喜好对4种想象中的汽车按次序排列。实验人员会提供给志愿者一系列有关车子特性的信息，每次提供一种信息。有一种车有75%令人满意的特性；另外两种车性能一般，好的性能与差的性能各占50%；还有一种车最差，只有25%令人满意的特性。实验人员依次向参与者展示4种车的所有性能，然后将参与者分为两组。一组

为“有意识组”，给他们4分钟时间思考刚刚告知的车子的所有特性，然后得出最佳的排列次序。另一组为“无意识组”，给他们4分钟时间玩易位构词游戏，以分散他们的注意力。根据迪克特赫斯的说法，玩游戏的目的是为了让他们在无意识有充足的时间处理与整合车子的特性，而不受意识的限制（因为意识正忙于执行不相关的任务）。迪克特赫斯的理论设想是：意识被其他任务分散，无意识能更好地理解复杂信息。4分钟时间到了，进入最为关键的最后一步：两组参与者开始挑选他们最喜欢的车子。

迪克特赫斯的实验结果是：如果每种车只有4项特性，一共16项特性，那么两组选择最佳的车子时

表现得都不错，“有意识组”的表现略好一点。迪克特赫斯的解释是：如果选项比较少，意识能够很好地处理，因为有限的意识资源不会被适量的信息过分消耗而影响理解。但是如果提高难度，每种车有12项特性，总共48项特性，那么“有意识组”只有1/4的参与者能够正确选择最佳车子。换句话说，这个结果并不比胡乱猜测好多少。同时，“无意识组”的正确率高达60%。这个结果出人意料。由此，迪克特赫斯得出结论：做任何决策（不管是政治的、管理的或是任何其他决策），“简单的事情要意识来完成，而复杂的事情要让无意识完成，记住这点，对个人十分有利。” [\[1\]](#)

然而，迪克特赫斯的结论是完全错误的。如果你仔细想想这个实验，把自己想象成参与者，就不难发现这个结论的错误之处。设想一下，在一个很小的、简易的测试房里，你刚刚坐下来，面前是一个计算机显示屏。这个环境是陌生的，你也清楚自己在做心理实验，想到这点，脉搏也加快了跳动。你会产生各种想法：这些奇怪的科学家要测试什么？真是像他们声称的那样吗，会不会骗我呢？我会不会显得很傻？我会不会有社交障碍？人家会不会认为我特别没脑子？这时有人要求你根据车子的特性，选出最令人满意的一种车，你马上告诉自己要表现出色。有人告诉你“这辆哈兹顿^[2]很新”，你也觉得这车不错。但是，这车需要一段时间磨合

吗？这辆车有什么特性强于其他车吗？你没有得到关于这些问题的任何指示，这让你很困惑。没有人告知你这辆车的其他特性，他们到底要我做什么呢？你决定暂时将哈兹顿排在第一位。这时候又有人告诉你：“这辆凯伊瓦的音响系统很糟糕。”于是你把凯伊瓦排在最后，尽管你只是用立体音响来听听新闻，并不在乎音响质量好坏，但你暂时不会去管这些。要记住这些车子的48项特性太难了（实际上你只记住了10项），但是过了一会儿，你确实认为有一辆车的特性比其他车要好得多。你觉得没有必要比较所有48项特性后再做出决定，但你还是集中注意力，思考着做怎样的选择，在每一个阶段都准备修改答案。等介绍完48项特性，你已经想好

了答案。现在你做了决定，正准备说出答案，但是研究人员不让你说，反而要你玩易位构词游戏，希望分散你的注意力。但是你在玩游戏过程中一直记得答案，经常提醒自己不要忘记。这样做的效果与让你思考4分钟的效果是一样的，所以玩游戏这种方法没有任何意义，因为这不能让你改变主意。其实，在了解车子特性的过程中你早就有了答案，但是你还是按照研究人员所希望的那样做，结果你得到了测试报酬或课程学分，而研究人员也感到很满意。

上述分析表明，这种类型的实验与无意识没有多少关系，明显只是意识在起作用。劳伦特·沃勒奎尔（Laurent Waroquier）和他的同事做了一个类

似的实验，70%的实验对象声称在介绍汽车特性的过程中，他们运用了各种策略选择答案，而且在介绍完特性之前就已经想好了答案。也就是说，他们承认在介绍完所有特性之前，他们已经确定了结果，而后面那4分钟（不管是用来分散注意力还是用来思考）完全是多余的。作为一个探测无意识领域的实验，这个测试完全没有对准目标。

不仅如此，这种类型的实验不能通过一项重要的科学测试——可重复性测试。综合所有用这个实验设计的研究，会发现从平均值上看，“无意识组”并没占优势。其实，即使是迪克特赫斯做的一些实验，也没有发现无意识占优势的效果。另外一些研究人员（其中包括我的一个同事巴拉兹·奥采

尔，我曾和他合作过一个重复性测试，但没有成功）如果说有任何发现的话，也是与迪克特赫斯的实验结果相反的：即使给参与者一长串关于汽车特性的信息，深思熟虑的那组还是比注意力被分散的那组有优势。这可能是因为当注意力被分散时，意识被其他事情占据，更容易忘记之前汽车排列顺序的正确答案。可惜这些不同意见的论文没有在报纸上以醒目的方式刊登。但是对我来说，设计周密、以追求真理为目的的实验所具有的魅力，远远超过那些吸引媒体注意力的时髦论文，这些论文观点新颖，却无法通过可重复性测试。^[3]

所以，结论很明显：仅仅是无意识参与运算的学习形式根本没有任何优越性。

[1]如今，大众文化领域大力炒作这一研究结果，全世界的报纸都刊登相关文章，有篇文章的题目为“不知道如何做决定？停止思考吧！”("Want to Make a Complicated Decision? Just Stop Thinking!") 马尔科姆·格拉德威尔 (Malcolm Gladwell) 的著作《决断2秒间》 (Blink: The Power of Thinking Without Thinking) 探讨了同样的主题。在这本书中，马尔科姆认为，本能的决定优于深思熟虑。

[2] 英文为Hatsdun，与后文的凯伊瓦 (Kaiwa) 均为作者臆造的汽车牌子。——译者注

[3] 迪克特赫斯的研究立即引起媒体关注的另一个原因可能是，它让人体验到“我发现了”的激动时刻，像变魔术似的，在我们无意识的黑暗深处忽

然灵光一闪。但事实真的如此吗？如果无意识真的能够产生真知灼见，那么我们需要做的就是构思一个复杂的问题，然后准备一张白纸，手握着笔，等待无意识发生作用。如果我们真的这么做了，最后纸上出现的只是一些胡乱划出来的线条，当然我们不可能通过这种方式找到任何解决问题的方法。其实，只有经过有意识的思考才能形成深刻的见解。我们需要运用策略，探究各种可能性，仔细斟酌各种因素，最后要有足够的理解力才能做出决定。有时候转移一下注意力（如出去走走，或打个盹）确实有助于产生灵感。但这种灵感究竟是来自不受约束的无意识，还是由于大脑休息一下后能以一种新的角度思考问题呢？

在不知不觉中掌握知识

要证明无意识的力量，比上一节提到的实验更为可靠的论据是，我们完成某一项简单的任务时，在不知不觉中掌握了其中隐含的、深层次的信息。我们都知道“昨天在街上，首相开车正在经过我身旁”这个句子有语法错误，但是我们常常感觉句子有语法错误，却不是非常清楚这个句子违反了什么规则。一些实验可以证明：我们知道某一事情是否正确，却不清楚原因。这类实验一般是这样的：研究人员让实验参与者看好几串没有意义的字母，如“XMXRTVM”，然后要他们记住每一串字母（这种做法有点像在虐待他们）。让参与者看完几串字母后，告诉他们：所有的字母都是根据一套复杂的

规则排列的，这些规则类似编造的语法（但不能告诉他们规则的内容）。例如，其中的一项规则可能是，如果一串字母里有R，那么这串字母会以M结尾。之后，研究人员让参与者看更多的字母串，要他们说出这些字母串是否符合排列规则。尽管参与者觉得自己大部分都是靠猜测，但结果却显示，他们回答的正确率比完全靠运气猜测要高很多。虽然正确率离100%相差很远，但是我们要花几年的时间，通过成千上万的例子才学会母语的语法规则，而这些参与者只在20分钟左右的时间里，看了几十个例子，就要懂得字母排列的规则。

这些规则到底有多复杂？最显著的例子是，通过记住音符的排列顺序，我们能在无意识中觉察到

音符之间的联系（方法与上面的例子一样）；同时，我们却觉得自己是通过胡乱猜测给出答案的。这里我要再次强调，参与者的答案正确率比靠运气猜中的要高，但也没高多少，大概60%左右（2个选项中靠运气选中的几率是50%），所以这个几率距离绝对可靠的知识相差很远。

这能说明什么呢？这些例子还远远不能够证明我们可以在没有意识参与的情况下学到相对复杂的信息，同样也不能证明上一节中迪克特赫斯提出的关于无意识的范式。

为了发现字母串的组合规则，我们一开始就要集中注意力观察。如果注意力被分散，就算盯着字母看，也不会看出什么名堂，自然也就无法知道其

中的规则。

而且实验前半部分，我们大多数人不只是记住字母串。由于意识具有的非凡才能，我们总是在寻找模式。在这个例子里，我们会产生这样的想法：“这些字母串都是以M结尾，这种排列是不是有什么意义？”当我们试图记住字母串时，诸如此类的想法在意识中很快消失，但大脑汇总了观察到的信息，使我们有意识地了解到一点字母串排列的信息，因而给出的答案正确率高于50%。换句话说，这个实验设计连同迪克特赫斯的实验，都不能排除这样的可能性，即我们至少在某种程度上有意识地学到了一些结构信息，尽管过后忘记了之前有意识的学习过程。

当然，这种类型的实验不能证明无意识的优越性。毫无疑问，如果一开始就要求参与者寻找字母的排列规则，而不只是简单地记住字母串，那么参与者在后来选择哪些字母串符合排列规则时会做得更好。

生活中有很多这样的例子。我们会半有意识半无意识地积累一些小规则，一些零星的知识。过后，我们不是有意识地记起这些规则，最多只是感到有些熟悉。在这种情况下，由于之前的基础，我们还是能熟练地完成任务。打网球是一个很好的例子。开始我们有意识地练习正手击球，等一个个分解的动作都练熟后，击球时就不会意识到各项规则，需要注意的只是整体的动作，即正手击球。事

实上，我们可能都不记得之前的学习过程了，但这不会影响我们打球。因此，任何复杂的学习形式都需要意识的参与，但是在掌握了一种知识或技能后，只需自动执行就可以了；在下次执行这种任务时，意识的参与反而会碍事。

当然，如果某种信息集合的结构特别复杂，或者有很多等级，为了发现信息隐含的模式，就需要意识高度集中。研究表明，无意识无法处理大多数的逻辑运算，不能进行因果推导，无法识别几乎所有的序列。除了靠机械背诵记住的数学运算（如乘法表），其他任何数学运算，无意识都无能为力。无意识还不能掌握各种社会文化知识，而我们要想在社会上获得成功，则必须掌握这些知识。

那么，有什么任务，无意识可以做得远胜于意识呢？一些实验试图证明无意识的优越性，结果令人失望：我们在探究模式的过程中，只有在刻意越界的情况下，才能得到无意识优越性的结果。就像鸽子会有迷信行为（定期给鸽子喂食，下次进食前，如果不给鸽子任何暗示，鸽子就会跳一种舞蹈，希望以此获得食物），人类也一样有迷信思想。但是人类的迷信行为更独特，不仅包括类似占星术的信仰，而且存在于实验过程中，只是方式更为正规而已。

设想你坐在电脑显示器前，显示器上过一会儿就有亮光闪动一下，要你预测亮光出现在左边或是右边。在正式预测前，你可以进行多次试验。试验

的结果是：10次中有8次亮光出现在显示器右边，只是没有固定的次序。那么，预测的最佳策略是什么呢？如果你充分理解了亮光出现的模式，在预测时每次都选择右边，就可以得80分。像老鼠这样的动物的做法就是如此，这些动物在实验中做出正确的行为，可以得到食物作为奖励。但是大部分人不会这么做。有时候我们人类聪明过头了，反而不是什么好事。当我们完成一项任务后，总是想要发现隐藏在这项任务中的模式，探寻杂乱无章的表象下隐藏的信息。首先，关于亮光闪动的模式，我们会有不少复杂的想法。为了测试这些想法是否正确，我们就要丢掉好些分数，因为我们的大部分想法是错误的。其次，当我们大致清楚亮光出现在右边的

几率是80%的时候，我们就决定做第二次猜测，10次中有8次我们会选择右边，但有2次选择左边。这样就使得平均正确率降到68%，因为我们的选择是错误的几率有1/5。最后，比我们低等的老鼠完成这项任务的成功率比我们高出12%。如果由外侧前额叶皮层受损的患者来完成这项任务，初步证据表明，这些患者并不会会有奇怪的、错误的想法。相反，他们的正确率跟老鼠一样高。所以，外侧前额叶皮层很可能与意识密切相关。

从很多方面来看，证明无意识优越性的实验都具有欺骗性，因为研究者能够很容易地向参加实验的志愿者说明统计资料和各种可能性，然后鼓励志愿者们改变行为方式，告诉他们只有这样才能在实

验中有最佳的表现，才能使他们的意识赶上无意识。

对我来说，这些实验凸显了关键的一点：这些站不住脚的论点恰恰是意识的试金石。尽管这些错误的观点源于我们认知系统的失误，但这些观点同时反映了我们可以发现的不同模式的数量，让我们知道自己可以在多大程度上理解世界。鸽子希望通过旋转得到食物，这一行为体现了最低程度的意识；而人类对占星术的信仰则体现了意识的本质形式：其他动物不可能会有像占星术那样惊人的、非理性的信仰，而且我们简单的无意识无法产生如此复杂、想象力丰富的错误想法。像占星术这样的迷信行为，以及精神分裂症这样更为极端的例子，可

能是我们要付出的代价：为我们拥有的独特的意识，对智慧的渴望，以及所具备的探寻深奥模式的不可思议的能力而付出的代价。同时，我们的意识、渴望及能力又极大地促进了科技的发展。

无意识掌控大局

我们已经得出结论：无意识就像是派对上的傻瓜。也许有些实验看起来好像是无意识占优势，但这不能排除意识在实验初期的积极参与作用，即从一系列的数据中找到意义。如果情况不是这样，那么无意识表面上的优越性很可能来源于意识偶尔过于活跃形成的一种特殊模式，而这种暂时的小差错是没有创造力的无意识无法做到的。

越来越多的证据表明，无意识只能处理相对简单的、几乎不具备任何结构的信息。相应地，意识处理复杂的信息（尤其是具有多层次意义或深层模式的信息）的作用也得到强化。我们思考任何复杂的事情，都需要将注意力集中到正确的方向，并且

识别与这件事相关的各种特性。

但是，我们是通过有意识学习还是通过无意识学习，与到底是意识还是无意识决定我们的选择，是两个不同的问题。到底是哪一种支配了我们的决定，意识还是无意识？

一些早期的著名实验试图弄清楚这个问题，考查我们的决定是否轻易地受潜意识信息的支配。市场调查员詹姆斯·维卡里于1957年做了一个简单的实验，使得这一领域受到广泛关注，而维卡里本人也因这个实验受到诸多牵连。实验情形如下：在电影播放过程中，插入简单的画面，让观众选择“吃爆米花”还是“喝可口可乐”（这些画面一闪而过，速度太快了，以致几乎注意不到）。一部电影

中这样的画面每5秒钟出现1次。维卡里是在新泽西州利堡的一家电影院做这个实验的，实验持续了6周的时间，总共有45 699名观众看过插入的画面。据维卡里称，这些插入的信息使爆米花的销售量提高了57.7%，可口可乐的销售量提高了18.1%。一年后，中央情报局（CIA）发布了一个报告，描述了情报局是如何利用这一实验结果的。很快地，在传播媒介中插入信息在美国被认为是不合法的。同时，大众文化中形成一种普遍的观点，认为我们会在很大程度上受到一闪而过的信息的影响。不幸的是，维卡里没有正式发表这个实验成果，而在5年后，他公开承认实验数据是他编造的！事实上，没有证据表明潜意识信息可以影响我们的行为，尽管

不少人试图重做维卡里的实验。^[1]

但是，从某些角度看，维卡里在不知不觉中选择了正确的方向。其实，不需要科学论证我们就明白，自己的决定很少是理想的、有见识的。如果我们能绝对客观地做决定（如同我们代表一个完全陌生的人慎重考虑，做某个决定），那么我们会选择深思熟虑的、有建设性的意见，而不会选择欠考虑的、毁灭性的意见。我们不会吃得过多，会适当地做运动，不会被愤怒控制，会思考、分析各种可能性，避免冲动之下做出错误决定。我们会根据科学分析做出决定，而不是靠直觉，甚至是固执的、教条的猜想来做决定。我们会对自己的决定抱有一定怀疑，而不是轻率地相信一个完全不理想的建议。

不幸的是，即使是最聪明的人都不能达到这样理想的境界。为什么我们这么不擅长做决定呢？

主要的原因在于，我们生命的轨迹（从琐碎的事到重大的事，无一例外）很大程度上是由进化决定的。我们无法逃脱生物学遗传，这种遗传是经过几百万年演变而被设定好了的，目的是为了让我们生存下去。我们吃得过多，是因为自然界通常缺少食物，一旦食物供应充足，将食物“囤积”起来的欲望会变得很强烈。即使我们的生命没有受到任何威胁，我们还是感到巨大的压力，那是因为我们是在一个危险的世界中为生存努力奋斗。我们总想出人头地，提高自己的社会地位，原因之一是为了获取更多资源，同时也是为了找到性伴侣。性对成年

人来说是一个主要驱动力，毕竟，我们进化的“目的”在基因信息中遗传了下来（很可能，我们会犯影响自己一生的错误，如找错了结婚对象或婚外恋，等等）。通常我们会感到这些决定不是自己能控制的，我们只是在冲动下做的，好像自己只是消极地、被动地做决定。我们甚至会强烈质疑自己的决定，但又感到无能为力；有时候我们会以愚蠢的、事后的辩解取代质疑，让我们不安的心灵获得一些慰藉。

科学实验令人不满意的结果加深了这样的印象：我们的决定是由无意识控制的，往往产生一些让人不安的结果。

在读本科时，我知道很多有趣的实验，其中一

个实验看似很平常，方法也很简单，但却让我印象深刻，甚至有些让人不安，因为它对研究人类心理与自由意志具有普遍的意义。实验过程如下：让参加实验的志愿者做一个动作——靠墙站立，不能扶着椅子，大腿和小腿要成一条直线。做这个动作很容易，但坚持1~2分钟，即使是身体很强壮的人都会感到肌肉酸痛。然后告诉志愿者，他做这个动作是在为一位亲戚赚钱，保持这个姿势的时间越长，赚到的钱就越多。其实报酬很少，20秒钟30美分，但志愿者还是努力为亲戚多赚点钱。我们与自己的子女、父母、兄弟姐妹共有的基因特性是 $1/2$ ，与（外）祖父母、姑姑、阿姨、叔叔、舅舅、外甥、外甥女、侄子、侄女共有的基因特性是

1/4，与堂兄妹、表兄妹共有的基因特性是1/8。参加实验的志愿者来自各个文化阶层，包括男性与女性，而他们所有人的行为都是一致的：他们保持站立姿势的时间与要为之筹钱的那位亲戚与自己血缘上的亲密程度成正比。他们为自己保持站立姿势的时间最长，接下去是兄弟姐妹、外甥（女）及侄子侄女等，最短的是为（表）堂兄妹。志愿者并没有意识到他们是按照这一模式行为的，只是在无意识中判断自己与亲戚在血缘上的亲密程度，然后以此为依据，决定为他们分别忍受多少时间以获取相应报酬。

无数类似的实验都表明，无意识和非理性在很大程度上左右了我们的选择。诺贝尔经济学奖获得

者、以色列心理学家丹尼尔·卡尼曼（Daniel Kahneman）清楚地知道，在表象之下，有很多复杂的、互相竞争的因素，这些因素相互作用形成了最终的决定。卡尼曼是个犹太人，7岁时他待在纳粹占领的法国。一次他与一个基督教男孩出去玩，忘了时间，过了犹太人的宵禁时间（晚上6点）。他把汗衫反过来穿，隐藏衣服上象征犹太人身份的大卫王之星，然后飞快地步行回家。这时他看到一个士兵迎面走来，这不是普通的士兵，他穿着令人生畏的纳粹党卫队的黑色制服（党卫队参与了臭名昭著的大屠杀）。这个纳粹士兵盯着丹尼尔看，丹尼尔加快脚步，想快速从他身边经过，但是没有成功。党卫队士兵示意丹尼尔过去，但他没有像对待

其他违背宵禁令的犹太人那样对丹尼尔，反而充满感情地与他打招呼，抱住他，热情地用德语对他说话，全然没有注意到印在丹尼尔汗衫里面明显的犹太人标志。他给丹尼尔看放在钱包里的儿子的照片，最后反讽的是，他还给了丹尼尔一点钱，让他在路上花。小时候经历的这一事件使卡尼曼长大后选择研究心理学，探索我们做各种选择的原因。

几十年后，卡尼曼成了著名的心理学家。卡尼曼与他的长期合作者阿莫斯·特沃斯基（Amos Tversky）合作写了一篇经典的、证据确凿的综合性论文。文中概述了令我们日常生活中的想法和决定带有偏见的各种原因，揭示了以下现象：我们平常做的决定是轻率的、任意的，却是有规律可循

的。例如，问参加实验的志愿者：“非洲国家在联合国中的百分比是多少？”然后转动幸运之轮，转轮最后停在1~100的任一数字上。转轮本身对实验结果没有任何影响，它只是为志愿者提供数字而已。如果转轮停在10上，那么志愿者答案的中间值是25%；如果转轮停在65上，答案中间值是45%。无意识引导我们做的选择是随机的，但无意识却明显影响我们做出猜测。

所有这些表明，意识的作用是进行重大革新，揭示深层的模式，但在做决定时只是起辅助作用，而不是起支配作用。从生物学上来说，人类的目的是为了生存和繁衍，无意识为这个目标尽一切努力，而意识是协助无意识达到目标的高级助手。

[1]美国中央情报局和美国政府的行为是根据下意识反应来做决定的典型例子。他们强调，我们做选择时要经过仔细斟酌，尽可能建立在科学数据的基础上，如经过同行评议的出版物，其数据要经得起各种实验的检验。

我们有选择的自由吗

上一节的观点让人觉得前景黯淡，但另外一些研究让人更为不安。其中一项研究认为我们做所有的决定都必然是无意识的，尽管我们自己认为做某些决定是有意识的。

20世纪80年代早期，本杰明·里贝特（ Benjamin Libet ）十分清楚地表达了上述观点，这让心理学家和哲学家烦恼不安。本杰明的实验如下。要求实验参与者在做脑电图扫描时自发地抬起一个手指头，任何时候都可以，然后准确地说出他们决定做这个动作的时间。由于讲话也是一种动作，参与者说“现在”的时刻并不是他做出决定的时间，因为说“现在”这个动作有一个初始过程，

当参与者说“现在”的时候要迟于他做决定的时间（可能延迟了 $1/3$ 秒）。里贝特想了一个巧妙的方法，使得参与者可以准确说出做决定的时间：让参与者看一个特殊的时钟，这个时钟和普通的钟一样标有数字，但只有一个快速转动的指针。当参与者做决定时，记住离指针最近的数字。当抬起手指的动作结束后，再说出他们记住的数字。

利用这个特殊的时钟，里贝特可以知道参与者做“抬起指头”这个有意识的决定发生的时间。里贝特发现，在抬起手指之前 $1/5$ 秒参与者已经做出了决定。这并不奇怪。但是脑电图却显示了完全不同的结果：在参与者决定要做抬起手指的动作前 $1/3$ 秒，与这一动作相关的大脑活动已经开始活跃

并逐渐增强（有时候大脑活动甚至在1秒之前就开始活跃）。

这是不是意味着我们最简单、最乏味的选择也是由无意识决定的，我们仅仅是旁观者，只是自己相信有控制权，因为大脑让我们产生这样的想法？很多科学家和哲学家都试图反驳这个令人不快的结论。而实验的发起者里贝特声称，我们仍然有自由的意志，因为我们会有意识地否决自己的选择。不幸的是，越来越多的证据表明，甚至连否决也是源于无意识。

另一个为自由意志辩护的哲学家是丹尼尔·丹尼特（Daniel Dennett），他认为当我们过于准确地衡量一事情时，就会出现差错。例如，如果将剑

桥大学的位置精确地定位在国王学院前门上的王冠石像上，那将会很可笑（尽管这是这所庄严的大学的中心位置）。事实上，剑桥大学由坐落于剑桥镇的上百所学院、系所、行政楼构成。

同样的道理，丹尼特指出，在里贝特做的实验中，意识的作用之所以受到质疑是由于时间差（可能是1/2秒的时间差），然而像里贝特那样认为意识有一个精确的时间坐标的想法是不可行的。丹尼特的想法从某些方面看有其合理性：意识的产生需要大脑各个区域大量的合作，毫无疑问是个复杂甚至有点笨重的过程。所以认为意识的时间尺度是模糊的想法很有道理。

最近由斯坦尼斯拉夫·尼古罗夫（Stanislav

Nikolov) 与他的同事提出的计算模式为丹尼特的论点提供了一个很好的注脚。根据这种计算模式，大脑能在神经元的随机运作之外辨识重要的神经活动。尼古罗夫的模式理论认为，大脑活动从最基本的随机运作逐渐升级，此时来判定决定产生的时间只会得到相反的结果。由于大脑的运作处于一种吵闹的、半混乱的状态，因而神经活动也是起落不定的。大脑需要做的是对其活动进行可靠、谨慎的统计测试，只有当大脑各部分的活动都很活跃，明显超出随机运作的状态之后所做的决定才是可信任的。而这个时刻要晚于大脑活动逐渐升级的过程。也就是说，大脑可能经常把混乱的吵闹误认作有重要意义的活动。

打个比方，在19世纪初期的一次战争中，由你负责看管一艘军舰的瞭望台，任务是当有敌舰接近时发出警报。一种做法是：当海平面上出现任何波动时，你都会很兴奋，马上向船长汇报有敌人来了。但是，大多数的结果是：在传达了可怕的警报后，你才发现原来远处出现的只是一只鸟，或是一只海豚，或者只是一个高高卷起的浪花，又或者是你的眼睛进了颗灰尘而看花眼了。由于你的警报，船上全体成员一天内要进入100次战备状态，而当敌人的军舰真正来临时，船员已经精疲力竭、无法作战了。相反，你可以采取另外一种做法。在紧紧守住瞭望台的同时，制定一项标准：只有当你很确定有敌舰出现时才向船长汇报。按照这种做法，敌

舰真正来临时你只是少了几秒钟的准备时间，但是船员进入备战状态的次数只要一次，就是在敌舰真的出现的时候，这样就可节省许多集体的力量。

同样的道理应用到里贝特的实验，我们就会发现，一个人决定做抬起手指头的动作，明显是在大脑无意识地选择做这个动作之后发生的。根据尼古罗夫的计算模式，只有在大脑活动升级达到一定程度时，大脑才能确定已经做出决定，而这个时刻很可能就是参与者说自己决定要做这个动作的时刻。换句话说，根本没有无意识做决定这回事，只是在神经活动达到足够激烈的程度，才能说一个决定真正产生了。

最近由约翰·迪伦·海恩斯（John-Dylan

Haynes) 和他的同事做的一个功能性磁共振成像实验表明，前额叶皮层的前段的活动能够区分我们在实验过程中选择抬起左手指还是右手指。这一发现已经够让人激动了，但是更为惊奇的是，这种活动是在大脑做出有意识的决定之前的10秒钟就已经开始了。

然而，我们也可以反驳海恩斯的实验：在这10秒钟内，大脑活动逐渐升级与大脑神经元的随机波动难以区分，也可能只是随机波动的延续，因而不能确定大脑在这时做出了决定。显然，要厘清这个问题，还需要做更深入的研究。但是那种认为我们做的每一个决定都是无意识事先设定好的观点，确实值得重新考虑。

有很多情况都表明，意识在我们做决定时起了关键作用，尤其是从全部的决定来看，而不只是关注那些简单的、任意的选择。重要的区别在于我们做的决定是习惯性的选择还是新的选择。那些习惯性的、重复的决定看起来是不自觉的、无意识的，但是在最初的时候，也是经过有意识的思考才形成的，只是我们已经忘了这个思考的过程（就像我们记不清楚当初是如何学习网球的正手反击，但现在仍能熟练做这个动作）。比如，我很少思考早餐吃什么，一般就那么几种选择，因为在过去某段时刻我确实仔细考虑过这个问题，并试验过几次，然后才选择几种健康的、自己喜欢的样式。就我个人而言，如果某些习惯在一开始的时候是根据直觉任意

选择的，我会担心这种习惯是否健康，然后重新做选择。

但是如果是新的决定呢？运用意识来决定什么时候抬起手指头是种资源的浪费，但是如果是决定要攻读何种学位，选择何种职业呢？那就需要花几个小时来思考这些问题。如果把这些思考写入日记，就会更加清楚地看到意识在思考过程中的作用：分析各种符合逻辑的理由，衡量利弊，等等。无意识无法进行这些具有结构性的、高级的思考，因此在做这些重要的复杂决定时，意识起了不可忽视的作用。

奔向自由意志

虽然里贝特的实验是典型的驳斥自由意志的心理学实验，但他的实验只适用于简单的决定，而且实验结论的可靠性也要大打折扣。因为要在一片无序的喧闹中探测神经活动，需要谨慎地使用统计方法，而里贝特的方法过于简单。

抛开这些争论不谈，我认为自由意志很简单。如果我们不需要大脑这台机器与外界产生互动就能进行自由选择，那么我们就不能说自己具有自由意志。我们的大脑就是一台机器，我们怎么能够离开大脑而进行选择呢？如果有人认为机器是没有自由意志的，我们人类也是没有自由意志的，那么就没有争论的必要了。

然而，我们低估了处于危险情境下神经机器的能力。我们的大脑极其复杂，有600万亿个神经联结。大脑这台机器很特殊，是一个无比强大的信息处理装置，存有关于世界的无限丰富的内在模式，还能精确地复制过去经历的事件。这些神奇的特性让我们产生幻觉，以为离开外部世界、甚至离开神经系统的羁绊，我们也能做出决定。例如，假设由于命运的捉弄，我失去了所有感觉，要靠药物维系生命，通过管子进食和呼吸。我不能收到任何外界信息，但我可能还能意识清醒地活上好几年。在这期间，我可以在脑海里构思古怪的小说，谱写乐曲，或者构想某些关于政治和哲学的天真的理论。我的内在世界发生了什么很难准确预测，但是我可

以创造性地利用与外界失去联系之前积累起来的各种知识。没有任何人造机器能够进行这些无法预测的活动，而我们人类与外界失去联系后还能进行这些活动。

我并不是说，大脑的复杂性使得自由意志成为可能。相反，我只是强调那种幻觉令人信服的一个原因。几乎没有什么可以动摇我们根深蒂固的关于自由意志的幻觉，那么我们就接受这一思路，只是需要重新定义自由意志，将它限定在一个范围之内，即正常情况下做的有意识的、理性的决定。比如，精神分裂症患者所具有的自由意志比正常人大为减弱，因为他不能做有意识的、理性的决定，而做这样的决定在正常人看来是理所当然的。

然而，即使在这一层面上，对自由意志的怀疑在很多情况下对很多人是有益的：我们开始可能会认为是那些人犯了错误，其实是他们的意志受到限制。日常生活中我们有很大部分的决定都具有无意识的倾向，无意识促使我们做出自私的、目光短浅的决定。而且，随着神经科学的发展，我们逐渐认识到以前我们将其归类为“性格问题”的思维模式和行为其实是种精神疾病，有其基因和神经生理学的根源。^[1]

不幸的是，我们人类会做一些毁灭性的事情，部分原因是我们大脑中某些意识的成分过于活跃，这些成分富于革新精神，积极地争取达成非理性的无意识目标。同时，意识的分析能力让我们有可能

克服这些缺陷，意识能分析选择的后果（尽管很多决定很少有意识参与）。问题的关键在于，要由意识来控制我们的选择。

一种简单的策略是经常运用我们的意识：如果我们的任何一种选择都是经过深思熟虑而做出的，那么我们的生活会得到很大程度的改善。如果我们信任成熟的意识，就可以充分利用大脑高效的运算功能，能够明确我们的目标，避开固有的偏见，然后做出明智的决定。

为了达到这个目的，一种办法是掌握与意识相关的心理学及神经学知识，从而更好地了解意识的范围及局限性。这一章探讨的是意识与无意识的区别，接下去两章我会解释关于意识的心理学及神经

生理学知识。

[1]一种较为极端的观点是，没有人具备任何自由意志，因为我们仅仅是机器。这种观点推导出的结论是，我们要原谅或者完全接受我们每个人所做的任何事情，如同我们要接受任何自然现象一样。这种观点可能不现实，但如果认同这种观点，却能使我们远离愤怒、偏狭与仇恨。

第4章 关注模式：意识的内容

出神的危险性

在我构思写作的时候，偶尔会出去溜达一圈，这会给我带来灵感。为了写这一章，我在仲夏时节悠闲地漫步到拜伦潭。拜伦潭位于我在剑桥南部的住所与格兰切斯特村的中间，以著名诗人拜伦爵士的名字命名。据说拜伦在附近上大学时，经常来这个风景如画的地方游泳。拜伦潭是个幽静的游泳场所，一直受到学生和学者的喜爱，其中包括弗吉尼亚·伍尔芙（Virginia Woolf）和路德维希·维特根斯坦（Ludwig Wittgenstein）。

蜿蜒的乡村小路上，拜伦潭的指示牌很醒目，

而且这不是我第一次去拜伦潭。我知道，大概走15分钟就要转弯。但是，30分钟后，我发现自己站在格兰切斯特村中间的绿人酒吧门口，十几分钟前我错过了路牌。事实上，我几乎不记得一路上看到的景物：没有注意到甜瓜农庄（这个名字总是引起我想吃一个甜瓜的欲望）；也没有注意到横跨在宽广的、泛着涟漪的康河上的康桥，康河边围绕着树木和动物石像；我甚至对格兰切斯特果园也没有印象。虽然有那么一会儿，我的思路被一辆车的喇叭声打断过，但几秒钟后我的思绪又回到正在思考的意识心理学的问题。一路上我一直在思考这一章的框架结构，将几个相关联的内容依次拼凑起来。

我想，没有关系，回去的路上我会看到指示牌

的，至少在15分钟后还是能到拜伦潭游玩一下。但是，我过于自信了。起身往回走了30分钟后，我发现自己回到了剑桥住所附近。我竟然两次错过拜伦潭的指示牌。但是这一章已经构思好了，因此我并没有快快不乐，只是感到有点发窘。

当我专注于思考某件事时，我会对周围的事物视而不见，这不是第一次了。事实上，我会完全沉浸在自己的世界里，而忽视其他任何事情，即使是明明白白出现在我眼前的事物，我也注意不到。这种情况让我烦恼不安。在高速公路上或是热闹的城市里开车时，我很容易就会全神贯注地开始回忆，或者产生一系列的想法，而开车要注意的事项，如认路、转动方向盘、踩踏板等，全部从我的意识里

消失了。我脑子里想的是某一次奇怪的讨论，或者我将要写的章节的措词，或者一个新的实验方案。然而在思考的同时，我会根据周围车子的情况减慢速度或加快速度，也会根据红绿灯的指示开车或停车，但这些动作是在没有意识的监督下做的。事实上，我也可能边开车边听收音机新闻，或者听一本有声读物，但对我来说，这些嘈杂声只是从这耳朵进那耳朵出，没有留下深刻印象。

如果要为自己辩解的话，我会说这种出神的状态并不危险。只要发生任何突发事件（比如一辆车突然停在我的车子前面），我会马上回过神来，观察周围的情况，立刻决定该如何做，然后顺利地处理出现的状况。

这种心不在焉的状态并不只是发生在我身上。

事实上，有些人情况比我还严重，很容易就沉浸在自己的世界里。我知道的最糟糕的一个情况发生在诺伯特·维纳（Norbert Wiener）身上，这件事我是从数学家伊恩·斯图尔特（Ian Stewart）那里听说的。维纳是控制论的先驱，同时也是很有才华的数学家，他经常沉浸在工作中而忘了生活中一些很重要的事情。一次刚搬了新家，妻子很了解他，认真地将新地址写在纸条上交给他，并请他务必保管好纸条，不要到时候找不到了。“别傻了，我怎么会忘记这么重要的东西呢？”维纳边说边把纸条放进口袋。但是过了一会儿，维纳就全神贯注地思考专业问题，匆忙间顺手拿到一张纸条（刚好是写有

新地址的那张纸条)，然后快速地在纸条上写满各种方程式。后来发现他的新想法有个严重的漏洞，他就厌恶地把纸条扔了。

一天结束了，等到要回家时，维纳依稀记得有个新的地址，但是写着地址的纸条被扔了，已经找不到了。唯一的办法是回到旧住址，然后尴尬地向邻居打听，看有没有人知道他的新住址。当维纳到了旧住址的时候，看到一个年轻的女孩站在附近，他走向前询问。

“对不起，你是否知道维纳一家搬到……”

“爸爸，没事了，妈妈让我来接你。”

注意汇集原始数据以建构经验

论述到此，我们已经知道，意识是一个物质的、以大脑为基础的处理过程，可通过科学方法有效地研究意识。进化的核心是信息处理与“想法”的管理，而我们人类大脑是经过精心设计的生物计算机，它所具备的高级信息处理形式使意识的产生成为可能。但不是所有物种都具备意识，人类也不是每时每刻都具有意识。对具有意识的物种来说，一些低层次的信息处理和习惯性的行为由无意识执行。意识只处理那些重要、复杂、具有某种结构类型的数据。

这一章与下一章继续探讨与意识相关的各种复杂形式以及信息处理类型，同时考察注意如何汇集

我们从外界获取的原始数据，并将其中一部分数据转变为经验，从而赋予生命以意义。这一章我重点探讨意识心理学，下一章讨论大脑如何产生经验。

我在上一节提到的心不在焉的例子说明，注意与意识密切相关。我关注的事情一定是我意识到的事，而在我注意范围之外的事，就算被处理，也是由无意识处理。

在解释注意错综复杂的心理特征以及注意与意识的关系之前，我想问一个问题，注意的作用是什么？

注意要处理的是几乎所有的计算机都要面对的问题，即基本的数据处理问题。植物和细菌的信息处理系统很简单，只是接收来自感觉的少量信息，

而它们也只是具备最基本的信息处理能力，基本上会尽量处理接收到的所有信息。但是，一些复杂的系统接收的信息量很大，系统无法处理每一个信息。这时就需要有一个决定机制，在大量的信息中选择哪些信息需要做进一步分析，哪些信息最好不要理会。这种数据过滤与数据提炼的机制就是注意。

这种信息输入与分析在我们的大脑内进行，大脑皮层能进行深层次的分析，因此需要注意进行大量的过滤及提炼。注意在过滤的过程中太集中，以致我会傻乎乎地走30分钟而完全忽视周围的环境。

人类的眼睛有大约1亿个光感受器，每个光感受器在1秒钟能获取10个视觉信息，因此，我们的眼

睛在每秒钟能接收到10亿个信息。除了视觉，大脑还接收来自其他感觉的信息。所以，在我们清醒的每一刻，大脑都在筛选不计其数的数据。在动物界，像人类大脑那样接收大量数据的现象并不罕见，很多哺乳动物的感觉和我们一样灵敏。但是，人类的优势在于分析能力：相对于大脑的其他部分，大脑的神经系统相当丰富，具有各种功能，能进行各类数据处理。这使我们具有无限的学习能力。我们日常生活的经验以及科技成果都证明，深入的分析能力能带给我们丰厚的回报。

如果我们有无数的能量用来处理数字，如果我们的大脑可以飞快地进行计算，那就不会有任何问题了：我们可以充分分析每一个数据，不会错过任

何机会或遭遇任何威胁。但事实不是如此，处理信息需要时间，而大脑耗掉了我们体内大部分的能量资源。^[1]所以，我们必须果断地过滤掉一些信息，而且对进入最高信息处理层次的数据非常挑剔。

问题的关键是，我们如何知道哪些信息具有生物学重要性。假设一个地方有很多食物，但旁边有一条毒蛇。一个动物朝食物的方向走去，忽然它的注意集中在毒蛇身上，不再关注其他东西。它马上意识到危险，然后逃走了，这可能使它免于一死。但是，如果当时的情况是：毒蛇是死的，而这个动物快饿死了，周围又没有其他食物，结果会如何？在这种情况下，如果这个动物能进行深入分析，发现毒蛇不是威胁（通过嗅觉，而特别聪明的动物会

小心翼翼地用手指或棍子戳一下蛇），那么它可能会因此救了自己一命：不再逃跑，而是去享用放在这个地点的食物。

这个例子说明，由各种情感信号与本能信号引导的注意系统很重要，这个系统能自动快速地观察到当前的威胁。在没有威胁的情况下，注意会集中在其他生理需求上，如食物、生育、社会地位等。如果能够更深入地了解情况，就可以通过更好的方式满足上述这些生理需求。

从广义上来说，为了达到最优化的目的，应该提供多种选择，因此，几乎所有的信息都可能很重要。如果大脑有足够的资源，为什么不进行广泛的信息考察呢？因此，我们不止关注局部的表面现象

（如死了的蛇），也关注抽象的现象（如星球运动，使农作物生长的因素，一本书的构思）。虽然从表面上看，这些抽象的现象几乎与我们的生存无关，但我们还是会继续关注它们，以防出现下面情况：只要我们发现隐藏在这些现象里的些许智慧，经过深入分析就会发现它们对我们有帮助。毕竟，好奇的天性偶尔会让我们撞大运——我们取得的科技成果证明了这点，由于这些成果，我们基本的生存需求很轻易就可以得到满足。

[1] 虽然人类大脑的重量只占体重的2%，但是婴儿的大脑消耗了体内总能量的87%（这个数据很惊人）；5岁孩子的大脑消耗了近1/2的总能量；即使是成年人的大脑，至少也要消耗1/4的总能量。对

成年人来说，如果一天用脑量很大（如要准备考试），消耗的能量还要急剧上升。事实上，一些生物学家认为，人类大脑的能量需求及复杂性已经到了一个生命体所能承受的极限，如果还要在大脑内填充更多的神经元联结，那么势必会造成神经元更加微型化，这样的话，所有的大脑信号将会变得杂乱无章，从而使人类大脑这一已知宇宙中最为聪明的器官变成最蠢笨的器官。

视而不见的现象

这一章开头提到的那次让人尴尬的错过路牌的散步经历，让我体会到：注意是通往意识的门户，离开注意，就意识不到周围任何事物。这种感觉在心理学实验中一再得到证明。

有关这方面的第一个实验是变化盲视（change blindness）实验，这也是研究注意和意识现象的最重要、最引人注目的一个实验，揭示了关于注意和意识的几乎所有的关键特性（见图5中的例子）。实验最初由罗纳德·伦辛克（Ronald Rensink）和他的同事完成，过程如下。让实验参与者看电脑屏幕上先后出现的两张很相似的图片（两张图片只有一处不同），中间的间隔时间只有80毫秒，以空白屏

幕做间隔。几年前我在一次学术研讨会上做过这个实验，当时让我们看的是两张停在飞机场的军用飞机的图片。两张图片交替出现了很多次后，我坚信实验人员弄错了，因为两张图片根本就是一样的。

演讲者鲍勃·德西蒙（Bob Desimone）是神经科学领域研究注意的先锋人物，他还告诉我们，一个人找到两张图片不同点的速度与他的智商成正比（幸好，事实并非如此）。我与其他参与者花了很长时间（可能是30秒）才发现，其中一张图片里的飞机没有引擎。我首先会猜测什么是图片中重要的东西，我的注意受到猜测的左右，集中在感兴趣的特性上，如表明飞机所属国家的国别标志，图片前景中站在飞机口以及从飞机上走下来的士兵，等等。

我从没想到过引擎会有什么问题，因为我根本不会想到一架停在跑道上的飞机会没有引擎。我不可能同时注意到很多细节，因此一开始我没看出两张图片的区别。这种看不到显著区别的现象很常见，说明我们的注意和意识的范围很有限。

变化盲视现象在现实生活也很常见。丹尼尔·西蒙斯（Daniel Simons）与丹尼尔·莱文（Daniel Levin）的实验结果让人吃惊。实验经过如下。在大学校园内，一个实验人员拿着一张地图在问路。被问的人（被试）对这个实验毫不知情，他们专注地看地图，试图找到一条最佳路线。这时，另外两个实验人员快速地将一扇门隔在问路者与被试中间，然后将问路者换成另外一个人。这个人也拿着

一张相同的地图，继续向被试问路，好像没发生任何事情似的。不可思议的是，尽管这个人与最初问路的人在长相、声音、穿着各方面都不同，但是只有少于半数的被试注意到问路的人换了。^[1]被试过于专注地思考空间距离，试图为问路者找到一条最佳路线，以致没有注意到问路者换成了另一个人。如果没有投入足够的注意，被试就注意不到问路者的变化。从某种角度看，这个实验进一步印证了出神现象。我就总是会走神，如想去拜伦潭却两次错过；而维纳在为其他事情分神时，连自己女儿都认不出来。

当注意集中到别的事情上时，我们不仅注意不到变化，甚至连一些很反常的现象都注意不到。另

一个著名的注意实验由丹尼尔·西蒙斯与克里斯托弗·查布里斯 (Christopher Chabris) 设计，称为非注意盲视 (inattention blindness) 实验。实验过程如下。让被试观看一段打篮球的视频，要求他们统计球员传球的次数。在某个时刻，一个打扮成大猩猩的人会慢慢走过篮球队队员中间，“大猩猩”走到球场中间的时候，甚至停了下来，对着镜头很滑稽地拍打自己的胸脯，这个过程持续了5秒钟。^[2]让人惊奇的是，只有44%的被试注意到了“大猩猩”。出现这个结果，同样是因为被试专注于其他事情——记住传球的次数，以致没有注意到伪装的“大猩猩”。这种意识的黑洞被职业扒手和魔术师利用，他们通过操纵我们的意识，使我们

注意不到他们玩把戏的窍门。

所有这些例子都表明，我们所注意到的内容就是我们所意识到的内容。能够进入我们的感觉范围的刺激物很多，与之相比，意识的范围很窄。我们真正能够意识到的只是小部分内容，这使我们看不出一个场景中的显著变化，注意不到发生在我们眼前的突发事件。但是，这种现象的另一个结果：使我们更深入地了解事物的某些特性，从而更出色地完成与这些特性相关的复杂任务。

[1] 如果想了解这个实验的具体情况，请登录 www.psych.ubc.ca/~rensink/fkucjer/download/；想获取视频资料，请登录 <http://youtu.be/FWSxSQsspiQ>。

[2]如果要观看这个实验的视频，请登录

<http://youtu.be/vJG698U2Mvo>。

一个更明亮、更富生气的世界

上一节的实验已经证明，为了使意识专注于接收到的少部分信息，注意要进行大规模的过滤。关于注意的第二个特性——提升信息处理的功能，是否有实验依据？

假设我在一个拥挤的火车站找我的妻子。我知道她穿一件红色毛衣，头发是黑色的。我扫视人群，寻找黑头发、穿红色毛衣的人，如果发现这样的人，我再看那人的长相。在这个过程中，我几乎听不到周围的吵闹声，只想到红衣服与黑头发。我的所有思绪都被红色占据，在那个时刻，其他颜色在我看来仅具有与红色做对比的辅助作用。

实验证明，这种定向的、受控制的注意能够提

高信息处理能力和我们对事物某些特性的认识。注意会引导我们看感兴趣的物体，使视觉区域的中心——视网膜中央凹集中到物体上。视网膜中央凹聚集了大量的光感受器，比周边视觉（peripheral vision）更灵敏。所以，仅仅通过转动眼球，将注意集中到一个物体上，我们就能接收到丰富的视觉信息；相比较而言，如果我们不是直视一个物体，接收到的信息要少很多。动物看一件物体时，会盯着瞧，汇集更多的信息以仔细分析这个物体，这样才能更高效地处理收集到的信息。

但是，不需要为了高效地处理信息而盯着这个物体看。下面的实验证明了这一点。实验人员要求被试一直盯着电脑屏幕中间的一个小圆点。在半数

测试中，电脑屏幕的4个角落里会不规则地出现另外一个小圆点，出现的时间很短暂；而在其他测试里，屏幕角落里不会出现小圆点。实验的规则规定：角落里出现圆点，是向被试发出警告，在这个地点将会出现一个很难被察觉到的、只有微弱信号的物体。这个实验的目的就是让被试注意到那些信号微弱的物体。当角落里真的出现小圆点时，被试的周边视觉会注意到圆点。虽然被试按实验人员的要求，一直盯着屏幕中间的小圆点，但是他还是会注意到4个角落，留意是否有难以觉察的物体出现。如果被试预先注意到一个角落，那么对这个角落的情况会看得更清楚。当这个角落出现信号微弱的物体，被试会很快察觉到这个物体（而在通常情

况下，是不会注意到的）。

不仅如此，有证据表明，由于注意具有强化能力，我们确实能够感觉到某些事物的颜色比往常更明亮。如果你注意某一个地方，在这个地方即将出现一个物体，那么等物体出现时，你看到的物体的颜色要比你没有事先集中注意看到的明亮很多。

所以说，注意确实能提升意识。注意使我们有意识地看一些信号微弱的事物，离开注意，我们察觉不到这些事物。而且，注意确实使物体的颜色看起来更明亮。

思维的原子

注意如何对接收到的信号进行过滤和提炼，然后将输出信息转变成意识？尽管这一章主要探讨意识心理学，但是考察大脑处理信息的过程将有助于我们深入了解精神世界。注意无疑属于考察的内容之一。

关于注意在大脑内如何运作的问题，一些重要细节还有待研究。但是一种普遍认同的观点是：注意的产生是神经元之间相互竞争的结果。这种情况与生物界的自然选择很相似，只是这场适者生存战争的赢家和输家不是有机体，甚至不是神经元，因为没有神经元会在这场斗争中死亡。相反，斗争在高于神经元的层面进行，是信息源之间争夺有限的

注意资源的斗争。

为了详细说明这场激烈的神经元竞争，首先要了解神经元如何相互作用进行信息处理。

记者们往往会迫不及待地报道：“科学家已经发现，某种功能是受大脑某一区域控制的。”根据功能划分大脑各区域固然有其合理性，方便我们研究大脑如何思考，如何产生某种意识。但是，如果将大脑的思维机制看作与邮票收集相类似，那就大错特错了。给大脑各区域贴上标签不足以解释我们的思维过程。

1961年，加利福尼亚理工学院邀请著名理论物理学家理查德·费曼（Richard Feynman）讲授物理学入门课程。这有点出人意料，因为费曼当时并不

是特别出名。但是，加利福尼亚理工学院的物理学课程太落伍了，而费曼的讲课技巧很高明，所以理工学院做这样的决定也很自然。结果，费曼的物理学课程很成功，他还出了一本很受欢迎的教科书《费曼物理学教程》（The Feynman Lectures on Physics）。第一次上课，教室挤满了学生，费曼看着这些面带稚气的大学生，说了下面一番话：

假设突然发生一场大灾难，所有的科学知识都被毁灭，只有一个句子可以传给后代，什么样的句子能够以最少的词汇表达最多的信息呢？我认为原子假说（atomic hypothesis）：所有的物质都是由原子构成，原子是一种永恒运动着的微小粒子，原子之间隔开一点距离会互相吸引，挤在一起又会互

相排斥。你会发现，这个句子没有运用多少想象力，包含的信息量却极大。

神经元在神经科学领域的地位相当于原子在物理学中的地位。假设我们将在一场大灾难中消亡，要传给后代的一句话，以神经科学的话语来说可能是：所有意识和无意识都是神经元集合的电活动，神经元是进行信息处理的大脑细胞，每个神经元与其他神经元有几千个输入和输出联结，因此，每个神经元会影响其他神经元的活动，同时，每个神经元的活动也会受到其他神经元的影响。

一个单独的神经元，在我们人体的生物计算机网络中只是一个节点。围绕神经元的胞体有很多分支（树突），每一个分支都有一个突触，可以接收

来自与其相连接的另一个神经元的信息。神经元还有一条长长的尾巴（轴突），轴突末端有很多具有输出功能的突触（多达几千个），可将一个信号发送给很多别的神经元。神经元发送的信号是标准电压下的简单电信号，基本上采用二进制编码，以0和1表示。几乎所有神经元都采用二进制编码。还有一点很重要：不同神经元之间的突触一般不直接接触。一个神经元发射时，释放出一种称为神经递质的化学信号，这些化学信号在其他神经元突触之间传播并被接收。大脑内有多种不同类型的化学信号，一些抑制神经元活动，另一些则加强神经元活动。

我以第1章电子邮件的类比为基础，做进一步阐

述，解释神经系统的某些特性。假设我是一个大型联合企业的经理，该企业被列入《财富》世界500强。作为最前沿的一家公司，我们不再使用电话，而是通过电子邮件联系。由于这一“明智”的决定，我几乎要被电子邮件淹没了。我不可能回复每一个人的邮件。所以，我制定了一项规则：只有当同一个主题的邮件超过100封（尽管每封邮件的主题都是“发送”，或者编码1，但是暂且忽略这点），我才将这个信息传递给地址簿上的每一个人。碰巧，我收到来自同一个人的很多邮件，这个人叫N.Uron。我发现自己经常给他写信。很奇怪，我们忙碌和空闲的时间恰好一致。因此，有必要将这个员工的电子邮件置于其他人的电子邮件之

上，他的一封邮件的等级相当于其他10个人写的同一主题的邮件。这样的话，我收到某个主题的邮件，如果他也是其中的一个发送者，那么不需要达到100封邮件我就会将这个主题信息发出去。

有时候，我发现自己工作效率特别低。如果必须晚上工作，我会感到很累、很生气，我被困在办公室里了。在这些情况下，我会忽略收到的一半数量的邮件。所以，同一主题的邮件超过200封时，我才会发送一条信息。到了午夜，所有的员工都精疲力竭、情绪低落，也不再有集体自豪感。每个人都变得很安静，一条信息发出去后似乎都没有回应。而到早上喝咖啡的休息时间过后20分钟，我们所有人都忙碌起来，要求做些事情。这个时候，我

收到50封相同主题的邮件就会发送一条信息。由于每个人都在忙碌，公司内快速地传递着很多的信息。

这个类比旨在说明，神经元的工作是有弹性的。一个神经元只有在收到其他神经元发出的信号达到一定数量时，它才会发射信号。但是这个数量在短期内可增长，也可缩短，取决于神经元之间传递的化学信号的类型（在上面的类比中，夜晚的劳累与早上喝咖啡后精神焕发形成对比）。一般来说，这些化学信号无分别地被发送给大量神经元。如果两个神经元相互之间进行频繁的发射，就会加强这两个神经元之间的联结，在今后它们很可能会一起发射（就如同上面类比中的“我”与N.Uron

的频繁通信)。神经科学有一句流行语形容这种现象：“一起发射的神经元联结在一起。”这句名言被称为“赫布定律”，以唐纳德·赫布(Donald Olding Hebb)的名字命名(赫布是计算学习理论的先驱，研究神经网络如何影响学习)。这种有着相似行为的神经元之间轻松地进行信息传送的现象，被认为是学习和记忆的主要的微观机制。

如果我们知道单词“正方形”对应的是视觉看到的正方形的形状，那么表现正方形的视觉神经元就会和表现正方形的听觉神经元成为通信朋友，他们互相给予对方的电子邮件优先处理权，换句话说，表现正方形的视觉神经元加强了与表现正方形的听觉神经元之间的联结。这种方式可以提高这两

类神经元的灵敏性，使它们相互间更容易激活对方。

我上大学一年级时，凭直觉认为大脑内的一个或数个神经元负责辨认出我奶奶的脸孔，另外一些神经元负责辨认出一把锤子，等等。我天真地认为，大脑就像一组巨大无比的文件柜，其中一个文件柜里整齐地摆放着我熟悉的建筑物的记忆，另一个文件柜里则按字母顺序排列了我读过的小说。

后来我明白，信息实际上散布在神经网络中；在由上百万个神经元组成的巨大网络里，神经元通过互相联结产生的力量进行编码；神经元的活动不是固定在某个地点的。刚知道这些的时候，我感到很震惊。从某种角度看，这是最难接受的神经

科学概念，但是进化的结果就是这样，不可能是别的样子。这种与其他神经元建立联结的神经元学习系统，刚开始规模较小，慢慢地增大规模。那种认为大脑像一个个文件柜的想法是神创造的，不是进化的结果。线虫的神经网络非常小，由302个神经元组成，线虫的生命周期只有几周时间，它在这点时间内只能学到一点东西。而我们人类有850亿个神经元，在我们几十年的生命里可以学到很多东西，但我们内在的神经元机制还要用来处理信息（线虫的神经递质释放的很多化学信号与人类相同）。

这个看起来简单的神经系统却有着不可思议的灵活性。就像地球上所有生命体的DNA语言都是相

同的，大脑内神经元的二进制编码也是相同的。这使大脑各区域之间可以轻易地进行信息交换，同时也解释了下面这些现象：改变了视觉通路的雪貂，只要它的眼睛接收到信息，它的听觉皮层就能够看到东西；而盲人的视觉皮层可以轻易地处理盲文信息。

激烈的神经元战争

我们清醒的时候，大脑850亿个神经元处于半混乱的活动状态，每时每刻都在进行一种临时的自然选择。此时，注意在选择意识的内容。相互竞争的神经元同盟都希望自己的声音是最响亮的，从而被选中。那些具有强有力的声音的神经元能动员其他神经元支持自己的想法，同时抑制持不同意见的神经元的活动，直到几百万个神经元一起用同一种声音表达一种强烈的想法，如在人群中寻找黑头发恋人的想法。每次产生一个新想法，这个想法都要经过拥挤的、充满尖叫声的神经元部落之间的激烈战斗，才能成为思想中占统治地位的一个派系。

为了说明注意如何在神经层面使意识成形，这

里再次用电子邮件的类比。假设我是一家大公司的经理，在安全部门工作，负责确保不让某些东西靠近公司办公大楼。安全部门的每个主管各负责一种颜色（人类大脑内有一个处理颜色的视觉区域，称为V4，这个皮层的神经元针对特定颜色发送强烈信号）。我负责的是黄色。在办公楼后面的职位较低的男孩（初级视皮层，是大脑皮层中接收眼睛看到的信息的第一站）给我发了一封电子邮件，说他们发现街上出现归我负责的黄色。收到几封这样的邮件，我兴奋地在座位上上蹿下跳。我想告诉每个人，周围出现了我负责的颜色。我马上开始发送邮件，在每个句子后面都加上感叹号。我隔壁小房间里的家伙负责黑色。如果我们两个人同时疯狂地发

邮件，说我们负责的颜色就在附近，那么安全部门里比我高一层的主管就会走过来，只要有一两封邮件是我和负责黑色的同事一起发的，就要闹翻天了。如果这个主管从几封邮件中得知，外面有个东西穿着黑黄两色外套，他就会向他认识的每个人（他认识的人里面有些是高层领导）发送具有优先处理权的邮件[回到视觉信息的处理，位于颞叶的颞下皮层（inferotemporal cortex）的一些神经元通过与其他神经元的联结，能够将一些特性结合起来，甚至能将几种特定的对象结合起来。在这个例子中，人们发现了一只黄蜂，而大家都对黄蜂过敏]。

大家很少会听我的言论，而负责黄色和黑色的

安全部门经理发送邮件，告诉别人他的发现，其他人总是听他的。整座大楼里的每个人接到邮件就马上开始传递这个信息，没有任何质疑。由于邮件主题都集中在这件事上，所有的监控摄像机都忙着寻找这个间谍——黄蜂，每个人都在谈论该如何对付这个敌人，外面的警卫做好准备，一旦黄蜂闯进来，就马上赶走它。很快，整幢大楼里的人都知道有个穿着黄黑两色相间的衣服的间谍在附近。我办公室里不是负责黄色或黑色的同事基本上都去休息了，因为他们知道这个时候没有人理会他们发出的邮件。而我和负责黑色的同事此时就变得很重要。我们向上一级主管报告有关间谍的最近消息，我们的邮件具有优先处理权——第一时间被阅读，并且

通常会根据邮件内容而采取一些行动。

负责黑黄两色的主管，在我们大脑内对应的是由几千个甚至几百万个神经元组成的集合。上面这个例子说明了注意在大脑内产生的过程。这个过程的一个重要特性是：信息传到大脑皮层，经过过滤与组合，揭示出这个信息内在的、丰富的意义。

我们的感觉首先进行过滤的工作。视觉信息进入大脑皮层，任何有优势的数据信息经过过滤被选中。信息中任何一个简单的特征都会激活一组负责一两种基本特性的神经元，这些神经元将相对原始的信息传递给较为复杂的神经元。复杂的神经元不只处理一种特性，而是某些特性的组合，甚至是整个物体。

每个神经元被不同的感觉输入激活，都发出最响亮的声音，希望别人知道它收到的信息。但是如果一些基本特性的组合与大家熟知的危险有关，就会引起大脑一系列的行动，而发现危险信息的神经元就会比其他神经元具有优先权。

这个获胜的信号能动员所有相关区域内的神经元。如果你惧怕黄蜂，那么你会把任何长得有点像黄蜂，并且发出嗡嗡声的东西误认作是黄蜂。比如，你会将一只马蝇误认作黄蜂，甚至有时候将电冰箱发出的声音认作是黄蜂发出的声音。这是因为，负责辨认黄蜂特征的那些神经元过于活跃，发现任何一点蛛丝马迹就认为与黄蜂有关。这样一来，就会产生许多错误的报告。但是，如果黄蜂真

的出现了，相关神经元就会快速被激活，进行合作，辨认出危险并避开危险。同时，不是负责对这个危险进行编码的神经元会压制自己的活动，免得碍事。

换句话说，大脑内负责处理不同信息的神经元之间总是存在竞争。那些与当前信息关联性最强的神经元在活动中会得到帮助，具备有利条件，它们的影响很快传到大脑内其他区域，很多区域以各自的方式处理这个信息，使这种影响力不断扩大并且增强。当前信息在这个阶段的竞争中获胜，而其他负责处理竞争的信息的神经元不能广泛地传递数据，它们的活动被那些负责处理相关信息的神经元的活动抑制了。这场战争的获胜者是个暴君，抑制

了任何不同意见者的活动。但是只有通过这种方式，我们才能集中注意，全神贯注地高效率地应对任何危险。

这种各个想法相互竞争、胜者通吃的系统貌似很简单，但是这个系统产生了无比灵活的机制，使大部分大脑皮层行动一致，完成当前任务，不管这项任务是避开被黄蜂螫一下的威胁，还是构思写作这样复杂的事情。大脑皮层能够以特定的方式，联合那些被激活的或被抑制的神经元同盟，反映当前任务的感觉、记忆、认知以及运动特性。

意识的形成

注意争夺战要进行到哪个阶段才能形成意识呢？根据里贝特的自由意志实验以及尼古罗夫关于神经元何时做决定的计算模式，在神经元做决定的初始阶段和注意争夺战的开始阶段，意识还没有产生。相反，神经元的活动很可能在战斗即将获胜时才变得有意识地进行。在那个时刻，大脑皮层的活动进行到白热化的程度，与当前任务相关的所有特性都结合在一起，所有不相关的信息都停止传递。

产生的结果是：当我们发现黄蜂时，不只是看到黄色或黑色的条纹，或黄蜂的一对翅膀，也不只是听到黄蜂发出的嗡嗡声。相反，意识是各种处理过程相互合作产生的结果。我们马上会知道一只黄

蜂飞过来了，我们的视觉与听觉感受到的黄蜂是一个整体。我们看到黄蜂，马上会想应该躲到哪里，或者该用什么办法将它赶到窗外。那个时候，我们的意识里除了黄蜂，几乎没有其他东西。

将一些基本信息结合起来以产生更有意义的信息，这一过程对学习和意识来说都很重要，也是人类经验的决定性特征之一。我们成年后，有几十年的时间进行密集型的学习，我们会发现不计其数的各种特性结合的现象，我们眼中的世界丰富多彩、层次分明。为了最有效地学习，我们有很多引导注意的策略。我们让注意在附近漫步，收集周围任何感兴趣的信息，将收集到的信息与我们已有的知识做比较，同时丰富我们的内在精神世界。

我们的注意系统受到具有生物学重要性的外在对象的控制，这种现象在动物界很常见，大部分动物的精神世界比我们人类要简单很多。但是如果你处理信息的能力更强，你的内在世界更丰富的话，那么经过仔细分析，你会发现自己有更多的选择，不仅仅是注意到迫在眉睫的明显的威胁，或是注意到满足生理需求的食物信息。

我们的注意系统在没有受到任何外在威胁的情况下，是如何在无数的可能性中做选择的呢？一方面，意识和复杂的思想以多种方式约束我们的选择。我们会理性地分析每个重要选择是否合理，然后在即将到来的神经元战争中倾向某一边。当然，我们并不只是靠本能进行注意过滤。我们可以产生

任何形式的神经滤波器（neuronal filter），使注意获得极大提升，关注内部或外部世界的某个特性，而压制对其他特性的关注。通过这种方式，选择关注的事物，或者说选择意识到的事物。

另一方面，尽管我们在选择关注的事物时有所偏好，但是不管是看起来自愿的内部选择，还是受外部因素驱动而做的选择，神经元基本的竞争机制都是一样的。在互相竞争的很多声音中，只能选择一种，通常这种选择与盛气凌人的无意识欲望相对抗。只有一种声音胜出，这种声音号召大脑皮层其他相关的神经元共同完成一项任务，而压制那些与自己意见相左的神经元的活动。

我们可以将突现论（emergentism）应用到神

神经元之间的斗争。按照突现论的说法，简单的、低级的物体相互作用产生高级的想法。对意识来说，无数神经元互相作用，形成两种结果。一种是积极的结果——快速增强神经元活动，一种是消极的结果——快速抑制神经元活动。这两种对立的结果在神经元层面互相作用，激活大脑皮层的活动，使信息处理和意识更灵活、更全面、更有效。^[1]

^[1]这种情况适用于大多数（如果不是全部的话）突现论的例子（如蚂蚁的集体智慧，宏观经济学），积极和消极的结果在低层次相互作用，从而在高一层次产生更准确、更合适的解决办法。

对情感价值的过高评价

这一章到目前为止，讨论了注意如何成为意识的一个关键成分。注意是一种过滤和提炼机制，接收所有的感觉输入（包括一些不相关的感觉信息），然后将其转化成有限的、精炼的信息输出（只包含与当前目标有紧密关联性的事项）。我们意识到的就是这种信息输出，关于这点我将在这一章余下部分详细讨论。首先，我要分析意识的两种特殊形式：情感与自我意识。

如果低估情感在我们具有意识的生活里的作用，就未免显得小气了。情感给我们的思想和行为带来的影响是深刻的。很多人会说，生动的情感赋予我们的生活真实的色彩和意义。我并不想否认这

些。但是，一些理论家将情感看作意识的主要进化动力和意识的主要内容。对这种观点，我有足够的理由反对。

例如，生活中很多时候，虽然我们有清醒的意识，但是我们并没有感觉到任何特别的情感。

然而，如果我们一辈子都生活在这种没有情感的灰色状态，将会是怎样一种情况呢？我们有意识吗？安东尼奥·达马西奥（Antonio Damasio）在其著作《笛卡尔的错误》（Descartes' Error）中描述了一个叫艾略特的患者。从很多方面来看，艾略特都是现代版的菲尼亚斯·盖奇。艾略特由于眶额叶皮层受伤，精神状态发生急剧的变化——不能够感受到任何情感。但是他的意识几乎没有受到什么损

伤，虽然他的社交行为和盖奇一样反常。只有在大脑损伤严重影响注意的情况下，意识才会受到损害，这点我将在下一章讨论。

同时，强烈的情感会给意识带来不良的影响。例如，一些人在公众场合讲话会很紧张，说话结结巴巴，或者忘记要讲的内容。他们的意识一片空白，好像除了紧张，他们意识不到任何其他事情。紧张程度升级，变成恐惧。恐惧本来是一种可以挽救我们生命的情感，但却经常带来致命的后果，因为恐惧使意识减弱，从而影响智力。例如，一些乘客在飞机失事时被困在了座位上，因为他们不停地用按的方式去解安全带，就像按汽车上的按钮，而实际上只要解开飞机安全带的金属扣就行了。这是

由于他们被吓坏了，连最简单的分析都不会了。

意识的层次

自我意识是与意识密切相关的一个论题。一些理论家声称，只有在我们意识到自我的时候，才能说是真正具有意识；我们对自我的感觉是意识最重要的成分。这些科学家还认为，意识的产生与使自我变得更复杂的进化压力有很大关联。

自我意识这个术语让人费解，它至少有三种不同的意思。首先，一种较为朴实的定义是，自我意识只是一种状态，在这种状态里，一种动物意识到自己与周围其他有生命及无生命的物体是不同的，而且这种动物根据这个基本的想法进行思维与行动。从某种意义上说，所有的生物都必须会做这种概念区分（这种区分能力与意识无关），这样的

话，一种生物如果恰好具有意识，就会自动拥有这种自我意识。这点对我们来说，好像不值一提。这说明，我们将自己与宇宙中其他东西明确区分开来，而这种区分在我们思想中已经根深蒂固了。根据这种定义，自我意识不是意识的必要成分；相反，具有遗传特性的、有意识的动物只是碰巧具有自我意识。

实际上，连体双胞胎塔蒂亚娜和克丽丝塔就可以拥有不属于她们自己的意识经验，这初步证明意识与自我意识并不是总是连在一起的。在某些特殊的情况下，我们偶尔可以感受到某些经验，但是这些经验不属于我们。

一些精神病案例也暗示意识与自我意识可以分

开。例如，某些患有多重人格障碍的病人认为他们的很多经验属于其他人格。一个病人曾说：“乔伊很快乐、很顽皮，当我沮丧的时候，她就变成我。有时候这会让我开心，但有时候只是乔伊自己开心，我还是很烦恼。”这里患者说的是让自己心情变好的方法，她让自己的另一个身份来感受她的经验。

多重人格障碍是一种具有争议的病症，有一种说法，认为这些患者编造了另外的人格，目的是为了保护自己、免受过去创伤的影响。争议较少的一种类似病症是精神分裂症。精神分裂症的标志之一是确信自己头脑里的想法不是自己的。换句话说，很多精神分裂症患者相信，他们的某些经验至少有

部分是属于别人的。

虽然这些证据都是间接的，但至少说明经验和自我意识不是那么密不可分，重申了一种可能性：经验和自我意识表面上看起来不可分离，可能只是出于偶然。

但是，很多人以一种更为抽象的方式使用“自我意识”这个术语。其中一种观点认为，自我意识指意识到自己这个人（有着特定身体、面孔、人格面具等）。对这种形式的自我意识进行测试的主要方法，是看能否认出镜子中的自己。但这个定义引出了一个重要问题：自我意识究竟是意识产生的原因，还是仅仅是意识的一个结果？

对动物来说，认出镜子中的自己是一种很强的

本领，需要很高的智慧。动物平时遇到的都是其他动物，因此它很自然地会认为镜子中出现的也是其他动物。动物要明白镜子里的影像就是它自己，需要知道以下几点：镜子里的那个动物摸上去很不一样，又冷又硬；镜子里的动物闻起来没有气味；镜子中的房间和它自己的房间一模一样；每次它做一个动作，镜子里的动物也做一模一样的动作；这个世界上没有其他动物能这么快地模仿它的动作。

实际上，实验情况还要复杂。为了证明动物确实认出自己在镜中的影像，这个动物除了知道上述几点以外，还需要完成一项任务：通常会在动物头部的某个位置用彩色染料涂上一个圆点（圆点的位置要选在动物正常情况下看不到，但在镜子里很容

易就能看到的地方，通常是在额头上)。研究者获得自我意识的证据的条件是：动物不仅要认出镜子中自己的影像，还要知道这个圆点是后来涂上去的，原本脸上没有这个圆点，最后它会去摸脸上的圆点。

作为一个热爱自己专业的认知神经科学家，我在女儿出生后不久，多次让她做镜像自我识别实验，还时常鼓励她在镜子前面玩。开始我以为她能认出镜子中的自己。例如，有几个月的时间，她对其他婴孩保持警惕心，却不怕镜子里的映像，会兴奋地接近镜中的映像。但这证明不了什么。在她将近14个月大时，我在给她做的测试中获得可靠证据：她对着镜子，试图擦去额头上的彩色圆点。她

的这个动作不够熟练，由此可见，在镜像自我识别实验中，利用镜子中的视觉反馈（而不是利用动觉或直接的视觉）来识别自我，比起任何其他复杂的要求都更不自然，也更有难度。

当然，作为一个勤勉的科学家，为了得到准确的结果，我多次重复这个测验。在刚开始的几次测试中，我女儿注意到了脸上的变化，因为她看着圆点笑了，但并没有马上擦去圆点（她还可能有点喜欢）。在开始几次测试中，我要哄她将脸上的圆点擦去，她才会照做。但是在后面的测试中，不需要我提醒，她会主动对着镜子擦掉圆点，似乎这是一个好玩的游戏。这说明，动物由于很多因素不能通过镜像自我识别实验，即使它完全有能力可以通过

测试。

因此，要证明认出镜子中的自己，需要符合很多复杂的条件。只有具备相当高的智力水平、高层次的意识、正确引导的动机，才能通过测试。从这个意义上讲，自我意识很可能是强大的智力与丰富的意识的副产品，而不是智力或意识产生的原因。

在我看来，自我意识的最后一层意义最有意思，指你意识到自己的意识。比如，我看着女儿熟睡的时候，不仅感到爱和骄傲，而且意识到自己有这些情感。我会想：“看，现在我正在体验爱与骄傲的情感。”无论什么时候，当我们用语言表达情感和感觉的时候，我们都有自我意识，因为这个时候我们必须探究自己的体验，好像在一个更高的意

识层面探查自己体验到的感觉。很多理论家，尤其是那些爱好哲学的理论家，认为这种高阶意识才是唯一重要的意识。

这一理论有不少地方让人困惑，但在讨论这个问题之前，我先要说明：符合这个标准的意识形式比我们认为的要少很多。毫无疑问，我们具有极其丰富的意识，但这种对自己的意识进行深入了解的意识形式是极不可靠的。

从某些角度看，我们都害怕做决定，因为更为原始的动力使我们倾向于思考眼前的事情，并采取行动。所以我们只活在当下，而不顾下个月、明年或10年后会怎样。有些人很容易由于强烈的愤怒或妒忌而失去控制，会被这些情绪操纵而采取行动，

但同时却觉察不到自己的这些情绪。我们可能会专注于使我们感到愤怒的对象，而注意不到其实我们在生气这个事实。

意识不到自己的情感和动机是几乎所有精神病的重要特性之一。例如，精神分裂症患者不知道自己的想法是虚妄的；抑郁症患者可能意识不到自己急躁或闷闷不乐的情绪，直到抑郁症再次发作。

当然，这肯定不是自我意识的一种连贯的、高效的功能模式，至少在我们意识不到自己的情感的时候，我们不具备真正的自我意识。然而，我们有很多时间意识不到自己正在经历的情感，很可能是因为我们没有去注意这些情感。毕竟，情感引导我们转向某些物体或行为，我们很自然会关注这些物

体或行为，而忽视了自己的感受。如果我们在行动的过程中，停下来关注自己的情感，并分析这种情感产生的原因，这种做法很不自然，尽管通常会很有用。

感觉的情况又如何呢？我们是否也意识不到自己的知觉？最近一项研究试图回答这个问题，实验过程如下。让实验参与者看一组6个条纹圆圈，然后看另一组同样的圆圈。其中一组中有一个条纹圆圈的颜色比其他圆圈鲜艳一点。参与者首先猜测这个特殊的圆圈属于哪一组，然后对自己答案是否正确做一个评估。实验人员会根据参与者的表现，调整实验的难度，即调整那个特别的圆圈被觉察到的难度，使所有参与者的准确率维持在71%。这个数

字比随机猜中的几率要高很多，要达到这个准确率还是有难度的。将准确率固定在一个数值上，意味着唯一的可变因素是参与者对自己所做决定的信任度。那些感觉很敏锐的参与者，在给出正确答案时，自信心会提高；给出错误答案时，自信心会降低。实验结果让人惊奇：虽然参与者已经能很熟练地完成任务，但是很多人的自信心与准确性不相符：他们相信自己的答案是正确的，但实际上是错的；或者他们对自己答案没有信心，答案反而是对的。

我仔细考察这个实验的细节，首先问了实验设计者史蒂夫·弗莱明一个问题：那些不擅长猜测自己想法的参与者，是否在某些方面有障碍。要知道这

个答案很容易，弗莱明已经对此做了大量分析，但没发现什么。那些参与者具有基本的感知能力，除了不擅长觉察到自己的知觉，其他任何方面都与另外的参与者一样聪明。

因此，尽管我们有能力在一个高层次意识到自己的想法，并不等于说我们所有的人都擅长这么做。事实上，有些人在其他方面都很正常，也具有正常的意识，但却特别不擅长解读自己的想法。

这种高级别的自我意识，在不同的个体身上表现得很不一样，这点不足以反驳该理论。尽管我们觉得自己在清醒的时候完全具有意识，很可能我们的看法是错误的，我们真正具有高级别的意识的时间是很有限的。

我们认为自己清醒的时候都具有意识，这种想法很可能是错误的。这个理论从技术上讲是可能的，但是它的另一个特性让人很困惑。如果我什么都不想，只是盯着一面空白的墙，这时我明显能意识到这面墙，但我好像对这一感知没有什么想法。那些高阶意识理论的支持者会说，关于我对墙的基本感知，我肯定具有更高级别的想法或感知，因为要意识到这面墙，我必须要有高级别的想法或感知，即使我自己没有感觉到这一点。这样的话，这个理论就有可能陷入循环论证的危险，或者它只是个空洞的理论，我们还是不清楚如何通过实验证明或者推翻这个理论。

高阶意识理论的另一问题在于对意识功用的表

述。大卫·罗森塔尔是这个理论的主要拥护者，他认为这种高阶意识引出的一个结论是：意识没有作用或优势，因为我们的认知技巧是在低于意识的级别获得的，而知识是从高于意识的级别被动地获得的。所以，意识没有进化层面的意义，也不能提高我们的学习能力。有无数的证据可以用来反驳这种观点：任何复杂的学习形式都离不开意识，而这点本身是对高阶意识理论最有力的反驳。

据我所知，这个理论对意识机制的讨论在一种说法面前停滞不前了。按照这种说法，自反性认知（reflexive cognition）——如具有关于某种感知的想法——是意识产生的原因。这个说法没有从心理学角度或者根据大脑运作情况来解释“感

知”与“想法”的意思，没有详细说明高阶意识与低阶意识如何交流的；没有解释意识是如何与自反性认知等同，以及等同的原因；没有说明高阶意识如何进行信息处理，高阶意识有何进化基础，以及高阶意识这个概念有何作用。

科学的方法应该更为具体、深刻。例如，我在这一章概述了注意如何成为意识的一个关键成分，尽管我有时会讨论意识的其他成分。不管是在心理学领域，还是生物学领域，注意都得到了深入的研究。对注意的研究让人怀疑高阶意识有无存在的必要，注意的过程表明，至少在某些情况下，意识可能在神经元战争中产生，神经元战争按胜者通吃的规则在无意识中进行。注意使信息处理成为意识的

主要任务，并说明意识是大量数据过滤和提炼过程的产物。

所以，各种形式的自我意识只是高深的智力与丰富的意识生活的副产品，而不是意识产生的原因。我们的情感和感觉都很重要，使我们能够生存下去。从意识的角度看，它们只是我们能够意识到的另一种形式的信息，是我们意识到上百万种经验的一部分，有很多经验与我们的情感和感觉无关。

我不赞同那些将自我意识放在首要位置的理论，尤其是高阶意识理论，但是其中有一点我是赞成的。意识到自我，或自己的想法和感觉，可能是意识的副产品，然而这个副产品却有深刻意义。对自我的意识属于重要的意识现象，属于很高的概念

层次，处于思想金字塔的顶端。在概念的分层中，意识处于顶端。这使我们体验到的不是一些枯燥的原始数据，而是具有各种模式的生动的信息，这些信息蕴含着意义，使我们能毫不费力地了解周围世界。

在这里，我要结束对意识内容的选择机制的讨论，这一章余下部分将讨论意识内容本身。我会一再强调，建构和操纵这些错综复杂的知识对意识具有重要意义。

最多只有4个意识隔间

到目前为止，我讨论了注意作为过滤和提炼机制是如何运作的，但没有详细说明大脑如何大规模过滤输入信息，如何提炼某些输入信号。通常，几十亿条信息涌入我们的感觉器官，或者围绕无意识不停地跳跃，注意对这些信息进行过滤，最后保留3~4个意识项目。所以，注意的过滤过程规模非常大。但提炼过程能够弥补大规模过滤的缺陷：每个项目都是无比复杂的意识对象，虽然数量极其有限，但每个意识对象都要经过评估、比较与控制，过程无比复杂。

这个注意输出存储系统，体积很小但功能强大，被称为“工作记忆”（working memory）。

工作记忆是短期记忆的容器，在这里可以对意识各个项目的信息进行记忆、重整、评估，即使这些信息来自不同的感觉器官或属于不同的类别。

过去20年，最流行的意识理论是由伯纳德·巴尔斯（Bernard Baars）提出的全局工作空间理论（global workspace theory）。巴尔斯的观点在很多方面与注意理论相似。根据全局工作空间理论，低层次的神经元同盟之间为获取支配权进行无意识的斗争，斗争同样遵循胜者通吃的规则，获胜者进入意识范围。巴尔斯对这阶段的描述，也与注意理论相似，他提出“聚光灯”（spotlight）的隐喻。聚光灯照在剧场舞台的一小块地方，形成一个亮点，亮点照出的内容就是我们意识到的内容，这

些内容被传播给所有观众（代表无意识）。也就是说，只有少数的项目被传递到大脑，以做进一步信息组合与对比。巴尔斯最大胆、最有意思的观点是：意识差不多可以归结为在工作记忆里的信息。他认为，工作记忆只存在1~2秒钟，适用于大脑任何部分，而且工作记忆能引导无意识专门知识区域帮助我们完成最复杂的任务，如学习语言和制订计划。

虽然“工作记忆”这一定义还有不明确的地方，但我基本上赞同巴尔斯的观点，认为意识和工作记忆类似，而注意是选择进入意识范围项目的主要手段。就意识而言，接下来关键的一步是弄清楚工作记忆的具体运作情况。在巴尔斯提出全局工作

空间理论20年后，我们对工作记忆和注意有了更广泛的了解，随着知识的进步，很多意识的谜团也被解开了。

工作记忆的第一个特征就是它极其有限的存储能力，只能容纳少数几个意识对象。要想提高意识空间的容量，需要将当前项目与长期记忆存贮联结起来。很多实验都证实了意识空间的这种限制（每一个实验都做了严密的防范措施，以防实验被试作弊）。防止被试作弊的方法是：让被试看刺激物的时间非常短，这样他们就来不及想出任何方法作弊；或者让他们看抽象的东西，这些东西与他们原有的记忆没有任何关系。

例如，在最初一个很有影响的实验中，乔治·斯

珀林 (George Sperling) 呈现给被试12个字母方格。这些字母方格排成3行，每行4个，只让他们看50毫秒，然后让他们说出记住的字母，越多越好。参与者能记住的字母数量，每行平均1.3个，也就是说12个字母中能记住近4个 ($1.3 \times 3 = 3.9$)。对这个测试做一点很有意思的变动，让被试快速看一下字母后，给他们提示，只要说出其中一行的字母。结果让人很惊异，他们通常能准确地记住一行4个字母，而之前的测验，能记住的字母数是每行平均1.3个。这可能是因为他们在看完字母后，马上收到提示，使他们的注意系统在视觉信息消失之前完全专注于提示的那行字母。如果让他们专注于某一行的提示是在字母方格消失之后的1秒或更久的

时间做出的，那么被试又会退回到原先的成绩，被提示的那行的4个字母中，只有平均1.3个字母被记住，这个成绩与他们没有接到提示得出的结果一样。如果被试在字母消失1秒钟后才得到提示，那么在这个1秒钟内，他们的注意系统由于不知道该关注哪一行，会关注所有的12个字母，而他们的短期记忆只能随机地存储4个字母。

很多类型的实验都证明了意识只能注意到4个项目。在现实生活中，我们需要记住的不会是字母方格，这里我举一个生活中常见的例子。我们通常会注意到一些运动的对象，如街上从我们身旁经过的一群人、足球场上的一组队员，等等。野生动物还需要注意附近是否有一群其他动物。例如，黑猩猩

一个部落的成员需要监视侵犯它们领地的另一个部落的每一只黑猩猩的情况。一个反映这种日常生活技能的实验是这样的：史蒂文·扬蒂斯（Steven Yantis）让被试看电脑屏幕上的一组10个十字交叉，其中几个十字交叉开始会闪烁一下，然后在屏幕上随意移动。被试要追踪这几个十字交叉，而忽略那些开始没有闪烁过的十字交叉。过了一会，十字交叉会停止移动。要求被试指出哪些十字交叉在一开始的时候闪烁过。如果被试只要追踪3个十字交叉，完成这个任务很轻松。如果要追踪4个十字交叉，准确率就没那么高了，但被试还是能相当出色地完成任务。但是要追踪的十字交叉增加到5个，由于这个数字超过了工作记忆的最大容量（4

个)，大部分被试不能完成任务。这个实验证明了进入意识的项目只能是4个。

人类的工作记忆只能储存少数几个项目，让人奇怪的是，在这点上我们跟猴子很相似，尽管猴子大脑的大小只有人类大脑的1/15。我们只能记住快速呈现给我们看的项目中的3~4个，而婴儿同样具有这样的能力。事实上，许多其他物种快速记住事物的数目上限和人类一样，也是3~4个。例如低级的蜜蜂，能够区分2个项目组成的模式与3个项目组成的模式，也会区分3个项目组成的模式与4个项目组成的模式，但是蜜蜂不能区分4个或4个以上项目组成的模式。因此，可能存在某种限制，使所有动物的短期记忆能够存储的项目数量有限。^[1]

[1] 目前，对产生这种局限性的原因，存在激烈的争论。一种解释是；注意重点关注3~4个项目已经足够应付任何情况了。然而，也有例外。如一个学生绞尽脑汁解一道数学题，或一个人想弄明白一个机械小装置的内部构造，他们可能会希望人类大脑能处理更多的项目。但是，在人类进化过程中，很少出现需要同时对付好多个想要吃掉我们的捕食性动物的情况，我们也很少追逐超过1~2个食物源或性伙伴。我们不需要更多的意识项目以应付危险或获取利益。换句话说，可能我们人类在进化过程中从来不需要同时关注好几个项目。

另一种解释根据神经元运作的计算模型得出，认为3个或4个项目实际上是我们大脑能够承受的最

大容量。当注意加强某一特定项目的信号，大脑皮层上与这个项目的任何特性相关的神经元不仅要更频繁地进行发射，还要以一种特定节奏相互联系。如果同时关注1个以上项目，为了使每个项目的信号与其他项目信号区分开来，需要更多的大脑节奏。但是大脑只能保持3~4种节奏，超过这个数目，各种节奏会混杂在一起，最后变成不间断的吵闹声，各个项目一片混乱，或者干脆被忘记了。

每个意识隔间都能处理极其复杂的对象

意识的内容只有4个项目，如果不考虑一些补偿措施的话，这将是一大缺陷。但是，对我们人类而言，这些补偿措施尤其重要，不能被忽略。我们利用注意系统以及意识强大的分析能力，藐视工作记忆的界限，将大量的数据有规律地载入每个意识隔间。

先说说注意在增大每个工作记忆隔间的容量方面所起的作用。一旦注意选定某个对象，不管这个对象是什么，都是神经元战争的获胜者。大脑的多数活动是根据这个对象以及这个对象如何跟我们产生关联而展开的。针对一些基本的对象或特性，如一堵红墙，注意增强信号的方式是：提高视觉区域

（尤其是与红色相关的视觉区域）的警备性，准备随时发射。不是负责红色编码的神经元的活动被抑制。这些受到抑制的神经元不仅仅是颜色处理中心的神经元，还包括大脑其他部分（如听觉中心与味觉中心）的神经元。与此同时，那些多功能区域，尤其是与意识紧密相关的前额叶皮层与顶叶皮层，开始积极分析当前对象的特性。所有这些活动都顺利进行，最终使我们看到红色的墙；如果不是大脑内部的一些机制加强收到的信号，我们看到的 effect 就不会这么明显。

如果我关注的对象不是红墙，而是大屏幕上穿着红衣服的安吉丽娜·朱莉，那么我大脑内与朱莉无关的信息处理都被抑制，而与朱莉有关的信息处理

被激活。我一看见朱莉，就认出她的脸部特征，想起她的名字，回想起她说话的样子，以及她那个大名鼎鼎的丈夫，她出演的其他电影，等等。当然，我也看到她穿着红衣服。这些信息并非独立，而是集中在一个统一的、复杂的对象身上。在前一个例子中，我关注墙时，红色是墙唯一明显的特性。但我关注朱莉时，红色这一信息是我意识到的内容之一，只是我的意识对象（朱莉）诸多特性中的一个特性。这个系统很神奇：注意接收原始输入，并将其转换成由相互关联的各种事实组成的一个整体，然后进入意识范围。由于注意将朱莉这一对象的所有特性都激活并汇集起来，这个对象和红墙一样，占据了我的工作记忆1个隔间的位置。

换句话说，我们只有少数几个意识隔间，但是不管是最简单的对象，还是最复杂的对象，在意识隔间里都得到平等的对待。在这种语境下，“工作记忆对象”（working memory objects）这个术语通常指信息的集合。它可以指具体的对象，如安吉丽娜·朱莉；也可以指构思的计划，如在去格兰切斯特村路上，我的头脑里一直在构思的内容。

一个工作记忆对象能够包含多少信息量？也就是说，一个“组块”（chunking）可以反映多少有效信息？就目的而言，组块类似于注意机制：两者都是将庞大的数据库压缩成具有重要意义的一个个小块（nuggets）。组块对注意起了奇妙的补充作用，与注意的不同点在于：组块是根据意识信息的

结构及其与先前记忆相联系的方式来关注意识信息的。

不少实验都证明组块可以扩展存贮在工作记忆里的信息量，其中一个著名的实验是安德斯·埃里克森（K.Anders Ericsson）和他的同事在1980年完成的。这个实验很简单：让一个记忆力和智力水平都一般的大学生完成一项基本的任务。实验人员给这个大学生念一串没有规律的数字，然后要求他按听到的顺序说出数字，如同重复刚刚听到的电话号码一样。如果这个大学生能够准确说出听到的一连串数字，下一次再增加一个数字。如果他的回答出现任何错误，下一次就减少一个数字。这是一个测试语言工作记忆的标准实验。但是，这个实验与其

他实验有一个明显的不同：这个实验每天做1个小时，一周约做4天，坚持了将近2年的时间！

刚开始，这个大学生能记住大概由7个数字组成的序列，这个成绩很一般，几乎每个人在经过训练后，都能超过语言工作记忆容量为4个的限制。但是要日复一日、月复一月地做这个实验，从这点来说，这个实验可能是世界上最单调乏味的心理学实验。为了使实验过程不至于太乏味，被试似乎下定决心提高成绩。事实上，他做到了，20个月后，当实验结束时，他能够说出由80个数字组成的序列。换句话说，如果他的7个朋友依次快速地将自己的电话号码告诉他，他能够很冷静地听他们报完最后一个数字，然后将这7个朋友的号码准确地存到他

的电话簿中。

经过一段时间后，实验人员偶尔也会测试他是否能够记住先前的数字序列。刚开始，他记不住任何先前的数字序列，即使只有7个数字长度的序列都记不住。但是，2年后，当实验接近尾声时，他能够准确记住大量长度是原先10倍的序列。他不仅能够马上记住7个朋友的电话号码，还能够在1个小时后准确地将这些号码存入地址簿。他怎么能取得如此惊人的进步？

这个被试碰巧是个跑步运动员，他看到某一数字组合的第一反应是将其和跑步的时间联系起来，例如，他会将3 492转换成3分49.2秒，这个时间是1英里的世界纪录。换句话说，他利用自己熟悉

的体育运动的数字来增强他的工作记忆。这个策略很有效，快速地将他的工作记忆容量翻了1番，能够记住近20个数字。几个月后，他认识到可以将3~4个跑步时间组合起来记忆，形成更高一层的结构，然后再将这些更高一层的结构组合起来。这时他的工作记忆容量发生了第二次大飞跃。但是，他能够组合起来的跑步时间的总数目没有超过工作记忆的最大容量。他只是逐渐增加将每个项目的容量，将3~4个数字组成一串，然后再将这些数字串组成3组或4组，逐层增加。工作记忆里的1个对象，占据了1个项目空间，开始的时候这个对象由1个数字组成，但是经过近20个月的训练，一个对象可以容纳24个数字。^[1]

所以，面对一项艰巨的任务，我们会利用长期记忆（long-term memory），提高工作记忆中的各个项目的工作效率。这种方法很简单，效果显著，重新形成的信息块更稳定、更有效。

但是对我们人类来说，增加工作记忆的信息量并不仅仅靠一些记忆技巧。在上面的例子中，被试将新的数字与他原有的关于跑步时间的结构性知识相联系，因而记住很长的数字序列。实际上，他的做法是强行将某种模式加入到没有规律的数据中。然而，很多时候我们的感觉接收到的信息确实有某种清晰的模式或结构，在这些情况下，我们的意识会很警觉（很可能是由于这种新信息可以带来重大的进步），一旦觉察到，就会快速利用新发现的知

识。

我们一发现某序列的结构，就会成功地加以利用，以帮助工作记忆。有一个例子能很好地说明这一点，这也是个数字序列记忆的例子。我和剑桥大学的同事给被试提供4组数字序列，每组由2个数字组成。其中的某些数列有内在的数学规律，如49、60、71、82（按11递增），另外一些数字序列则没有规律。正如我们所料，被试更容易记住那些有规律的数列。被试认识到，一旦他们发现数列的规律，好像需要记住的项目变少了，使他们能够更轻松地完成任任务。虽然对这点我们没有做过测试，但当我们让被试记住长度达300个数字的序列时，他们还是能够记住，他们要做的仅仅是记住第一个数

字、最后一个数字以及排列的规则。相反，我们难以应付300个数字长度、没有任何排列规律的序列，即使经过200个时间段的训练还是记不住。所以，有一点很重要：有规律可循的“组块”比仅仅靠记忆记住的“组块”有效得多。

经过反复训练提高工作记忆的一个典型例子是下棋。新手看到布局复杂、有30个左右棋子的棋局，如果能记住几个棋子的位置就很不错了。但对高手来说，看一眼就能记住整个棋局。那些高手是怎么做到的？很可能他们运用记忆（如记住几个成对角结构排列的“卒”的位置），或是运用逻辑（如两个“车”联合起来，就能形成强大攻势，进攻对方的“将”）。下棋技巧充分说明记忆、逻辑

和策略会以结构性信息为中心，互相交织在一起。

实际上，工作记忆的内容可以是任何东西，当记忆目标或记忆策略成为记忆内容时，意识能发挥最大的效用。如果将每种技巧看成构成意识的单独的材料，这些技巧与其他技巧联合起来，产生新的、更有效的策略，这时就能获得无与伦比的学习和理解能力。

虽然我们在几秒钟内只能存储有限的几个意识项目，但是我们可以运用各种技巧，极大增加每个意识项目的信息量。这可能包括一些相对普通的策略，如反复训练，记住某些数字。但是我们也可能很轻易地运用更高级的策略，如将大量新信息与之前的记忆组块联结起来，或者发现一些逻辑规律，

这些规律可以将一些不相关的项目联结为一个连贯的整体。

[1]一个普通人能够通过某种方法扩展工作记忆的容量，这种现象在当时很不寻常。但是大约10年后，在20世纪90年代初举办的世界记忆力大赛中出现不少类似的例子：很多普通人经过大量训练，能够记住很长的序列。经过20年激烈竞赛，能够记住80位数字已经不那么稀奇了。很多新的方法被运用，能记住长序列的人也越来越多。目前这个项目的世界纪录保持者能准确记住由240个数字组成的序列。其他类似的项目得到的结果同样让人惊奇。1个小时内能够记住纸牌的数目，目前的世界纪录是1 456张，而记住一整副52张纸牌的最短时间是21.9

秒。

贬低经验的丰富性？

意识相当于经过注意选择后形成的工作记忆，只有4个组块构成了意识的内容。论述到这里，有必要讨论一种反对意见。如果意识的内容仅仅限于经过严格处理的少数项目，那么有人会问，为什么我们在同一时刻能够看到很多事物呢？如果我仰望天空，我能够看到的物体超过4种，还可能一次看到上百种物体，而且我能看得清清楚楚。

在这种情况下，注意的范围虽然很广泛，然而力度很弱，就像一个膨胀的气球。注意的力度弱指的是，我们虽然能感觉到上百个物体，但只是最低限度的感觉。如果我们看着天空却不知道各个恒星的位置，相当于把所有恒星看成一个模糊的、复杂

的对象。如果你想看到一群星星，并记住它们之间的关系，该怎么做呢？我们会运用组块来记忆。我们认出北斗七星是因为它看上去像一个煎锅，而且煎锅的手柄是斜的；狮子座就如同一只在草原上休息的骄傲的狮子。如果不能将这些星座与平常熟悉的物体联系起来，我们将很难辨认各个恒星的特性，而且从历史的角度看，对航海与农业来说也是一场大灾难。

我们看到的物体越多，得到关于每个物体的信息就会越少，实验证明了这一点。例如，如果要记住屏幕上快速闪过的字母或数字，字母或数字的数目越多，我们能够记住的可能性就越小。事实上，不管看到的字母或数字的数量是多少，都不大可能

记住超过4个字母或数字，尽管我们对总的数目有模糊的印象。就像我说过的，不管我们以何种方式感受周围世界（通过任何感觉或感受任何对象），我们完全意识到的对象只有4个。任何觉得我们意识的项目超过4个的印象都是幻觉。产生这种幻觉的原因之一是：我们总是倾向于将几个项目组合起来占据一个工作记忆空间，比如，将我们视野范围内的星座当作一个整体来看。

如果不将处在一片混乱中的项目分组或进行充分处理，那么我们通常只能有一种模糊的印象。例如，有时候我们只是对某一场景瞟了一眼，对这个场景中的物体有了一个大概的印象。这个过程反映了注意发挥作用的两个鲜明的阶段。首先，注意进

入第一个粗略的阶段，只是对周围有一种微弱的感觉，好像我们并没有关注什么东西，或者说，对每件事情都只有最低程度的关注。这个时段只维持了大约200毫秒。过后，注意进入第二个有目标的阶段，神经元开始执行手头的任务。我们就会将注意集中到感兴趣的细节上，如我的目光会扫过车站的人群，然后定位在我的妻子身上。

在第二个阶段，我们的大脑会进行运算，什么才是我们真正想要关注的，哪几样物体才是真正重要的。这几个项目得到注意的提炼，而我们也更加明白什么才是重要的。其他的一切都受到抑制，在我们工作记忆和注意之外的任何事物都变得无足轻重。

在测验猴子看到物体引起的大脑反应的实验中，科学家首先观察到这一阶段的神经元运作过程。颞下皮层的某些神经元对特定的对象（如一朵花）发射强烈的信号，而对另一些对象（如一个马克杯）发射的信号很微弱。列奥纳多·切拉兹（Leonardo Chelazzi）和他的同事以猴子为实验对象，通过电极逐个观察神经元的活动，这些猴子为了获得奖励，观看屏幕上某一特定的对象（如一朵花）。研究发现，不管颞下皮层的某个神经元对花有没有反应，在刚开始的时候这个神经元的活动强度都会达到最高点，好像暂时认定看到的任何事物都很有意思。几百毫秒后，这个神经元才显示出真实的“想法”。如果对花不感兴趣，它的活动会

减弱；如果对花感兴趣，活动强度会持续。所以，注意对刺激物产生反应时，神经元的发射模式有两个阶段：第一阶段是对物体有个大致印象，第二阶段是执行任务——通过神经元的活动反映哪些信息是重要的，哪些信息是不重要的。

我们获取某一场景的大致印象的过程几乎不存在第二个阶段，或者说，由于信号输入很微弱、很短暂，第二阶段只是第一阶段的重复，因此只有最低限度或随意的印象。在匆匆一瞥后，我们的意识没有集中关注某些事物，只能勉强认出少数几个对象。

注意参与了获取大致印象的过程，虽然这种印象不完美。注意从迅速一瞥的事物上转移时出现的

情况可以证明注意参与了这个过程。迈克尔·科恩（Michael Cohen）和他的同事最近做了这个实验。他们让被试快速浏览一组图片，每张图片的呈现时间是100毫秒。大部分画面只是一些乏味的彩色图片，但其中有一张图片是真实生活中的场景（如一个耸立着摩天大楼的城市）。如果只是让被试看看图片，那么几乎每个人都会注意到这张图片，并能够回答有关这张图片的一些基本问题（例如，图片的场景是沙滩还是高山）。但是如果要求被试在看图片的同时，完成一项需要集中注意才能完成的任务（比如追踪叠映在图片上的、在移动的一组对象），那么只有12%的被试注意到图片的内容。这清楚地说明，就算要获得一个场景的模糊印

象，也需要一定的注意参与。

事实上，不管意识的内容（包括最简单的特性：如一个彩色圆点，或小块灰色补丁）是什么，如果我们将注意完全从这些内容上转移开去，它们就不会被意识到。

因此，注意显然是意识的守门人；对某一内容具有完全的意识意味着，这一内容在进入有限的工作记忆空间时备受注意青睐，而这个工作记忆空间同时能够存储我们模糊地意识到的一组项目。偶尔，工作记忆会接到任务，对某一场景匆匆瞥上一眼，但是由于缺乏仔细的分析或注意的关注，我们不清楚这个场景的具体特性。

组块与意识

回到组块的话题。组块极大提高了工作记忆储存信息的能力，它不只是工作记忆一个忠实的仆人，相反，是工作记忆背后的操纵者，同时也是意识的主要目的。

到目前为止，我论述了注意是意识的守门人。注意选择某些内容进入意识，有时候是因为这些内容关系到迫在眉睫的生存问题（如一个潜在的危险），有时候是由于我们为自己设定了一些目标。不管进入意识的内容是什么，都表明这项内容通过初步分析，目前对我们很重要，能满足我们的某项需求。而注意输出的信息就存贮在工作记忆中，这也是意识活动的场所，工作记忆的最大容量是4个

项目。但重要的是，每个项目都经过大脑透彻的分析，使项目包含的每个信息都可用。然后我们可以自由地运用各种策略重新审视这些项目，发现它们之间的相似点和不同点，将它们组合起来，或者互相替换，等等。我在这本书中一再强调，意识与信息处理有关，尤其是那些有用的、具有结构性的信息。组块是工作记忆这个沸腾的大锅炉里面的主要催化剂，在这个工作记忆空间，我们将原始数据融化为金子，我们将感觉接收到的基本信息加入到这座精心打造的、具有等级制度的意义大厦，这座大厦我们从一出生就开始建构了。

关于组块，分析下面三点：寻找组块，注意到并记住这些组块，运用我们已经建构起来的组块。

意识的主要目的是在工作记忆内部寻找这些具有结构性的信息组块，有效并自动地利用这些组块，达到以最少量的意识完成任务的效果。

首先讨论寻找组块的过程。工作记忆空间只能存贮4项内容，很奇怪，这种观念一直到21世纪初才被接受。在这之前的半个世纪，心理学家们认为我们的工作记忆大约可以容纳8个项目的内容。之所以有这个想法，主要是因为他们不能深刻认识人类的大脑会运用很多策略来提高记忆的工作效率。

过去几年中，我参加了几百个研讨会，在这些研讨会上我不断地听到一种抱怨。抱怨的内容涉及任何实验室、几乎所有的实验以及各种类型的人。

这个抱怨是：无论怎样努力控制一个实验，如果这个实验对被试来说存在任何挑战，那么这些讨厌的被试总是能够找到某种办法提高他们的成绩，这么做的结果通常会导致实验无效。人类的创新能力不仅仅体现在制造旋风真空吸尘器和最高端的平板电脑，我们所有人在清醒着的每时每刻都体现了这种创新能力。找到解决问题（不管是大问题还是小问题）的有效策略，是意识的一个特有标志。

我们人类与其他动物最大的区别可能在于，我们渴望发现接收到的任何信息的结构。我们总是积极寻求模式——任何能够提高我们的实践及理解能力的信息。我们总是不断寻找生活各个方面的规律，如果发现了这些规律，就能学习到更多的东

西，获得更大的进步。我们还想出各种对自己有利的策略（这些策略本身也是模式），有助于我们发现另外的模式。如前面举过的例子，一个业余跑步运动员会在实验中将各种比赛的跑步时间与他要记住的数字联系起来。

人类追求模式导致的一个必然结果是：我们很多时候苦心经营，却只会让事情变糟糕。我们经常妄下论断，如信仰占星术和某种宗教。我们急切地寻找模式，一旦发现模式，就感到很满足，不会刻意重新审视自己的一些肤浅的见解。

人类确实是一个奇怪的物种，总是积极寻求游戏里的模式，而这些游戏对我们的生存没什么作用，至少没有直接的作用。似乎我们沉迷于发现信

息的结构，如果我们不能在日常生活中让自己的渴望得到满足，我们会人为地制造机会发现模式，并从中获得乐趣。纵横字谜游戏和数独游戏就是很明显的例子，还有很多其他类型的游戏，如问答竞赛、智力游戏。这些游戏为我们的生活增添乐趣，因为当我们发现游戏中美妙的规律，我们就会感到满足。

还有些人更疯狂（我自己也是其中之一），这些人将在信息中寻找模式作为终身追求的事业。一些科学家的动机很可能是运用他们的研究发现，促进社会进步。但大多数科学家是在好奇心的驱使下做研究的，他们渴望从一堆杂乱的实验数据中得到清晰的、简练的见解。我发现对学术圈外的朋友解

释我的工作，最贴切的类比是将科学研究比作试图找到一个很难的填字游戏的答案。

但是寻求模式的爱好不仅仅局限在科学领域内。在艺术领域，对模式的追求不但丰富了艺术的内容，而且产生了某些审美观。音乐中存在的结构更是令人着迷，音符的重复，升高一个调或换调都会产生让人陶醉的效果。音乐的这种魅力来自音符与总体规律性之间的数学关系。一些作曲家（如巴赫）在某些作品中将两者之间的关系表达得很清晰，这些音乐作品就像数学游戏或逻辑游戏那样美妙。^[1]

当然，不管是视觉艺术还是音乐，模式都很重要。在不同的事物中间找到有意思的联系，这是艺

术具有迷人魅力的原因，因为这让我们思索一种新的、更高层次的模式，这种模式是将低层次的模式联结在一起形成的。而文学采取同样的技巧，产生的魅力会更大。

人类和其他动物不同，我们一直追寻模式。而且，不管是在富于创造性的活动中还是在某些爱好中发现模式，都成为我们快乐的源泉。

关于组块，第二点要讲的是：组块对意识范围内的具有结构性的信息的觉察功能，这也是意识的主要功能。我交换着用模式（ patterns ）、结构（ structure ）、规律性（ regularities ），这些词是什么意思呢？举个例子，100万个1和100万个0，可以被看作200万条信息，要将这些数字一个

个写出来，长度是这本书的3倍。我们也可以采取另外一种方法，将这200万条信息简单地归结为一句话：“这只是将1重复100万次，再将0重复100万次。”换句话说，发现模式就是发现信息中的冗余现象。我们可以发现信息中重复的部分，然后最好能够将这种重复归纳成一条规律，通过这种方式将信息压缩成容量更小却更有用的形式。

如果我们能够将数据转换成一种模式或规则，那么会产生近乎神奇的效果。首先，我们不再需要记住大量数据，只要记住一条规律就行了。而且，我们得到的益处不仅仅限于记忆，还可以根据数据进行预测，从而有效地控制周围的环境。这些规则还能够揭示数据的某些机制，使我们对数据有深刻

的理解。

假设我是一个史前人，冬天来临了，我和家人都在挨饿。我们挖到了几个土豆，乍一看好像可以吃。我们咬了一口，但马上吐掉了。我气愤地将土豆扔到火里。几个小时后，火灭了，我捡起土豆，发现它变软了。我又咬了一口，味道好极了。几个月后，发生了同样的事情：我咬了一口生土豆，愤怒地将它扔到火里；几个小时后又咬了一口，发现土豆不但可以吃了，味道还很不错。这时，我可以有两种不同的选择：一种是认为这两件事情完全没有关联；一种是在这两件事情中发现一种可能的模式——火与食物之间存在某种联系，火能让土豆变得好吃。我需要记住的不是发生这两件事情时的天

气，或者当时生火的地方，或者当时我的孩子对我说过的话。我只要记住一点，那就是火可以使土豆变得好吃。既然我已经发现了一种模式，我就要合并记忆中的一些关键因素，从而减轻记忆的负担；我可以将这个记忆组块应用到有关火与土豆的其他情况；我会想到通过这种方式可以吃其他类似的东西，如红薯和南瓜。通过压缩及明确我要记住的东西，我对环境拥有了一定的控制权，家人挨饿的可能性也降低了。

我们有些见识的获得是通过向上提高一个层次，发现与其他模式相关的模式，这两种模式乍一看好像没什么关联性（如发现模式的模式，类比就属于这种情况）。

通过组块可以在很大程度上提高学习能力。前面提到的例子——被试在经过两年数字序列训练，能记住很长的数字——充分说明了组块可以极大提高短期记忆的能力。我们有意识地运用组块，将任何新模式转化成记忆的一部分，几乎所有的学习过程都包括这一过程。长期记忆通常无意识地存储几千个相关项目，随时等待意识抽取其中的项目。这些项目在过去某个时刻也包含新的内容，被意识标识为重要项目，因为与先前存在的知识相关而被存放到记忆里。学习的第一步往往是最难的，但是一旦第一步的基础建立起来，我们可以将新的项目与之前记住的项目联系起来。当知识积累得越来越多，学习一项新内容就会变得很容易，因为这一内

容与过去的记忆有很多关联。关系密切的项目之间会形成组块，组块再组合起来，形成更大的记忆对象。通过这种方式，我们可以运用意识和组块，产生具有各种功能、各种等级、相互关联的知识。这样，进入成年期后，我们遇到大部分的新事物与记忆中已经存在的事物存在关联。而过去通过大量学习掌握的新知识反过来会指导我们选择进入工作记忆的内容，让我们发现记忆里新的或重要的内容，从而不断改进我们对世界的认识。

所以，工作记忆里的组块，不仅决定长期记忆的内容，还能为长期记忆提供索引，使我们很快得到那些重要信息，并将看起来独立的不同项目依据模式组合起来。组块和意识使我们生活中那些枯燥

独立的事件形成一张密集的、闪亮的网。这张网根据我们发现的各种模式相联结，还具有积极的反馈作用，使我们更容易发现新的联系，并使我们觉察到事物的机制，从而更深入了解这些事物的运作情况。同时，我们的记忆系统变得更高效、更聪明。而如果没有这种从原始数据中提取有用结构的方法，记忆系统就无法做到这点。

[1]道格拉斯·霍夫斯塔特 (Douglas Hofstadter) 的《哥德尔、艾舍尔、巴赫：集异璧之大成》(Gödel, Escher, Bach: An Eternal Golden Braid) 是一本富于奇思妙想、影响力很大的书，霍夫斯塔特在此书中详细分析了音乐和艺术中的逻辑结构，尤其强调这些逻辑结构与人类思维之间的关系。

语言仅仅只是一种意识组块吗

语言的情况很特殊：通过学习一种语言，我们能够极大地提高学习能力。我们可以通过书本、教师、互联网以及其他任何传递组块信息的交流形式，提高学习能力。其他动物能否学习具有语法结构的语言，是个有争议的问题。但有一点是没有争议的：就算其他动物能够学到一鳞半爪的语言，但是人类的语言能力使其他一切动物都黯然失色——我们可以掌握成千上万的单词和复杂的语法结构，而所有这些都要归功于组块。

我们刚开始学习语言时，总是希望一听到某个词的发音，就会联想到与这个词有关的重要特性。我们的语言知识是慢慢积累起来的，刚开始学的时

候很多词代表普通的组块。比如，我们的女儿很早就会说“妈妈”，这可把我妻子高兴坏了，后来我们才发现女儿说这个词只是表示她并不开心。但是，很快我们就会用一些语言学知识大大提高语言技能，从而获取内容丰富的意义。

很多心理学家相信“语言本能”（language instinct）的说法。按照这一理论，人类大脑有些专门为语言而设的独特区域，并且我们具有独特的语言技能。我的观点是：语言与我们具有的形成意识组块的综合能力相关。当意识和组块能力提高，小孩子就会根据他听到的内容形成语言组块，如同学习其他具有结构的信息一样，如学习走路，学习处理复杂的社会问题，或是学习玩复杂的玩具。而

成年人学习语法，类似于掌握一门新语言的规则，两者都不能激活某个特殊的语言区域。相反，这两种活动激活的大脑区域与执行其他组块任务（如弄清楚某些空间序列）激活的大脑区域是相同的。有人期望我们拥有某些专门负责语言本能的基因，这些基因能在我们很小的时候就发挥作用，帮助我们学习语言。到目前为止，没有充分的证据可以证明这一点，这是个有争议的论点。^[1]相反，我们却有足够先进的意识形式，热切地追寻包含模式、等级的信息，并且为了操控这些信息而积极地寻求强大的、结构性的认知工具，在这些工具里面，最有用的可能就是语言了。毕竟，语言使另一层面的信息处理成为可能，即人与人之间可以进行交流。而

且，团队合作能产生富于创见的新思想。

[1]关于语言本能的神经科学证据主要来自一种称作FOXP2的基因。据称，这种基因发生突变，会导致选择性的语言障碍，尤其是不能流利地讲话。但这种基因突变同时也导致整体的认知缺陷，如智力低下，这很可能是基因突变导致组块功能受到损伤引起的，而不是语言功能受到损伤引起的。

组块的作用及自我意识的尴尬处境

关于组块，要探讨的最后一点是：当我们获得组块以后，我们该怎么做呢？最好的方法是不要理会它们，至少不要理会所有其他组块，而只关注那些我们目前急需处理的高层次的组块。

意识的主要目的，一是处理某些很新或很复杂的任务中，这些任务是简单的无意识无法处理的；另一个目的是革新，在工作记忆里发现模式，这样才能优化重要的目标。但当这些任务大量进入意识空间时，情况就不大妙了。首先，由于我们要同时分析每一项任务，工作效率很可能比通过习惯完成任务的效率低。其次，还有一个能源利用的问题：运行意识需要大脑皮层参与大量积极的活动，需要

的能量比运用无意识的习惯多很多。所以，运用意识处理那些不属于意识主要目的的任务，是一种浪费。意识的主要任务是发现一些潜在的重要机会，从而使我们的精神世界更高效地运作。

一些组块对我们的无意识来说太复杂了，其作用是引导意识完成某一个具体的目标。例如，如果我想对电脑做一个不算小的改动（如调整显示器的分辨率），我知道具体操作步骤，每一个步骤都要意识的参与才能完成。但是，当意识关注其他事情，我们已知的大部分信息就会隐退，如我走了很久而完全忽略了周围的环境，或是开车的时候在做白日梦。

这就好像我们有两种方式：一种是缓慢的、慎

重的意识系统，这个系统的任务是觉察新的或复杂的、包含模式的信息形式，并发现信息结构，以此建立组块；另一种是快速、自动、几乎无意识的系统，这个系统利用意识之前形成的组块进行运作。

这两种方式让人想起自然界的一个现象：在稳定的基因特性与混乱的革新之间找到平衡点。如果一个有机体能很好地应付环境，那么基因突变的可能性就很低。在这个稳定时期，像线虫这样的有机体就会更多依赖忠实的复制。它们实际上寄希望于之前建立在DNA基础上的“信念”，而抵制任何改变。但是如果生存压力加大，需要革新来保证后代的生存，这时基因突变的几率会增大，或者有机体会选择性繁殖的方式，期望在下一代身上产生新的

成功的基因特性。换句话说，为了找到一个解决当前难题的间接的方法，需要采用一种更灵活、更大胆的方式。

基因与意识处理方式的相似性不只是表面上的。它们面对的是同一个问题：该如何在信息处理过程中出现的稳定与混乱两种情况中做选择？理想的对策是：在一切顺利的情况下，力求稳定；但生命受到威胁时，则倾向混乱、革新。

意识组块与无意识自动处理过程相互作用，目的是同时利用信息处理的两种方式。一种方式将意识看作革新机器，当面临绝境、需要新思想改变状况时，选择混乱的一边。但是，与基因的方法不同，意识是以相对安全的、经过引导的方式，实行

半混乱的探查，只接受那些明显有益于有机体的深刻见解，这些见解或是提高有机体对世界的认知能力，或是提高有机体的行为能力。一旦这些革新模块被发现，就会逐渐添加到认知体系相对稳定的那部分中（大多属于无意识范围）。

这种观点强调了意识的进化优势。不可否认，意识很耗资源，因为意识需要大脑中最耗能源的区域参与运作。然而，由此产生的能源的节省远远超过了最初消耗掉的能源，因为我们可以更高效地完成任务，并发现一些新的聪明的技巧，能使我们避开威胁，获得回报。

从整体上看，意识与无意识的劳动分工很有效，但是如果我们将这两种方式混淆起来，就会把

事情弄得一团糟。当我们刻意地去注意那些已经熟练掌握的技能或记忆时，就会发生糟糕的结果。然而，偶尔以这种方式运作意识对我们很重要，因为我们可以通过这种方式发现一些习惯的错误并加以改正。但很多时候，将意识和无意识混淆会导致失败，这就是我们通常所说的过于关注“自我意识”。

例如，在打网球时，如果你专注于正手击球的每一个细微的动作，就不能流畅地做这个动作。因为你让工作记忆超载了，工作记忆被压垮了。夸张点说，你在工作记忆里存放了正手击球动作序列中的第1个、第8个、第12个、第15个分解动作，这使得整个动作很笨拙，完全不像1分钟前没有意识

参与的情况下做的动作那么流畅。

你可能会重新进入一种状态，开始质疑、分析每个动作，这种状态是在追求新的信息，以及新的、有效的思维与行为模式。此时你拒绝之前建立起来的关于击球动作的信息，而去寻找新模式。你会更加注意自己的动作，可能会重新掌握或调整正手击球的技术，但代价是将之前正手击球运动记忆的组块弃之不用。

有足够的实验证据证明这种双模式的存在：意识在开始的时候对复杂的学习来说是必需的，但是在经验获取后，意识反而会阻碍自动的处理过程。沙恩·贝洛克（Sian Beilock）和他的同事做了一系列实验，测试注意可以操控打高尔夫球的成绩。如

果让高尔夫高手将注意集中在球杆的挥动上，那么打出去的球离洞的距离会很远，相比之下，注意被其他事情（如在一阵嘟嘟声中分辨某种特定的声音）分散时，打出去的球离洞的距离要近很多。这个实验结果与对初学者所做的测验的结果完全相反：让初学者注意挥杆的动作，比起分散他们的注意力，前者能让初学者更准确地完成挥杆动作。对其他动作（如足球、棒球甚至盲打）的测验，得到相似的结果。

但是，除去意识系统的这些不同寻常的小毛病，组块的作用确实使我们在各个领域取得了成绩，只要我们肯花时间的話。以正确的方式进行几个小时的训练，能使我们的工作记忆发现与任务相

关的微妙而复杂的模式。

我们能够有意识地运用组块，在灵光一闪中发现重要规则；或者经过几个月甚至几年的时间，耐心地积累各种层次的知识。这两种情况在人类历史上都给我们带来进步和成就。

人类的好奇心，加上发现模式的才能，给我们带来了不可思议的科学技术成果。我认为，如果不具备发现隐藏结构的能力，最有才华的艺术家、作家、音乐家都不可能取得任何成就。这些领域的天才不仅靠天生的能力，还通过多年集中注意、刻苦训练，发现并建立比其他人更为深刻的意识组块。

第5章 意识神经科学

扎加尼加的一次经历

最近，我有幸参加了由英国最重要的科学团体——英国皇家学会组织的一个研讨会，会议为期两天，探讨有关意识和认知问题。来自世界各地的神经科学领域的精英们聚集在英国中部的一个小村落里，讨论大脑如何产生意识这一问题上取得的科学进展。听众包括学会的成员，以及像我这样的相近研究领域的人员。会议在奇切利厅举行，这是皇家学会名下的一座漂亮的大楼，小型会议一般在此举行。这里环境优雅，食物精美，住宿条件很奢华，研讨会的氛围显得很轻松。

迈克尔·扎加尼加（Michael Gazzaniga）是会议发言人之一，他是认知神经科学领域的元老。过去几十年里，扎加尼加在神经科学领域内一直享有盛誉，他在教学与科研方面很出色，同时他的研究成果也广为人知。扎加尼加已经70多岁了，高个子，为人谦和，富于魅力。他在正式发言之前，讲了一件小事情，这事是他几天前刚来到英国时碰到的。扎加尼加到了伦敦希思罗机场后，向入境护照检查处走去。检察人员照例问他：是来公干还是旅游？他回答是公干，参加一个会议，就待上几天。检察人员问他开什么会。扎加尼加说自己是研究大脑的科学家。检察人员一听，扬起了眉毛，很感兴趣，问：“像右半脑负责空间识别，左半脑负责语

言这一类的研究吗？”扎加尼加想今天真走运，于是带点骄傲地回答，实际上自己也参与了他刚才说的那项研究。检察人员很震惊，问扎加尼加这次会议的主题是什么。扎加尼加回答是“意识和大脑的关系”。检察人员斜眼看了看他，皱起了眉头，说道：“你有没有想过中途改变主意，不要参加这个会议了？”

检察人员的话反映了普通大众对意识神经科学的怀疑态度。即使是现在，很多神经科学家也有同样的想法。然而，就像我在这一章论述的那样，这个领域在过去20年中取得了令人兴奋的成果，许多研究者开始集中研究大脑的哪些区域与意识的产生有关，这些区域如何相互作用产生经验，神经机制

又是如何运作产生意识的。

大脑产生意识

在第1章中，我详述了我的朋友马丁·蒙蒂让我在功能性磁共振成像扫描仪（fMRI）中做的实验。这种扫描仪可能是世界上最昂贵，同时也是最笨重的聊天工具。但是，这个扫描仪以简洁明了的方式证实了意识是物质的，是由大脑产生的。与之相反的哲学观点都是不可靠的。

我们每天都在操控自己的意识，我们消费的含咖啡因或酒精的东西会影响大脑的运作，从而影响意识。不仅如此，很多医学例子都证明大脑和意识之间关系密切，如很多类型的大脑损伤会引起意识深刻、永久的改变。

如果我们假定，意识仅仅是大脑活动产生的一

种物理过程，那么意识就更具神秘性；同时，也给了我们一个临时的观察平台，使我们以此为基础去探寻答案。不可否认，将意识与大脑联系在一起会引发一系列的问题，但是科学研究正在试图解决这些问题。这些问题包括：意识是由整个大脑的活动产生的，还是由大脑内部某些特定的区域的活动产生的？如果只是跟某些特定的区域有关，那么如何辨别这些区域？神经元的活动方式与意识的产生是否有关？意识与神经元的数量有关吗？意识是否只是与少数神经元有关？只有一种意识形式，还是有很多种意识形式？如果有很多种意识形式，是否不同的脑区产生不同的意识，每种意识的功能都不同，就像我们辨别脸孔的能力与语言能力是不同

的？意识是否必须由大脑产生，其他物质（如硅质计算机大脑）能否代替大脑？我将在这一章回答上述问题。但是我会继续上一章的内容，对意识的目的、构成及机制做更清晰的论述。

不相关联的两派人都在研究大脑如何产生意识。一派研究人员试图发现产生意识的大脑区域及神经机制。同时，另外一派科学家研究与经验相关的神经系统的运作，同样取得了卓越的成就。这派人很少提到意识，他们的研究主题包括工作记忆，注意以及组块。

我将在这一章详细描述一些直接的、正式的证据，说明大脑是如何产生意识的。然后，我将论述与意识密切相关的其他研究，如注意的神经学基

础、工作记忆、组块以及其他相关主题，进一步证明这些过程对意识的重要性。在这一章的最后一节，我将讨论有关意识的神经科学理论，使我们更深入了解意识的本质，尤其是那些有意识和神经学两方面的实验数据支持的理论。

打开意识的闸门

意识的产生究竟与整个大脑有关还是仅与大脑中少数几个关键区域相关联？对意识神经科学来说，这恐怕是最为简单，也是最重要的一个问题。这个问题的答案有大量数据支撑，这些数据建立在对不同部位脑损伤的病人的研究之上，而这些病人的局部损伤部位涵盖了大脑的每一个区域。研究发现，属于人类大脑最原始的爬行动物脑的一部分的小脑（cerebellum），与意识的产生关系甚少。小脑缺失不会对意识造成明显损害。例如，一个天生几乎没有小脑的女人，照样能在电器厂干活，过正常人的生活。

由此可见，并非所有的大脑区域都对意识的产

生起作用。上面的例子也间接回答了另一个问题，即意识是否与神经元的数量有关。如果神经元的数量与觉知水平成正比，那么拥有大脑近80%神经元的小脑应该是意识活动最为活跃的区域。然而，事实并非如此。

实际上，意识产生最为关键的区域是脑干网状结构（the reticular formation）。虽说如此，它很不起眼，也不是本书的重点。脑干网状结构属于大脑最为原始的区域——脑干的一部分，即爬行动物脑的组成部分。网状结构通过一系列复杂的分区控制着睡眠与觉醒周期，这些分区分别参与化学活动和神经元活动。通过这些活动，我们进入不同模式的睡眠或是从睡梦中醒来。例如，当我们做梦

时，网状结构发出信号，传递给脊髓神经，从而抑制身体其他部位的功能，这样我们梦到自己在到处跑，却不会真的撞到墙上去。网状神经一旦受损，后果严重，不是死亡就是深度昏迷——完全失去意识，永远无法醒来。

网状结构对意识的形成不可或缺，并不等于说意识是在网状结构这一原始的部位发生。打个比方，没有电源，电脑无法开机，但是电源是功能最为单一的部分，与操作系统程序毫不相关。

丘脑是与意识形成关联更为密切的区域。丘脑是脑干网状结构的主要输出区，位于脑干上方，处在大脑的中间，地位特殊，是大脑的中枢，其神经元可以从其他脑区接收信息，也可以向所有脑区发

送信息。以前，丘脑主要被视作感知渠道，当信息被输送到大脑皮层时，丘脑通常作为传送的第一站。例如，眼睛通过视束这一密集的信息高速公路传达看到的图像，图像信息汇集到一个被称作外侧膝状体核的丘脑部位，这一部位再将信息送到初级视皮层。近来，丘脑的作用日益受重视，人们意识到它不再只是消极的中转站，而具有成熟的信息过滤和组织功能，对意识的产生发挥着至关重要的作用。

丘脑大面积受损就会成为植物人。与处于昏迷状态的病人不同，植物人有醒着的迹象，如在白天可能会睁开眼睛。这听起来好像植物人大脑的网状结构仍然部分运行着觉醒的功能，其实由于没有足

够的神经联结，他们即使醒着也不能意识到任何事情。丘脑是意识产生的关键部位，有两方面主要功能：信息处理和分配注意。除了在大脑各区域传输信息外，丘脑还负责将注意分配到不同的方向。这点也能说明丘脑损坏的植物人看似醒着，却没有任何定向的意识。试想一下，一个还存有某些感知的生命体，其注意却不能关注任何物体，不能确定任何目标或想法，这种状态能被称为有意识吗？

回到电子邮件这一类比，丘脑相当于承担着一个大公司IT部门的职能。外界所有电子邮件（感觉输入）首先经过IT部门服务器过滤，然后才分发到相应的其他部门。大部分内部电子邮件也要经过办公大楼的IT服务器才能送达接收者。但是这个IT部

门特别具有前瞻性，会过滤掉垃圾邮件。如果有需要，IT部门经理会毫不犹豫地延缓某类特定邮件的送达时间，比如流行音乐，而在那些与公司当前主要项目密切相关的邮件的主题前添加“优先处理”标签。

丘脑损伤会变成植物人，那么一个公司IT部门的服务器出故障又会如何呢？这座办公大楼地下室的发电机很有可能还在照常运作，晚上继续供电，而公司职员也照常用着电脑，还时不时与隔壁同事交流上几句闲话。但是，这座办公楼里，不再有畅通高效的工作交流，处于决策层的经理们对自己公司发生的事情知之甚少，自然也就做不了什么正事。

盲视——意识神经科学的死胡同

如果说大脑产生意识的唯一区域是丘脑，这似乎让人难以置信。因为丘脑属于较为原始的脑区，任何脊椎动物都有丘脑。尽管丘脑是产生意识的重要器官，且直接参与经验的建构，但是其他脑区也至关重要。

30年前，意识神经科学的实验性研究还处于起步阶段。那时关于这门学科的话题只有一个：盲视（blindsight）。20世纪90年代中期，我还在读大学。我们除了探讨大脑如何产生意识这一问题外，几乎很少研究其他问题。几年后，我为本科生讲课，盲视依旧是讨论的重点。因此，本书绕过盲视这一主题似乎说不过去，尽管我认为对盲视的探讨

并不能为意识神经科学领域的研究带来多少真知灼见。

盲视是一种矛盾的、令人困惑的神经学现象。一个人的初级视皮层（位于大脑后部）受损，会导致失明，至少会有部分视域不可见。虽说如此，“失明”一词在这个语境中还是有歧义的。

过去传统的观点认为，视觉受损区域是不能感知的。在盲视患者前左右移动某一物体，然后请患者回答物体向哪个方向移动，他一定会以为你在说笑。你让一个什么都看不见的人，如何告诉你答案呢？他说不定会以为你根本没动任何东西。如果你要他迁就你一次，就算看不见也随便猜猜。让人惊讶的是，他竟猜对了，连他自己都没想到。由此可

见，盲视患者的大脑里仍存有移动物体这一信息，只是缺失了对物体移动的体验，也就是不能实实在在地看到移动这一动作。另一种类似的情况相是“盲摸”（blindtouch）：患者大脑仍存有触觉的信息，只是触摸时没感觉。这一类似的现象表明，感觉信息与对这些信息的体验两者之间存在严重的断裂。对研究意识与信息之间关联性的人员来说，这是个值得探索的议题。以往的说法还暗含着一个观点，即人的体验来自大脑的主要感觉区，一旦丧失这些感觉区，我们对刺激物的体验将不复存在。

上述只是传统的观点，这种观点往往有过于简化问题之嫌。首先，作为研究对象的患者通常没有

完全失明，即便患者的初级视皮层已经损坏，他们也会时而看得见、时而看不见。再者，有些患者在慢慢康复，还有一些患者经过治疗病情好转，这样就很难确定患者确切的视觉水平。更何况感觉信息本身远非完美。让患者做猜测，有些患者猜得准，有些患者猜不准。给患者做详细的测试，结果也是如此：一些患者并没有完全失去视觉，只是视觉退化了，这种退化往往伴随着患者分辨物体能力的减弱。

综上所述，现实情况远比传统、简单的看法要模糊复杂很多：感觉体验是不确定的、变化的，与感觉相关的可用信息也要比预想的少很多。

实际上，信息与体验之间并无严重分裂。对盲

视患者而言，信息和体验都在减弱，只是各自有其独特的、变幻不定的减弱方式。这种情况就如同一所房子，电路出了故障，十多个灯泡只有一个能亮，而这个灯泡发出的光又闪烁不定，一会儿明一会儿暗，产生一种昏暗、摇曳的视觉效果。在这个供电不足的地方，你能做的就是祈望这点微弱的电流不要中断。也许能如你所愿，但你还是希望能够正常供电，看清楚周围的事物。

关于盲视这个话题，最后还有一点要说明。一些人可能会认为，不管怎样，盲视患者的视觉体验还是严重受阻，由此至少可以得出结论：视觉是在初级视皮层上产生的。即便如此，此论断还是有些过头了。较为合理的一种说法是：初级视皮层只是

某类信息的一个早期输出通道，大脑要过些时候才能意识到这些信息。例如，一个人因眼睛受损导致失明，就此断定所有与视觉相关的感觉都产生于眼部，这种结论未免武断。

通过上述说明，我们明白了虽然盲视是一种很奇特的现象，但它对研究意识并没有多大意义。但是，如果换个角度看问题，认为盲视患者对同一个视觉刺激物有时候可以意识到，有时候意识不到，那么通过对这些盲视患者做测试，就能得到有价值的结果。要做这个实验，关键在于控制实验过程。通过小心移动刺激物，使患者不管能不能意识到它的移动，都能准确猜到移动方向。然后，在一切条件都准备好的情况下，对患者大脑进行扫描，观察

患者意识到刺激物移动时，大脑的哪些区域会亮起来，然后对比当患者意识不到刺激物移动时（但此时他还是能够猜对刺激物的移动方向）的大脑情况。“盲视”这一名词是拉里·威斯克朗兹（Larry Weiskrantz）在20世纪70年代中期创造的。威斯克朗兹与几个同事（其中包括阿拉什·萨拉伊）于1997年对一位盲视患者做了功能磁共振成像扫描的实验，结果发现被激活的大脑区域是外侧前额叶皮层。外侧前额叶皮层这个名词上文已经提到过几次，其功能与大脑的工作记忆及其他一些复杂的认知过程紧密相关。但是，需要强调的是，当患者感觉到物体移动时，大脑最为活跃的区域是具有多种功能的非感觉区域，是这些脑区共同发挥功效，完

成当前任务。

通往意识的视觉通道

尽管盲视对研究大脑如何产生意识所起的作用不大，但对相近领域的研究者们却颇有启迪。20世纪90年代中期，以猴子视力为研究对象的研究人员对视觉意识是否在初级视皮层上形成这一问题产生了浓厚兴趣。尼克斯·洛戈赛蒂斯（Nikos Logothetis）和他的工作团队是该领域的开拓者，取得了一系列突破性的成果。他们将电极连接到猴子脑部的不同部位，用以记录猴子大脑神经元的活动情况。研究人员对猴子进行双眼竞争测试（the binocular rivalry test），这个测试如今成为意识研究领域的一个经典测试。双眼竞争测试的操作如下。给左眼呈现一幅图画（如人的面孔），给右眼

呈现完全不同的另一幅图画（如房子），结果被试看到的不是脸和房子的荒诞的混合体，而是先看到房子，过一会看到脸，马上又闪回到房子，如此循环（如图6上）。

如果对人进行双眼竞争测试，只需花几分钟时间向参与者解释，当他看到图像由脸变为房子或者由房子变为脸时要按下按钮。猴子也能进行该项操作，只是需要花几个月时间训练它们正确操作。

洛戈赛蒂斯发现初级视皮层对视觉的作用不大，不像早期有关盲视现象的材料所暗示的那样。尽管猴子的初级视皮层神经元精确地反映了眼睛所见的事物，但是神经元发射的信息很少是猴子实际“感知”到的：只有1/5的神经元发送的信息符

合猴子的实际“体验”。所以，与其说初级视皮层是视觉产生的区域，不如说它是眼睛看到的事物经过过滤后的复制品所在的位置。没有初级视皮层，我们会失去大部分视觉，但这仅仅是因为初级视皮层是大脑皮层第一个、同时也是主要的一个视觉信息中转站，而与它是否有意识无关。

再分析一个现象做进一步说明。你有没有想过，为什么每次眨眼并未感到眼前变黑？在你眨眼时，初级视皮层的神经元活动大幅度减少，神经元反映的是一片黑暗。然而，高级的视觉区域能够在眨眼的瞬间，延长我们对周围事物的感知，从而产生一种视觉连贯性，因为这些区域的主要任务不是反映看见的事物，而是解释、预示所看见的事物。

初级视皮层对视觉产生所起的作用不大，但却承担着从外界挑选天然原材料进行处理加工的任务，它将眼睛所见到的外部世界条理化。^[1]

讲到这，有必要简单介绍一下人类大脑的视觉系统。同样以一个公司作类比。我扮演一个大公司的部门经理，负责处理黄颜色的信息，这个角色处于其他视觉活动的中心，在视觉系统中占据着十分优越的位置。

公司接收到监视器（位于办公大楼前方、正大门上方）传来的信息后，粗大的电缆线从两架照相机（眼睛）提取数据，经由大楼中央的IT服务器（丘脑），传送至大楼后方，在那里蓝领工人（初级视皮层）对数据进行筛选。这些工人在公司地位

低、薪酬低，他们不能发号施令，仅仅执行基础任务和接受简单指令。每一个蓝领工人负责处理从相机传来的一个像素，他们排成垂直支架的列式，处于右上方的工人负责处理左下方传来的像素，而处于右下方的工人则处理左上方传来的像素，以此类推。如果他们共同显示各自看到的颜色，一副完整的图像就显现出来了。

蓝领工人将一堆杂乱的电子邮件发送给薪酬稍微比他们高一点的工人，这些工人也在大楼后方工作，只是办公室略靠前。我就是这批工人中的一个。我不关心单个像素，那些工作太低级。我处理的是100个像素，有100个负责单个像素的蓝领工人不间断地向我发送电子邮件，内容是相机所见的

任何颜色。如果这些蓝领工人传送的像素中出现黄色，我就会很兴奋，然后开始向上级部门发送电子邮件。我隔壁办公室的人员也以同样的方式获取信息，他们也不关心单个像素，而关注一小块空间里的像素。

隔壁办公室的同事和我向位于大楼前方的办公室发送电子邮件。如果我发送有关黄色信息的邮件，而我隔壁同事发送有关黑色信息的邮件，那么我们联系的人中会有一人对收到的黄黑相间的条形图像倍感兴奋，他同样不关心这个图像是从哪个方位传来的（任何方位都无所谓），而是仅仅关心图像本身。

回到视觉系统的讨论。位于大脑后部的初级视

皮层有各种神经元，这些神经元在各自小小的领域内编码，综合处理这些初级视觉神经元传来的信息，就能形成眼睛所看到的图像。这些视觉神经元再向稍高一级的、位置稍靠前的视觉区发送信息，从而使原始数据相连接，进而开始提取重要的、有特色的信息。大致规则如下：在视觉系统中越是靠前、越是远离初级视皮层的神经元，就越能在更广的空间提供更精炼的信息，因为它们有着更高的数据组合水平与意义提取水平。这就像一个视觉组块识别工厂。

一些信息从初级视皮层出发，经过V4视觉区（V4区负责处理颜色，处于这一区域的神经元进行编码的区域略大于初级视皮层），再经过几个步骤

到达颞下皮层（这一区域比枕叶靠前很多，属于颞叶），在这里进行物体识别。举例来说，如果左边空间的任何一个区域出现了一张椅子，负责物体识别的神经元就会被激活。

颞下皮层的神经元是如何表现“黄蜂”这一概念的呢？这需要几千个颞下皮层的神经元共同工作，除此之外，这些高级的神经元还要通过与级别低一些的视觉区域发生联系才能储存信息。颞下皮层表现黄蜂的概念，可能需要与处于V4视觉区域负责黄色和黑色的神经元建立联系，还要与V3视觉区域负责辨别毛茸茸的质地的神经元建立联系，等等。

洛戈赛蒂斯抽查了一些做双眼竞争实验的猴

子，观察它们大脑内比较高级的区域，结果让人惊奇。与初级视皮层较近的区域是负责处理颜色的V4区和负责处理图像移动的MT区。这两个区域反映实际感觉到的信息比初级视皮层要多很多，有将近一半的神经元反映意识到的具体信息。但是颞下皮层又远远胜过V4区和MT区，几乎所有颞下皮层的神经元的活动都反映了猴子看到的物体的特性。

[1]事实上，初级视皮层的功能也不是如此单一。它还可以作为大脑高级区域的灵活的辅助系统。例如，注意力可以提高我们对某一部分空间的感知，部分原因是：视觉皮层的高级区域控制初级视皮层的活动，使初级视皮层的一些分区（如负责处理右上方信息的分区）的活动更为活跃，能敏锐

地发觉任何变化。

前额叶-顶叶网络与意识的关系

视觉区域越专业、高级，反映的信息就越精炼、复杂，而这一区域对意识的作用就越大。但是通过电极研究单个神经元有一个缺陷：只能对一小部分的大脑区域进行研究，不能对其他区域做出推论，因为没有相应的数据支持。例如，我们不能通过这种方式研究盲视实验时提到的外侧前额叶皮层。而大脑扫描的方式，虽然没有利用电极研究单个神经元的方式集中、精确，但是能够同时对整个大脑进行扫描，观察哪个区域与意识有关。

对人类大脑进行功能性磁共振成像实验表明，当我们看到的图像发生切换时，比初级视皮层高级的视觉区域的活动会被激活。但是另外两个区域也

同时亮起来，即外侧前额叶皮层和后顶叶皮层。

双眼竞争测试只是一系列视觉实验中的一个，其他一些实验的结果也是一样的：我们感觉到的是两个竞争的视觉图像相互切换，前后出现（见图6下）。例如，一个著名的实验是这样的：同时呈现给被试一个烛台和两张脸孔的侧面，被试不能同时看到两者，只能看到一个烛台或两张脸孔的侧面。如同在双眼竞争实验中那样，记录被试看到的烛台与脸孔的图像发生切换时大脑的活动情况，就会发现此时大脑的高级视觉区域、外侧前额叶皮层以及后顶叶皮层的活动被激活，而外侧前额叶皮层和后顶叶皮层与视觉功能无关。

之前我很少讨论后顶叶皮层，这个区域总是与

外侧前额叶皮层同时被激活，与外侧前额叶皮层形成一个网络，功能也与之相似。事实上，这两个区域如此频繁地共同被激活，以致被认为是一个大网络，用以处理高级、灵活的思想。尽管两者在功能上有细微差别，但是在这一章我假定它们是一个统一体，称其为前额叶-顶叶网络（prefrontal parietal network）。

到目前为止，我只介绍了被试看到两个图像切换的功能性磁共振成像实验。其实，有很多实验研究在被试觉察到刺激物时大脑活动与觉察不到刺激物时大脑活动之间的差异。例如，斯坦尼斯拉斯·迪昂（Stanislas Dehaene）和他的同事做的一个实验：快速呈现给被试一系列杂乱的方格，方格上没

有任何标注。在这些方格的中间，会插入一张有字的图片。有时候有字的图片与其他方格之间的间隔时间太短，以致被试注意不到有字的图片；有时候时间间隔会很长，让被试注意到有字图片。对比两种情况下大脑的活动，我们会发现与其他实验一样的标准的激活模式：高级的感觉区域与前额叶-顶叶网络都会亮起来。

这个结果并不局限于视觉实验。在触觉、听觉甚至是几种感觉综合的实验中，高级感觉区域与“前额叶-顶叶网络”的活动都会被激活。

证明一个结论的有效办法是：运用尽可能多的方法来检验这一结论，如果每一种方法得出的结论都一样，那么这个结论就是可信的。为了检验上述

结果，常用的方法不是考察大脑某一特定区域的活动是否与某一特定的功能相对应，而是考察这一大脑区域的实际大小是否与某种行为程度有关。最近一些研究运用这一方法考察意识，同样发现意识与“前额叶-顶叶网络”的活动有关。例如，利奥塔·卡耐（Ryota Kanai）和他的同事利用另外一种图像——向不同方向旋转的圆点，被试根据圆点的旋转方向产生两种交替出现的不同体验。卡耐发现，被试的顶叶皮层越厚，他感觉到的图像切换就越多，好像这个大脑区域的容积越大，一个人就能发现越多的意识变化。

另一种检验方法是观察神经病患者。如果“前额叶-顶叶网络”参与了所有的意识活动，那么这

些区域受损会导致患者的某些意识水平下降。这正是研究者发现的结果。安托万·德尔·卡尔 (Antoine Del Cul) 和他的同事让前额叶皮层受损的患者找一个数字：首先快速地呈现给他们一个数字，然后马上出现一连串的字母，目的是干扰被试发现数字。结果显示，患者找到这些数字的能力比控制组（正常人）的能力差。（如果让患者猜测的话，他们识别数字的能力并不比控制组差多少）

对顶叶皮层进行测试，得出的结果也相同。乔恩·西蒙斯 (Jon Simons) 和他的同事对两个半脑后顶叶皮层都受到损伤的患者做了一个记忆力测试。首先让患者听72个句子，句子内容是一些琐碎的事，如“阿尔·卡彭的名片上写着他是个卖旧家具

的商人”。然后让患者猜测，他刚才听到的是女人的声音还是男人的声音，说这句话的人是否相信自己说的内容。这样做的目的是为了误导患者，因为在患者听完所有的句子后，会有个突击测试，要患者回答他们听到的是否仅仅是一组句子的重复（其实，有一半的句子没有重复过）。患者测试的成绩并不比控制组的成绩差，但患者对自己的答案明显没那么自信了，好像他们的记忆力减弱了，尽管他们的记忆力并没有减弱。

另一个很有趣的方法是，观察一个人在逐渐失去意识的过程中（如做全身麻醉时，不断加重麻醉的程度）大脑发生的变化。马特·戴维斯（Matt Davis）和他的同事做过这个实验，对处于麻醉状

态的被试进行功能性磁共振成像扫描，被试通过戴在头上的受话器接收各种句子。结果发现，不管麻醉的程度如何，负责简单的、经过处理的声音的颞叶区域的活动仍然活跃，但是在被试进入睡眠状态后，前额叶皮层的活动马上停止了。

除了扫描的方法，进化与比较分析研究也提供了确凿的证据。通过研究不同的灵长类动物的初级视皮层占整个大脑皮层的比例，发现比起其他灵长类动物，人类初级视皮层占大脑皮层的比例最小。而且，人类视觉的敏锐性也不如其他灵长类动物。我们的其他感觉以及主要感觉区域的大小，比起其他灵长类动物，也同样没什么值得炫耀的，而我们的嗅觉尤其弱。但是，进化使我们学到了一个重要

的经验：拥有什么并不是最重要的，关键在于如何运用拥有的东西。我们通过感觉接收到的原始数据相对较少，但是我们能进行出色的、深入的分析，不断地从中提炼出深刻的见解。与我们相对狭小的感觉区域形成鲜明对比的是，我们的前额叶皮层的面积比黑猩猩及其他灵长类动物大很多，正因为如此，我们才能从稀少的感觉输入中获取深刻的理解。随着知识的不断丰富，我们的意识水平也不断提高：不管其他动物是否具有意识，我们人类的意识毫无疑问是最丰富的，而这离不开我们面积较大又善于分析的前额叶皮层，尽管我们的感觉区域相对较小。

所以结论是，尽管最晚出现的、更为先进的感

觉区域参与了经验的方方面面，但是这些区域必须与“前额叶-顶叶网络”联合运作，才能使我们具有真正的意识。目前，很多研究者专注于将不同大脑区域与意识联系起来，但大多数的研究到此为止，不能深入研究这些大脑区域的机制以及如何对意识产生作用。当然，并不是非要通过这种方式，一个简单的方法是借鉴意识研究领域之外的一些研究者的丰盛成果，如研究“前额叶-顶叶网络”对认知所起的作用。我将在下一节论述这些研究者的成果，进一步阐明意识的形成问题。

前额叶-顶叶网络受损的患者的情况

1935年，杰出的加拿大神经外科医生怀尔德·彭菲尔德（Wilder Penfield）和他的同事约瑟夫·埃文斯（Joseph Evans）写了一份研究报告，首次将前额叶皮层与人类的认知能力联系起来。这份重要的神经科学报告饱含着感人的情感。彭菲尔德唯一的姐姐露丝由于大脑内有一个肿瘤，多年来一直饱受头痛症及癫痫症的折磨。为了救她，彭菲尔德亲自为她做手术，切除了她右半脑大部分的额叶。手术很成功，露丝在手术后的生活正常多了。但是没过几年，肿瘤又出现了，这时已经回天乏术。露丝去世后，彭菲尔德觉得露丝会愿意让别人知道自己的经历，从而对他人有帮助，所以他写了这份很有说

服力的报告，详细描述了露丝失去右半脑前额叶皮层后发生的变化。这份报告为研究额叶指明了一个新方向。

尽管从很多方面看，露丝在手术后很正常，但是她确实经历了一些微妙的变化。最严重的一个问题是：她觉得自己反应有点迟钝，思维不那么灵敏了。报告中举了一个例子，形象地说明了这一点。露丝要为一位客人做饭，这个客人实际上就是彭菲尔德。在手术前，做几个复杂的菜对她来说根本不是问题；但是手术后，做几个菜让她手忙脚乱。开始几个步骤她还能应付，但是要做一道完整的菜，她就应付不来了，她不知道下一步是切菜或是把菜加热。在努力了几次后，她最后放弃了。

露丝在面对多种选择时，变得不知所措。这个例子让人想起前面提到的一种情况：当我们运用一项已经熟练掌握的技能（如网球的击球技巧）的时候，自我意识的参与反而让事情变糟糕。要执行一系列新的、没有形成组块的运动命令，我们的工作记忆空间马上会不够用，结果使动作很笨拙。同样，露丝之所以出现上面的问题，很可能是由于她的工作记忆空间变小了，即使是形成组块的序列她也无法处理，导致她不能应付平常的情况。这种情况会时不时地带给她麻烦，因为她不能处理任何费力的、新的、复杂的事情。

这个报告只是个人经历的陈述，然而有更可靠的证据显示，前额叶皮层受损的患者确实存在工作

记忆缺陷。例如，我和剑桥大学的同事对一群患者（每个患者的左半脑或右半脑的前额叶皮层受过损伤）做过关于工作记忆的标准测试。患者面前的电脑屏幕上出现8个红色盒子，其中一些盒子会闪烁一下蓝光。之后，马上让患者按闪烁蓝光的顺序点击盒子。与脑部没有受损的被试相比，很明显这些患者完成空间工作记忆的任务时存在障碍，尤其是那些外侧前额叶皮层（上一节已经论述过，这一区域与意识密切相关）受到损伤的病人。

忽视现象

在这本书开头，我叙述了父亲中风后对一半的空间视而不见。这种忽视状况，与左半脑或右半脑前额叶皮层或顶叶皮层受损有关，已经作为一种注意综合征而受到广泛关注，虽然在我看来，忽视状态同时也是最重要的意识缺陷问题，它与意识的关系比盲视与意识的关系密切得多。假设患者的右半脑受损，那么有些时候左边的空间对他来说是不存在的（由于大脑以交叉方式运作，所以右脑受损会影响左边空间的感知）。这种现象不是视觉缺陷引起的，如果给患者做视力测试，他的双眼都能看到左右空间的事物。有时候，如果左边空间发生了特别的事情，患者也能够注意到左边。但是，多数情

况患者对左边空间视而不见。测试这一情况的一个经典的方法是：在一张白纸上画一条水平线，让患者在水平线中间画一条垂直线。正常的被试能很轻松地完成这个简单的任务。但是“忽视”患者总是将线画在靠近右端的地方，准确地说，是离左端3/4的地方，好像水平线的左半部分根本不存在似的。

这些患者刮脸同样只刮右边，吃饭只吃放在右边盘子里的菜。如果让他们画一个钟表，他们会将数字挤在钟的右半部，或者干脆省去7~11这几个数字。同样，如果让他们画一所房子，他们只画房子的右半部分，只有半个窗户，半扇门，半个屋顶，这个房子看上去随时都会坍塌。然而，患者意

识不到自己这些行为的缺陷。

患者生活中各个方面都会出现这种情况。他们会忽视来自左边的声音与触觉，甚至连他们的想象也不例外。埃多阿多·贝斯阿克（Edoardo Bisiach）与克劳迪奥·卢扎迪（Claudio Luzzatti）做了一个很简单的实验，结果让人很震惊。让患者想象自己处在一个很熟悉的广场，如米兰的杜莫广场。先让他们想象自己正面对大教堂，然后描述他们看到的所有建筑。患者说出脑海里记起来的所有建筑，但是只是那些在他的位置能看到的处于广场右边的建筑。然后让他们想象自己处在刚才位置的对面，背对着教堂，然后描述看到的建筑物。他们就会漏掉刚刚描述过的那些建筑物，因为这些建筑

物现在处于他们想象视野的左边。然而，这次却说出原先漏掉的所有建筑物。因此，即使在想象中，患者也是完全忽视左边的空间。

不管将这种状况理解为是一种注意缺陷，或是部分意识的缺失，都强化了一种观点，即认为注意是意识的一个关键成分，起着指定方向的守门人的作用。

为了强调半边空间的忽视现象不是纯粹的视觉障碍问题，玛格丽塔·萨里（Margarita Sarri）和她的同事对忽视患者做了一个测试：当患者在功能性磁共振成像扫描仪中的时候，她会去触碰患者左边或右边的食指。有一半的时间，患者没有感觉到左边食指的触碰。不管患者有没有感觉到触碰，患者

大脑皮层中负责手指感觉的区域都会被激活，但是如果患者感觉到触碰，那么未受伤的那个半脑的前额叶-顶叶网络会亮起来。

前额叶-顶叶网络受损导致意识水平下降

习惯性地意识不到一半的世界是一种意识的重大障碍，然而有一个问题：如果这些大脑区域对意识如此重要，为什么这些患者没有受到更大的损伤，为什么他们偶尔还是能够意识到左边的空间？这是由患者的额叶皮层和顶叶皮层损伤的程度决定的。

到目前为止，这一章提到的精神病例子中的患者，其大脑损伤部分只是占了额叶皮层与顶叶皮层很小的比例。多数患者只是一个半脑受损伤，充其量只影响额叶皮层与顶叶皮层组成的网络的一半容量。也有可能这些脑区很灵活，还能正常运作，比其他区域更能够适应损伤造成的后果，没有受到损

伤的部分会承担更多的信息处理工作。如果整个额叶皮层与顶叶皮层都受到损坏，结果会怎样呢？患者还会有意识吗？我没有见过大脑皮层受到这么严重损伤的患者，可能是因为如此重大的损伤会直接导致死亡。然而，有少数几个案例，患者整个大脑的前额叶皮层或后顶叶皮层受到近乎彻底的损伤。这些患者的意识障碍比我之前提到的患者的意识障碍更严重吗？不幸的是，答案是肯定的。

后顶叶皮层虽然在功能上与前额叶皮层相似，但这一区域与空间处理有更多关联。左右半脑后顶叶皮层的顶部都受到严重损伤的患者，会进入一种罕见的状态，称为巴林特氏综合征（Balint's syndrome）。这种病症的患者完全没有空间感，

他们失去了对整个外部世界的空间体验，对他们来说，无所谓这里和那里。这种病症的另一个特征是，患者一次感觉到的物体不能超过一个。即便如此，他们还是不能确定这个物体所处的方位，也不能感觉到这个物体到底是移向自己还是远离自己。如果有很多物体堆在一起，他们只能看到其中一件，其余的都看不到。有时候，即使对一个物体的感知都存在障碍。有一个叫凯的患者能够辨认颜色和单词，但不能同时做这两件事，也就是说，如果他正在认一个单词，他就不能够辨别单词的颜色。虽然这种状况是由于空间识别能力出现问题，但是也反映了后顶叶皮层对工作记忆的重要性。像凯这样的患者，他们的空间工作记忆的容量下降到只有

一个对象，有时候甚至还不是一个完整的对象：这个对象被分成一个个小部分，只有一个小部分能够进入意识范围。

从某种意义上说，前额叶皮层是人类最抽象、最高级的区域。彭菲尔德的姐姐被切除了右半脑大部分前额叶皮层，左半脑的前额叶皮层完好无缺，承担了原本两个半脑前额叶皮层的工作。但是，如果两个半脑的前额叶皮层都失去了，会怎么样呢？这样的例子很少，可能是因为这种情况的患者病得太严重，以致不能对其做科学研究测试。但是神经病学家鲍勃·奈特（Bob Knight）碰到过这样的患者。这个患者处于醒着的状态，但看上去像个僵尸，他没有任何意愿，只是一动不动地坐在椅子

上，睁着双眼。可悲的是，他似乎没有任何有意义的意识。

这些“前额叶-顶叶网络”受到不同程度损伤的患者情况充分说明，这些区域与注意和工作记忆密切相关，一旦严重受损，意识就会下降到很低的水平。

前额叶-顶叶网络的功能

研究者用脑成像扫描的方法研究前额叶-顶叶网络的功能，结果发现，前额叶-顶叶网络与工作记忆及注意的运作密切相关。

如果增加工作记忆的信息，或者工作记忆的各个项目之间的关系变得更复杂，或者要记住的空间位置的数量增多，在这些情况下，前额叶-顶叶网络的活动会增强。同样，注意也会影响前额叶-顶叶网络的活动。如果一个人将注意转向其他任务，或者看着屏幕的时候，屏幕上出现视觉变化，这些情况都会增大前额叶-顶叶网络的活动量。

实际上，前额叶-顶叶网络是大脑内最抽象、最高级的部分。研究发现，我们完成任何一件复杂的

或新的任务，不管这项任务涉及短期记忆、长期记忆、心算还是其他高难度的认知活动，前额叶-顶叶网络都会被激活。因此，这个区域与智商关系最为密切。

这种活动模式反映了我们思想和意识的两个主要特性。第一，我们的认知活动是相互影响的。第二，这些高级的精神活动与意识密不可分。

即使是现在的心理学教材，都将工作记忆、注意、长期记忆、心算、推理等分门别类，好像它们都是各自独立的过程。然而，越来越多的研究表明，各类思维、记忆类型之间相互影响，存在广泛的关联性。

任何思想活动都会激活前额叶-顶叶网络，除此

之外，还存在其他联系。例如，工作记忆与注意密切相关，工作记忆是注意过滤后高效的输出存储系统。控制工作记忆的信息量，尤其是当前任务的信息量，会影响注意的过滤过程。如果工作记忆的信息量已经满了，那么注意就会大为减弱。尼基·普拉特（Nikki Pratt）和同事最近做了一个实验，证明了这一点。让被试完成一个经典的有关注意的任务：被试要在一组箭头中追踪某一个箭头的方向，其余的箭头指向错误的方向，起干扰作用。这个测试很难，要求被试注意高度集中。有几次测试，被试在回答箭头的方向之前，还要在工作记忆中存储一些信息。工作记忆这一额外的任务使被试完成找箭头方向这一任务的速度变慢，准确率也降低，也

就是说，被试关注箭头的注意资源大大减少。普拉特通过脑电图仪还发现，在存储工作记忆项目的时候，关注箭头的注意减弱。这个发现进一步说明注意与工作记忆之间存在关联性。诸如此类的发现使当前一些著名的注意理论将工作记忆归入注意的框架之内。

传统的观点认为，大脑各个区域互相独立，一个区域负责某一类型的思维。比如，一个区域负责注意，一个区域负责工作记忆，一个区域负责长期记忆，甚至还有一个区域负责意识。现在，随着实验证据不断增多，这些传统的观念都被淘汰了。其实，如果要做最细的划分，应该是静止、自动、无意识的处理过程对应动态、灵活、有意识的处理过

程。自动化处理的是那些已经被我们存储到专门的记忆区域和运动区域的作为习惯和目标的内容，这些内容通常是各种意识的产物。意识是一系列紧密联系的处理过程的集合，其主要活动区域是前额叶-顶叶网络，注意和工作记忆是其两大显著功能。本能或无意识的习惯不能完成的任务，就由意识来完成。意识以合理的方式分析和控制工作记忆的内容；如果有必要，可以从一些专门系统获取更多信息；利用多功能的重要的大脑皮层完成复杂的或新的任务，产生新的习惯，下次再出现同样的任务时就不需要由意识来完成了。

前额叶-顶叶网络、意识及组块的关系

但是，组块的过程和发现模式的过程会不会影响前额叶-顶叶网络的活动？虽然几乎所有的实验结果都显示，随着任务难度增大，前额叶-顶叶网络会变得更活跃，但是一组明确的实验结果却得出相反的结论。

我和剑桥大学的同事做的一个测验，得出相反的结论，实验过程如下。让躺在功能性磁共振成像扫描仪内的被试看一组排列成矩阵的红色方格，方格共16个，分4行排列，每行4个。其中有4个方格会依次闪烁一下蓝光。几秒钟后，要被试按闪烁蓝光的次序指出这4个方格的位置。这是一个典型的
空间工作记忆的测试。我们对这个测试做了一点改

动，即蓝光按两种序列闪烁。一种是任意的、无序的，就像传统的空间工作记忆测试那样；另一种利用 4×4 结构排列，使蓝光按方格、三角形或其他对称的有规律可循的路线依次闪烁（见图8）。后一种序列很容易形成组块。被试觉察到了这些组块，并在测试过后谈论这些可以形成组块的序列更容易被记住，因为有模式可循。

如果前额叶-顶叶网络的活跃程度由任务难度决定，那么蓝光闪烁的序列难度越大，前额叶-顶叶网络的活动就会越活跃。但是如果结果正好相反，就说明组块的过程有其特殊之处，这些有结构的、容易的序列比没有结构、难度大的顺序更能增强前额叶-顶叶网络的活动。

事实上，比起没有结构的、难度大的序列，有模式可循的、更容易的顺序能够使被试的前额叶-顶叶网络的活动更强烈。因此，在某些情况下（至少在有组块的情况下），任务的难度与前额叶-顶叶网络活动强度不是成正比。

由于这个实验结果有些出人意料，我们又重复做了一些相类似的实验，这次是用数字来做测试。被试在功能性磁共振扫描仪中听到8个单独的数字，过了几秒钟，让他们按听到的顺序重复这8个数字。有些数字按明显的次序排列，如8、6、4、2、9、7、5、3（先是递减的偶数，然后是递减的奇数）；另一些则故意排得很杂乱。结果就像上面的空间结构测试那样，有结构的数字序列更容易被

记住，因为被试可以将其合并成组块，而这些序列能增强前额叶-顶叶网络的活动。

这里有一个很重要的问题：被试的反应是由于原先存在的组块的记忆（如方格、单个数字或偶数顺序这些我们从小就熟知的内容）的驱动，还是被试能够很快注意到组块，发现模式，将其作为新的、有效的方法应用到测试中。为了弄清这个问题，我们设计了一个新的实验方案，还是以语言工作记忆和数字作为测试内容，但这次不是单个数字，而是两位数的数字。这样，给被试的数字顺序很可能是他们之前没有见过的，确保他们是在寻找新的数学模式，而不是原先就存在的记忆。例如，让被试记住下面的数字序列：57、68、79、

90（数字间按11递增）。另外再让他们记住没有结构的、不能形成任何组块的数字顺序，如31、24、89、65。这样的测试里同样有基于记忆的组块，目的是看这些组块是否也能激活前额叶-顶叶网络的活动，如果能的话，强度到底有多大。为了使被试能够以记忆为基础进行组块处理，在做扫描之前，我为每个被试至少做了4个小时的训练，让他们记住20个不同的、不具有结构的4个数字组成的组块。我让他们想象自己在玩一个游戏，他们是一个中等规模的公司的新职员。刚进公司，他们必须记住公司里20个重要职员的长相、姓名、电话分机号。经过一系列不断升级的训练，他们每个人的脑子里都存有一组4个数字组成的数目。在扫描过

程中，如果他们看到21、05、81、63这样的数字排列，会想起工作记忆里的内容：2105是一个电话分机号，上个星期做训练时已经熟知这个数字了；8163是另外一个分机号。这样，我们就得到3组不同的工作记忆数据：一组是具有数学结构的数字；一组是具有记忆结构的数字（由他们熟记的电话分机号的数字组成）；一组数字没有任何结构（这种情况下，被试只能依靠工作记忆，而且不能形成组块）。通过这三组数字，我们可以区分大脑区域被激活是由于数学组块还是由于建立在记忆基础上的组块。事实上，我们还有两个控制条件，一个对应记忆内容，一个对应心算内容。这两种情况都不需要被试执行数字序列的任务，也就是说，被

试没有机会运用组块功能。

跟其他测试一样，比起没有结构的序列，被试更容易记住那些通过记忆或是数学方法组成组块的序列。两种类型的组块序列使前额叶-顶叶网络亮起来的程度比没有结构的序列使这一区域亮起来的程度要强很多。而且，包含数学组块的情况与相对应的受到控制的条件（被试执行心算的任务，但没有运用组块功能）相对比，前者能使前额叶-顶叶网络更活跃。同样，以记忆为基础的组块序列与相对应的控制条件（需要同等程度的记忆，但不需要运用组块功能）相比，前者使前额叶-顶叶网络更活跃。这证明，在被试执行可形成组块序列的任务时，前额叶-顶叶网络的活动不仅仅是受心算或者

记忆的驱使，而是受与组块相关的其他因素的作用。但是，将数学组块与以记忆为基础的组块相比，前者仍然使前额叶-顶叶网络更活跃，这点让我很震惊。这充分证明，包含数学组块的任务是前额叶-顶叶网络活动的最大驱动力。让一个科学家列出能最大程度激活前额叶-顶叶网络的任务，答案很可能是工作记忆、长期记忆、心算。但是这个实验表明，包含数学组块的任务能够使前额叶-顶叶网络的活动最活跃，即使与建立在记忆基础上的组块的任务相比也是如此。换句话说，这个实验证明了很多复杂的任务都能够激活前额叶-顶叶网络，但是当被试积极寻找新模式时，前额叶-顶叶网络的活动最活跃。

另外一些研究也将组块功能与前额叶-顶叶网络相联系。致力于长期记忆研究的卡里·萨维奇（Cary Savage）和他的同事做的实验表明，如果运用类别策略记住一系列的词（比如，记住属于一个类目的所有植物或金属元素），组块功能不仅能激活前额叶皮层活动，还能提高成绩。对工作记忆进行测试，得出同样的结果。维韦克·普拉巴卡尔恩（Vivek Prabhakaran）与合作者让被试记住一些字母，如果被试通过将每个字母对应一个空间位置的方式，将字母组合成组块，那么被试前额叶皮层的活动会加强。克里斯托弗·穆尔（Christopher Moore）、迈克尔·科恩（Michael Cohen）与查恩·兰格纳斯（Charan Ranganath）做的另一个实

验证明：将抽象的事物进行归类的反复训练，能够使被试在记忆的基础上将这些事物形成组块，从而提高被试的成绩，并且使前额叶-顶叶网络活动更活跃。

最近，斯坦尼斯拉斯·迪昂（Stanislas Dehaene）和他的工作团队做了一个很有意思的实验。实验显示了从有意识地发现一种模式到以一种常规的、自动的方式运用这种模式的转变。让被试在字母ABCD中发现新的序列。被试先选择A，结果显示错误；然后再选择B，结果显示正确。到目前为止，他知道这个序列的第一个字母是B。接下来他可能会选择C作为第二个字母，结果显示错误。在这个时候，要求他重新开始排序，但至少他

现在知道第一个字母是B，然后再选第二个字母。最后，通过几次尝试和犯错，他会找到这个新的序列，然后又开始新一轮测试。开始，他对每个字母都试了一遍，这时前额叶-顶叶网络会进行大量的活动，但是一旦这项任务变得常规，没有新意，前额叶-顶叶网络的活动就减弱了。当任务可以自动地被完成时，前额叶-顶叶网络停止活动，要找到字母序列，只需要少量的意识。换句话说，这个实验表明，前额叶-顶叶网络进行的有意识地寻找模式与只需要专门的大脑区域来完成的无意识的习惯，两者有明确的区别。

上面所举例子的组块很明显，很容易被被试发现。如果被试由于某种原因不能发现组块，结果会

怎样？会不会由于没有发觉这些有结构的序列而不能激活前额叶-顶叶网络？我很幸运，能够回答这个问题。我对一个很特别的人——丹尼尔·塔米特（Daniel Tammet）进行测验，他对所有的数字组块一无所知。塔米特是一个像俄国记忆天才舍雷舍夫斯基那样的奇才。与舍雷舍夫斯基一样，塔米特有极强的联觉（synesthesia）。有联觉的人通常将颜色与特定的数字相联系。但是，塔米特的情况还要特殊，他不只对前10个数字有不同的体验，而是对1万个数字产生各种不同的体验。不仅如此，他对数字的感知不仅与颜色有关，还与质地、形状、高度甚至是触觉有关。当他看到一串数字，他的体验丰富生动到不可思议的地步。塔米特还患有一种

被称为亚斯伯格综合征 (Asperger's syndrome) 的自闭症。

塔米特在测试中能记住的数字比其他被试多很多 (尽管他记住的数字已经比他正常情况下能记住的减少了一些, 因为我故意将数字涂上与他的联觉相抵触的颜色, 干扰他的记忆)。他刚创下一个欧洲纪录——记住圆周率小数点后的位数长达22 514位。据他所说, 做到这点很容易, 最难的是他要花5个小时背出这些数字。他还有异常惊人的心算能力, 例如, 他能将2个两位数相除, 给出的答案精确到小数点后100位数。塔米特还具有语言天赋, 能在一周时间学会一种语言。虽然他患的亚斯伯格综合征使他的注意比大多数人更集中, 但他那

些特殊的才能主要与他对数字的体验有关，数字能引起他多方面的感觉，每个数字对他来说都是特别生动、鲜明。记住数字或者进行数字运算对他来说很容易，只要将脑海中各种光怪陆离的感觉转换成数字就行了。

我们决定在他执行包含组块功能的任务时，观察他大脑的活动情况。让他记住8个数字，其中一半具有像8、6、4、2、9、7、5、3那样的结构，另外一半是任意、无序的。实验后，我问他，这些序列里面有没有难易之分。不出所料，他认为所有的数字一样容易。因为他不像普通人，对他来说，记住8个数字的序列非常简单。但是我再问他几个问题，让人惊奇的是，他根本不知道有些数字序列

具有明显的结构特征。实际上，他对各种外部结构一无所知。他的大脑活动反映的情况是：和其他被试完全不同，与无结构的数字序列相比，有结构的数字序列没有增强他的大脑活动。他也没有意识到序列的结构，没有以任何方式发现模式以形成组块，从而减轻工作记忆的负担。塔米特不能注意到组块，也就不会因这些有着明显结构的形式而激活前额叶-顶叶网络的活动。他的例子说明，为了激活前额叶-顶叶网络，我们确实需要利用组块的功能。

当然，对塔米特来说，这些数字序列也不是完全不具备结构。他可能意识不到那些可以形成数学组块的序列的结构，但由于他有丰富的联觉，从某

某种意义上说，每个测试都是高度结构化的，只是这种结构存在于他的脑海里，每次想到一串数字，他就会体验到很多不同的感觉。考虑到这点，不管数字序列有无结构，与普通被试相比，每次测试塔米特的前额叶皮层的活动都要更活跃。因为对塔米特来说，每次测试（不只是有结构的序列）在某种程度上都要形成组块。因此，这个实验以两种让人意想不到的方式再次证明了组块、意识和前额叶-顶叶网络的关联性。

这些证据表明，意识与前额叶-顶叶网络密切相关。前额叶-顶叶网络不仅支持注意与工作记忆，而且支持任何新的或复杂的任务。但是要想最大限度地激活这一区域，或者说要想使意识发挥最大的

功效，必须探寻某种有用的模式。我们高级的认知系统包含了组块功能。也许组块功能也是意识的核心。这种组块机制使我们跨过障碍，找到富于创新的解决办法，使我们从经常犯错过渡到熟练地掌握一种技巧，最后形成习惯。

和谐的经验

不可否认，上述内容只是粗略地描述了大脑如何产生意识。如果深入分析这个问题，就要弄清楚神经元是如何交流，从而使我们产生经验的。虽然我在前面分析了注意形成的过程，相当于神经元同盟之间为支配权而进行斗争的过程，但是神经元之间的交流还有另外一个特性，那就是使大脑细胞互相联系的活动波。观察活动波的主要工具是脑电图仪，虽然它没有功能性磁共振扫描仪这么高的空间分辨率，但是它能在每毫秒记录大脑活动，而功能性磁共振扫描仪记录大脑活动要花一两秒钟。

弗朗西斯·克里克 (Francis Crick) 是这一领域的先锋。作为20世纪最著名的科学家之一，克里克

在20世纪50年代与他人一起发现了DNA的结构，在接下去的30年中致力于基因研究，最近20年又转向意识科学领域，他认为意识研究是生物学中最难的一个领域。

克里克一个广为人知的观点是，当神经元以某种方式和谐地运作时，意识随之产生。神经元之间亲密合作的频率是 γ 波频率，平均40赫兹，这是神经元运行的最高频率之一（也是注意运作时的频率）。

虽然有充分证据可以证明 γ 波与注意的关系，但是这个观点需要做一些修正。例如，当老鼠在全身麻醉的状态时，也可以测到它的大脑内有 γ 波和 δ 波。而且，老鼠在深度睡眠时，大脑也会产生显示

这些神经元同步性的活动波。

这个结果纠正了 γ 波能够反映意识的观点，表明要产生意识，仅仅靠邻近的神经元以 γ 波的频率交流是不够的，还需要处于不同区域的神经元以 γ 波的频率相互联系，比如位于前额叶皮层靠前位置的神经元与位于后顶叶皮层靠后位置的神经元之间的联系。

也可能对意识来说， γ 波的速度还是不够快，需要一种“高速 γ 波”，频率在50赫兹左右，甚至250赫兹。这个论题现在成了意识研究领域的热门话题。这个速度太快了，如果使用脑电图仪，会受到头皮的信号干扰。但是，在切除癫痫病灶的手术中，可以将电极直接连接在癫痫症患者的大脑皮层

上，方便观察患者癫痫病灶的位置。当电极与神经元直接接触，脑电图仪就能够轻易捕捉到这种高频率的活动波。有两个实验室（斯坦尼斯拉斯·迪昂在巴黎附近的实验室与鲍勃·奈特在伯克利的加利福尼亚大学实验室）都成功地运用这种技术，切除患者的癫痫病灶，患者后来能够清醒过来。这表明，这种高速的神经元活动波与意识关系甚密，与比它低的频率相互协调，这种高速波是意识产生时神经元的主要特性。为什么需要这么高的频率呢？

答案与意识的目的有关。为了使意识能执行复杂的任务，产生深刻见解，需要有两种方式的联结。第一，注意不仅要挑选合适的对象存到工作记忆中，还要将这个对象各方面的特征都综合为一个

连贯统一的整体。比如，当我看到屏幕上穿红色衣服的安吉丽娜·朱莉时，我不是将她的眼睛当作一个单独的对象，将她的鼻子看成另一个独立的、不相关联的对象，将她的手、名字与声音看作另外一个对象。相反，我将她看作一个统一、复杂的整体，由各个不同的成分联系在一起。重要的一点是，虽然她由各个不同的部分组成，我还是会认出她是安吉丽娜·朱莉。

朱莉衣服的红色会呈现在位于我的大脑后部的视觉皮层上，她的脸会呈现在位于我的大脑皮层底部的梭状回面孔区（fusiform face area），她的名字和其他特征会呈现在颞叶前方的语义存贮区（semantic store），等等。很多专门的大脑皮层

区域与前额叶-顶叶网络一起参与了对安吉丽娜·朱莉的辨识过程，而前额叶-顶叶网络的作用相当于工作记忆中信息管理部门的一个临时聘用的经理。如果所有这些不同的区域都需要联合起来，共同反映安吉丽娜·朱莉这个对象，那么缓慢的神经元频率（如几个赫兹）显然不能完成这个任务，因为一时间要处理太多的数据信息。缓慢的频率（ δ 波）一般是全身麻醉的状态下的频率，意识的频率则完全不同，要越快越好。高速 γ 波产生于大脑的中心站——丘脑，然后在大脑皮层的相关区域传递，将一个意识对象的所有成分都联结起来。

产生意识的第二种联结是工作记忆各个项目的联结，目的是为了发现模式或组块，或仅仅是为了

维持各个项目的序列。大脑皮层神经元的快节律能维持不同对象之间的联结，使我们在工作记忆中对这些对象进行分析和控制。

脑电图仪的精确度达到毫秒，能为意识提供精确的时间表。高速的 γ 波节律不是立刻反映刺激物，相反，这个时间有点延迟，因为大部分脑区要协调活动，至少需要300毫秒的时间才能完成。这个时间接近注意过滤当前目标的感觉信息所需的时间。

各种意识理论

现在，我可以在实验的基础上，对意识产生的经过做一个完整的描述。如果我看到一朵红色玫瑰，我对玫瑰的体验在1/3秒内就形成了：首先是神经元之间展开激烈竞争，结果使我的注意转向玫瑰。超快速的、和谐的神经元节律从丘脑出发向各个方向传递，使储存在大脑皮层各个专门区域的与红玫瑰有关的神经元各种信息相互融合。这个高频率、统一的意识组块同样会向前额叶-顶叶网络传递，于是经验就形成了。

但是，如果面对一项复杂的或新的任务，意识会表现出它真正的潜能。前额叶-顶叶网络的活动反映了各种活动，如忙碌的工作记忆、集中的注意

和对模式的贪婪追求，这些活动的目的是为了战胜任何心理障碍。同时，大脑皮层的专门区域（如位于颞叶前端的区域）会提供具体内容，支持意识。

将来几十年，意识研究者面临的挑战是：研究神经元如何共同反映信息，什么样的神经元相互作用产生了意识。例如，信息是如何通过高速 γ 波在梭状回面孔区和前额叶-顶叶网络之间传递，从而使我认出女儿的面孔的？神经元反映信息过程中是如何进行解码的？如果能够在同一时间记录下不同区域的几万个神经元的活动，那么上面的问题都可以得到解决。但是，目前只能同时记录几十个神经元的活动（这些实验在人类的近亲猕猴身上开展），所以运用现在的技术，还远远不能收集到足

够的数据。但是，我们有理由相信，在未来10年或20年里，技术将得到提高，能使我们发现产生意识的神经元活动的精确情况。

同时，很多科学家在实验的基础上提出了不少理论。不可否认，在20世纪的最后二三十年里产生的一些理论相当粗糙、不成熟。例如，有一种理论似乎建立在无可挑剔的三段论的基础上：因为意识是神秘的，而量子力学也是神秘的，所以可以用量子力学来解释意识。但是最新的实验发现证明了这种理论的错误。当前各种著名理论有一个突出特征，即这些理论的基本立场都是一致的。

当今最流行的三种理论都认为，意识的产生过程是信息在大脑皮层传递的过程。但每一种理论视

角不同，存在细微区别。

维克托·拉米（Victor Lamme）的“循环过程模型”（recurrent processing model）一开始就提出一个让人不快的论点：我们以为自己知道什么时候具有意识，但这种想法是完全错误的。根据拉米的观点，很多时候我们具有意识，但我们根本不知道。他不谈心理学，不谈我们能够说出或不能够说出的经验，而是围绕大脑内发生了什么这个问题展开论述。有时候，大脑的一个区域将信息传送给另一个区域，但第二个区域不会将信息反馈到第一个区域。另外一些时候，会出现“循环的过程”：两个区域交换信息，实现双向交流。拉米认为，只有第二种情况的神经元活动才会产生意识。如果这种

双向交流在专门区域之间进行，如不同的视觉皮层区域，那么会产生某种程度的意识，但这种意识程度还不够，不会产生“啊，这里有一朵红玫瑰”这样的意识。但是如果这种双向交流延伸至前额叶-顶叶网络，就会产生完全的、深层的意识，我们就能说出自己看到了什么。

拉米认为意识层次的信息传递需要“循环过程”，这是一个很合理的观点。但是，拉米坚持认为，当我们确信自己没有意识到什么的时候，我们仍然是有意识的。为了建立一种连贯的理论，怀疑经验的可信性固然是可以的，但是完全忽视了自己试图解释的事情是不理智的。经验的复杂性决定了我们感受周围世界的方式，拉米拒绝承认这点，因

此他的模型不能深入解释意识的本质和目的。

最符合现有数据的模型，也是我在这本书中一直讨论的意识观点，是由斯坦尼斯拉斯·迪昂与让·皮埃尔·尚则（Jean-Pierre Changeux）提出的神经元全局工作空间模型（the global neuronal workspace model）。这个模型在很大程度上是伯纳德·巴尔斯提出的全局工作理论在神经元领域的应用。根据巴尔斯的理论，意识相当于工作记忆，类似于舞台上的聚光灯，或者类似于画在具有多种功能的认知白板上的涂鸦，它只存在一两秒的时间，但是意识能够从庞大的无意识知识储备中提取工作记忆项目，并对其进行控制。

神经元全局工作空间模型同样将大脑分为专门

区域与多功能区域。大脑网络的专门区域存储记忆，接收来自感觉的数据。这个区域的神经元缺乏联系，当我们完成一项轻松、自动、基本上是无意识的任务时，只要这些神经元就足够了。处理视觉信息的颞下皮层就是其中一个例子。多功能区域在大脑网络中心，包括前额叶-顶叶网络和丘脑，当执行一项艰难的任务时，这些区域就开始活动，使整个大脑皮层同时被激活。这一核心区域包括很多神经元之间的远程联结，使神经元工作空间从位于大脑网络外面一层的专门区域吸收专门知识。如果有必要，前额叶-顶叶网络和丘脑还可以控制和改变专门区域的活动，从而进行复杂的信息处理，完成困难的任务。这个中心区域的活动，尤其是前额

叶-顶叶网络的活动，产生了意识。

以一个区域与其他区域相连接的程度作为标准，前额叶-顶叶网络中的主要区域——外侧前额叶皮层是最高级的区域，虽然顶叶皮层和丘脑在这方面也不比前额叶皮层落后多少。所以，前额叶-顶叶网络和丘脑一起构成核心区域，从其他区域收集信息，执行最复杂的任务，经过信息处理使我们产生经验。

因为迪昂的模型与实验神经科学证据关系密切，所以很多人都指责他没有进一步挖掘意识的本质。

第三个理论是由朱利欧·托诺尼（Giulio Tononi）提出的“信息整合理论”（information

integration theory)。这个理论的研究方向与其他两个相反，只讨论意识机制，而不谈大脑运作的具体情况。信息整合理论是目前最抽象、目标最为远大的理论。^[1]作为一种数学理论，信息整合理论试图将意识与信息本质联系起来。前面两种模型都是以大脑皮层网络的活动为基础，而托诺尼的理论能应用到任何具有节点 (nodes) 的网络，不管是相互联结的神经元，还是计算机晶体管，或者是任何你能想到的载有信息的对象。在托诺尼看来，意识网络的容量与它能反映的不同类型的信息量以及这些信息能否有效联结直接相关。在一个网络中，节点越多 (只要这些节点与其他节点密切相连)，信息相互联结的形式就越多，这个网络产生意识的

能力就越强。 [2]

这个模型很简单，却很有说服力，清楚地解释了注意的运作原理：将一个对象的各项信息相互联结，形成统一的整体。这个模型也能解释前面提到的神经元全局工作空间模型，神经元全局工作模型也关注集中相互关联的各类信息的、密集的中心网。

根据信息整合理论，像小脑这样的区域对意识的产生没有多少作用，因为小脑只有少数的神经元联结。而像初级视皮层这样专门的大脑区域对意识的产生只起到了很小的作用，同样是由于初级视皮层处在网络边缘的原因。相反，前额叶-顶叶网络由于内部联结紧密以及与很多专门区域密切相连，

能够产生高层次的意识。

没有前额叶-顶叶网络，我们只能处理单个信息。例如，安吉丽娜·朱莉衣服的颜色作为一个数据，她的声音是另一个完全不同的特征，等等。但是，由于联结密集的前额叶-顶叶网络的作用，以及注意将各项特征相连接，这样产生的信息的丰富性远胜过单个数据的集合，而意识也在这个过程中产生。

这个网络能够容纳多少信息量与其拥有多少不同的活动状态是一致的。实际上，这也意味着我们有多少种不同的经验。我们认为狗比我们低等：如果是同样的信息输入，由于我们的前额叶-顶叶网络具有强大的分析能力，我们能够以很多不同的方

式将各种感觉数据联结起来，因此，我们的经验范围要比狗大很多。

几个世纪以来，困扰哲学家的关于我们的精神世界的两个问题是：为什么意识是主观的？我们的大脑是如何让我们体验到各种感觉的（从看到一朵红玫瑰的感觉到听贝多芬交响乐的感觉）？托诺尼确信自己的理论能够解决这两个问题。

托诺尼认为，意识具有主观性——我的经验只属于我自己，他人无法感觉到——是意识最主要的特性，他的理论也会证明这一点。如果意识只是大脑网络最密集的那部分的活动产生的，为什么我的意识能够延伸到我的大脑之外，和另一个人的意识相连通？首先，没有一个网络能做到这一点。即使

这种联结是可能的（如我通过某种神经移植将我的大脑与另一个人的大脑联结起来），如果这种联结很微弱，那么就产生了两个网络、两种意识，两者之间有着微弱的经验联结。这种情况跟连体双胞胎塔蒂亚娜与克丽丝塔的情况很相似，她们是两个不同的个体，有时候一些感觉可以共享。因此，主观性绝不是哲学难题，只是反映了紧密联系的网络产生复杂统一的信息项目的方式，我们把这种可计算的过程称为意识。

是什么使我体验到各种感觉？为什么我看到女儿眼睛颜色是深棕色？为什么我能听到她那甜美的叽里咕噜的说话声？当我抱她去睡觉时，抚摸她柔软的脸颊，为什么会有种特别的感觉？根据托诺尼

的理论，我们的体验来自某些特定的感觉，这些特定的感觉在有着互相连接的信息形式的巨大空间占据了某个点。我女儿眼睛的颜色在我看来是深棕色的，是因为这种颜色与我看到的其他颜色产生信息对比，类似的信息内容会引发类似的体验。但是我对这种颜色的体验与其他感觉体验完全不同，由于信息内容不同，感觉也会很不同。因此，我们具有的每一种体验，都是一组独特的信息，有鲜明的特性，与其他体验不同。

有人可能会说，这些大胆的意识观点与哲学论点同样正确或同样错误。我想托诺尼会第一个承认，他的理论虽然推理严密，但目前只是提供了意识研究的框架。信息整合理论的某些推论有些怪

异，与神经科学一些数据不一致。例如，这个理论没有以任何方式将不断增强的神经活动与意识的产生联系起来，所以根据这个理论，静止的大脑也可能产生高层次的意识。这个结论与我在这一章讨论过的所有研究结果都是相矛盾的。而且，这个理论没有区分无用的、不具备模式的信息形式和具有高度结构、深刻见解的组块，我已经重复提过，后者是意识的标志。

但是，托诺尼与哲学家不同，他提供了一种大胆的、具有启发性的观点，以科学的方法探索深奥的意识问题。这个理论能够在网络结构和变化状态的基础上，计算出动物或机器人在某个特定的时间存在的意识的数值，所以马上有人利用这理论做了

很多有趣的实验。但是，要计算出这个“意识的数值”需要太多的运算，如今最先进的计算机都无法做到，即使是对一些简单的只有少数神经元的动物做实验，都无法得到这个数据。所以，目前要将这个理论付诸实践，还存在很多限制因素（尽管我会在下一章讨论科学家运用各种方法得到意识数值的近似值）。

事实上，所有意识理论存在一个普遍的不足之处：过于关注数学或神经生理学数据，而忽略了意识的心理学成分。在我看来，将来的理论要将注意作为意识研究的关键因素，而不是像现在一些科学家那样，将注意看作一个独立的过程。如果能够将工作记忆也包含到意识研究中（目前只有神经元全

局工作空间理论做到这一点），那么结果将更可信，例如组块过程作为意识的基本成分，能够解释我们的意识为何能产生如此富于创见的思想。

最后，检验这三种模型的正确性的方法是：这些模型是否能预示意识的心理特性及相应的神经活动情况，而这些内容在将来的实验中会得到证明。目前的理论，尽管有远大的目标而且方向一致，但只是处于意识研究的起步阶段。

[1]由杰拉德·埃德elman (Gerald Edelman) 和阿尼尔·塞思 (Anil Seth) 提出另外两个理论与信息整合理论很相似，同样试图将意识与大脑处理信息的复杂性相提并论。我在这里选择信息整合理论，因为它在三者中最著名，论证最详实。

[2]在这个模型中，联结越多，连通性越强，越理想。关键是，这个网络有多少种不同的状态。通过对称结构可以较好地说明这个问题。例如有27个节点，按 $3 \times 3 \times 3$ 排列，形成一个立方体。如果每个节点都与其他任何一个节点联结（或没有任何一个节点与其他节点联结），那么角落里一个节点发亮的程度与其他节点是一样的。但是如果换种情况，每个节点与其他26个节点中的5~20个节点联结，那么角落里那个节点发亮的程度就是独一无二，因为没有其他任何一个角落里的节点的结构与这个节点相同，因此它的信息状态是独特的。由于这个立方体的联结不是对称的，因此能反映最多的信息。

解释经验

意识理论即使还存在一些重要分歧，但已经为我们展现了一副令人兴奋的画面。意识理论第一次完整地解释了意识的起源和作用，以及经验的精神构架和神经学基础。

我们上学时都学过，生命存在需要一整套的化合物，这些化合物的比例要恰当，像水、碳的比例。这些成分很重要。但是，更为重要的是，在为生存和繁殖进行的斗争中，在基因不断调整以适应环境的过程中，生命体还有收集信息的压力。所有生命体都是生物计算机，通过不断获取各种有用的知识从而在世界上获得立足之地。所有成功的生命体通过储存在DNA上“想法”，获取重要信息。

在所有生命体中，动物的学习能力最灵活。它们收集重要的新信息，使自身生存并适应环境的变化。它们不仅将信息传给下一代，而且在自己的生命周期里不断更新信息。我们人类刚出生时很脆弱，只有少数几种本能和感觉，但是人的思想是开放的。在我们的一生中，我们吸收了无数的信息。一些简单的特性不需要意识就能被觉察到，但是通过注意，我们在十分有限却非常灵活的意识工作空间汇集了最有用、最新、最复杂的信息。在这个充满经验和思想的空间，我们获取见解，发现世界上隐藏的规律，从而了解世界并征服世界。我们的意识做到了这一点，意识存储了无数我们可以检索和控制的信息。我们的大脑巧妙地紧密相连，信息可

以很容易地从存储各种专门知识的区域传递到其他区域，这些区域没有某一特定的功能，但与大脑其他部分紧密相连，因此通过神经活动的高频波，信息可以在大脑内流通。通过丘脑以及前额叶-顶叶网络内的神经元忙碌工作，我们不仅将红色与某个简单的形状相联系，我们看到的是一朵鲜艳的红玫瑰，我们闻到玫瑰的香味，还将玫瑰与某个浪漫的恋人相联系（我们刚将一朵玫瑰送给这个恋人，并希望与她共度今后的人生）。

弄清楚意识的心理学特性和神经学特性后，我将论述如何运用我们的经验。首先，我将分析一些患者的意识，这些患者不能通过语言叙述自己的感受。然后我将论述有关经验的新的科学观点。

第6章 解读动物的意识

温柔的黑猩猩与反复无常的倭黑猩猩

位于英格兰多塞特郡的“猴子世界”是世界上最大的灵长类动物营救中心。中心照管的灵长类动物有红毛猩猩、长臂猿、猴子、狐猴，但以黑猩猩居多（有60多只，这里是除非洲之外黑猩猩最多的地方）。这些黑猩猩之前大多无人照管或遭受虐待，如今得到工作人员的精心照顾，过得快乐自在。“猴子世界”很受欢迎，很多电视纪录片都在这里拍摄，记述了发生在中心里的各种趣事。下面的故事便选自其中一集纪录片。

几年前，工作人员在黑猩猩奥林匹娅体内装了

节育器（中心其他雌性黑猩猩也都装有节育器）。但奥林匹娅不知怎么拿下了节育器，而且很快就怀孕了。女儿赫柏出生后，奥林匹娅一直很尽责，但过了一年，它没有乳汁了。工作人员做了一个艰难的决定：将赫柏带走一阵子，用人工方式喂养它。六周之后，再让赫柏定期与奥林匹娅见面，但每次见面时间都不长。工作人员希望，等到赫柏不再需要喂奶了，再让它回到奥林匹娅身边。当时，“猴子世界”的负责人是吉姆·克罗宁和艾莉森·克罗宁夫妇（很遗憾，吉姆现已去世）。他们很担心，不知道这对黑猩猩母女见面时会有何反应。因此决定先试探一下。经验丰富的管理员杰里米·基林与赫柏待在一间特殊的育婴室里，当奥林匹娅被带进来

时，赫柏紧紧地贴着杰里米。

奥林匹娅进房间之前，焦躁不安地贴在门上，她知道女儿就在里面。门一开，它立刻进去，想从杰里米手里把女儿抱过来。但赫柏不太认识它，显得很心烦，死死抓住杰里米。奥林匹娅没有泄气，开始想办法。她表现得很淡定，走到房间的一个角落里，用稻草做了一个漂亮而舒适的小窝。赫柏慢慢发觉，这只大黑猩猩并不危险，还有可能与自己有特殊关系。她离开杰里米的怀抱，向妈妈和舒适的小窝走近了几步。但是，当奥林匹娅靠近它时，它又改变了主意，转身跑向杰里米。

于是，奥林匹娅又想了一招。当赫柏和杰里米待在桌子旁边时，奥林匹娅便蹲在桌下，热情地伸

出胳膊，万一赫柏想扑过来玩，随时可以接住它。但赫柏还是不为所动。奥林匹娅接下来的新招就是假装不理赫柏，而是专心地梳理杰里米浓密的胡须。赫柏终于不再紧张，让奥林匹娅轻柔地抚摸自己的手臂。奥林匹娅仔细地上下打量赫柏，好像在确定女儿一切都好。事情总算有点进展了，但奥林匹娅仍然没有得到渴望的拥抱。于是，奥林匹娅试了最后一招：假装离开。她向房间外面走去，打开一扇金属笼门，再从外面把门关上，在这个过程中，她一直在观察女儿的反应。这次差点就要如愿以偿了：赫柏离开杰里米，迅速地跑到门口，似乎不想让妈妈走。奥林匹娅马上打开笼门，伸出双臂想要拥抱它，但赫柏又紧张起来，跑回到杰里米身

边。工作人员结束了它们的第一次会面，伤心的奥林匹娅与其他黑猩猩还在思索这件事情。一两天后，进行了第二次会面，这次比第一次顺利多了。

上述例子中黑猩猩的行为可能是没有意识的，但也可能黑猩猩确实具有我们推测的那些想法和感觉：深爱着女儿的黑猩猩妈妈平静地接受了孩子不再认识自己的事实，然后想方设法安抚年幼受惊的孩子，让孩子记住自己，最终重回自己的怀抱。

倭黑猩猩是黑猩猩的近亲，至少在智力上不亚于黑猩猩。倭黑猩猩的行为同样显示出它们具有强烈的意识，甚至和人类的意识相差无几。苏·萨维奇-朗博（Sue Savage-Rumbaugh）的研究证明，倭黑猩猩具有语言学习能力。苏与罗杰·卢因

(Roger Luwin) 合著了一本书——《坎兹》
(Kanzi) , 在这本书中, 苏讲述了一只名叫玛塔塔
的成年雌倭黑猩猩的故事。

有一次, 我把一个陌生人介绍给玛塔塔。出于嫉妒, 玛塔塔坚决不让她碰自己喜欢的任何东西, 如毯子、碗、食物、镜子。一天, 我们一起坐在地上, 玛塔塔把空碗递给我, 发出声音, 示意我弄点吃的给它。我答应了, 离开房间, 但没有接过它的碗。不到五分钟, 我就听到玛塔塔的尖叫声。当我冲回房间时, 看到我的朋友端着玛塔塔的碗, 而玛塔塔正对着她尖叫, 一副要咬人的样子。玛塔塔看看我, 又看看我的朋友, 再看看碗, 尖叫个不停。她在暗示, 有人趁我不在时抢走了它的碗, 我应该

站在它这边，一起对付抢走碗的可恶的家伙。当然，我的朋友解释了事情的经过：她其实什么也没做，是玛塔塔把碗塞到她手里，然后大声尖叫，好像受了什么委屈。

玛塔塔见我俩在谈论，知道自己的诡计没有得逞，一副垂头丧气的样子。它不再尖叫，而是走到房间的一个角落里，专心梳理自己的毛发。

上面两个例子表现了复杂行为的两个极端：黑猩猩温柔体贴，倭黑猩猩反复无常、占有欲极强。这两个例子生动有趣，证明了非人类物种也过着复杂而有意识的生活，跟人类相差无几。但我们如何才能确定人类的近亲具有意识呢？而要证明那些简单的、与人类的关系疏远得多的生物具有意识，就

更困难了。

在这一章中，我将阐述我们在判断没有语言表达能力的生物是否具有意识方面取得的进展（主要以动物为例）。人们凭直觉认为，就算其他动物确实具有意识，但是人类的意识有其独特之处。关于这个问题，我也会在这一章中讨论。

我将从两个主要角度进行论述。第一，动物的哪些行为最能体现它们具有意识，而这些行为在人类身上也可见到。第二，对所有生命体而言，大脑哪些结构和功能与意识关系最密切。

狡猾的乌鸦

我们如何判断像猪这样的动物是否具有意识呢？它们在痛苦的时候会尖叫，似乎表明它们是有意识的。但怀疑论者会说，这也可能只是一种行为反应，动物在承受一定压力时自然会发出尖叫，这不能证明它们具有意识。动物无法用语言告诉我们它们是否有意识，这一显而易见的重要事实意味着，怀疑论者的观点从理论上说是完全成立的。

与动物受折磨时的反应相比，动物的另一种行为更能证明它们具有意识，即很多动物都会感到无聊。在探讨动物意识问题时，这一点常常被忽视。人类贪婪地追求信息，而很多其他物种同样渴望掌握一些必要的知识。把动物关在乏味的实验室笼子

里，或黑乎乎的、简陋的农场围栏中，或空荡荡的动物园中，很多动物很快就会感到有压力。它们会走来走去，或显得百无聊赖，整日昏昏沉沉。长时间处于这样的环境中，很多动物会表现出类似于人类自我伤害的行为或精神病症状。鹦鹉会啄光自己的羽毛，老鼠会一点点地啃掉幼崽的耳朵，猴子会咬掉自己的四肢。这些虐待行为与动物经常挨打同样令人不安。

很难判断这些例子中动物感受到的痛苦程度，因为这些痛苦不包含智力因素。要证明动物具有意识，更直接的方法是证明动物具备一定的智力水平。证明动物的智力不必以人类的近亲——类人猿为例。尼基·克莱顿（Nicky Clayton）一直在研究

鸦科动物，包括乌鸦、渡鸦、松鸦与喜鹊。这些鸦科动物与鹦鹉一样，都是鸟类中的天才，它们的大脑在整个身体中占了较大的比例。以大脑与身体的比例来说，鸦科动物与黑猩猩差不多，尽管鸦科动物大脑的体积只有核桃大小。鸦科动物是鸟类中的爱因斯坦，过着复杂的社会生活，有严格的社会等级，甚至有社交游戏。

克莱顿观察鸦科动物储藏食物以备将来食用的习性，从不同的角度研究它们的精神生活。众所周知，至少某些鸦科动物有着惊人的记忆力，能够记住几个月前储存的数百种食物的地点。克莱顿和她的同事还发现，鸦科动物会为将来作打算。例如，灌丛鸦和人类一样，喜欢多样化的食物。如果它们

知道实验人员在第二天早上只会给它们一种食物，那么前一天晚上它们就会存起另一种食物，确保12个小时后的早餐有不同的食物可供选择。克莱顿甚至证明，鸦科动物能够清楚知道其他鸟的想法。例如，灌丛鸦如果有机会，会观察别的鸟储存食物的地点，然后趁它们不注意，偷走食物。但是，如果灌丛鸦发现自己被另一只鸟盯上了，它会很生气，换个地方藏食物，以戏弄偷看的那只鸟。你可能会认为灌丛鸦的行为只是一种本能，其实不然。灌丛鸦学会了如何从别的鸟那儿偷食物之后，当它发现别的鸟在偷看，就会换个地方藏食物；但如果是配偶在偷看，它就不会再重新找地方藏食物了。灌丛鸦隐瞒藏食物地点的行为反映了它具有一系列清醒

的意识。首先，它懂得利用别的鸟的辛勤劳动，偷走它们的食物，使自己多了一个食物来源；然后，它认识到如果自己可以偷走别的鸟的食物，那么其他的鸟也能偷自己的食物；最后，当它发现另一只鸟在偷看，它会认为那只鸟想偷它的食物，于是想办法换个地方藏食物，以迷惑那只鸟。

克莱顿还发现，新喀里多尼亚的乌鸦还会以极其复杂的方式使用工具。例如，这些乌鸦能够使用一系列工具获取食物。其中一个例子是这样的。乌鸦用一件短的工具从一个细管中勾出一件长的工具，再用这件长的工具勾出第三件更长的工具，最后用这件最长的工具直接获取食物。实验中的乌鸦是自愿进入实验区域的。这些乌鸦之前偶尔单独使

用过某件工具，但是它们从没有见过将这些工具连起来使用，没有任何人向它们做过示范。三只参与实验的乌鸦中，有一只叫贝蒂的乌鸦在第一次尝试时就成功地综合运用三件工具获取了食物。另外一只叫皮埃尔的乌鸦也通过了测试，但它用的方法是实验人员始料未及的：在尝试了一番后，皮埃尔暂时飞离实验场所，很快又回来了，带来一根长树枝，用这根长树枝正好可以将最后一件最长的工具勾出。这样，皮埃尔只用了两件工具（而不是三件）就获取了食物。乌鸦能够灵活地使用工具，这说明它们具有清晰的概念，还会进行筹划。

另外一个鸦科动物使用工具的例子，来自《伊索寓言》中乌鸦和水罐的故事。一只乌鸦快要渴死

了，这个时候，它无意中发现一个盛满水的大水罐。但是乌鸦无法够到水，因为罐子的口子太小，乌鸦的嘴伸不进去。过了一会，乌鸦灵机一动，将很多小石子放进水罐，水满上来后，乌鸦就喝到了水。这个寓言并非虚构。实验人员以秃鼻乌鸦为实验对象做了一个实验。同样，实验人员没有做任何示范，乌鸦要靠自己来解决难题。大部分秃鼻乌鸦在第一次实验中就知道要往杯子里投石子，使水位上升，然后吃到漂在水面的食物。为了排除随机行为的可能性，实验人员观察到，这些秃鼻乌鸦一旦获得食物，就不再往杯子里投石子了；而且，它们喜欢挑选效果更好的大石子，而不是小石子；另外，如果杯子里装的是沙子，不是水，它们就不再

浪费时间，往里面投石子了。^[1]

其他动物也毫不示弱。丹尼尔·汉纳斯（Daniel Hanus）及其同事观察到类人猿比乌鸦更狡猾。实验过程如下。一只杯子里面只有少量的水，一颗花生浮在水面上，只有往杯子里加水才能取到花生。附近唯一可以利用的工具是一台饮水机。有16%最聪明的黑猩猩发现了饮水机的作用，并且在第一次尝试时就想到解决的办法。它们用嘴巴接住饮水机里出来的水，然后将水吐到杯子里，这样连续几次，花生慢慢浮上来，就能吃到了。一只黑猩猩急于获取花生，想出一个别出心裁的办法：直接往杯子里撒尿。这种不同寻常的方法使这只黑猩猩很快取到花生，它好像一点不在乎花生在尿里浸泡过，

一拿到就马上放进嘴里吃了。

有趣的是，这个研究团队之前做的一项研究发现，参加测试的5只红毛猩猩在第一次尝试时都能顺利完成任务，暂时证明与人类关系稍微疏远一点的红毛猩猩是我们灵长类近亲中最聪明的。更让人惊奇的是，我们4岁大的孩子在这项实验中输给了黑猩猩，只有到了6岁才能胜过黑猩猩。

几乎可以肯定，要完成这种高难度的任务需要较高的筹划能力和想象力，需要具备活跃的思维。乌鸦其实就是长着羽毛的灵长类动物，它们能够以复杂的方式使用工具。这是不是证明它们是有意识的？类人猿也有类似的智能，乌鸦与类人猿的意识水平相当吗？根据它们的行为，我们可以肯定，鸦

科动物和类人猿在非人类动物中是最聪明的，它们的创新才能表明它们应该是有意识的。但这还不够，我们无法知道它们的内心世界，因此不能确定它们具有意识。

[1]有关乌鸦使用工具的录像，登录

www.thenakedscientists.com/HTML/content/interviews
和www.newscientist.com/article/dn17556。

动物有自我意识吗

另一种判断意识的办法，就是提高意识的标准。一般来说，自我意识达到一定程度，就能够认出镜子中的自己。因此，如果一种动物能够通过镜像识别测验，那么这种动物毫无疑问是有意识的。

常规的方法是，在动物脸上画一个彩色圆点，圆点的位置要在镜子里才能看到。如果它认出镜中的影像就是自己（大多数动物能做到这一点），它会去擦脸上的圆点，至少也会转动身体，以便看得更清楚。这种行为是具有自我意识的表现。但问题是，不管这个动物是否具备自我意识，它可能会由于其他原因而不能通过测试。比如视力太差，或者观察的角度不对，或者就算看到脸上的标记，也不

想理会，不去擦掉圆点。人类的婴儿一般在18~24个月大的时候才能通过镜像识别测试。通过这个测试的其他动物有黑猩猩、红毛猩猩、大猩猩、大象、猪（通过了一个经过改进的测试），甚至有一种鸦科动物——喜鹊也能通过测试。我认为，通过镜像识别实验足以证明这种动物具有意识。但是坚定的怀疑主义者仍会反驳：动物没有办法告诉我们它们具有意识，它们只是做出复杂的反应，并没有任何体验，因此它们没有意识和感觉。

但是，如果要有确凿无疑的证据才能证明意识的存在，那么我们除了能证明自己的意识以外，无法证明其他任何人的意识。因此，我认为在判断动物有无意识这个问题上，还是实际些比较好。虽然

有限的证据不足以确定动物是有意识的，但我们可以将通过镜像识别测验作为具有意识的有力证据。

动物不能告诉我们它们的意识水平，非人类生物怎么能告诉我们它们具有意识呢？事实上，一些有创意的研究者设计的实验能够证明其他动物具有意识，甚至表明这些动物的意识水平超出了纯意识，它们能够意识到自己是有意识的。换句话说，它们具有元意识（meta-awareness）。这些动物不但具有意识，而且它们的意识相当复杂。

例如，双眼竞争实验中的猴子经过训练，通过按下不同按钮的方式，告诉我们它们感受到的不同图像交替呈现的视觉体验。猴子看到的不断交替出现的图像与我们看到的图像是一样的。怀疑论者很

难否认这是具有意识的表现。

根据赌博性选择判断有无意识

还有更有说服力的证据，证明猴子能表达自己内心的想法。纳特·科纳尔（Nate Kornell）及其同事做了一系列的测验，测验过程如下。让猴子看电脑屏幕上出现的一组圆点，其中一个圆点比其他圆点稍微大一点，要求猴子选出稍微大一点的那个圆点。实验人员让猴子在两个按钮中选择，一个是安全按钮，一个是高风险按钮。如果答案正确，高风险按钮的回报率也很高。选择高风险按钮的话，如果猴子之前选择了正确的圆点，计数器上会增加3个代币；如果之前选择的圆点是错误的，就减去3个代币。当计数器上的代币数量达到12个，就奖励猴子一个香蕉球。如果选择安全按钮，不管它之前

的答案是对是错，计数器上都会增加一个代币。

明智的做法是：对答案有把握时，选择高风险按钮；没把握时，选择安全按钮。这个道理听上去很简单，但要理解需要一定的心智能力，要对自己的判断有一个清醒的认识，知道自己哪个决定是正确的，哪个决定不一定正确。猴子在美味的零食的诱惑下，很好地完成了这个任务。如果之前选择的圆点是正确的，多数情况会按高风险按钮；选择的圆点不正确，一般会按安全按钮。猴子在做过这个测验后，没有再做进一步的训练，就能轻松地将这种判断能力应用到其他任务中，如与工作记忆相关的一些任务。在对自己的选择没有把握时，猴子还会要求给点提示，这进一步证明猴子具有判断自己

的知识水平的能力。例如，在学习一个复杂的序列时，开始它们会要求多给些提示，一旦掌握了序列的规律，它们就很少要求给提示了。

事实上，猴子能够认识到自身的能力，并能正确地运用这种能力（当对自己的认识很有把握时，就冒险赌一把；对自己的决定没有把握时，则选择保险的做法），在这点上与人类不相上下。我们将完成这样高级的任务作为自己具有意识的标志，而猴子也同样具有这方面的能力。

观察猴子在完成赌博性选择任务的过程时大脑的运作情况，能进一步证明猴子与人类有某些相似性。如果猴子做这些选择是有意识的，我们就可以观察到猴子大脑内与意识相关的区域内的神经元活

动，这些神经元活动的激烈程度直接反映出猴子对自己决定的自信程度。到目前为止，我们只观察到猴子前额叶-顶叶网络后部即后顶叶皮层的神经元活动，与猴子对决定的自信程度直接相关。

类人猿也有这种能力：有把握时选择高风险选项，没把握时选择安全选项。甚至是老鼠，也能完成类似的、较为简单的任务。

通过这些实验，我认为猴子以及其他一些通过这个测验的动物都具有一定程度的意识。猴子完成赌博性选择实验表现出来的能力跟我们人类相差无几。因此，要想证明我们人类具有丰富的意识，而其他物种的意识相对要弱很多，我们必须找到其他证据。

动物的组块能力

到目前为止，这些行为研究都试图证明其他动物具有某种形式的意识，但这些研究实验都回避意识的质量问题，即动物是如何运用它们的意识的？一个与本书观点相关的问题是：其他动物运用组块的能力如何？人类不是唯一能进行结构化学习的动物，连老鼠都具有简单的组块能力。在老鼠面前放12个开口的袋子，每个袋子里放1种食物，总共只有3种食物。老鼠会根据食物的种类，对12个口袋进行分组，然后直接跑向放着它们最喜欢的食物的4个口袋。甚至连鸽子也具有基本的组块能力。例如，赫伯特·特勒斯（Herbert Terrace）训练鸽子记住一个不同颜色的序列，或是一个不同颜色和白

色模型组合而成的序列。鸽子要在选中的颜色或白色模型上面啄一下。为了得到食物，鸽子必须记住不同颜色的序列。经过120个时间段的艰苦训练，鸽子终于能够准确记住5种颜色的序列。这个难度对于鸽子来说，相当于我们攻读学位的难度。如果将序列分为2个组块（如，先是3种不同的颜色，然后是2个白色模型），鸽子记住这样的序列要容易很多。但这不仅仅是记住2种不同刺激物那么简单：如果将颜色与白色模型穿插起来，如模型、颜色、模型、颜色、模型，那么鸽子记住这一序列就很困难了。这种将一个序列的组成部分进行分组的能力与人类的组块能力相似。

但是，具有组块的能力，与发现并有条理地运

用组块的能力完全是两回事。其他动物或许能够认出镜中的影像，能够筹划未来，能够记住过去的事情，甚至能够意识到自己是有意识的，但人类（即使是蹒跚学步的婴孩）让其他动物黯然失色的一个关键因素，是我们具有强大的组块能力。具体来说，我们组块的能力越强，表明我们建构的意义层次越高。这一点连我们的灵长类近亲——黑猩猩也难以企及。

观察其他动物如何玩耍也可以证明这一点。研究人员做了一项实验，实验对象包括一组黑猩猩，年龄从15个月到成年不等；一只处于发育期的倭黑猩猩；还有几个人类婴孩，年龄从6个月到2岁不等。研究人员随机选择6样物品给这些实验对象，

如杯子、圆环和棍子等，颜色为红色、蓝色和黄色。实验人员只要观察实验对象怎么玩耍，并把这些实验对象移动或组合物品的方式记录下来，从中可以看出很多信息。从表面上看，这些物品都是独立的，一次可以玩一种物品。其实，从中可以挖掘出更深的内涵。例如，这些物品都可以按照形状、大小、颜色来分类；也可以根据两种属性进行组合，如把所有红色圆环归在一起。此外还有更高级的分类方式，如把所有红色圆环根据大小区分开来。此外，不同的物品之间也会产生各种关系。如把棍子和圆环放进杯子里，或将棍子穿过圆环。

如果只是玩耍单个物品，人类的婴孩和同龄的灵长类动物在这方面的能力不相上下。然而，一旦

提高难度，进化的差异就显现出来了。黑猩猩和倭黑猩猩能够根据属性（如颜色或形状）来区分物品，但它们学会这些概念的速度比人类慢很多。而且，与人类相比，它们对意义复杂程度的理解也很有限。例如，一个2岁大的婴儿能够伸出一只手握住杯子，再用另一只手从一堆随机摆放的餐具（包括大勺子和叉子等）中抓起几把小勺子，最后把小勺子放进杯子中。婴儿的这种动作很常见。把小勺子放在一起，说明婴儿对单个物品至少有两个概念层次，因为他是根据物品的两种属性归类的。而把小勺子都放进杯子里，表明他能把一组相同的物品与另外一种物品联系起来，这是他认知水平的又一表现。这些看似简单的动作说明，人类大大超越了

任何年龄阶段的其他灵长类动物。当然，这个实验较为简单，人类能够很快学会更复杂、分层次的概念和行为。

研究人员还做了一系列更为正式的实验，测验实验对象的组块能力。让11~36个月大的人类婴儿、成年黑猩猩、倭黑猩猩、僧帽猴完成一项简单任务：给每个实验对象一组由3个杯子组成的套杯（一种普通的儿童玩具，见图7）。研究人员向实验对象反复示范这项任务：将最小的杯子放到中等大小的杯子中，再将这两个杯子放进最大的杯子中。最后，研究人员将3个杯子还原，让实验对象照示范的过程做一遍。对人类婴儿来说，这是项很有用的能力测试。大多数1岁左右孩子会把其中一

个杯子放进另一个杯子，而不去管第三个杯子。也就是说，他们不能完成任务。16个月大的孩子能完成任务，但和研究人员示范的不一样：将中等大小的杯子放进最大的杯子，再将最小的杯子放进这两个杯子中。他们还不能领会复杂的分层概念，不知道可以将两个杯子一起移动：最小的杯子放到中等大小的杯子里，然后一起移动，将这两个杯子看作一个组合体，而且这个组合可以放进任何比外面的杯子更大的杯子里。我女儿这么大的时候，我看她玩过这种玩具。每次我帮她将最小的杯子放进中等大小的杯子，她还是会吧最小的杯子拿出来，然后将杯子一个个叠上去：先将中等大小的杯子放到最大的杯子里，再将最小的杯子放进中等大小的杯子

中。她根本没有组合的概念，组合的杯子要先还原才能做下一步。而大多数20个月大的孩子能够按照研究人员的示范，完成任务。这说明他们掌握了分层的概念，将2个放在一起的物体看作一个单独的物体。^[1]也许你会认为，这些婴幼儿之所以能掌握分层概念，是因为他们平时经常玩这种玩具。西方国家的孩子确实经常玩这种玩具，但是，研究人员对墨西哥南部济那堪特克斯部落的婴幼儿做了这个实验及另一个相关实验，发现这些婴幼儿同样掌握了分层概念。这些玛雅人生活物资匮乏，孩子没有玩具，不可能在其他时间玩过这种玩具，但这些孩子表现出同样的能力。这说明，人类大脑普遍能够逐步掌握分层组块概念。

黑猩猩、倭黑猩猩和僧帽猴完成这项任务的情况如何呢？在研究人员不断训练、引导下，它们也只能完成人类孩子所做的第一步。少数倭黑猩猩能完成中间不具备分层概念的那一步，即把三个杯子逐个叠起来，就像16个月大的人类孩子做的那样。没有任何一种动物能明白，可以将两个物体组合起来一起移动。尽管研究人员刚刚给它们示范过，它们还是不知道怎样做。

因此，人类的婴幼儿在完成需要分层组块的任务时，胜过成年黑猩猩、倭黑猩猩及猴子。虽然这些动物的意识水平可能也很高，但是人类无比丰富的意识主要体现在我们具有发现并组合结构化信息的能力上面。

当然，叠杯子游戏虽然复杂，对人类孩子来说，却是最简单的。随着年龄增长，孩子们的玩具会包含越来越多的意义，玩具组成部分间的关系也会越来越复杂。随着游戏级别的提高，人类孩子与同龄的灵长类动物在认知和意识方面的差距会越来越明显。

我在第5章论述过，意识空间存放的项目有限：和其他很多物种一样，人类的意识只能存贮3~4个工作记忆对象。而人类意识之所以如此丰富，是因为我们能够控制和组合这些有限的工作记忆对象，尤其是以分层的方式进行组合。上述实验证明，人类与其他物种在组块能力上刚开始似乎差别不大，但经过几年差距会骤增。

[1]最初做这项研究的帕特里夏·格林菲尔德 (Patricia Greenfield) 证明, 这种组块能力反映出儿童学习语言的能力。例如, 将简单的词组合起来, 形成复杂的单词, 再将多个单词按照语法结构组合起来。这个任务也证明了一点: 我们的语言能力可以归结为组块能力, 尤其是分层组块能力。

婴儿的意识

这是否意味着，婴孩直到20个月大的时候才具有意识，才能将对象或行为进行分层组合？当然不是。20个月大的时候是意识发展的重要阶段，人类的经验开始变得丰富、复杂，学习能力也剧增。

那么，婴儿的意识最初是在什么时候产生的呢？在出生前吗？胎儿在早期（7~8周的时候）异常活跃，经常拳打脚踢。而母亲直到几个月后胎儿已经长得较大的时候，才感觉到胎儿的活动。到怀孕后期，胎儿对外界的反应很强烈，不管是来自子宫的压力还是外面传来的低沉的声音。这些表明胎儿具有意识吗？这时候的胎儿不大可能有意识，因为母体的胎盘和胎儿本身都在积极活动，使胎儿在

子宫内处于一种安全、安静的状态。实际上，胎儿在出生之前一直处于睡梦状态，虽然胎儿受到的刺激很少，他们的梦和我们的梦不一样，他们的梦里几乎没什么具体内容。胎儿只有在出生的那一刹那才真正苏醒过来。

出生的那一刻就是意识最初产生的时刻吗？行为观察法给我们的答案是否定的，因为很少有迹象表明，婴儿在出生时具有意识。在观察女儿成长的过程中，我不禁产生一种直觉，人在出生后不久就会有强烈的意识。如果意识关注的是新奇的事物和出人意料的事件，那么我女儿在出生后头两个月，对打嗝表现出强烈的好奇，这可以成为早期意识存在的很有意思的证明。在她将近3个月大的时候，

我做了什么可笑的事情，她就会大笑。诚然，这没有科学依据，但我还是觉得她的反应是有意识的表现。而且我很肯定，此时我女儿已经意识到这个世界的存在了。

然而，还有一种完全不考虑行为因素的方法，可能会给这个问题提供明确的答案。

以大脑生理特征衡量动物的意识水平

以这种迂回的行为观察法来判断其他生物的意识非常有趣，但这种方法有局限性。首先，正如前文所述，很难得出一个肯定的结论，因为动物不可能告诉我们它具有意识。因此，以通过一项测试来判定动物具有意识的方法要谨慎使用。人工智能很清楚地说明了这一点。机器人被设定好程序，就可以轻易地通过上述实验，不管是镜像识别测试还是赌博性选择测试。而这根本说明不了什么问题。机器人只能完成设定好程序的任务，其他任务根本无法完成，而认识几行代码并不能等同于具有意识。

其次，这些测试中得出的否定结果也不可全信。在斯蒂格·拉森（Stieg Larsson）所著的小说

《龙文身的女孩》（ The Girl with the Dragon Tattoo ）中，主人公丽思贝丝·萨兰德是个缺乏管教的孩子。老师和校方调查她的任性行为，让她参加各种心理测试，但她不配合，甚至拒绝写自己的名字。结果她一项测试都没有通过，校方武断地认定她智力迟钝。直到成年，她一直被认为是智障。而实际上，越来越多的事实证明，她非常聪明能干，如果有必要，她还能把那些权威人士玩弄于股掌之上。给她做测试时，这些权威人士本来应该明白一点：如果有人没能通过测试，“不具备这种能力”只是可能的原因之一。

同样，如果动物不配合，我们便不知道它到底有没有能力通过测试。也许它能够轻易地通过测

试，但就是不愿去试。换句话说，在多项心理学测试中，如果有一项没有通过，并不能说明动物不具备某种能力。行为评估法的另一个局限性是：无法准确测量动物的意识水平。目前只研究了几个明确的意识水平层次，对意识水平连续体（a continuum of conscious level）来说，还远远不够。而意识水平连续体的说法比那种简单地判断有无意识的做法要有意思得多。

有一种方法可以绕过行为评估法的弊端，那就是不去理会行为特征，而仅仅观察大脑的结构和功能或任何可计算的对象，以此来判断有无意识。首先，最粗略的方法是根据动物大脑的大小进行评估。如果使用这个指标对意识进行粗略估计——暂

且认定神经元越多，大脑信息处理能力越强——那么人类会排在前列，但不会荣居榜首。人类的大脑重约1.3公斤，比宽吻海豚大脑的重量（1.8公斤）略轻。非洲象的大脑重达6.5公斤，差不多是人类大脑重量的5倍。在所有陆生或海洋动物中，抹香鲸的大脑最重，约8公斤。如果意识水平由脑的大小决定，那么就会出现一个有趣的结论，即宽吻海豚、大象和一些鲸类的意识水平要远远高于我们人类的意识水平。

从某种角度看，抹香鲸的大脑体积是人类大脑体积的6倍也没什么好奇怪的。毕竟，抹香鲸的体重几乎是我们的1 000倍。如果某种动物的体型比公共汽车还要大，那么它的大脑需要完成的任务也

很繁重，如移动20米长的身体，控制内在的各种状况等。因此，很多科学家认为，更合理的方法是根据动物大脑与身体的比例来判断意识水平。其逻辑是：如果某种动物的大脑相对于它的身体来说太大了，那么，那些它大脑内的神经元除了处理一些常规活动（如控制身体移动、调节状态等），很可能还会处理一些更为复杂的活动，如意识活动。

计算大脑与身体的比例很复杂^[1]，在所有动物中，人类的大脑与身体的比例居于首位。相对于我们的体型来说，我们的大脑还是相当大的。海豚紧跟在人类之后，接下来是黑猩猩、倭黑猩猩、红毛猩猩和大猩猩。人们普遍认为，动物在这方面的排序可以看出它们学习能力的高下。不过，现在只有

间接证据表明，我们的大脑占身体的比例较大，才使我们拥有丰富的意识。我们也不清楚意识与大脑占身体比例之间的关系。如果意识有一个起点的话，这个起点也许只是一根头发丝的宽度，也许还是头发丝宽度的十亿分之一。因此，以生理特征衡量意识水平只具有参考价值。

[1]事实上，判断大脑与身体的比例是否合适，要考虑到很多因素。例如，最近有研究表明，有些物种一个重量单位内包含的神经元比其他物种要多很多。因此，仅大脑重量一项数据不足以说明什么问题。

章鱼的意识水平

一种更可行的方法是结构比较法，即先弄清楚人类大脑哪些区域和哪些处理过程对意识的形成至关重要，然后将其他动物在这些方面的特征与人类作比较，最后根据相似程度判断其他动物是否具有意识。丘脑和前额叶-顶叶网络对人类意识的产生最重要。其他动物在这方面与我们的相似程度是多少呢？所有脊椎动物都有丘脑，只是形状有所不同，但是并不是每一种脊椎动物都有类似前额叶-顶叶网络这样的大脑皮层。人类的近亲——类人猿，有与我们相似的前额叶-顶叶网络，由此可以推论，类人猿与人类的意识水平最接近。其他灵长类动物（如猴子），也有前额叶-顶叶网络，但根

据它们的前额叶-顶叶网络的结构可以推断，它们的意识水平要比人类低。大部分哺乳动物都有大脑皮层，可能会有一定程度的意识。非哺乳动物没有前额叶-顶叶网络，很可能根本不具备任何意识。

这种方法有其合理性，但只能提供间接的证据。而且，这种方法排除了一种可能性，即大脑结构与我们人类完全不同的动物也可能会有意识。

我们会想当然地认为，从未离开过海洋的生物比我们要简单很多，几乎是没有意识的（这也是很多人虽然吃鱼，但还认为自己是素食主义者的原因之一）。但是如果我们洞悉了章鱼的认知能力，上述观点就很难成立了。章鱼虽然属于无脊椎动物，没有丘脑和大脑皮层，但是它的行为却表明，它完

全不是我们想的那么原始、低级。章鱼有近5亿个神经元，与猫科动物的神经元数量差不多。但章鱼的大脑非常奇特，具有平行结构（parallel architecture）。对大脑而言，平行结构从来都具有优势。章鱼的大部分神经元不是存在于大脑中，而是在腕足上。考虑到章鱼腕足上具有神经元这个事实，我们可以说章鱼其实有9个半独立的大脑，这点在动物界独一无二。章鱼还是海洋生物中的天才，有高度发达的记忆力和注意系统。这使章鱼能够变换各种外形，模仿其他动物、岩石甚至是植物的形状。经实验观察，章鱼可以辨认形状、颜色，能够在迷宫中穿行，懂得打开拧紧的盖子，甚至会学习其他章鱼的行为——之前我们认为只有高度群

居动物才具备这项能力。

大卫·埃德尔曼 (David Edelman) 和格拉齐亚诺·费利多 (Graziano Fiorito) 致力于章鱼认知能力的研究。大卫讲述了一次离奇经历。他的章鱼实验室位于庄严华丽的那不勒斯动物学研究所的地下室。有一次他刚进入实验室，所有的章鱼马上游过来，将脸贴在水箱壁上，专注地观察这个闯入者的一举一动。这种持续的关注一般只出现在智力较高的动物身上。如果章鱼具有意识这个结论是真的，通过比较大脑结构的方法是得不出这个结论的，因为章鱼的大脑和人类的大脑，甚至是所有哺乳动物的大脑完全不同。

量化意识

综合上述提到的方法，虽然有助于动物意识问题的探讨，但有一个理论却声称可以彻底解决这个问题，那就是朱利欧·托诺尼的信息整合理论。这是一个广受好评的现代意识理论，通过研究大脑神经元的数量，神经元之间如何联结以及如何作用，得到一个意识水平的准确数值。根据这个理论，清醒的人有100个单位意识，昏迷患者有2个单位意识，黑猩猩有50个单位意识，老鼠有10个单位意识，等等。

该理论一个明确的结论是：每一种动物的意识水平都有一个数值。例如，蜜蜂有近100万个神经元，自然具有一定的意识水平。即使是简单的线虫

——秀丽隐杆线虫（只有302个神经元），也会有一个意识水平数值，虽然这个数值十分微小。根据这个理论，甚至一群蚂蚁也有一定程度的意识。这个观点可能会让人很不舒服：连这么低级的生物都有最低限度的意识，更别提动物了。虽然这个理论还需要进一步论证，但是结果很可能证明，对这个理论的怀疑是错的。事实可能是：任何大脑都会产生不同水平的意识，不管某物种的大脑是多么小、多么简单。例如，果蝇就具有基本的注意系统，而这个系统正是意识的主要成分。

托诺尼的信息整合理论与另一个观念相符，即计算机和机器人具有一定程度的意识。人造生物具有某些网络结构，功能相当于人类大脑，从原则上

讲，我们可以根据人造生物网络的性能来评估它们的意识水平。

然而，这个理论以及目前所有将意识与网络信息相联系的理论，都把细菌和植物排除在外。其实，细菌和植物具有基本的计算处理能力，只是它们不具备信息网络，也不能将低级的信息组合起来，形成有意义的组块。

事实上，事情不是那么简单。计算出意识水平数值需要进行极其复杂的运算，随着节点或神经元数量的增加，运算的难度会大幅增加。即使要计算只有302个神经元的秀丽隐杆线虫的意识水平，一台普通计算机也要花 5×10^{79} 年时间。而到了那个时候，宇宙可能都不存在了！不管这个理论有何优

点，但它无法应用到实际中，不能用来测量动物的意识水平，更别提测量人类的意识水平了。

然而，仍然有一些研究人员在修正这个理论，希望将其应用于计算人类大脑的意识水平。跟我同一个实验室的同事亚当·巴雷特（Adam Barrett）和阿尼尔·赛思（Anil Seth）就在做这方面的努力。因此，在托诺尼的理论基础上，未来10年内很可能会出现计算生物意识水平的有效方法，我们要做的只是将一种运算法则应用于计算大脑内神经元（或人造节点）的数量，以及神经元或节点之间的联结，而我们已经具有很多物种这方面的数据。

托诺尼和他的同事马塞洛·马西米尼（Marcello Massimini）并没有等待数学家来修正测量意识的

运算方法，以减少运算时间。他们想出一个很有趣的方法，可以粗略地计算出意识水平：用脑电图仪和经颅磁刺激仪（TMS）记录脑电波。经颅磁刺激仪包含一个蝶形线圈，只有书本大小，将其放在头皮上。经颅磁刺激仪是一个强力电磁体，磁铁在瞬间通上电，就会激活蝶形线圈正下方的头皮下面的大脑皮层神经元，使其发射。被试只是感到头部被轻轻拍打了一下（我试过好几次）。隔几秒钟就有脉冲传递到大脑皮层，此时被试要做的就是打瞌睡。如果被试是清醒的，受经颅磁刺激仪刺激而形成的脑电波会在几百毫秒内传遍大脑；如果被试迷迷糊糊地入睡，又没有做梦，虽然最初的脑电波会更强烈，但很快就会消失，并且停留在仪器刺激到

的范围内。这项研究表明，在清醒的时候，信息会在整个大脑皮层表面自由传递；而在睡眠状态，尽管神经元还在发射，但只是在附近神经元之间进行传递，而且信号微弱。马西米尼和托诺尼由此得出结论：当我们清醒时，大脑皮层组合信息的能力很强，但当我们入睡时，这种能力会变弱。这些数据也适用于其他意识理论。

这种方法目前只能辨别清醒时和睡着时大脑的活动，但研究人员正想办法提高测试灵敏度。马西米尼和他的工作团队将脑电图仪电波的复杂构成作为精确衡量意识水平的标准，而不是将这种电波传递的距离及所需的时间作为衡量标准。可能很快会出现一项能够测量意识水平的技术。量化意识水平

的方法可以用来测量任何清醒或睡着的正常人、患者及很多动物的意识。将来类似的方法还可以用来激活人造生物。因此，在未来10年内，我们可能会想出切实可行的方法，测量和比较人类与其他动物的意识。

伦理学意义

意识科学如何帮助解决某些道德难题，如动物权利、人类堕胎问题？这本书当然不是伦理学著作，而且这些伦理问题非常复杂。我只是根据自己掌握的意识科学知识，提供一些个人见解。

伦理学有两大框架：一是基于权利的体系，最明显的例子是针对谋杀和盗窃的法律；二是伦理机制，主要是评估哪些行为给人们带来纯粹的快乐或痛苦。经济学因其与金钱关系密切，大体上可归入第二种框架。

谈到权利体系，如生存权、免受可以避免的痛苦的自由权，任何具有一定程度意识的动物都有体验痛苦的能力，也应该受到这些权利的保护，最好

能形成相应的法律。就我个人而言，为了使无辜的生物尽量少地遭受人类的折磨，我宁愿生活在一个过分谨慎的社会。

这也是一项名为“类人猿计划”（the Great Ape Project）的国际活动的宗旨，但这项计划涵盖的范围有限。这项活动得到知名科学家简·古道尔（Jane Goodall）和理查德·道金斯的支持，并且争取到一份联合国声明。声明指出，所有类人猿（包括黑猩猩、倭黑猩猩、红毛猩猩和大猩猩）都有生存权和免受折磨的自由。我相信，随着目前对动物意识的科学研究取得越来越多的成就，各国政府不仅会接受这一观点，还会认真考虑拓宽保护范围。我的观点是：意识与创新关系密切。发明和使用工

具需要创新、灵活的思想，可以作为具有广泛意识的证明。据此，受到保护的不仅是人类的近亲——类人猿，还包括猴子、鸦科动物、海豚以及章鱼。实验还证明，一些非人类物种能够识别自己在镜子中的影像，并具有自我怀疑能力。我们将这些能力作为证明人类拥有丰富意识的证据，因此，我们也要谨慎地接受这一点，即拥有这些能力的其他动物也具有丰富意识。能够使用工具、进行镜像识别、具有自我怀疑能力的动物不仅仅是类人猿，还包括海豚、猴子、大象、猪、鸦科动物以及章鱼。随着实验的深入，还会有更多动物加入到这个名单。禁止用这些动物做会给它们带来痛苦的实验，禁止食用这些动物，伤害或杀害这些动物的人要被定罪，

这些措施都很激进，目前任何政治领导人都没有提倡。然而，这些充满关爱的提议至少改变了我们对动物的看法，而且随着我们对这些动物精神生活的深入了解，这些先进的提议会慢慢被人们接受。

说到伦理体系的第二大框架，暂且不谈权利问题，只谈纯粹的快乐和痛苦的问题。为了阐明这一理论框架，假设有一项研究，目的是根治人类某种疾病，但需要用100万只老鼠做实验，每只老鼠遭受痛苦的数量是 x 个单位。如果研究结果能使100个人每人免受至少1万个 x 单位的痛苦，或者使100万个人每人免受1个 x 单位的痛苦（这两种情况都至少避免了100万个 x 单位的痛苦），那么牺牲老鼠就是正当的。

这个伦理体系需要我们量化意识水平，这样才能知道动物实际感受到的痛苦的数值。我们正在努力运用各种理论和技术来量化意识，但还不能科学地计算出意识水平。在未来10年内，我们一定会有所进展。一旦找到切实可行的计算方法，我们会毫不犹豫地在这种技术应用于任何有动物遭受痛苦的领域，以确保我们人类不会给有意识的生物造成过度伤害。同时，我们也不会一方面自私地夸大自身的痛苦，另一方面却不去理会其他动物也有意识，也会体会到痛苦这个事实。

其他伦理问题，如堕胎、生存权、人造意识等，都能够采用量化意识水平的方法进行评估。但有一点值得注意：胎儿在出生前极有可能是没有意

识的，尽管我们凭直觉认为它们是有意识的。至于人工智能，目前世界上的计算机和机器人不具备产生最低水平意识的结构，遭受痛苦就更无从谈起了。这点甚至是人造生物的一个显著特性。我们或许可以设计出一个有意识的人造生物，但这种人造生物感受不到任何痛苦，因为我们没有为它设定这种程序。

经验的质量与数量

这一章运用两种方法测量动物的意识：一是观察动物的行为特征，一是考察动物的生理结构特征。当然，这两种方法有显著的差异。行为方法撇开动物大脑的大小、神经元系统的复杂性等因素不谈，提供了有趣的间接证据，证明很多物种具有意识，甚至像低级的果蝇都有基本的注意系统。但是更可靠的证据只有在那些拥有较大、较复杂大脑的动物身上才能找到，这些动物能够辨识出自己在镜子中的影像，表现出自我怀疑的能力。这些能力表明，这些动物拥有高级的意识。有点出人意料的是：以行为方法判断出有意识的动物不仅限于我们的近亲——类人猿，还包括一些关系更为疏远的动

物，如另外一些灵长类动物以及某些高级哺乳动物。

考察生理结构的方法可以避免行为观察法不可靠的弊端，但也有其不利的方面。用这种方法测量意识水平不如行为观察法直接。而且，科学界对哪种生理评估方法更准确还未能达成一致意见，但信息整合理论或许是最有前途的一个理论。根据信息整合理论，任何一个复杂的系统，不管它在结构上与人类的相似性是多少，都有一个意识水平的数值。由此形成一个意识的连续体，处在这个连续体顶端的是人类，因为人类的大脑最复杂；而一些最简单的动物也有一定程度的意识，即使是最小限度的意识。

这两种方法都表明，那些拥有最复杂的神经系统、最有思想的动物，它们的意识水平也最高。这两种测量非人类意识的方法各有其侧重点。将两种方法结合起来的简便的方式是：承认确实存在一个意识的连续体，从人类到最小、最简单的生物，都包含在这个连续体中；根据各种生物的意识水平层次高低，连续体有各种不同的、有意义的层次。这些层次包括自我意识、怀疑意识，以及建构不同意义层次的能力。

建构不同意义层次的能力只有人类才具备，这可能是我们拥有的语言天赋的基础。这种能力是我们独特的、灵活的工作记忆的反映。也正因为如此，很多人认为，与其他物种相比，我们人类确实

拥有更高层次的意识。

现代社会大量的技术成果进一步证实了，人类与其他动物之间的本质区别在于我们拥有较高的意识水平。这些技术成果不断提醒我们，人类与其他动物之间的差距有多大。我们具有独特意识的观点，与人类进化的过程相一致。智人（Homo sapiens）的前身可能会运用他们仅有的那点能力，发现模式，产生巨大效果，发明让部落成员惊叹的原始技术，生产出大量不同品种的食物。技术与进化的发展最终产生了人类大脑。我们的大脑拥有丰富多样的意识，有独特的信息组块能力，能够发现自然界的深层模式，创造技术成果，使我们的生活更丰富、更方便。

然而，这种由强大的神经系统所支撑的如此独特而丰富的意识，同时又是极其脆弱的。这也是我们为拥有这种意识所付出的代价。我们复杂的大脑极易受到不可修复的损伤，有时候仅仅被撞了一下也会造成伤害。这样的意外会使我们的意识水平降低，严重的话甚至会完全失去意识。神经系统脆弱性的另一种更微妙、更普遍的形式是：大脑内的基因变异或化学物质异常很容易造成精神紊乱，造成各种潜在的精神疾病。我将在最后两章论述，我们的创新能力经常会带来悲剧性的结果。首先，我将详述为何我们的大脑如此容易遭受损伤，以及当前的意识理论如何帮助我们检测大脑受伤后意识的情况。然后，我将论述，为何多数精神疾病都与意识

障碍有关。最后，探讨本书提出的意识模式如何帮助我们逃出精神困扰的囚牢。

第7章 游走在脆弱的意识边缘：大脑严重损伤和意识障碍

只是太复杂？

我在为神经影像实验挑选意识健全的志愿者时，总会问那些可能会成为被试的人一些问题，确保他们是合适的人选。比如，我会询问志愿者，他们的体内是否有金属植入物，因为功能性磁共振成像扫描仪具有很强的磁性，如果体内有金属植入物，哪怕只是靠近扫描仪，都会很危险。我们还会提出一些具有针对性的问题，目的就是为了确保最终参与实验的每一个人的大脑都是健全的。比如，所有患过脑瘤、中风或其他神经疾病的人，我们都

不会选择。

除此之外，凡是曾经昏倒的人，哪怕仅仅昏迷了几分钟，我们也都不选择。不难想象，这样一来，大部分人都不符合条件，因为参加体育运动也可能会导致头部损伤。但是，这样的筛选步骤很有必要。一个令人沮丧的事实是，单单一次脑震荡就很有可能造成轻度脑损伤。在脑震荡的病例中，尤其是发生在晚年的脑震荡，有10%~15%会造成较为严重脑损伤，从而引起长期的甚至永久的记忆力和注意方面的问题。近期的研究表明，脑震荡甚至可能诱发早期的阿尔茨海默病。

人类的大脑特别容易受伤。脑浆是黏稠的胶状物，所以，如果我们的头部遭受猛烈撞击，脑浆就

会在颅骨内来回跳动，不断地扭曲和断裂开来。神经元之间的联结会被拉伸、绷紧，很容易被拉伤。大脑的外缘，尤其是外缘的前部，可能会刮擦到颅骨内侧锋利的部分而受到损伤。而其他的物种都不像人类这么容易遭受脑震荡，因为它们的大脑比人脑小得多，所以不会像人脑那么容易受到这种弹跳和撕扯的影响。

除了脑震荡，我们因头部遭受重击（或其他原因）而导致脑损伤的风险也比其他物种要大得多。这些撞击往往会让人昏迷、变成植物人甚至死亡。这类病人的大脑看起来非常稀薄，扭曲变形，几乎没剩下多少皮质。人在摔了一跤或者遭遇车祸之后，大脑皮层的四叶可能都会消失不见。不过，如

果给病人看病，只是观察功能性磁共振成像扫描是不够的。一般来说，大脑严重受损、处于植物人状态的病人身上都会连着一大堆治疗仪器。他们可能会四肢扭曲，身体还时不时地抽搐和扭动一下。这些病人常常会有反常的、重复的动作。尽管他们可能会把眼睛睁得大大的，看起来像是醒着一样，但你仔细查看之后就会发现，那只是一个假象。这些根本就无法证明，病人对外面的世界有任何意识：他们的眼睛没有聚焦到周围重要的东西上；他们对周遭的环境没有任何反应；当你试图从病人无规则的动作中推测出他们在想什么的时候，结果往往是令人恐惧的一片空白。这样的场景着实令人伤心和不安。如果病人完全处于昏迷状态，对病人家属来

说，或许还没那么煎熬。病人在植物人状态下，不时会有一些觉醒的迹象，这就会让家人觉得病人的大脑可能存在意识，或者至少有恢复的希望。但大多数情况下，这种希望终将化为泡影。

在对大脑做过一番研究，也见过这种脑损伤的病人之后，动作影片如今对我来说再也不只是孩童时期没头没脑、卡通片似的娱乐了：在《夺宝奇兵》或《007》系列影片中，每次看到不计其数、连名字也没有的守卫们被拳头、扳手、煎锅等重重击打头部时，我都不禁感到揪心。在我看来，那些重击无疑是在把数以百万计的神经元联结拉扯到即将断裂的地步。

科学研究使我们认识自己、认识这个世界，尽

管有一些新的认识还未得到证明，但也足以让我坚信科学研究是值得做的工作。对于“什么是意识”这类具体而深刻的问题，如果我们能够做出解答，无疑对社会大有裨益。

目前，对意识障碍这一分支学科的研究已经取得了一些成果，其中最突出的例子就是对植物人状态的研究。20年前，对于植物人，医学界除了让他活着，几乎什么也做不了。评估病人到底有多少意识几乎是靠猜测。同样，对于康复的预断多半也是凭猜测。如今，至少从病情的诊断和预断方面来看，情况已经大有改观。一个大规模、活跃的研究团体正致力于用日渐成熟的意识模型对这些病人进行量化研究，看看他们到底失去了多少意识。对于

这些病人是否能够复原的预测也开始变得精准起来。尽管治疗手段的发展还稍嫌缓慢，但无论如何也算是取得了初步的进展。在本章中，我将阐述人们在认识和治疗严重的意识障碍方面所取得的进展。我还将阐述，植物人状态的研究可以更正和扩充我们目前对于意识问题的看法。

一场不确定的曲折战斗

特里·夏沃是一位住在佛罗里达州的腼腆女孩，过着平静而稳定的生活。20多岁时，特里和丈夫迈克尔想要一个孩子。但是，特里可能患上了严重的贪食症，之前她一直在拼命地控制体重。1990年2月25日午夜，特里的心脏停止了跳动，主要原因可能是贪食症导致的内分泌失调。救护人员设法让她苏醒过来，但她休克的时间太长，造成了大面积脑损伤。

特里昏迷了大约3个月。随后，她的状况略有好转，但进入了植物人状态。她会睁开眼睛，而且有时而苏醒的迹象。但是，随着大家渐渐认识到她不可能进一步好转时，本来就渺茫的希望最终无情地

破灭了。

8年后，由于特里的状况丝毫没有好转，而且早就没有了康复的希望，她的丈夫迈克尔向法院提出申请，要求拔掉特里的进食管，让她死去。特里父母看法却与医生的评估截然不同，他们认为特里仍然活着，有时仍能感受到家人温馨的陪伴；如果进一步治疗，她有可能康复。由此，引发了美国历史上最著名、最激烈的司法争战。

在接下去的7年中，无数次的法律请愿、上诉和动议围绕着特里展开。迈克尔想要结束特里的生命，而特里的父母则坚决反对。这场官司是公民自由与宗教价值之间的对抗。特里是一名虔诚的天主教徒，因此就涉及这样的问题：她是否愿意以这样

一种可能亵渎神明的方式结束自己的生命。罗马教皇曾一度亲自裁定这个官司，明确表示应该延续特里的生命。一方面，相关的新闻报道就像一部令人难过的肥皂剧，报道称特里的父母与丈夫的争执都是因为钱在作祟——给特里治疗不孕症的医生由于未能查出她患有贪食症而败诉，所以特里拥有一大笔财产。另一方面，从1993年起，迈克尔一直在与另一个女人约会，并于2002年和2004年分别与这个女人生了两个孩子。尽管如此，他却拒绝与特里离婚。他说，不愿离婚是因为他对特里仍有感情，但特里的父母坚称他不过是贪图她的财产。

又是几年过去了，其间特里的进食管无数次被拔掉，最后又在她父母的上诉之下被重新插上。公

众对这场官司的兴趣越来越浓厚。政客也开始介入此事，因为他们发现，坚定地主张生命权便可以轻而易举地赢得极右派的选票。佛罗里达州州长杰布·布什通过了一条法规，这样他便有权干预此案并阻止特里的死亡。不过，人们随后发现，这条法规是违反宪法的。最后，就连杰布的哥哥——主张生命权的总统乔治W.布什也取消了休假计划，飞回华盛顿，穿着睡衣连夜签署了紧急法案。这项法案的主要目的是让一个人活着，这个人就是特里·夏沃。

这场政治和法律的激战最终以迈克尔的完全胜利收场。2005年3月31日，在特里·夏沃的进食管最后一次被拔掉的13天后，她离开了人世。

在这场漫长而痛苦的公开激辩中，有两个令人

心碎的关键问题。第一，虽然特里的外形发生了变化，但以个性特征而言，她还是昏倒前的那个人吗？第二，如果脑损伤确实令她丧失了一切恢复正常意识的机会，是否有可能出现一种治疗方法让她恢复正常呢？特里·夏沃的案例绝不是一个独一无二的案例，全世界有10万多例类似的事件，每一位病人的家属肯定都会反复问自己上述两个问题。

生与死之间的薄纱

在评估特里这类病人还有多少意识时，首先要进行正常的诊断。如果病人始终闭着眼睛，完全没有知觉，那就是处于昏迷状态。如果病人时而睡着、时而醒来，有时还睁开双眼，但又看不出有意识的迹象，那就是处于植物人状态。有不少处于植物人状态的病人会有一定程度的康复，甚至重新恢复正常的意识；但是，大约有一半的病人无法康复。而且，处于植物人状态的时间越长，康复的几率就越小。对大脑“为何会有正常意识”所做的研究表明，植物人状态与丘脑的损伤关系密切，丘脑损伤的同时，联结丘脑与前额叶皮层之间的通路也会受损。对于那些长期没有恢复迹象的病人来说，

情况尤其如此。不过，植物人状态也与大脑其他很多区域的损伤以及各种最初的起因有关，后者包括头部外伤、感染、药物过量等。如果植物人状态持续一个月，则属于持续性植物人状态。如果这种状态持续达一年（取决于损伤的程度以及在哪个国家做的诊断），则属于永久性植物人状态，也称PVS。进入PVS状态的病人，其康复的希望愈发渺茫。

但是，如果病人的病情确有好转，而且略微呈现出一些意识的迹象，比如目光能够随着某件东西而移动，或者可以听从命令而挪动手臂，那么就可以把他提升到微意识状态。要区分昏迷状态和植物人状态相当简单，只要看他的眼睛是否会睁开和闭

上即可。但是，要区分植物人状态和微意识状态则要困难得多。虽然植物人状态与昏迷状态相比，病情似乎有所好转，但问题在于，处于植物人状态的病人的意识可能仍是一片空白。因此，要让家属确信病人还有意识，而且有恢复的可能性，关键是要能进一步诊断出病人处于微意识状态。

病人的某些外在迹象，如哭泣、微笑或者磨牙，很容易让家属误以为他们有希望恢复意识。但事实上，这些其实都是反射动作，不管有没有意识都会出现。尽管医生在解释这些令人惊讶的原始动作时会非常谨慎，但实际上他们往往也会觉得很难分清这些只是随意的声音和动作，还是不易察觉的真正的意识迹象。临床医生通过寻找那些暗示病人

存在意识的行为，来区分永久性植物人状态和微意识状态。比如，病人究竟能不能说话？他会追随你的目光吗？他的举动是有目的性的吗？通常来说，要在那些经常全身抽搐或四肢痉挛性抽动、时睡时醒的病人身上寻找这些证据是非常具有挑战性的。这种颇为随意的方法意味着，要为这类病人做出准确的诊断非常困难。根据某项研究，常规的临床观察做出的诊断中有43%都是误诊——通常是把那些应该归入微意识状态一类的病人诊断为植物人状态。随着各种精心设计的评定量表的使用，行为评估的方法也会慢慢变得合理起来，因为这些评定量表可以用一定的标准来检验和量化各种诊断指标，以此确定该将病人归入哪一类。但是，即便这种改

进过的方法有时也会将人引入歧途。

从内部观察意识

当我们看到一位朋友嘴巴大张、眉毛扬起，急切地指着一位仅戴一顶大礼帽、骑着单轮车在闹市穿行的裸男时，我们完全清楚朋友脑子里想的是什么，而且毫不费力就能知道他是清醒的，意识也是正常的。但我们也很容易忘记，这只是一种间接的评估方法：他的手势或表情只不过是他的大脑活动的输出，而不是大脑活动或意识的本身。如果某个人的大脑受损，其大脑与身体之间的连接遭到破坏，干扰了他的运动能力，那么我们就无法再从他的身体语言中有效地推断出他的意识。同样，因为一个人完全瘫痪，我们就断定他没有意识了，这也是毫无根据的。当然，我们几乎不用去担心这个问题。

但是，如果病人处于植物人或类似状态，我们就真的要担心这个问题了，而且，无论你的行为评定量表做得多么标准和细致，都无法解决这个问题。

阿德里安·欧文（Adrian Owen）是我读博时的主要导师，在我成为科学家后的许多年里，他还一直是我的老板。在研究生涯的大部分时间里，他都在探索怎样用更先进、更直接的办法来测量这类病人大脑内的意识水平，我偶尔会给他做助手。这位长着一头姜黄色头发的男人魅力超凡，风趣幽默，极像梵高。欧文将大脑扫描仪作为一个强大的工具来探测处于植物人状态的病人的意识水平。已经证实的是，对于某些病人来说，这些新兴的技术比行为观察要灵敏得多。

欧文最近组织了一项大规模研究，包括41位处于植物人状态或处于微意识状态的病人。欧文及其团队将病人放入功能性磁共振成像扫描仪中，然后让他们通过耳机听取各种声音。这些声音的复杂程度各不相同。一开始让病人大脑处理的是随机噪声。接着是正常的语言，也就是标准的句子，如“她将秘密写进日记里”。最后是包含模棱两可的单词的句子，这也是让病人听取的声音中最难的，如“朝着坦克发射炮弹”。

欧文首先观察每种声音激活的是病人大脑的哪一块区域，再将结果与那些身心健全的被试的大脑在处理相同任务后的结果进行对比。由此得出：认知处理可能具有四个水平，这些水平可以通过大脑

的活动模式来加以区分：无法处理任何声音、能够处理随机声音、能够处理语音、能够处理单词的含义。令人惊讶的是，两个先前根据行为评分而被归入植物人状态的病人居然达到了最高水平，他们的大脑活动显示，他们可以处理所听到的单词的含义。所以，他们并不属于植物人，而有可能处于微意识或更好的状态。更令人激动的发现是：根据病人通过声音测试所达到的水平，就能很好地预测他们在未来6个月内能够恢复多少意识。

这是一项具有开创意义的研究，有可能在未来数年内成为临床医生评估这类病人意识水平的重要工具。已有确凿证据表明，这项研究应该还有希望让某些类似的病症进一步好转。我们不妨回顾一下

第3章中讲到的：全身麻醉的人是无法理解单词含义的，这种理解力是需要意识参与的。因此，这项研究中大脑活动所显示的对单词含义的理解充分暗示着意识的存在。这也合理地解释了为什么通过这项测试的病人能够进一步恢复意识。

但是，这种数据并不能确切证明这些病人是有意识的，因为它们不够直接，而是间接推测出来的。从技术上看，即使这些病人的大脑能够很好地处理单词的含义，他们仍有可能是没有意识的。要想明确解答这一至关重要的问题，我们需要更具说服力的证据。

欧文及其同事另辟蹊径，这项具有里程碑意义的研究提供给我们就是这样的证据。欧文推断，

如果这些病人能够展示决断力，如果他们能够自主听从他发出的复杂指令，那么不管医生的诊断是什么，都完全可以证明这些病人的确存在意识。

2006年，他在一位遭遇车祸后进入植物人状态的23岁的女士身上验证了这个想法。那位女士成功地通过了上述的声音测试，对模棱两可的单词的反应也很活跃。但接下来，当她再一次进入扫描仪时，欧文要求她完成两项任务。他有时会让她想象打网球，有时则让她想象在自己家里的各个房间里巡视（回顾一下第1章，我的朋友马丁·蒙蒂对我做过类似的实验）。当欧文在研究她的大脑活动时，发现她对这两项指令的反应与那些身心健全的人在完成同样任务时的大脑反应并无分别。从这个发现中，

他得出的唯一可能的结论就是：医生之前对她的诊断是错误的，她并没有进入植物人状态，而是完全有意识的。在那次扫描之后，她逐渐恢复，后来在一年不到的时间里，她就可以通过用脚踩按钮来回答“是”或“否”了。

常规的临床诊断和大脑扫描仪显示的结果之间存在的这种差异颇为可观，尽管这种情况并不多见。在最近的一项研究中，欧文、马丁·蒙蒂及其同事证明，在那些貌似处于永久性植物人状态的病人中，仅有约17%的患者的大脑能够对想象性动作的指令做出恰当的反应。尽管如此，这个实验性方法仍然表明，在测量那些大脑严重受损的病人的意识水平时，大脑扫描有时比医生的临床评估要灵敏得

多。此外，欧文认为，这项结果证明了某些看似处于永久性植物人状态的病人可能已经越过了中级的微意识状态，几乎具备了正常的意识水平。但是，由于他们的意识没有途径得以展示，所以被封锁在头脑里。

由于功能性磁共振成像扫描仪价值不菲，而且无法随身携带，欧文的团队最近一直在试用脑电图仪。脑电图仪是一种更为切实可行的临床工具，它不仅比功能性磁共振成像扫描仪便宜得多，还能拿到床边来用。这一点很重要，因为想要移动这类病人是很困难的。尽管要用这个方法获得可靠的信号并不容易，但不管怎样，欧文及其同事已经用上述类似的指令实验向我们表明，这一方法可以用来证

实某些看似植物人的病人其实是有意识的。

通过大脑活动进行沟通

上述方法可能意味着，有些外表看来完全丧失了意识的病人，实际上不仅有着清醒的意识，我们甚至可以通过大脑扫描仪与他们沟通。当马丁·蒙蒂在我身上做功能性磁共振成像扫描仪实验时，我通过想象环顾房间四周或打网球来回答他提出的“是”或“否”的问题。然后，他会从扫描仪获取到的大脑活动中读取我的答案。后来，在一位患者身上使用这个方法。这个患者是一个年轻的比利时男人，在遭遇车祸后的5年里，由于外表看似植物人，一直被归入植物人状态。当被询问他父亲的姓名以及其他几个私人问题时，从大脑活动的扫描中可以看出，他的大脑非常活跃，而且对前5个问

题的回答都是正确的。这是一个令人惊讶的结果，与原先永久性植物人状态的诊断完全不一致。

在这些研究中，照例需要强调的一点是，那些在扫描中出现的负面结果是很难解释的。比如，如果病人没有产生恰当的大脑活动，有可能是因为他在扫描仪中移动得太多，从而破坏了扫描结果。但是，如果病人通过了测试，无疑表明他是有意识的。而且，随着测试方法的改善，病人要想证明他们有意识和沟通能力，应该会变得更容易。

尽管这些方法与传统的临床手段并无关联，但我们完全有理由相信，这种状况在今后5年左右的时间里将会改变。尽管病人无法移动任何一块肌肉，但我们仍然可以采用一种常规的大脑测试方法

让他们表达自己的想法和愿望，由此帮助他们传出他们急需发出的声音，也为焦虑不安的家属带来希望和信心。

检查意识神经通路的完整性

从本质上说，上述方法要在若隐若现的大脑活动中幸运地捕捉到意识交流的一瞬。但是，如果给病人做扫描那天没赶上好时候怎么办呢？比如说，病人在扫描时大部分时间在睡觉，但其实他通常是有意识的？或者，病人只有部分意识，但所有的神经元结构都显示他完全可以康复，这又该怎么办呢？运用较为间接的神经系统调查肯定会有好处，因为这种调查绕开了实时的意识或沟通问题。最有可能用于这些病人的间接方法包括：检查病人大脑的联结是否完整到可以支撑意识的地步；或者，大脑各个区域之间是否仍有沟通，并且反映出意识？这些方法尽管乏味，却比那些全靠病人听从指令的

方法更为有效，而且还能提供更加可靠的康复预测。

此外，鉴于今天的意识科学已经发展得较为成熟，人们完全可以利用有关意识和大脑的现有知识，来对永久性植物人状态进行准确的诊断测试。

首先，我们都知道，作为大脑重要中转站的丘脑在意识活动中起着关键作用。尽管在维持我们丰富多彩的体验方面，丘脑可能不如前额叶-顶叶网络重要，但整个大脑皮层中信息的自由传递与组合都要经由丘脑，因此丘脑的正常运转对于意识的产生是必不可少的。正如在解剖扫描中看到的，丘脑的严重损伤明显标志着患者将会丧失意识，并且无望康复。但是，即使丘脑看似完整，它与大脑其余

部位的联结并不一定还是正常的。因此，达维尼亚·费尔南德斯-埃斯帕乔（Davinia Fernandez-Espejo）、阿德里安·欧文及其同事最近采用了较新的磁共振成像扫描技术——弥散张量成像（Diffusion Tensor Imaging），以检查这类病人的丘脑与大脑其他部位的联结情况。结果发现，通过观察这些纤维通路的完整性，可以很好地诊断出病人是属于永久性植物人状态还是微意识状态，其准确率高达95%。这种方法的成功率远远高于我们通常采用的常规临床行为评估法。你可能还记得，后者的误诊率为43%，实属可悲。

直接研究前额叶-顶叶网络的通路也是一个明确的研究目标，因为有大量证据表明这些通路是大脑

产生意识的最关键部分。梅勒妮·博利（Melanie Boly）及同事运用复杂的神经影像技术来评估大脑的一个区域如何引发另一个区域的活动，结果证实，虽然处于永久性植物人状态的病人的前额叶皮层不会再对大脑后部的区域产生影响，但是，无论是处于微意识状态的病人还是意识健全的被试，他们的大脑区域之间仍然有着较为强烈和活跃的联系，也都有信息流出和流入前额叶皮层。

还有一个有理论依据的方法——这回是源自信息整合理论——运用了第6章提及的经颅磁刺激脑电图技术，先是用经颅磁刺激仪对大脑皮层进行一小阵的刺激，然后用脑电图仪来监测皮层刺激的蔓延范围和持续时间。在那些醒着和有意识的被试的

整个大脑皮层中，可以发现持久而活跃的活动，而当他们处于熟睡时，监测到的活动就只是局部的，而且持续时间很短。尽管这项研究目前仍处于早期阶段，但已被用来测量植物人患者残余的意识水平。

修复并非易事

对于患者的亲人来说，找到方法准确地判断处于植物人状态的患者是否还有意识，这意味着一半的工作。他们还想知道，患者是否能够康复，是否有什么治疗手段有助于康复过程。目前，尽管有一些可能的治疗方法，但这些方法都不足以令人振奋。

比如，尼古拉斯·希夫（Nicholas Schiff）及其同事在一位38岁的患者身上完成了深部脑刺激手术，这位病人处于微意识状态已达6年。这项技术在操作时需要将电极插入大脑深处，因此，尼古拉斯就用这种电极导线不断刺激病人的丘脑，每天刺激12小时。就这样，他们不仅重新激活了病人的丘

脑，还激活了很多相关的区域，包括前额叶皮层。

在手术之前，病人只有少量的意识迹象，他只能时不时地听从一些口头指令，但却一个字都说不出来。而在接通电极之后，病人似乎很快就能更加主动地醒来。他还能睁开眼睛，把头转向有人说话的那边。光是这些表现已经很了不起了，而且病人还在逐渐好转。6个月后，这项研究接近尾声时，病人不仅第一次开口说了一些简单的单词，叫出了一些物品的名称，甚至还说出了简短的句子。手术之前，病人几乎丧失了运动控制能力，就连咀嚼食物也无法完成；而现在，他能把杯子端到嘴边，一日三餐能自己吃了。这些进步都是非常显著的，但需要强调的是，尽管如此，这个病人终归患了重

病，再也不能像没发病时一样。另外，这种方法在永久性植物人状态的病人身上是否有用，目前还没有定论。毕竟，永久性植物人状态的病人丝毫没有明显的意识迹象，与尼古拉斯的这位病人手术前的状况不一样。

还有一个与众不同、颇受争议的方法，是针对永久性植物人状态患者的。这个方法主要是给这些患者服药。拉尔夫·克劳斯（Ralf Claus）及其同事提出的一些临时性证据显示，对于某些患者来说，服用唑吡坦这种普通的安眠药，可以让他们每次反常地醒来差不多4小时。好像他们的入睡和苏醒能力完全偏离了，而这种药物可以暂时对系统进行重新设定和校正。有一位完全没有意识迹象的永久性

植物人患者，在服用了唑吡坦数小时后，就可以较好地口头回答一些问题，甚至还能进行简单的计算。尽管其他研究团队也证实了唑吡坦确实可以改善这类患者的意识水平，但是这种药似乎只对少数人（15人中大约1人）有用。

有时，具有少量意识迹象的患者会自然康复，甚至在昏睡多年后醒来。在一个著名的病例中，一位名叫特里·沃利斯的男子从自家的敞篷小货车中摔出去，导致脑部大面积损伤并且昏迷。事故发生数周之后，他被诊断为处于微意识状态。这种状态持续了19年，直到有一天，他突然恢复了正常的意识。又过了3天，他几乎可以正常说话了。表面看来，这个病例不啻奇迹。但是，当你仔细诊察各种

细节时就会发现，他的状况远非一开始看上去的那么令人振奋。沃利斯患上了严重的健忘症，他的工作记忆非常糟糕，也丧失了制订计划或策略的能力。他容易冲动，性格也发生了变化，与遭遇车祸时19岁的他相比要幼稚得多。他的大脑扫描结果与其行为表现是相符的：严重脑萎缩。不过，也有一些好的证据表明，他大脑内新的通路正在生长，这或许正好解释了他当初为什么会自然苏醒吧。

从所有这些患者的状况来看，要想做出很好的预断，关键要看他们大脑的损伤程度以及导致患者处于目前状态的起始原因。我们不妨再来谈谈特里·夏沃的病例，尽管她的家人希望和祈祷她能康复，但令人遗憾的是，她的大脑萎缩得相当厉害（参见

图9)，所以肯定没有什么药物或仪器可以治好她了。

对于大多数处于永久性植物人状态的患者或遭受某种严重脑损伤的人来说，或许将来最有希望出现的有效治疗手段是干细胞疗法。从理论上说，注入脑内的干细胞可以变成新的神经元，从而使大面积的脑损伤彻底好转。但从目前来看，一方面，这一疗法其实非常危险，因为干细胞往往会形成肿瘤；另一方面，要让大部分的大脑皮层恢复也是相当困难的。而且，即使在未来几十年，干细胞疗法已成熟，成为一种切实可行的治疗方法，但患者在康复的同时，他们原有的大部分记忆、技能和个性可能也会因最初大脑的受损而被抹去。他们新的意

识和个性要一点点地重新形成，这个过程可能会令人深感不安。很难想象这样的患者将要面对怎样的挑战，毕竟，即便是正常发育、过着正常生活的人，也要常常费力地从各种生活经验中寻找一条精神健康之路。

第8章 意识异常导致的精神疾病

破碎的意识

我与妻子在一起13年了。她为人热情，机智过人，在很多事情上我们看法一致，因此与她相处很容易。但有时候她却很难相处，这不能怪她，因为她患有双相障碍（bipolar disorder）。与其他双相障碍患者一样，我妻子经过精神疾病医生多年的诊治，排除了一系列其他病症，最终才被确诊为患了双相障碍。确诊后，医生开了很多药，大多没什么效果。每用一种新药，我们都要经历一次希望、失望、绝望的过程。

我妻子发病时，通常出现抑郁的情绪：她大部

分时间在睡觉，说自己没有精神，不想做任何事情，有时候情绪低落到躺在床上一动不动。她不能做任何决定，不记得任何事情，一些平时很容易理解的事情也变得无法理解。整个人不是木木的，就是心烦意乱，她的思想和情感已完全没有理性可言。她的表现让人觉得她很丑，很胖，很笨，很不友善、人缘很差。而实际上，她很漂亮，体重指数只有21，还是遗传学博士，同时又获得牛津大学和剑桥大学好几个学位，她还有很多朋友，而且愿意为别人付出。

偶尔她会表现得很狂躁：睡得很少，有时候一两个晚上都不睡觉，情绪高昂，失去控制，很容易兴奋，像喝醉酒一样。她显得精力旺盛，实施各种

计划，而在正常情况下她会认为某些计划只是浪费时间。她会将各种想法联结起来，好像在组织新的、富于创见的组块，但是这些联结没有任何意义，她的想法也很荒谬，事后会让人很尴尬。

当然，像双相障碍这样的病症很复杂。我妻子的症状与她的意识的扭曲程度直接相关，这点让我很震惊。她处于抑郁的状态时，好像不具备足够的意识，老是感到很累，意识不到自己的极度非理性；处于狂躁的状态时，好像意识过于旺盛，不知疲倦，脑子里会产生各种各样不理智的想法。

医生给她开了很多治疗抑郁症和双相障碍的药，像选择性5-羟色胺再摄取抑制剂（SSRIs），这种药通过提高血清素含量治疗情绪低落；另外还

开了像锂这样的镇定剂，以稳定她的情绪（锂的功效现在还不是很清楚）。有些药物使她的身体很不舒服，还有一两种药让她的精神状态一落千丈。总之，没有一种药物可以治疗她的双相障碍（对双相障碍患者来说，这种情况很常见）。最后，很幸运的是，她用了一种兴奋剂，只要一天时间，她的抑郁情绪就大为减轻。这种药不是很理想，可能对其他患者未必适用，但是比她试过的其他药物有效得多，用了之后，她比之前正常了很多。

为什么一种让人兴奋的药物会对人产生如此深刻的作用，从而让患者不再觉得自己毫无用处？如果从意识的角度研究精神疾病，会得到更好的治疗精神疾病的方法吗？

据世界卫生组织（WHO）统计，全世界有1/4的人患有不同程度的精神疾病，其中焦虑症和抑郁症最常见。自杀成为年轻人死亡的主要原因。像癌症或心脏病这样的重大病症，一般在一个人的生命后期出现，而精神疾病更多出现在青少年期或刚进入成年期。对患者来说，这不仅意味着痛苦会持续很久，而且会带来沉重的经济负担。

精神疾病带来的经济损失很难估算，但最近世界经济论坛做了一个统计。考虑到所有相关因素，如治病的直接费用、时间成本等，2010年全世界治疗精神疾病的费用高达2.5万亿美元。这个数字很惊人，但在未来20年内还可能大幅度增长。在不久的将来，精神疾病造成的经济负担将在所有非传

染性疾病造成的经济负担中占据最大比例。这些非传染性疾病包括心血管病、慢性呼吸道疾病、癌症和糖尿病。治疗精神疾病所需的费用是现今医疗总预算的一半，而实际情况是：如今只有小部分经费花在精神疾病治疗上。考虑到精神疾病所需的实际费用，精神疾病的治疗必定是医疗卫生系统中资金最短缺的一个项目。因此，提高经济增长最为合理的措施之一是关注大众的心理健康。

官方对精神疾病的忽视部分源于传统观念，认为精神疾病不是真正的疾病；另外一个原因是认为精神疾病太复杂了，很难得到有效治疗。第一个观点不正确，而且危害性很大，但第二个观点有其正确的一面。我们研究了几十年，还未能触及精神疾

病最浅层次的东西。这点我和妻子感受颇深。原因之一是，很多精神疾病是由于基因和环境以极其复杂的方式相互作用而产生的。虽然如此，还是有一些新的观点揭示了精神疾病产生的深层原因。在治疗精神疾病方面，即使是小小的进步，都会对社会产生巨大作用，不仅减轻了患者的痛苦，还为经济发展提供了可能性。

在这一章，我将所有精神疾病重新定义为意识障碍。这种做法将有助于产生新的、有用的观点及治疗精神疾病的新方法。我还会在结语中建议，对意识的本质和作用的深入了解，有助于阐明和减轻我们每日面对的精神痛苦。

自闭症与意识过度

从意识和精神病学的角度看，自闭症是一种特殊的、让人捉摸不透的综合征。过去将自闭症看作一种社交障碍，现在观念改变了，认为是意识过剩导致自闭症。

自闭症患者在幼年时代就表现出明显的症状，包括不理解他人的思想和情感，语言表达能力低下，有强迫、重复的行为特征。大部分自闭症儿童都被认为是智力迟钝，而且这种状态会伴随终身。

和其他精神疾病一样，自闭症表现为一系列的症状，而不是单独的某个症状。而且，自闭症有各种不同的程度和类型。因此，我们通常会说“自闭症谱系障碍”（autism spectrum disorders），

而不是简单地称“自闭症”。自闭症谱系障碍包括亚斯伯格综合征，这种病的患者有一些自闭症的症状（如社交能力很差），但通常能正常生活，而且智商很高。

传统的观点认为，自闭症患者具有某种先天缺陷，不具备社交能力，这也是自闭症患者不理解别人、无法与人交流的原因。过去很多理论都试图解释自闭症的各种症状，如与社交能力无关的重复行为。但如今这种传统观点已经过时了，越来越多的证据表明，患有严重自闭症的儿童在参加强化行为干预计划后，他们的社交能力与语言能力都能得到显著提高。这些干预计划让患病儿童参与游戏，鼓励他们进行交流，如“早期介入丹佛模式”（the

Early Start Denver Model) 与 “爱子计划” (the Son Rise Program) 。这些干预计划表明，患者的社交障碍不是自闭症产生的主要原因，而只是表示患者与其他人存在明显区别。

有一种理论认为，自闭症不是由于智力迟钝造成的，而是由于患者体验到的信息过多造成的。换句话说，从某种角度看，自闭症患者的意识过剩，而他们表现出来的症状只是他们处理过剩意识的一种方式。

这种理论与传统观点不一致。传统观点认为，自闭症患者处理信息的能力很差，智力迟钝。而根据这个理论，大部分自闭症患者并没有智障问题。首先，亚斯伯格综合征（属于自闭症谱系的分支）

的患者智商一般都很正常，有些患者还具有很高的智商。而且，一些医生、数学家和工程师都有某些自闭症症状。西蒙·巴伦·科恩（Simon Baron-Cohen）是研究自闭症的著名专家，他和伊恩·詹姆斯（Iain James）认为，一些著名人物，如爱因斯坦和牛顿，都患有亚斯伯格综合征。爱因斯坦费了很大劲才学会说话，很小的时候就是一个孤独的孩子，一直到7岁左右，他才改掉一个毛病——强迫性地重复说过的话。

一些自闭症患者确实智力低下，如不能独自上厕所。但是我认为，不能根据这点推论出他们一定不具备独自上厕所的能力。要判断一个小孩子语言能力低下或反感一些陌生的活动，是一项具有挑战

性的任务。但是，越来越多的科学家反对给自闭症患者贴上智障的标签。一些研究者因为患者在某个测验中成绩不理想，就妄下论断，认为他们其他方面的能力也很差，这种做法也是在给患者贴标签。

测试智商有两种普遍却完全不同的方法。一种是韦氏智力测验。这种测验采用大范围测试的方法，让被试做很多测试，其中包括各种语言测试。另一种是瑞文推理测验，属于非文字测试，要求被试根据一个大图形中图案的逻辑规律，选择适当的小图形填入大图形的空缺中。不出所料，测试结果显示，很多自闭症儿童在传统的韦氏智力测验中成绩很差（因为这个测试包含语言能力测试），而在瑞文推理测验中，成绩提高了很多，比韦氏智力测

验的成绩平均高出30~70分。而且，从整体来看，他们的智力和其他正常的孩子一样。

所以，自闭症患者通常不是智力迟钝。通过行为治疗，他们的社交障碍能够得到很大改进。但是，有什么证据表明他们的意识比正常人要丰富呢？实际上，很多不同来源的数据都可以证明这一点。

少数自闭症患者在某些方面具有超乎寻常的能力。例如，斯蒂芬·威尔特希尔只需要看一眼外面的景色，就能准确地画出一幅风景画。德里克·帕拉维奇尼双目失明，他可能不知道如何举起3个手指头，但他是一位出色的钢琴家，举办了多场音乐会，一个曲调他只要听过一次就能准确弹奏。还有

第5章里提过的丹尼尔·塔米特，他具有高超的运算能力，能记住很长的数字。

根据最近的统计数字，大约只有10%的自闭症患者具有某种特殊能力。但是我们逐渐发现，大部分自闭症患者在感知或分析方面具有特殊才能。

从生物学角度看，自闭症与精神分裂症恰恰相反。这两种病症同样源于基因异常，但是精神分裂症是一个特定基因产生变异——缺失一个DNA片段，而自闭症是另外一种变异——复制同一个DNA片段。而且，精神分裂症患者在童年时期大脑发育缓慢，而自闭症儿童的大脑发育速度比正常儿童快。

很多自闭症患者能细致入微地观察周围世界，

他们的注意比正常人更集中、持久。但是过多的信息会造成巨大压力。自闭症患者讨厌吵闹和繁忙的场面。正常人听到尖锐的、出人意料的声音，注意会被吸引，而这些声音在自闭症患者听来尤其尖锐，有些患者还会出现轻微的联觉，如特别吵闹的声音会让他们产生瞬间的视觉幻象^[1]，似乎声音太强烈，以致涌到其他感觉中。这种不经意的感觉混合现象说明，自闭症患者的信息组合能力特别强。

如果自闭症患者的意识比普通人丰富，按照我在这本书里的观点，可以推导出他们的思维具有更多的模式和结构。我认为这是自闭症的一个标志性特征，而且这种情况很普遍，不管是能力低下的自闭症儿童，还是患有亚斯伯格综合征的天才，都具

有这个特征。

为了压缩过剩的意识以减轻压力，很多自闭症患者会建构各种结构，不管是在他们的头脑中还是在现实生活中。他们会小心翼翼地搭积木，并制订很多规则，有很多习惯性动作。这些做法的目的是减少生活中的新奇和混乱，代之以有规律的、压缩的模式。这也是他们寻求具有很强规律性的爱好（如数学运算，成为“活日历”等）的原因。事实上，自闭症患者拥有的特殊才能只限定在一个小范围内，但是这些才能大多与具有逻辑性和等级结构的意义模式有关。我们很多人都渴望模式和结构，如我们喜欢玩数独游戏和纵横字谜游戏。但是自闭症患者的渴望更迫切，更持久。关注结构以及习惯

性地运用组块，成了自闭症患者的救生艇，为了不被意识信息的海洋淹没，他们拼命地抓住这艘救生艇。同时，寻找模式也成了他们的生活乐趣，给他们带来安全感。例如，丹尼尔·塔米特在自传《出生在蓝色的一天》（Born on a Blue Day）中用富于诗意的语言写道：“我的书页上满是数字，被数字包围着，让我很开心，就像裹在舒适的数字地毯中。”

一些自闭症患者语言能力弱，或者缺乏社交技巧，我认为部分原因在于，他们一开始就被其他更具有模式性的东西所吸引，没有兴趣学习语言或社交技巧，而原本他们完全有可能掌握这些技能。例如，塔米特在十几岁时就尽力学习各种社交规则，

每次我碰到他，他都很亲切、热心。他还能讲10种语言，对隐藏在文字中的逻辑结构非常着迷。由于社会生活太混乱、无序、不可预知、无法掌控，自闭症患者很容易感到沮丧。相对而言，他们的精神生活更具逻辑性。换句话说，自闭症患者最初避开社会生活，是因为他们感受到的信息量过多，无法有效压缩，让他们感到压力过大。

一些自闭症患者的内心世界极其丰富，给他们贴上“能力低下”的标签很不合适。虽然如此，但如果他们感到非常痛苦，还是需要进行治疗。行为治疗的理念是：无法理解他人的情感以及社交能力低下不是自闭症的主要特征，而且这种状况不是不可改变的。如今自闭症的药物治疗效果不显著，但

有一种新药——阿巴氯芬 (arbaclofen) 能够产生明显效果。这种药可能就是针对自闭症患者具有过多意识而研制的。正常人的大脑内有很多神经递质，一些神经递质鼓励神经元发射，另一些神经递质则抑制神经元活动。而自闭症患者大脑内的神经递质出现失调：加速大脑活动的主要神经递质——谷氨酸过多，而与之相对的γ氨基丁酸 (GABA) 不够，使神经元发射受到抑制。阿巴氯芬能够调节神经递质失调，使自闭症患者的意识恢复正常，从而快速提高他们的社交能力。

[1] 我认为，比起普通人，自闭症患者出现联觉的情况更为普遍，虽然还没有发现这方面的研究。

睡眠的重要性

自闭症的情况很特殊，是由于意识过剩导致的，而其他一些精神疾病却是因为意识萎缩造成的。大部分患者出现意识萎缩，是由于睡眠紊乱，而睡眠问题很容易得到改善。

我很幸运，没有患上精神疾病。只要不喝浓咖啡，我的睡眠质量就很好。在睡眠质量不好的时候，我能稍稍体会到精神疾病患者的痛苦。在学生时代，有时候为了赶作业或社交活动，我会睡得很少。如果连续两天只睡了几个小时，我就像变了个人，感觉很糟糕，好像一下子老了很多。我好像得了健忘症，不记得一些重要的细节问题，比如电脑密码或朋友的名字。我强撑着做点简单的事情（如

做饭)，整个脑子晕晕乎乎的，很糊涂。而且，我会变得越来越焦虑，感到压力越来越大，没有平时那么自信了。更让人吃惊的是，我会出现幻觉。这种幻觉不是听到陌生的声音，或是看到虚幻的人物，或其他一些奇怪的事情；而是经常感到旁边陌生人的谈话中似乎提到我的名字，或者感觉地毯上的图案在转动。与精神疾病患者不同的是，我只要一个晚上睡好了，这种幻觉就会消失。但很多人却别无选择。

睡眠和做梦在我们生活中很平常，却也很奇特。我们有1/3的时间在床上度过，期间我们要么几乎意识不到任何东西，要么感受到一些离奇的、不连贯的事情。咖啡因是世界上最流行的药物，能

够赶走睡意。如果一个晚上不睡觉，我们马上会出现认知障碍。连续两个晚上或超过两个晚上不睡觉，可能会出现短暂的精神错乱。超过48小时，我们几乎不可能抵御睡魔的侵袭。而如果缺乏其他重要的东西（如食物），我们的感受不会这么强烈。

我在犹太人家庭长大，对禁食并不陌生。在赎罪日，我们要坚持25个小时不吃东西，不喝水（但不禁止睡觉）。我一直记得在11岁那年的赎罪日发生的事情。按照规定，我过了13岁生日才开始禁食。11岁时，我的观念已经向无神论转变。但是出于好奇，我坚持要禁食，想知道禁食到底是什么感觉以及自己是否能坚持到底。到了下午3点钟左右，我已经禁食近19个小时，没吃过东西，没喝过

水。这时，我在祷告过程中悄悄溜出去，和一帮朋友在大楼另一头一个空置的大厅里踢足球。在身体处于几乎脱水的状况下，跑上一个小时并不明智，但是那天我踢得还不错。到了晚饭时间，不需要禁食了，我惊奇地发现，原来一整天不吃不喝也很容易做到。

与这种情况相对照的是：如果要24小时不睡觉，我不可能撑到最后还能保持清醒。

在老鼠身上做实验发现，一个月不睡觉会带来致命的后果。几乎所有动物都需要睡眠，昆虫也不例外。大多数科学家认为，我们平时打个盹，尤其是做梦，会极大提高学习效率和记忆能力。神经元在一天工作后会感到“疲倦”，需要减少活动量，

休整一阵子，为第二天工作做准备。为了使大脑能灵活有效地处理信息，我们必须睡眠。

因此，想要意识顺畅清晰，我们需要一段平静的睡眠时间。睡眠与健康的关系并非什么惊天动地的科学发现，然而我们还是经常忽视睡眠的重要性。现代生活繁忙紧张，使我们忽视了一点：睡眠很容易受影响，睡眠质量不好会严重影响心理健康。

人类存在普遍的睡眠问题，在所有动物中，人类的睡眠问题最严重。同样人类也是最容易患上精神疾病的动物。很不幸，睡眠障碍是我们为复杂的大脑和丰富的意识付出的另一种代价。几十年前我们就发现，睡眠问题与精神疾病有关。但过去的观

念一直认为，睡眠问题是精神疾病的一种症状，而不是引起精神疾病的原因。现在，我们开始反过来思考问题了。

表面上看，很难判断睡眠障碍是精神疾病产生的原因还是结果。处于抑郁情绪中的患者感到很虚弱，因而产生巨大压力，无法入睡；而睡眠不好反过来让患者更加紧张、焦虑、沮丧，形成恶性循环。但实际上，有办法判断两者关系。

睡眠呼吸障碍会引起深层的睡眠中断。患者通常意识不到这个问题，甚至持续几年时间都毫无知觉。睡眠呼吸暂停是最常见的一种情况：由于器官阻塞，患者睡着时，呼吸在几分钟内就暂停一次。这种伪窒息（pseudo-suffocation）会让人醒过来

一会儿，但醒来的时间很短，第二天早上不会记得。有一点很重要，睡眠呼吸障碍与大脑无关，而是因为咽喉的功能出现障碍。保罗·佩帕德（ Paul Peppard ）和同事研究发现，睡眠呼吸障碍患者更容易得抑郁症。换句话说，长期睡眠质量不好会引发抑郁症。

另一种相关情况是季节性情感障碍（ SAD ）。这是一种在冬季出现的抑郁症，因为冬季白天变短，日照时间不够长。患者通常感到困倦、虚弱无力、情绪低落，好像进入半冬眠状态（很可能事实就是如此，这种状况是早期哺乳动物进化过程的残余）。治疗这种病最简单的方法是光疗法（ light therapy ）：让患者靠近一种经过特殊设计的灯，

以灯光代替患者所需的阳光。这种治疗的目的是提高患者注意水平，以驱逐忧郁情绪。

注意缺陷多动障碍（ADHD）与睡眠和意识的关系更明显。这是一种儿童疾病，有些人认为这种疾病的症状很模糊，由此产生危险的过度诊断，或是使用容易上瘾的药物治疗。然而，患这种病的儿童确实存在严重障碍。这种病是遗传的，患者的工作记忆萎缩，表现出容易冲动、过于活跃、注意力不集中的症状。工作记忆萎缩意味着意识水平降低。睡眠不好很可能是导致注意缺陷多动障碍的原因之一，这点同样可由睡眠呼吸暂停这一病症得到证明。

戴维·格扎尔（David Gozal）和他的同事发现，

患有睡眠呼吸暂停的5~7岁儿童很可能会出现注意缺陷多动障碍症状。但是，多数确诊为患有注意缺陷多动障碍的儿童没有出现睡眠呼吸暂停现象，可能是因为他们的症状是由基因异常引起的。尽管如此，这些儿童的睡眠状况与正常儿童很不一样。他们的快速眼动睡眠期（REM）、做梦期都比正常儿童要迟，而且时间也要短一些。这两个睡眠阶段对学习和记忆最重要。如果我们前一天睡得不好，第二天快速眼动睡眠期会增长，以弥补前一天的不足。抑郁症患者和精神分裂症患者都会出现快速眼动睡眠紊乱。

如果一个孩子很累了，却还很兴奋，而且老喜欢调皮捣蛋，那么他可能由于长期睡眠不足而出现

注意缺陷多动障碍。这种病的患者感觉麻木、迟钝，似乎处于半有意识半无意识的状态，而且他们会机械地做很多事情，好像通过这种方式补偿麻木的状态。患有注意缺陷多动障碍儿童的前额叶-顶叶网络长期处于被抑制的状态。

有人可能会想当然地认为，安定药或低剂量的镇定剂可以用来治疗多动症，使患者平静下来。事实恰好相反，在确定患者很累了后，医生普遍使用利他林（Ritalin）这样的兴奋剂进行治疗。

双相障碍与注意缺陷多动障碍都与睡眠有关。例如，双相障碍患者如果一个晚上不睡觉，会出现狂躁情绪，或者出现生物钟被打乱，觉醒周期平衡被打破的后果。

事实上，几乎所有的重大精神疾病案例都表明，睡眠紊乱与精神疾病症状关系密切。例如，单相抑郁症、季节性情感障碍、双相障碍、狂躁症、惊恐症、创伤后压力心理障碍症、强迫症、注意缺陷多动障碍和精神分裂症，都与调节睡眠的基因和分子活动出现异常有关。

如果上述精神疾病与患者清醒时长期意识水平低下有关系，那么兴奋剂也许会缓解患者的病症。利他林是治疗注意缺陷多动障碍的常用药，治疗其他精神疾病有什么药物呢？我妻子用来治疗双相障碍的兴奋药是咖啡因，多年来她在白天会喝很多咖啡，只有这样才会感觉好一些。也许咖啡对很多女性来说，能够有效对抗抑郁症（到目前为止，没有

研究证明咖啡对男性也起到同样作用)。例如，艾奇罗·卡瓦奇 (Ichiro Kawachi) 和他的同事的研究结果证明，喝咖啡能有效防止自杀。最近米歇尔·卢卡斯 (Michel Lucas) 和他的同事的另一个研究表明，多喝咖啡会降低患抑郁症的几率。精神病学家开始逐渐认识到，兴奋剂能有效治疗许多精神疾病。为了在精神疾病治疗方面取得突破性进展，有必要强调兴奋剂的作用。

改善精神病患者的睡眠质量，提高他们的意识水平的另一种方式是光疗法。众所周知，光疗法对治疗季节性情感障碍很有效，它同样有助于其他精神疾病的治疗，包括各种形式的抑郁症、注意缺陷多动障碍，甚至是帕金森氏症以及痴呆症。

总之，精神病学领域内的一些观点开始转变，睡眠紊乱被看作精神疾病产生的重要的潜在因素，而不是精神疾病的一种症状。精神疾病的治疗开始关注提高患者的睡眠质量以及日常的觉醒程度。

工作记忆失灵

越来越多的证据表明，缺乏清醒的意识会导致一系列的精神疾病。问题在于，为什么意识的缺乏会让人患精神疾病，而不是仅仅感到累而已？我认为，工作记忆容量的缩小与意识萎缩有密切关系。工作记忆容量缩小，会导致心理控制能力变弱，处理问题能力低下，不会意识到自己的思维和行为正在向危险的方向发展。

有没有证据表明睡眠紊乱会使工作记忆萎缩？针对儿童的方法是观察他们日常的睡眠质量，然后分析睡眠质量的好坏是否影响工作记忆。如果睡眠质量不好，会妨碍儿童完成与工作记忆相关的任务。针对健康的成年人，不是用观察的方法，而是

采用控制手段：让他们一个晚上不睡觉，然后记录下他们第二天的行为，并通过功能性磁共振扫描仪检测他们的大脑活动。Michael Chee与Wei Chieh Choo做了这项研究，发现睡眠不足不仅影响工作记忆，而且影响前额叶-顶叶网络正常运作。根据这项研究，20岁出头的年轻人一个晚上不睡觉，他们的大脑活动状态与70岁老人的大脑活动状态类似。罗伯特·托马斯（Robert Thomas）和他的同事对患有睡眠呼吸暂停的成年患者进行研究，结果也是如此。睡眠中断的患者在完成与语言工作记忆相关的任务时，反应速度慢，而且准确性低，同时他们大脑前额叶皮层的活动也减少了。

还有一些间接的、不那么有趣的证据也表明睡

睡眠质量不好会使工作记忆空间萎缩。光疗法能够减轻患者症状，同时也能使正常被试更好完成与注意和工作记忆相关的任务。很多证据都表明，睡眠紊乱会缩小工作记忆容量，而且降低与意识相关的大脑皮层的运作效率。

患有注意缺陷多动障碍儿童的工作记忆容量尤其小。如此狭小的工作记忆空间如何容纳意识的内容呢？他们会尽其所能地回避那些让他们有限的意识资源带来负担的任务：逃避很难的学习任务，在很多任务间不停转换，因为他们的工作记忆空间无法长时间储存一个任务。他们表现得很冲动，有时候甚至有暴力行为，因为抑制原始的冲动，表现得节制、理性，需要意识达到相当高的水平。

如果意识萎缩，我们的控制能力会变弱，因为工作记忆空间缩小了。巴巴·希夫（Baba Shiv）和亚历山大·费多里金（Alexander Fedorikhin）做了一个实验，结果让人吃惊。实验过程如下。让参加实验的大学生选择，记住7位数字长度的数目或是2位数字长度的数目。如果他们能够很好地完成任务，就给他们零食作为奖励。他们可以在两种零食中选择一种：水果沙拉（这是一种健康但并不特别诱人的事物）与巧克力蛋糕（看上去非常美味，但是吃了会发胖）。记住7位数字长度的数目的大学生多数选择巧克力蛋糕作为奖励，似乎他们的工作记忆被高难度的7位数字的数目填满了，没有多余的空间，不能理性地控制自己的饮食习惯。^[1]健康

的成年人仅仅要记住很长的数字，就会影响他们的控制力。因此，患注意缺陷多动障碍的意识萎缩的儿童表现得冲动、失去控制就一点都不奇怪了。

精神分裂症患者的工作记忆容量也会明显缩小。事实上，这个特征在精神分裂症患者身上表现得尤其明显，因而有些精神病学家认为精神分裂症患者几乎所有的症状都是由于工作记忆萎缩造成的。和注意缺陷多动障碍患者一样，精神分裂症患者的前额叶皮层也存在功能障碍。

工作记忆与意识的萎缩会导致一些不好的后果。完成高难度的任务需要很强的理解能力和控制能力，对注意缺陷多动障碍患者来说，根本不可能完成这样的任务，所以这些患者会回避难度较大的

活动。精神分裂症患者的基因异常，甚至不能意识到自己的认知局限。他们不像注意缺陷多动障碍患者那样回避过于繁重的信息，而是完全接受这些信息，并且试图运用他们破碎的意识去发现隐藏在信息背后的结构。自闭症患者也一直在寻找模式，他们通常做得很成功，而且寻找模式成了他们缓解痛苦的一种方式。当然，正常人也在寻找模式，但我们经常妄下结论，或者由于信息数据过少而产生迷信想法。精神分裂症患者工作记忆空间有限，意识水平降低，从而形成错误想法，并将错误放大了100倍，最终产生各种纷繁复杂的错觉和幻想。精神分裂症患者的意识有缺陷，他们无法纠正这些错觉和幻想。

[1]长期睡眠不好与肥胖症有明显关系，具体原因现在还不清楚。我从这个实验推论，部分原因是由于睡眠质量不好，导致工作记忆空间缩小，心理控制能力减弱，形成不健康的饮食习惯，因而导致肥胖症。

神经递质失衡导致意识异常

工作记忆空间缩小是注意缺陷多动障碍和精神分裂症的主要特征。如何才能提高工作记忆和意识的运作效率，缓解患者的痛苦呢？

治疗注意缺陷多动障碍的药物，主要是针对前额叶皮层不能正常运作的情况。像利他林这样的兴奋药，其作用是增加神经递质多巴胺的数量。这些神经递质直接关系到前额叶-顶叶网络的正常运作。让健康的被试服用利他林，然后给他做大脑扫描，会发现，不仅他的工作记忆能力增强了（尤其在一开始他的工作记忆容量很小的情况下），而且前额叶-顶叶网络的运作效率也提高了。利他林可以增加注意缺陷多动障碍患者所缺乏的神经递质数

量，使患者工作记忆容量达到正常水平，从而提升患者意识。

遗憾的是，这些兴奋药对精神分裂症患者不起作用。精神分裂症患者的前额叶皮层多巴胺过剩，如果让他们服用利他林会引发精神疾病症状。前额叶皮层多巴胺数量适中，工作记忆才能达到最佳状态，多巴胺过多或过少都会导致工作记忆萎缩。

以前，人们一直以为治疗注意缺陷多动障碍和精神分裂症的关键是改善患者前额叶皮层多巴胺失调的状态。大多数治疗精神分裂症的药物，其作用都是抑制多巴胺分泌。尽管这种调节多巴胺数量的治疗方式适合注意缺陷多动障碍，但是最近有研究表明，治疗精神分裂症要针对的不是多巴胺，而是

谷氨酸。谷氨酸是大脑内最普通的神经递质，其作用是促使神经元发射并使意识保持在一定水平。

自闭症患者大脑内的谷氨酸过剩，而精神分裂症患者大脑内的谷氨酸严重缺乏，影响了前额叶皮层多巴胺的活动。注意缺陷多动障碍患者工作记忆的容量萎缩，主要是因为前额叶皮层多巴胺过少，而精神分裂症患者的工作记忆萎缩却是由于谷氨酸失衡，导致意识水平不正常。由此可见，精神分裂症患者的注意系统很可能出现严重紊乱，因此患者总是感到自己很没用，没有人需要他们。注意系统紊乱，加上存贮信息空间缩小，导致患者接收到的信息是破碎的、无序的，而且接受到的信息量超过了患者能够承受的范围。

多巴胺失调之所以不再被看作导致精神分裂症产生的主要原因，得益于一种麻醉药——氯胺酮（ketamine，又称克他命）。氯胺酮是一种全身麻醉药，通过抑制谷氨酸系统而使病人失去意识，大脑活动急剧减弱。但是如果给正常人注射低剂量的氯胺酮，氯胺酮一旦传递到大脑，正常人就会产生精神分裂症状，而且工作记忆容量也会缩小。例如，健康的被试会产生幻听，或坚持认为是外星人在给他们做测验。如果给精神分裂症患者注射低剂量的氯胺酮，会加重患者的症状，使患者退回到最严重的发病状态。所以，低剂量的氯胺酮会抑制神经元活动，但不会使人失去意识。不管怎样，氯胺酮还是会降低意识和工作记忆的功能，使人短暂地

出现精神分裂症状。

精神分裂症患者表现出活跃、不安的症状，从表面上看，很难将其与意识萎缩联系起来。但是深入研究会发现，患者工作记忆空间缩小，前额叶功能失调，谷氨酸处于半麻木状态。很明显，患者的意识萎缩了。

现在治疗精神分裂症的药物还是针对改善多巴胺系统，但是这些药物对患者的作用很小，不能有效治疗患者的幻觉，主要是作为镇定剂减轻患者的痛苦。因此，找到新的治疗方法非常重要。现在的药物主要针对由多巴胺过剩导致的神经递质失调，而不是重要的谷氨酸失调。这些药物只对40%的精神分裂症患者产生作用，而且具有明显的副作用。

67%的患者认为这些药物有害，其中一个最常见的副作用是让人觉得很困乏。一些非正式的证据甚至显示，从长期来看，没有用过抗精神疾病药物的患者比用过抗精神疾病药物的患者情况好很多。

精神分裂症的根本原因是谷氨酸活动异常，有没有治疗这方面的药物呢？如果一种药物能使谷氨酸达到正常水平，这种药物很可能会间接增强前额叶皮层多巴胺的活动，从而提高工作记忆功能，使意识正常化。这种新药物还在研制中，但已经有所进展。例如，美国礼来制药公司的桑迪普·佩蒂尔（Sandeep Patil）和同事研制出了一种改善谷氨酸系统的药物，对治疗精神分裂症有作用。这种药的作用机制与治疗自闭症的阿巴氯芬正好相反。这种

药目前还处于早期试验阶段，对患者有积极作用。希望类似的药物能够很快进入临床应用，使精神分裂症患者过上正常的生活。

很多抗精神疾病药物的效果都不明显，开发新药只能解决部分问题。如今已经研制出了改善大脑内神经递质活动的药物，但是精神病学家很难判断患者的神经递质出了哪方面的问题，在给患者用药之前无法知道患者对这种药有何反应。

在陪妻子去看病过程中，我发现，每次医生做的诊断都和上一次一样，然后开一些常规的药物。开始是最常用的药，如果这种药没起作用，每隔6个月换一种新药。如果所有药物都不起作用，医生就会同时开几种药。我问医生，是否知道几种药混

合起来对患者大脑会产生什么影响。医生回答，这些药物混合起来使用不会有什么害处，但他们也不知道对患者会产生何种效果，他们只知道混合起来的药物对某些患者有作用。

这件事情让我明白，我们掌握的神经科学知识还远远不够。不少例子证明我们对大脑有了一定程度的了解。治疗一种疾病，如果开始用的方法是错误的，后来我们会找到正确的方法。例如，之前我们治疗精神分裂症的方法是错误的，后来才知道治疗这种病要改善谷氨酸这种神经递质的活动。尽管如此，从整体看，神经活动的复杂性让人生畏。我们对神经活动了解得越多，就越能认识到神经活动的复杂性，这不是一个神经递质如何与其他神经递

质相互作用的问题。从小范围来说，单个基因有很多作用，RNA片段可以决定单个基因是否发挥作用；而不含基因的DNA片段（“垃圾DNA”）能间接改变神经递质的作用。

所以这个领域的临床医生很不好当。他们的工作是治疗患者精神方面的症状，但这些症状却是由大脑的异常引起的，很可能是神经递质系统出了问题（虽然有些病症是由于大脑没发育好造成结构异常而引起的）。即使是神经递质出现问题，引起神经递质异常的因素也有很多。

因此，一方面，精神病学家主要研究未解决的心理问题，并尝试用药物缓解患者的痛苦；另一方面，今后要重点研究精神病患者的大脑异常现象，

在此基础上找到解决办法。

精神病学相关领域的研究使我们更深入地了解大脑的复杂性，从而使精神病学研究有了进展。一些研究成果很快被应用到临床，以帮助诊断治疗。例如，研究发现，一些对多巴胺和前额叶功能进行编码的基因与精神疾病产生有关系。这些研究结果进一步证明了意识和精神疾病的密切关系。研究还发现，另一些基因变体决定我们是否会对选择性5-羟色胺再摄取抑制剂产生反应，或决定药物是否能通过血脑屏障传递到目的地。研究者还分析了血液和脊柱里的化学物质，希望发现一些化学物质，能解释大脑运作失常的原因。而且，通过新的大脑扫描技术，我们可以观察到患者用了药物后大脑内神

经递质的变化。

我们希望通过这些方法，对神经病综合征做出更准确的诊断，并且判断哪些药物有效，哪些无效，最终发现根治精神疾病的新药。

认知训练方法

很明显，不管从功效还是从副作用来看，目前治疗精神疾病的药物都不是很理想。更可靠的方法是采取行为治疗。如果行为治疗有效，很值得一试。像注意缺陷多动障碍和精神分裂症是由于工作记忆功能降低引起的，针对这个问题进行治疗能提高患者意识水平，使其正常生活，更好地控制自己的思想和行为。

现在流行的“脑力训练”可能会提高工作记忆能力。目前，对这种通过游戏方式训练大脑的方法评价不佳：健康的成年人（老年人除外）玩这种游戏，并不能改善他们的大脑功能。^[1]

但是，合理的、专门用来提升工作记忆功能的

脑力训练很有可能缓解精神疾病带来的痛苦。

例如，托克尔·克林伯格（Torkel Klingberg）和同事让患有注意缺陷多动障碍的儿童完成一组工作记忆的任务，实验连续进行了3周。研究者发现，这些儿童的工作记忆能力和智商水平都得到了提高，而且患病症状也减轻了。通过脑成像扫描发现，类似的训练能增强前额叶-顶叶网络的活动。

与药物的作用相比，脑力训练还能产生更为有趣的效果。强尼·霍姆斯（Joni Holmes）和同事对比利他林和脑力训练方法对注意缺陷多动障碍患者工作记忆所起的作用，发现脑力训练的效果比药物的效果要强很多，而且脑力训练的效果能保持6个月。因此，对患有注意缺陷多动障碍的儿童来说，

通过改善工作记忆功能从而提高意识和控制能力的一种有效方式是认知训练。

很奇怪的是，认知训练甚至能治疗精神分裂症，这种病症与工作记忆严重受损有关。梅利莎·费希尔（Melissa Fisher）和同事使用旧金山“假想科学”（Posit-Science）公司提供的认知训练方案，对患者进行至少50个小时的工作记忆强化训练。精神分裂症患者的认知技能以及日常生活能力都得到提高，而且效果可维持6个月。

一方面，有一点让人感到惊奇：仅仅通过改善工作记忆功能就能缓解患者严重的症状。另一方面，提高意识能力确实能够使患者避免产生错误模式，提高控制能力、信息处理能力以及解决问题的

能力。

[1]然而，有证据表明，65岁以上的人做这种认知训练能够防止老年痴呆。

压力与意识的对抗

工作记忆能力低于正常水平是注意缺陷多动障碍和精神分裂症的特征，但不是所有精神疾病的重要特征（尽管精神疾病发作时出现暂时的意识萎缩能解释很多问题）。事实上，意识萎缩并不适用于所有精神分裂症患者。虽然大部分精神分裂症患者在发病前智力和工作记忆能力都很低下，但是有一部分患者的情况刚好相反，他们的智商非常高，在一段时间内还极富创造力。

最著名的例子是诺贝尔经济学奖获得者约翰·纳什（John Nash）的案例，西尔维娅·纳萨尔（Sylvia Nasar）将他的故事写成一本书《美丽心灵》（A Beautiful Mind），后来被拍成好莱坞电

影，轰动一时。当纳什的学术生涯正处于上升期时，他那天才的头脑出现了问题。纳什不再关注数学问题，而是将注意转向稀奇古怪的阴谋，制订各种华而不实的计划，产生偏执性妄想。

他会有各种很奇怪的想法。例如，他认为戴红色领带的人是“秘密共产党员”；他发疯般地跟同事抱怨，说外星人正在摧毁他的事业；甚至给华盛顿很多大使馆写信，声称自己正在组建一个世界性的政府，想与他们探讨一些问题；他还计划成为南极洲的君主。他的这些想法极其荒谬，虽然他自己认为很正确。很快，他的病情加重，最后变疯了。

纳什第一次精神病发作之前，精神上过于疲劳，长时间压力过大：繁重的教学任务，深奥的数

学研究，加上他妻子马上要生孩子，都给他带来很大压力。

纳什的例子说明，小部分非常优秀的人总是在思考高难度的问题，这可能会导致精神失衡。像纳什这样的人很擅长发现结构，而且会长时间地关注一个主题，这使他们的前额叶-顶叶网络压力过大。一旦精神失衡的情况加重，他们会比其他人更容易产生复杂的偏执性妄想，这反过来又加重了他们的精神压力。

众所周知，几乎所有的精神疾病都是由压力过大引发的。纳什悲剧性的生活表明，压力会损坏最有才华的头脑，使人饱受噩梦般的折磨。为了深入了解精神疾病，我们需要知道压力是如何形成的，

以及压力是如何影响意识和大脑皮层的。

我们在碰到很大的威胁，或者面临生命危险（如一辆失控的小车正向我们冲过来）的时候，会产生一种张力。一方面是采取行动：尽快做出决定，马上跑开。另一方面，我们不必匆促下决定，因为我们跑开时可能会撞上另一辆车，而且，我们也可以躲在一道坚固的障碍后面避开小车。我们的情感和思想都反映了这种张力。首先，我们感到恐惧，体内会产生某些化学物质，做好了逃离危险的准备。负责恐惧的杏仁核会抑制前额叶皮层的活动，因此我们不会想太多，马上就做出反应。其次，前额叶-顶叶网络对发生的情况会做详细、谨慎的评估，如注意到我们虽然深处危险，但向我们

冲过来的小车只是出现在电影屏幕上，事实上我们很安全。因此，处于半抑制状态的前额叶皮层可以反过来抑制杏仁核的活动，从而抑制了恐惧感，使我们能够重新控制自己的活动。

在我们现实生活中，杏仁核经常会获胜，而事实上完全没有必要。如果我们像祖先那样，生活在一个十分危险的环境中：经常被大型猫科动物追赶，被暴躁的犀牛和大象攻击，被凶恶的蛇咬，其他部族成员也会攻击我们，与我们对立的部落还会向我们开战，那么保持恐惧的心理是必要的，虽然我们还不能确定，长期处于恐惧状态对我们的祖先是否真的有利（一些极端的情况除外）。

一个简单的事实是：大部分情况下，意识与创

新优越于本能的恐惧。我们每个人每天都面临潜在的致命危险：下楼梯时可能会摔死，过马路时可能会被撞死。但是我们知道这些情况不会经常发生，我们的日子照样过。智力不如我们的其他动物碰到这种情况的反应完全相反，如猫很可能在穿过拥挤的马路时，感到莫大的恐惧。

我们大部分人，尤其是发达国家的人，现在的生活比过去安全得多。但是我们还是会有这种源自进化遗传的原始的恐惧感：我们紧张某件重要的事情时，恐惧感就产生了，不管这件事是否会威胁到我们的生活。当我们要做一次公开演讲时，或参加一场锦标赛时，我们就会感到紧张。杏仁核会使前额叶-顶叶网络停止工作。这时，我们只注意到使

我们紧张的事情，而意识不到其他事情，如在交谈过程中，我们会忘了回答别人提出的问题，因为回答问题需要意识的参与才能完成。

产生压力的主要原因是：我们将很多安全的事情看作具有威胁性的事情。产生这种情况，一方面是因为在控制思想和行为时，我们原始的无意识占了上风；另一方面跟我们的习惯有关，这些习惯是我们在平时应付类似情况的过程中形成的。

我们总是在寻找组块，这使我们成功地控制周围环境。但是应用到内在的情感世界，寻找组块的行为会遭到惨重失败。我们在生活中不断运用经过多年才形成的根深蒂固的组块，却经常低估这些组块的作用。我们刚出生时没有任何自我保护能力，

只有少数几项本能，但是我们的大脑非常善于学习。实际上，我们生活中的每一个方面（如何行动，白天如何工作，晚上做何种娱乐活动）都属于我们掌握的众多组块之一。如在电话里向父母亲问好，我们刷牙的方式以及关电脑的方式，这些生活中的细节都是对过去的重复，具有某种结构，是种老套的策略。只有这样，我们才能精确地控制周围环境，才能意识到新的复杂事情并做出反应。

有些组块会使我们做出非理性的反应。比如，像我妻子这样的抑郁症患者，在测试中成绩不佳，这会让他们以为自己很笨。我和某些人说话时偶尔会感到紧张，不是因为他们将会对我说什么，或者他们曾经对我说过什么，而仅仅因为过去有一次我

和他们说话时曾感到紧张，这种紧张感成了我无法摆脱的习惯。这些组块平时用得太多，以至于我们几乎意识不到，就如同打网球时我们几乎意识不到正手击球动作是如何完成的。

精神病患者的组块尤其具有破坏性。刚开始的时候，他们像大部分正常人一样，错误地认为某一事件有巨大危险性，但之后他们还是不能发现其实根本没有危险。他们会将某一事件与危险相联系，形成组块，强化两者的关系。一旦产生这种想法，他们不断感到类似事件会造成巨大威胁。如果不想办法改善这种状况，情况会恶化。例如，如果某人在社交场合看上去很傻的话，他会为此感到恐惧。如果他养成习惯，拒绝参加任何社交活动，那么他

永远无法克服这种社交恐惧。再如，某个人很在意脸上的一个斑点，每次见人都要画上浓妆，说明这个人在这方面很不正常。

我们在理解和创新方面颇具才华，但不幸的是，我们同样擅长通过各种方式给自己造成长期的压力和痛苦，不让前额叶-顶叶网络发挥作用，而是受杏仁核支配。如果我们经常面对压力和恐惧，杏仁核会过于活跃，从而对神经造成损害。这反过来会影响前额叶-顶叶网络的活动，使意识空间缩小，处理问题能力降低；控制力也受到影响，大脑过滤无用的情感和想法的能力变弱。

这种神经失调状态如果持续下去，会造成永久性损伤。例如，给抑郁症和焦虑症患者看让人害怕

的刺激物，然后通过扫描仪观察他们的大脑活动，就会发现他们大脑的杏仁核活动加剧。即使他们在执行一项需要工作记忆或注意参与的任务，他们的前额叶-顶叶网络某些部分的活动也减弱了，好像这些区域的活动受到长期抑制。

因此，持续的压力或焦虑会使前额叶-顶叶网络停止活动，工作记忆不能正常运作，从而降低意识水平。在这种情况下，大脑会做出恐惧的反应，产生负面效果。杏仁核的活动变得越来越肆无忌惮，而前额叶-顶叶网络的活动经常被抑制。对精神分裂症患者来说，他们的神经系统本来就很脆弱，如果压力过大，会使前额叶的功能严重失调。这一机制对某些精神疾病尤其重要，如创伤后压力心理障

碍症、焦虑症和抑郁症，患有这些精神疾病的患者在情感上饱受折磨。

冥想的作用

对精神病患者来说，压力会加重病情，有什么办法改变这种状况，从而使患者的前额叶-顶叶网络而不是杏仁核起主要作用？药物治疗的效果很有限，更切实可行的办法是改变生活方式，如避免那些会给人带来压力的活动（做到这点很不容易），提高睡眠质量，经常运动等。这些活动能缓解精神疾病症状，或者防止精神疾病发作。有一种简单的精神活动能使上述这些对抗压力的方法黯然失色，那就是冥想（meditation）。这种方法通常被认为过于深奥、不够科学，但冥想确实有助于改善任何精神方面的问题，不管是精神疾病还是由日常生活压力带来的痛苦。

冥想并不神秘。虽然冥想有很多类型，但在在我看来最纯粹、最简单的形式反而最有效。最理想的冥想形式是：意识到的东西尽可能地少。

我们可以通过两种方式关注世界：一种方式是集中注意在各种想法、思想、事实或我们感觉到的事情上；另一种方式是直接关注我们的感觉，没有任何想法，静静地沉浸在对某事的体验中。

当我们爬上山顶，看着被积雪覆盖的山峰，会感到一种平静，并惊叹大自然的美丽。另一种完全不同的体验方式是：计算每座山峰的体积，从不同方面推测每座山的名字，判断周围岩石的地质特征。前一种方式采取的是开放、平静的视角；后一种方式使我们的思想变得很忙碌，考虑的内容很具

体，跟感觉无关。平静地感受大自然的美丽，就是一种冥想的状态。

让一个人在20分钟内什么都不做，这听上去很傻，很乏味。但是如果你试着这么做，会发现其实根本不沉闷。闭上眼睛，全身心地感受黑暗，或者盯着一堵空白的墙，或关注某样细小的事物，然后告诉自己，你此刻关注的对象非常吸引人。刚开始的时候比较难坚持，因为你会想来想去，但是过了一会就会发现，一段时间内什么都不想很容易做到。

冥想的方法很有效。不管持续很短一段时间，还是几个月，甚至几年，冥想都能使大脑产生重大变化。而且，冥想引起的大脑变化与由于压力及精

神疾病引起的变化恰好相反。

与焦虑和压力引起的大脑变化完全相反，冥想会增强前额叶-顶叶网络的活动，尤其是外侧前额叶皮层的活动。这间接证明了冥想确实能够提高意识能力。

如果坚持冥想长达几年，会永久改变前额叶-顶叶网络，使其更高效地运作。与抑郁症和焦虑症产生的后果不同，长期冥想会使前额叶-顶叶网络的作用加强，杏仁核的作用被抑制。出现这种状况，可能是由于经过长期冥想，前额叶-顶叶网络已经具有很强的控制能力。甚至有证据表明，长期冥想可以使前额叶皮层变厚；而人年纪大了后，前额叶皮层会变薄，长期冥想能够防止出现这种情况。同

时，压力过大的人在经过两个月的冥想后，负责恐惧的杏仁核会缩小。

上述这些结果与长期冥想的人的陈述一致。据这些人的说法，冥想使他们变得平静，恐惧感消失了，能够更好地管理痛苦和烦闷的情绪。他们的意识和精神控制能力都得到增强，能更灵活地处理现实生活中或内心世界的问题。他们形成新的注意习惯，不再关注头脑中过于复杂的组块，这样就不会沉溺在过去一些无益的想法中。冥想对形成情感习惯所起的作用尤其明显：冥想能够驱逐那些盘踞在我们无意识中让人痛苦的情感。

如果冥想真的能极大提高意识能力，而意识与注意和工作记忆关系密切，那么由此可推论出：冥

想有助于高效完成与注意和工作记忆相关的任务。研究结果证实了这一点：长期冥想确实有助于更高效地完成与注意相关的任务，工作记忆技巧与空间处理能力也得到提高。奇怪的是，长期冥想可以使一个人需要的睡眠时间缩短，这可能是由于神经活动加强的缘故。

但是，一个人并不一定需要经过多年的冥想才能产生积极效果。例如，菲德尔·泽丹（Fadel Zeidan）和同事发现，只要经过4个时间段的冥想，就足以减少疲倦感，并提高工作记忆能力。唐一源（Yi-Yuan Tang）和同事做的一个实验发现，经过5天冥想，被试能更好地完成与注意相关的任务（这项任务是为了评估被试处理矛盾事物的能力

而设计的)。除了认知能力提高以外，被试还觉得焦虑感、抑郁感、愤怒感和疲倦感都减轻了。

因此，对正常人来说，冥想可以缓解压力，集中注意，更高效地完成高难度的任务。因此，毫不奇怪，冥想逐渐成为对抗抑郁症、焦虑症、严重疼痛、精神分裂症及其他精神疾病的有效方式。

恢复意识的不同方法

我们具有惊人的意识能力，使我们理解世界，并发明很多复杂的工具来控制世界。不仅如此，我们还拥有丰富的经验。然而，为此我们要付出痛苦的代价。由于我们的生命周期较长，有些创伤是不可避免的，我们有很长的时间来体验悲伤和快乐。但是，与其他生物相比，人类所患的精神疾病的种类最多，后果最严重。精神疾病像心脏病和肺病一样，都会损害我们的健康，我们为丰富的意识付出了惨重代价。自闭症与其他精神疾病不同，是由于意识过剩造成的，而其他精神疾病则是由于永久的或暂时的意识萎缩造成的——患者的工作记忆能力降低，注意不能过滤掉无用的思想和感觉，这使患

者思维结构出现异常和混乱，加重了精神疾病。

研究者想出了很多方法减轻症状，每种方法都从不同角度努力使患者的意识恢复到正常水平。目前一些药物能够改善神经递质系统失调，使前额叶-顶叶网络以最佳的状态运作。今后，精神疾病的诊断应该重点关注神经系统的失调，并研制出有效治疗神经系统失调的药物。认知训练和冥想是提高工作记忆能力和注意的辅助手段。所有这些方法都有助于患者更好地控制自己的精神世界。

精神疾病的症状和有效治疗方式都强化了一种观念：前额叶-顶叶网络将注意和工作记忆系统相联结，从而产生了意识，而意识的主要作用是寻找模式。

一些初期的治疗方法还应用于临床，我们希望这种情况很快会得到改善。深刻认识到每种精神疾病都与意识异常密切相关，会给精神疾病治疗带来新的突破性进展。今后，我们要更多关注精神疾病的治疗，尽可能提供各种资源，只有这样，才有可能战胜精神疾病。

结语

意识科学的时代到来了。意识科学解释了意识的起源、作用、心理特征、神经机制以及意识的脆弱性。从地球上生命体发展的历史中，可以找到意识的起源。古代生物为了存活下来，努力获取关于周围环境的有用“想法”。但是，在生命体一代代的传承过程中，通过改变DNA进行学习的方式很不灵活，效果有限，而且只是偶尔发生。

意识产生的基础是神经系统，这是进化过程中产生的专门处理信息的器官系统。与之前其他信息处理形式相比，神经系统能够快速灵活地获取准确的“概念”和策略。进化的某些分支产生了复杂的大脑。复杂的大脑能够以最佳的方式，将简单的想

法联结起来，从而建构各种知识。意识的本质和主要作用就是将各种对象组合起来，产生有意义的结构。

人类在地球上的地位很独特。我们的大脑无比复杂，前额叶-顶叶网络是大脑最重要的区域。人类的前额叶-顶叶网络的体积要远远大于与人类血缘最近的其他灵长类动物。我们处理与组合信息的能力是其他物种无法企及的。因此，我们的体验也更为丰富多样。

丰富的意识使我们能够探索自然的奥妙。从最小的原子结构到银河系恒星，我们探索的范围十分广泛。通过医学技术，我们可以活得更长久；我们可以在几天内登上月球；我们发明了很多无比复杂

的小玩意来满足强烈的好奇心，所有这些都要归功于意识的作用。我们应该感到幸运，进化赋予我们每个人一个复杂的生物计算机——大脑，使我们广泛、深入地体验世界，并能掌控世界。

但是，我们丰富的精神世界以及非凡的才智并不能抵消一种令人不安的感觉：人类大脑似乎进化得过了头。意识深入探寻模式的能力有助于我们理解并征服周围环境，但这只是满足了最原始的进化需求——生存与繁衍。有一种现象很明显：一个受过教育的成年人具有丰富的理解能力，但他们往往会做出缺乏理性的决定，这说明我们的能力与行为之间存在鸿沟。我们有些人努力想过一种脱离了本能冲动的理性生活，但是潜在的冲动仍然支配、约

束着我们。只有在人类身上，进化的基本动力与高级的意识目标才会产生如此强烈的冲突。

我们发现各种模式以满足原始需求，但是我们过于聪明了，以至于我们的生活很容易失控。我们可以运用创新能力，发现世界的真相。但是创新能力同样可以使我们想出各种策略去偷情、暴食、偷窃，或是实施一些结果往往与初衷相背离的短期计划。

我们不经意中揭示了人类精神世界的脆弱性，发现我们很容易产生非理性的想法，或做出非理性的行为，有些时候甚至会产生幻觉。有些人的意识出现异常，患上精神疾病，其中一些患者饱受折磨，以致希望结束生命，逃离痛苦。我们所有人在

不同程度上都是意识的受益者和受害者。

我非常热爱科学，不仅仅因为科学揭示了宇宙奇妙的、令人着迷的奥秘以及我们人类在宇宙中的位置，更因为科学始终致力于探寻真理。作为一个追求浪漫的人，我乐意这样想：没有什么比怀着一丝不苟、绝对诚实、谦虚好学的精神去探寻现实的复杂性更高尚的了。我热衷于通过实验的方法研究人类大脑：科学发现带来大量有用的技术，为研究工作提供了有效工具。在进化过程中，无数的经验教训都说明：关于周围环境的理性的、准确的“想法”不管存贮于DNA、蛋白质或是大脑中，都一样具有支配力，即使在恶劣的环境中，都能成功地发挥作用。但是人类很特殊，我们的注意系统将所有

重要的信息纳入意识范围，进行深入分析。科学研究满足了人类强烈的好奇心，科学技术成果在我们的生活中随处可见。

科学有很多分支，快速发展的意识科学带来新的观念和技术，提高了我们的生活质量。我们能够与大脑损伤患者进行交流（通过仪器观察他们的想法），还可以通过药物改善大脑内化学传递物质的作用，从而使某些患者的意识恢复到正常水平。我们希望，意识科学领域的成果能让每个人都受益。

意识领域的科学发现使我们在一定程度上免于成为意识的受害者，同时领略意识带给我们的令人激动的技巧与体验。首先，从次要方面来说，意识研究让我们明白，要警惕压力带来的负面影响。认

识到睡眠的重要性——睡眠不仅有助于抵抗精神疾病，而且使我们的意识清醒、丰富。

其次，某些更为抽象的、不是靠直觉得出的科学研究结果，有助于我们改变对自己的偏激看法，使我们更好地与他人相处。意识是原始的、愚钝的无意识的得力助手，而很多情况下我们都受无意识的操纵。意识的力量与其有限的支配力之间的失衡状况，是进化自私特性的产物。从最初的生命形式开始，自私是每一个生命体的驱动力，只有这样才能存活下来。这并不是说我们可以对自己的行为不负责任，但认识到这一点，能使我们宽容地对待自己的缺点和错误。如果我们能够认识到自己受无意识冲动的支配，我们就会有更多机会去改变这种状

况。

意识到这一点，我们就能够理解那些控制能力较差的人的行为。考虑到精神疾病的种类繁多，很多人可能患有抑郁症或其他疾病，他们做出伤害别人的行为仅仅是因为他们的意识萎缩，缺乏控制力。科学领域内的这种“疑点利益归被告”的做法使我们对他人的行为不是感到气愤，而是采取宽容、接受的态度。

从深层意义上说，意识科学可以改变我们的生活方式。近来，我经常观察女儿学走路。对成人来说，走路是很简单的技能。但是，对还处于婴儿期的孩子来说，生活中任何事情都是那么神奇，走路自然也不例外。她学会了走路后，醒着的每一个时

刻几乎都在屋子里走着，摇摇晃晃，步履蹒跚，充分体验不受拘束的乐趣。有时候沿着屋子边缘走，有时候绕着圈走，偶尔甚至会跺着脚走路。她最得意、最兴奋是能倒退着走路。光脚走路，穿着袜子走路，偶尔穿着鞋子走——每种走路方式都让她欣喜无比。当我躺着时，她甚至发现踩着我的肚子和胸口走路特别好玩。蹒跚行走给她带来无穷的乐趣。对我女儿来说，任何事物都让人兴奋，她每天都在观察、理解周围世界，丰富自己的意识。她的大脑随时都在积极地形成新的组块。我发现这种方式很有趣，很有感染力，忍不住将其与自己相对封闭的生活方式做比较。

当我们进入成年期，慢慢变老，很自然不会以

一种玩乐的方式建构精神组块。我们逐渐变得审慎，甚至有些乏味，因为我们已经背负着很多组块。从某种角度看，我们拥有很多习惯是件好事，这说明我们已经掌握了很多重要的信息组块，能很好地与外界沟通。在稳定环境中存活的细菌，基因突变率很低，生活得很安全，缺乏革新精神。人类的情况也一样：当我们渐渐成熟，已经掌握的知识会保护我们，那么何必再去摆弄各种计划，给自己找麻烦呢？

问题在于，当我们急切地寻找模式时，我们在婴儿期体验到的学习热情会减弱，因为经过多年的积累，我们拥有了很多知识。我们不再那么热烈地渴求新的智慧，生活变得乏味，我们已经掌握了无

数的组块。

我们需要一种提高意识水平的方法。毕竟，我们的意识水平越高，看到的世界会更明亮、更有生气，我们也会拥有更多机会。实验结果也证明了这一点：如果将注意集中在电脑屏幕上的某个地方，那么在这个地方出现的圆点看上去就特别明亮。现实生活中尤其如此：当我全神贯注看女儿脸上的笑容，会发现她的笑容是如此灿烂。

意识科学是如何改变我们的生活的呢？如果意识的主要任务是革新，而习惯属于无意识范围，那么我们可以较少依赖习惯的力量，而向革新的方向发展，通过这种方式提高意识水平。

随着年纪增大，意识水平会下降。防止意识水

平下降的一个有效方法是培养怀疑精神。意识的主要目标是革新，通过革新改善我们的生活，而养成一种习惯，怀疑进入意识范围的每一个精神组块的方法可以建立超级组块（superchunk）。这是一种更高级的习惯，使我们不停地探寻任何具有创造性的东西。

发现并质疑那些支配我们的思想和行为的基本动力并不难，麻烦的是那些已经存在的精神组块。这些组块很普遍，具有很强的支配能力，一旦形成，就会自动发挥作用，我们很难注意到它们。大部分精神组块对我们的生活起重要作用。例如，我几乎注意不到自己是如何在电脑键盘上盲打的，只有这样，我的大脑才会有更多的意识空间以产生各

种想法。但是有少数组块长期潜伏在我的意识深处，这些组块包括我处理感情的方式，我与其他人的关系，影响我的健康的不同因素。其中某些组块可能经常会让我感到恐惧，伤害我的自尊，让我不快乐，疏远我与家人朋友的关系。

意识科学可以帮助我们驱逐这些有害的行为模式，让我们马上意识到我们拥有不少精神组块，所有的精神组块都可以被修改、重写甚至删除，由其他组块取代。

更为重要的是：我们能够发现哪些旧组块干扰了我们的情感、决定和行为，尤其是让我们感到不安。我们可以将这些精神组块返回到意识，分析它们的结构和起源，判断它们对我们是否有利，是否

需要修改。

事实上，我们能够迅速发现模式，甚至很快发现似是而非的模式，这说明我们有些过于急切地追求知识，以至于被一些不正确的观念误导。因此，对任何思想，我们都要谨慎小心，必须以科学的怀疑精神对待这些思想。

同时，我们总是不断寻找有用的、令人兴奋的新组块。

质疑已经存在的组块，以新组块补充或取代旧组块，这种方式似乎让人不安，而且没有必要。但是，怀疑自己的想法和信念是件愉快的事情，能够让人精神焕发。原因之一是这种怀疑行为表明，我们一直在寻找新的生存方式，这会让我们感到自己

有活力，愿意接受新的经验，而不是感到自己落后陈腐。

冥想的方法是对怀疑精神的一种重要补充。

越来越多的证据表明，冥想能够让精神病患者平静下来，并能提高他们的意识水平。对正常人来说，冥想可以让我们以一种新的眼光看世界。冥想的时候，我们的注意集中在感觉上，暂时不想任何事情，在这段时间内可以彻底忘记之前掌握的各种方法，不去理会以前形成的各种习惯。我们的精神很放松，乐于接受任何事情，接收到的每个信息在我们看来都很重要，都有让人意想不到的内容。

冥想的状态与我们在童年时感受世界的方式很相似。我们还是孩子的时候，总是乐于接受新的知

识，渴望得到新的见解，同时又满足于当下的状态。冥想的时候，我们又恢复了丰富、直观的视觉、听觉、嗅觉。没有精神组块的干扰，我们会重新认识到，世界是多么美丽，找到生活的乐趣是何其容易！

之前，吃饭时我们可能出于习惯，会边吃边看最新的电视剧，不能真正品味到食物的味道。现在，安安静静地吃一顿饭让人如此愉悦：细细品尝，就会发现食物是如此美味。

致谢

在这本书的写作过程中，我时时感到自己很幸运，很多人给予我帮助，我很感激他们。没有他们，我无法想象这本书将会是什么样子。

刚开始写作时，我的朋友也是之前的同事约翰·邓肯热情慷慨地与我探讨本书的框架。我的经纪人彼得·塔拉克很能干，帮了很多忙：修订及确定框架，仔细检查了几个章节的内容，更别提经常陪我吃午饭了。我提了很多关于这本书的问题，他都不厌其烦地马上回答。

我很幸运，有两个颇有才华的编辑。TJ·凯莱赫对本书的总体框架与部分内容提出了不少明智的建议，让我震惊地发现初稿存在不少错误，同时又为

有机会改正这些错误感到无比欣慰。蒂斯·塔卡奇修改了书中拖沓与突兀之处，对文字进行润色、修饰，还耐心地回答我提出的许多问题。凯瑟琳·斯特雷克福斯是本书的文字编辑，做了不少文字修订工作。在最后阶段，策划编辑米歇尔·韦尔什·霍斯特的工作效率非常高，使这本书最终印刷成册。

我的家人也帮了不少忙。我的表兄妹亚当·贝克曼、菲奥娜·贝克曼、埃莉诺·贝克，岳父拉马奥·佩蒂斯蒂、岳母英迪拉·帕特拉都提出了各自意见，尤其在我刚开始写作的时候。我的表妹珍妮塔·卢因提了一些艺术风格方面有价值的建议。叔叔托尼·爱泼斯坦提了财务方面的建议。我的母亲盖纳·博尔和兄弟西蒙·博尔认真地阅读了好几稿，指出书中论述不

清楚的地方以及存在的其他一些问题。

剑桥大学医学研究理事会（MRC）认知与脑科学研究中心的同事给了我不少鼓励和建议，他们是阿德里安·欧文、杰茜卡·格雷恩、马丁·蒙蒂、罗德里·丘萨克、罗琳娜·纳西，这本书封面的照片是西蒙·斯特兰奇维斯拍摄的。萨塞克斯大学萨克勒意识科学中心的很多同事也给了我帮助，尤其是阿尼尔·赛思，他通读了最终稿，并提了不少技术方面的建议。瑞安·斯科特、亚当·巴雷特等人的建议和讨论也使不少内容得到改进。

学术界一些研究理论也给了我不少启发，如伯纳德·巴尔斯的理论让我受益匪浅；乔纳森·亨特利（Jonathan Huntley）的理论对我写作精神病学那

一章颇有启发。另外，还要感谢学术界很多朋友，多年来与他们聊天让我获益不少，这个名单太长，我就不一一介绍了。

最后，非常感激两个最亲近的人。一个是女儿拉拉纳，虽然她还没到能给我提建议的年纪，但我回家时她开心的笑容和热情的拥抱让我倍感欣慰，她一点都不计较我有时候忙于工作而疏忽了她。同时，她还是我写这本书的灵感，我边写边观察她的意识发展过程。我还要感谢妻子雷切那，她一直在我身边支持我。在我写作期间，她承担了所有家务（这项工作很不容易，因为还要照顾一个患失眠症的孩子），还阅读了每一稿（这本书一共修改了很多稿），每次都认真提出很多意见。

参考文献^[1]

第1章

4 In his most famous work, *Meditations on First Philosophy*

R. Descartes, J. Cottingham, and B.A.W. Williams, *Meditations on first philosophy: with selections from the objections and replies*. 1996, Cambridge: Cambridge University Press.

5 “*Cogito ergo sum*”: R. Descartes and I. Maclean, *A discourse on the method*. 2006, Oxford: Oxford University Press.

8 A landmark paper . . . described . . . Gage

J. M. Harlow, Recovery from the passage of an iron bar through the head. *Publ Mass Med Soc* (Boston), 1868. 2: 327–346.

8 Controversy about the behavioral details

M. Macmillan, *An odd kind of fame: stories of Phineas Gage*. 2002, Cambridge: MIT Press.

8 Seminal 1949 work, *The Concept of Mind*

G. Ryle and D. C. Dennett, *The concept of mind*. 2002, Chicago: University of Chicago Press.

10 But more as a *superorganism*

B. Hölldobler and E. O. Wilson, *The superorganism: The beauty, elegance and strangeness of insect societies*. 2009, New York: Norton.

11 What Is It Like to Be a Bat?

T. Nagel, What is it like to be a bat? *Philos Rev*, 1974. 83(4): 435–450.

12 Impossible . . . explain mental states using only physical processes

F. Jackson, Epiphenomenal qualia. *Philos Q*, 1982. 32: 127–136.

F. Jackson, What Mary didn't know. *J Philos*, 1986. 83(5): 291–295.

- 13 **Not as watertight as it might at first appear**
D. C. Dennett, *Consciousness explained*. 1991, New York: Penguin.
- 14 **Jackson . . . has since rejected his former argument**
F. C. Jackson, Mind and illusion, in *Minds and persons*, A. O'Hear, ed. 2003, Cambridge: Cambridge University Press.
- 16 **Swap red with blue . . . leave all thought . . . unchanged**
A. Byrne, Inverted qualia. 2010; <http://plato.stanford.edu/entries/qualia-inverted/>.
S. Shoemaker, Functionalism and qualia, in *Readings in the philosophy of psychology*, N. Block, ed. 1980, Cambridge: Harvard University Press, 251–267.
- 16 **No single, independent class of experience as “red”**
Dennett (1991), see above.
- 17 **John Searle in 1980**
J. R. Searle, Minds, brains and programs. *Behav Brain Sci*, 1980. 3(3): 417–424.
- 23 **85 billion neurons in a human brain**
F. A. Azevedo et al., Equal numbers of neuronal and nonneuronal cells make the human brain an isometrically scaled-up primate brain. *J Comp Neurol*, 2009. 513(5): 532–541.
- 24 **Micro-cables . . . wrap around the earth four times**
L. Marner et al., Marked loss of myelinated nerve fibers in the human brain with age. *J Comp Neurol*, 2003. 462(2): 144–152.
- 25 **Computer models closely approximating . . . population of neurons**
E. M. Izhikevich and G. M. Edelman, Large-scale model of mammalian thalamocortical systems. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2008. 105(9): 3593–3598.
- 28 **Tatiana and Krista**
S. Dominus, Inseparable. *New York Times*, May 29, 2011, MM28.

第2章

- 36 **Life is honed from natural experimentation**
M. Gell-Mann, *The quark and the jaguar: adventures in the simple and the complex*. 1994, New York: W. H. Freeman.
- 38 **Self-assembling non-life molecules . . . technologically exploited**

- J. R. Nitschke, Systems chemistry: molecular networks come of age. *Nature*, 2009. 462(7274): 736–738.
- 41 **The default state for networks of neurons**
J. M. Beggs, The criticality hypothesis: how local cortical networks might optimize information processing. *Philos Transact A Math Phys Eng Sci*, 2008. 366(1864): 329–343.
- 45 **Creating . . . bacteria to make diesel fuel**
A. Schirmer et al., Microbial biosynthesis of alkanes. *Science*, 2010. 329(5991): 559–562.
- 46 **Human genes introduced into mice**
W. Enard et al., A humanized version of Foxp2 affects cortico-basal ganglia circuits in mice. *Cell*, 2009. 137(5): 961–971.
- 46 **Mouse genes into flies**
G. Halder, P. Callaerts, and W. Gehring, Induction of ectopic eyes by targeted expression of the eyeless gene in *Drosophila*. *Science*, 1995. 267(5205): 1788–1792.
- 46 **Plant species . . . formed . . . of two or more . . . lineages**
L. H. Rieseberg, T. E. Wood, and E. J. Baack, The nature of plant species. *Nature*, 2006. 440(7083): 524–527.
- 46 **Gene swaps between humans and viruses or bacteria**
S. L. Salzberg et al., Microbial genes in the human genome: lateral transfer or gene loss? *Science*, 2001. 292(5523): 1903–1906.
S. Mi et al., Syncytin is a captive retroviral envelope protein involved in human placental morphogenesis. *Nature*, 2000. 403(6771): 785–789.
- 49 **Mutation rates are increased in some bacteria**
I. Bjedov et al., Stress-induced mutagenesis in bacteria. *Science*, 2003. 300(5624): 1404–1409.
- 49 **Yeast . . . reshuffling . . . entire chromosomes**
G. Chen et al., Hsp90 stress potentiates rapid cellular adaptation through induction of aneuploidy. *Nature*, 2012. 482(7384): 246–50.
- 49 **Primates . . . lowest social standing . . . exhibit innovative behaviors**
S. M. Reader, Primate innovation: sex, age and social rank differences. *Int J Primatol*, 2001. 22(5): 787–805.
- 51 **Faced with some threat . . . worms . . . forgo . . . self-fertilization**
L. T. Morran, M. D. Parmenter, and P. C. Phillips, Mutation load and rapid adaptation favour outcrossing over self-fertilization. *Nature*, 2009.

- 51 **All organisms . . . lives extended . . . simply by eating less**
S. D. Hursting et al., Calorie restriction, aging, and cancer prevention: mechanisms of action and applicability to humans. *Annu Rev Med*, 2003. 54: 131–152.
- 52 **Near perfect memory . . . of Solomon Sherashevski**
A. R. Luria, *The mind of a mnemonist*. 1966, Cambridge: Harvard University Press.
- 56 **Greatest source of evolutionary innovation is the virus**
F. Ryan, I, virus: why you're only half human. *New Scientist*, 2010. 2745: 32–35.
- 56 **50 percent of our genome . . . from ancient viruses**
E. S. Lander et al., Initial sequencing and analysis of the human genome. *Nature*, 2001. 409(6822): 860–921.
- 56 **Viral donation of DNA . . . placenta in early mammals**
Mi et al (2000), see above.
- 57 **Dawkins' language they are termed "survival machines"**
R. Dawkins, *The selfish gene: 30th anniversary edition*. 2006, Oxford: Oxford University Press.
R. Dawkins, *The extended phenotype: the long reach of the gene*, 2nd ed. 1999, Oxford: Oxford University Press.
- 57 **Million copies of the Alu sequence**
Lander et al (2001), see above.
- 58 **Selfish imposition of a single mutation-causing gene**
Dawkins (2006), see above.
- 59 **20,000 genes . . . required to create your brain**
A. R. Jones, C. C. Overly, and S. M. Sunkin, The Allen brain atlas: 5 years and beyond. *Nat Rev Neurosci*, 2009. 10(11): 821–828.
- 59 **Bacteria . . . resemble a multicellular organism**
J. A. Shapiro, Thinking about bacterial populations as multicellular organisms. *Annu Rev Microbiol*, 1998. 52: 81–104.
- 60 **Douglas firs . . . share soil resources with saplings**
F. P. Teste et al., Access to mycorrhizal networks and roots of trees: importance for seedling survival and resource transfer. *Ecology*, 2009. 90(10): 2808–2822.

- 60 **Tomato . . . release . . . chemicals that neighboring plants can read**
Y. Y. Song et al., Interplant communication of tomato plants through underground common mycorrhizal networks. *PLoS One*, 2010. 5(10): e13324.
- 60 **Ecosystems . . . self-organize**
S. A. Levin, Ecosystems and the biosphere as complex adaptive systems. *Ecosystems*, 1998. 1(5): 431–436.
M. Rietkerk and J. van de Koppel, Regular pattern formation in real ecosystems. *Trends Ecol Evol*, 2008. 23(3): 169–175.
- 61 **Cell . . . computation**
D. Bray, *Wetware: a computer in every living cell*. 2009, New Haven, CT: Yale University Press.
- 63 **Protozoa and bacteria . . . learning and memory**
A. Mitchell et al., Adaptive prediction of environmental changes by microorganisms. *Nature*, 2009. 460(7252): 220–224.
- 63 **Limiting factors to this process**
S. B. Carroll, Chance and necessity: the evolution of morphological complexity and diversity. *Nature*, 2001. 409(6823): 1102–1109.
- 68 **Rewire the ferret visual pathway**
J. Sharma, A. Angelucci, and M. Sur, Induction of visual orientation modules in auditory cortex. *Nature*, 2000. 404(6780): 841–847.
L. Von Melchner, S. L. Pallas, and M. Sur, Visual behaviour mediated by retinal projections directed to the auditory pathway. *Nature*, 2000. 404(6780): 871–876.
- 68 **When reading Braille, process . . . in the visual regions**
H. Burton et al., Adaptive changes in early and late blind: a fMRI study of Braille reading. *J Neurophysiol*, 2002. 87(1): 589–607.
- 68 **Unconscious statistical machine**
C. Frith, *Making up the mind: how the brain creates our mental world*. 2007, Oxford, UK: Wiley-Blackwell.
- 70 **C. elegans . . . can learn . . .**
M. De Bono and A. V. Maricq, Neuronal substrates of complex behaviors in *C. elegans*. *Annu Rev Neurosci*, 2005. 28: 451–501.
- 71 **Recognize our own emotions . . . our body states**
A. R. Damasio, *Descartes' error: emotion, reason, and the human brain*. 1994, New York: HarperCollins.

M. Lehrer et al., Shape vision in bees: innate preference for flower-like patterns. *Philos Trans: Biol Sci*, 1995. 347(1320): 123–137.

第3章

82 Three evolutionary versions of brains

P. D. Maclean, *The triune brain in evolution: role in paleocerebral functions*. 1990, New York: Springer.

83 *The Diving Bell and the Butterfly*

J.-D. Bauby, *The diving bell and the butterfly*. 2008, New York: Harper Perennial.

84 Parietal lobes . . . linked with . . . IQ

J. R. Gray, C. F. Chabris, and T. S. Braver, Neural mechanisms of general fluid intelligence. *Nat Neurosci*, 2003. 6(3): 316–322.

85 Frontal lobes . . . complex and novel

Ibid.

J. Duncan and A. M. Owen, Common regions of the human frontal lobe recruited by diverse cognitive demands. *Trends Neurosci*, 2000. 23(10): 475–483.

J. Duncan et al., A neural basis for general intelligence. *Science*, 2000. 289(5478): 457–460.

E. K. Miller and J. D. Cohen, An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annu Rev Neurosci*, 2001. 24: 167–202.

91 When under . . . anesthesia . . . learning is beyond us

J. F. Kihlstrom and R. C. Cork, Consciousness and anaesthesia, in *The Blackwell companion to consciousness*, M. Velmans and S. Schneider, eds. 2007, Oxford, UK: Blackwell, 628–639.

91 One of Dijksterhuis's experiments

A. Dijksterhuis et al., On making the right choice: the deliberation-without-attention effect. *Science*, 2006. 311(5763): 1005–1007.

92 Delegate thinking . . . to the unconscious

Ibid.

92 Newspaper articles written all over the world

A. Jha, Want to make a complicated decision? Just stop thinking. *The Guardian*, February 16, 2006, 11.

B. Carey, The unconscious mind: a great decision maker. *New York Times*, February 21, 2006.

BBC News, Sleep on it, decision-makers told. 2006; <http://news.bbc.co.uk/1/hi/health/4723216.stm>.

92 **Malcolm Gladwell**

M. Gladwell, *Blink: the power of thinking without thinking*. 2005, London: Allen Lane.

93 **Made up their minds before . . . seen all the facts**

L. Waroquier et al., Is it better to think unconsciously or to trust your first impression? A reassessment of unconscious thought theory. *Soc Psychol and Personality Sci*, 2010. 1(2): 111–118.

94 **No advantage for unconscious processing**

F. Acker, New findings on unconscious versus conscious thought in decision making: additional empirical data and meta-analysis. *Judgment and Decision Making*, 2008. 3(4): 292–303.

94 **Conscious deliberation provided an advantage over distraction**

B. Aczel et al., Unconscious intuition or conscious analysis? Critical questions for the deliberation-without-attention paradigm. *Judgment and Decision Making*, 2011. 6(4): 351–358.

B. R. Newell, K. Y. Wong, and J.C.H. Cheung, Think, blink or sleep on it? The impact of modes of thought on complex decision making. *Q J Exp Psychol*, 2009. 62(4): 707–732.

95 **Transfer that learning . . . while still believing . . . guessing randomly**

R. B. Scott and Z. Dienes, Knowledge applied to new domains: the unconscious succeeds where the conscious fails. *Conscious Cogn*, 2010. 19(1): 391–398.

96 **Distracted . . . then we learn absolutely nothing**

D. Tanaka et al., Role of selective attention in artificial grammar learning. *Psychon Bull Rev*, 2008. 15(6): 1154–1159.

97 **The unconscious mind is unable to cope**

R. F. Baumeister and E. J. Masicampo, Conscious thought is for facilitating social and cultural interactions: how mental simulations serve the animal-culture interface. *Psychol Rev*, 2010. 117(3): 945–971.

98 **Damage to the lateral prefrontal . . . don't generate . . . wrong theories**

G. Wolford, M. B. Miller, and M. Gazzaniga, The left hemisphere's role in hypothesis formation. *J Neurosci*, 2000. 20(6): RC64.

99 **No evidence . . . subliminal messages influence our behavior**

P. M. Merickle, Subliminal perception, in *Encyclopedia of psychology*, A. E. Kazdin, ed. 2000, New York: Oxford University Press, 497-499.

101 **Held . . . position . . . closeness of their relative**

E. A. Madsen et al., Kinship and altruism: a cross-cultural experimental study. *Br J Psychol*, 2007. 98 (Pt 2): 339-359.

101 **Event . . . placed Kahneman on the path of psychology**

D. Kahneman, Daniel Kahneman: Autobiography (from the Nobel Prize site). 2002; http://nobelprize.org/nobel_prizes/economics/laureates/2002/kahneman-autobio.html.

102 **Unconscious anchoring of our choice**

A. Tversky and D. Kahneman, Judgment under uncertainty: heuristics and biases. *Science*, 1974. 185(4157): 1124-1131.

103 **Benjamin Libet demonstrated this fact**

B. Libet et al., Time of conscious intention to act in relation to onset of cerebral activity (readiness-potential): the unconscious initiation of a freely voluntary act. *Brain*, 1983. 106 (Pt 3): 623-642.

103 **Similar unconscious source . . . decision to veto**

P. Haggard, Human volition: towards a neuroscience of will. *Nat Rev Neurosci*, 2008. 9(12): 934-946.

W. P. Banks and S. Pockett, Benjamin Libet's work on the neuroscience of free will, in *The Blackwell companion to consciousness*, M. Velmans and S. Schneider, eds. 2007, Oxford, UK: Blackwell, 657-670.

104 **Consciousness was smeared across time**

D. C. Dennett, *Consciousness explained*. 1991, New York: Penguin.

104 **Computational model by Stanislav Nikolov**

S. Nikolov, D. A. Rahnev, and H. C. Lau, Probabilistic model of onset detection explains previous puzzling findings in human time perception. *Front Psychol*, 2010. 1: 37.

105 **Detected up to 10 seconds prior to the conscious decision**

C. S. Soon et al., Unconscious determinants of free decisions in the human brain. *Nat Neurosci*, 2008. 11(5): 543-545.

第4章

111 **" . . . Mummy sent me to fetch you"**

I. Stewart, *Professor Stewart's hoard of mathematical treasures*. 2009, London: Profile Books.

- 113 **Brain . . . half of all the energy the child consumes**
M. A. Holliday, Body composition and energy needs during growth, in *Human growth: a comprehensive treatise*, F. Falkner and J. M. Tanner, eds. 1986, New York: Plenum, 101–117.
- 113 **Human brain . . . nearing the endpoint . . . biologically possible**
D. Fox, The limits of intelligence. *Sci Am*, 2011. 305(1): 36–43.
- 114 **Two photos identical except for one feature**
R. A. Rensink, J. K. O'Regan, and J. J. Clark, To see or not to see: the need for attention to perceive changes in scenes. *Psychol Sci*, 1997. 8(5): 368–373.
- 115 **Half the volunteers notice . . . person has changes**
D. J. Simons and D. T. Levin, Failure to detect changes to people during a real-world interaction. *Psychon Bull Rev*, 1998. 5(4): 644–649.
- 116 **44 percent of people actually notice the gorilla**
D. J. Simons and C. F. Chabris, Gorillas in our midst: sustained inattention blindness for dynamic events. *Perception*, 1999. 28(9): 1059–1074.
- 117 **Conscious of fainter targets . . . also detect targets faster**
R. Desimone and J. Duncan, Neural mechanisms of selective visual attention. *Annu Rev Neurosci*, 1995. 18: 193–222.
J. W. Bisley and M. E. Goldberg, Neuronal activity in the lateral intraparietal area and spatial attention. *Science*, 2003. 299(5603): 81–86.
M. Carrasco, C. Penpeci-Talgar, and M. Eckstein, Spatial covert attention increases contrast sensitivity across the CSF: support for signal enhancement. *Vision Res*, 2000. 40(10–12): 1203–1215.
- 117 **Object will be perceived . . . more contrast**
M. Carrasco, S. Ling, and S. Read, Attention alters appearance. *Nat Neurosci*, 2004. 7(3): 308–313.
- 118 **Attention emerging from . . . collective neuronal war**
Desimone and Duncan, Neural mechanisms.
J. Duncan, EPS Mid-Career Award 2004: brain mechanisms of attention. *Q J Exp Psychol* (Colchester), 2006. 59(1): 2–27.
- 119 **Famous student physics lectures**
R. P. Feynman, R. B. Leighton, and M. Sands, *Lectures on physics: complete set*, vols. 1–3. 1998, Boston: Addison Wesley.
- 122 **Ferret brains . . . rewired . . . visual cortex in blind . . . process Braille**
J. Sharma, A. Angelucci, and M. Sur, Induction of visual orientation modules in auditory cortex. *Nature*, 2000. 404(6780): 841–847.

- L. Von Melchner, S. L. Pallas, and M. Sur, Visual behaviour mediated by retinal projections directed to the auditory pathway. *Nature*, 2000. 404(6780): 871–876.
- H. Burton et al., Adaptive changes in early and late blind: a fMRI study of Braille reading. *J Neurophysiol*, 2002. 87(1): 589–607.
- 124 **Constant competition . . . in the brain**
Desimone and Duncan (1995), see above.
Duncan (2006), see above.
E. I. Knudsen, Fundamental components of attention. *Annu Rev Neurosci*, 2007. 30: 57–78.
- 127 **Modern version of Phineas Gage**
A. R. Damasio, *Descartes' error: emotion, reason, and the human brain*. 1994, New York: HarperCollins.
- 129 **Multiple personality disorder . . . attribute . . . experiences to other personalities**
E. Bliss, *Multiple personality, allied disorders, and hypnosis*. 1986, Oxford: Oxford University Press.
- 131 **Aware of your own consciousness**
H. Lau and D. Rosenthal, Empirical support for higher-order theories of conscious awareness. *Trends Cogn Sci*, 2011. 15(8): 365–373.
- 132 **Poor at matching their confidence to their accuracy**
S. M. Fleming et al., Relating introspective accuracy to individual differences in brain structure. *Science*, 2010. 329(5998): 1541–1543.
- 135 **Three or four conscious items**
N. Cowan, The magical number 4 in short-term memory: a reconsideration of mental storage capacity. *Behav Brain Sci*, 2001. 24(1): 87–114; discussion 114–185.
- 135 **"Global workspace theory" proposed by Bernard Baars**
B. J. Baars, *In the theater of consciousness: the workspace of the mind*. 1997, New York: Oxford University Press.
B. J. Baars and S. Franklin, An architectural model of conscious and unconscious brain functions: Global Workspace Theory and IDA. *Neural Netw*, 2007. 20(9): 955–961.
- 136 **George Sperling presented subjects**
G. Sperling, The information available in brief visual presentations. *Psychological Monographs*, 1960. 74(11, Whole No. 498): 1–29.

- 137 **Steven Yantis presented subjects with**
S. Yantis, Multielement visual tracking: attention and perceptual organization. *Cogn Psychol*, 1992. 24(3): 295-340.
- 137 **Our working memory limit . . . same as the monkey's**
E. Heyselaar, K. Johnston, and M. Paré, The capacity limit of the visual working memory of the macaque monkey. *J Vision*. 10(7): 725.
- 138 **Other species . . . same upper bound . . . honeybee**
H. J. Gross et al., Number-based visual generalisation in the honeybee. *PLoS One*, 2009. 4(1): e4263.
- 138 **3 or 4 items . . . maximum that can be practically sustained**
A. Raffone and G. Wolters, A cortical mechanism for binding in visual working memory. *J Cogn Neurosci*, 2001. 13(6): 766-785.
- 139 **Each holder . . . cope equally well . . . simplest . . . most complex**
J. Duncan, Similarity between concurrent visual discriminations: dimensions and objects. *Percept Psychophys*, 1993. 54(4): 425-430.
- 140 **Say back a novel sequence that was 80 digits**
K. A. Ericsson, W. G. Chase, and S. Falloon, Acquisition of a memory skill. *Science*, 1980. 208: 1181-1182.
- 142 **Presented volunteers . . . sequences of 4 double digits**
D. Bor and A. M. Owen, A common prefrontal-parietal network for mnemonic and mathematical recoding strategies within working memory. *Cereb Cortex*, 2007. 17(4): 778-786.
- 142 **Chess masters . . . remember . . . whole board**
W. G. Chase and H. A. Simon, Perception in chess. *Cogn Psychol*, 1973. 4: 55-81.
- 143 **Increase the amount of information per item**
G. A. Miller, The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychol Rev*, 1956. 63(2): 81-97.
- 144 **Greater the number, the less likely . . . identify each**
C. Bundesen, H. Shibuya, and A. Larsen, Visual selection from multielement displays: a model for partial report, in *Attention and performance XI*, M. I. Posner and M.S.I. Marin, eds. 1985, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 631-649.
J. J. Todd and R. Marois, Capacity limit of visual short-term memory in human posterior parietal cortex. *Nature*, 2004. 428(6984): 751-754.

144 Attention has two clear stages

C. Bundesen, T. Habekost, and S. Kyllingsbaek, A neural theory of visual attention: bridging cognition and neurophysiology. *Psychol Rev*, 2005. 112(2): 291–328.

145 Leonardo Chelazzi and colleagues used electrodes

L. Chelazzi et al., Responses of neurons in inferior temporal cortex during memory-guided visual search. *J Neurophysiol*, 1998. 80(6): 2918–2940.

145 Michael Cohen and colleagues recently carried out

M. A. Cohen, G. A. Alvarez, and K. Nakayama, Natural-scene perception requires attention. *Psychol Sci*, 2011. 22(9): 1165–1172.

146 Divert attention away . . . fails to enter consciousness

J. S. Joseph, M. M. Chun, and K. Nakayama, Attentional requirements in a “preattentive” feature search task. *Nature*, 1997. 387(6635): 805–807.

J. Theeuwes, A. F. Kramer, and P. Atchley, Attentional effects on preattentive vision: spatial precues affect the detection of simple features. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 1999. 25(2): 341–347.

S. Walker, P. Stafford, and G. Davis, Ultra-rapid categorization requires visual attention: scenes with multiple foreground objects. *J Vision*, 2008. 8(4): 211–212.

146 Working memory . . . is limited to . . . 4 . . . items

Cowan (2001), see above.

147 Psychologists assumed that our working memory capacity was around double this

Miller (1956), see above.

148 Douglas Hofstadter’s whimsical and influential book

D. Hofstadter, *Gödel, Escher, Bach: an eternal golden braid (20th anniversary edition, with a new preface by the author)*. 1999, London: Penguin.

150 Prior expectations . . . guide our attention

L. Melloni et al., Expectations change the signatures and timing of electrophysiological correlates of perceptual awareness. *J Neurosci*, 2011. 31(4): 1386–1396.

C. Summerfield and T. Egner, Expectation (and attention) in visual cognition. *Trends Cogn Sci*, 2009. 13(9): 403–409.

151 Other species can start to learn . . . grammatical language

S. Savage-Rumbaugh and R. Lewin, *Kanzi: the ape at the brink of the human mind*. 1994, New York: John Wiley & Sons.

151 **A “language instinct”**

S. Pinker, *The language instinct: the new science of language and mind*. 2003, London: Penguin.

152 **Learning an artificial grammar . . . same brain areas . . . chunking task**

D. Bor et al., Encoding strategies dissociate prefrontal activity from working memory demand. *Neuron*, 2003. 37(2): 361–367.

P. Fletcher et al., Learning-related neuronal responses in prefrontal cortex studied with functional neuroimaging. *Cereb Cortex*, 1999. 9(2): 168–178.

152 **FOXP2**

E. Vargha-Khadem et al., FOXP2 and the neuroanatomy of speech and language. *Nat Rev Neurosci*, 2005. 6(2): 131–138.

154 **The evolutionary advantage of awareness**

D. Bor and A. K. Seth, Consciousness and the prefrontal parietal network: insights from attention, working memory and chunking. *Front Psychol*, 2012. 3: 63.

155 **Stan Beilock and colleagues tested . . . golf-putting**

S. L. Beilock et al., Haste does not always make waste: expertise, direction of attention, and speed versus accuracy in performing sensorimotor skills. *Psychon Bull Rev*, 2004. 11(2): 373–379.

S. L. Beilock et al., When paying attention becomes counterproductive: impact of divided versus skill-focused attention on novice and experienced performance of sensorimotor skills. *J Exp Psychol Appl*, 2002. 8(1): 6–16.

155 **Similar results . . . soccer, baseball . . . touch typing**

B. Castaneda and R. Gray, Effects of focus of attention on baseball batting performance in players of differing skill levels. *J Sport Exerc Psychol*, 2007. 29(1): 60–77.

G. D. Logan and M. J. Crump, The left hand doesn't know what the right hand is doing: the disruptive effects of attention to the hands in skilled typewriting. *Psychol Sci*, 2009. 20(10): 1296–1300.

第5章

160 **Woman was born . . . no cerebellum**

D. Timmann et al., Cerebellar agenesis: clinical, neuropsychological and MR findings. *Neurocase*, 2003. 9(5): 402–413.

160 **Cerebellum . . . 80 percent of . . . brain's neurons**

F. A. Azevedo et al., Equal numbers of neuronal and nonneuronal cells make the human brain an isometrically scaled-up primate brain. *J Comp Neurol*, 2009. 513(5): 532–541.

161 **Isn't enough neural coherence . . . aware . . . when . . . awake**

N. D. Schiff, Recovery of consciousness after brain injury: a mesocircuit hypothesis. *Trends Neurosci*, 2010. 33(1): 1–9.

163 **Similar stories occur for blindtouch**

L. Weiskrantz, *Consciousness lost and found: a neuropsychological exploration*. 1997, Oxford: Oxford University Press.

163 **A visual experience . . . primary visual cortex is missing**

D. H. Ffytche and S. Zeki, The primary visual cortex, and feedback to it, are not necessary for conscious vision. *Brain*, 2011. 134 (Pt 1): 247–257.

163 **Degraded form of consciousness . . . matches their reduced ability**

M. Overgaard et al., Seeing without seeing? Degraded conscious vision in a blindsight patient. *PLoS One*, 2008. 3(8): e3028.

164 **Blindsight patient in the fMRI scanner**

A. Sahraie et al., Pattern of neuronal activity associated with conscious and unconscious processing of visual signals. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1997. 94(17): 9406–9411.

165 **Nikos Logothetis and his team, who carried out**

D. A. Leopold and N. K. Logothetis, Activity changes in early visual cortex reflect monkeys' percepts during binocular rivalry. *Nature*, 1996. 379(6565): 549–553.

N. K. Logothetis, Single units and conscious vision. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 1998. 353(1377): 1801–1818.

165 **Perception . . . persist . . . momentary gap of the eye blink**

T. J. Gawne and J. M. Martin, Activity of primate V1 cortical neurons during blinks. *J Neurophysiol*, 2000. 84(5): 2691–2694.

G. Rees, G. Kreiman, and C. Koch, Neural correlates of consciousness in humans. *Nat Rev Neurosci*, 2002. 3(4): 261–270.

166 **Primary visual cortex is not quite as dumb**

M. A. Silver, D. Ress, and D. J. Heeger, Neural correlates of sustained spatial attention in human early visual cortex. *J Neurophysiol*, 2007. 97(1): 229–237.

168 **Two other regions also light up at least as brightly**

E. D. Lumer, K. J. Friston, and G. Rees, Neural correlates of perceptual rivalry in the human brain. *Science*, 1998. 280(5371): 1930–1934.

- G. Rees, Neural correlates of the contents of visual awareness in humans, *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 2007. 362(1481): 877–886.
- 168 **Record . . . experiences switch . . . candlestick or faces**
A. Kleinschmidt et al., Human brain activity during spontaneously reversing perception of ambiguous figures. *Proc Biol Sci*, 1998. 265(1413): 2427–2433.
- 168 **Posterior parietal . . . always activated . . . with the lateral prefrontal**
J. Duncan, EPS Mid-Career Award 2004: brain mechanisms of attention. *Q J Exp Psychol (Colchester)*, 2006. 59(1): 2–27.
- 169 **Stanislas Dehaene . . . showed subjects a rapid sequence**
S. Dehaene et al., Cerebral mechanisms of word masking and unconscious repetition priming. *Nat Neurosci*, 2001. 4(7): 752–758.
- 169 **Touch or a sound, or . . . combination of senses**
S. Dehaene and J. P. Changeux, Experimental and theoretical approaches to conscious processing. *Neuron*, 2011. 70(2): 200–227.
- 169 **Physical size . . . brain structure . . . links with awareness**
S. M. Fleming et al., Relating introspective accuracy to individual differences in brain structure. *Science*, 2010. 329(5998): 1541–1543.
R. Kanai, B. Bahrami, and G. Rees, Human parietal cortex structure predicts individual differences in perceptual rivalry. *Current Biol*, 2010. 20(18): 1626–1630.
- 169 **Antoine Del Cul and colleagues gave patients**
A. Del Cul et al., Causal role of prefrontal cortex in the threshold for access to consciousness. *Brain*, 2009. 132 (Pt 9): 2531–2540.
- 170 **Jon Simons and colleagues gave a memory test**
J. S. Simons et al., Dissociation between memory accuracy and memory confidence following bilateral parietal lesions. *Cereb Cortex*, 2010. 20(2): 479–485.
- 170 **Matt Davis and colleagues played volunteers . . . sentences**
M. H. Davis et al., Dissociating speech perception and comprehension at reduced levels of awareness. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2007. 104(41): 16032–16037.
- 170 **The lowest share compared to our primate cousins**
A. A. De Sousa et al., Hominoid visual brain structure volumes and the position of the lunate sulcus. *J Hum Evol*, 2010. 58(4): 281–292.

- W. Penfield and J. Evans, The frontal lobe in man: a clinical study of maximum removals. *Brain*, 1935. 58: 115–133.
- 172 **Patients with prefrontal cortex damage . . . working memory deficit**
D. Bor et al., Frontal lobe involvement in spatial span: converging studies of normal and impaired function. *Neuropsychologia*, 2006. 44(2): 229–237.
- 173 **Hemispatial neglect . . . associated either with . . . prefrontal or parietal**
M. Husain and C. Rorden, Non-spatially lateralized mechanisms in hemispatial neglect. *Nat Rev Neurosci*, 2003. 4(1): 26–36.
- 173 **Neglected patients . . . place a mark . . . right edge**
A. Parton, P. Malhotra, and M. Husain, Hemispatial neglect. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2004. 75(1): 13–21.
- 173 **Edoardo Bisiach . . . asked hemispatial-neglect patients to imagine**
E. Bisiach and C. Luzzatti, Unilateral neglect of representational space. *Cortex*, 1978. 14(1): 129–133.
- 174 **Margarita Sarri . . . an experiment on neglect patients**
M. Sarri, F. Blankenburg, and J. Driver, Neural correlates of crossmodal visual-tactile extinction and of tactile awareness revealed by fMRI in a right-hemisphere stroke patient. *Neuropsychologia*, 2006. 44(12): 2398–2410.
- 175 **“There is no there, there”**
L. C. Robertson, Binding, spatial attention and perceptual awareness. *Nat Rev Neurosci*, 2003. 4(2): 93–102.
- 175 **Recognize colors and read words, but couldn’t do both**
H. B. Coslett and G. Lie, Simultanagnosia: when a rose is not red. *J Cogn Neurosci*, 2008. 20(1): 36–48.
- 175 **Bob Knight, has come across such a patient**
R. T. Knight and M. Grabowecky, Escape from linear time: prefrontal cortex and conscious experience, in *The new cognitive neurosciences*, M. Gazzaniga, ed. 1995, Cambridge: MIT Press, 1357–1371.
- 176 **Working memory and attention . . . prefrontal parietal network . . . both**
R. Cabeza and L. Nyberg, Imaging cognition II: an empirical review of 275 PET and fMRI studies. *J Cogn Neurosci*, 2000. 12(1): 1–47.
- 176 **Increase the number of letters . . . working memory**
T. S. Braver et al., A parametric study of prefrontal cortex involvement in human working memory. *NeuroImage*, 1997. 5(1): 49–62.

176 Number of abstract relations between items of an IQ task

J. K. Kroger et al., Recruitment of anterior dorsolateral prefrontal cortex in human reasoning: a parametric study of relational complexity. *Cereb Cortex*, 2002. 12(5): 477-485.

176 Number of spatial locations you have to remember

D. Bor, J. Duncan, and A. M. Owen, The role of spatial configuration in tests of working memory explored with functional neuroimaging. *Scand J Psych*, 2001. 42(3): 217-224.

176 If you switch attention between tasks

C. Y. Sylvester et al., Switching attention and resolving interference: fMRI measures of executive functions. *Neuropsychologia*, 2003. 41(3): 357-370.

176 If you attend to visual changes on a screen

C. Buchel et al., The functional anatomy of attention to visual motion: a functional MRI study. *Brain*, 1998. 121 (Pt 7): 1281-1294.

N. Hon et al., Frontoparietal activity with minimal decision and control. *J Neurosci*, 2006. 26(38): 9805-9809.

176 Whenever we perform a complex or novel . . . task

J. Duncan and A. M. Owen, Common regions of the human frontal lobe recruited by diverse cognitive demands. *Trends Neurosci*, 2000. 23(10): 475-483.

176 These regions . . . closely linked with IQ

J. R. Gray, C. F. Chabris, and T. S. Braver, Neural mechanisms of general fluid intelligence. *Nat Neurosci*, 2003. 6(3): 316-322.

J. Duncan, A neural basis for general intelligence. *Science*, 2000. 289(5478): 457-460.

177 Nikki Pratt . . . gave volunteers a classic attentional task

N. Pratt, A. Willoughby, and D. Swick, Effects of working memory load on visual selective attention: behavioral and electrophysiological evidence. *Front Hum Neurosci*, 2011. 5: 57.

177 Subsume working memory within an attentional framework

E. I. Knudsen, Fundamental components of attention. *Annu Rev Neurosci*, 2007. 30: 57-78.

C. Bundesen, T. Habekost, and S. Kyllingsbaek, A neural theory of visual attention: bridging cognition and neurophysiology. *Psychol Rev*, 2005. 112(2): 291-328.

- 178 **Volunteers would view an array of 16 red squares**
D. Bor et al., Encoding strategies dissociate prefrontal activity from working memory demand. *Neuron*, 2003. 37(2): 361–367.
- 179 **Same experiment . . . this time with digits**
D. Bor et al., Prefrontal cortical involvement in verbal encoding strategies. *Eur J Neurosci*, 2004. 19(12): 3365–3370.
- 179 **Moving on to sequences of double digits**
D. Bor and A. M. Owen, A common prefrontal-parietal network for mnemonic and mathematical recoding strategies within working memory. *Cereb Cortex*, 2007. 17(4): 778–786.
- 181 **Cary Savage and colleagues showed that**
C. R. Savage et al., Prefrontal regions supporting spontaneous and directed application of verbal learning strategies: evidence from PET. *Brain*, 2001. 124 (Pt 1): 219–231.
- 181 **Vivek Prabhakaran . . . presented letters to participants**
V. Prabhakaran et al., Integration of diverse information in working memory within the frontal lobe. *Nat Neurosci*, 2000. 3(1): 85–90.
- 181 **Christopher Moore . . . demonstrated that extensive training**
C. D. Moore, M. X. Cohen, and C. Ranganath, Neural mechanisms of expert skills in visual working memory. *J. Neurosci*, 2006. 26(43): 11187–11196.
- 181 **Stanislas Dehaene . . . showed the transition**
C. Landmann et al., Dynamics of prefrontal and cingulate activity during a reward-based logical deduction task. *Cereb Cortex*, 2007. 17(4): 749–759.
- 182 **Tammet . . . extreme form of synesthesia**
S. Baron-Cohen et al., Savant memory in a man with colour form-number synaesthesia and Asperger syndrome. *J Consciousness Studies*, 2007. 14(9–10): 237–251.
- 182 **Tammet . . . far more numbers . . . short-term memory**
Ibid.
- 182 **Investigate his brain activity . . . one of our chunking tests**
D. Bor, J. Billington, and S. Baron-Cohen, Savant memory for digits in a case of synaesthesia and Asperger syndrome is related to hyperactivity in the lateral prefrontal cortex. *Neurocase*, 2007. 13(5): 311–319.

- 184 **Convert awkward obstacles into innovative solutions and . . . habits**
D. Bor and A. K. Seth, Consciousness and the prefrontal parietal network: insights from attention, working memory and chunking. *Front Psychol*, 2012. 3: 63.
- 184 **Crick popularized the idea . . . neurons act in harmony**
F. Crick, *The astonishing hypothesis: the search for the scientific soul*. 1994, New York: Scribner.
- 184 **Gamma band . . . a frequency previously linked with attention**
H. Tiitinen et al., Selective attention enhances the auditory 40-Hz transient response in humans. *Nature*, 1993. 364(6432): 59–60.
- 184 **Rats . . . swift . . . synchrony when in a deep sleep**
C. H. Vanderwolf, Are neocortical gamma waves related to consciousness? *Brain Res*, 2000. 855(2): 217–224.
- 185 **Two . . . labs, Stanislas Dehaene's . . . and Bob Knight's . . . have shown**
R. T. Canolty et al., High gamma power is phase-locked to theta oscillations in human neocortex. *Science*, 2006. 313(5793): 1626–1628.
R. Gaillard et al., Converging intracranial markers of conscious access. *PLoS Biol*, 2009. 7(3): e61.
- 186 **Time . . . attention to filter sensory input according . . . goals**
Bundesen et al. (2005), see above.
Gaillard et al. (2009), see above.
- 187 **Dozens of simultaneous electrodes**
A. Maier, C. J. Aura, and D. A. Leopold, Infragranular sources of sustained local field potential responses in macaque primary visual cortex. *J Neurosci*, 2011. 31(6): 1971–1980.
- 187 **Victor Lamme's recurrent processing model**
V.A.F. Lamme, How neuroscience will change our view on consciousness. *Cogn Neurosci*, 2010. 1(3): 204–220.
- 188 **Global neuronal workspace model**
Dehaene and Changeux (2011), see above.
S. Dehaene, M. Kerszberg, and J. P. Changeux, A neuronal model of a global workspace in effortful cognitive tasks. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1998. 95(24): 14529–14534.

189 **Studies of how the brain is wired**

D. S. Modha and R. Singh, Network architecture of the long-distance pathways in the macaque brain. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2010. 107(30): 13485–13490.

189 **Giulio Tononi's information integration theory**

G. Tononi, An information integration theory of consciousness. *BMC Neurosci*, 2004. 5: 42.

G. Tononi, Consciousness as integrated information: a provisional manifesto. *Biol Bull*, 2008. 215(3): 216–242.

189 **This theory is similar to two other modern theories**

A. K. Seth et al., Theories and measures of consciousness: an extended framework. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2006. 103(28): 10799–10804.

190 **Prefrontal parietal network . . . kind of network . . . high . . . consciousness**

Bor and Seth (2012), see above.

第6章

197 **Story about a mature female bonobo named Matata**

S. Savage-Rumbaugh and R. Lewin, *Kanzi: the ape at the brink of the human mind*. 1994, New York: John Wiley & Sons.

198 **Not . . . conscious . . . between the pressure and the squealing**

D. McFarland, *Guilty robots, happy dogs: the question of alien minds*. 2008, Oxford: Oxford University Press.

198 **Animals appear to get bored**

F. Wemelsfelder, Animal boredom: understanding the tedium of confined lives, in *Mental health and well-being in animals*, F. D. McMillan, ed. 2005, Oxford, UK: Blackwell.

199 **Corvid . . . same brain-to-body ratio as a chimpanzee**

N. J. Emery and N. S. Clayton, The mentality of crows: convergent evolution of intelligence in corvids and apes. *Science*, 2004. 306(5703): 1903–1907.

199 **These birds plan for the future**

C. R. Raby et al., Planning for the future by western scrub-jays. *Nature*, 2007. 445(7130): 919–921.

199 **Scrub jay . . . re-hide the food to fool the observer**

J. M. Dally, N. J. Emery, and N. S. Clayton, Food-caching western scrub-jays keep track of who was watching when. *Science*, 2006. 312(5780): 1662–1665.

200 **Crows can use a sequence of tools**

J. H. Wimpenny et al., Cognitive processes associated with sequential tool use in New Caledonian crows. *PLoS One*, 2009. 4(8): e6471.

200 **The rooks easily learned . . . drop stones into . . . water**

C. D. Bird and N. J. Emery, Rooks use stones to raise the water level to reach a floating worm. *Current Biol*, 2009. 19(16): 1410–1414.

201 **Observed in the great apes by Daniel Hanus**

D. Hanus et al., Comparing the performances of apes (*Gorilla gorilla*, *Pan troglodytes*, *Pongo pygmaeus*) and human children (*Homo sapiens*) in the floating peanut task. *PLoS One*, 2011. 6(6): e19555.

201 **Five orangutans tested could pass this challenge**

N. Mendes, D. Hanus, and J. Call, Raising the level: orangutans use water as a tool. *Biol Lett*, 2007. 3(5): 453–455.

202 **Other animals that have passed it include**

D. B. Edelman and A. K. Seth, Animal consciousness: a synthetic approach. *Trends Neurosci*, 2009. 32(9): 476–484.

203 **Monkeys can be trained to tell . . . experience flips**

N. K. Logothetis, Single units and conscious vision. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 1998. 353(1377): 1801–1818.

203 **Nate Kornell . . . showed monkeys a set of dots**

N. Kornell, L. K. Son, and H. S. Terrace, Transfer of metacognitive skills and hint seeking in monkeys. *Psychol Sci*, 2007. 18(1): 64–71.

204 **Posterior parietal cortex . . . activity . . . matches level of confidence**

R. Kiani and M. N. Shadlen, Representation of confidence associated with a decision by neurons in the parietal cortex. *Science*, 2009. 324(5928): 759–764.

204 **Other species that have shown similar skills**

C. Suda-King, Do orangutans (*Pongo pygmaeus*) know when they do not remember? *Anim Cogn*, 2008. 11(1): 21–42.

A. L. Foote and J. D. Crystal, Metacognition in the rat. *Curr Biol*, 2007. 17(6): 551–555.

- 205 **Rats . . . shown to apply simple forms of chunking**
T. Macuda and W. A. Roberts, Further evidence for hierarchical chunking in rat spatial memory. *J Exp Psych: Anim Behav Proc*, 1995. 21(1): 20-32.
- 205 **Herbert Terrace trained pigeons to peck**
H. S. Terrace, Chunking by a pigeon in a serial learning task. *Nature*, 1987. 325(7000): 149-151.
- 205 **Analogous to human forms of chunking**
K. A. Ericsson, W. G. Chase, and S. Falloon, Acquisition of a memory skill. *Science*, 1980. 208: 1181-1182.
- 205 **Extent of our ability to chunk**
C. M. Conway and M. H. Christiansen, Sequential learning in non-human primates. *Trends Cogn Sci*, 2001. 5(12): 539-546.
- 206 **Observe different species at play**
Ibid.
- 207 **Patricia Greenfield . . . abilities to chunk . . . mirrored . . . language**
P. M. Greenfield, Language, tools and brain: the ontogeny and phylogeny of hierarchically organized sequential behavior. *Behav Brain Sci*, 1991. 14: 531-595.
- 208 **Zinacantecos babies and toddlers in southern Mexico**
Ibid.
- 209 **Mother's placenta and the fetus . . . safe sedation**
C. Koch, When does consciousness arise in human babies? *Sci Am*, September 2, 2009; www.scientificamerican.com/article.cfm?id=when-does-consciousness-arise.
- 211 **Bottlenose dolphins, whose brain weighs . . . 1.8 kilograms**
L. Marino, A comparison of encephalization between odontocete cetaceans and anthropoid primates. *Brain Behav Evol*, 1998. 51(4): 230-238.
- 211 **African elephant . . . brain that weighs . . . 6.5 kilograms**
M. Goodman et al., Phylogenomic analyses reveal convergent patterns of adaptive evolution in elephant and human ancestries. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2009. 106(49): 20824-20829.
- 211 **Sperm whale . . . brain that tops 8 kilograms**
L. Marino, Cetacean brain evolution: multiplication generates complexity. *Int J Comp Psych*, 2004. 17(1): 1-16.

- 211 **Many factors . . . useful ratio of brain to body**
S. Herculano-Houzel, The human brain in numbers: a linearly scaled-up primate brain. *Front Hum Neurosci*, 2009. 3: 31.
- 212 **Brain . . . similarity . . . in . . . other animals**
Edelman and Seth (2009), see above.
- 212 **All vertebrates . . . thalamus . . . but not all . . . cortex**
A. B. Butler and W. Hodos, *Comparative vertebrate neuroanatomy: evolution and adaptation*, vol. 2. 2005, Hoboken, NJ: Wiley.
- 212 **Octopus . . . behaves . . . utterly belie its primitive label**
Edelman and Seth (2009), see above.
- 213 **If octopuses are conscious . . . never realize it from . . . anatomy**
Ibid.
- 213 **Giulio Tononi's information integration theory**
G. Tononi, Consciousness as integrated information: a provisional manifesto. *Biol Bull*, 2008. 215(3): 216–242.
- 214 **Adam Barrett and Anil Seth . . . adapt the theory**
A. B. Barrett and A. K. Seth, Practical measures of integrated information for time-series data. *PLoS Comput Biol*, 2011. 7(1): e1001052.
- 215 **Massimini . . . practical rough-and-ready approximation**
M. Massimini et al., Breakdown of cortical effective connectivity during sleep. *Science*, 2005. 309(5744): 2228–2232.

第7章

- 221 **Concussions . . . severe brain damage . . . Alzheimer's disease**
B. Holmes, Deep impact: the bad news about banging your head. *New Scientist*, 2011. 2829: 38–41.
- 225 **Vegetative state . . . thalamus . . . pathways to the prefrontal cortex**
S. Laureys et al., Restoration of thalamocortical connectivity after recovery from persistent vegetative state. *Lancet*, 2000. 355(9217): 1790–1791.
- 226 **Rating scales, which standardize and quantify the diagnostic**
C. Schnakers et al., Diagnostic accuracy of the vegetative and minimally conscious state: clinical consensus versus standardized neurobehavioral assessment. *BioMedCentral Neurol*, 2009. 9: 35.

- 227 **Invalid . . . assume . . . no conscious life . . . completely paralyzed**
M. M. Monti, S. Laureys, and A. M. Owen, The vegetative state. *Brit Med J*, 2010. 341: c3765.
- 227 **One recent large-scale study . . . involved 41 patients**
M. R. Coleman et al., Towards the routine use of brain imaging to aid the clinical diagnosis of disorders of consciousness. *Brain*, 2009. 132 (Pt 9): 2541–2552.
- 228 **In 2006 with a twenty-three-year-old woman**
A. M. Owen et al., Detecting awareness in the vegetative state. *Science*, 2006. 313(5792): 1402.
- 228 **Normal, healthy controls performing the same imaginary tasks**
M. Boly et al., When thoughts become action: an fMRI paradigm to study volitional brain activity in non-communicative brain injured patients. *NeuroImage*, 2007. 36(3): 979–992.
- 229 **Owen . . . showed that only about 17 percent**
M. M. Monti et al., Willful modulation of brain activity in disorders of consciousness. *N Engl J Med*, 2010. 362(7): 579–589.
- 229 **Owen's group . . . testing the use of EEG**
D. Cruse et al., Bedside detection of awareness in the vegetative state: a cohort study. *Lancet*, 2011. 378(9808): 2088–2094.
- 229 **This technique was later used on . . . a young Belgian man**
Monti et al (2010), see above.
- 231 **Davinia Fernandez-Espejo . . . relatively novel MRI scanning technique**
D. Fernández-Espejo et al., Diffusion weighted imaging distinguishes the vegetative state from the minimally conscious state. *NeuroImage*, 2011. 54(1): 103–112.
- 231 **Melanie Boly and colleagues were able to show**
M. Boly et al., Preserved feedforward but impaired top-down processes in the vegetative state. *Science*, 2011. 332(6031): 858–862.
- 231 **Another principled approach . . . uses the TMS-EEG technique**
M. Massimini et al., A perturbational approach for evaluating the brain's capacity for consciousness. *Prog Brain Res*, 2009. 177: 201–214.
- 232 **Nicholas Schiff . . . deep brain stimulation**
N. D. Schiff et al., Behavioural improvements with thalamic stimulation after severe traumatic brain injury. *Nature*, 2007. 448(7153): 600–603.

- 232 **Raif Clauss . . . a common sleeping drug**
R. Clauss and W. Nel, Drug induced arousal from the permanent vegetative state. *NeuroRehabilitation*, 2006. 21(1): 23–28.
- 233 **Other research groups . . . shown that zolpidem . . . improve conscious**
J. Whyte and R. Myers, Incidence of clinically significant responses to zolpidem among patients with disorders of consciousness: a preliminary placebo controlled trial. *Am J Phys Med Rehab*, 2009. 88(5): 410–418.

第8章

- 237 **(WHO) estimates that up to a quarter of all people**
World Health Organization (WHO), *Global status report on non-communicable diseases 2010*. 2011, Geneva: WHO.
- 237 **Loss to the economy due to mental illness**
D. E. Bloom et al., *The global economic burden of non-communicable diseases*, W. E. Forum, ed. 2011, Geneva: World Economic Forum.
- 239 **Autistic children . . . improvements . . . behavioral intervention program**
G. Dawson et al., Randomized, controlled trial of an intervention for toddlers with autism: the early start Denver Model. *Pediatr*, 2009. 125(1): e17–e23.
- 239 **Autism . . . centrally defined . . . excessive richness of information**
L. Mottron et al., Enhanced perceptual functioning in autism: an update, and eight principles of autistic perception. *J Autism Dev Disord*, 2006. 36(1): 27–43.
H. Markram, T. Rinaldi, and K. Markram, The intense world syndrome—an alternative hypothesis for autism. *Front Neurosci*, 2007. 1(1): 77–96.
- 239 **Prominent figures . . . suffered from Asperger's syndrome**
H. Muir, Did Einstein and Newton have autism? *New Scientist*, 2003. 2393: 10.
James, I., Singular scientists. *J Royal Soc Med*, 2003. 96(1): 36–39.
- 240 **Give autistics the Raven's matrices test . . . IQ jumps**
M. Dawson et al., The level and nature of autistic intelligence. *Psychol Sci*, 2007. 18(8): 657–662.
- 240 **Superior abilities in . . . perceptual and analytical areas**
Mottron et al (2006), see above.

240 **Autism is the opposite of schizophrenia**

B. Crespi, P. Stead, and M. Elliot, Evolution in health and medicine. Sackler colloquium: comparative genomics of autism and schizophrenia. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2009.

241 **Small range of superior skills that autistic people adopt**

D. A. Treffert, The savant syndrome: an extraordinary condition. A synopsis: past, present, future. *Philos Trans Royal Soc B: Biol Sci*, 2009. 364(1522): 1351-1357.

241 **"... [N]umerical comfort blanket"**

D. Tannet, *Born on a blue day: a memoir of Aspergers and an extraordinary mind*. 2006, London: Hodder & Stoughton.

242 **Autistic people have an imbalance of these chemicals**

A. M. Persico and T. Bourgeron, Searching for ways out of the autism maze: genetic, epigenetic and environmental clues. *Trends Neurosci*, 2006. 29(7): 349-358.

242 **Arbaclofen acts to restore this balance**

L. W. Wang, E. Berry-Kravis, and R. J. Hagerman, Fragile X: leading the way for targeted treatments in autism. *Neurotherapeutics*, 2010. 7(3): 264-274.

244 **Sleep deprivation ... consistently fatal**

C. A. Everson, B. M. Bergmann, and A. Rechtschaffen, Sleep deprivation in the rat: III. Total sleep deprivation. *Sleep*, 1989. 12(1): 13-21.

244 **Sleep ... a key ingredient in effective learning and memory**

M. P. Walker and R. Stickgold, Sleep-dependent learning and memory consolidation. *Neuron*, 2004. 44(1): 121-133.

244 **Neurons ... need a period of reduced activity to reset**

G. Tononi and C. Cirelli, Sleep function and synaptic homeostasis. *Sleep Med Rev*, 2006. 10(1): 49-62.

245 **Rise of depression related to ... severity of the breathing problems**

P. E. Peppard et al., Longitudinal association of sleep-related breathing disorder and depression. *Arch Intern Med*, 2006. 166(16): 1709-1715.

245 **SAD ... light therapy ... raise alertness levels**

G. Vandewalle, P. Maquet, and D. J. Dijk, Light as a modulator of cognitive brain function. *Trends Cogn Sci*, 2009. 13(10): 429-438.

246 David Gozal . . . ADHD if they had sleep apnea

L. M. O'Brien et al., Sleep and neurobehavioral characteristics of 5- to 7-year-old children with parentally reported symptoms of attention-deficit/hyperactivity disorder. *Pediatr*, 2003. 111(3): 554-563.

246 REM sleep the next night increases to catch up

C. F. Reynolds III et al., Sleep deprivation in healthy elderly men and women: effects on mood and on sleep during recovery. *Sleep*, 1986. 9(4): 492-501.

246 Disturbance in REM sleep . . . depressives and schizophrenics

D. Riemann, M. Berger, and U. Voderholzer, Sleep and depression—results from psychobiological studies: an overview. *Biol Psychol*, 2001. 57(1-3): 67-103.

M. S. Keshavan, C. F. Reynolds, and D. J. Kupfer, Electroencephalographic sleep in schizophrenia: a critical review. *Compr Psychiatry*, 1990. 31(1): 34-47.

246 Prefrontal parietal network . . . is . . . underactivated in ADHD

T. Silk et al., Dysfunction in the fronto-parietal network in attention deficit hyperactivity disorder (ADHD): an fMRI study. *Brain Imaging Behav*, 2008. 2(2): 123-131.

246 Bipolar disorder . . . ties with sleep

D. T. Plante and J. W. Winkelman, *Sleep disturbance in bipolar disorder: therapeutic implications*. *Am J Psychiatry*, 2008. 165(7): 830-843.

247 Abnormalities in genetic and molecular processes that regulate sleep

K. Wulff et al., Sleep and circadian rhythm disruption in psychiatric and neurodegenerative disease. *Nat Rev Neurosci*, 2010. 11(8): 589-599.

247 Coffee intake prevents suicide

I. Kawachi et al., A prospective study of coffee drinking and suicide in women. *Arch Intern Med*, 1996. 156(5): 521-525.

247 Increased coffee drinking . . . lower incidence of depression

M. Lucas et al., Coffee, caffeine, and risk of depression among women. *Arch Intern Med*, 2011. 171(17): 1571-1578.

247 Light therapy . . . help in all manner of psychiatric conditions

M. Terman, Evolving applications of light therapy. *Sleep Med Rev*, 2007. 11(6): 497-507.

- 248 **Poorer quality sleep . . . impair[s] . . . working memory**
M.-R. Steenari et al., Working memory and sleep in 6- to 13-year-old schoolchildren. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 2003. 42(1): 85-92.
- 248 **Michael Chee . . . lack of sleep . . . less efficient prefrontal parietal**
M.W.L. Chee and W. C. Choo, Functional imaging of working memory after 24 hr of total sleep deprivation. *J Neurosci*, 2004. 24(19): 4560-4567.
- 248 **Robert Thomas . . . studying adults with sleep apnea**
R. J. Thomas et al., Functional imaging of working memory in obstructive sleep-disordered breathing. *J Appl Physiol*, 2005. 98(6): 2226-2234.
- 248 **Light therapy . . . boosts . . . attention and working memory**
Vandewalle et al (2009), see above.
- 248 **ADHD children working memory . . . especially low**
R. Martinussen et al., A meta-analysis of working memory impairments in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 2005. 44(4): 377-384.
- 249 **Baba Shiv . . . the difficult . . . number . . . likely to choose . . . cake**
B. Shiv and A. Fedorikhin, Heart and mind in conflict: the interplay of affect and cognition in consumer decision making. *J Cons Res*, 1999. 26(3): 278-292.
- 249 **Clear relationship . . . poor sleep and obesity**
G. Hasler et al., The association between short sleep duration and obesity in young adults: a 13-year prospective study. *Sleep*, 2004. 27(4): 661-666.
- 249 **Reduced working memory . . . psychological cause of [schizophrenic symptoms]**
P. Goldman-Rakic, Working memory dysfunction in schizophrenia. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci*, 1994. 6(4): 348-357.
H. Silver et al., Working memory deficit as a core neuropsychological dysfunction in schizophrenia. *Am J Psychiatry*, 2003. 160(10): 1809-1816.
J. Lee and S. Park, Working memory impairments in schizophrenia: a meta-analysis. *J Abnorm Psychol*, 2005. 114(4): 599-611.
- 249 **Schizophrenics also have a dysfunctional prefrontal cortex**
C. S. Carter et al., Functional hypofrontality and working memory dysfunction in schizophrenia. *Am J Psychiatry*, 1998. 155(9): 1285-1287.
- 250 **Well subjects . . . Ritalin . . . prefrontal functions more efficiently**
M. A. Mehta et al., Methylphenidate enhances working memory by modulating discrete frontal and parietal lobe regions in the human brain. *J Neurosci*, 2000. 20(6): RC65.

250 Ritalin . . . schizophrenics . . . create psychotic symptoms

D. S. Janowsky et al., Provocation of schizophrenic symptoms by intravenous administration of methylphenidate. *Arch Gen Psychiatry*, 1973. 28(2): 185-191.

250 You actually need a medium amount of dopamine

S. Vijayraghavan et al., Inverted-U dopamine D1 receptor actions on prefrontal neurons engaged in working memory. *Nat Neurosci*, 2007. 10(3): 376-384.

251 Schizophrenics . . . deficient glutamate . . . knock-on effect on dopamine

M. Laruelle, L. S. Kegeles, and A. Abi-Dargham, Glutamate, dopamine, and schizophrenia. *Ann NY Acad Sci*, 2003. 1003(1): 138-158.

J. W. Olney and N. B. Farber, Glutamate receptor dysfunction and schizophrenia. *Arch Gen Psychiatry*, 1995. 52(12): 998-1007.

J. Coyle, Glutamate and schizophrenia: beyond the dopamine hypothesis. *Cell Mol Neurobiol*, 2006. 26(4): 363-382.

251 Normal people, ketamine can . . . turn them into schizophrenics

P. C. Fletcher and G. D. Honey, Schizophrenia, ketamine and cannabis: evidence of overlapping memory deficits. *Trends Cogn Sci*, 2006. 10(4): 167-174.

251 Schizophrenics . . . ketamine . . . exacerbate all their symptoms

A. C. Lahti et al., Effects of ketamine in normal and schizophrenic volunteers. *Neuropsychopharmacol*, 2001. 25(4): 455-467.

252 About 40 percent of schizophrenics gain any benefit

S. Leucht et al., How effective are second-generation antipsychotic drugs? A meta-analysis of placebo-controlled trials. *Mol Psychiatry*, 2008. 14(4): 429-447.

252 67 percent of schizophrenic patients report [adverse side effects]

J. A. Lieberman et al., Effectiveness of antipsychotic drugs in patients with chronic schizophrenia. *New Engl J Med*, 2005. 353(12): 1209-1223.

252 Anecdotal evidence . . . schizophrenics function better . . . never been prescribed

K. Hopper and J. Wanderling, Revisiting the developed versus developing country distinction in course and outcome in schizophrenia: results from ISoS, the WHO collaborative followup project. *Schizophr Bull*, 2000. 26(4): 835-846.

- 252 **Sandee Patil . . . created a drug that targets**
S. T. Patil et al., Activation of mGlu2/3 receptors as a new approach to treat schizophrenia: a randomized Phase 2 clinical trial. *Nat Med*, 2007. 13(9): 1102–1107.
- 253 **Single genes . . . turned on or off . . . sections of DNA . . . change neurotransmitter function**
F. Holsboer, How can we realize the promise of personalized antidepressant medicines? *Nat Rev Neurosci*, 2008. 9(8): 638–646.
- 254 **Genes coding for dopamine and prefrontal function . . . psychiatric conditions**
A. Meyer-Lindenberg and D. R. Weinberger, Intermediate phenotypes and genetic mechanisms of psychiatric disorders. *Nat Rev Neurosci*, 2006. 7(10): 818–827.
- 254 **Genes . . . respond to SSRIs . . . pass the blood-brain barrier**
Holsboer (2008), see above.
- 254 **Novel brain-scanning . . . measure neurotransmitter changes**
P. M. Matthews, G. D. Honey, and E. T. Bullmore, Applications of fMRI in translational medicine and clinical practice. *Nat Rev Neurosci*, 2006. 7(9): 732–744.
- 255 **Healthy nonelderly people don't gain any generalized improvement**
A. M. Owen et al., Putting brain training to the test. *Nature*, 2010. 465(7299): 775–778.
- 255 **Cognitive training is useful in staving off dementia**
R. S. Wilson et al., Cognitive activity and the cognitive morbidity of Alzheimer disease. *Neurol*, 2010. 75(11): 990–996.
- 255 **Torkel Klingberg . . . gave ADHD children . . . tasks to practice**
T. Klingberg, H. Forssberg, and H. Westerberg, Training of working memory in children with ADHD. *J Clin Exp Neuropsychol*, 2002. 24(6): 781–791.
- 255 **Training in the scanner . . . boost prefrontal parietal . . . activity**
P. J. Olesen, H. Westerberg, and T. Klingberg, Increased prefrontal and parietal activity after training of working memory. *Nat Neurosci*, 2004. 7(1): 75–79.
- 255 **Joni Holmes . . . compared . . . Ritalin . . . to working memory training**
J. Holmes et al., Working memory deficits can be overcome: impacts of training and medication on working memory in children with ADHD. *Appl Cogn Psychol*, 2010. 24(6): 827–836.

- 255 **Melissa Fisher . . . cognitive-training program . . . schizophrenic patients improved**

M. Fisher et al., Neuroplasticity-based cognitive training in schizophrenia: an interim report on the effects 6 months later. *Schizophr Bull*, 2010. 36(4): 869-879.

- 256 **Sylvia Nasar's book**

S. Nasar, *A beautiful mind: a biography of John Forbes Nash, Jr.* 1998, New York: Simon & Schuster.

- 257 **Half-strangled prefrontal cortex can . . . suppress amygdala activity**

S. J. Bishop, Neurocognitive mechanisms of anxiety: an integrative account. *Trends Cogn Sci*, 2007. 11(7): 307-316.

A.F.T. Arnsten, Stress signalling pathways that impair prefrontal cortex structure and function. *Nat Rev Neurosci*, 2009. 10(6): 410-422.

- 260 **Depressive or anxious patients . . . fearful stimuli in the scanner**

J. S. Greg et al., Increased amygdala and decreased dorsolateral prefrontal BOLD responses in unipolar depression: related and independent features. *Biol Psychiatry*, 2007. 61(2): 198-209.

S. J. Bishop, Trait anxiety and impoverished prefrontal control of attention. *Nat Neurosci*, 2009. 12(1): 92-98.

- 260 **Period of stress . . . turn off prefrontal function**

Arnsten, Stress signalling pathways.

- 262 **Meditative state increases activity in the prefrontal parietal network**

B. R. Cahn and J. Polich, Meditation states and traits: EEG, ERP, and neuroimaging studies. *Psychol Bull*, 2006. 132(2): 180-211.

- 262 **Regular meditation . . . permanently change the prefrontal parietal network**

J. A. Brefczynski-Lewis et al., Neural correlates of attentional expertise in long-term meditation practitioners. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2007. 104(27): 11483-11488.

- 262 **Long-term meditation shifts the see-saw battles**

Ibid.

- 262 **Long-term meditation increases the thickness of the prefrontal cortex**

S. W. Lazar et al., Meditation experience is associated with increased cortical thickness. *Neuroreport*, 2005. 16(17): 1893-1897.

- 262 **Two months of meditation . . . shrink the . . . amygdala**
B. K. Holzel et al., Stress reduction correlates with structural changes in the amygdala. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 2010. 5(1): 11–17.
- 262 **Long-term meditation does improve a range of . . . tasks**
M. Kozhevnikov et al., The enhancement of visuospatial processing efficiency through Buddhist deity meditation. *Psychol Sci*, 2009. 20(5): 645–653.
A. Moore and P. Malinowski, Meditation, mindfulness and cognitive flexibility. *Conscious Cogn*, 2009. 18(1): 176–186.
H. A. Slagter et al., Mental training affects distribution of limited brain resources. *PLoS Biol*, 2007. 5(6): e138.
- 262 **Meditation . . . reduce a person's need for sleep**
P. Kaul et al., Meditation acutely improves psychomotor vigilance, and may decrease sleep need. *Behav Brain Funct*, 2010. 6: 47.
- 263 **Four meditation sessions . . . reduce . . . tiredness . . . increase working memory**
F. Zeidan et al., Mindfulness meditation improves cognition: evidence of brief mental training. *Conscious Cogn*, 2010. 19(2): 597–605.
- 263 **Yi-Yuan Tang . . . five days were needed . . . improve on an attentional task**
Y. Y. Tang et al., Short-term meditation training improves attention and self-regulation. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2007. 104(43): 17152–17156.
- 263 **Meditation . . . effective weapon against . . . a host of . . . conditions**
J. N. Teasdale et al., Prevention of relapse/recurrence in major depression by mindfulness-based cognitive therapy. *J Consulting Clin Psychol*, 2000. 68(4):615–623.
J. Kabat-Zinn et al., Effectiveness of a meditation-based stress reduction program in the treatment of anxiety disorders. *Am J Psychiatry*, 1992. 149(7): 936–943.
J. Kabat-Zinn, L. Lipworth, and R. Burney, The clinical use of mindfulness meditation for the self-regulation of chronic pain. *J Behav Med*, 1985. 8(2): 163–190.
D. P. Johnson et al., Loving-kindness meditation to enhance recovery from negative symptoms of schizophrenia. *J Clin Psychol*, 2009. 65(5): 499–509.
Z. V. Segal et al., Antidepressant monotherapy vs sequential pharmacotherapy and mindfulness-based cognitive therapy, or placebo, for relapse prophylaxis in recurrent depression. *Arch Gen Psychiatry*, 2010. 67(12): 1256–1264.

[1] 其余参考文献见华章网站www.hzbook.com。