

CHEERS
湛庐

差异即优势

你的大脑 独一无二

华盛顿大学心理学、神经科学和语言学跨界教授
[美]尚特尔·普拉特 (Chantel Prat) 著

焦典 译

打破标准大脑的迷思，找到你的人生专属算法

THE
NEUROSCIENCE
OF YOU

天津出版传媒集团
天津科学技术出版社

CHEERS
湛庐

差异即优势

你的大脑 独一无二

华盛顿大学心理学、神经科学和语言学跨界教授
[美]尚特尔·普拉特 (Chantel Prat) 著

焦典 译

打破标准大脑的迷思，找到你的人生专属算法

THE NEUROSCIENCE OF YOU

天津出版传媒集团
天津科学技术出版社

版权信息

COPYRIGHT

书名：你的大脑独一无二

作者：【美】尚特尔·普拉特

出版社：天津科学技术出版社·湛庐文化

出版时间：2026年04月

ISBN：9787574236042

字数：207千字

（免费书分享更多搜索雅 书）

测一测 你了解大脑的独特之处吗？

• 大脑有个区域被称为信号的“总指挥”，它能根据当前目标决定“该关注什么、忽略什么”，这个区域是什么？（单选题）

- A. 脑干
- B. 小脑
- C. 基底神经节
- D. 大脑皮层

• 关于语言学习的关键期，以下哪项说法最准确？（单选题）

- A. 任何年龄学外语效果都一样
- B. 6岁后开始学外语就基本学不会了
- C. 婴儿期开始语音调谐，之后学外语更难
- D. 只有0~1岁是语言学习关键期

• 在以下哪种情况下，你的大脑学得最快？（单选题）

- A. 获得意外奖励时
- B. 尝到失败的苦果时
- C. 没有任何反馈时
- D. 不受以上三者的影响

扫描下面二维码查看本书更多测试题



扫码获取全部测试题及答案，一起了解大脑的独特密码

献给贾丝敏、安德里亚和可可丽娜。

——

感谢你们爱着真实的我。

各方赞誉

把大脑讲清楚很难——它既精妙绝伦，又纷繁复杂。《你的大脑独一无二》做到了！尚特尔·普拉特教授用大师级的叙事手法，配上焦典博士精准流畅的翻译，带我们读懂从“心有灵犀”到“脑间同步”的奥秘。无论是微观的神经机制，还是宏观的人格特质，那些看似高深的脑科学概念，都在书中与生活、学习、工作场景巧妙结合。这是一本能让你更懂自己，也更懂他人的好书，推荐阅读！

——陈立翰

北京大学心理与认知科学学院副教授、博士生导师

为什么有些人天生擅长专注，有些人却更容易被新鲜事物吸引？为什么同样的压力让一些人手足无措，却让另一些人兴奋不已？普拉特教授以二十余年的神经科学研究为基础告诉我们：这些差异无关优劣，也不是某些人的性格缺陷，而是大脑设计方案的不同权衡。这本书不仅能帮你认识自己，更能让你对身边那些“和你不一样”的人多一分理解与宽容。

——魏知超

心理学博士、科普作家

如果你渴望活出自我，却又在标准化和标签化的世界中焦虑内耗；如果你享受在技术潮头冲浪的快感，却又在AI的碾压性迭代推进中惶恐摇摆，那么，抽出点时间，让有趣的尚特尔·普拉特教授用最少的插图，为你讲述最生动的大脑，帮你了解与众不同的自己，帮今天焦虑的人类看见快AI一步的可能，这正是与自己和解，接纳时代变迁的最佳疗愈方法之一。

——林思恩

中国科学院心理研究所、香港中文大学认知神经科学博士

探悉大脑成长学院创办人

普拉特教授在神经科学、语言学与神经工程学的交叉领域深耕多年，但她拒绝“端着”。她用刷屏网络的“蓝黑还是白金”裙子之谜阐释视觉认知的个体差异，还持续追踪自己左利手女儿的大脑发育长达二十余年之久。她的文字读起来更像是一位痴迷于大脑研究的学者在与你分享她眼中最酷的发现。

——焦典

教育神经科学专家，《重塑学习》作者

神经科学家往往强调大多数大脑是如何工作的，但终于有一本书强调了你的大脑是如何工作的！尚特尔·普拉特巧妙地描述了我们的大脑如何不同——将有关遗传、环境和脑科学的已知事实交织在一起，生动地解释了是什么让你与众不同！这本书很有趣，脚注也很有趣，对于那些对人类独特性、认知科学，以及不同人之间有多少共同之处和不同之处感兴趣的人来说，这个话题至关重要。

——帕特里夏·库尔（Patricia K. Kuhl）

认知神经科学家，美国国家科学院院士

《孩子如何学习》作者

这本书是一次令人眼花缭乱的大脑内部空间之旅。尚特尔·普拉特在让神经元“唱歌”和让树突“跳舞”方面有一种罕见而非凡的天赋，这是我读过的关于大脑的最清晰、最有趣的书。

——亚当·格兰特（Adam Grant）

畅销书《重新思考》作者

TED播客《职业生涯》的主持人

尚特尔·普拉特完成了一项几乎不可能完成的壮举：写了一本既权威又亲切，技术精湛且极具吸引力的书。她提出了一个深刻的论点：理解大脑功能的多样性是一件奇妙而美好的事。她告诉我们，这些差异不应该成为制造对立的理由，反而值得我们深入探究、由衷欣赏，并为之喝彩。

——布兰登·奥格博努（Brandon Ogbunu）

耶鲁大学学者，《连线》杂志撰稿人

这本书富有洞见又风趣，读来就像一口气修完一个神经科学博士学位。对于任何希望崭露头角的神经科学家，以及想深入了解我们大脑的工作原理及其重要性的人来说，这是一本必读的书。

——安娜·伦布克（Anna Lembke）

《纽约时报》畅销书《成瘾》作者

我们同属于人类，但同时，我们都是不同的个体。在这本精彩、通俗易懂、妙趣横生又满载真知的书中，尚特尔·普拉特解释了这一看似矛盾的现象。读这本书的过程中，你将前所未有地理解并欣赏人类这一物种和你自己的大脑，这会让你体验无穷的乐趣！

——戴维·巴拉什 (David P. Barash)

华盛顿大学心理学教授，进化心理学家

尚特尔·普拉特致力于帮助读者了解他们的大脑。她用一种友好亲切的叙述方式，将大脑的复杂性娓娓道来。这是一本极具可读性的书，既富有趣味又不失权威性。推荐给所有对大脑工作原理感兴趣的非专业读者。

——《图书馆学报》 (*Library Journal*)

译者序 AI时代，更要读懂你的大脑

焦典

教育神经科学专家，《重塑学习》作者

读神经科学的文献时，有两个名字几乎绕不开：一个是菲尼亚斯·盖奇（Phineas Gage），那位1848年被铁钎穿透额叶后性情大变的铁路工人；另一个是H.M.，那位因手术切除海马区域而丧失形成新记忆能力的癫痫患者。

现代神经科学这座大厦的地基，相当一部分正是由这样的独特个案砌成的。不是几万人的数据集，不是统计显著的 P 值，而是一个人、一次意外、一段独一无二的大脑故事。

从个案到真理：神经科学如何看见“独特”

我在翻译尚特尔·普拉特教授的这本书时，再次与盖奇的故事相遇。他出现在前言里，出现在19岁的普拉特第一次被脑科学“击中”的课堂上。一根铁钎夺走了盖奇的部分额叶，也夺走了他原本的人格——曾经备受尊敬、可靠稳重的他，变得反复无常、无法执行计划。普拉特由此领悟到：大脑和心脏、肺一样，是实实在在的器官，而正是这个器官的运作方式，造就了独一无二的你我。

这个领悟在今天有了一层新的意味。大语言模型已经能通过医学考试，能写出像样的学术论文，并且在越来越多的认知任务上逼近人类的平均表现。但“平均表现”这四个字本身就值得玩味。AI从海量数据中学习规律与模式，它的架构天然擅长提取共性，却并非为捕捉任何一个具体的“人”而设计。

而神经科学走过的路恰好相反：从盖奇到H.M.，从裂脑人到伦敦出租车司机，这门学科最深刻的发现，往往来自对个体的凝视。普拉特教授用二十余年的研究得出的核心结论也是如此：没有任何两个大脑是相同的，即便是同卵双胞胎也不例外。

在机器越来越会“当人”的时代，脑科学反而在提醒我们一件容易被遗忘的事：人之所以为人，其本质不在于符合某个“人类标准”，而在于每个人偏离标准的方式都各不相同。你的大脑里有大约860亿个神经元，还有数量相近的神经胶质细胞为其支撑和守护。这些细胞按照你的基因蓝图，以及你此生的所有经历，塑造成了只属于你的模样——你的左右脑如何分工，多巴胺系统偏向冒险还是谨慎，脑电波的节奏是快还是慢，这些维度的组合方式近乎无限。AI可以模拟出一个

“平均大脑”，却无法复刻任何一个真实的、具体的你。这不是AI的缺陷，而是你的独特性。

独一无二的大脑，不可复制的你

要把这件事讲清楚，需要一个“不太典型”的科学家。普拉特教授正是这样的人。作为华盛顿大学心理学教授，她在神经科学、语言学和神经工程学的交叉领域深耕多年，但她拒绝“端着”。她用刷屏网络的“蓝黑还是白金”裙子之谜阐释视觉认知的个体差异，还持续追踪自己左利手女儿的大脑发育长达二十余年。她的文字读起来更像是一位痴迷于大脑研究的学者在与你分享她眼中最酷的发现。

《你的大脑独一无二》在架构上分为两部分：前半部分讲你的大脑是如何被“设计”成如今的样子——左右脑的分工、神经递质的配方、脑电波的频率；后半部分讲这个独特的大脑如何在真实世界里运转——如何集中注意力、如何学习、如何理解他人。书中每一章还配有小测试，读完各章内容，做完这些小测试，你会对自己的大脑产生全新的认识。

翻译至“先天与后天的误解之战”这节内容时，我注意到普拉特教授没有简单站队“基因决定论”或“环境决定论”，而是借助伦敦出租车司机的海马研究数据、双胞胎研究等案例说明：基因和环境，一辈子都在互相改写。她有一句话令我印象很深：**每段生命体验都会改变你的大脑**。这也让我重新想起自己在约翰·霍普金斯大学和伦敦国王学院精神病学、心理学与神经科学研究所（IoPPN）从事脑电研究时的一个困惑：个体之间的大脑差异，在数据分析中常常被当成需要“剔除”的噪声。但读完这本书，我越发觉得，那些所谓的“噪声”，或许才是真正重要的信号。

在翻译过程中，我花心思最多的地方是风格的把握。普拉特教授的文字口语化、接地气，还包含不少美式俚语和流行文化引用，直译过来未必符合中文读者的阅读习惯。尽量在不丢失信息的前提下，我对表达做了优化处理，让内容更容易理解、更流畅，希望你在读到这本独一无二的大脑科学著作时，也会和我一样，感觉到普拉特教授的一颦一笑就在眼前。

这本书的核心——每个大脑都是不可复制的，在当下读来格外有分量。在这个AI飞速发展的时代，它想告诉你的很简单：你的大脑，独一无二。2026

年3月于伦敦

前言 从我的大脑到你的大脑

人们总说每个人心里都藏着一本书，但没人告诉你要把这本书从心里“取出来”有多难。至少从来没人告诉过我。说实话，就算有人说了，我可能也听不进去。事实证明，我的大脑属于“摸过炉子才知道烫”的学习类型。不过说实话，我挺感激这种特质的。因为虽然时不时会被“烫伤”，但若我长着个“别人说什么就信什么”的脑子，那些为写这本书所做的艰难准备，从一开始就根本不会完成。如果各位在阅读时对大脑的认知能达到我写作时的一半，那这一切就绝对值得。

可以说，我这部首作的创作经历实在算不上“正常”——如果这世上真有“正常”可言的话。这段经历很大一部分要归因于2020年我们共同参与的一场集体实验，我相当确定没人签过知情同意书。你知道的，就是那场以病毒为中心的实验。我更愿意把它看作对心理学经典命题“先天与后天之争”的极致探索：构成“你之所以为你”的特质，有多少源自与生俱来的生物构造，又有多少是对环境做出的反应？当新冠疫情来袭时，我们多数人都告别了日常生活的节奏，取而代之的是对自身健康和亲友安危的普遍焦虑。

好在，我作为华盛顿大学西雅图分校的科学家和教授，这份“本职工作”让我掌握了一些理解自身处境的工具。但正如本书后半部分将揭示的，这种清醒的认知并未立刻转化为更明智的行动。我眼睁睁看着生活发生剧变，心中既充满好奇又夹杂着恐惧。周围人应对日常变化的方式与我形成了鲜明对比：有些人练出了“人生最佳体态”，而我毫无进展；有些人热衷交换食谱，沉迷于烘焙出完美的酸面包，而我不仅下厨次数越来越少，那些总挂在嘴边的“等有时间了一定要做”的事，我一件也没付诸实践。

我选择刷完奈飞所有剧集，软磨硬泡让丈夫陪我玩了数十小时的《瘟疫危机》（*Pandemic*），这款桌游的玩法是尽力从病毒暴发中拯救世界。至于饮食，更是一团糟，酒也比平时喝得更多。而在那些平静的时刻，凝视着自己日渐凸起的肚腩时，那个最初让我踏入脑科学这个领域的问题又不由自主地浮现。

“为什么我会这样？”

答案在现实层面很简单，但从生物学和哲学角度来看，其复杂性足以写满整整一书架的书。

我的大脑造就了现在的我。

我清楚记得自己首次产生这个顿悟的时刻，以及它如何迅速地永远改变了我的生命轨迹。那时我19岁，在看了太多集《天才小医生》（*Doogie Howser, M.D.*）后，正准备申请医学院。为了满足最后一项学分要求，我在当地的社区大学选修了心理学课程，这样就不会影响我在商场金尼鞋店的日间销售工作。第一堂课上，老师讲述了菲尼亚斯·盖奇（Phineas Gage）的故事。

盖奇是一名铁路工人。1848年，他因操作失误，被一根炸飞的铁钎从左脸颊贯穿头颅顶部。铁钎穿过头部时，还带走了他一大块脑组织。即使在现代医疗条件下，能在这样的创伤中存活也堪称奇迹。更不可思议的是，盖奇竟能起身自行离开事故现场。后来他的身体机能和大部分心智能力看似恢复了“正常”。但额叶受损彻底且永久地改变了他的人格：曾经备受尊敬、可靠稳重的他，原本擅长制订并执行合理计划，如今却被医生描述为“性情多变，目无尊长……对同伴鲜有尊重，一旦约束或建议与他的意愿相悖便失去耐心，时而顽固不化，时而又反复无常，不断构想各种未来计划，但计划刚定好，就会立刻弃之不顾，转而追求看似更可行的新方案”。简言之，脑损伤后的盖奇与从前已判若两人。

这令我深深着迷。

在课堂上，我努力理解一个事实：人脑就像心脏或肺一样，只是个器官，但这个器官的运作方式，造就了独特的你和我。肺为血液充氧，心脏将含氧血液输往全身，而大脑利用这些含氧血液产生能量，正是这些能量催生了你所有的思想、感受、情绪和行动，这些都被你视为自我。改变了大脑，就改变了一个人。

疫情暴发大约三个月时，我突然意识到，虽然程度较轻（但愿不会永久持续），我的大脑确实在发生变化。由于长期浸泡在皮质醇——一种与持续压力相关的神经化学物质中，我的大脑一直苦苦挣扎于“应该做”和“想要做”的冲动之间。我不知道这句话该说给哪些人听，但压力确实会严重扼杀创造力。

幸运的是，在撰写第2章时，我顿悟了，获得了一个急需的新视角。最重要的是，这让我明白人们为何对疫情有不同反应。说到底，人们对压力反应各异，就像有人喝一杯浓茶就会心悸失眠，有人却安之若素。这一切都要回到先天与后天之争，而答案几乎总是两者的结合体。我们生理层面的先天差异，与人生经历的沉淀共同作用，塑造了我们思考、感受和应对环境变化的方式。我知道，当时我的大脑已竭尽所能，它总是如此。我衷心希望，通过我们的心血之作，你的大脑也能享受这场自我探索之旅。

绪论 关于“你”的神经科学入门

首先，我要说，能有机会带你认识你的大脑，我真是太兴奋了！毕竟，如果我对这个驱动你在世间行走的核心器官的了解比你还多，这似乎不太合理。不过公平地说，我研究这个领域已有些年头了。自20世纪90年代中期，我在一个脑发育实验室获得第一份工作以来，就一直在神经科学、心理学、语言学和神经工程学的交叉领域耕耘。我的研究目标很明确却不简单：找出脑功能的差异如何塑造人们处理信息的方式。简而言之，我想弄明白是什么让我们拥有独特的思维和行为模式。



虽然我确信大多数人在某种程度上都明白，自己独特的思维方式、情感体验和行为模式与大脑运作方式息息相关，但书架上绝大多数神经科学书籍仍沿袭着“一刀切”的研究范式，这种范式已主导该领域一个多世纪。但我们不得不承认：所谓“一刀切”的方案，其实对任何人都算不上真正合适。事实上，我在专业领域获得的认知，与现实生活中最有趣、最有启发性的人际交往中观察到的现象不谋而合：我们的大脑运作方式各不相同。

本书不仅描述多数大脑的运作机制，更致力于帮助你深入理解自己的大脑。因为虽然这话听着像陈词滥调，但**每个大脑确实都是独一无二的**。即使是同卵连体双胞胎，他们的大脑也各不相同！虽然这听起来有些令人惊讶，但健康人脑之间的许多差异确实会对其运作方式产生深远影响。

如果你恰好错过了这场争论，维基百科有个名为“The Dress”的优质词条，里面收录了原始图片。

还记得2015年风靡互联网的那条裙子吗？当时人们争论不休，有人认为它是蓝黑相间，有人坚持说是白金配色。^①我认为这张图片之所以能吸引数百万人关注，正是因为我们大脑为自己构建的“现实版本”太过逼真。当发现人们连裙子颜色这种基本认知都可能存在分歧时，确实会让人感到震撼。不过等你读完第5章，关于不同大脑对裙子颜色产生分歧的科学原理，你就会豁然开朗。这虽不会改变你眼中裙子的颜色，但或许能让你对“眼见为实”这句老话有新的理解。因为你很快就会了解到，大脑运作方式的差异不仅塑造了我们看待世界的方式，更影响着我们在现实世界中的行为决策。

准备好探索你的大脑了吗？

双手握拳，将两个大拇指朝向自己，然后让指关节相互触碰。瞧！这个大小就差不多是你大脑的体积。

这多少会让人不由得心生谦卑，不是吗？

1磅≈0.45千克。——编者注

嗯，这么看应该是“双手”了——抱歉，这是个老掉牙的冷笑话。我的大脑逼我这么干的！要是你现在就决定放弃读脚注，我完全理解，我活该。

虽然它可能比你想象的要小，但功能却异常强大。这个约三磅^②重、包含约860亿个能产生信号的脑细胞（即神经元）的器官，一手^③承担起将外部世界的物理能量转化为你认知中的现实的重任。当然，它还在“闲暇之余”控制着你大部分身体机能，维持你的生命。为了完成这些重要工作，大脑在任何时刻都消耗着身体至少

20%的能量储备，尽管它的重量只占身体总重量的约2%。换句话说，你的大脑真是个“耗能大户”。

实际面积接近0.232平方米。

更别提它精妙绝伦的构造了。为了在有限的头颅空间里塞进最多的脑力，进化压力促使大脑发生“沟回形成”（gyrification），即大脑表面通过自我折叠来适应有限空间的过程。这有点像把一张纸揉成纸团。如果把覆盖脑部的运算核心层（大脑皮层）完全展开，其表面积约等于两个中等大小的披萨。^⑫由于脑细胞排列如此紧密，大脑甚至没有像其他器官那样储存备用能量的空间。因此，即便在你睡眠时，大脑也需要持续的葡萄糖供应。可以说，人类身体能供养的脑力容量就算没达到极限，也已非常接近了。

从统计学角度看，手大的人也许比一般人更有劲，但这并非重点。

不过你可能仍会好奇：拳头的大小究竟能告诉你关于大脑运作的什么信息？我得提前打个预防针，如果你翻开这本书，是期待读到“因为自己双手特别大（这里得双手并用才准确嘛），所以大脑比常人更聪明、反应更快、能力更强”之类的结论，那恐怕要让你失望了。^⑬别误会，在某些情况下确实“越大越好”，但本书探讨的并非这个层面。真正塑造你之所以为你的大脑特质，远比“大小”这个维度复杂精妙得多。

我刻意避免用“更聪明”或“智商更高”来形容在智力测验中得分较高的人。科学界对“智力是什么”以及“如何测量它”仍争论不休。我更倾向于认同埃德温·伯林（Edwin Boring）在1923年的说法：“所谓智力，就是智力测验所测量的东西。”

举个有趣的例子，迈克尔·麦克丹尼尔（Michael McDaniel）曾发表过一篇题为《大脑体积大的人更聪明》的论文。他分析了超过1 500人的数据，研究脑容量与标准化智力测试成绩的关系。正如标题剧透的那样，大脑体积较大的人在智力测验中往往得分更高。^⑭根据他的分析，这两个变量（大脑体积与智力测验分数）之间的相关系数为0.33。相关系数是一种统计指标，可用于评估一个变量（如大脑体积）的数值能在多大程度上预测另一个变量（如智力测验分数）的数值。若将该相关系数平方后再乘以100，就会得到一个更易解读的指标——两个变量之间，一个变量可以解释另一个变量变异的百分比。在这项研究中，这个数值是10.89%，也就是说，如果你想解释人们在智力测验上为何表现不同，仅凭“脑体积大小”这一项，只能解释近11%的差异。虽然这已经算是相当可观的拼图块，但我希望你能好奇：剩下的89%又由什么因素决定？毕竟，你在任何测验中的表现，100%都由你的大脑主导。

你的大脑是如何构造的

若非如此，那些拥有9千克巨型大脑的抹香鲸早该主宰世界了。

章鱼就是个极佳例证：它拥有8个大脑分别控制每条触手，外加一个小型中枢神经系统来协调各触手之间的活动。但我敢打赌，要是让章鱼的大脑来操控人类身体，光是穿裤子这个动作就能把它折腾得够呛。

人类大脑之间的差异真相，至少是我的大脑所构建的版本，远比简单的“越大越好”复杂得多。^①若考虑到进化机制已不遗余力地工作数亿年，试图为我们的的大脑赋予更强大的“动力”，这个结论就合乎逻辑了。但塑造你大脑的进化压力并不特别在意大脑的体积大小。相反，衡量一个大脑是否成功，关键在于它能否驱动其所属的身体在世界上存活足够久，直到找到另一个愿意与之繁衍的大脑（伴侣）。在漫长岁月中，许多不同类型的大脑逐渐演化出来，每个都经过精心优化设计，能完美操控不同躯体在它们所处的特定环境中生存。^②

需要说明的是，本书与如何寻找理想伴侣关系不大，尽管最后一章将探讨两个大脑试图通过各自构建的世界进行交流时面临的挑战。相反，我们将聚焦于这个庞大的信息处理引擎——属于且仅属于你的大脑。正如汽车引擎将电池或燃料燃烧产生的能量转化为机械能以驱动车辆行驶一样，所有大脑的核心目标，都是将所处环境中的物理能量转化为可用信息，从而做出最优决策，确保其生存优势最大化。

但关键在于，大脑所运作的宇宙本质上是无限且持续变化的。人类大脑或许强大，但终究存在局限。它必须将外界的海量信息分解成独立、易于处理的信息块，就像用一系列低分辨率快照来构建动态影像。这个过程需要做出无数个决策：比如哪些信息最为关键，信息缺失时如何“连点成线”。正如你在本书中将读到的，不同大脑应对自身先天局限的方式各有千秋。

正如引擎有不同的机制将能量转化为动力，比如气缸数量或变速箱类型，每个人的大脑都配备了一系列设计特征。这些特征既决定了大脑如何重构接收到的残缺信息，也塑造了驱动我们行为的思维方式、情感反应和决策路径。而这也正是我们探索“你的大脑如何运作”的核心方式。显然，没有实验室里那些能直接测量的精密仪器，我们只能通过你的思维方式、情感反应和行为模式，来反向推演大脑的设计机制。

若想了解更多书中未尽的脑科学测评，欢迎访问我的个人网站，在“研究”版块获取专业测评链接。

每种大脑类型都有其独特的幸福感来源，知名脑成像专家丹尼尔·亚蒙（Daniel Amen）的著作《幸福的16种大脑类型》针对基于大脑扫描数据总结

出的16种大脑类型，给出了专属幸福策略，该书中文简体字版已由湛庐引进、浙江科学技术出版社出版。——编者注

在后续章节中，我准备了一系列测评，帮你更清晰地认识自己大脑的构造特征。

⑩当我们逐步拆解这个精密“设备”时，你会了解到每个设计特征背后的利弊权衡。这种权衡其实很好理解，毕竟进化历程用漫长的时间不断淘汰那些在任何情境下都不好用的脑部设计方案。当然，面对特定问题时，某种大脑类型可能更具优势。但几乎总存在另一种情境，让另一种大脑类型大放异彩。⑪

这就好比争论本田思域和斯巴鲁傲虎这两款车孰优孰劣。虽然我对此有个人偏好，但说到底这是为不同需求设计的两款车型。哪个更好，完全取决于你的使用需求。希望你在探索大脑奥秘时牢记：本书的宗旨是帮你“找到专属车道”，而非“赢得竞速比赛”！

若你想知道这种大脑差异是如何形成的，做好准备吧，我们将在下一章详细探讨。

2000年一度闻名的伦敦出租车司机大脑研究，就是绝佳例证。在伦敦获得出租车驾驶执照前，必须通过一项极其严苛的考试，它有个令人望而生畏的名字——知识测试（The Knowledge）。这项考试要求司机熟记大伦敦地区超过25 000条街道的布局，堪称需要惊人记忆力的壮举。正如你所料，这样的考试很快就能淘汰掉像我这样“内存不足”的候选人。用计算机术语来说，我们的大脑只有运行内存，缺乏硬盘存储。事实上，即使经过两三年备考，报名参加出租车司机培训的人中，通过率也不足50%。研究显示，伦敦出租车司机的脑结构与普通人有显著差异，这种差异正是他们超常记忆努力的体现，具体差异在于这些司机脑中海马这个与空间记忆密切相关的脑区——其尾部比常人更发达。⑫不过有个趣闻没能在他们最初受到关注时被提及：这些司机脑中海马的头部区域却比常人更小。

为了探究这种特殊脑结构的奥秘，发现这些出租车司机非凡大脑特征的爱尔兰神经科学家埃莉诺·马圭尔（Eleanor Maguire）进行了后续研究。为了控制在繁忙街道驾驶车辆且避免碰撞这一环境变量，她将出租车司机的记忆表现与同样在繁忙街道驾驶的伦敦公交车司机进行对比。这场名副其实的“头脑对决”结果相当有趣：在辨认伦敦地标、判断城市内熟悉地点间距等测试中，出租车司机表现更优；但在根据记忆绘制复杂图形、记忆单词列表等测试中，公交车司机反而更胜一筹。换句话说，出租车司机的大脑显示出特定类型的记忆功能增强，这种增强使他们能够从反复研读的地图中获取海量空间信息。但这种增强似乎也伴随着其他记忆功能的可测量损耗，因为它挤占了邻近负责其他功能的脑区空间。尽管我确信，你完全能让一群出租车司机和公交车司机就“哪群人更聪明”展开激烈辩论，但在这一系列测

试中，涵盖了对多种环境都至关重要的能力，例如记忆故事或识别人脸，而两类司机在更多项目中的表现不相上下，只在少数项目上有差异。

这两类司机大脑的案例，生动诠释了本书围绕大脑工程学展开的诸多原理。第一个是成本与收益的权衡原理。如果马圭尔当初没有坚持探究完整真相的动力，很容易就会得出“体积越大越好”的结论，因为出租车司机拥有更大的空间记忆脑区，也更擅长记忆海量地图。如果我在街头随机询问路人是否想要更强的记忆力，多数人都不会点头。但如果我问你更愿意拥有记住海量空间信息的能力，还是记住购物清单，或者凭记忆画出见过的东西的能力，这时答案可能取决于你的实际需求或思维偏好，对吧？

这引出了关于大脑设计的第二个要点。脱离具体需求空谈孰优孰劣毫无意义。与本田思域和斯巴鲁傲虎的对比不同，你的大脑还会被所处环境和执行的任务共同塑造。换句话说，你现在的大脑可能是斯巴鲁傲虎、本田思域，甚至是福特F-150，但你出生时的大脑更接近大众甲壳虫或菲亚特500这两款更久远的基础车型，正是各种经验将你塑造成现在的模样。

在接下来的内容里，我计划通过解析大脑最具影响力的设计特征，帮助你更好地理解这个驱动你适应环境的神秘器官。我们将采用由内而外的探索路径：**第一部分将剖析塑造不同大脑的若干生物学压力**，从孕育功能专精化的不对称结构，到驱动神经通信的化学燃料，都会有所涉及；**第二部分则将目光转向外部压力如何与大脑固有的设计特征产生交互作用**。成功的大脑需要完成哪些核心任务？不同的任务执行策略又如何催生迥异的大脑设计方案？从环境适应到社交共情，当我们观察大脑驾驭各类情境的表现时，那些最引人注目的个体差异便跃然眼前。不过在深入探讨这一切的运作机制之前，请允许我补充一些理论框架，这能帮助你理解，当我们说“你的大脑造就了现在的你”时，这句话究竟意味着什么。

什么是“正常”与“异常”

我必须坦承，一本好书，无论是小说还是非虚构作品，能给我带来极大的慰藉：那些我曾以为自己身上独有的古怪之处，其实相当普遍。但关于何谓正常、何谓异常，我的理解很可能与你不同，因此从这里开始探讨再合适不过。首先要明确的是，正常与异常从来都不是非此即彼的二元对立。我们研究者并不会戴着科学视角的滤镜观察人群，机械化地标注“正常”“正常”“异常”“正常”，现实远比这复杂得多。

无论是测量某人对未来的乐观指数，还是扫描大脑的物理尺寸，我们面对的永远是一个连续谱系般的数值区间。核心问题在于：你处于正常范围内还是正常范围外？但这个范围边界线该画在何处呢？

这里有个并非所有人都明白的道理：若不了解人类差异的深层本质，就永远无法科学界定“正常”与“异常”。当我们进行这类评估时，需要同时把握两种界定“正常”的维度：

1. 某种存在方式的典型程度如何？
2. 其功能运作是否有效？

如果你有兴趣，来看看多动症状包括哪些：坐立不安、手或脚不停敲打、在座位上扭来扭去、难以保持坐姿；在需要安静的场合奔跑、攀爬或感到焦躁；话多、问题还没问完就脱口而出答案、难以轮流发言、频繁打断他人。等你把这本书的脚注数一遍，大概就能做出判断了。不过说正经的，如果你想深入了解，我强烈推荐爱德华·哈洛韦尔（Edward Hallowell）和约翰·瑞迪（John Ratey）合著的《分心不是我的错》（该书中文简体字版已由湛庐引进、浙江教育出版社出版——编者注）。两位作者既是该领域的顶尖专家，又都患有ADHD，兼具亲身经历与专业背景，最有发言权。

不妨以注意缺陷多动障碍（ADHD）为例，我有过一些个人及职业相关经历。根据美国精神医学学会《精神障碍诊断与统计手册》（*DSM*），若要确诊ADHD，患者须表现出5个及以上注意力缺失（或多动^①）症状，且这些症状持续6个月以上，并对社交、学业或职业活动产生负面影响。具体症状涵盖：频繁犯粗心错误、忽视细节、难以维持注意力、聆听困难、无法跟进任务指令、缺乏条理性、逃避需要持续脑力投入的任务、经常丢失物品、易受干扰以及健忘。如果阅读这份症状清单时你惊呼：“天啊，这不就是我吗！”那你绝非个例。我曾有一个天赋极高的学生，但他的学业表现波动剧烈，他在研究生阶段被确诊ADHD。那之后我便开始思考：我和丈夫安德里亚是否“处于正常范围”。^②

幸运的是，从“不同大脑运作机制”的研究视角，注意力机制本身也是我的研究领域。正如后续第4章所述，所有大脑维持注意力都需要付出高昂代价。但显然，部分人群确实比他人更擅长专注于任务，也更能抵抗外界干扰。

真正的挑战在于，若试图用实验室测试将人群简单归类为“正常范围内”和“正常范围外”，我的评判标准将完全局限于特定行为的普遍性。这类类似于教师采用曲线评分法时，依据班级平均分衡量某个分数的水平，通常将均值定为C等级。科学家同样可借助统计学手段，通过观测特定群体中某种思维方式、情感反应或行为模式的显现概率，判断其是否属于典型范畴。遗憾的是，如何将“概率低”对应到“异常”，这个界定方式带有一定主观性。按照惯例，许多科学家会在统计学上划出这样一道分界线：将群体中95%的人归入“正常范围”，而将数值最极端的5%的人判定为“异常”。

但这条分界线一旦划定，就会出现这样的情况：在临界值两侧，你会发现两个表现极为相似的人被分入不同类别，一个被归入“正常范围”，另一个则被排除在外。若你属于后者，就更有可能获得帮助，包括各种服务和治疗方案，但这些方案主要是基于同类别中大多数人的情况制定的。而那个与你表现相似、却被归入“正常”类别的人，可能面临和你同样的困扰，却既对此缺乏认知也得不到资源支持。当然，他们也不必背负“异常”标签以及可能随之而来的污名。

即使我根据实验室注意力测试的常规标准来划定这道武断的界线，它又能多大程度反映诊断手册所关注的现实世界中的功能障碍呢？简而言之，契合度并不理想。原因在于：一个人“抵抗干扰”的能力并非孤立存在。这种能力存在于具有其他多种设计特征的大脑中，这些特征可能加剧或弥补其注意力缺陷。而这样的大脑又处于具有特定需求的环境中，其设计特征与环境的匹配度可能高也可能低。

这解释了为什么ADHD的诊断标准更关注功能受损程度，而非统计学意义上的典型性。临床医生不会在实验室里测试一个人有多容易分心，而是询问相关问题，以此判断这个人的行为方式是否“对正常功能造成负面影响”。事实上，根据美国疾病控制与预防中心的数据，约有9.4%的美国儿童被诊断出患有ADHD，且这个数字还在持续上升。如果每10个孩子中就有1个患有ADHD，那这还算得上“异常”吗？我想强调的是，在讨论大脑构造时，我们必须明白：**典型性**（某种大脑特征在人群中的普遍程度）与**功能性**（该特征在特定环境中的实际效用）是定义“正常”的两个不同标准。

“典型大脑”真的存在吗

情况更复杂的是，我想就文化因素在典型性和功能性的历史定义中所扮演的角色提出一点质疑。我的第一个观点是，在典型性方面，科学家和科学受众都需要自问：我们的研究对象能代表我们试图推论的全体人群吗？

请不要误会，我发自内心地喜爱并尊重与我共事的大多数学生。但他们的思维方式已经被大学象牙塔过度形塑，因此我实在难以认同，他们竟要被当作所有人认知与行为模式的“原型”！

答案几乎总是否定的。正如进化生物学教授约瑟夫·亨里奇（Joseph Henrich）及其同事精辟指出的，作为典型性定义基础的研究对象群体具有WEIRD特征，也就是说，我们对人类认知和行为模式的大部分认知，都源自对特殊群体受试者的研究。这些受试者来自西方（western）、受过教育（educated）、工业化（industrialized）、富裕（rich）和民主（democratic）的国家（WEIRD是上述单词首字母缩写），其中多数是白人大学生。如果你像我一样长期与大学生打交道，这个事实可能会让你有些不安。^②

我不想粉饰这个问题。本书涉及的科研成果（包括我本人的部分研究）都基于WEIRD样本。显然，这限制了我帮助非WEIRD人群理解自身大脑运作的的能力。我们的实验室正努力捕捉真正的神经多样性，即人类大脑在结构和功能上的自然差异，若你有兴趣参与脑科学研究或了解更多信息，欢迎访问我的个人网站，点击其中的研究链接。尽管现有研究存在空白，但我坚信本书探讨的核心原理，即大脑可栖居的生物学空间，以及环境塑造并与这些空间互动的复杂方式，适用于各行各业、不同背景人群的大脑。

这自然引出了我关于“文化因素在界定特定思维、情感或行为方式的功能性中所扮演角色”的第二个观点。公交车司机与出租车司机的案例生动说明：任何大脑设计的功能性都取决于其所在环境。你肯定能想到这样一种工作，在这类工作中“容易分心”反而成为优势。比如在某些工作里，你需要时刻察觉环境突变并及时应对。正如你将在第5章读到的，这正是人类大脑进化时所处的环境，而非朝九晚五的办公室或教室。

我也参与过孤独症谱系障碍（ASD）的协作研究。需要说明的是，这个分类内部同样存在巨大差异。

绕了这么大圈子，其实就是想说明为何本书不会评判你的大脑是否正常。即便我有此意愿，也实在不够格。我实验室里研究的对象多是所谓“典型”人群。^②虽然我希望这些研究能帮助理解“异常”的定义，但坦白说，我更乐意生活在一个没有这些分类的世界里。

如果我们换一种思路，试着将人视作其本来的样子，即具有多维度属性的个体，会怎么样呢？这种世界观固然会增加教育、诊断与治疗的难度，但我深信这些工作的有效性也将倍增。正如ADHD案例所示，我们每个人在诸多不同的特征维度上，都处于某个特定位置。有时，我们在某个维度可能表现出极端值，但这种极端是否带来问题，很大程度上取决于环境等诸多因素。反之亦然，某些思维方式、情感反应或行为模式存在问题，也并非由单一因素造成。相反，它们可能源于多个特征，这些特征单独来看或许都处于“正常范围”，但组合起来就可能引发严重问题。

不过我更理性、更客观的一面也明白，我们两人都以各自独特的方式犯了错。

在本书中，我将尝试定义大脑的这些不同维度，希望能帮助你理解自己在多维差异空间中的坐标。毕竟，曾深刻影响我童年时期心智发展的弗雷德·罗杰斯（Fred Rogers）先生说过：“作为人类，我们的天职是帮助彼此认识到每个人的稀有与珍贵，每个人都拥有他人所没有、也永不会有的独特禀赋。”因此，当我听到史

蒂芬·平克（Steven Pinker）声称“所有正常人都拥有相同的生理器官……我们必然也拥有相同的心理器官”时，我的大脑的第一反应就是：这简直是胡扯！^⑩

更何况，正如法瑞尔·威廉姆斯（Pharrell Williams）所说：“千篇一律最无趣。”

什么是引人入胜的变量

公平地说，我不认为平克试图说明我们都完全相同。他的核心论点更侧重于：当我们着眼于人类共性时，个体差异是否还有讨论的必要。“尽管生活中的个体差异总能引发我们无穷的好奇，”他说道，“但在探究心智的运作机制时，这些差异就显得无足轻重了。”暂且不论我的整个职业生涯都在研究这些无足轻重的差异，我必须承认他的话不无道理。

这正是我研究大脑的初衷——它让我得以从哲学思辨的领域，转向更让我安心的具体现实。

“线虫”其实是“蛔虫”更学术的说法。

为了将我们的两种观点置于神经科学研究的语境中，^⑪请允许我介绍另一种神经系统的主人——一种名为秀丽隐杆线虫（*Caenorhabditis elegans*，简称*C. elegans*）的线虫^⑫。秀丽隐杆线虫的整个神经系统仅由302个神经细胞（神经元）构成，这些神经元又与95块肌肉和26个器官相连接。显而易见，这种线虫的构造并不复杂。虽然我认为连平克都会认同，在研究心智运作机制时，秀丽隐杆线虫的神经回路与人类大脑的差异确实值得关注，但我们对自身大脑构造的认知，其实大量来自对更简单生物模型的研究。换句话说，当涉及大脑基本工作原理时，至少在某个层面上，人类与线虫的差异并没有太大研究意义。

这话怎么说？

是的，线虫确实会做决策。

人类神经元的树突比秀丽隐杆线虫复杂得多。每个人类神经元可能接收来自上万个其他神经元的信号输入，而对秀丽隐杆线虫而言，要实现同样的连接规模，它得能与自己最亲近的33条“虫友”体内的所有神经元建立连接。

归根结底，这两种神经系统都是信息检测引擎，它们从身体和环境收集数据，并利用这些数据做出下一步行动的最佳决策。^⑬为此，它们使用了许多相同的机制。它们的基本处理单元——神经元，是一种精妙的细胞，能通过独特的方式持续收集周围世界的实时信息（见图0-1）。当积累足够信息后，神经元就会将自己对当前状态的“总结报告”传递给下一个通信环节。每个神经元的接收端都长着许多

分支状的树突^②，这些树突会伸向邻近的其他细胞，试图“窃听”它们对世界状态的解读。神经元会根据接收信号的数量和类型，时刻不停地积累证据，直到达到临界阈值。一旦达到阈值，神经元就加入了“信息交流圈”，将自身的化学信号释放到周围空间，供其他神经元“窃听”。若你想深入了解化学信号如何通过特定机制开启或关闭物理通道，这些通道改变神经元内部的电压，进而引发更多通道开启，只需在网络上搜索“动作电位”，就能看到许多生动的演示动画。简而言之，秀丽隐杆线虫的神经元工作机制与人类基本如出一辙。

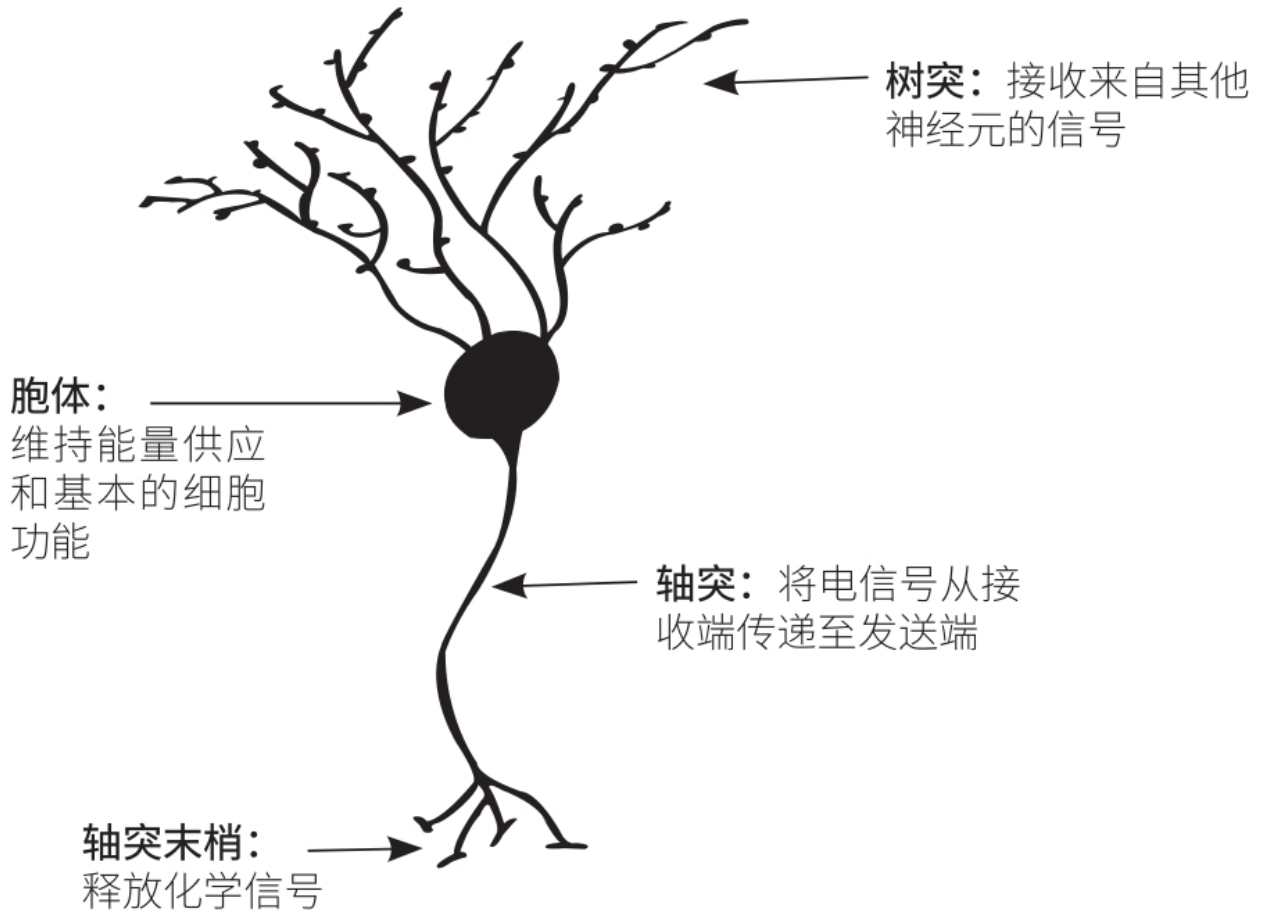


图0-1 神经元工作原理

事实上，人类神经元与线虫神经元在生理结构上存在诸多共性。正因如此，数亿美元的国家科研经费持续投入于秀丽隐杆线虫研究。相关成果已填满数十本专著，诸如《秀丽隐杆线虫基因组神经生物学》《衰老：来自线虫的启示》，以及我最爱的《线虫宝典》。当然，若将人脑与线虫神经系统的共性作为背景，人类大脑之间的差异似乎微不足道。

但若将目光投向谱系另一端——人类与现存近亲黑猩猩的心智世界的差异，情况就大不相同。正如你所料，我们的大脑与黑猩猩的大脑高度相似。这合情合理，毕竟构建二者大脑的DNA蓝图重合度高达95%。但正是这5%的差异所带来的功能性影响，使得我能够用人类共享的符号语言撰写此书，而野生黑猩猩仍将大量时间用于觅食和相互理毛以维系社会关系。

需要说明的是，我并不是要把黑猩猩的大脑拿来跟青少年的大脑相提并论。如果你读这本书时还是青少年，那我希望它能为你充满活力、仍在成长的大脑提供有价值的信息，帮助你了解自己的认知和行为模式。

通过这番比较，你或许开始领悟：在心智与大脑的关系领域，细微差异足以引发天翻地覆的变化。不过，既然你从未经历过黑猩猩的生活，我就举几个更贴近日常的例子。还记得你青少年时期的思维方式、情感反应和行为模式吗？^⑤虽然你现在赖以生存的大脑仍带着那段时光的印记，但一生中神经系统发生的种种变化，也会对你的精神世界产生重大影响。更微妙的变化在于：想想清晨刚醒和深夜临睡时的心理状态有何不同。在24小时周期内，大脑生物钟——视交叉上核的神经化学信号变化，会对你的内在心理活动产生相当显著的影响。希望通过对大脑和心智所呈现的不同状态的思考，能帮助你理解细微差异的重要性。但在你判断这些差异是否重要之前，请允许我先谈谈它们的科学意义。

以我早期的一项研究为例，该研究者在探索大脑左右半球如何协同工作，帮助你解读到或听到的故事。为了更清楚地了解大脑在这些情境中的运作机制，请先看这句话：

干草堆很重要，因为布撕破了。

The haystack was important because the cloth ripped.

虽然这是个完全合乎语法的句子，但读完你可能会感到些许困惑。问题不在于你完全无法理解这句话本身。你很可能认识其中所有字词的含义，也能运用语言知识来推断词义间的关联。比如根据词序判断，重要的是干草堆而非那块布；你也能明白，这种重要性在某种程度上与“布撕破了”这一情况存在因果关系。但即便如此，你依然困惑：这到底是怎么回事？

这是因为我们在阅读或聆听语言时，存在不同层次的理解。第一个层次正如我们刚才讨论的，完全基于句子本身的语言信息来理解。第二个层次则需要结合更广泛的语境来理解，包括你对世界的认知以及当下的周遭环境。

干草堆这句话之所以显得怪异，正是因为它被抽离了上下文。如果我告诉你这句话出自跳伞相关的故事，你的理解会发生什么变化？此时，种种线索会在你脑中串联

起来：重力如何作用、降落伞的工作原理等现实知识开始与纸上的文字产生关联。原本支离破碎的概念突然汇聚成可想象的场景，就像一段微电影在你脑海中展开。这种顿悟时刻，正是大脑将现实世界的已知信息与文本内容成功对接的结果。由此，干草堆为何重要的问题便逐渐明朗起来。

关于大脑两侧半球分工的更多内容将在下一章详述。

这两种理解方式的有趣之处在于，针对脑损伤人群的研究显示，大脑的不同区域可能分别参与这两种认知过程。在我的研究之前，学界普遍认为：通常负责处理语言信息的左脑负责理解书面文字传达的概念；而更擅长视觉与空间思维的右脑，则负责构建情境模型。^②不过这些理论都是基于群体受试者的平均化研究结果，正如我们对大脑工作原理的大多数认知一样。

然而，正如我的研究生导师德布拉·朗（Debra Long）等阅读研究先驱所揭示的，并非所有人都以相同的方式理解读到的内容。我始终好奇这种个体差异是否与大脑两侧半球的分工机制有关。为验证这个猜想，我设计了一项实验，针对200多位不同阅读水平的受试者，分析他们大脑左右半球对故事记忆的差异。

实验流程简述如下。受试者需要阅读并记忆简短的双句片段，这些片段会显示在电脑屏幕中央。阅读若干片段后，他们会看到快速闪现的单词，这些单词可能出现在屏幕中央，也可能出现在注视点左侧或右侧。受试者的任务很简单：通过按键尽可能快地判断当前单词是否在之前的片段中出现过。举个例子，如果在读完“干草堆”相关片段后给你呈现“重要”这个词，你应回答“是”，因为这个词确实出现在之前的句子中。

通过分析受试者的反应模式，我们得以逆向推断出他们的大脑左右半球各自处理文本内容的方式。例如，我们有时会呈现“降落伞”这类并未出现在故事中、但与故事主题相关的词。如果受试者在否定这些词时反应较慢，或者误以为见过它们，就能证明他们理解了文本的宏观情境。我们通过测量反应速度来评估语言层面的理解：当“重要”出现在与语言结构相关的词（如“干草堆”）之后时，受试者的识别速度是否比该词出现在不同语法成分（如“布”）之后时更快。

我们还用了最后一个技巧来揭示左右半球在不同理解方式中的作用。由于视觉信息传递到大脑的特殊路径（见图0-2），注视点左侧的信息会优先进入右半球，反之亦然。虽然健康大脑的左右半球最终会共享信息，但受试者对屏幕左右侧词语的反应速度差异，为我们揭示两侧半球处理句子的不同方式提供了线索。

图0-2 视觉信息传递到大脑的路径

尽管所有受试者都是没有阅读障碍的大学生（属于阅读能力正常的群体），但阅读能力的差异对应着不同的大脑激活模式，这种差异在右半球表现得尤为明显。正如阅读障碍患者的数据预测的那样，所有受试者的左半球都能理解文本在语言层面的信息，比如左半球知道是干草堆重要，而非布。但有趣的是，在我们研究的阅读能力较弱的受试者中，他们的右半球也对这种语言特征表现出敏感性。谁说语言功能只归左半球管？当涉及基于情境理解文本的方式时，阅读能力较弱的受试者左右脑都会被“降落伞”这类词语干扰，这表明他们的大脑对情境信息和语言特征都很敏感。然而，阅读能力较强的受试者，似乎只有左半球对情境信息敏感。具有讽刺意味的是，阅读能力最强的受试者，其大脑右半球就像《权力的游戏》里的琼恩·雪诺——什么也不知道。无论是在“降落伞”还是“布”，或是“乌鸦”之后呈现“重要”，他们的反应速度都没有差别。对与故事主题相关的“降落伞”这类词，他们的困惑程度和遇到完全无关的词语时的反应毫无二致。

最终，在我的实验中，没有任何一名受试者呈现出根据群体平均数据预测的那种特定结果模式。这就像在一个满是人的房间里说他们的平均年龄是42岁，即使实际上房间里可能根本没有42岁的人。但在这个研究中，由于未能理解大脑的个体差异，不仅导致数据不完整，还得出了关于左右脑如何参与阅读理解的错误结论。

如果你还在疑惑为什么要关注这个问题，不妨想象一下：如果你的大脑右半球受伤，医生会告诉你可能发生哪些变化？他们如何评估某些选择性手术的风险与收益？

这种情况绝非人类大脑研究所独有。记得有次求职面试时，我问一位教授：在他研究的基因完全相同的小鼠群体中，是否存在个体大脑差异？他略带戒备地回答：“当然存在！但我们假装它们不存在，否则研究就太复杂了！”那次面试我果然没通过。

在我的职业生涯中，我一直主张：虽然关注群体的平均水平能让我们更快地了解人类的共性，比如感官处理背后的许多机制，但这也延缓了我们理解个体独特性的能力，比如我们如何理解故事、笑话，甚至是彼此。这种“一刀切”的研究方式意味着：我们关于人脑如何产生心智的绝大多数认知，都忽视或淡化了那些让我们各不相同的关键特质。^①比如，许多神经科学家甚至医生至今仍将语言理解视为左侧脑半球的专属职责。正因如此，尽管右侧脑半球损伤导致语言障碍的案例记载已超过150年，学界对右侧脑半球如何参与语言理解，比如具体涉及哪些人群、以何种方式参与，仍未达成共识。

这可能是因为我们秀丽隐杆线虫的多样性研究得还不够透彻。

不过，在我骑着“个体差异至关重要”的高头大马开始说教前，请容我坦白：神经科学家不研究个体差异确有现实考量。第一个原因涉及“用大脑研究大脑”这个根本悖论。人脑复杂得不可思议，即便我们刻意忽略所有个体差异、只关注共性，也注定无法在我有生之年完全理解它。事实上，我们至今连秀丽隐杆线虫都未能完全参透！虽然已精确掌握其全部302个神经元的连接图谱，我们仍无法百分百预测它在所有给定情境下的行为。我们能做到大致预测，但远未掌握全部规律。^⑨试想当神经元数量从302个激增至860亿个时，这种认知鸿沟会扩大到何种程度。如此对比下，你就能充分地意识到，我们对人类大脑的无知还有多深。

这便引出了研究人类大脑差异颇具挑战的第二个原因：人脑个体差异研究中诸多关键变量，在实验室里无法通过符合伦理的方式进行人为操控。每位受试者踏入实验室时，都携带着那些与生俱来的以及由人生经历所塑造的大脑设计特征。正如本书将揭示的，这些特征往往相互关联。即便在最佳研究条件下，要厘清差异成因也异常困难。这项探索终将把我们带回心理学最古老的命题——塑造“独一无二的你”的因素中，有多少源自基因（先天禀赋），又有多少出自后天经验的精心雕琢？

先天与后天的误解之战

那么问题来了——究竟是先天存在的结构差异决定了右脑的语言功能较为薄弱，还是后天习得的阅读经验重塑了大脑功能偏侧化？如今，大多数研究人类行为的学者都明白，我们的生物特征与人生经历是如此紧密交织，以至于在探究“何以为你”时，很难简单归咎于某一方。答案总是两者共同作用的结果。因为每段生命体验都会改变你的大脑：有些改变微不足道，有些则是日积月累的结果；但在极少数情况下，无论好坏，某个瞬间就可能永远改变我们的认知和行为方式。

在深入探讨“何以为你”的神经科学机制之前，有一点必须明确：大脑的某些特征导致你形成特定的思考、感受或行为方式，并不必然意味着这是与生俱来的，也不代表它不可改变。事实上，你的大脑就像不断移动的靶心。大多数将大脑与行为联系起来的研究，比如我关于左右脑与阅读能力的研究，都只是截取了时间轴上的某个片段，好比快照。这类实验根本无法分辨某个大脑特征是与生俱来的稳定结构，还是后天经验塑造的结果。

要区分基因蓝图（先天因素）与环境影响（后天因素）的作用，纵向研究是个有效方法。通过这种设计，研究者能在不同时间点观测同一个大脑，观察自然成熟过程或特定经验如何改变它。例如，在针对伦敦出租车司机的另一项巧妙的跟踪实验中，凯瑟琳·伍勒特（Katherine Woollett）和埃莉诺·马圭尔就采用了这种方法。她们想弄明白：通过“知识测试”的司机是否天生拥有更大的海马尾部，还是备考过程促使这个脑区增大。

为此，她们对110人的大脑进行了两次成像扫描，间隔三四年。其中大多数（79人）是出租车司机候选人，首次扫描时他们刚开始接受培训，尚未通过知识测试；其余31人作为对照组，在年龄、智力等可能影响大脑形态的因素上与实验组匹配。由于超过一半的学员未能通过知识测试，研究人员计划用收集到的数据做两项对比。首先，他们想比较最终通过测试者与未通过者的大脑结构，看看是否存在可观测的脑部特征差异。其次，他们想确认备考过程中填鸭式记忆地图是否会导致大脑发生显著变化。

想必你会好奇，这项研究并未显示海马头部有明显萎缩，可能这种学习带来的损耗需要更长时间才会显现，因为该研究团队此前已发现，多年驾驶经验也会影响与在伦敦驾驶出租车相关的脑区变化。

伍勒特和马圭尔的纵向研究结果，为出租车司机大脑变化与其职业要求之间的因果关系提供了清晰证据。在培训开始前，根本无法预测谁会通过测试。报名时，未来通过组与未通过组司机的大脑结构，无论是海马大小还是其他脑区，都没有显著差异。事实上，两组唯一的区别仅在于每周投入的培训时长：通过组平均每周培训34.5小时，而未通过组通常不足17小时！经过三年高强度培训，这种知识填鸭式学习只在一组受试者的大脑上留下了印记——通过测试者的海马尾部变大了。^②换言之，正是职业要求塑造了伦敦出租车司机特殊的大脑结构。真相大白。

我们稍后会讨论表观遗传学，以及为何同卵双胞胎的基因可能并非完全一致。

对于那些没有时间、资金或意愿长期追踪研究对象并反复测量其大脑变化的学者来说，双胞胎研究为解开先天与后天之谜提供了另一条路径。行为遗传学领域就是通过这种方式发展起来的，即通过观察遗传与环境影响比例不同的人群，来区分先天与后天的作用。例如，同卵双胞胎由同一精子和卵子发育而成，出生时基因几乎完全相同^③；异卵双胞胎则来自两个不同的精子和卵子，其基因相似度与普通兄弟姐妹无异。许多研究通过比较同卵双胞胎与异卵双胞胎在特定特征上的相似程度，来估算遗传率，即某种可测量特征受基因影响的程度。如果同卵双胞胎在某个特征（比如记忆地标位置的能力）上的相似度高于异卵双胞胎，研究者就认为该特征的差异与遗传相关。这类分析基于一个前提假设：同卵与异卵双胞胎所处的环境相似度大致相当。

特别感谢诺亚·斯奈德-麦克勒（Noah Snyder-Mackler）帮助我梳理表观遗传学这个生物学难题背后的核心概念。

这个假设的问题在于，某些受基因影响的特征（如外倾性，详见第2章）本身会影响人们主动选择的环境和经验。其他遗传因素（如身高、外貌）则会通过他人对待

你的方式间接影响人生经历。让先天与后天之争更扑朔迷离的是，快速发展的表观遗传学研究表明，环境经验能在DNA中引发化学变化！因此，同一基因处在不同环境下，可能对自身在大脑（或身体）中控制合成的蛋白质造成不同影响。通过这些机制，我们的经历可以被“生物编码”。^②换言之，将相同的DNA置于不同环境中，可能造就截然不同的人。

但有时结果差异并不显著。

纪录片《三个相同的陌生人》精彩地捕捉到了这种现象。影片改编自一个令人惊叹的真实事件：同卵三胞胎出生后被不同家庭收养，直到19岁时才偶然相认。如果你还没看过这部片子，我就不剧透那些令人惊讶（有时甚至有些离奇）的转折了。简而言之，这些男孩之间的相似之处，可能远超你对生物学特质如何塑造独特个体的想象。当然，他们长相、步态和谈吐相似并不稀奇，但抽同一个牌子的香烟就太不可思议了。或者说，真的不可思议吗？

据我所知，他们可能确实喜欢不同品牌的啤酒……

当然，这需要结合是否吸烟的基础数据进行统计。根据杰奎琳·文克（Jacqueline Vink）的一项双胞胎研究，这取决于两个因素：首次尝试吸烟的倾向性，研究估算约44%受遗传影响，56%受环境影响；形成尼古丁依赖的概率，研究估算约75%源于遗传，25%源于环境。

这类轶事证据的问题在于，我们往往会被故事本身吸引，以至于无法客观分析事实。关于统计数据 and 巧合，我的第一个观点是，相似之处总是格外醒目，差异却容易被忽视。就算三胞胎喜欢不同品牌的啤酒，也没人会感到惊讶^③，但他们都抽万宝路这个事实确实抓住了我们的眼球。这就引出了我关于统计数据和巧合的第二个观点，要评估失散多年的双胞胎（或三胞胎）之间的相似性究竟有多惊人，我们必须反问：“街上随机遇到的两个人，在这些方面相似的概率有多大？”就选择啤酒品牌或香烟品牌而言，答案取决于该选择的普遍程度。根据我找到的市场调研报告，在1980年三胞胎重逢时，万宝路是他们同龄人群体中最受欢迎的香烟品牌，占据约40%的市场份额。这种相似性依然值得注意，但若他们都抽骆驼淡烟，那才更令人震惊。要从科学角度探讨一个人对香烟口味的偏好是否受基因影响，我们需要研究一群出生后即分离的同卵双胞胎，观察他们抽相同品牌香烟的概率，是否显著高于街头随机两人抽相同品牌的概率。^④

我知道，这听起来有点扫兴。

不过在先天与后天的讨论中，好消息是：当我在2020年4月7日遇见那个与我惊人相似的陌生人玛雅时，早已带着这种科学质疑的态度。当时我正在撰写一本关于大脑

如何塑造独特个体的书，突然收到一封来自一个20岁陌生人的邮件，邮件主题写着一行让人印象深刻的话：“49.5%的匹配度！（你最好先坐下）”

公平地说，我完全不知道该如何统计人们使用感叹号的频率和场合。

阅读邮件时，我首先注意到的是她“说话”的方式与我如出一辙。虽然她的措辞比我平常更考究，但字里行间透着相似的俏皮，那种喜欢强调的语气让我倍感亲切。若非亲身经历，你大概不会想到自己能从他人使用感叹号的方式中辨认出自己的影子。但我真的认出来了！^①

接下来让我震惊的是她选择分享的个人特质与我的相似度。由于不确定我对这封来信的反应，她策略性地将邮件写得简短亲切。我猜她一定反复斟酌过要让我了解哪些信息，以防再无交流机会。在这种考量下，她精选了8项特质：（1）她热爱唱歌，而且正在学习，立志成为一名音乐老师；（2）她喜爱动物，尤其是马；（3—6）她简要提及了几项爱好——徒步、绘画、旅行和玩《马里奥赛车》；（7）她曾获评“班级开心果”；（8）在塔可钟（Taco Bell）必点至尊脆卷饼配辣味薯块和牛油果酱。

别担心，等它长得太大、我的后院容不下它时，我找了个带池塘的宽敞住处当它的新家。

此刻，那种仿佛在与20岁的自己对话的感觉强烈到了极点。等读到本书结尾时你大概会明白，我其实是个超级动物迷。你可能会在这里质疑我说：等等，两个在街上偶遇的陌生人恰好都热爱动物？这概率能有多大？这个质疑确实有道理。但我觉得自己对动物的痴迷程度实在异于常人，比如尽管女儿已经26岁，我至今仍会去宠物动物园，而且每次都会逗留很久。小时候有次在饲料店看到可爱的小鸭子，我直接抱回家一只，给它取名“嘎嘎”，还往手推车里装满水，让它在我后院游泳。^②成年后，我因总捡到流浪或受伤的动物而出了名，比如那只叫雨果的小浣熊，当时它严重脱水，我在排水沟里发现了它，之后一直把它养在车库里直到能放归野外。我这辈子养过至少20种宠物，最开始是海猴子和蚂蚁，大学时养鱼和蜥蜴，30岁生日时终于圆了童年梦想，给自己买了匹退役赛马。

简而言之，我们本可能很快陷入统计数据的泥潭，但我很快得知她练习的马术项目和我初学时完全一样，甚至骑乘的马种也与我当年饲养的相同。不过在这个项目中，纯血马确实颇受欢迎。

这样的概率有多大？根据我找到的相关度最高的统计数据，美国有460万人以骑马作为爱好或运动。这意味着在街上遇到骑马者的概率，大约是1/71。不过这个估算或许不够合理，毕竟骑马在某些群体中确实比其他群体更流行。^③

另外7项爱好怎么说？热爱音乐？我是个业余鼓手，而我女儿贾丝敏整个高中时期都在参与音乐剧演出。徒步？我当然喜欢。绘画？我可没耐心作画，但我母亲、姨妈、外婆乃至曾外婆都是造诣颇深的视觉艺术家。旅行呢？我确实喜欢，不过这对于有能力旅行的人来说还挺常见。《马里奥赛车》？我只玩过几次，但总是输，可能因为我总爱选浴缸当座驾。虽然没被选为班级开心果，但看我选的马里奥赛车座驾就知道，我也不是特别严肃的人。事实上，我和我丈夫都保持着十来岁孩子般的幽默感，自称“愚蠢星球的宇航员”。

不过，自从玛雅推荐之后，我和丈夫已经吃了不少。不骗你，真的很好吃。根据是否将三明治店计算在内，塔可钟在美国快餐连锁品牌中的受欢迎程度排名第四或第五。

现在回想起来，特别有趣的是，玛雅那份“趣味个人信息”清单里最突出的，竟然是她常点的塔可钟套餐。先说清楚，我可不是要告诉你们我也爱吃至尊脆卷饼配辣味薯块和牛油果酱，那也太离谱了。^②但在我和玛雅同龄时，认识我的人都知道，塔可钟曾是我生活中的重要组成部分。真正让我震惊的倒不是我们都喜欢塔可钟^③，而是我当年也很可能会把自己常点的套餐写进“了解我必知事项”清单里。总之，阅读玛雅的电子邮件，再看她父母为我准备的幻灯片，是段永生难忘的经历。尽管我一直知道她的存在，但亲眼看着一个由我的DNA创造的生命轨迹在电脑屏幕上一帧帧展开，完全是另一种震撼。

卵子捐赠就是女性版的捐精，区别在于你不用对着杂志在房间里独自完成，而是得连续一个月注射激素，最后用巨型针头直接从卵巢里吸出卵子。这个过程十分痛苦。

在中国，仅在特定条件下可进行赠卵，且应遵守相关规定，并禁止任何形式的商业化行为。——编者注

她的生命故事始于我研究生入学前的那个夏天，当时我决定捐赠卵子^④。这个选择至今令我自豪——既帮助了一对善良却难以自然受孕的夫妇，又能赚些钱抚养当时年仅4岁的女儿。^⑤

《吉尔莫女孩》是有史以来最温馨的家庭剧之一，强烈推荐给朋友！

至此，关于先天遗传与后天培养的讨论出现了耐人寻味的转折。就共同经历而言，我亲生的挚友——女儿贾丝敏，与我的亲密程度早已超越寻常母女。我们是一起长大的。我19岁就生下了她，在遇到安德里亚前的12年里都是单亲妈妈，所以我和贾丝敏几乎形影不离。她小时候，我们常常连续几个月不会分开。在共同成长的过程中（她通常比我早熟几步），很多人都说我们像《吉尔莫女孩》（*Gilmore*

Girls)^①里的母女。确实有点像，只不过我远没有萝瑞莱那么酷，贾丝敏也不像罗里那么书呆子气。对了，我们可是真人版。

多亏安德里亚的影响，现在我们母女也开始慢慢能欣赏文艺电影了。

和剧里一样，我们母女的喜好高度重合，比如看轻松综艺、跳尊巴舞、吃爱尔兰菜、听90年代嘻哈乐曲；讨厌的东西也出奇一致，比如任何带恐怖元素的东西、开车太慢的人、文艺电影^②，还有脚底被挠痒痒。不过我们的性格截然不同：她平时很随和（除了开车时），而我正好相反。她是个思想深邃、行事谨慎的人，我则思维迅捷、即兴而为且容易冲动。在抚养贾丝敏的过程中，我从未产生过“这孩子完全像我”的念头，反而始终觉得我们是最佳拍档。

相比之下，玛雅的性情却与我惊人地相似。即便忽略她邮件中那些暴露本性的感叹号，单看她的日常照片也处处透露着我们共有的性格特征。我俩显然都属于外倾型人格的极端案例，我喜欢自诩为“有派头”，但当代年轻人或许更倾向于用“炫酷”来形容。简而言之，我们就像自带聚光灯，走到哪里都很难低调。前几天玛雅发来照片：她背着特意买的巨型粉红水族箱背包，带着宠物鬃狮蜥（名叫Pepper）四处游荡，说是要带这个小家伙体验冒险人生。真绝！

这两位与我共享半数基因的杰出女孩，她们与我之间的异同或许能反映出基因与环境在塑造人类大脑过程中分别扮演着怎样的角色。在接下来的章节里，我将剖析先天遗传因素与后天环境因素各自如何影响大脑构造，以及两者的交互作用。第一部分将重点探讨生物性特征。不过你会发现，即便是我们生理特征中最微小的部分，也深受所处环境的影响。在适当的时候，我会结合双胞胎研究等案例，探讨不同特质的遗传率，即通过研究估算出的有多少差异可能来自遗传因素。随后，当我们转向第二部分时，焦点将转移到大脑承担的各项任务上，探讨人生经历与生理特征如何相互作用，影响我们完成这些任务的方式。在整个阅读过程中，你肯定会思考自己是如何形成当前这种“独特性”的，我也会尽力提供线索。但在深入探讨之前，我想再补充几点，说明接下来的内容能带给你什么，以及你不能期待什么。

你可能觉得这本书讲的就是你

是时候直面房间里的大象了。事实上，我至今还没有具体说明你的大脑究竟如何运作。但你依然在读，这至少说明我已经成功引起了你的思考。接下来的篇章中，我计划为你理解“你的大脑独一无二”奠定坚实基础——第一部分将阐述不同大脑在生理构造上的差异，第二部分则将揭示大脑执行任务时如何凸显我们的个体差异。当然，为了将20多年的研究成果浓缩进一本书，还得保证它不会像“知识测试”那样烧脑，我不得不对内容进行艰难取舍。

内容的筛选主要基于那些最容易逆向解析的大脑设计特征。因此，接下来的许多讨论将围绕如用手偏好或性格特质展开，这类特征要么是你已知的自身特点，要么可以通过书中的测评进行测量。但请记住，若你想更深入了解自己的大脑运作，欢迎随时访问我的个人网站，点击“研究”版块。那里有各种脑力游戏链接，通过参与这些游戏，你可以实时评估你大脑的某些设计特征。

在可能的情况下，我都会尽量选择那些经过充分研究、具备多重证据支持的课题。但遗憾的是，在神经科学领域中关于个体差异的研究里，这种情况实属例外，而非普遍现象。书中描述的许多实验都是在本书写成之时的过去5年内完成的（阅读时请务必牢记这一点）。这毕竟是个新兴领域，前沿地带往往伴随着风险与不确定性。我预计再过5年，现有的认知将发生根本性改变，至少我衷心希望如此，毕竟关于人类个体这个奇妙的存在，我们还有太多未解之谜！鉴于目前该领域的发展阶段，我的目标不是提供所有答案，而是赋予你思考的工具，帮助我们共同探索不同大脑运作机制中已知与未知的边界。

至于本书不会探讨的内容，最重要的当属“如何评判大脑优劣”这个话题。尽管我成长于“每个大脑都值得褒奖”的时代之前，这种评判标准对我而言依然毫无意义。正如出租车司机大脑研究所揭示的，真正需要关注的是大脑与所处环境的契合度，而非孤立地评价某个设计特征的绝对优劣。

基于类似的原因，我并不打算花大量篇幅教大家如何“改造”自己的大脑。尽管我完全认同成长型思维，但我也认为，若能停下脚步理解甚至（请恕我直言）接纳大脑的运作方式，我们或许会活得更轻松。大脑的每个反应都有其存在的道理，即便这些反应时常让我们抓狂（无论是字面还是比喻意义上的）。当然，我会和大家探讨那些可能塑造了当下自我的经历，偶尔也会分享一些生活小窍门，比如如何缓解慢性压力对大脑的影响。但归根结底，我希望各位对“更好”乃至“正常”的认知能变得更加开阔，去包容人类多样性谱系中更多的维度。

另一个我不准备讨论的话题是群体差异，比如男女大脑的区别。这种做法不过是从“一刀切”转向了“按标签分类的一刀切”，未必更高明。若处理不当反而可能适得其反，因为“男性特质”和“女性特质”这类概念，与先天禀赋和后天养育的相互作用紧密交织在一起。例如从婴儿出生那一刻起，成人对男女婴儿说话的方式就截然不同。从婴儿出生伊始，其生理性别就通过他人的期待不断塑造着他们的成长轨迹。

即便我们能在性别差异问题上将先天因素与后天影响完全区分开来，那些最常被提及的男女大脑差异，比如女性大脑比男性更对称这类说法，在现有文献中也并未得到一致证实。在我看来，这传递了一个明确的信息：任何值得关注的大脑结构特征，本质上都存在个体差异。要判定不同群体（比如男性与女性）之间是否存在显

著差异，需要通过统计学方法证明群体内差异小于群体间差异。这在很大程度上取决于样本数量是否充足，以及样本是否具有代表性。或许你已经猜到，我本身就不赞同将人简单归类，因此我们就不在此深入讨论了。

若有人认为必须拥有博士学位才能做出重大研究，不妨参考我女儿贾丝敏的案例。她的硕士论文部分成果就发表在顶级期刊《科学》上。虽然我至今还没能在上面发表过论文，但我仍在努力！

最后，我想说明一下本书中科学成果及其研究者的呈现方式。希望我已让你意识到大脑的复杂性，由此延伸，神经科学研究也绝非易事。我相信每位科研工作者都在竭尽全力攻克这些难题。仅凭这份努力，就值得我致以崇高敬意。因此，我决定在书中既不使用头衔尊称，也不标注科学家所属机构。这样做的一个现实考虑是：我们很难判断某篇研究论文的作者是否已获得高等学位，或是仍在接受科研训练期间就做出了杰出成果。我既担心自己犯错，也不愿让读者误以为论文第一作者若没有博士头衔，其研究就不可信。^⑤正因如此，我不会特意指出某位作者是否来自常春藤盟校，除非与具体案例相关，否则这些背景信息无关紧要。本书所讨论的研究成果几乎都经过同行评审流程。这虽不意味着它们完美无缺，但至少表明相关领域的科学家们认可其科学性。需要说明的是，这些研究绝大多数由科研团队共同完成。每位成员都值得被铭记，但若每次提及研究时都要罗列一长串人名，读者必定会感到厌倦。因此我选择将聚光灯对准第一作者，按照学术惯例，他们通常是论文的主要执笔者。有些作者倾向于标注团队中最资深或最知名的成员，但我希望尽可能透明公正地呈现学术贡献的归属。

文中偶尔会提及一些研究细节，比如某项研究的受试者数量。这一点确实至关重要：在同等条件下，样本规模越大，研究结果就越有可能经受住时间的考验。平心而论，虽然我很想告诉大家我会评估研究样本的代表性，但实际情况是除了年龄和性别，其他人口统计学数据很少被披露。除非出现明显不合理的情况，比如某项研究毫无理由地只纳入男性受试者，否则我可能不会过多讨论研究对象的特征。不过这显然是我期待我的研究领域未来能改进的方向。

既然我们已经为理性看待神经科学知识打下了基础，现在就该撸起袖子开始探索大脑的奥秘了。正如布琳·布朗（Brené Brown）所说：“近距离接触后，人很难产生恨意。靠近一点吧。”我不禁在想，如果能带你们深入柔软粉嫩的脑组织内部，或许能帮助你们理解自己与他人的微妙差异，也能让你们更懂得欣赏与你不同的人。在我与亲友、陌生人就研究进行的数百次对话中，有两个感受尤为突出：首先，几乎所有人都对神经科学感兴趣，它为了解自我打开了扇窗。像“我天生不是那样”这样的说法，反映出大众已隐约意识到，正是大脑独特的运作方式造就了每个独特的个体。其次，我们中许多人都会觉得自己有点“与众不同”。每当人们

知道我的职业后，你绝对想不到，有多少陌生人对我说：“你完全可以写一本关于我大脑的书！”事实证明他们说得没错。

THE NEUROSCIENCE OF YOU



第一部分

大脑的设计

大脑结构差异如何塑造你的思维、情感与行为



公交车是激发想象力的绝佳训练场。在上下班通勤途中，我天马行空的思绪常常会带我去往远离现实环境的地方。就像夜间梦境，我的白日梦内容五花八门：既有奇幻离奇的场景，比如演员杰森·莫玛（Jason Momoa）正递给我一杯插着小伞的饮料，我能感受到阳光洒在脸上的温暖；也有日常琐事，比如记得给某某发邮件说某件事；还有令人毛骨悚然的画面，比如有人突然猛打方向盘，公交车正冲向桥边的防护栏，那道护栏原本是防止我们坠入下方河流的。在每一种想象场景里，我的意识内容，或者说我的心理现实——与身体所处的现实环境几乎毫无关联。

尽管我在实验室研究心智游移（mind wandering）的神经基础已有多年，却迟迟没有意识到这种“松开离合器”让思绪肆意驰骋的能力，在现实世界中具有更广泛的意义。当我第一次真正意识到它的重要性时，正如同往常一样坐在公交车上。那天上班途中，我正为即将与学生的谈话进行心理“预演”，那名学生学业落后，我想了解原因以便提供帮助。在脑海中，我反复演练着不同的沟通方式，试图找到既能指出问题又不显苛责的切入点。

当我在脑海里把这场“鼓励谈话”预演到第三遍时，坐在我对面女士的神情引起了我的注意。她目光涣散的模样让我瞬间明白：此刻她眼中所见，早已不在这个我们共处的车厢里。我先前对那场谈话的思虑瞬间消散，突然意识到虽然我们的身体此刻同处地球上的相近位置，但我们的思绪却在经历截然不同的旅程。我试图想象她在思考什么，当发现几秒之前还占据我全部注意力的烦恼，在她眼中完全无迹可寻时，我竟感到一丝宽慰。

我们俩头上仿佛都罩着一个巨大泡泡，一起坐在公交车上。这些泡泡里正放映着专属个人的“真人秀”，且仅自己可见。在我的泡泡里，我是故事主角，扮演着那个偶尔会陷入过于挑剔状态的好心科学家；而在她的泡泡里，我顶多是个群众演员，坐在主角对面的座位上。环顾四周，我突然意识到这个共享的时刻，对车上每位乘客而言都是不同故事中的不同场景。我们的心理体验竟如此独立，就像仰望繁星满天的夜空般，我获得了某种超然的视角。在那份渺小感中，我再次意识到“我感知到的现实”与“现实本身”之间的鸿沟。

关于“你的大脑独一无二”，如果我只能让你记住一件事，那就是：你既不是现实中的演员，也不是被动的旁观者，你就是这一切的创造者。事实上，若将你的意识觉知比作在思维泡泡中放映的电影，那么你的大脑就同时扮演着放映机、导演、制作团队和观众的多重角色！虽然我的顿悟时刻源于对心智游移所创造的奇幻世界的观察，但本书的第一部分将着重阐述：即便面对相同的“客观事实”，不同大脑也会编织出截然不同的故事。

在这一部分，我将介绍一些不同的生物学特征，正是这些特征决定了大脑编织各种故事的方式，而这些故事就是你感知到的现实世界。首先在第1章，我们会探讨大脑左右半球如何对世界产生微妙不同的解读，以及这种内在分歧如何催生人与人之间的认知差异。左利手的特征会如何揭示大脑两侧半球观察世界的方式？本章将破除关于“左脑型”与“右脑型”思考者的常见迷思。随后在第2章，我们将讨论“神经鸡尾酒”的调配成分如何影响大脑的通信系统。若你想知道外倾型人格与一杯咖啡或茶之间的奇妙关联，这章内容定会让你兴趣盎然。最后的第3章将揭示大脑如何运用神经节律，协调时刻在你颅内流动的信号交响乐。你会发现，某些人的“脑内合唱团”低音声部特别浑厚。在这一部分最后一章关于大脑设计的内容中，我将阐释大脑偏好的神经节律差异如何影响其对外部世界的感知采样，以及如何通过整合各类信息来编织故事。

综合来看，这些章节将为你揭示大脑构建“自我叙事”的方式。正如布莱恩·莱文（Brian Levine）在关于自传体记忆与自我的文章中所写：“优秀的叙事者能将场景、人物、背景、情节和寓意编织成一张挂毯。”毫无疑问，你的大脑绝对是个中高手。本书第一部分的目标，就是为你提供一些线索，帮助你理解大脑的先天构造如何影响其叙事机制。

第1章

左右不平衡 你大脑中的双面叙事

如果让你看一张大脑图片，首先映入眼帘的八成是它核桃般的模样（无意冒犯）——两个相对独立的半球通过高速神经纤维相连。听起来或许奇怪，但这种构造在自然界并不罕见。事实上，所有脊椎动物的大脑都沿中线一分为二，这种结构可能已延续了数亿年之久。

在漫长的进化历程中，人类大脑的独特之处在于普遍存在的偏侧性。左右脑半球在体积、形态和神经连接模式上的显著差异，使我们的大脑呈现出明显的非对称结构。正如本章将要揭示的，这些结构差异直接影响着每个半球处理信息的方式。

不过，与广为流传的“左脑理性人”“右脑艺术咖”这类标签不同，人类大脑最惊人的差异并非某个半球“掌控”某些功能。事实上，我们特有的思维方式、情感反应和行为模式，更多源自大脑的非均衡程度——左右半球差异的悬殊程度。因此，这本探讨大脑差异的著作，首先要从大脑内部的基本分化说起。不过在深究脑部构造的细枝末节前，让我们先探讨进化为何会催生这种差异。究其本质，答案可归结于四个字：功能特化。

左右脑的任务分配

要理解大脑非对称与对称设计的优劣，不妨将你的大脑想象成两人团队。若两位成员能力全面、技能互补，随机分配任务则既省事又公平。反过来说，假设你的团队中有一位成员语言能力极强，另一位成员是顶尖的平面设计师，若能系统性地将任务分配给最擅长该领域的成员，整个团队的表现自然会更加出色。

大脑的工作分配机制与此有相似之处。如果左右两侧脑半球完全对称，它们的功能分配就会变得毫无规律可循。但只要两者出现差异，哪怕只是细微之别，就会形成某种契机，使得某侧脑半球更适合处理特定类型的任务。当这种差异形成时，大脑两侧半球间的任务分配就会日趋系统化。随着特定脑区承担的工作内容越来越相似，该区域会通过结构特化来适应需求，发展出更专业的组织结构，从而更高效地完成特定类型任务。

专业分工的优势不言自明。如果其他条件相同，多数人都会选择技能顶尖的平面设计师，而不是水平一般的成员。但如果这位设计师在其他领域都表现欠佳呢？当整个团队都由技能互不重叠的成员组成时，如果有人需要协助或请病假，整个系统就会陷入困境。大脑功能特化带来的可量化代价在于：当某个脑区的功能特化日益完善时，它对特定任务的处理能力虽然越来越强，但能胜任的工作种类却越来越少。

这是一种间接衡量每个半球对当前任务贡献程度的方法，就像通过油耗来判断汽车引擎的负荷。

斯蒂芬·克内克特（Stefan Knecht）及其团队通过一项语言偏侧化研究（“偏侧化”为神经科学术语，指大脑左右半球在特定功能上的相对优势现象），揭示了这种“偏科”伴随的脆弱性。他们首先让324名志愿者在实验室进行图片命名任务，通过监测双侧半球脑血流变化^⑤来评估语言功能分布。随后筛选出20名语言偏侧化模式各异的受试者，包含左脑主导、右脑主导以及双侧协同三种类型，各组人数基本相同。

医学术语，指无须开颅。

具体机制将在后续章节详解。

研究团队继而使用经颅磁刺激技术（TMS）模拟脑损伤。这种非侵入性技术^⑥利用磁场安全、短暂地刺激不同脑区。若对某区域实施长时间重复刺激，该区域会“燃料耗尽”^⑦，产生“虚拟损伤”效应。就像强光照射后出现的视觉盲点，这种效应会暂时削弱脑区的正常功能。

实验结果符合预期：当克内克特团队在受试者的语言功能所依赖的半球制造虚拟损伤时，他们完成语言任务的速度显著变慢。但有趣的是，语言功能分布越均衡（双侧半球参与度越高）的受试者，在单侧脑区受到经颅磁刺激“疲劳轰炸”时，其行为表现受影响越小。这种效应好比让团队成员轮流休息并观察由此导致的效率波动：大脑功能布局越均衡，就像配置更全面的团队，对单个成员“缺勤”的适应力就越强。

这种体积差异并非存在于所有脑区，也不是左右半球的唯一差异，稍后我们会详细讨论。

但即使对我们大多数幸运儿来说——那些未因损伤太多脑细胞而影响正常生活的人，大脑的功能特化仍需付出代价。其中一个代价与大脑半球最初如何分化有关。虽然我在“绪论”部分花了不少篇幅解释进化如何在人类大脑的结构和生理限制下尽可能使其承载更多功能，但导致大脑半球功能分化的机制可能是个例

外。根据玛丽安·安妮特（Marian Annett）提出的“右移理论”（Right-Shift theory），人类大脑不对称的倾向可能源于某种基因变异，这种变异会导致右半球部分区域萎缩。安妮特认为，这种“让右腿变瘸”的进化机制，其实是为了优化大脑的工作分配。^②与她的理论一致，安妮特的研究表明：拥有更“平衡”大脑的人，可能在语言等新近演化的人类功能上表现欠佳，但他们右脑的开发程度更高，这对视觉空间能力等许多其他功能至关重要。另一方面，她指出，高度偏侧化的人虽然较少出现语言功能缺陷，但在右脑主导的视觉空间任务上更容易遇到困难。

在权衡两侧大脑半球功能特化的利弊时，还有一点需要谨记。正如本章所述，大脑实现功能特化的方式之一，是通过被称为“模块”的高度专业化处理中心。这些大脑模块在执行任务时心无旁骛，既不会参考其他脑区的信息输入，也不会分心处理其他事务。其结果是：功能特化程度越高的的大脑，越倾向于通过拼凑细节而非整体把握来感知和处理外界信息。换言之，当大脑从平衡状态转向偏侧化时，其信息处理方式也会从关注全局的“森林层面”转向聚焦细节的“树木层面”。本章后半部分将深入探讨这一转变的具体机制。首先，我们来测测你大脑的偏侧化程度。

测一测：从用手偏好评估你的大脑偏侧化程度

判断大脑偏侧化程度的最佳方法之一，是分别测量左右半球执行各项功能的表现。如果左右半球表现旗鼓相当，说明你的大脑较为平衡；若某侧半球在多数功能中占据主导，则说明偏侧化程度较高。

我们从多数人身上最易观察到的偏侧现象——用手偏好开始。以手部工作为生的朋友，或因受伤导致手部活动受限的人，最能体会精准手部动作所需的技巧。而多数人可能尚未意识到，我们与黑猩猩的基因差异带来的重要优势——修长的大拇指，正是这种能将拇指精确按压至各指尖的能力（可精准控制施力程度），让我们得以完成各类动作：从轻拂他人脸颊上的睫毛到用锤子精准敲击钉子。这些日常操作消耗的脑力可能远超你的想象。

这个隆起正是“沟回形成”过程的产物。该过程把尽可能多的运算空间容纳进一颗中等大小的头颅。

事实上，控制手部运动的神经回路规模庞大，甚至在大脑中形成了一处U形隆起，称为手部运动区（hand knob）。^③经过简单训练，当你观察自己核桃状结构的大脑图像时，就能辨认出这个区域。它位于运动皮层顶部附近。运动皮层是大脑中的一个带状区域，它横贯太阳穴（大致是眼镜架在头顶时所覆盖的区域），控制

着全身各部位运动。对多数人而言，通过比较左右半球中这两处隆起的大小，甚至能判断其惯用手。这正是我们逆向解析大脑的起点。

不过，如果你想更精确地了解自己双手的相对灵活度，可以到我个人网站的“研究”版块玩玩“点中靶心”小游戏。

尽管多数人自认是右利手或左利手，但用手习惯并非二元对立。实际上，我们每个人都处于从极度右利到极度左利的连续谱系之中。要了解你的大脑偏向哪一侧，首先要确定你在这个连续谱系中的位置。为此，我基于艾丁伯格优势利手问卷改编了一份问卷。这个简单的清单通过询问日常活动中双手的使用习惯来测量用手偏好，是神经科学家迄今为止最常用的用手偏好测量工具。^①

请根据以下10项日常活动，评估你的用手偏好。每项用+2到-2的五级量表评分。+2表示强烈偏好右手，绝不会用左手；+1表示偏好右手，但偶尔用左手；0表示左右无差别；-1表示偏好左手，但偶尔用右手；-2表示强烈偏好左手，绝对不会用右手。只有当这项活动你完全没有经验时才可留空（如果你从没拿过扫帚或牙刷，我会尽量克制不去评判，因为那与我写这本书的初衷背道而驰）。

用手偏好评估问卷

1. 用笔写字
2. 挥锤敲打
3. 投掷物体（最常见是抛球，但任何物体均可）
4. 划火柴时握火柴的手
5. 刷牙时握牙刷的手
6. 用剪刀剪东西
7. 用刀切东西（不包括叉子，比如做饭时切食材）
8. 用勺子进食
9. 握扫帚扫地时惯用的那只手（如果很久没扫了，请拿把扫帚，为科学扫一次）
10. 打开盒盖

现在来计算你的利手指数。请将10个问题的答案相加后除以10，得出平均值。为验证计算正确性，结果应落在-2（强烈且稳定的左利手）到+2（强烈且稳定的右利手）区间。得分越接近这个分布区间的两端，说明你的大脑偏侧化程度越高。得分居中（-1到+1之间）的混合利手者，可能左右半球的能力更为均衡。不过根据前几个问题的答案，你仍可能自认为是右利手或左利手。从问卷顶端到底部的排序中，动作所需的精确度通常逐渐降低，这使得技能较弱的半球也能“勉强胜任”这些工作。

我经常发现自己像个书呆子似的做玛卡雷娜舞动作，只为记住大脑各区域的功能。比如用右手触摸头顶左侧的“手部运动区”，再用左手触摸右侧对应位置——这些运动皮层控制着身体对侧的运动。如果你把双手摊开举到面前，就得到了大脑两侧半球视觉区域的模型！正如在“绪论”中学到的，左脑首先接收右侧视野的信息，反之亦然。

那么利手程度如何反映大脑偏侧化呢？首先要注意：大脑左半球的运动皮层控制身体右侧，反之亦然。^⑩如果你是强烈右利手，左半球的运动皮层（尤其是手部运动区周边）可能更为发达。这种情况在极少数强烈左利手者身上则完全相反——他们的右半球运动皮层更发达。稍后我们会详细讨论这对你的工作方式有什么影响。现在，我们先来看看其他身体功能，看看你的大脑在任务分配上是始终保持平衡，还是存在明显偏向。

先来看看你的双脚。虽然脚不如手灵活，但大多数有明显偏向性的人在执行精细动作时，也会表现出对某只脚的偏好。你通常用哪只脚踢球？上楼梯时通常先迈哪只脚？如果让你用脚尖去碰一枚硬币，你会用哪只脚？你会下意识地偏爱某只脚吗？多数人会发现双脚的技能比双手更容易互换使用，但如果你在每个问题中都始终选择同一只脚，这进一步证明你的大脑两侧半球在功能分布上并不均衡。

不过与惯用手不同，人群中“主视眼”的右偏分布要弱得多。大约每3人中有2人偏好右眼，而每10人中有9人偏好右手。

现在让我们转向更微妙的功能——双眼使用方式的差异。虽然双眼都会向大脑传递外界信息，但有些人会更依赖某只眼睛输入的信息。这里有个有趣的事实，即大多数人更倾向于优先处理右眼接收的信息！^⑪我们可以像测试惯用手那样评估你的主视眼：比如问你会用哪只眼睛观察显微镜或相机取景器，不过我们也可以通过下面这个“瞄准测试”进行更客观的判断。在距离你两三米远的位置找一个物体，竖起食指于物体前方，让手指与物体处于同一直线上。睁开双眼时，你可能会感觉手指变得“透明”，或者看到双重影像（这取决于你的视线焦点落在何处），但请尽量将注意力集中在远处的物体上，调整手指位置使其与物体处于同一直线。然后闭上左眼。发生了什么变化？如果此时你的手指完全遮挡住物体，

说明你是右眼主导型；如果手指偏移到了物体侧面，请尝试闭上右眼。此时手指和物体对齐了吗？如果对齐了，说明你是左眼主导型。只要选择足够远的物体，如果你闭上任何一只眼睛时手指都无法与物体对齐，就说明你具有混合眼优势。

至此，你应该发现规律了。那些大脑偏侧化显著的人，往往更倾向于持续使用某一侧肢体（而非另一侧）。而那些大脑功能分布更均衡的人，不仅更可能在单个身体部位表现出混合使用偏好，还容易在不同身体部位间切换使用偏好侧。现在让我们尝试一种全新的测试——评估你的两侧大脑半球在理解世界的方式上存在哪些异同。

请看图1-1中的两张面孔。哪张看起来更快乐？

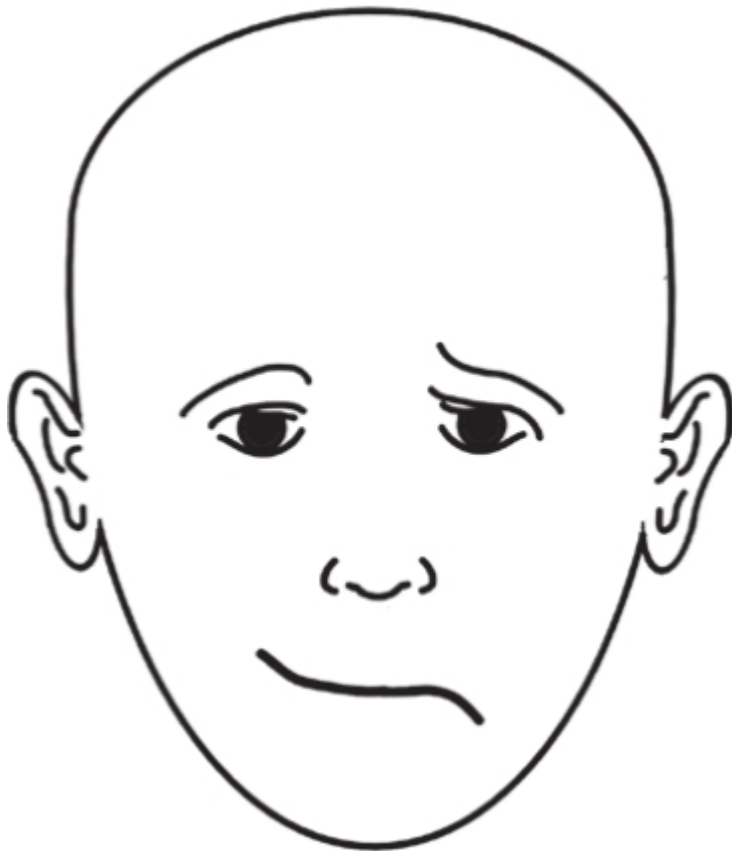
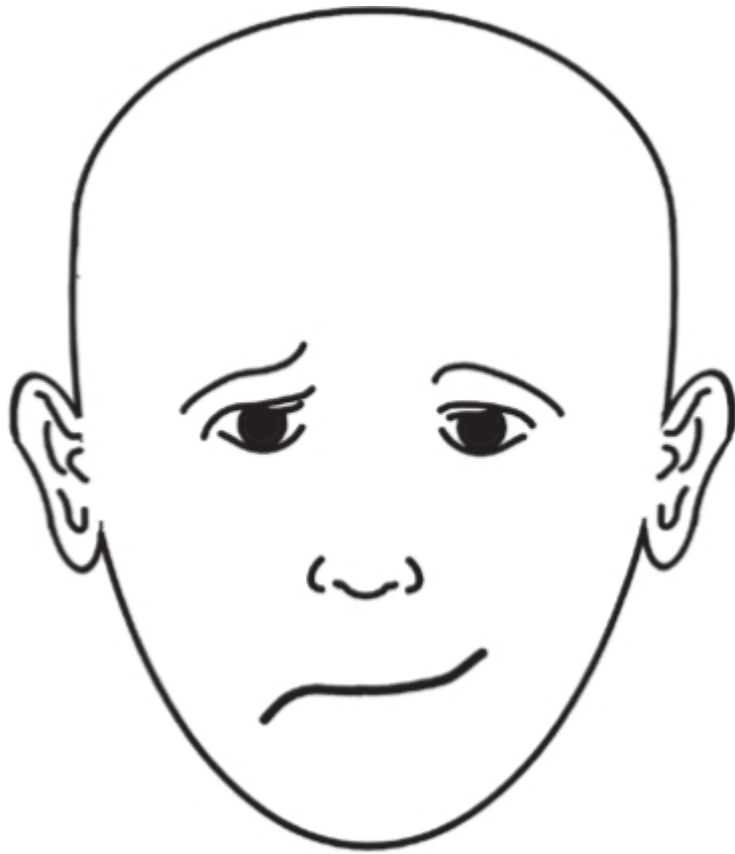


图1-1 两张面孔

如果你觉得这是个陷阱问题，那确实如此，因为这是同一张脸的镜像翻转。但请别用理性分析，试着用直觉再感受一次。如果你盯着每张脸的中央看，是否觉得其中一张比另一张更快乐？

这类嵌合面孔（chimeric faces）常被用于研究大脑两侧半球如何处理情绪表情。它们的设计原理基于我在“绪论”中提到的视觉神经连接方式。鼻梁左侧的视觉信息会先传递到大脑右半球，反之亦然。因此，如果你觉得下方面孔更快乐，说明你的决策更多依赖右半球处理的信息；若选择上方面孔，则恰好相反。当然，如果你大脑两侧半球非常均衡，可能会觉得两者实在难分伯仲，只能随便猜一个。在实验室中，研究人员常用这类面孔来评估大脑偏侧化程度，通常会展示多组不同面孔以提高测试准确性，从而判断受试者更倾向依赖哪侧半球。不过现在，你只能相信自己的直觉了，尽管它可能并不完美。

综合来看，通过这些测试获得的信息，能让你对左右脑半球的差异有一个相当清晰的认知。接下来的章节，我们将探讨这种不对称性如何影响大脑理解世界的方式。不过在深入之前，有必要了解不同偏侧模式的分布频率，这能帮助你判断那些基于“平均大脑”的研究结论，究竟有多大可能适用于你自己的大脑运作方式。

当左利手群体被排除在研究之外

尽管约90%的人自认为是右利手，但在需要运动技能的任务中，只有30%~70%的人表现出强烈且始终如一的右侧主导性。符合这种特征的人，在评估中会显示出明显的右利倾向（得分接近+2），并且在需要精细操作的任务中倾向于使用右脚和右眼。如果你属于这类人，可能就会觉得图1-1中下方那张面孔看起来更快乐。我之所以这样推测，是因为你属于多数群体，这意味着我们关于人类大脑两侧半球分工方式的研究结论，基本上也适用于你的大脑。不过这种情况并非绝对。或许你还记得我在左右脑阅读功能研究中的发现，有时基于群体平均值得出的结论，并不能准确描述所有个体。

而对于第二大群体——占比25%~33%、大脑更趋平衡的人来说，情况就复杂得多。做这些偏侧化测试时，他们可能会被逼疯：纠结到底该用哪只手或脚来完成不同任务，发现无论闭上哪只眼睛，该死的手指都会在视野里到处乱晃。我为此道歉，但了解这些自我特质终归是值得的。毕竟关于大脑我们还有很多未知，尤其是神经科学家（包括我自己）在人类大脑类型的定义上确实做得不够好。你们中许多人仍会自认为是右利手。毕竟这个世界主要是为右利手者设计的，只要你

的左半球能够控制右手，你很可能已经把它训练得相当灵活了。但有些脑科学研究者认为，只要不是明显右利手主导的人都算左利手，另一些学者则把不完全左利手主导的人都归为右利手，这种分类法把混合利手群体也划入了右利手行列。很多时候，研究者要么随意定个中间分界线，要么仅凭写字惯用手来判定大脑偏侧化差异。想到在用手偏好的研究中居然有高达1/3比例的人群被随机分类，我简直寒毛直竖！

尽管存在这些矛盾，像斯蒂芬·克内克特这样坚持用连续谱系研究用手偏好的学者发现：混合主导型人群（尤其是习惯用身体右侧做大部分事情的人），其大脑结构总体与多数群体相似，但其中也会包含一些令人惊讶的特例。比如多数群体处理面部信息时主要依赖右侧脑半球，那你的右脑很可能也比左脑更活跃。所以多数人可能还是觉得下方那张面孔更快乐。但你的左脑解读面部表情的能力，也有可能比严重偏侧化者的左脑更强。因此对你来说，可能更纠结于选择哪张面孔。要是在实验室做测试，我可能会发现你的决策速度更慢。如果你属于大脑轻微（但非明显）偏左的平衡型，这种效应会更显著。简而言之，大脑越平衡，各项功能分布就越可能涉及两侧半球。稍后我们会具体探讨，这对你的思维方式而言究竟意味着什么。

现在要说到最罕见的群体了，即占比为3%~4%的自认为是稳定左利手的人。那些在评估中显示出极端左利手倾向（得分接近-2）的人，可能和极端右利手群体一样存在明显偏侧化。他们很可能也更倾向于使用左脚和左眼，而且相比其他两组，更倾向于认为图1-1中上方那张面孔更快乐！虽然不想偏心，但这个群体特别让我感到亲切，这不仅仅是因为我喜欢去了解与众不同的人。事实上，我收集数据最多的研究对象正是一位极端左利手者，过去24年里我反复测试过她，她就是我的女儿贾丝敏。

我永远感激实验室首席研究员黛比·米尔斯（Debbie Mills），她将我有孩子这件事视为加分项而非减分项，给了我叩开科研大门的机会。

若你此刻正在评判我拿孩子当实验对象的行为，容我指出：单亲妈妈边工作边带娃时，用这种方式让孩子安静已算温和之举，何况她长大后也成了科学家，可见这经历未必糟糕。

其实我的第一份神经科学方面的工作，就是给孩子们戴上这种烦人的泳帽式电极帽，用来记录他们的脑电活动。任何尝试给幼儿戴头饰的人，无论是节日装扮还是类似场合，都知道这可能是神经科学领域最难的工作！我能得到这份工作的最大优势，就是比加州大学圣迭戈分校大多数本科生更熟悉幼儿，毕竟我自己就有一个孩子！^②由于贾丝敏性格随和，我经常带她来实验室练习“戴帽”技术。^③

然而第一次看到贾丝敏电极帽记录的大脑数据时，我确信自己哪里弄错了。当她听到熟悉和不熟悉的词语时，大脑活动差异（称为N400，为词音呈现约400毫秒后出现的负波）在右侧脑区比左侧脑区更显著。虽然我们研究的部分婴儿（主要是月龄较小或语言发展较晚的）容易出现双侧脑区变化，但从未见过这种右半球对词语存在选择性敏感的模式。为了跟进，我的导师、发展认知神经科学家黛比·米尔斯建议进行更多测试，包括采用“怪球范式”（oddball paradigm），让受试者聆听固定音高的连续声音，偶尔插入不同音高的声音。在大多数人身上，这会产生一种被称为P300的脑电活动变化（即在声音呈现后约300毫秒后出现的正波），这种变化在右半球更为显著。而在贾丝敏脑中，这种活动模式却出现了异常。

最奇妙的是，贾丝敏的大脑早在身体显现倾向前就向我透露了她是个左撇子！虽然用手偏好能更早检测，但多数儿童在18个月至2岁间才会形成稳定的用手习惯。贾丝敏首次接受脑部记录时仅17个月大，当我发现她的脑部活动存在异常后，几乎立即注意到她明显偏好使用左手。多年来，我在贾丝敏的大脑结构与功能研究中持续观察到这种特殊模式。她的大脑半球分工并非随机，反而呈现出与多数人所谓“正常模式”相反的偏侧化特征。

写作本书时我刚写完一份研究计划书，试图为此尽一份力。衷心希望我能说服资助机构：对左利手者大脑运作机制的认知空白是亟待填补的。

遗憾的是，由于神经科学惯用“一刀切”的研究范式，极端左利手者常被排除在实验样本之外。学界认为左利手（宽泛定义）“变异性过高”，若将贾丝敏这类人群的大脑数据与普通人群的大脑数据混同分析，会导致结果混乱。因此，我们对非实验室环境下成长的大脑知之甚少。^②不过，少数系统性研究的结果与我对贾丝敏的观察不谋而合：虽然大脑功能分化完全反向偏侧化的情况罕见，但这种模式确实更常见于极端左利手群体中。

随着我作为神经科学家和母亲的双重经验同步增长，我常在想：贾丝敏那些奇特的表现，比如她总是向左转头，用右眼余光看电视（这样更多视觉信息会先进入左侧脑半球），又比如她明明智商超群但信息处理速度却偏慢，是否与她罕见的大脑构造有关？在接下来的章节，我们将探讨已知的大脑功能为何会分配到特定半球，以及这对于那些大脑运作模式与多数人不同的群体意味着什么。

工作任务如何分配至大脑两侧半球

为帮助理解大脑结构与功能间的复杂关系，我需要澄清学界容易混淆的两个概念——大脑功能与大脑运算。沿用团队分工的比喻，功能相当于分配给某人的具体

岗位，运算则是支撑其胜任该岗位的技能组合。无论是科学家还是普通人，在描述脑区工作时往往停留在功能层面，却忽视了支撑该功能的底层运算机制。但若想理解惯用手偏侧程度为何会影响你更关注人脸的哪一侧，就必须深入探讨连接大脑结构设计 with 功能实现的运算机制。

以“语言”这个最重要也最令人惊叹的大脑功能为例说明。尽管我毕生研究左右半球如何参与语言处理，但多数人仍将其视为典型的单侧化功能，认为语言功能主要归属于左侧脑半球。事实上，正是法国医生保罗·布罗卡（Paul Broca）对一位患者的描述，首次提出了心理功能可以定位到特定脑区的观点。这位患者在左侧脑半球受损后，似乎只丧失了说话能力。160多年后的今天，几乎所有涉及大脑语言功能的教科书都会提及左额叶的一个区域，该区域现在被称为“布罗卡区”（Broca's area），其功能被标注为“语言表达”，左耳上方稍偏后的另一个区域的功能则被标注为“语言理解”。

但事情远非如此简单。我们使用语言的能力——将思想转化为人类约定俗成的符号形式进行交流（反之亦然），依赖于多种不同类型的运算过程。例如，你处于语言交流的发送端还是接收端，使用口头语还是书面语，这些因素都会影响大脑执行语言功能时所依赖的运算类型。语言表达和语言理解究竟在多大程度上调用不同脑区，取决于你关注的是它们众多底层运算中的哪些环节。

我们当然会通过鼻腔来发声。如果你不信，试着捏住鼻子说nose这个词，听起来像doze对吧？

在我看来，尽管这一过程涉及的信息处理极为复杂，大多数人的大脑却能毫不费力地完成，这简直是个不可思议的奇迹。

不妨以布罗卡区受损患者的言语产生能力为例，毕竟正是这一案例开启了“将功能定位到特定脑区”的研究范式。当布罗卡区受损时，大多数典型偏侧化的人会出现说话困难，但这并不必然意味着布罗卡区的功能就是言语。这就好比说，如果轮胎漏气导致汽车无法高速行驶，不能就此推断轮胎的功能是推动汽车前进。要说出有意义的话语，大脑需要执行一系列复杂运算：首先将头脑中的概念转化为语言符号，然后将这些符号与运动程序相连接——就像编排一场口腔芭蕾，需要舌头、嘴唇、牙齿、鼻腔^①和声带在恰当时刻做出精准动作，将呼出的气流塑造成特定形态，当这种形态的气流产生振动并传入他人耳中时，对方的大脑便能读懂其中含义。^②

事实上，德隆克斯团队利用现代脑成像设备重新研究了布罗卡医生首批患者的保存完好的脑组织。他们发现损伤范围比布罗卡记载的更广泛，还涉及脑岛。因此我提议将脑岛命名为“德隆克斯区”，以纪念这位在100多年后纠正谬误的女性学者。

开过“老爷车”的人都深有体会，除了轮胎漏气，还有许多状况会导致车辆抛锚。事实上，精确的汽车工作原理模型会告诉我们，要让汽车平稳行驶，需要众多部件协同工作。说话也是如此。尼娜·德隆克斯（Nina Dronkers）及其团队的研究表明，大脑的另一区域——脑岛，对言语流畅性的重要性可能更甚于布罗卡区。^①

事情远比这复杂。当你的车胎漏气时，受损的不仅是前行动力，汽车转向会变得困难，行驶过程也会颠簸得多。同样地，只要观察得足够仔细，你会发现布罗卡区受损后会出现各种语言和非语言能力的缺陷。例如有些人会丧失通过词序理解句意的能力，另一些人则难以辨识图像中描绘的动作。

我想在此强调，在布罗卡发表观察报告160多年后，我们对大脑运作的理解仍主要来自两方面：观察多数人脑损伤时哪些功能受损，或是研究健康大脑在实验中执行哪些任务时更活跃。但要真正理解大脑的工作原理，我们需要探讨其运作机制。为什么大脑左右半球的结构差异会让某一侧更适合特定功能？

我在和谁说话？大脑中的语言两面性

关于大脑功能为何会偏侧化（特定功能由某一侧半球主导），最重要的线索来自用手偏好与语言偏侧化的关系。大多数人习惯使用由左半球控制的右手，同时也依赖左半球进行语言表达。这个事实暗示，左半球的进化方式使其更擅长处理这两项功能所需的神经计算。由于布罗卡区紧邻控制唇、口、舌运动的脑区，许多学者推测这种共享的运算过程与运动协调有关，即大脑如何精准地操控身体。

需注意，这些统计数据反映的是说话时更活跃的半球。但克内克特也观察到，如同用手偏好，语言功能的偏侧化也呈连续谱系分布：有人主要使用某一侧半球，也有人几乎均等使用双侧。

但并非所有人都用控制惯用手的“优势半球”来说话。斯蒂芬·克内克特团队通过研究不同用手偏好的人群（共326人）在语言产生时的半球偏侧化差异，证实了这一点。这项研究是本章开头提到的经颅磁刺激实验的前期研究，研究者根据用手偏好评估问卷，将受试者分为7组——从完全右利手到完全左利手。由于克内克特更关注左利手群体而非将其排除在外，样本中完全左利手者（57人）和混合利手者（101人）的比例显著高于随机抽样预期。当研究者比较7组受试者说话时左右半球的血流量变化时，发现了惊人差异：在完全右利手组中，96%的人说话时左半球血流量变化显著大于右半球。换句话说，几乎所有强烈偏好使用右手的人，在给图片命名时也更依赖左半球而非右半球。这一比例在完全左利手组中下降到73%，而大脑双侧较平衡的人群中这一比例为85%。^②

关于这些结果有几点值得注意。一方面，一个人的右利手倾向越强，左半球在处理语言相关运算任务上的专长就越明显。但正如前文提到的经颅磁刺激实验所揭示的，这种单侧主导的语言生成模式也更容易受到损伤。另一方面，大脑双侧较平衡的人往往两侧半球具有更相近的能力。这意味着混合利手者和左利手者的右半球不仅在手部灵活性方面能力更强，在语言生成方面也更具优势。因此当任一半球因经颅磁刺激而疲劳时，他们只会出现轻微的功能障碍。

不过另一个发现是，即使对左利手者而言，像贾丝敏那样由右半球主导语言功能的概率也远低于50%。这提醒我们，绝大多数人类大脑都存在一定程度的偏侧化差异，我们之间的区别只是程度问题。即使在偏侧化程度最低的大脑中，语言功能仍更多依赖左半球，这表明左右半球的结构差异对语言功能（人类大脑进化时间较晚的功能之一）而言，可能比对手部控制更重要。但73%的强左利手者由不同半球分别控制语言和惯用手这一事实也暗示，它们共享的运算过程可能不仅限于运动控制。事实上，大脑左右半球在语言理解方面存在相当显著的差异，这些差异能为我们提供更多线索，帮助我们了解两侧半球是如何既独立运作又协同合作，从而塑造人类对世界的认知方式的。

我没能找到任何关于这种效应在大脑中的个体差异的研究，特别是与用手偏好相关的研究。不过，根据关于用耳偏好的行为研究，我推测它应遵循与语言及其他偏侧化功能相同的普遍模式。

两位研究者对“为何右半球更擅长听音乐”持有细微不同的观点。如果你好奇，想进一步了解，可在“注释”部分查阅我列出的几篇相关论文。

左半球在语言理解方面的主导地位，最早体现在听觉皮层——负责解析声音的大脑区域。多项研究显示，对大多数人而言，当实验受试者聆听语音时，左半球听觉皮层的活跃度显著高于右半球。¹²而有趣的是，当人们聆听音乐时，右半球的活跃度反而超过左半球！戴维·珀佩尔（David Poeppel）和罗伯特·萨托雷（Robert Zatorre）等研究者指出，左半球之所以承担言语理解任务，是因为它特别擅长处理需要检测时间维度的快速变化的运算任务。¹³当然，音乐节奏也可能非常快。要体会音乐与运动控制之间的奇妙关联，不妨看看超快鼓手悉达多·纳加拉扬（Siddharth Nagarajan），他曾创下每分钟击鼓2 109次的纪录（我的节拍器最高只能到250次）。

但要辨别banana pancakes中“ba”和“pa”的发音差异，大脑需要捕捉到声带开始振动与嘴唇分开之间仅10毫秒的时差。这相当于能分辨出每分钟5 999次与每分钟6 000次鼓声的差别——两者速度都远超史上最激烈的重金属鼓独奏。左半球的这种运算优势，是否源于其协调或检测快速变化事物的能力？

一般成年人的阅读速度为200~300词 / 分钟，远比你听过的任何鼓都慢。

简而言之，答案是“某种程度上是的”。如果回顾我在“绪论”中提到的“重要干草堆”实验，你可能记得某些半球专属功能是在较慢的时间尺度上进行的。^②那么，究竟是什么因素决定了个体特定语言功能会依赖左半球或右半球呢？

我们将在接下来两章里详细探讨这种沟通的机制。

艾克纳恩·戈德堡（Elkhonon Goldberg）和路易斯·科斯塔（Louis Costa）在20世纪80年代初提出的理论认为，驱动两侧半球功能分化的关键结构差异在于神经连接方式。具体来说，两位科学家提出：左右半球不同的连接模式，决定了每侧半球内部脑区之间的沟通程度。^③根据戈德堡和科斯塔的理论，左半球由许多小型的、“信息封装式”的脑区组成。这些脑区就像本章开头提到的专业化“模块”，它们专门对特定类型的输入进行精密计算，且不受邻近脑区活动的干扰。这意味着，在大多数典型的不对称大脑中，左半球对某功能的贡献程度取决于该功能是否适合采用“分而治之”的策略。在语言处理中，这种策略表现为：将声音序列转化为单词，单词序列转化为概念，概念序列转化为故事。

相比之下，戈德堡和科斯塔认为，右半球的结构则不同，脑区之间的连接相对更多。这种结构更适合需要将不同类型信息整合成连贯整体的任务。这也解释了前文提到的，为何大多数人的右半球主要负责面部识别等功能。要区分不同面孔，必须综合考量多个特征的微妙差异及其相对位置。若你不相信，不妨试着只看朋友的某个单一特征（比如鼻子或一只眼睛）来辨认他们的照片。当缺乏周围特征的参照时，辨认难度远超想象。

让我们回到干草堆实验，用戈德堡和科斯塔的理论来解释左右半球如何影响不同阅读方式。如你所回忆的，实验中所有阅读者的左半球都对句子的局部论元结构（语义关系）敏感。这表明，至少对具备大学水平阅读能力的人而言，左半球的专用处理模块会基于语言细节构建句子含义。

另外，右半球的参与程度则在熟练读者和非熟练读者间呈现差异。在阅读能力最弱的读者群体中，右半球不仅对论元结构敏感，对全局的、基于情境的上下文也保持敏感。然而，在阅读能力最强的读者群体中，其右半球的活动却完全没有表现出这两种理解过程的痕迹。这究竟是怎么回事？

我们的研究发现与戈德堡和科斯塔理论中我尚未讨论的部分相吻合，该部分解释了左半球的专业模块如何被分配不同功能。根据他们的理论，复杂任务最初几乎总是依赖右半球。简而言之，他们认为：当人们尚未掌握任务的关键要素时，最佳策略就是调动所有可用信息来弄清楚自己应该做什么。他们指出，面对完全陌生的任务时，右半球这种“整体视角”或“见林不见树”的处理方式更具优势。如果你曾尝试在语言不通、习俗陌生的国家生活，或许能直观体会到这种机制

——通过手势、面部表情等线索，结合所处情境来推断自己该做什么，往往能取得不错的效果。但随着对新任务经验的积累，你会逐渐识别出构成这片“森林”的哪些“树木”（具体细节）对当前任务至关重要。此时，大脑会发展出更快速、更有效的策略，这些策略依赖于专门的信息处理模块。一旦形成这样的策略，大脑在理解当前状况时，对整体情境的依赖就会越来越少。

这个时间线取决于如何测量用手偏好（抓握方式或双手协作方式），但对于大脑更平衡的幼儿来说，偏好出现的时间可能更晚。

首先，双语者的语言经验多种多样，不同的经验对双语者大脑的运作方式有着不同的影响。第3章将谈及我在这方面的一些研究。

正如戈德堡和科斯塔的理论所揭示的，随着经验积累，许多功能会逐渐转向更依赖左半球。比如大多数婴儿在生命初期双手使用能力都很差。直到一岁半左右，随着操作物体的经验增加，他们才开始稳定地偏好使用某只手。^⑩语言发展也遵循同样的规律：最初由大脑两侧半球共同处理，随着语言能力提高，多数人逐渐转向左脑主导。虽然双语能力的情况更为复杂，^⑪但多项研究表明，人们的第二语言更多依赖右半球处理，特别是成年后习得且熟练度低于母语的情况。一些小规模研究甚至发现，对比音乐专家与新手的表现，专家处理音乐时会更多使用左半球。

综上，关于大脑语言处理的要点，我想强调两个方面。其一，根据戈德堡和科斯塔的理论，两侧半球运算差异的关键在于神经连接方式。在偏侧化最明显的大脑中，左半球采用“分而治之”策略，通过专门模块处理细节（树木层面）；右半球则擅长整体把握（森林层面）。不过对极端左脑优势者的研究有限，尚不清楚像贾丝敏这样反向偏侧化人群的右脑是否也会形成专门模块。目前可以确定的是，所有大脑都具备纵观全局和关注细节的能力，但偏侧化程度越高，越倾向于专注具体特征或细节解决复杂问题；平衡型大脑则更倾向于整体把握。

不管你乐不乐意，“先天还是后天”这场争论可不会就此消失！

不过，我绝不建议强迫任何人改用右手。值得一提的是，被迫改用右手的人，大脑里另一个区域（一个通常与控制功能关联更密切的区域）反而更小。这可能是因为他们的左半球必须持续抑制、甚至“削弱”右半球的功能，才能压制与生俱来的用手偏好。

其二，无论大脑属于哪种类型，特定任务的经验积累都可能让你变得更注重细节。事实上，就连手部控制这样的功能也会被经验重塑！^⑫例如，一项针对“被迫右利手者”（早期表现出惯用左手但被社会规范强制改用右手的人群）的研究

发现，他们的运动皮层与“天生”右利手者并无区别。这恰好证明后天培养（经验）可以在一定程度上覆盖大脑的先天倾向。^⑤

现在，为了更好地理解大脑平衡或偏侧化带来的影响，我们不妨跳出实验室场景，看看在真实生活场景中，大脑左右半球如何协同构建你对日常所处世界的认知。

不对称功能：你的大脑所编织的故事

本章至此主要聚焦于大脑左右半球工作原理在机制层面的解释。但若要真正理解平衡或偏侧化的大脑如何影响你在现实中的思维、情感与行为，我们需要回到最根本的问题：为何人类大脑会进化出功能迥异的两侧半球？这引出了功能特化的概念，正如本章开头所述，这是一种在进化史上非常古老的结构设计。约瑟夫·迪恩（Joseph Dien）指出，人类大脑左右半球的解剖差异，其进化渊源远比语言功能更为久远。

值得注意的是，这些关于大脑偏侧化的理论无一试图解释个体间的差异。

迪恩的核心观点是：具有偏侧化特征的大脑（能同时以多种方式理解世界）具有关键的进化优势。这种大脑可以像罗马神话中的双面神雅努斯那样，一面展望未来，一面回顾过去。具体而言，迪恩认为人类大脑的左半球主要专注于预测未来，帮助制定最佳决策；右半球则负责理解当下。^⑥这一理论关联着左右半球的另一功能分化：左半球主导“趋近”行为，右半球专注“回避”行为。无论是哪种情况，该理论的核心观点都认为：当大脑需要预测未来或寻找美好事物时，其涉及的思维、情感和行为方式，可能会与理解当下或规避危险所需的思维、情感及行为方式产生冲突。需要特别说明的是，虽然这些理论聚焦于功能层面，即大脑半球形成结构特化的潜在原因，但它们与戈德堡和科斯塔关于左右脑结构差异的描述并不矛盾。完全有可能的是，基于模块的处理器之所以演化形成，正是因为它们擅长执行预测未来所需的快速、精准运算；而理解当下情境所需的复杂模式识别运算，以及通过关联过往经验来判断是否存在危险，则需要整合性的全局处理器。

那么，这种平衡或偏侧化的大脑结构在现实世界中如何运作呢？假设你是一位熟练的英语使用者，听到这个看似简单的句子：“They are cooking apples。”这个句子的含义是模糊不清的，但我敢打赌大多数读者在初次阅读时根本不会感到困惑。这是因为大脑对此类句子早已形成处理惯性——左半球会将文字直接送入专门的模块进行处理。这些模块会随着句子的展开逐词解析其含义。除非出现语境与初步解读相矛盾的情况，比如实际语境与大脑的初始理解不符，否则大脑

会持续沿用基于过往经验的最可能的解读。事实上，我敢说绝大多数人都将“*They are cooking apples.*”理解为：某些人（*they*）正在执行“烹饪”（*cooking*）动作，对象是被称为“苹果”的物体，甚至完全没意识到存在其他可能的解释。但真正的问题是：如果这个句子出现在下面这个充满细节的情景中，你的大脑会产生不同的理解吗？
贾丝敏走进厨房，发现牛皮纸袋里装着一些苹果。这些苹果和果盘里的看起来不太一样。它们熟得透透的，有些还带着磕碰的痕迹。她转身指着台面上的袋子问：“这些苹果是做什么用的？”我答道：“*They are cooking apples.*”

说句公道话，如果你知道我下厨有多稀罕，就会明白这情景几乎不可能发生；不过这一节讲的是大脑如何构建叙事，我就稍微放飞了一下！

此刻多数人脑海中可能浮现出另一种解读。这次，*they*明确指代苹果，而*cooking*在这里是描述苹果的形容词。

瞧，语言就是这么变幻莫测又美妙绝伦。

该篇报道的英文标题为“*French Push Bottles Up German Rear*”，报道作者意图表达“法军的进攻向德军后方形成瓶形包围”，与一般读者理解的区别在于如何理解其中*push*、*bottles*这两个词。——编者注
本书最后一章将专门探讨：当我们默认别人的大脑也像我们一样解读世界时，会面临哪些挑战。

但我想强调的关键在于：同一句话能催生多重解读可能。正如干草堆实验所示，不同大脑运用语境解读句子细节的程度千差万别。当年撰写那篇声名狼藉的战争报道《法军向德军后方推瓶子》的作者，恐怕没意识到自己对这个标题的理解方式并非唯一解。^注我敢打赌，他们要么拥有平衡的“森林型”大脑，要么深陷战术语境无法自拔，以至于完全忽略了*push*作为动词的使用频率远高于名词，而*bottles*的情况恰恰相反。^注

无论你的大脑是依靠“森林视角”（关注整体）还是“树木视角”（关注细节）来理解世界，最令我惊叹的是：尽管我们时刻面对残缺模糊的信息，却不会终日陷于困惑。这全因大脑会自动填补空白——运用各类信息与运算来构建完整图景。正如你在本书中将会看到的，这为同一种信息输入的不同解读方式提供了广阔空间。大脑通过不同的机制理解世界，构建出一个比实际数据更具体、更完整的叙事。我所说的不仅是大脑如何解读阅读到的故事，更是指它在创造你的现实体验时编织的种种叙事。

事实上，左右脑半球在叙事构建中的不同作用，正是大众心理学中长期存在的迷思——左脑“理性分析”、右脑“感性创造”。虽然这种区分并不完全准确，但这一观点的起源可追溯至罗杰·斯佩里（Roger Sperry）、约瑟夫·博根

（Joseph Bogen）和迈克尔·加扎尼加（Michael Gazzaniga）对裂脑患者群体的观察。这些患者为控制严重癫痫，接受了胼胝体切开术（corpus callosotomy）——通过手术切断左右脑半球之间的神经连接。该手术虽能阻止癫痫发作在脑区间蔓延，却也切断了患者左右脑的信息交流。这为研究单侧脑半球的功能提供了绝佳机会。

研究者运用了与我的阅读实验类似的方法：将文字或图片投射到屏幕特定侧，利用视觉信息会传递至对侧脑区的原理。与“左脑主导语言”的假说一致，多数胼胝体切开术患者只能描述出现在屏幕右侧（由左脑处理）的内容。但有趣的是，当图片出现在屏幕左侧（仅右脑可见）时，患者通常会回答“我什么都没看到”，因为此时是左脑在控制回答，而它确实没接收到信息。但若递给患者左手一支铅笔，让其画出所见，右半球却能使其准确描绘出来！这听起来是不是很不思议？但更离奇的还在后面。

艾伦·阿尔达（Alan Alda）与加扎尼加的一次采访中展示了裂脑患者“乔”的案例，非常值得一看！

加扎尼加曾经是斯佩里的研究生，他在进行这些实验时发现了一个有趣的现象：当裂脑患者通过两侧大脑半球同时感知到左手（由右脑控制）的动作时，他们常常会自发编造理由来调和语言中枢（左脑）声称“什么都没看见”与左手实际绘画之间的矛盾。加扎尼加拍摄过一段经典视频：屏幕上同时闪现两幅图，右侧是太阳，左侧是沙漏计时器。他问患者：“你看到了什么？”患者回答：“太阳。”这个回答基于其负责语言功能的左脑所获取的信息。“你能把它画出来吗？”加扎尼加一边问一边把一支铅笔放入患者左手里，他画出了沙漏（右脑感知到的图像）。此时左脑看到左手画出的沙漏，立即开始编造一个看似合理的关联去解释。“你看到了什么？”加扎尼加再次问道。“太阳，”患者说，“但我画计时器是因为想到了日晷。”就这样，患者的左脑在众目睽睽下完成了一场自圆其说的即兴创作。

这些实验意外揭示了：人脑中负责语言功能的部分还会自动生成因果解释来串联事件。此后，加扎尼加与其他科学家（包括我本人）继续研究大脑完整个体与裂脑患者的两侧脑半球在“推理”过程中的差异。学界普遍认为，多数人的左脑会根据自认为相关的细节，对事件间的联系提出假设。正因具备这种能力，加扎尼加将左脑称为“解释器”。后来的媒体和研究者由此引申出了“左脑擅长分析”的观点。

这部分细节将在第6章再次出现。

正如你所料，这种从观察事件中逆向推导因果关系的分析能力，对预测未来至关重要。我要明确说明的是：健康的大脑无时无刻不在做这件事。就像裂脑患者的左半球会编造叙事来自圆其说（当它观察到不受控制的行为时），你的大脑也在不断编织个人叙事，为观察到的行为寻找因果解释。尽管你的两侧脑半球可能连接良好，但面对绝大多数由潜意识驱动的行为时，你的“解释器”仍需要填补行为动机的空白。^⑤然而这个过程发生得如此频繁且过程极为隐蔽，以至于我们几乎完全意识不到大脑的叙事机制。

别担心，这个故事绝对老少皆宜。

作为读研究生的单亲妈妈，过度疲劳、在奇怪的地方忍不住打个盹儿，对我来说早就“见怪不怪”了。

我服用某种维生素补充剂后产生了奇怪反应——是烟酸引起的潮红反应吗？强烈建议别尝试。

如果你仍不相信大脑会编造故事，试着回忆一次意识中断后醒来的经历。我最深刻的这类记忆发生在研究生时期。^⑥简而言之，那天我“醒来”时发现自己的脑袋正探出公寓前门。我最初的意识体验是听到内心有个声音说：“我肯定是打了个盹儿。”^⑦紧接着，大脑立即对这个解释进行真实性核查：“我一定是太累了，居然在门口睡着了！”当面对“等等——我从来不会在门口打盹！”这样的矛盾信息时，大脑开始搜索记忆库寻找不同解释。这时它调取了皮肤灼烧感和与护士通话的记忆，左半球便利用这些新数据构建了更合理的解释——我昏倒了！

⑤

虽然这种机制只有在我遇到的这种特殊情况时才变得明显，但即使是普通睡眠导致的意识中断，也能让你捕捉到“解释器”的工作状态。当遇到意外情况时，比如在卧室以外的地方醒来，昏昏欲睡的大脑需要处理所见所闻与预期的差异，这时你甚至能“听见”解释器（左半球）在努力搞清自己究竟身处何方。在这些转瞬即逝的时刻，当信息点难以串联时，你可能会更清晰地感知到大脑的叙事机制。尽管相关研究主要集中在阅读领域，但有迹象表明：大脑更平衡的人会更依赖整体语境来理解事物，而大脑更偏侧化的人则专注于细节处理。

我完全理解这听起来可能有些怪异，但请相信——如果大脑停止编织故事，你将陷入巨大困境。试想自然对话的节奏：当听到“*They are cooking apples.*”时，若你花5秒时间揣测言外之意，就会错过对方接下来的10个词，之后你绝对会摸不着头脑！

安德里亚曾这样比喻：非语言型意识像是“静音的奈飞”，语言型意识则像“播客”。

有个尚未被系统研究的疑问始终困扰着我：我们有意识的叙事机制与语言之间的关联究竟有多紧密？2020年1月的一则疯传推文揭示，并非所有人都能像我描述的那样，在脑海中“听见”语言化的思维表达。事实上，相当数量的人（包括我丈夫安德里亚）的内在思维完全不以语言形式存在。这我不禁思考：在某些平衡型大脑中，语言的表达和理解功能是否分配给了不同脑区？若是如此，这会从根本上改变你的“个人叙事”本质吗？这个故事的“非叙事性”一面会是怎样的呢？^②

我们通过观察裂脑患者得到了一些线索。大多数患者似乎更认同左脑的活动而非右脑。接受胼胝体切开术后，一位名叫薇姬的患者描述了她日常生活中的困扰：比如去杂货店购物，或是挑选当天要穿的衣服时，“我的右手伸向想要的东西，左手却会过来争夺，就像两块相斥的磁铁那样较劲”。这些案例揭示了两点重要发现：首先，当大脑左右半球被手术分离后，它们会基于各自理解世界的独特方式，产生不同的行为决策；其次，患者口头报告的主观体验，总是与其左脑的行为表现一致。

对大多数人而言，幸运的是，约1.5亿个高速神经元组成的胼胝体连接着大脑左右半球，使它们能快速交换彼此对世界的认知。因此，尽管我们仍会为穿什么衣服而纠结，但决策过程始终来自一个统一的“自我”视角，这个自我能整合两侧大脑半球的输出信息。接下来两章将重点探讨神经工程学原理，这些原理控制着大脑不同区域间的信息流动。

你的大脑实验室 不同程度的大脑运算

在继续后文章节之前，让我们回顾本章的核心概念。我们重点讨论了左右脑结构与运算方式的差异：多数人的左脑擅长“分而治之”，通过互不干扰的模块进行专项运算，这就像通过观察每一棵树来理解整片森林；而右脑则采取“整体把握”的策略，整合不同处理中心的信息，构建出连贯的情景认知。这就好比在说：“我知道自己在森林里，所以眼前这个垂直物体肯定是棵树！”

虽然极少数人的大脑结构可能与此相反，但大脑间最显著的差异仍是左右半球功能特化的程度。虽然大脑拥有两侧半球且能同时以不同视角认知世界给我们带来了诸多优势，但这种高度偏侧化结构也存在弊端——不仅更容易受到损伤，还可能导致在需要纵观全局的事务上功能较弱。

我们之前讨论过，特定功能（如语言表达或句子阅读）被分配到某一侧半球，不仅取决于左右半球的差异程度，还涉及个人执行该任务的经验积累。但更微妙的是，某些动态因素会影响大脑左右半球在各项功能中的参与比重。

卡萨格兰德和贝尔蒂尼的突破性研究为此提供了佐证。他们测量了16名健康右利手志愿者在清醒 / 睡眠周期各阶段的脑活动模式与手部灵活性。结果显示：所有受试者在清醒时左半球更活跃且右手更灵巧；但在入睡 before 和刚苏醒时，其右半球活动增强，左手反而更灵活！这意味着每天晨昏之际，我们都有机会窥见另一侧大脑的“思维活动”，尽管此时语言表达能力可能尚未完全上线。

更令人称奇的是，多项实验证实：只需长时间握紧某只手形成拳头，就能通过改变某一侧大脑半球的激活水平来影响思维方式、情感反应和行为模式。例如，部分研究表明：握紧左手（激活右侧运动皮层）会增强“回避倾向”，即对刺激物的厌恶程度；而握紧右手（激活左侧运动皮层）则会提升“趋近动机”，即对事物的喜好程度。这些发现揭示：虽然大脑偏侧化的某些特征相对稳定，但随着人生阅历的积累会缓慢演变；而在不同清醒状态或特定环境刺激下，变化可能瞬息发生。因此，当你晨起昏沉或夜寐朦胧时感觉像是变了一个人，不妨理解为这是大脑工作机制的底层差异在发挥作用。下一章我们将深入探讨大脑设计的精妙细节，解析化学物质如何塑造大脑两侧半球内外的信息传递方式。

第2章

神经鸡尾酒 读懂大脑中的化学语言

该数值存在差异，取决于你统计的是神经递质大类还是具体化合物。不过就本书讨论而言，这种差异无关紧要，因为现有研究绝大多数都集中在少数几种关键的神经递质上。

这一章我们将聚焦大脑最精妙的设计特征——神经递质。简单来说，神经递质是神经元之间传递信息的化学信使。虽然所有大脑都会利用神经递质，但人类大脑可调用数百种^①不同的神经递质。如图2-1所示，你的大脑每时每刻都浸泡在一种“鸡尾酒”中，这种“鸡尾酒”由神经递质按特殊比例调配而成。

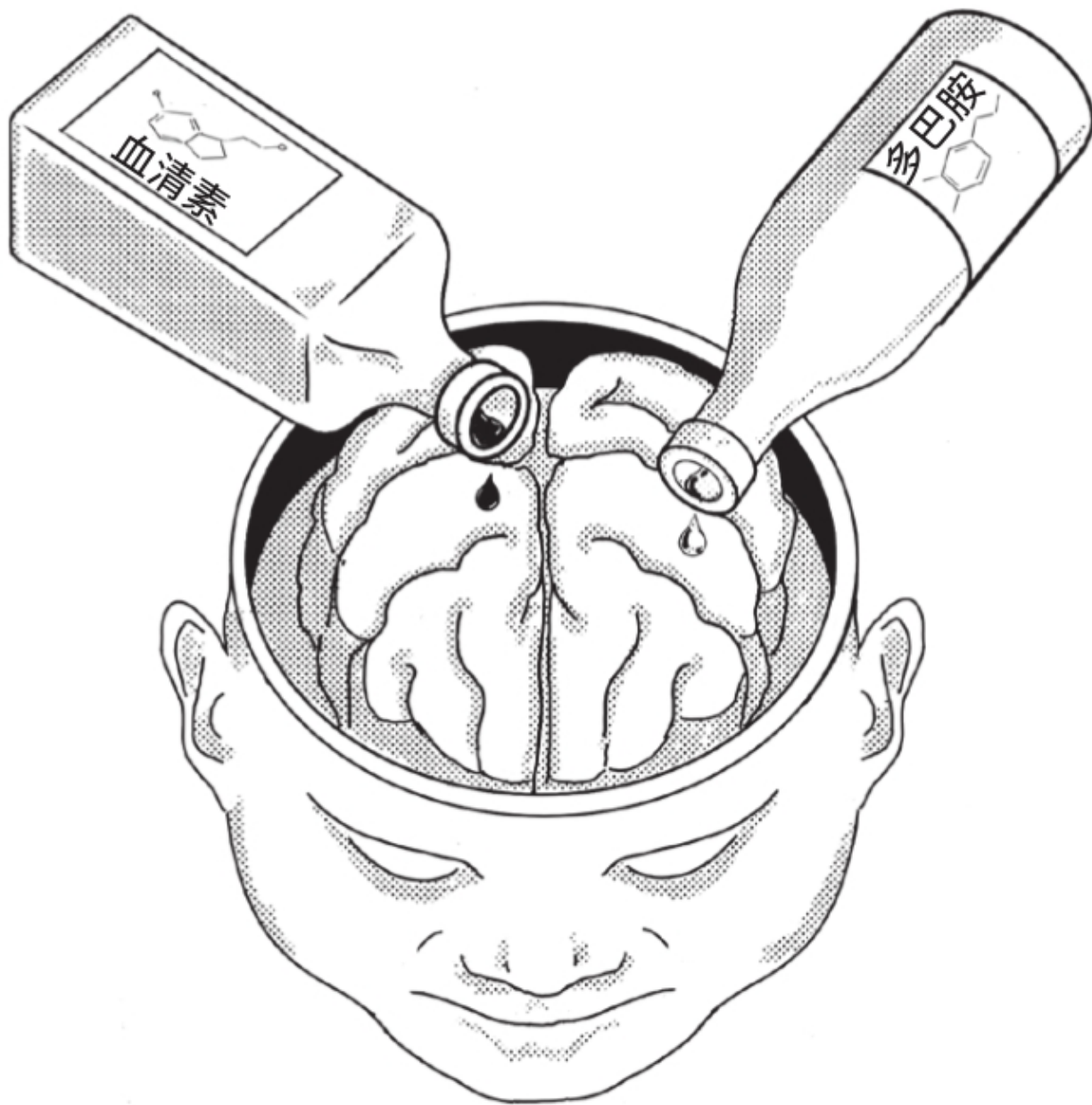


图2-1 大脑中的“神经鸡尾酒”

如果你曾和朋友一起喝过酒，或者在社交场合喝过含酒精的饮品，那你或许已经对“神经鸡尾酒”的调配有了一些直观认识。首先，改变大脑化学环境的物质能显著影响你的思维、情感和行为；其次，这种影响因人而异。这两种现象都源于不同大脑在通信系统中使用化学物质的独特方式。本章将揭示这些微小分子如何对你产生巨大影响。

根据2014年的一项调查数据，美国每日饮用至少一杯含咖啡因饮品的人口占比达85%，这还不包括巧克力摄入量呢！

以咖啡因为例，这是全球最受欢迎的“兴奋剂”。^②当你喝下咖啡、茶或其他含咖啡因饮料时，它会以多种方式改变你大脑内的化学环境。在我看来，最奇妙的是，它能提升大脑中多巴胺这种神经递质的水平。多巴胺是“神经鸡尾酒”中最重要成分之一，因为它正是大脑的奖赏回路用来传递信号的化学物质。由于所有大脑都有追求愉悦感的本能，你的多巴胺能回路深度参与着学习和决策过程。这些回路的目标是通过大大小小的决策，让你在生活中体验到尽可能多的愉悦感。如此看来，含咖啡因饮料为何如此受欢迎就不足为奇了。

现在试想，两个大脑之间的多巴胺基线水平差异，可能比你早晨饮用咖啡前后的感受差异还要显著。一个人的基线心理状态可能像你喝完一杯浓缩咖啡后的状态，而对另一个人来说，你早晨未喝咖啡或茶时的大脑状态可能就是他们最兴奋的状态。

为了更好地理解大脑“神经鸡尾酒”中的不同成分如何影响你的思维、情感和行为，让我们深入探讨上一章提及的结构、运算与功能之间的关系。首先需要了解的是，在第1章中讨论的运算差异，源自数百万甚至上亿神经元构成的网络的协同工作方式。但正如“绪论”所述，就单个神经元而言，它们执行的基本是相同的工作——通过监听周围神经元的“窃窃私语”，判断是否收集到足够证据将自身的信号传递下去。

实际上，单个神经元对语言等功能的影响程度，主要取决于它在大脑中的位置。这是因为位置决定了神经元能监听到哪些“私语”。换言之，神经元的功能几乎完全取决于它接收并处理的信息。

值得注意的是，这些经过神经重塑的雪貂的视觉功能逊于正常对照组。该现象印证了上一章讨论的核心观点：大脑特定区域的功能定位具有其生物学必然性。尽管听觉皮层能代偿视觉功能，但其处理视觉信息的能力仍相对有限。

1988年，一组神经科学家通过手术改造了新生雪貂的大脑神经连接。他们把原本传输视觉信号的神经元，接入了通常处理听觉信息的神经区域。实验培育出的雪貂竟然能用听觉皮层（大脑中负责处理声音的部位）来“看”东西。当输入与视觉相关的信号时，这些雪貂的听觉皮层最终接管了视觉功能。^③

不过人类身上也有更奇妙的神经信号交叉传递现象，比如联觉。据估计，联觉在人群中的发生率为2%~4%，表现为两种毫不相关的感官信息流在大脑中的交融。具体表现千奇百怪：有人尝到不同味道时会产生某种形状的感知（比如方形或圆形），更常见的情况是看到特定字母或单词时会联想到颜色。这个现象背后的启示是，当860亿个神经元在大脑中密集交流时，必须建立管理机制来协调这些“对话”。

正如本书核心理念所言，这个协调神经元信号重叠的工程难题，催生了多种脑部设计方案。有趣的是，这个复杂的调控空间竟存在于0.02微米（相当于头发直径的1/2 000）的神经元间隙——突触之中。正是这个微观“调酒台”，通过调控神经元间的交流效率，决定着神经元的功能特性。

要理解其中奥妙，可以用儿时的“传话游戏”作类比。游戏中，第一个人想好秘密信息，悄悄告诉旁边的人，信息依次传递直到绕完一圈。最有趣的是，原始信息传回来时往往已面目全非。比如“你想吃香蕉松饼吗？”可能变成“理想是湘江葱饼吗？”每次传递都因轻声细语（微弱信号）和嬉笑环境（背景噪声）导致信息失真。

难以置信的是，大脑运作与此异曲同工：在神经元的“传话游戏”中，神经元间的“私语”正是通过释放神经递质完成的。就像人与人之间的耳语需要借助声波传递——这种物理形式会暂时承载着信息从嘴巴传到耳朵，神经元之间交换的信息也必须暂时以“化学信息包”的物理形态存在。你的大脑最精妙的设计特征，即那些化学成分，正是以这种微观的形式塑造你的思维方式。

我知道有些人甚至不知道有些社交软件的右滑次数居然会被用完。朋友啊，这很可能与你“神经鸡尾酒”的成分直接相关。

友情提示：千万别这么做。直视太阳确实会对视网膜造成永久损伤，这不是开玩笑的。

首先，每个神经元向其他神经元传递信息的能力都是有限的。要实现这个目标，它们必须获得自己偏好的化学成分。实际上，如果某个神经元对接收到的“八卦”过于兴奋，就会把所有化学信息都释放到大脑的“神经鸡尾酒”中，导致自己暂时“失声”。这就像在社交软件上用完所有“右滑喜欢”的配额。你在直视太阳或相机闪光灯后看到的盲点，也是这种现象的现实例证。过于强烈的光线会过度刺激你眼底中的神经元，迫使它们在向神经网络传递信息时耗尽所有化学信息包。不过，直视太阳对眼睛有害，我们可以用一个安全的家庭小实验来验证这个现象。

现在请盯着下方黑胶唱片状图案（见图2-2）的中心点看10秒，然后把视线移到图案右边的空白处，或者看看周围环境，或者干脆闭眼。你可以自由体验这个安全又短暂的视觉幻象。



图2-2 “后像”小实验

现实中我们每秒会转动眼球多次。这样既能以碎片方式获取信息，又能让视觉神经元补充神经递质储备。

这时你应该会看到反转的“后像”——中央带暗圈的明亮圆盘，有点像《魔戒》里的索伦之眼。这是因为负责感受视觉中心亮光的神经元，以及负责感知外围环形暗区的神经元，它们的神经递质都耗尽了。^①当这些神经元停止工作时，负责“监听”的关联神经元会把这种“静默”状态（无法传递信号）解读成外界环境出现了相反的状况。

这个视错觉实验能让你亲身体会到：当大脑在自带“背景噪声”的信息处理过程中，试图解读外界传来的残缺信息时，会产生怎样的认知偏差。不用借助药物就能让你生动感受到，我们对现实的感知其实是大脑创造出来的。

不过，每个人的大脑中用于神经元间交流的化学物质含量本身就存在差异。比如在实验室做后像实验时会发现，有的人需要盯更久才能出现后像，有的人看到的后像持续时间更长。加州大学系统前校长、美国国家科学基金会主任理查德·阿特金森

(Richard Atkinson) 开展的系列实验就发现，个体感知后像时长的差异与催眠易感性（个体被催眠的难易程度）相关，而催眠易感性本身也受神经化学物质的个体差异所影响。

想要深入理解大脑“神经鸡尾酒”的个体差异如何影响你的思维方式、情感反应和行为模式，我们还得进一步剖析这个设计原理的细节。在后文中，我将解释调控化学信号系统的机制，以阐明不同设计选择的“性价比”。

不同神经递质水平的“性价比”

不难想象，神经递质不足会带来什么后果。正如后像体验现象所揭示的，当神经元“燃料耗尽”，就会停止传递信号，大脑的“传话游戏”也就中断了。当某些神经元陷入沉默，你感知世界的方式将发生根本改变。事实上，在美国，约有7.8%的成年人受抑郁症困扰。如果你也受这种病症困扰，就一定亲身体验过当大脑缺乏多巴胺这类能带来愉悦感的神经递质时，会引发多么严重的后果。

既然如此，大脑为什么不给每个神经元都配备无限量的神经递质呢？最直观的答案是：即使最微小的成分也会占据空间，而颅腔的容量有限。但事实上，当大脑浸润于各类过量化学物质（无论是带来愉悦感的还是其他类型）时，关于其利弊的真相远比这更复杂。

要理解“神经鸡尾酒”中某种成分过量的代价，我们需要更具体地了解神经元如何利用这些化学物质进行交流。首先要明确的是：当发送信号的神经元向邻近神经元“轻声传递”化学信号时，它无法控制谁会接收这些信号。事实上，它只是将化学信号随意倾倒入“神经鸡尾酒”中。这与孩子们玩的传话游戏截然不同——在那个游戏中，信息是以点对点的方式直接传递的。大脑中每个接收信号的神经元，都可能同时接收到上万个发送端神经元传来的信号！

事实证明，这种神经噪声具有双重性质——它既是大脑的功能特性也是生理缺陷，因为它推动着对大脑运算至关重要的信息解读过程。

这种结构设计有个弊端：会产生大量“噪声”。^②背景中游移的化学信号越多，接收信号的神经元就越难捕捉到相邻神经元“轻声传递”的信号。理论上，每个神经元发出的化学信号都应精确对应外部或内心世界的某个时间锁定事件。但如果信号未被即时接收，就会在脑内持续“回荡”。信号发送与接收的时间差越大，其时效性就越低。不难想象，这会产生一种完全不同的“噪声”。试想：当某个神经元需要综合此刻的实时信息和5分钟前的过时数据来做决策时，这对需要即时反应的日常行为而言无疑是灾难性的。因此，特定化学物质不足会导致部分脑区功能“静

默”；过量则会引发“信息串线”——错误神经元接收到信号，或正确神经元在错误时机响应，最终会严重扰乱你对周围世界的认知。

幸运的是，大脑中的化学信号传递过程并非像我描述的这般随意。首先，距离起着关键作用。当两个邻近神经元的距离只有发丝直径的几分之一时，它们接收到彼此传递的信号的概率远高于其他区域的神经元。若大脑判定神经元B需要更专注地接收神经元A而非其他邻近神经元的信号，就会启动特殊机制，让神经元B在与神经元A相邻的位置长出更多“耳朵”（受体）。看，这就是你形成学习能力的机制！

其次，为防止脑内过于“嘈杂”干扰目标信号的接收，大脑还配备了两种“降噪”方式。第一种是再摄取——这个类似回收利用的过程，让发送信号的神经元能重新吸收它们发现的未送达的化学信号并循环利用。虽然具备高效再摄取能力的神经元能以微量递质完成长程通信，但接收端神经元必须在信号被“退回寄件人”之前（打个比方）及时捕捉这些信息。第二种“降噪”的方式是代谢机制。在每个大脑“神经鸡尾酒”的复杂配方中，都存在着一种关键成分——酶。这些酶会像吃豆人吞食豆子般分解它们遇到的神经递质。当分解完成后，这些神经递质的残留物就变得无法解读。不过部分残留物仍能被发送信号的神经元重新吸收，用于合成结构完整的新神经递质。综合来看，神经系统的以下4个设计特征共同决定了你大脑“神经鸡尾酒”中各类化学物质的含量：

1. 发送神经元中的神经递质水平。
2. 发送神经元再摄取机制的效率。
3. 接收神经元上受体的数量与分布密度。
4. 分解神经元之间未传递神经递质的酶的含量。

这是因为每个受体都是一种蛋白质，它会形成特定构象，使其能够与特定神经递质精准匹配——如同锁钥相配般契合。

还有一个关键的设计特征能帮助我们了解大脑中某些关键化学成分的含量。大脑管理这场复杂且略显混乱的“传话游戏”的重要方式在于：并非所有神经元都使用同一种化学语言。虽然有些神经元能发送“双语”信息，但接收信号的神经元的每个受体都只能识别一种特定的化学语言。^⑧对于破解你大脑“神经鸡尾酒”配方至关重要的一点是：执行相同功能的神经元群会按照它们使用的化学语言自行组织。正如本章所述，特定化学物质的可用性可以追溯到特定的大脑功能，这就是我们逆向破解你大脑“神经鸡尾酒”配方的起点！

测一测：从人格特征读懂你的大脑

大量研究证实人格和气质与神经化学相关联，本章将详细讨论部分重要发现。不过，如果你想阅读当代科学文献综述，可以参考我在注释部分列出的综述论文。

显然，这些指标每天都会有波动，你需要计算这些波动的平均值，找到自己的“日常表现”水平。

逆向破解大脑“神经鸡尾酒”配方的方法之一，是从描述你日常思维、情感和行为模式的形容词列表入手。为简化流程，我参考杰拉德·索西尔（Gerard Saucier）的“微型标记”（Mini-Markers）人格测评整理了一份形容词表。本章将揭示，这些特质大多与神经化学层面的个体差异相关。^②你需要逐一思考每个词语，评估该词语能否准确描述你的日常表现相较于同龄人的水平^③，然后在-3（极不符合）到+3（极为符合）之间打分。比如我现在虽然远不如20岁时精力充沛，但确实比多数同龄人更有活力，因此对于“精力充沛”这一描述，我会给自己打+2分。

提前说明下，如果你和亲近的人看法不一致，这完全正常！无论是了解自己还是他人，都绝非易事。我们会在本书结尾探讨原因。现在，我希望你能放下顾虑，相信我：你并不孤单！

自我评估越诚实，结果越准确。如果你拿不准，或者特别有勇气和好奇心，也可以让亲近的人帮你填写问卷，然后对比结果。^④有些特质带有积极含义，比如“合作的”“友善的”等；另一些则带有较负面的意味，比如“条理混乱的”“自私的”等。这可能导致社会期望偏差（social desirability bias），即人们倾向于在积极特质上给自己打高分，在消极特质上打低分。很多人格测评会设置干扰性问题来修正偏差，但我没有这样做。记住，我的目标是帮助你认识自己，而这只是其中一步！最后要说明，这不是词汇量测试。如果遇到不理解的词，请直接查词典。如果你开始纠结某个词的细微差别或多种含义，可能就是想得复杂了。

人格特质评估

在下列每个形容词旁，请用-3到+3的数值打分，描述它多大程度符合你日常的思维、情感或行为模式（以同龄人为参照）：

-3 -2 -1 0 +1 +2 +3

极其不符 中等不符 轻微不符 中立 轻微符合 中等符合 极其符合

- | | | |
|-----------------|------------------|----------------|
| 1. 焦虑的 _____ | 11. 理智的 _____ | 21. 粗鲁的 _____ |
| 2. 大胆的 _____ | 12. 嫉妒的 _____ | 22. 害羞的 _____ |
| 3. 冷静的 _____ | 13. 友善的 _____ | 23. 自私的 _____ |
| 4. 冷漠的 _____ | 14. 情绪化的 _____ | 24. 有条理的 _____ |
| 5. 合作的 _____ | 15. 紧张的 _____ | 25. 健谈的 _____ |
| 6. 有创造力的 _____ | 16. 外向的 _____ | 26. 胆怯的 _____ |
| 7. 条理混乱的 _____ | 17. 有思辨能力的 _____ | 27. 不嫉妒的 _____ |
| 8. 高效执行的 _____ | 18. 务实的 _____ | 28. 不屈服的 _____ |
| 9. 精力充沛的 _____ | 19. 安静的 _____ | 29. 孤僻的 _____ |
| 10. 天马行空的 _____ | 20. 从容的 _____ | 30. 担忧的 _____ |

汉斯·艾森克 (Hans Eysenck) 和杰弗里·格雷 (Jeffrey Gray) 提出了最具影响力的两种人格生物学基础理论。艾森克的人格理论包含三个基本维度：外倾性 (extraversion)、神经质 (neuroticism) 和精神质

(psychoticism)。格雷的理论则基于两个维度：焦虑性 (anxiety) 和冲动性 (impulsivity)。如果想深入了解，我在注释部分附上了杰拉尔德·马修斯 (Gerald Matthews) 的一篇文章，它对这两个理论进行了很好的对比分析。

我们将通过这些得分来评估你在两种不同人格维度上的倾向。不过在此之前，我想先解读人格科学的基本原理。需要说明的是，针对数十万人开展的大量人格研究表明，某些人格特质会呈现出“聚类”现象。以“焦虑的”和“嫉妒的”为例：前者指担忧、恐惧或心神不宁的状态，后者则是因渴望他人所有之物，或怀疑爱慕对象对他人有意而产生的负面情绪。如果让你回忆自己曾感到焦虑但不嫉妒的时刻，或是相反情形，你应该能很快想到具体事例。有趣的是，那些自认为比常人更容易焦虑的人，通常也会自评比常人更容易嫉妒；反之，较少感到焦虑的人通常也较少嫉妒。这表明存在某种更基础的人格因素，影响着这些心理状态的联动变化。尽管专家们仍在争论需要多少维度才能完整描述人类思维、情感及行为模式的差异，但学

界普遍认同这些维度差异与我们的神经生物学差异密切相关。^②我选择的两个维度，正是与神经化学层面的个体差异关联最为密切的维度。

请注意这只是快速了解人格特质的简便方法。许多专业测验会采用更复杂的分析方法，来确定你在人格的多重维度中的具体位置。

要计算你在第一个维度的得分，首先统计以下4个正面特质形容词的总分：大胆的、精力充沛的、外向的、健谈的。然后统计以下4个负面特质的总分：安静的、害羞的、胆怯的、孤僻的。统计完成后，请将第二个总分乘以-1，因为这些特质的维度与前一组特质相反。例如，如果你非常认同安静、害羞、胆怯和孤僻这些特质，最终得分可能在-12分左右；如果完全不认同这些特质，最终得分可能在+12分左右。将两个分数相加后除以8，就能得到第一个人格维度的平均分。^③此时得分应处于-3到+3的范围，你可用此验证计算是否正确。

接下来计算第二个人格维度的得分，计算方法基本相同。首先统计以下3个正面特质形容词的总分：冷静的、从容的、不嫉妒的。接下来计算以下5个负面特质的总分：焦虑的、嫉妒的、情绪化的、紧张的、担忧的。由于这些特质的维度与前一组特质相反，请将该总分取相反数。将两个分数相加后除以8，得出你在第二人格维度的平均分。瞧，我们已经获得调制你的“神经鸡尾酒”的前两条线索啦！现在就开始解读这些分数的含义吧！

你有多典型

在深入探讨神经化学层面的个体差异与人格特质相关联的细节之前，我希望你先理解：这份评估能揭示你的神经化学特征有多典型。这不仅有助于你了解自身特质，还能让你意识到，那些不考虑个体差异的神经化学研究，究竟能在多大程度上反映你大脑的独特运作方式。人格特质通常呈现“正态分布”，这个统计学术语描述的是典型性随着变量取值变化而呈现的分布规律。简单来说，若变量呈正态分布，则多数人的取值会聚集在该变量的平均值附近，在上述的评估中，这个平均值为0。当数值向平均值的左右两侧偏移时，对应取值的人群数量会快速减少。这种分布图形常被称为钟形曲线，因其形状酷似教堂钟楼悬挂的铜钟而得名。基于这一规律，我认为大多数人（68%~70%）会在每个维度上居于中间区域，得分集中在-1至+1区间。占比25%~27%的第二大群体，得分分布在-1至-2或+1至+2区间。在分布图的两个极端区域，预计有4%~6%的人得分超过+2或低于-2。你的分值越接近分布曲线的两端，你的大脑中含有接下来要讨论的某种成分的水平越可能显著高于或低于常人。

多巴胺：快乐的“幕后推手”

在第一个维度获得高正值的人群，通常自认为属于外倾型——这个名称指代那些“向外关注”，通过外部事物寻求心理刺激的人格特质群。反观第一个维度得分较低者，则更可能自认属于内倾型——这类人格特质表现为“向内关注”，更倾向于通过自身思想情感而非外界环境获得心理满足。不过正如前文所述，多数人的得分更接近中间区域，展现出平衡运用内外世界获取刺激的特质。无论你在此维度上处于何种位置，多项研究证实，多巴胺传递系统都至少在一定程度上决定了你的这种倾向。要理解这个机制，我们需要探讨大脑中通过“令人愉悦的多巴胺”传递信号的神经元共同追求的目标：获得奖赏。

本章前面部分已通过咖啡因的作用机制，向大家介绍了大脑的快乐信使——多巴胺。但这个类比并不完美，因为咖啡因对你的神经系统还会产生其他与多巴胺无关的刺激作用。此外，如果你是那种每天饮用至少一杯含咖啡因饮品的人，它可能只会轻微提升你的多巴胺水平，具体原因稍后会解释。现在，请允许我为你完整解析多巴胺介导的愉悦反应机制。

碧昂丝再次领衔压轴！

想象这个场景：你正在参加一档名为《大脑自有主张》（*The Brain Wants What It Wants*）的全新热门游戏节目。游戏规则是选择两个选项中能触发大脑释放更多多巴胺的那个。只要选对，就能赢得奖品！在1号门后，是全程免费的水疗养生中心之旅，坐落在天气宜人的世外桃源般的山间；在2号门后，则是科切拉音乐节的后台通行证和VIP席位。^②你会如何选择？想要赢得比赛，你只需选择自己最渴望的奖品。原理看似简单，背后的机制却颇为复杂。因为大脑希望你获得愉悦感，它会驱使你做出它认为能带来最大回报的选择。大脑预期能获得的多巴胺越多，就会越强烈地促使你渴望某样事物。

当然，冥想与饮酒这两种方式提升大脑多巴胺水平的机制，以及伴随的健康效益或风险存在本质差异。正因如此，我推荐前者而反对后者。但我想说明的是：人们对这两种活动的愉悦感知程度，本质上取决于其大脑多巴胺反应的强度。

但等等，我们讨论多巴胺的起点是某种能增加大脑多巴胺含量的药物，现在怎么说到水疗养生和科切拉音乐节了？事实上，从冥想练习到饮酒，任何让你感觉愉悦的事物都会提升大脑中的多巴胺水平，至少是暂时性提升。^③无论是感官上的愉悦体验，还是心理上那种超然的幸福感，只要是让你感觉愉悦的时刻，都离不开多巴胺的作用。

搞笑动物梗图和鱼水之欢能轻松胜过这些刺激，不过我的私事就此打住。

归根结底，多巴胺就像大脑用来评估生活中所有可能事件的“奖赏价值”的积分系统。换句话说，如果把人生比作电子游戏，你体内多巴胺的浓度就是大脑判断你是否在“通关”的指标。有趣的是，如果排除那些直接影响多巴胺的药物，除非测量你对不同事物的神经化学反应，否则我们根本无法判断你的大脑“积分系统”如何运作。这个关于“事物相对美好程度”的实时评分体系，对每个人来说都是独特的。比如在炎炎夏日，我觉得一杯加柠檬的冰茶比白开水好喝，但远比不上香草冰激凌。而一句真诚的赞美又比香草冰激凌略胜一筹，不过具体还要看是谁给的赞美。^①

我说了这么多，与外倾型或内倾型人格特质有什么关系呢？显而易见，外倾者与内倾者会对某些活动，尤其是涉及人际互动或寻求外界刺激的活动，产生系统性的价值判断差异。这些不同的价值判断会促使他们做出不同的选择。不过，这种差异背后还存在与多巴胺相关的深层原因，能解释为何两类人会有不同的追求。

我们将在第6章深入探讨这一机制。

要理解这一点，我们需要了解大脑如何像用胡萝卜引诱毛驴那样，通过多巴胺来驱动行为。长话短说，在你清醒的每时每刻，大脑都在玩着《大脑自有主张》这个游戏。关键区别在于：你通常既不知道每扇门后藏着什么，也无法预知选择的结果，毕竟大脑无法预见未来。它只能根据过往经验，推测1号门或2号门哪边能带来更多愉悦感。^②

简而言之，当大脑在生活中的某一扇“门”后面发现意想不到的好东西时，就会释放多巴胺。这不仅让人产生愉悦感，还会在大脑内创造促进学习的条件。为了帮你未来获得更多奖赏，多巴胺信号会增强神经可塑性，让大脑通过结构变化，使参与决策的神经元群在未来能够更高效地传递信息。这样一来，即使你时隔多年再次遇见那扇“门”，哪怕记忆已经模糊，大脑仍会促使你想要再次推开它。

当然，在现实真人秀版的《大脑自有主张》中，我们往往需要推开许多扇门才能找到心仪的奖赏。试想某个炎热的夏日，你来到一个陌生街区散步。走到岔路口时，你完全随机地决定左转，毕竟这是你第一次来这个地方。令人惊喜的是，往前二十几米竟有家路边小店正在售卖你最喜欢的夏日零食！此刻你的大脑已经预见到接下来的场景，因为你以前去过售卖这些零食的小店。你知道可以买到它们，而且味道绝对美妙！于是大脑的渴望机制启动——“推开店门，”它说，“然后排队。”它轻轻“催促”你：“现在开口说出你想要什么，再付款！”

虽然你可能觉得这些举动理所当然，但每一个让你接近奖赏的微小动作，都是由大脑的多巴胺奖赏回路精心塑造的。当你吃到美味的零食时，你的大脑中会大量释放多巴胺，发出强化信号的指令。这些信号能加强那些参与了您一系列正确决策的神

神经元之间的联系。从生物学层面看，这些变化体现为神经网络中神经元连接强度的增减；从行为层面看，这些调整会让你未来更倾向于做出能带来奖赏的选择。

但要真正理解这个系统如何导致外倾型或内倾型人格，还需要注意一个关键细节。无论面对何种结果，大脑释放的多巴胺越多，这种学习效应在大脑中就越强烈。假设那家小店卖的是你第二喜欢的零食（而不是最爱的），那么你在同样路口左转的概率，甚至再次决定去那个街区散步的意愿，都会略微降低。

这里我要特别提及查兰·兰加纳特（Charan Ranganath）作为合著者，因为他在本书后续关于好奇心的研究领域中再次作为杰出学者出现。在此简单提及查兰·兰加纳特，我多少有些愧疚，毕竟是他教会我MRI的物理原理，但受限于篇幅，我不得不略过自旋回波、k空间等技术细节。若你感兴趣，搜索“磁共振成像原理”和“美国国家卫生研究院”，就可以找到一篇配有视频的优质文章！

而这正是内倾者与外倾者的差异所在。研究表明，当外倾者获得意外奖赏时，他们的大脑所释放的多巴胺会比内倾者在同等价值事件中更多。我的研究生同学迈克·科恩（Mike Cohen）——他自称是“偶尔外倾的内倾者”，与其导师查兰·兰加纳特^②及其研究团队，是最早在实验室验证这一现象的研究者。他们使用的工具，正是包括我在内的神经科学家研究人脑运作的利器：磁共振成像（MRI）。这里不赘述其物理原理^③，但做过医学MRI检查的人都知道，这种技术能生成人体不同组织的三维高清图像。常规MRI已能呈现大脑结构的精细图像，而30多年前发明的一种更精妙的技术更令人惊叹，它让我们能实时观察大脑的活动状态。

简而言之，当耗能巨大的大脑开始运转时，身体会通过增加含氧血液的供应来提供能量。MRI设备对不同组织特性的敏感度极高，甚至可以精确测量血液中的含氧量变化。由于大脑的能耗极高，含氧血液会根据需求被输送到最活跃的特定区域。只要受试者能将头部完全静止地置于狭窄的扫描舱内，通过耳机聆听指令，或是借助眼前镜面反射观察电脑屏幕，我们就能实时观测其大脑活动。尽管我从事这项研究已近20年，但每当想到此仍会激动得起鸡皮疙瘩。这真的太酷了！

在科恩的一个实验中，躺在MRI扫描仪里的受试者需要完成类似《大脑自有主张》游戏的科学简化版测试。每个试次中，受试者需决定要么选择“安全”门，门后的奖励是1.25美元，有80%的概率获得；要么选择“风险”门，门后的奖励是2.50美元，但仅有40%的概率获得。与现实中的真实决策不同，这项研究的受试者清楚知道每种选择的确切概率。但就像爱算术的朋友可能已经想到的：长期来看，随便选哪扇门，最终能拿到的钱其实差不多。如果是你，会怎么选呢？

不知道各位如何，我每次看到天气预报说有10%的概率下雨，结果真下了，还是会觉得郁闷。这确实挺傻的，毕竟我住在西雅图（著名雨都），而且从统计角度说，预报说有10%的概率下雨，10次里确实应该有1次会真的下雨。

结果发现，不管是内倾者还是外倾者，都不喜欢选择门后大概率空无一物的门，所以两组都更倾向于选“稳妥”选项。不过就算是“稳妥”选项，也藏着不确定性，这才是研究者真正关心的重点。就像现实生活里，知道事情发生的概率，和它到底会不会发生，完全是两码事。^②科恩团队真正想研究的，其实是大脑在结果揭晓瞬间的实时变化：我到底赢钱了吗？研究结果在两组独立受试者身上都得到了验证：越是自认为外倾的人，大脑对获得奖赏时的神经反应，比未获得奖赏时强烈得多；反过来，越觉得自己内倾的人，大脑对是否获得奖赏的反应差异就越小。

这个实验虽然没直接检测神经递质，但间接证明了内倾者和外倾者的多巴胺传导机制不同。这个实验为研究此机制提供了第一条线索，外倾者“获得奖赏”后耗氧量变多的脑区，正是主要靠多巴胺传递信号的区域。这里面有个关键证据——伏隔核。这个区域和多巴胺奖赏机制联系极为紧密，所以大家干脆叫它大脑的“快乐中枢”。

若需深入了解细节，Taq1A基因位点与多巴胺D2型受体的表达相关。该受体对多巴胺系统中的神经元活动具有抑制作用。关于该机制的重要意义，我们将在第6章深入探讨。

第二条线索更像是一串指引方向的“面包屑”，而不是板上钉钉的证据。在第二个实验中，科恩及其研究团队对受试者进行了基因检测，寻找一种特定基因变体（等位基因）。这种基因会影响人体内某种多巴胺受体的数量。^③当他们比较不同等位基因携带者的脑部反应时，发现结果与内倾者/外倾者的大脑反应差异高度相似：其中一组对不确定性奖赏的反应明显强于另一组。当然，如果不同等位基因携带者的自评外倾程度也存在显著差异，这个结论就能完美闭环。但科恩的研究受限于样本量过小（总样本仅16人，其中9人携带某等位基因，另外7人携带另一种等位基因），无法得出统计学意义上显著的结论。

5年后，卢克·斯迈利（Luke Smillie）及其合作者通过更大规模的研究补全了这个证据链。他们的实验将同一等位基因与外倾型人格关联起来，且实验样本数量（共224名受试者）远大于此前研究。他们发现：携带科恩的研究中“高奖赏敏感性”等位基因的93名受试者，其外倾程度显著高于未携带该等位基因的131名受试者！

这正是最初吸引我进入该领域的那种泳帽式电极帽所依赖的技术。

虽然困难但这并非不可能。目前已有许多精密算法，它们通过分析全脑电活动的变化，并将解剖学限制因素纳入考量，来建立模型，以推测头皮特定区域所观测到的电活动的“源头”。

此后，斯迈利团队持续从基因和神经反应两个维度收集证据，揭示外倾型人格与多巴胺系统的关联。他们的研究采用了另一种主流脑功能检测技术，即与MRI形成互补的脑电图（EEG）^⑤。脑电图通过在头皮放置传感器，捕捉大规模神经元集群的同步放电。其原理在于：当神经元积累足够电信号进行跨细胞传递时，细胞膜内外会出现短暂极性变化。令人惊叹的是，当足够多的神经元同步放电时，这种电活动甚至能在颅外被检测到！虽然脑电图难以精确定位信号来源^⑥，但它能以毫秒级精度呈现脑活动的动态变化。

由于该技术比MRI早诞生数十年，神经科学家已积累了大量证据，用于研究当人们“打开一扇隐喻之门”，发现意外奖赏或未获得奖赏时，脑电活动会发生怎样的变化。具体来说，当获知事件结果时，脑电极性会出现显著的负向偏移，这种现象被恰当地命名为“反馈负波”（feedback-related negativity），它总能稳定出现。相较于MRI，脑电图更为经济实惠，这使招募大规模受试者进行具有统计学效力的个体差异研究更具可行性。

在2019年的一项研究中，斯迈利及其合作者收集了100名受试者的数据，使用脑电图测量人们在获得意外奖赏与奖赏意外落空时的大脑反应差异。每位受试者还完成了三项人格测评，包括前文提及的“微型标记”人格测评——本章所用的人格特质评估就改编自这项测评。与科恩团队的研究结果一致，斯迈利的研究发现，对意外奖赏的神经反应增强，在三项人格测评中均与外倾性这一特质存在特异性关联，而与其他人格特质无关。

现在，让我们将这些发现与已知的多巴胺奖赏网络知识相结合，解析你的人格。研究表明，你的外倾程度越高，大脑在发现意外奖赏时的反应就越强烈。这好比说，每当生活带来惊喜，外倾者就能获得额外的快乐积分。这从化学角度解释了为何外倾者的自评普遍比内倾者更快乐、更乐观。既然偶遇好事带给外倾者的愉悦感更强烈，他们主动寻求外界刺激也就不足为奇了。正如前文所述，更强的多巴胺反应不仅关联着更高效的学习能力，也关联着再次获得奖赏的强烈动机。

但这种大脑设计特征的代价又是什么呢？为什么过度快乐反而会有负面影响？答案在于我们需要启动的自我控制机制，它能帮助我们压制住那些虽能带来愉悦感却有害的诱惑，特别是当这些东西本身对我们并无益处时。

多巴胺的“诱人呼唤”之强烈最早是在20世纪50年代被证实的。当时科学家将电极直接植入大鼠脑中负责释放多巴胺的区域，这个区域原本会在遇到好事时自然释放

多巴胺。当大鼠按压特定杠杆时，微电流就会刺激它的大脑，引发多巴胺的疯狂释放。根据我们现在对多巴胺的了解，或许你能猜到，大鼠很快就学会了主动按压杠杆，并且对此保持着强烈的动机。事实上，根据《科学美国人》（*Scientific American*）相关研究报道，这些大鼠每小时能按压这个带来愉悦感的杠杆5 000次，有时甚至连续24小时不停歇！

研究人员进一步通过后续实验，测量了多巴胺对这些大鼠的吸引力究竟有多强。当面临食物与快乐杠杆的选择时，即使已经多日没吃东西，大鼠们几乎都会选择后者。这一结果让我们直面多巴胺反应过强的主要代价：在这场《大脑自有主张》游戏中，愉悦感永远占据上风。

但生活中有太多时刻需要我们抵制即时愉悦感的诱惑，或因为它们本身有害，或为了等待未来更好的回报。对多巴胺反应越强的人来说，抵制这种诱惑就越困难。就像我拒绝冰茶比拒绝冰激凌容易，而多巴胺反应较弱的内倾者对两者都能更轻松地说不。事实上，斯迈利发现，外倾者中更常见的基因变异类型已被证实与肥胖存在关联。反过来，多巴胺不足会导致快感缺失，也就是无法感受快乐，这种情况常见于抑郁发作期。

但需要特别说明的是，无论你在内倾 / 外倾维度上处于什么位置，多巴胺都只是数百种神经递质中的一种。就像大脑的其他设计特征一样，它对行为的影响还与其他诸多因素密切相关。下一节我们将重点讨论血清素，这是一种与多巴胺有着奇妙互动关系的神经递质。

血清素：“贪心”与“知足”间找平衡

当然，除非你直接往它们脑子里注射血清素！在验证金鱼是否会暴食致死的过程中，我偶然发现一项研究：研究人员将血清素分别注射到金鱼的脑和肠道中，结果发现脑部注射会降低食欲，肠道注射则没有这种效果。

尽管多巴胺在快乐领域占据主导地位，但它能带来多少愉悦感，很大程度上取决于另一个关键要素——血清素。缺乏血清素时，多巴胺水平高的人可能会像林-曼纽尔·米兰达（Lin-Manuel Miranda）的音乐剧中塑造的亚历山大·汉密尔顿（Alexander Hamilton）那样，始终执着于追求更多，却永不满足。这是因为血清素是传递“满足”信号的神经递质，恰好与多巴胺传递的“驱动”信号形成了至关重要的阴阳平衡。在很多情况下，这两种神经递质的水平呈现此消彼长的关系。当生活中某个机遇背后暗藏奖赏时，多巴胺水平会升高，推动你去追寻美好事物；而一旦获得想要的东西，血清素就会发出满足信号，这种信号既真实存在又象征着“满足”的感觉。事实上，人体90%的血清素都产生于消化道。当大脑神经元通过血清素传递信息时，这种神经递质会抑制多巴胺的活动，从而减轻我

们的“渴求感”。如果没有血清素传递的满足信号，人类就会像金鱼一样——只要有机会就会把自己活活撑死！^②

那么，血清素信号系统功能较弱的人会怎样呢？答案似乎取决于多巴胺的活动水平。举个例子，当血清素水平下降、多巴胺水平升高时，冲动行为确实会增加，也就是说会更容易不假思索地冲动行事。这里有个关键点：血清素能帮助人类（和动物）在行动前停下脚步、进行思考，这说明它的作用不只是告诉你“已经足够了”。就像多巴胺参与预测奖赏那样，很多神经科学家认为血清素还参与学习如何避开令人反感的事物。

但多巴胺和血清素在其化学结构上其实有关联，所以某些导致血清素水平降低的因素，也可能同时使多巴胺水平随之降低。比如单胺氧化酶（monoamine oxidase，简称MAO）水平过高便是这类情况的典型例子。这种酶既能分解多巴胺也能分解血清素，让它们失去传递信号的功能。神经系统中单胺氧化酶含量高于平均水平的人，通常多巴胺和血清素水平都偏低。当这两种神经递质都处于低水平时，人可能会既缺乏动力又无法满足，就像明明饿着肚子，却对找食物毫无兴趣。最早用来治疗抑郁症的药物，就是通过抑制单胺氧化酶的活性来增强大脑中血清素和多巴胺的信号传递。

或许更准确的说法是：这类药物对血清素的直接影响比对多巴胺更大。由于多巴胺和血清素在大脑中具有多个层面的相互作用，想要单独调控其中一种神经递质而不对另一种产生影响，几乎是不可能的。

你可能已经猜到，由于血清素和多巴胺存在复杂的相互作用，要准确判断体内血清素含量非常困难。我们可以参考你在本章的“人格特质评估”中第二个维度的得分来找线索，这一人格维度负向表现为焦虑或神经质倾向，正向表现为情绪稳定。虽然大量研究将血清素传导通路与这个维度相关联，但结论远不如多巴胺与外倾性之间的联系那么明确。一些常用的现代处方药就是通过调节血清素水平来治疗焦虑或抑郁的。^③这类被称为选择性血清素再摄取抑制剂（SSRI）的药物，其工作原理是阻断发送神经元对血清素的再摄取功能，让未被接收的信号在突触间隙留存更长时间，从而增加它们找到合适神经元受体的机会。

这似乎暗示：在本章的“人格特质评估”中第二个维度得分较低的人，可能存在血清素传导水平偏低的情况。不过，即便我们只关注这一个线索，你可能也已经注意到血清素水平和情绪感受之间的关系存在令人困惑之处。抑郁和焦虑给人的主观体验似乎截然不同，为什么同一种药物能同时治疗这两种病症呢？

事实上，这类药物并非对所有人都有效。根据治疗症状的类型和严重程度，有研究估计约1/3的患者在使用SSRI药物后未见改善。读过前文的读者对此应该不会太意

外——心理健康正如产生心理活动的大脑一样复杂；而抑郁和焦虑的症状，也像健康行为那样具有多面性。正如ADHD患者在不同情境下可能表现出不同程度的症状。改变大脑中的血清素水平，会如何影响你的思维、情感和行为，这取决于大脑内外其他因素的综合作用。在接下来的章节中讨论血清素水平差异与特定思维方式、情感反应及行为模式的相关性研究时，请牢记这一点。

鉴于血清素传递的主要功能之一，是向多巴胺能回路发送“满足”信号，而通过SSRI提升血清素水平似乎能帮助许多人稳定异常行为，人们很容易认为“神经鸡尾酒”中血清素含量越高越好。事实上，由于血清素水平低下常与抑郁症相关，它甚至被不少人称为“快乐递质”！但这种理解并不准确。至少在“正常”（非功能失调）范围内，多项研究表明血清素水平过高反而对应着在本章的“人格特质评估”中第二个维度得分更低，即更焦虑。

需要说明的是，虽然该研究中基因变异对焦虑相关人格特征存在显著影响，但其解释力相当有限——仅能解释人格特质总体变异的3%~4%。若单看遗传变异部分，这个血清素基因也仅能解释7%~9%的差异。

例如，多项基因研究将和焦虑或神经质相关的人格特质与影响血清素自然再摄取的基因变异进行对比。携带该基因的长等位基因的人，其血清素再摄取通道（血清素转运体）的数量，是短等位基因携带者的1.7倍。由于这些通道负责回收血清素，即将未传递的信号重新吸收回发送神经元以备后用，短等位基因携带者的神经系统中往往残留更多血清素。假设其他条件完全相同，这类短等位基因携带者的思维方式、情感反应和行为模式，应该与接受SSRI治疗的患者存在相似之处。有一项针对505名携带该基因不同变体的受试者进行的研究发现：平均而言，相比于携带长等位基因的群体，携带短等位基因的群体在与焦虑相关的人格特质上的自评得分更高！^②然而，尽管该研究样本量很大，但在后续试图验证血清素再摄取基因与焦虑具有关联性的研究中，这一结果却未能被稳定复现。

这究竟是怎么回事？

如果篇幅允许，而你也有足够的精力去了解，那我肯定会详细说说这件事：血清素对你的影响其实还取决于它碰到的是15种血清素受体里的哪一种，以及这些受体具体在大脑或身体的哪个位置——不过真要讲清楚这些，光这个话题本身就够写一整本书了。

关于这种矛盾现象，第一种解释是，与焦虑相关的人格特质尚未被完全解析。或许嫉妒和焦虑实际上并非由相同的大脑机制驱动？通过对26项相关研究的元分析发现，当把血清素再摄取基因与神经质相关的人格结构联系起来时，结果会因研究所采用的具体人格测评工具不同而产生差异。这说明血清素水平对人格特质的影响程

度，很大程度上取决于评估焦虑或神经质相关特质时使用的测评工具的具体内容。第二种解释是，血清素再摄取基因与焦虑相关的人格特质的关系，其实取决于多巴胺水平，而相关研究往往忽略了多巴胺水平的影响。正如前文所提到的，多巴胺水平较高者对血清素水平变化的感知方式，很可能与多巴胺水平较低者存在明显差异。第三种解释则认为，焦虑与血清素的关系会受到外部环境的影响，即个体经历的压力性刺激或“需规避”刺激的数量。在后文中，我们将通过梳理不同大脑应对压力的研究，进一步探讨第三种解释！^⑤

皮质醇：压力来袭，大脑如何应对

这解释了为何调节大脑的血清素水平能同时改善抑郁和焦虑——二者都可能源于异常的应激反应。

首先要说明，压力本身未必是坏事。虽然我们大多将其与不良心理状态联系起来，但从神经科学角度看，压力其实是大脑和身体应对环境需求时产生的自然反应。不论是人际冲突、寒冷饥饿等生理压力，还是单纯身处陌生环境，大脑的应激反应都在为身心应对做准备。但正如你根据前文和自身经验所推测的，不同大脑应对压力的方式千差万别。例如，抑郁症常被视为大脑对环境压力源产生了非典型或功能失调的反应。^⑥

健康大脑虽有多重应激反应，但所有典型反应都涉及神经化学变化。大脑应对压力的首要反应通常与肾上腺素和去甲肾上腺素有关，它们负责触发“战斗-逃跑”反应机制。当这两种物质被释放到大脑和血液中，会引发连锁生理反应——从心率加快、血糖升高，到肺部肌肉舒张促进呼吸。当你遭遇险情后感到颤抖眩晕时，正是这两种激素在发挥作用。

不过，经常锻炼确实有好处哦！这值得坚持。

遗憾的是，现代人面临的许多压力源，其持续时间远超大脑在进化过程中所适应的，可用“战斗-逃跑”反应来应对的压力源。当压力源持续存在时，大脑就会释放出一种“马拉松式”应激激素——皮质醇。从进化角度看，皮质醇的生理机制旨在帮助人类在不可避免的长期压力下节省能量。为此，它会减缓新陈代谢，阻断胰岛素发出的“将血糖分解释放能量”的信号。但现实是，除非你是阿甘，否则我们如今面临的持续性压力源，比如为家庭建立经济保障，都无法通过“逃跑”来解决。^⑦由于我们的大脑和身体本就不是为承受长期压力而设计的，皮质醇水平持续升高会带来诸多健康隐患。

这种压力诱导方法在相关研究中很常用。显然，对多数人而言，公开演讲和被评价的双重压力足以让实验受试者感到高度紧张。

根据一项针对21 000对芬兰双胞胎的研究显示，重大生活压力事件会导致自评神经质水平发生变化。自全球疫情暴发后，若这些与焦虑或神经质相关的人格特质评估的“平均”得分竟未出现变动，那才奇怪呢。

那么，血清素水平的个体差异如何与身体的神经化学应激反应相互作用呢？鲍德温·韦（Baldwin Way）和谢利·泰勒（Shelley Taylor）设计了一个巧妙的实验：他们收集了182名健康年轻人的基因数据，检测其血清素转运体等位基因属于短型（血清素再摄取效率低）还是长型（血清素再摄取效率高）。随后，所有受试者被随机分配到低压力或高压力实验组。两组受试者都需要用5分钟准备一段演讲，内容是阐述自己为何适合某虚构职位，区别在于：低压力组独自在房间录制演讲；高压力组则需当众演讲，接受评委团实时评判。^②研究人员通过测量唾液中的皮质醇浓度来记录应激反应，分别在实验开始时，以及之后20分钟、40分钟和75分钟采集样本，其中最后一次采集的时间点远在演讲结束之后。结果显示：高压力组的皮质醇水平波动幅度普遍大于低压力组。但关键在于，在高压情境下，携带短等位基因的受试者因血清素再摄取效率低，神经突触中的血清素信号持续时间更长，其皮质醇水平的升幅显著高于长等位基因携带者。然而在低压力条件下，两组受试者的皮质醇水平则没有显著差异。综合来看，这些发现表明：血清素再摄取能力的个体差异与自我报告的焦虑特质之间的关联，在人们暴露于高强度环境压力源时，会比低压力环境下表现得更为明显。^③

这个案例的启示，你或许已经觉得耳熟了——大脑的任何设计特征都不是孤立存在的。相反，每个特征都是为了对特定类型的环境触发因素做出恰当反应而演化形成的。在第1章中，我们讨论过大脑两侧半球的宏观结构，以及两侧半球间差异如何与你的人生阅历相互作用，共同塑造大脑解决复杂问题的方式。本章则探讨了不同神经元如何通过特定的化学语言组织为功能特化的网络，以及不同环境触发因素如何加剧这些网络通信方式的个体差异。下一章，我们将讨论最后一个影响神经元连接方式的设计特征，正是这个特征决定了当相同环境触发因素出现在不同情境中时，你的大脑能以多强的灵活性做出响应。不过在此之前，让我们先总结一下本章的核心观点及其对理解大脑运作机制的启示。

你的大脑实验室 大脑化学平衡的差异

我们将在本书最后一章讨论另一种重要的神经递质——催产素。

在回顾本章细节之前，请允许我为你的右脑提供宏观视角的认知框架，以便理解所有这些内容的意义。首先，请记住：虽然驱动你独特思维、情感和行为模式的神经递质有数百种，但我详细讨论的只有三种，即多巴胺、血清素和皮质醇。^④即使在这个极度简化的讨论范围里，你也能发现事情会迅速变得复杂。因为这些化学物质对你的影响，不仅取决于你身处的环境，还取决于大脑里其他通信系统的运作。

还有一个我尚未提及的因素，会让这种微妙的平衡更加复杂，即你的大脑会通过自我调节，维持它偏好的化学物质水平。本章开头提到的4个设计特征：发送神经元中的神经递质水平、接收特定化学信号的受体数量、神经元回收递质的再摄取能力，以及分解神经递质的酶的含量——它们共同构成了大脑的化学通信系统。很少有人意识到，当你通过大量喝咖啡或服用抗抑郁药物人为改变神经化学状态时，大脑往往会调整其他设计特征来抵消这些变化。比如，针对提升多巴胺水平的药物，大脑可能会减少多巴胺受体的数量，或者增加分解多巴胺的酶的数量。这种机制不仅会让药物效果逐渐减弱，突然停药时还会引发多种戒断反应。例如，当大脑适应了每天喝多杯咖啡的状态后，大脑会重新校准系统，把特定咖啡因摄入量视为基准水平。因此，当人们大幅减少咖啡因摄入量时，常会出现头痛、注意力涣散、情绪低落等一系列症状。值得庆幸的是，这些症状平均只持续2~9天，因为一旦停止摄入这类物质，大多数人的大脑会再次调整，重新适应基准水平。

这些基本机制很重要，它们能帮助我们认识神经化学系统的差异如何影响你感知世界的方式。本章介绍的多巴胺奖赏回路显示：自认为外倾的人，当遇到意外的好事时，其大脑会分泌更多带来愉悦感的多巴胺，从而更可能重复相关行为。但过量多巴胺，特别是在缺乏带来满足感的血清素时，容易导致沉迷于成瘾行为。相反，多巴胺分泌不足则与缺乏动力、感受不到快乐有关，这正是抑郁症的核心特征。在第4章与第6章中，我们将更详细地探讨多巴胺在注意、动机和决策过程中的作用。

我们曾提到，在理想状态下，多巴胺与血清素就像大脑中的阴阳两极一般协同工作。为了防止人类像那些依赖多巴胺的实验鼠一样，连续24小时按压杠杆以获取奖赏（甚至不进食休息），我们的血清素系统就会启动，发出“满足”信号来抑制多巴胺的作用，浇灭继续索取的欲望。但颇具讽刺意味的是，这种传递“我已满足”信号的神经递质若过多，却可能与更高的焦虑水平相关，尤其在人们身处压力事件中时。但考虑到大脑会对抗任何试图改变其状态的药物效应，当你大脑中的多巴胺与血清素平衡失调时，该如何恢复呢？

这种名为“急性色氨酸耗竭法”的实验方案，已被证实能暂时降低大脑中高达90%的血清素传递量，但请别为了图一乐在家尝试。色氨酸耗竭有多种副作用，典型的有情绪抑郁、经前综合征症状加重、胃排空延迟。

若你需要多一个热爱奶酪的理由——拿去用吧，不用客气。

这些不一致的研究结果，很可能反映了本章讨论过的类似复杂情况，比如酪氨酸与环境因素的交互作用、酪氨酸摄入前体内神经递质水平的影响等。

先考虑营养摄入，因为大脑合成神经递质所需的某些原料无法在体内自行产生，必须通过饮食摄取。比如色氨酸，这种在禽肉、鸡蛋、鱼类和牛奶中含量较高的氨基酸，是合成血清素的重要前体物质，人体无法自行生成。事实上，神经科学家研究血清素水平低下对行为的影响的方法之一，就是让受试者摄入富含氨基酸但完全不

含色氨酸的饮食。^①而酪氨酸作为大脑合成多巴胺的前体物质，在奶酪中含量特别高^②，其他乳制品以及前文提到的禽肉、鱼类中也存在。酪氨酸还是合成去甲肾上腺素的前体物质，因此常见于许多运动前补剂或能量饮料中。但请谨慎对待，关于酪氨酸对血压和焦虑水平影响的研究，尚未得出一致结论。^③

这让我们对“跑步者高潮”（runner's high）有了全新层次的理解。

别担心，其实有很多健康活动能调节压力水平、改善体内化学配方。比如适度有氧运动，已被证实无论在短期还是长期均能提升血清素和多巴胺水平。在2016年的一篇综述文章中，萨斯基亚·海因嫩（Sask Heijnen）及其团队总结了多项不同研究的结果。这些研究表明，运动产生的生理压力（他们称为“良性压力”），相比长期心理压力（“不良压力”），会对大脑产生截然不同且通常更有利的长期影响。运动改变神经化学的具体机制涉及多个层面，目前仍在通过人类和动物实验持续研究。例如大脑血清素水平上升，部分源于运动时活跃肌肉会吸收血液中的长链氨基酸，这让色氨酸更容易穿越血脑屏障。而多巴胺水平升高，则与运动后内源性大麻素释放有关。内源性大麻素是人体自身产生的神经递质，而四氢大麻酚这类药物正是通过模仿其作用来影响大脑的。^④

其他减压活动也能改变神经化学状态。比如按摩疗法，可能就是你要找的“体内调酒”秘方！研究反复证明，按摩不仅能降低脑内皮质醇水平（降幅最高达50%），还能让多巴胺和血清素水平提升40%。冥想与正念练习也被证实能降低皮质醇水平，同时提升血清素含量。有研究甚至发现，进行深呼吸训练的人皮质醇水平降低了，情绪状态也得到了改善。当然，正如本书的核心观点之一，这些减压活动能在多大程度上真正改变你的大脑，还要看其他相关因素。每个人的神经化学物质基线水平不同，生活环境也存在差异，这些都会影响这些活动的效果。

虽然我有点担心你们可能听腻了这种“视情况而定”的答案，但事实上，大脑内部这种相互依存的关系，正是其超凡能力的核心所在。因为如果大脑不能根据内外环境的变化做出灵活调整，人类就会变得行为模式固定、缺乏趣味性，从进化角度来看也难以获得如此大的成功。在下一章，我们将探讨最后一个与情境应变能力密切相关的生物设计特征——神经同步机制。

第3章

大脑“节奏大师” 神经节律的“快慢人生”

接下来我们要探讨的大脑设计特征，与神经活动的协调机制有关。虽然这里说的协调不完全是“边拍头边揉肚子”那种动作协调，但正是大脑内部的同步机制，让这种看似简单的任务变得异常困难。为了更好地理解其中的运作机制，让我们再次以“传话游戏”作类比。你应该还记得，在大脑版本的这个游戏中，最关键的挑战之一在于：当成千上万个物理位置相邻的神经元释放化学信号时，会产生大量背景噪声。在第2章中，我们讨论过大脑如何通过不同“化学语言”的组合，来整理神经元之间大规模重叠的信号。本章我们将探讨另一种调控神经元通信的方式，这种方式能让使用相同“语言”的神经元根据当下所需处理的任务，动态组建不同的协作团队。

简而言之，大脑在背景噪声中筛选出“可被接收”信号的另一个诀窍是协调信息发送的时间节奏。要更清楚地理解这个机制，不妨比较派对现场与合唱团的声音差异。当你初次走进派对时，许多人此起彼伏的对话声浪会像一团难以分辨的噪声涌入耳中。想要在这种背景噪声中“调频”锁定某个具体对话，可谓难上加难。现在对比合唱团的同步发声：即便台下观众发出杂音，和谐共鸣的声浪依然能清晰可辨、易于理解，这正是同步带来的优势。

这实际上不可能实现，原因有二：一是神经元会快速耗尽化学递质，二是动作电位的工作原理导致。神经元在释放化学信号后，需要约几分之一秒的恢复期才能再次释放。

大脑的信号传递机制也遵循类似原理。当两个信号同时抵达时，接收信号的神经元“听见”信号或对其产生反应的可能性，会远高于信号传递不同步的情况。事实上，人类大脑就像许多自然现象一样，本质上是个庞大的节律发生器。单个神经元并非持续不断地发送信号^①，而是在“低语”与“静默”状态间循环切换，且能以不同频率进行这种切换。接收信号的神经元则像汽车音响调频那样，可以专门接收特定频率的信号。虽然所有大脑的工作频率范围都在每秒不足一次到上百次之间，但不同个体的大脑更倾向于使用较慢或较快的频段进行信息传递。

幸运的是，对成年人进行这类操作要容易得多。我们使用的某些“消费级”设备看起来更像一条太空时代的发带，而不是泳帽，完全不需要使用黏糊糊的导电凝胶。

事实上，我们在实验室测量这种“交响乐式”神经通信模式已有相当长的时间，使用的正是20多年前我在贾丝敏头上练习过的那种电极帽。^①但与之前讨论的、通过特定任务来观测脑电活动变化的实验不同，这项研究关注的是静息状态下的大脑活动。实验受试者会收到简单明了（虽然执行起来未必容易）的指令：闭目放松，同时保持清醒。当他们的思绪开始游移时（就像我坐公交时的状态），大脑便进入了自由活动模式。这时，我们会用5~10分钟时间，记录下这些无明确目标的大脑所产生的电活动起伏变化。

为了分析每个人的大脑如何协调运作，我们通过数学方法将头皮记录到的电信号变化分解为不同频段。这就像在聆听大脑的“合唱团”演出，试图分辨其中有多少女高音、女低音、男高音和男低音。虽然处理脑电图数据有几种不同方法，但结果殊途同归，都是估算特定脑区在某个频率范围内，由神经元同步交流产生的活动强度。我特意附上了自己心智游移时的数据样本（见图3-1），这些数据被分解为每秒2~40赫兹（每秒周期数）的不同频率。

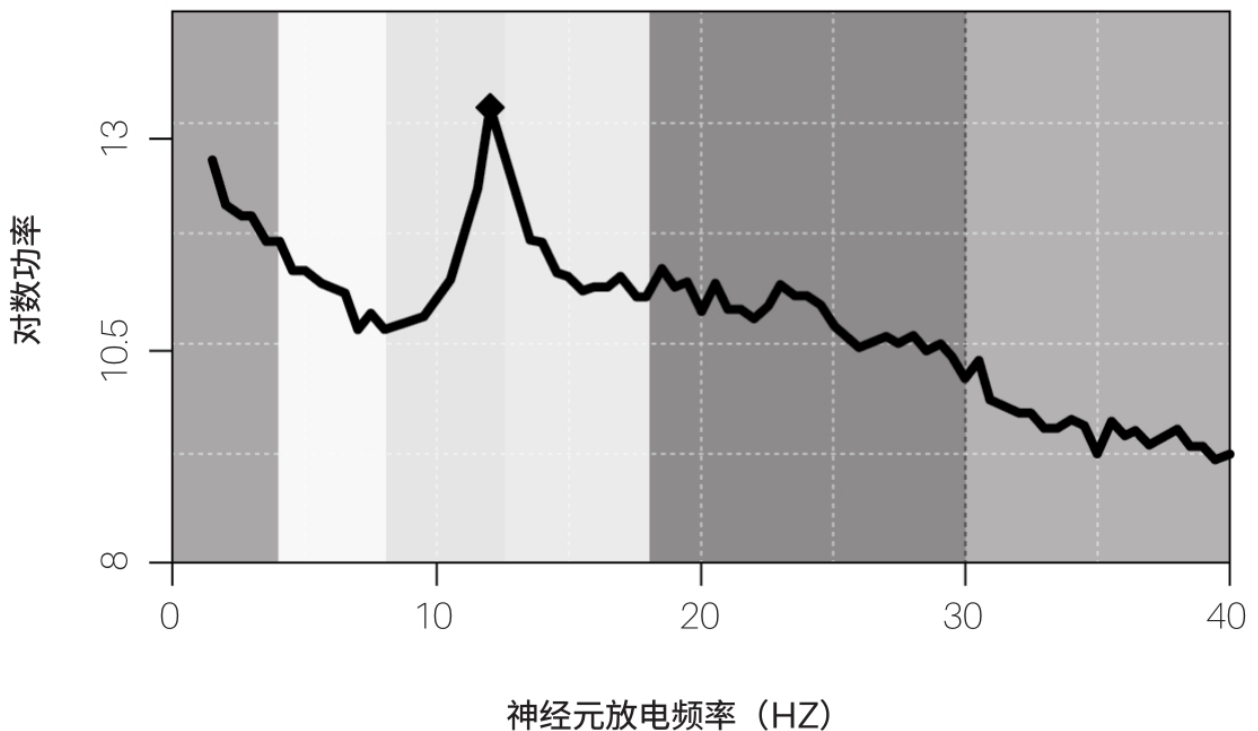


图3-1 作者的神经协同数据

图中曲线的高度代表着我的大脑在特定频率下进行交流的神经元数量占比。曲线越高，说明在该频率下进行交流的神经元数量越多。从图左侧的最低频段向右侧的最高频段移动时，这个比例会呈现起伏波动，并在12赫兹处出现明显的峰值（图中用小菱形标记）。这个峰值对应的频率，正是我大脑进行心智游移时最偏好的通信频

段。峰值表明，相比每秒传递10或15次信号的神经元，我大脑中更多神经元在以每秒约12次的频率传递信息。本章后续会深入探讨这个现象的意义。理解大脑运作机制的关键在于，这些对“无任务”状态下脑电活动的测量结果，就像指纹般独特。它们具有个体内高度稳定、个体间差异显著的特点。

假设你从没玩过“凯文·贝肯六度分隔”游戏，规则就是随便说个演员的名字，对方要通过共同参演电影，在6步之内把此人和凯文·贝肯联系起来。举个维基百科上的例子：猫王埃尔维斯·普雷斯利（Elvis Presley）曾与爱德华·阿斯纳（Edward Asner）合演电影《修女变身》（Change of Habit）。而爱德华·阿斯纳又在《刺杀肯尼迪》（JFK）中与凯文·贝肯合作。这样猫王和凯文·贝肯之间就只隔了一度（爱德华·阿斯纳）。

不过，在正式展开探讨之前，虽然这让我有点不安，但我必须指出，大脑过度同步并不总是好事。癫痫发作就是个典型案例：当某个脑区的神经元同时放电引发连锁“电风暴”，不受控制地席卷整个大脑时，就会触发癫痫。说来神奇，这种情况其实并不常见，毕竟根据网络理论，大脑中的每个神经元平均只需通过6个中间节点就能彼此相连，这就像通过六度分隔理论，任何演员都能和凯文·贝肯（Kevin Bacon）扯上关系。^⑩为了防止某些“碎嘴子”神经元在大脑里引发群体性癔症，与促进神经元同步化相比，及时阻断它们之间激活信号的扩散往往同等重要。

要理解这种抑制机制对健康大脑的意义，不妨试试这个居家小实验：先转动惯用脚脚踝，让脚趾顺时针画圈，保持动作不停；然后用同侧手在空中比画数字6，就像在回答“大脑中两个神经元平均有多少中间连接”这个问题。

发生了什么？

请注意，这个实验默认你会从“6”的顶端开始画，最后以逆时针圆圈收尾。完全有可能，一些人（尤其是左利手者）学的是从“6”的“肚脐”起笔，先顺时针画圈，再甩一条长尾巴回到顶端。若你习惯用这种画法，逆时针转动脚踝对你来说可能就会更难！

大多数人会发现：手部动作会干扰脚部运动，导致脚踝不自觉变成逆时针转动。现在再试一次，这次先让脚踝逆时针转圈，再用手比画数字6。感觉如何？多数人会觉得这次轻松许多。我敢打赌，最后完成6的画圈动作时，你的手脚很可能变得同步。^⑪这个实验展示了大脑协调肢体运动时可能出现的信号干扰现象——控制手部动作的神经信号会干扰发送到足部控制区的指令。

为了防止这种干扰频繁发生，大脑还有另一种协调机制，专门用于协调那些物理距离较远的神经元群之间的通信。为此，大脑利用成束的神经纤维作为信息高速公路，在不同脑区之间架起桥梁。这些白质通路得名于其表面覆盖的髓鞘，髓鞘是一

种富含脂肪的绝缘层，既能加速信号传递，又能降低信息在传输过程中丢失的概率。事实上，通过这种髓鞘包裹的神经元传输的信号时速可达400千米，仅需8毫秒就能横跨整个大脑。相比之下，覆盖在大脑表面的、无髓鞘包裹的灰质神经元，其信号传输速度仅为每小时1.6~6.4千米，这比我快走或慢跑的速度还慢，幸好这些信号不需要传输太远！

说到这里，你应该能猜到我的观点了：即便高速神经传导听起来很诱人，也并非总是好事。既然占成人脑容量过半的由白质构成的“信息高速公路”如此高效快捷，为何进化还要保留那些缓慢且容易出错的“节律性”信号协调方式呢？

简而言之，答案与灵活性有关。

当信号传递路径被固化后，我们几乎无法重新配置信息流。阅读就是这种现象的绝佳例证。当一个人学习阅读时，对于视力正常的人来说，这需要花费数千小时练习，将纸上的弯曲线条与对应的语言含义联系起来。他们的大脑会构建一条白质通路，把负责视觉模式识别的神经元与提取词义的神经元连接起来。神奇的是，一旦这条通路完全形成，熟练的阅读者在看到文字时就会不由自主地开始阅读（无法控制自己不读）。

该实验被称为斯特鲁普任务（Stroop task），得名于近百年前设计它的心理学家约翰·瑞德利·斯特鲁普（John Ridley Stroop）。

由于本书所有文字均为黑色印刷，这个任务对你来说可能太简单了。但在实验室中，文字会以不同颜色呈现，难度将大幅提升。

文字阅读的“诱惑”可以通过一个简单的颜色命名实验来证明。^②大多数视力正常的幼儿学会辨认颜色的时间要远早于识字。因此你可能会认为，在实验室里要求色觉正常的成年人说出文字印刷颜色，对他们来说易如反掌。但事实证明，当文字本身拼写的是与其印刷颜色不同的颜色名称时，比如要求你说出用黑色墨水印刷的“蓝色”这个词的印刷颜色，这个任务就比让你说出“黑色”这个词的印刷颜色要困难得多。^③

其实这个词并不适合用于实验，因为它音节多且不常用，但念起来很有趣，所以我选它作为例子。

在实验室中，我们会测量受试者对“XXXXX”这类非字词符号，或“BUMBLEBEE”^④这类非颜色词的印刷颜色的命名速度与准确率，并与他们命名“蓝色”这种颜色名称与印刷颜色不符的词时的表现进行对比。最直接的做法应该是完全忽略文字含义，因为这与当前任务无关。但大多数熟练的阅读者难以做到这一点。虽然个体间存在有趣的差异（稍后我们会再讨论），但几乎所有人面对矛盾色词时，命名颜色

的速度都会变慢，准确率也会下降，远不如命名非颜色词时表现得好。一旦大脑建立了这条信息高速公路，视觉系统接收到的数据就会不由自主地传输到语义处理区，无论你是否愿意。

这正是神经节律发挥作用的地方。人类大脑最显著的特征之一，就是其非凡的灵活性。在很多情况下，我们可以根据目标的不同，对相同的输入信息做出不同反应。

没错，那些是我故意为之；书里若还有别的拼写错误或语法错误，那就不是故意的了。

以你现在正在阅读的这个段落为例，我认为这是全书最重要的段落之一。既然我已经提醒过它的重要性，你此刻的阅读方式可能已有所不同。或许你正更专注地捕捉文字传递的语义信息，思考它们如何揭示大脑运作的奥秘。但假如我一开始就让你校对这段文字呢？你的注意焦点会完全改变：错位的，逗号；误用的分号会更容易抓住你的注意力^②，而非文字传达的思想内涵。（好了，现在请停止校对吧。我希望你能专注听我讲！）我甚至还可以给你一个指令：每次在页面上看到“的”这个字时，在脑海中把它们读成“滴”的发音。你们大多数人应该都能轻松做到这点，尽管之前从未尝试过。现在你“内心的朗读声”是不是带上了可爱的口音？

此处讨论的“快思考”与“慢思考”概念，与诺贝尔奖得主心理学家丹尼尔·卡尼曼（Daniel Kahneman）的经典著作《思考，快与慢》虽有关联，但并非同一理论体系，后文将详述两者的关系。

这个例子展示了大脑的非凡能力：它能够根据即时目标和指令，随时重新编程自己。也就是说，当文字识别这个高度自动化的过程完成后，大脑还能利用文字传达的信息，重新调整运作顺序，执行不同任务。这种根据当前指令或目标，将神经元动态重组为不同团队的能力，在白质形成固化神经通路后就难以实现了。它需要大脑“合唱团”通过不同神经节律进行精心编排。接下来的内容中，我们将探讨神经节律在这种灵活协调中的作用，以及大脑“快思考”与“慢思考”模式各自的利弊。^③

不同神经同步的“速度与激情”

在解释不同神经协同方式人群的研究发现之前，我们需要先了解快慢节律各自擅长处理的运算类型。一个值得注意的现象是，神经元群在慢频率下比在快频率下更容易保持同步。回到合唱团的比喻：歌曲节奏越慢，各声部就越容易保持时间上的协调，形成和谐整体。试想，如果组建一个由全球语速最快的说唱歌手组成的合唱团会怎样？他们中许多人每秒能吐出超过12个音节。即便他们的节奏只是相差了零点

几秒，整个团体的表演也会很快变得混乱无序。基于类似原理，当需要协调更大规模的神经元群时，低频脑波往往会参与其中。比如当你进入深度睡眠阶段时，大脑大部分区域会以最慢的频段（每秒不到4次信号）保持同步振荡。

另一个值得注意的现象是：与高频波相比，低频波在环境中传播距离更远，遇到障碍物反射时也更容易失真。这就是为什么大象发出的低频吼叫（约12赫兹，恰好接近我大脑偏好的频率范围）能被3千米外的同类听到！相比之下，鸟类啁啾声的频率范围为1 000~8 000赫兹，远距离传播能力就弱得多。

想象一下，当大脑中一大群神经元以大象吼叫般的低频信号进行交流时，与一小群神经元发出的“鸟鸣式”高频信号相遇会发生什么？虽然信号碰撞可能产生复杂有趣的动态变化，但最终结果通常是：低频脑电波会对高频区段的通信产生显著影响，而反向作用几乎可以忽略不计。

既然高频的“鸟鸣式”通信系统容易被低频信号压制，那它存在的意义何在？首先，采用高频信号交流的神经元能够更快更新对外界环境的感知。正如我们在第1章讨论过的，语言理解等日常任务都需要毫秒级精确捕捉环境变化的能力。你能想象吗？假如你的大脑每秒只能传递几次关于外界的信息，生存该有多艰难？实际上，我们的感觉神经网络总是以最高频率相互沟通。大脑在这些网络中同步信息的速度越快，就越能实时呈现周围环境发生的一切。

那么，那些低沉的慢频率波段发挥什么作用呢？或许你猜到了，这些波段最适合将不同脑区整合成协作团队。神经科学家厄尔·米勒（Earl Miller）及其团队的研究表明，额叶中存在一些关键神经元，它们能根据你当前的目标，动态协调大脑其他区域的高频神经活动。这种协调就像指挥着由860亿个声部组成的合唱团，让纷杂重叠的脑电波变得井然有序。

灵活协调的大脑当然好，但问题也随之而来。首先，正如手脚协调实验揭示的，这些低频的、目标导向的信号比局部处理中心的高频信号更容易互相干扰。朋友，这就是人类总被多任务处理搞得焦头烂额的原因之一。

大脑用来感知事物的不同机制将是下一章的重点！

其次，当大脑中低频的、目标导向的神经振荡开始协调高频振荡时，它们实际上会阻碍你感知周围世界正在发生的事情。^⑤在实验室里，我们可以通过“注意瞬脱”（attentional blink）这个指标，精确测量内在目标导向与外界环境感知能力之间的此消彼长。简而言之，在这些实验中，受试者会被赋予一个目标——在快速闪现的视觉刺激流中识别特定类型的目标。比如，他们可能需要在一连串字母中记住闪现的数字，或是在众多方形里辨识圆形的颜色。这些视觉刺激会以每秒数十个的速度连续闪现。每组试次通常包含10~15个项目，结束后受试者需报告观察到

的目标。这个实验最令我着迷的是，数据显示：当第一个目标出现后，人们会有约半秒钟的时间窗口完全注意不到第二个目标，这就是所谓的注意瞬脱现象！

那么问题来了：想要近乎实时地处理外界信息，我们需要神经网络通过高频波段进行通信。但若要信息传递到大脑不同区域，我们只能选择两种方式：要么建立缺乏灵活性的硬连线神经回路，要么依赖更容易产生信号干扰的低频通信系统。每个人的大脑都混合使用这两种方式，但我们实验室及其他实验室的研究表明，神经通信系统主要依赖低频还是高频波段协调，会深刻影响不同个体的信息处理方式。接下来，我将提供几个测试，帮助你了解自己大脑的协调模式。

测一测：评估你的大脑节奏

说实话，我要给你的第一个测试确实很难！我知道不管怎么解释，表现好的人都会觉得自己像摇滚巨星一样厉害，而遇到困难的人可能会觉得自己很失败。但请耐心听我说：我之所以要挑战你大脑的极限是有原因的。正如之前所阐释的，无论测试结果好坏，都会带来积极的影响。

这个测试测量的是人类信息处理中最大的瓶颈之一——工作记忆容量。工作记忆指的是意识层面的一种特殊状态，你在此状态下能够运用思维内容来协调各种心理和神经活动。不同的人能够在这种状态下保持的信息量存在差异，这个数值就被称为工作记忆“容量”。你可以把它想象成大脑“合唱团”的指挥用来协调各部分沟通的“乐谱”。

这个测试将测量你能在工作记忆中存储和操作多少信息。由于这是专门测量信息处理极限的，大多数人都无法全部答对。虽然你可以自行完成书中的测试，但若有人为你朗读测试项，或通过我的网站进行测试，结果会更准确。最后提醒：这个测试对大脑的当前状态非常敏感，请确保在专注且休息充足时进行！

测试要求你逐一记忆呈现的数字或字母列表，但要按与呈现顺序完全相反的次序回忆。例如，若依次出现A、B、C，正确回忆应为C、B、A。每组测试项数量会逐渐增加，直到你无法正确回忆为止。首先，拿一支钢笔或铅笔和一张横格纸，在左侧栏写下数字1~14，以便追踪当前行数。然后，如果有搭档协助测试，请他们以每秒一个项目的速度（在心里默数一秒钟作为间隔）逐行朗读字母或数字，每行结束时说“开始”。若独自测试，请将每个字母或数字只读一遍，读到“开始”时把书倒扣过来。听到或看到“开始”后，立即倒序回忆并写下该行内容。例如听到“C K R G开始”，应写下“G R K C”。若有搭档，完成后请示意对方继续下一行。

注意，测试行起始较短且逐渐加长。进行到某一阶段时，你可能会感觉自己已经达到了记忆容量的上限。当连续两三行完全靠猜测时，随时可以停止，结束它对你的

折磨。部分答对的测试行不计分，所以如果你只是不断重复最后两三个字母，也说明已经达到了记忆上限。开始前还有三条规则：（1）听到或看到“开始”前不得动笔；（2）禁止先正序记录再倒转誊写，倒序过程必须在脑中完成；（3）全部完成前不要核对答案，我可不想让你心态崩了。准备好了吗？

工作记忆容量测试

1. 5 8 2 开始
2. L D R 开始
3. 3 9 4 1 开始
4. D X K Q 开始
5. 7 4 2 9 5 开始
6. Y M R K V 开始
7. 4 1 8 5 9 3 开始
8. H D N B R T 开始
9. 8 5 4 2 1 6 3 开始
10. G L Z K V I C 开始
11. 9 4 2 1 5 8 3 7 开始
12. F B V K W L P S 开始
13. 2 5 8 4 1 7 9 3 6 开始
14. C X S V R N D H P 开始

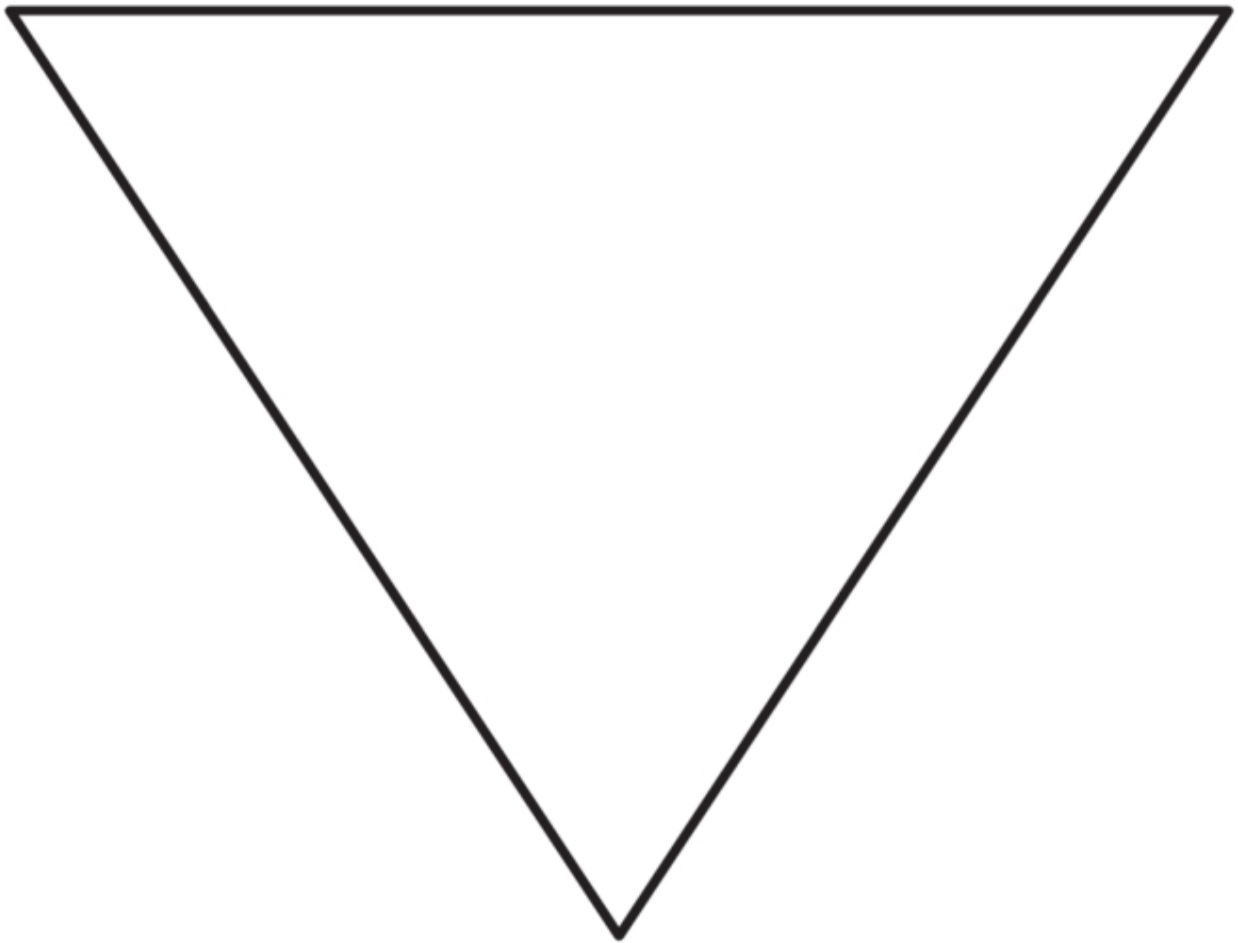
完成测试后，我们就能准确测算你的工作记忆容量。这里有个重要规则：只有某一行所有数字或字母都完全答对，这一行才算有效成绩。就像我之前强调过的，这个测试可没有“答对一半也给分”的说法！接下来，如果你没有任何一行完全答对，则你的工作记忆容量为2。否则，请找出你在数字和字母部分都答对的最长一行，以此为基准，再根据其他行的正确情况调整得分。若某个长度的两行（数字行和字母行）中只答对其中一行，就在基准分上加0.5分。举个例子：如果你正确完成了长度为3个项目的两行（数字行和字母行），但只答对了长度为4个项目的其中一

行，那么你的工作记忆容量就是3.5。作为参考，这个测试的最终得分应为2~9分。

好了，经过这些烧脑的数字字母测试，现在让我们来点儿有趣的吧！你需要准备一支铅笔、几张白纸和一个计时器。这项任务参考了托兰斯创造性思维测验

（Torrance Tests of Creative Thinking）的图形部分。目标很简单：在5分钟内尽可能多地画出包含下面图形元素的不同物体。创作时要跳出思维定式，因为创意独特会有加分。但也要尽可能多画，既要追求数量，也要追求独创性。准备好工具、设置好计时器后，点击计时器开始。

创造力测试



时间结束后，请统计你在5分钟内创作了多少幅不同的图画。在实验室里，这个测试还会根据每个图形的独创性来评分，具体方法是把你的画作与实验中其他人的作品进行比较。比如我敢打赌，很多人会画帐篷、冰激凌甜筒之类的图案，如果你想到把图形倒过来（这并不违规），可能还会画房子或戴着尖顶帽的人。但画狐狸、

剑龙、火山或马提尼酒杯的人可能就少得多。现在，请先数数自己画了多少个图形，并尽量评估你的答案有多与众不同。稍后我们会讨论这些结果反映了你怎样的特质。

在讨论之前，咱们再做一个测试。这个测试的难度介于第一个超难测试和第二个趣味创意测试之间。虽然其中有些题目确实像工作记忆容量测试那样有挑战性，但我觉得解答起来要有趣得多！这些题目源自爱德华·鲍登（Edward Bowden）与马克·荣格-比曼（Mark Jung-Beeman）设计的复合远程联想测试（Compound Remote Associates Test）。

每道题会给出三个词，你需要找出第四个词，这个词要能与前三个词分别组成常见短语或复合词。举个例子，如果题目是cottage（茅屋）、swiss（瑞士）、cake（蛋糕），你能想到哪个词能分别与这三个词组成有意义的新词？答案是“cheese”（奶酪），因为cottage cheese（茅屋奶酪）、swiss cheese（瑞士奶酪）和cheesecake（奶酪蛋糕）都是常见词语。

这个测试中，你需要准备纸笔和计时器。共有10道题目，可以在纸上按1—10编号以便记录进度。每道题请控制在30秒内作答，但有个特别要求：需要记录答案是如何浮现在脑海中的。如果答案像突然“蹦”出来的，让你有“顿悟”的感觉，请在答案旁画个“+”号；如果答案是通过系统思考（比如先联想所有与cottage相关的词，再尝试与另外两个词搭配）得出的，就在答案旁画个“√”。题目难度递增，答不出也无须担心，我特意设置了难度梯度。

复合远程联想测试

1. sandwich（三明治）/house（房屋）/golf（高尔夫）
2. rocking（摇动）/wheel（轮子）/high（高的）
3. worm（蠕虫）/shelf（架子）/end（末端）
4. basket（篮子）/eight（八）/snow（雪）
5. hammer（锤子）/gear（齿轮）/hunter（猎人）
6. man（男人）/glue（胶水）/star（星星）
7. baby（婴儿）/spring（弹簧）/cap（帽子）
8. note（笔记）/chain（链条）/master（大师）

9. over (上方) /plant (植物) /horse (马)

10. service (服务) /reading (阅读) /stick (棍子)

复合远程联想测试答案：1. club (俱乐部) 2. chair (椅子) 3. book (书本)
4. ball (球) 5. head (头) 6. super (超级) 7. shower (淋浴) 8. key
(钥匙) 9. power (力量) 10. lip (唇)

核对答案后，请仅统计答对的题目：依靠“顿悟”答对的题目数量除以靠系统思考答对的题目数量，得出你的灵感比率。若分母为0，即没有通过系统思考答对的，可将分母设为1。

你有多与众不同

事实上， α 波之所以得名，仅仅因为它是最早被发现的神经振荡模式。考虑到它在脑内的普遍性，这并不奇怪，当人处于放松状态时，你甚至无须借助复杂的数学分解方法，就能在脑电图中肉眼直接看到 α 波。

经过这一系列脑力挑战，相信你现在一定好奇：这些测试表现与大脑同步性之间究竟有何关联？事实上，这些测试都以不同方式与大脑主导的沟通频率的个体差异相关联，这种主导频率被命名为 α 波^②。在我的大脑中，这种偏好体现在12赫兹处有明显峰值。第一步，让我们通过这些测试来解读你的大脑偏好的节奏。

就平均而言，31~50岁这一年龄段的人（我本人正好自豪地身处其中），比更年轻的群体少记住大约1个项目；而51岁及以上的人则比30岁及以下的人平均少记住1.5个项目。

首先，我们将用你的工作记忆容量测试得分，来估算大脑在放松、走神状态下偏好的振荡速度。就像电影《爆裂鼓手》（*Whiplash*）中J.K. 西蒙斯说的那句台词：

“你是抢拍还是拖拍？”理查德·克拉克（Richard Clark）及其团队开展了一项大型研究，对来自三个不同国家的550人进行了 α 波频率和工作记忆容量的测量。研究结果显示：你的工作记忆能容纳的信息越多， α 波频率往往就越快。数据显示，这项工作记忆容量测试的平均得分约为5分。具体来说，对于11~30岁的人群，约68%的人在工作记忆容量测试中会获得3.5~7分，对应的峰值 α 波频率为8.5~11赫兹。虽然获得高分的可能性会随着年龄增长而下降^③，但研究结果显示， α 波频率与工作记忆容量的关系在所有年龄段都保持一致。具体而言，研究者指出：一个人的 α 波频率每提高1赫兹，就能在工作记忆中多储存平均0.5个项目。至于剩下32%的人群，他们的工作记忆容量处于较高（7~9分）或较低（3分及以下）

区间，对应的 α 波峰值频率很可能高于11赫兹或低于8.5赫兹。正如你现在所了解的，越接近这两个极端值，你的大脑协调模式就越与众不同。

现在先把创造力测试放一放，稍后我们会回头讨论。

让我们先来看看你在复合远程联想测试中的表现。这些题目的整体难度从上到下逐渐增加：列表顶部的题目有超过80%的大学生在30秒内解答成功，而列表底部的题目只有10%或更少的人能在时限内答对。已有研究表明，解决这类问题的能力与工作记忆容量和灵活推理能力相关。因此，那些答对大部分题目的人，很可能在工作记忆容量测试中也获得了5分以上的成绩。

但我真正感兴趣的是：在你们答对的题目中，有多少是通过顿悟瞬间解决的，又有多少是通过有意识的搜索过程找到答案的？布莱恩·埃里克森（Brian Erickson）及其团队对31名年轻右利手成年人展开研究，发现人们解决此类问题时依赖“顿悟”还是“有意识搜索”的倾向，似乎是个体相当稳定的特质。为验证这一点，研究人员在两周的间隔期内，给受试者布置了不同类型的题目，包括我之前提到的复合远程联想题目，以及字母重组测试（比如将E、N、I、B几个字母重新排列，拼出一个正确的单词）。与我之前的实验类似，受试者需报告每次解题是通过深思熟虑还是灵光乍现。有趣的是，两种任务的测试结果呈现显著正相关：某人在某类题目中使用有意识搜索策略的频率，可以预测其在两周后面对完全不同类型题目时采用相同的策略，预测程度近30%。

需要说明的是，这项研究的受试者均为右利手，因此我推测他们大多数人的语言功能由左半球主导。

这对理解大脑运作机制至关重要：不同解题风格与受试者在无任务状态下的脑活动中提取的特定神经同步模式相关。具体而言，依赖顿悟解题者的大脑通信更多发生在低频波段（4~14赫兹），尤其是大脑左半球的语言区。^⑧

综合来看，工作记忆容量测试和复合远程联想测试提供了互补信息：一是主导神经节律的速度，二是低频与高频通信通道的同步强度差异。值得注意的是，目前讨论的两个测试提供的是不同类型的信息。回到我的脑电波图：工作记忆容量高的人可能拥有极大的 α 波峰值（对应图3-1中黑色菱形标记在横轴上的位置，越靠右频率越快），同时其低频通道的神经同步强度可能很高或很低（这由峰值高度及其左侧曲线的高度共同决定）。在后文中，我们将进一步探讨大脑具备这些不同信息交流模式所具有的更广泛的意义。

你的大脑是如何“调频”的

这个“体积巨大且掌控全局”的区域将是我们下一章重点探讨的内容之一。

为了帮助你更好地理解神经协同运作如何影响思维、情感和行为，我需要解释最后一个关键点，正是这一点让大脑版的“传话游戏”比儿童版本复杂得多。在儿童版本的游戏里，同一则信息会在圆圈里单向传递，由同一个孩子发起并结束。但在大脑版本中，两组信息可能沿着不同方向同时传递！第一组信息来自通过感官与外界连接的神经元，即感觉神经元，它们以较高频率的波段进行交流。我们称之为“自下而上”的信号，因为这些信号的目的是根据对周围环境的实时感知，从基础层面构建你对世界的理解并指导决策。第二组信息源自额叶的“控制中枢”^①。在这里，大脑会根据当前目标或计划，利用低频波段将不同神经元群组整合成协作团队。我们称之为“自上而下”的信号，因为它们旨在为你的思维、情感和行为建立秩序。

你可以把这两种信号的工作方式想象成拼图的两种拼法。高频的“自下而上”信号就像通过组合颜色、形状相近的拼图块，试图从零开始还原整幅图景。而低频的“自上而下”信号就像先端详盒子上的完整图样，然后依据这幅“蓝图”或“计划”来判断眼前的拼图块该落在哪个位置。

当然，这让大脑版的“传话游戏”又增加了一级难度。在任何时刻，来自内在世界和外部世界的信息都在竞相驱动你的思维、情感和行为。而你已经了解过低频波与高频波相撞时会发生什么，那么这与之前的测试中发现的神经节律有何关联？

首先值得注意的是，大脑偏好的低频通信波段似乎与感觉神经元将信息“包裹”传递至内在世界的速率一致。如你所知，大多数人内在世界中规模最大的神经元集群会以每秒7~14次的频率在轰鸣与静默间循环。由于它们的隆隆声很容易淹没那些规模较小的、如鸟鸣般吱吱作响的外部世界神经元信号，这些低频神经元往往起着闸门作用——外部世界的“啁啾声”只有在雷鸣间隙的静默时刻才能被清晰“听见”！

关于 α 节律频率与外部世界采样速率关联性的最有力证据，或许来自罗伯托·切切雷（Roberto Cecere）及其团队的实验。研究人员试图探究：根据 α 节律允许外部世界“信息包”输入的速率，不同大脑如何理解持续变化的感官信息。为了验证这一点，他们巧妙地利用了一种已知的视错觉现象：当单次闪光与两次间隔的声音信号中的第一次同步出现时，若两次声音信号间隔约100毫秒，多数受试者会错以为看到了两次闪光。研究人员注意到，当声音信号以100毫秒的间隔呈现时（这与最常见的 α 节律频率10赫兹恰好一致），这种效应最为显著。这让他们产生疑问：具有不同 α 节律偏好频率的个体，在体验这种错觉时，所需的聲音信号间隔时长是否会有所不同？

根据目前所学，你认为哪一侧大脑半球最有可能将来自视觉和听觉的信息整合为单一事件？

这背后的原理涉及自上而下和自下而上的两条信息处理流的交汇。具体来说，当两个信息几乎同时出现——我们将其定义为发生在同一个 α 波周期内，大脑中负责自上而下处理的内在世界神经元更可能将两个信息整合为单一心理表征。就像那句老话“如果它看起来像鸭子，走起来像鸭子，叫声也像鸭子，那么它就是鸭子”。由于第一次声音信号和闪光完全同步，你的内在世界神经元会将其解读为外界发生的单一事件。^②接下来的问题是：大脑会如何处理第二次声音信号？关键在于，如果第二次声音信号出现在同一个 α 波周期内，负责自上而下处理的神经元会将其视为第一个事件的组成部分。它们能准确地将刺激理解为伴随两次声响的一次闪光。但当第二次声音信号单独出现在不同的 α 波周期时，大脑中负责构建内在世界的神经元更倾向于“填补空白”。因为它们坚信光与声同源，于是“假设”必定存在两次此类体验，从而制造出第二次闪光的错觉。

为验证这一假设，切切雷及其团队首先通过静息态脑电记录测量了每位受试者的 α 波偏好频率。随后让他们参与多轮测试：在呈现闪光的同时播放声音，并要求受试者报告看到的闪光次数。在关键的“一次闪光伴随两次声音信号”测试条件下，研究者以精确的12毫秒为单位调节两次声音信号的间隔时间。正如预期，数据显示个体的 α 波频率与诱发二次闪光错觉的声音信号间隔时长存在强相关性。具体而言， α 波频率较高者，其大脑对外部信息的采样速度也更快，在声音信号间隔较短时更易产生错觉；而 α 波频率较低者则在声音间隔较长时更易产生错觉。

为何这种采样速率与工作记忆容量相关呢？尽管该领域研究仍在深入进行，但一种可能解释是：内在世界神经元从外界接收新信息的速率，与其试图保持信息同步的刷新速率存在关联。不妨将这个认知过程想象成脑力“杂耍”：那些你试图保持在意识层面的信息，比如数字或字母，就像被抛接的空中彩球。遗忘的过程就像地心引力，不断将这些彩球拉向地面。正如杂耍的比喻所示，工作记忆中的内容若得不到主动维护，很快就会像失控的彩球般“坠落”（被遗忘）。这个比喻还揭示了一个关键事实，即我们能够同时抛接的“彩球”数量存在天然上限，这就是记忆容量阈值。正如你在测试中可能体验到的，当数字或字母超出容量极限时，不仅新增信息会丢失，原有记忆也会从记忆中消失。更高的 α 波频率就如同更敏捷的双手——即使地心引力不变，若每次抛接耗时更短，就能在空中维持更多彩球。

虽然同时处理更多信息听起来颇具吸引力，但高采样速率带来的潜在代价是每个信息包可能包含更精简的内容。对那些 α 节律较慢的群体而言，由于每个信息包都整合了更长时间窗口的信息，他们是否能因此建立更广泛的认知联结？

一项研究为此提供了线索。他们采用类似前文提到的三角形图形测试任务的实验设计，在记录98名受试者的 α 节律偏好后，让其完成标准化创造力测试。测试包含多个版本的三角形任务——受试者需在5分钟内，用特定几何形状绘制尽可能多的创意图案。评分体系包含流畅性（5分钟内平均构思数量）和独创性（创意的罕见程度）两个维度。例如，画出三角形屋顶的房屋，其独创性得分就低于画出背部长满三角形鳞甲的剑龙。数据显示： α 节律较快者总体产出量更高，但 α 节律较慢者的作品更具独创性。

这项研究揭示：速度并非万能。

这个道理再次说明：不同并不意味着更好或更差。后文中我们将系统梳理大脑的运作原理，以及这些机制如何与你的其他设计构造产生关联。理解这些知识后，你就能带着对自己大脑的认知开启探索之旅，探索不同大脑如何完成它们与生俱来的基础任务。

你的大脑实验室 不同频率的思维波长

本章的测试从两个互补的维度揭示了大脑的运作机制。工作记忆容量测试中能同时处理更多信息项的人，其大脑偏好的对外部世界的采样速率通常更快。但创造力的相关研究表明，这类多线程处理者虽然点子更多，但他们的创意相比神经活动中低频信号更强的人群往往缺乏突破性。此外，低频神经信号较强者优先更依赖顿悟解决问题，低频神经信号较弱者则倾向于采用有意识系统思考的策略。

虽然我们尚未详细探讨大脑如何在特定频率上实现同步，但答案依然离不开先天因素与后天因素的共同作用。高频神经回路主要响应外部环境，而低频的内在通信系统具有高度遗传性。一项针对500多对双胞胎的研究表明，在 α 波频率偏好的个体差异中，遗传因素贡献率高达81%！不过正如理查德·克拉克团队的大型工作记忆研究所证实的，我们偏好的 α 波频率会伴随生命历程发生变化。从婴儿期到约20岁的发育高峰期，多数人的平均 α 波频率会提升5.5赫兹，相当于翻倍。随着年龄增长，大脑节奏会逐渐放缓，不过具体会减慢多少仍存在争议。有研究估计，到70岁时， α 波频率的减小幅度为0.5~2.5赫兹。我确信其中存在个体差异，可能与遗传基因和生活方式都有关联。

以正念或冥想为例，研究表明这些练习能以有趣的方式影响神经同步性。当然必须指出，不同练习方式存在显著差异，但它们的共同点在于强调对注意和觉察的内在引导，而非对外界刺激或内心杂念的被动反应。50余年来，神经科学家持续记录着资深冥想者与初学者的脑部反应差异。这些大量研究一致表明：当人处于冥想状态时， α 波频率会变得更强烈（或者说更同步），从而更少受到来自内外界的干扰。某些数据还表明，在冥想过程中，个体的信息采样速率（ α 波频率）也会减慢。

但关于这些练习能否产生持久的神经节律改变，现有的研究证据仍然存在矛盾。尽管大量研究显示资深冥想者与初学者具有不同的大脑激活模式，但冥想训练与大脑功能之间的因果关系难以确定，究竟是天生具有较高神经同步性的人更擅长冥想，还是冥想训练真正改变了人们控制内外世界信息流动的能力？为数不多的几项追踪同一组人学习冥想过程中大脑活动变化的实验显示，3个月高强度冥想训练显著减慢了他们的 α 波频率。不过并非所有研究的结果都一致，这可能意味着不同类型的冥想训练会产生不同的效应，也可能表明冥想训练方式会与个体大脑偏好的信息处理模式产生交互作用。尽管如此，正念练习会改变神经同步性这一事实已鲜有争议。

与内在导向的冥想相反，动作类电子游戏等外部驱动型体验，似乎主要作用于高频波段的神经传导。有研究表明，这类游戏能提升人们的峰值 α 波频率，至少是暂时性的。如果你不喜欢玩电子游戏，不妨来杯茶或咖啡？事实上，摄入250毫克咖啡因（约两杯咖啡的量）不仅能提高你大脑内部神经元的偏好频率，还能将神经同步的平衡点从内在感知转向外部世界。

总体而言，虽然大脑偏好的信息采样速率主要由基因决定，但你日常让大脑处理的任务类型也会影响感觉神经元向内部世界传递外界环境动态的速度。这是本书前半部分反复强调的核心观点：你可能天生拥有特定类型的大脑构造，但所处环境同样会显著影响其运作方式。例如，大脑半球分工最不均衡的人往往能在左半球发展出专门的信息处理模块，而右半球则试图整合所有信息来理解“整体图景”。但无论你的神经运算模式多么不对称，都需要先积累特定任务或事件的经验，大脑才能尝试采用“分而治之、各个击破”的策略。正如我们在第2章中探讨的，只有当人们处于特定情境时，基因对多巴胺或血清素传导通路的影响才会体现得最为明显。比如外倾者与内倾者的多巴胺传导差异，主要体现在大脑对意外奖赏的反应方式；而血清素再摄取机制不同的人群差异，在高压环境下才会变得格外明显。

在本书后半部分，我们将彻底扭转关于先天与后天问题的讨论视角——不再聚焦不同大脑的生物学构造差异，转而探讨独特的大脑如何完成人类生存必需的关键任务。换句话说，若把你的大脑比作汽车，我们将从讨论其四轮驱动系统，转向分析你通勤时可能选择的不同路线。如果你的大脑是辆本田思域——油耗低、音响棒，那你可能更适合堵车时多待会儿，听听喜欢的播客。但要是你的大脑像斯巴鲁傲虎，你又负担得起油费和可能爆胎换新胎的钱，或许可以考虑“走越野路线”。等你准备好了，咱们就带着对大脑的认知，到真实世界中“试驾”一番吧。

THE NEUROSCIENCE OF YOU



第二部分

大脑的功能

不同构造的大脑如何驱动我们



我人生最初的记忆，是意识到骑三轮车下楼梯很蠢的那个瞬间。可惜这顿悟来得太迟，车轮已经滚下台阶了。我只模糊记得自己把三轮车推出卧室，站在楼梯顶端。我当时肯定停下来“思考”过自己要做什么，因为我还记得曾低头盯着眼前铺着地毯的楼梯。以一个学步孩童的第一视角来看，台阶仿佛永无止境。

幸亏我不记得撞墙或摔地上的情景了，那次摔断了腿，肯定疼得要命。

糟糕的是，当时的我既没生活经验也不懂任何物理知识，压根没想到楼梯底部那个直角转弯会那么危险。接下来的一幕我记得清清楚楚——当我以“幼儿最高时速”冲向墙壁时，经历了人生首次“完犊子”时刻。然后，记忆就黑屏了。^①

以我40多年的人生阅历来看，大脑记录的人生故事以史诗级翻车开场，倒也挺合适。至少为了你的监护人着想，希望你的人生开场别这么像特技狂人埃维尔·克尼维尔（Evel Knievel）。但有什么办法呢？生活教会我们成长。只要稍加运气，再加上大脑的深度运转，这些道理往往都会在实践中显现出来。

事实上，生存与学习正是本书后半部分的核心主题。无论是估算自行车以特定速度转弯时的倾斜角度这类日常琐事，还是判断某个选择会带来更多快乐还是痛苦这类人生重大抉择，你的大脑在清醒的每分每秒都在运行复杂的问题解决和决策算法。当然，每个人大脑的运作模式各有千秋。

以信息筛选为例：在每时每刻轰炸大脑的成千上万条信息中，辨别出最关键的部分是大脑最重要的工作之一。在接下来的第4章，我们将探讨不同类型的大脑构造如何影响它们关注的信息类型。你会发现这一点深刻影响着大脑的运作机制，它决定着你最可能记住某段经历的哪些片段、从中汲取怎样的经验，以及未来是否会做出不同选择。显然，我至今仍清晰记得那次骑着三轮车摔下楼梯的事故，说明我的大脑认定这是人生中一个值得铭记的引以为戒的时刻。

在第5章，我们将深入剖析“引以为戒的时刻”的真实样貌。尽管很多人可能对自己属于哪种学习类型抱有固有认知，但生活真正教会我们的知识，绝大多数既不在书本里，也不在课堂上。事实上，每一次人生经历都会切实改变你的大脑结构，让这个器官为适应特定环境而精密调校。从大脑的视角来看，你可能想不到哪些经历会被计入“有效经历”。这些经历不仅从根本上塑造了我们认知世界的方式，还影响着我们对陌生人群和未知情境的判断机制。

大脑之所以孜孜不倦地适应环境、筛选信息，终极目标是为了优化决策的质量。正如你将在第6章读到的，在第2章介绍过的多巴胺能回路，在评估决策后果时扮演着关键角色。但不同神经回路会以迥异的方式驱动决策过程，某些结果对特定人群的影响力也更为显著。比如经过数次还算成功的“楼梯历险”后，我可以笃

定地说，台阶确实能创造多种令人兴奋的可能性。我们还将探讨如何运用记忆构建知识地图：既有地理空间上的精确定位，也包含象征意义上的自我定位。在此过程中，大脑强大的叙事本能会帮我们提炼规律，继而用这些规律建立有意义的关联网络，把散落的场景与事件编织成逻辑之网。

那么问题来了：当你的导航系统突然失灵时，会发生什么？如果根据过往经验预判会发生的事情最终没有发生，你会有何反应？或者当你身处完全陌生的环境，根本不知道该期待什么时，又会怎样应对？在第7章中，我们将探讨大脑产生好奇心的机制，以及当人们遇到认知空白时，驱动大脑主动填补这些空白的行为模式。但大脑如何判断未知领域是否暗藏危险？在真正陌生的情境中，你既可能抓住潜藏着的获取新知的机遇，也可能遭遇对身心造成伤害的风险。正如你将了解到的，大脑是否愿意冒险探索未知领域，既存在稳定的个体差异，也受到情境因素的共同作用。

最后，同样重要的是，我们将探讨一个永远无法真正探索的领域：他人的内心世界。在第8章里，我会介绍大脑理解他人的几种截然不同的方式。当你了解到大脑构造如何深刻影响我们认知世界的方式后，或许就不会对社会神经科学家的这一发现感到惊讶。大量证据表明，大脑存在同质性倾向，即我们更倾向于与那些思维方式和自己相似的人交往。正如你将了解到的，这很可能是因为我们理解他人的本能方式是将他人视为自己的镜像。当然，若将这种方式套用于思维方式与自己迥异之人，就难免会产生误解。举个例子，我母亲是个务实的人，但凭她的过往经验，怎么也想不到我会试图骑着三轮车冲下楼梯。而颇有讽刺意味的是，她之所以把我的三轮车和其他玩具一起搬到楼上卧室，就是怕有人被它绊倒。

哎呀，关于我和我那坎坷的学习历程就说到这里。

既然你已经对大脑的构造有所了解，现在就该学以致用，深入探究一番，看看能否进一步理解它如何完成这些重要的日常功能。不管我们是否选择走楼梯，这趟旅程注定“颠簸”！

第4章

专注力战场 信号如何“抢夺”大脑控制权

好吧，我承认。这确实有点像“读心”了。

我在这段视频中的主要贡献，体现在大约1分18秒处的一声画外笑声。

如果本章副标题让你感到些许不安，请相信不止你一人如此。每当我与别人聊起日常工作，关于“心智控制”和“读心术”的问题总会接踵而至。不过说句公道话，我自己也没少添乱。2013年8月，我就把安德里亚的大脑与好友兼同事拉杰什·拉奥（Rajesh Rao）的大脑连接起来，让他们在校园两端共同玩电子游戏。具体来说（当然是在安德里亚同意的前提下），我将拉杰什的大脑接入了控制安德里亚手部动作的运动皮层。当拉杰什在校园一端的计算机科学大楼里玩电子游戏时，我们记录了他大脑中负责控制右手的区域所产生的电信号活动。当人想着要移动自己的手时，大脑中慢波通信的平衡会被打破，转而使用更快的频率来感知外界并与之互动。我们的计算机算法正是通过捕捉拉杰什想要移动手臂时的这种脑电波变化^①，经由校园网络将信号传输到学习与脑科学研究所实验室（也就是我们的实验室），触发那里的经颅磁刺激装置。第1章提到过，这种设备通过磁场在大脑中诱导出微弱电流。由于我把经颅磁刺激线圈定位于安德里亚左脑的运动皮层，当拉杰什想着要动右手时，安德里亚的右手就会真的动起来。而安德里亚的手当时正放在键盘上，这相当于拉杰什通过安德里亚这个“高配版游戏手柄”在打电子游戏。虽然这个实验后来被多家媒体以炫酷的形式再现过，但若你想看原版录像，我还是推荐去视频网站找原始素材。^②凭借这个壮举，我们团队成为世界上首个证明“信息可以在人类大脑之间直接传递”的研究小组。不过说实话，这当时可把不少人吓得够呛。

但我依然不愿说拉杰什当时在控制安德里亚的心智。作为曾体验过脑机接口接收端的人，我的亲身体验是：这种意识体验更像是条件反射，而非思维植入。直到你感觉到手指在动，或者听到被按下的键盘发出咔嚓声，才会意识到自己的手在移动。我们还远未达到将“按下按钮的意愿”从一个大脑传递到另一个大脑的水平！

那些深知安德里亚是多么优秀的搭档的人，恐怕更确信我不知用什么法子蛊惑了他！

这部纪录片也展现了其才华横溢的导演塔琳·萨瑟恩（Taryn Southern）和埃琳娜·加比（Elena Gaby）的聪明才智与赤诚之心。

我明白这些解释可能无法完全消除各位对我这个“会控制心智的邪恶科学家”的怀疑，对此我完全理解。^⑧如果各位想深入探讨脑机接口技术的伦理争议，强烈推荐观看纪录片《我是人类》（*I Am Human*）^⑨，该片不仅记录了我们的研究，还呈现了其他神经工程技术的发展现状。不过为避免“我在操控丈夫的心智”这种猜想影响大家学习如何掌控自己的心智，请先了解这些人类脑机接口的基本事实。第一，现有非侵入式技术向大脑输入信息的精度，与真实思维的复杂程度完全不在同一量级。磁脉冲虽然能让你手指抽搐，甚至产生“看见闪光”的幻觉，但要诱发复杂感知，我们要走的路远比公众想象的长得多，更别提《盗梦空间》式的思想传输了。第二，所有这些技术都不可能绕过受试者的知情权，更不用说在未经同意的情况下使用。正如我的研究视频所示，安德里亚和拉杰什必须保持固定姿势：一人戴着用于读取脑电波的设备，另一人头部特定位置（厘米级精度）精准安置着电磁线圈。当然，理论上我可以用暴力胁迫别人参与实验，但与其如此，假设我真有邪恶计划，直接逼人去抢银行岂不更简单高效？这自然引出了我要讲的第三点，也是本章的核心问题：你对自己心智受控程度的认知究竟有多深？简而言之，我们的环境中时刻充斥着各种“控制心智”的信号。它们对你的影响强度，远超过我对任何直接脑机接口的想象。无论是超级碗广告中看到身着比基尼的超模狼吞虎咽地吃着汉堡，还是在网络上看到关于“比萨门”阴谋论的报道，这些通过“传统方式”轰炸我们大脑的文字与图像，都在深刻塑造着我们的思维方式。无论从个人层面还是集体层面上来看，都是如此。

尽管我完全理解人们为何会对“外部人员或信息可能影响其思维（进而影响行为）”感到不安，但我同样坦然接受这个事实：大多数人对控制自己心智的机制几乎一无所知。究竟怎样才算是掌控自己的心智？你的意识觉知在这个过程中又扮演什么角色？这类问题已困扰哲学家数千年。虽然神经科学家仍需迎头赶上，但我们确实每天都在深化对不同意识类型与控制机制关系的理解。下一节将解析信息捕获注意的基本模式，及其与心智控制的关联。

专注与心智控制的“二重奏”

你将在下一章中了解更多关于其运作原理的内容。

首先我要指出：信息进入意识层面并捕获注意的方式存在差异，这些方式构成了心智控制的层级体系。这个体系的最底层是反射性注意（本能觉知），即某些信息会强行攫取你的注意力，完全无视你当下的主观意愿。在这种情境下，无论你是在思考某个令人担忧的问题，还是转头去关注在你周边视野内移动的松鼠，当你的大脑自动权衡接收到的信号，并根据它认为重要的事物赋予它们相应的优先级时，这种心智控制就发生了。^⑩

在这个体系的中间部分，则是更为受控、更为灵活的注意聚焦过程。在此，工作记忆中保存的信息能指导较低层次的注意。第3章中关于段落阅读的示例，阐释了这种聚焦方式的工作原理。在一种情况下，你的注意力会被词语的含义所吸引。在另一种情况下，注意力则集中在标点符号上。而第三种情况，占据你心智的则是词语的发音。这是一个需要消耗大量认知资源的系统。在这个系统中，你的意识思维能突破大脑对信息进行优先级排序的自动化模式，重新掌控注意指向的方向。当有人要求你集中注意力时，他们正是在要求你的大脑启动这套机制。

最后，聚焦层级的顶端涉及自我意识的过程。在这个层面，我们的“心智之眼”向内审视，并评估自身行为是否更接近预期目标。此时，大脑通过读取部分有意识的思维过程，来回答诸如“我学习的时间够长了吗？足以在那次考试中获得A吗？”或“为何我总在这种情况下失控？”这类问题。

你同一时间能思考多少件事，实际上取决于你如何定义“一件事”，如何定义“思考”，以及如何定义“同一时间”。如果你将“一件事”定义为能从特定情境中抽离并加以操控的对象，将“思考”定义为需要意识参与并能对其他进程施加控制的心理活动，而将“同一时间”定义为完全相同的某个瞬间，那么这个数量为1~4。

尽管支撑这些注意类型的运算机制各不相同，但它们都面临一个共同的限制：我们同一时间真正能意识到的事物极其有限。^⑩无论信息如何进入，即抵达你意识中能让你说出“我正在思考X”的那个位置，当新信息抵达时，原有内容就会被挤出。因此，我们反射性注意到的事物、控制注意指向的尝试，以及自我审视的心理过程，都在争夺这个容量有限的意识工作空间。当然，你的意识思维被这些不同类型注意占据的程度，会因大脑构造和人生经历对大脑的塑造方式而存在差异。接下来，我们将简要探讨一下目前已知的大脑构造与这些不同类型的心智控制对个人思维的影响程度之间的关联。

左右脑的专注“战术”

讨论不同大脑运作方式的差异，就像我们之前探讨大脑构造的差异那样，从大脑左右半球的故事开始似乎很合适。事实证明，典型的偏侧化大脑左右半球特有的不同信息处理方式，也导致了截然不同的注意聚焦模式。这种差异在忽略症这类脑部病症中尤为明显。忽略症患者虽然具备完整的感知系统，却无法注意到某些事物。脑损伤患者中最常见的忽略症类型是“偏侧空间忽略”，通常由右半球受损引发。简而言之，这类患者的注意竞争机制被大幅削弱，因为其大脑直接忽略了来自外部世界一半的信息。例如，若让右顶叶受损但视力完好的人描述周围环境，他们几乎只会描述右侧视野的事物。该脑区位于视觉皮层上方且靠前的位置，负责连接视觉皮层与额叶。在这类患者面前摆放餐盘时，他们可能只吃右侧的食物；要求他们临摹

图画时，他们仅绘制右侧部分；而最具戏剧性的当属要求凭记忆画钟表的测试，患者会将所有数字挤在钟面右侧，左侧留白，这个经典案例甚至被搬上了电视节目。

但这类注意缺失不仅限于视觉层面。若让患者演示剃须或梳头等日常动作，他们往往只会在身体右侧比画相应动作，有时甚至会忘记给身体左侧穿衣服。这种病症最显著的特征之一在于：患者根本意识不到自己忽略了什么！与左脑损伤导致的类似缺陷不同，右脑受损患者更容易出现病感失认症（anosognosia），即“无法感知自身病症的真实状况”。他们的注意障碍从反射层面一直延伸到自我意识层面。虽说有时“无知是福”，但这种自我觉察的缺失会严重影响患者寻求治疗的意愿和治疗效果。

举个经典案例：医护人员会训练患者在自以为吃完饭后将餐盘旋转180度。这时就像变魔术一样，新的食物似乎凭空出现了！

相比之下，左脑损伤很少引发忽略症候群。虽然尚未有系统研究，但据我所知，那些左脑损伤后出现注意缺陷的患者，其大脑偏侧化程度可能不那么典型，或大脑两侧半球更为均衡。不过即便如此，研究也表明，左脑损伤患者能够清楚地意识到自身缺陷，这让他们更容易通过学习补偿策略来应对注意力问题。^②

鉴于左右脑损伤引发的注意缺陷差异显著，许多研究者提出：在健康大脑中，通常由左脑主导更具控制性、目标导向的注意机制，而右脑则掌管更自动化的注意分配方式。这种不对称性恰好印证了我们之前讨论的左右脑不同的运算特性。至少在典型的偏侧化大脑里，左脑擅长并行处理大量快速、专门化的信息流，这种特性使其特别适合筛选并强化特定信息流。与此同时，右脑整合多种信息流形成连贯模式的能力，使其特别擅长察觉异常或不合常理之处。

这种注意类型的半球分工，也与约瑟夫·迪恩在雅努斯（罗马神话中的双面神）模型中提出的两侧半球功能目标相契合。该模型指出，左半球以预测未来为目标，右半球则专注当下。这种分工机制合乎逻辑：聚焦未来的左半球会运用目标与计划，将注意集中在它认为对预测结果最关键的信息片段上；而旨在理解当下状况的右半球，则会努力如实感知现实世界。

但我们在第1章中仅简要提及的问题依然存在：当大脑左右半球关注的“信息片段”出现分歧时会发生什么？还记得接受过胼胝体切开术的患者薇姬吗？她不得不与自己的左手“搏斗”才能从衣柜取出所需物品。在左右脑连接完全切断的极端案例中，薇姬似乎只能感知右手（由左半球控制）的意图。我最初将此现象与加扎尼加提出的“解释器”功能相联系，即左半球（对多数人而言）负责构建事物发生缘由的叙事。如今我们可以为这个谜题增添一条新线索：左半球对世界运行方式的单

向解读决定了其关注的信息类型，而右半球（对多数人而言）更倾向于对环境刺激做出自动化反应。

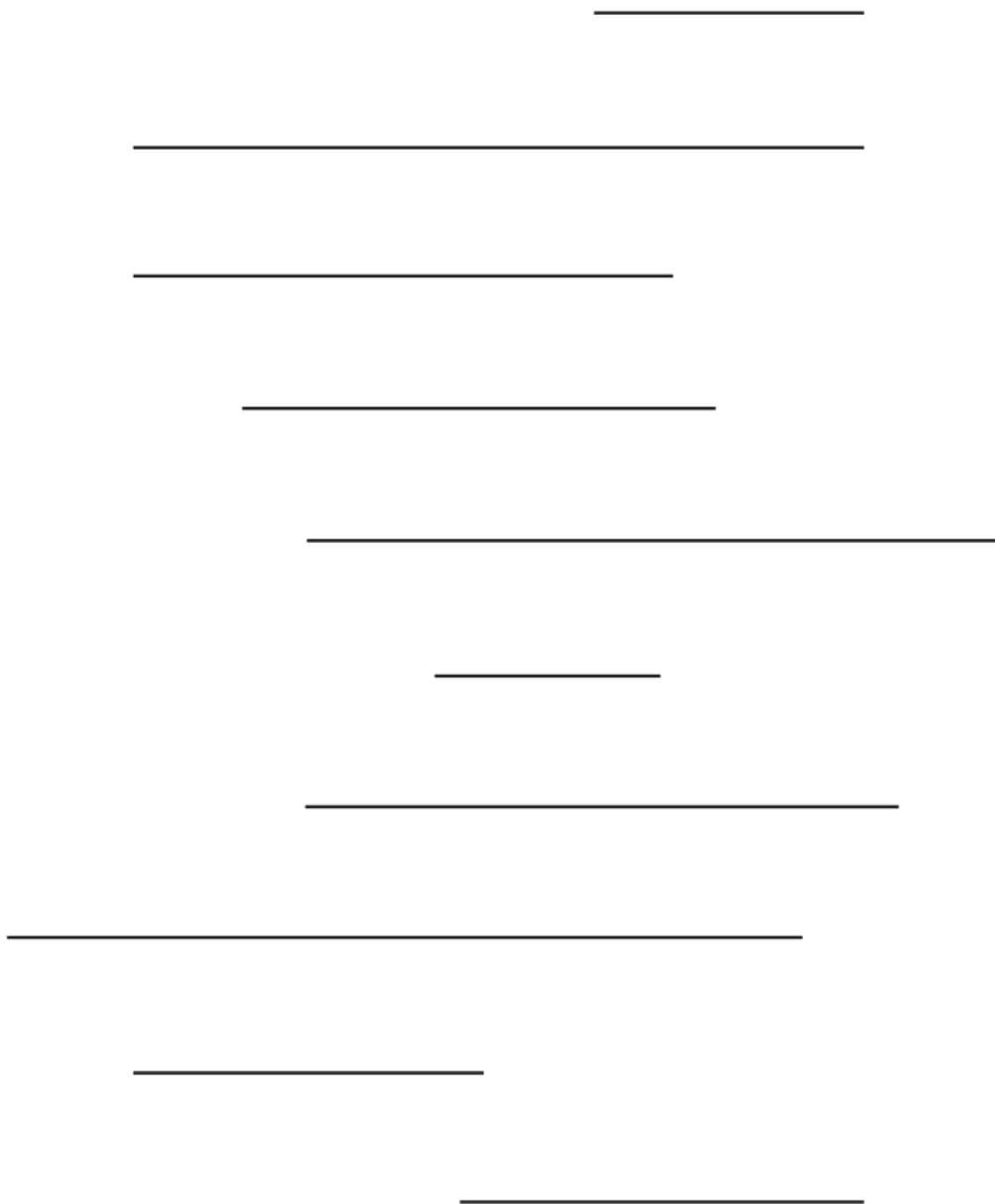
当我输入“分心”这个词时，突然想起要给耳机充电，这样下午遛狗时就能听爱德华·哈洛韦尔和约翰·瑞迪合著的《分心不是我的错》了。（该书中文简体字版已由湛庐引进、浙江教育出版社出版。——编者注）当我走进卧室取耳机时，发现睡衣还在地上，于是顺手扔进脏衣篮。我的狗狗可可丽娜跟着进了卧室，它摇头的动作提醒我该给它清洁耳朵了。我找棉签时又觉得牙齿黏糊糊，顺便刷了个牙。好在10分钟后我终于记起要充电，也没忘记手头正在写的这本书。这就是我大脑两侧半球争夺控制权的日常写照。

假设薇姬计划周一上班穿裤装和实用的鞋子，因为她知道当天需要频繁走动。她的右手会根据左半球筛选出的符合该着装类别的物品做出反应。但如果在挑选过程中，她的右半球突然注意到一件可爱的紫色连衣裙呢？在正常运作的大脑中，这个新信息会与原有目标争夺注意力，进而影响后续决策。理解大脑运作机制的关键在于：越来越多的研究表明，你的注意是容易被自动感知的信息捕获而分散，还是更倾向于保持目标导向，这与左右半球信号如何争夺注意资源密切相关。^①接下来我们将通过简单的测试，帮你定位自己的注意类型。

测一测：评估你的专注力

你已经对大脑偏侧化有了基本认知，这里有个简易测试可以在家做，能更具体地评估两侧半球对专注力的贡献。你只需准备铅笔、白纸和直尺即可。书中示例展示了一系列不同位置的水平线，如果使用这些线条，你就不需要另外准备纸张了。但若不想直接在书上做标记，可以在家找张白纸，画大约10条长度不一、中心位置不固定的线条来重现这个实验。你的任务看似简单，实则不然：不借助任何测量工具，用笔标出你认为的每条线的中点。准备好开始了吗？

线条平分任务



你可以采用不同精度的方式进行自我评估，具体取决于你愿意花多少时间和想要多准确。最快捷的方法是统计标记点偏向真实中点左侧和右侧的次数，看看是否存在系统性偏差。具体操作时甚至不需要尺子：另取一张纸，按你标记点左侧的线条长度做记号，然后将这个记号平移到右侧。若两侧长度相同，说明你找准了正中心；若右侧较短，说明标记偏右；若右侧较长，说明标记偏左。用这种方法，你可以通

过计算10次测试中最常偏离方向的次数占比，了解自己的注意失衡程度。比如，如果你在真实中点左右两侧的标记次数相等，会得到5/10的分数，说明你的注意非常均衡。但假如10次中有9次都把标记画在真实中点右侧，就会得到9/10的分数，显示出明显失衡的注意模式。

如果想更精确，可以拿出尺子测量每条线上你标记的点偏离真实中点的距离。标记在中点左侧时记为负值，在右侧则记为正值。将10条线的偏移值相加再除以10，就能得出注意失衡的平均程度。例如，10次测试中，每次偏离真实中点的距离都在3毫米以内，说明你的注意相当均衡。偏离真实中点的平均距离越大，无论偏向哪边，都意味着注意不均衡越明显。

那么究竟是哪侧脑半球主导着你的注意呢？

大多数典型的左脑优势者会更频繁地将标记画在真实中点左侧。你越稳定地把标记置于真实中点左侧，说明你越可能被左脑主导的目标导向型注意模式驱动。相反，大脑更平衡的人或右脑优势者，则可能更频繁地把标记置于真实中点右侧。这种反应模式通常与易分心或“受本能驱动”的注意特征相关。

这绝不意味着仅凭在中点右侧分割线段的行为就能确诊ADHD。但正如我在“绪论”中提到的，ADHD症状呈现连续谱系分布，你可能更容易表现出其中某些症状。

实际上，ADHD患者通常会将线条等分点标记在真实中点右侧。^②越来越多的证据表明，ADHD症状至少部分源于大脑左右半球对注意资源的争夺。与此观点一致的是，ADHD在非右利手人群中的确诊率确实更高！不过需要明确的是，ADHD并非整体性的注意缺陷。更准确地说，它表现为一种注意模式——相较于需要主动控制的“集中注意力”机制，这种模式更易受到自动注意过程的影响。这并不意味着ADHD患者无法集中注意力，只是他们需要付出的努力要大得多。要理解这种机制，我们需要深入探讨“心智控制”这个概念：大脑中争夺意识控制权的过程究竟是如何运作的？

心智控制的“节律”

有趣的是，科学家、教育工作者和家长普遍认为心智控制能力越强越好，至少当这种控制是自主进行时。因此，大多数关于自动与受控过程交互差异的研究都聚焦于受控机制。在这种视角下，我们容易忽视两个事实：一是某些大脑需要更费力才能实现控制；二是更自发的注意模式可能带来一些益处。但我想每个人都经历过这样的时刻：当进行记忆名字这类简单任务，或解决前一章的较困难问题这类复杂思考任务时，本能地意识到找到答案的唯一方式就是停止刻意思考。你可能会会有这样的

顿悟：原来有时候让大脑中受控的那部分彻底安静下来，反而是最佳选择。这正是因为我们需要两种注意模式的协作，而任何一方过度主导都可能适得其反。

在撰写本书的研究过程中，我想到了这个比喻。有天早晨我对安德里亚说：“我觉得自己的大脑像匹马，却拿不准该鞭策它还是该拍拍脖子安抚它！”作为前30年人生渴望拥有马匹、后15年都在琢磨如何驯服一匹马的女性，我对此比喻特别有共鸣。可惜这并非我的原创，从弗洛伊德到蒂姆·沙利斯（Tim Shallice），许多人都曾用马与骑手（或象与骑手）的比喻来解释人类心智的某个方面。

我常把自动注意机制与受控注意机制的关系，想象成马与骑手的合作关系。^①马象征着大脑中自动注意的部分。它通过经验与本能习得，知道该关注什么。没有骑手指引时，马会自主选择最佳落脚点。它有着强大的生存本能，若任其自由行动，自然会趋利避害。当遇到新事物，或是旧事物出现在新环境里，马会驻足仔细观察，再决定下一步如何行动。这种谨慎或许会让骑手着急，但平均而言，策马而行总比徒步跋涉更快抵达目的地。马的这种注意模式，正是地球物种存活数亿年的根本。它是一种立足于当下的注意模式，能帮助生物体快速、高效地应对周围环境。

骑手则代表着更受掌控的“主动注意”机制。他们能被与当下环境无关的抽象目标所驱动，并通过骑术技巧引导马匹朝目标前进。好家伙，他们甚至能用地图应用程序导航到目的地。事实上，技艺高超的骑手能让马做出马自己做梦都想不到的事——无论是驱赶牛群还是冲锋陷阵，不一而足。

把这个比喻套用在大脑机制上：任何有幸在马背上待过的人都知道，优秀的骑术需要掌握时机。由于马的运动天生带有节奏感，总会在某些节骨眼上出现最佳干预时机。这时候要么能最大限度影响它们的下一步动作，要么就完全使不上劲。举个例子，若试图在马匹疾驰、四蹄腾空的瞬间让它转向，绝对会搞得人仰马翻。或许你还记得第3章的内容，我们的大脑对这种时机同样敏感。实际上，大脑控制中心用来塑造自动注意机制的“辅助工具”，正是由 α 波这类低频神经振荡产生的。当大脑的“骑手”部分想要通过设定目标来抑制那些被认为无关紧要的自动注意机制时，就会增强相关脑区的 α 波活动。还记得吗？当来自大脑内在世界的低频信号与外界刺激引发的高频信号相遇时，高频信号会被完全淹没，也就是说，外部无关刺激的影响会被削弱。当然，反过来也是这个道理。如果你大脑中的“骑手”想要专注于外部世界的某个特定信息，即便这个信息对大脑的“马”（自动处理系统）而言并不有趣，它也可以通过调低该脑区的 α 波强度，提高外界信号的“音量”。本质上，这就像是给特定信息流在注意力竞争中抢跑的机会。当这个机制完美运作时，大脑内在世界的“骑手”就能掌控让哪些信息进入你的意识层面。

萨斯基亚·海根斯（Saskia Haegens）及其团队的一项研究通过触觉辨别实验揭示了这一机制。实验中，受试者的左右手拇指会随机接受电脉冲刺激，他们需要判断接收的是高频脉冲（41~66赫兹）还是低频脉冲（25~33赫兹）。每次刺激仅持续0.25秒，且强度略高于受试者的感知阈值。为了增加难度，每轮试次开始时双手拇指都会受到某种刺激，但受试者需忽略其中一只手，仅报告另一只手的刺激类型。每轮试次前，受试者会收到提示，告知他们接下来需要关注哪只手。研究人员在提示后测量受试者运动皮层中双手对应区域的 α 波强度。结果显示，平均而言，需要忽略的手对应脑区的 α 波增强，而需要关注的手对应脑区的 α 波减弱。关键的是，这种调节的强度直接预示着受试者能否正确回答问题。换句话说，当通过减弱 α 波来“调高”目标手的感知灵敏度，同时通过增强 α 波来“调低”无关手的干扰时，人们能更敏锐地区分两种刺激的差异。

另一项由丽贝卡·康普顿（Rebecca Compton）及其同事开展的研究，采用类似的 α 波通信量测量方法，探究了人们在斯特鲁普任务中的表现，我在第3章中曾用这个颜色命名测试来阐释阅读如何变得自动化。你可能还记得，由于阅读文字对多数人而言已经是高度自动化的技能，当要求你看到用黑色墨水印刷的“红色”时回答“黑色”，这就像有人在你右侧举着一桶方糖（干扰你专注于目标任务），而你却要强行让大脑的“马”（喻指自动化阅读）转向左侧。不出所料，研究人员发现当受试者应对这类冲突测试时， α 波强度会有所提升，尤其是在负责觉察的右侧脑半球。反应速度最快的受试者，其大脑左右半球的 α 波差异也最显著。右半球出现更强的 α 波“抑制信号”表明，他们“目标导向”的左脑正在接收信息，而右半球则处于受抑制状态！这正是心智控制得以实现的机制。

这些研究发现将大脑偏侧化和神经同步机制与注意差异联系起来，同时也与我们在第3章讨论过的布莱恩·埃里克森及其团队的实验结果相互印证。你可能还记得，他们发现左脑 α 波强度更高的人更倾向于通过顿悟解答问题，而左脑 α 波较弱的人更倾向于采用受控的、系统化的解题策略。

综合来看，这些研究揭示了大脑左右半球的信息处理差异如何与大脑神经协同机制相互作用，从而影响注意的聚焦方向。你可以将此理解为：这解释了大脑的“骑手”何时驾驭“马”，何时又会松手让直觉的“马”带你去该去的地方。但这个比喻有个重大缺陷，它无法说明“骑手”是如何决定该将“马”引向何处的。若假设“骑手”自身也有大脑，我们不禁要问：那个大脑里是否也存在着另一对“骑手与马”呢？如果不是这样，那又是什么在控制“骑手”呢？这种“无穷递归”

（turtles all the way down）式的思维只会让你陷入死胡同。接下来我们将深入探讨心智控制的精微细节，其中将涉及：当赋予你掌控感的生物系统，恰恰也是发号施令的那个系统时，心智控制的起点和终点究竟在何处。

什么在掌控你的大脑

若你感兴趣，我强烈推荐你阅读罗伯特·萨波斯基（Robert Sapolsky）在《行为》（Behave）一书中对此问题领域的精辟论述。

在开始之前，我需要先打个预防针。上述标题提出的这个问题，可以说是人们关于大脑最核心的疑问之一。从精神体验到意识活动再到自主决策，这个疑问无处不在。然而答案，或至少是当前科学界对它的认知，可能会让大多数人感到不安。

注

不过在前文中，我们已为此做了充分铺垫。比如在第1章，我们讨论过大脑因左右半球分离而“感觉”不到对身体某侧的控制，或察觉不到来自外部世界某侧的信息正在影响自己时，可能引发的种种异常现象。我们还谈到左侧半球如何自动编织叙事，将已知与未知的信息串联成对人类行为的一整套解释。接着在第3章以及本章中，我们探讨了低频放电的神经元如何根据当前目标灵活协调心智活动。但“协调”“引导”“影响”这些词，容易让人产生一种错觉，即大脑的某个区域仿佛拥有独立意志，正以此去操控其他部分。

这个问题叫“小人论证”，我们认知神经科学家（包括我）很容易掉进这种解释陷阱！有次喝多了，我坚持认为“我的大脑决定”根本解释不了实际机制，把朋友罗伯（也是神经科学家）气得直翻白眼。这大概就是朋友少得可怜的原因……

这又将我们带回“大脑中的控制中枢”这个根本难题。虽然我已坦诚相告我们对大脑运作机制的无知程度，但若只是在大脑中央画个写着“然后你的大脑就决定要做什么”的黑箱，这显然算不上真正的解释！^注

看完接下来的详细内容，由你自己判断吧。

对你而言幸或不幸^注的是，虽然前文对“谁在大脑里做决定”这个问题语焉不详，但这并非因为我不关心细节。恰恰相反，我对这些概念可能在意得过了头。它们不仅构成了我所有重要科学贡献的核心，更在我与安德里亚的爱情故事中扮演了关键角色，这段感情将我们在个人层面及学术领域均紧密联结。这个神经科学领域既至关重要又极其复杂，我花了近三年时间才觉得自己对它的理解足够深入，敢下笔写点什么。我特别渴望在本书中准确呈现，因为想必你已经注意到了，组成大脑的神经元数量实在太多（约860亿个，误差不大）。所以请耐心听我用三幕爱情故事，为你介绍基底神经节，它既是你大脑的操控者，也是我心灵的牵线人。

第一幕

一位高个子、黑发的意大利男人邀请我喝咖啡，表面说是讨论研究。我们都在几年前拿到博士学位，当时分别在卡内基梅隆大学的不同实验室工作，用计算模型研究

心智与大脑。在我们这场初次“约会”上，我三句话不离硬核科学。我（因为我不擅长闲聊）：所以ACT-R模型就是靠一堆“如果X那么Y”的规则运作的，对吧？安德里亚（因为我懂一些模型知识而兴奋）：没错！我（因为我更不擅长调情）：但大脑不是这样运作的。安德里亚（更兴奋地要和我争论科学）：其实，我现在研究的模型正好展示了大脑某个区域就是这么运作的！我（心驰神往）：快详细说说。

ACT-R是“理性思维的自适应控制”（Adaptive Control of Thought-Rational）的缩写，这是用于构建心智模型的计算架构之一，即便不是应用最广泛的，也是应用极为广泛的一种。该架构由安德里亚的博士后导师兼好友、才华卓越的约翰·安德森（John Anderson）创立。

①

安德里亚读这个词时，多了一个音节，听起来特别有意思。

②

我保证会在稍后讲解基底神经节是如何做决策的。

关键启示：根据安德里亚的模型（该模型也基于大量实证数据），基底神经节是一组能够利用情境信息，比如“我此刻在自己家而不是陌生场所”，来决定^③哪些信号与特定任务相关的核团。例如“在自己家时就不必关注所处物理空间位置”，因为对家中布局了如指掌。这种机制对我们第3章中讨论的灵活性至关重要——某种情境下需要关注的关键信号，换种情境可能恰恰需要忽略。本质上，这个过程实现了“可编程性”，即通过指导性、目标导向的行为来调整认知。

第二幕

基底神经节是解剖学上8个独立脑区的统称。是的，我最初也被搞糊涂了！但它们作为整体运作，执行我们即将讨论的关键信号传导机制。更复杂的是，其中部分区域又被赋予其他名称，比如背侧纹状体和腹侧纹状体。除非你要阅读更专业的脑科学文献，否则这些细节并不重要，但若真要深入，请记住基底神经节的组成部分有很多不同名称！

我和安德里亚已交往数月。此刻他正坐在我家餐桌对面，忙着完善他的基底神经节模型。相处期间，我们习惯称这个模型为“小宝贝”，其实它正式的名称是“条件路由模型”（Conditional Routing Model）。我坐在餐桌这头，试图厘清刚完成的实验数据：研究不同工作记忆容量的人群在磁共振扫描仪中阅读各类语句时的大脑反应差异。我有些困惑，因为虽然部分研究结果符合我的预期，这些反应集中在大脑皮层处理中心，但大脑中央一个小小的区域——尾状核，也显示出高工作记忆容量人群在阅读时的独特运用方式。老实说，就像许多研究人类复杂认知的学者一样，我曾以为所有重要活动都发生在大脑皮层，而不是这些位于中间的、被戏称为“爬虫脑”的原始区域。所以当我查阅关于尾状核的研究，发现它属于基底神经节^④时，简直兴奋极了！我期待安德里亚能帮我理解这个区域在工作记忆容量高的阅

读者大脑中的作用。结果他的模型不仅让我对工作记忆容量不同者的阅读差异有了新见解，即这种差异更多体现在注意控制而非信息存储量，还解释了尾状核与我专注研究的额叶皮层区域相关研究结果之间的关联。

关键启示：几乎所有关于大脑的资料都会把“骑手”（指意识控制中枢）定位在前额叶皮层。这种观点不算全错，但也并非完全正确。我承认，人们很容易将人类最复杂的行为完全归功于前额叶皮层。毕竟这个体积庞大、布满沟壑的脑区，正是我们与黑猩猩最显著的区别所在。这里堆积着大量进化过程中新生的灰质神经元，很难想象它们没有承担某些重要功能。作为研究语言的学者，我无意质疑这一事实，只是想补充说明，前额叶皮层拥有一位进化历史更悠久、经验更丰富的“得力助手”：深藏在大脑中央的基底神经节。

顺便说一句，我对此并不认同，希望后续章节能阐明我的理由。

对这种协作关系最简单的解释是：前额叶皮层负责在心中设定行为目标，即行为公式中的“如果”部分，基底神经节则协助执行“那么”部分。它们能根据当前目标，调控相关神经信号的强弱。说白了，基底神经节就像社交媒体公司的算法，这些算法不仅会决定你看到哪些好友的动态，还会筛选推送哪些广告和新闻，只不过它们是在幕后默默影响着前额叶皮层接收的信息。^②

第三幕

值得一提的是，安德里亚能流利使用三种语言。英语只是他的第三语言，却说得比我这个母语者还地道，这让我颇感压力。看来“自己做不到的事就去教别人”这句俗语，在研究领域也同样适用！

安德里亚和我结婚已逾一年，我们正在华盛顿大学合作研究双语能力是否会影响基底神经节的信号传导机制。^③最近我受邀评审一篇关于孤独症谱系障碍（ASD）神经基础的论文，倒不是因为我在该领域有专长，而是文中涉及神经同步性研究，我在该领域有相当丰富的经验。但当我仔细研读这篇论文时，逐渐意识到ASD的许多典型行为模式，与我们发现的双语者的行为特征竟呈现出镜像般的对立。当时天还没亮，又是个星期日清晨，于是我在爬回被窝前又查阅了些资料，然后轻声对安德里亚说：“安德里亚，我觉得基底神经节在ASD患者体内的运作方式可能有所不同。”尽管他向来不习惯早起，也不喜欢被人吵醒，但还是睁开一只眼睛说：“说来听听。”

据我所知，截至2020年，语言障碍已不再作为ASD的必要诊断标准；但该谱系中症状较严重的个体大多存在语言缺陷，且所有患者都存在某种形式的社交障碍。

要理解我在那个清晨的“顿悟”时刻，得先了解基底神经节研究的现状。这个领域的研究者大多专注于运动控制功能，这无疑是基底神经节在进化过程中最古老的职责之一。就像其他需要精密调控的功能一样，运动控制是由前额叶皮层的运算功能驱动的。那天早上我发现，ASD患者基底神经节的大小和功能异常早有记录，但这些异常主要被关联到某个特定症状，即重复性或刻板的运动行为。我意识到，该领域的研究者忽略了一点，《婴儿》（*The Baby*）中描述的“条件-反应”（if-then）式灵活运算机制，其实也与语言及社交功能密切相关，而这两类功能恰恰是ASD患者另外两个典型症状。^⑤此外，我正在审阅的论文中提到的神经同步异常现象，或许可以用基底神经节信号传导机制的失调来解释。于是我对着安德里亚那只睁开的眼睛自言自语道：ASD患者的基底神经节是否丧失了根据目标变化灵活调节信号强度的能力？

幸运的是，通过大学的研究网络，我们联系到了杰出的临床心理学家兼ASD研究者娜塔莉亚·克莱因汉斯（Natalia Kleinhans）。在她的协助下，我们分析了16名成年ASD患者和17名年龄、智商相匹配的非ASD受试者在执行Go/No-Go任务时的功能性磁共振数据。这项任务虽然枯燥，却能有效观察思维控制与运动控制的交汇点：在“Go”阶段，受试者需在看到屏幕显示内容（人脸或字母，视具体任务模块而定）时立即按键响应。在难度更高的Go/No-Go测试模块中，受试者被告知当看到特定类型的刺激时不要按键（例如字母模块中的X，或面部表情模块中的悲伤表情）。在我们的实验中，半数刺激属于No-Go试次（不需要按键的试次）。根据安德里亚和我在《婴儿》一书中正式提出的理论对基底神经节在此任务中作用的推测，我们提出：在Go/No-Go任务期间，基底神经节的激活应该会减弱枕叶（负责处理刺激信息）与额叶（既负责保存任务目标信息又负责执行按键动作）之间的信号流动，这被视为注意过滤的证据。研究发现，在非ASD受试者的对照组中，情况确实如我们推测的那样。但ASD患者的基底神经节激活反而增强了枕叶与额叶的连接，就像基底神经节为ASD患者调高了所有信号的“音量”。

关键启示：基底神经节对次要（或干扰性）信号的抑制功能，其重要性不亚于对相关信号的增强作用。这与本章前文讨论的海根斯团队的触觉辨别实验结果一致。当 α 节律抑制了来自另一只同时接受刺激的拇指的信号时，人们能更准确地感知到其中一只拇指所受刺激的频率。你可以通过想象以下场景来理解其中的道理：假设你在阅读本书时，无法抑制自己关注周遭的一切，从支撑5千克头颅的颈部肌肉张力，到呼吸节奏、房间灯光颜色、空气中的气味，乃至室友、宠物、孩子或植物此刻任何可爱、分心或恼人的动静。这样一来，你根本无法专心阅读。本章的重要观点之一在于：在任何时刻，你周围发生的、与你的决策无关的事情，其数量远远超过与之相关的事情。至此，我们关于基底神经节的奇妙之旅终于形成了一个完整的闭环，与我们已知的思维运作机制相连接。每当基底神经节向前额叶皮层发送一组经过调整的信号时，它们都会获得多巴胺反馈，这种反馈与根据这类信号传导

所做出决策的结果相关。通过这种方式，基底神经节就能借助多巴胺的反馈，逐渐学会在特定情境下应该增强哪些信号、抑制哪些信号。

你的大脑实验室 直觉的“马”与控制的“骑手”

回顾本章核心内容，基底神经节不仅是我爱情故事的核心，从解剖结构和比喻意义来说，它也是你大脑的中枢之一。

在第6章中，我们将深入探索多巴胺及其反馈回路的核心作用。

从实际功能来看，基底神经节堪称大脑信号的“总指挥”。由于处于中枢位置，它能够通过周围不断传递的神经信号，精准把握“外界状态”。事实上，基底神经节被白质纤维环绕，这些纤维承载着来自大脑几乎所有区域的高速信号。这些信号既包含外部世界的感官信息，也包含工作记忆中关于当前目标的信息，即告诉你下一步该做什么的条件信息。大脑偏侧化研究还表明，目标信息可能主要驱动左侧半球的专注力，而来自外部世界的感官信息则可能是更原始、更直觉化的右侧半球注意方式的核心。当这些信号汇聚到基底神经节时，它们会利用先前的多巴胺反馈信号，判断在当前情境下哪些信息最为关键，这就是“条件-反应”运算过程中的“反应”部分。^②

这一功能至关重要，因为它使基底神经节能够对涌入前额叶皮层的大量重叠信号进行“权重评估”，并根据它们对当前目标的判断来调整处理方式。随后，前额叶通过低频脑电波生成激活模式，从而产生思维、行为或二者的结合，这就是前额叶实现控制的过程。正如我们在第2章提到的，基底神经节会运用多巴胺奖赏信号，评估前额叶所做选择带来的结果是优于预期、差于预期还是完全符合预期。这决定了基底神经节未来在相同目标下会传递何种信息。归根结底，控制你的是一系列毫无生气可言的信息处理过程，包括对当前情境或目标的表征系统、对信号进行优先级排序或权衡的系统，以及根据结果重新调整信号优先级的系统。

这难道不浪漫吗？

接下来两章中，你将深入了解基底神经节的学习机制。你的经验如何塑造基底神经节与大脑皮层运算中心的协作方式？它们如何共同解析周遭环境的变化，并做出应对决策？

大脑适应力 大脑如何“解码”环境

雪天假期指由于突降大雪、天气极端恶劣，出于安全考虑，学校（或公司）当天宣布停课（或停工），学生和员工因此意外获得的额外假期。此处比喻意外的惊喜。——编者注

有谁不是这样呢？当然，当我清楚这些规定和限制关系到重要的健康与安全问题时，我通常都会遵守。而且，社会的正常运转本就依赖这类规则。

在撰写本章终稿时，我正准备结束长达18个月的疫情封控，重返大学校园开展线下教学与研究。我清楚地记得，当首次接到“居家隔离”指令时，我的心态从最初“雪天假期”^①般的窃喜，迅速转变为“笼中困鸟”般的焦躁。作为一个天生外向且厌恶被管束^②的人，这种转变着实煎熬。

但你知道吗？

而且，现在我一离开，我的狗狗们就变得特别焦虑。

我逐渐适应了这种生活，甚至发现了其中的美好，比如每天都能穿着舒适的家居裤开会，还能让爱犬趴在脚边做伴。后来疫情形势被认定为“足够安全”，我们开始每周回办公室工作几天。可我发现，在现实生活中与人相处竟让我精疲力竭。^③

向那些冒着生命危险坚守岗位的劳动者致以最诚挚的谢意。对于痛失至亲的人们，谨献上最深切的哀悼。

尽管疫情对不同人的影响程度各异，但我知道它以我们永远难忘的方式触动了每个人。^④时光荏苒，我确信每位读者都与疫情初起时有了本质上的不同。

因为这就是大脑的运作机制。它被我们的经验不断重塑，使我们能够适应各种环境，即便是那些明显不尽如人意的情况。

这实际上是人类大脑最具“人性”的特征之一。根据现代人类进化理论的观点，我们的祖先之所以经历“认知革命”，正是源于被迫的适应过程。有证据显示，在经历极端气候不稳定时期后，人类祖先的脑容量显著增加。对此的主流解释是：当生存环境从稳定宜人转为寒冷多变时，那些具备灵活思考能力的古人类能更快采取新

行为，而无法适应环境变化的个体则被自然淘汰。换言之，现代人类的大脑正是凭借其卓越的学习与适应能力，才在进化长河中留存下来的。

需指出，学界一些颇具说服力的观点认为：人类婴儿出生时发育不成熟是为增强适应性的进化选择（而非头部增大所致），但据我所知，该理论仍存争议。

相比之下，黑猩猩出生时的大脑体积为成年后其大脑体积的36%，而与我们亲缘关系更远的灵长类近亲（如猕猴），出生时的大脑体积约为其成年后大脑体积的70%。

随着一代一代的具备快速学习和灵活思考能力的人类相互繁衍，其后代的脑容量与颅骨尺寸也随之增大。这带来的重大代价是分娩过程变得更加危险。于是，母亲开始更早分娩，让婴儿在发育的更早期阶段出生。^②实际上，现代人类婴儿的大脑体积仅为成年后大脑体积的27%，甚至比史前祖先更缺乏应对环境的能力。他们出生后要等到3~6个月大时，才具备足够的力量和运动协调性来支撑自己的头颅！^③

尽管人类新生儿比许多动物更孱弱，但他们惊人的学习能力部分弥补了这种缺陷。我们没有与生俱来的固定本能，取而代之的是一套强大的学习机制，使我们能适应截然不同的环境。正因如此，人类如今遍布地球各个角落，在各种栖息地繁衍生息。虽然不确定能否在有生之年见证，但我可以想象：未来在火星（重力仅为地球的38%）长大的婴儿，或许能更轻松地完成爬楼梯这类动作。

但这种非凡适应力的重大代价在于，人类婴儿出生时对世界运行规律毫无预设认知。美国哲学家、心理学领域的奠基人之一威廉·詹姆斯（William James）在其著作《心理学原理》（*The Principles of Psychology*）中诗意地描绘了这种状态。当婴儿被视觉、听觉、嗅觉、触觉和内脏感觉同时侵袭时，所有感知都会交融成混沌的、嗡鸣不止的迷雾。终其一生，我们之所以能将万物置于统一空间，正是因为最初接收到的所有感官刺激，都汇聚融合成了唯一的空间。

这里所说的“唯一的空间”正是大脑。本章我们将探讨，大脑是怎样学会为它所降临的外部世界中的“所有感官刺激”建立秩序的。

正如我承诺过的，在本章中，我们会探讨为何人们对那条裙子的颜色会有不同看法。

当然，我并非暗示人们不会说谎。确实有人会。我在此想阐明的是，还存在其他诚实运作的认知过程，同样会导致人们对同一事件产生不同的记忆。

既然没有人记得自己出生时面对那个“纷繁喧嚣、令人目眩”的世界是什么感觉，自然也就很难真正体会到，你的个人经验对你理解周遭世界的方式产生了多么深远的影响。但如果你曾在与人讨论共同经历的事件时，发现彼此的说法大相径庭，以至于怀疑对方是否产生了幻觉，或许就能略窥一二。这种认知差异会让

人抓狂，毕竟我们的大脑在构建个人化的现实时，总显得那么令人信服。还记得那条引发全网热议的裙子吗？^⑤当别人认知的现实与你认知的不同时，那种感觉就像被操控了，但更可能的情况是，你们都在如实陈述自己感知到的真相。^⑥归根结底，人们对事件的记忆方式的不同折射出他们最初体验这个事件时的视角差异。科学对此的解释可归结为：视角不同，所见即不同。

“视角”这个词恰如其分地描述了大脑被特定人生经历所塑造的现象。这个词既指代人在物理空间中所处的位置，也隐喻其解读自身经历时所依赖的心理立场。类似“观点”这样的词汇也表达了相同含义，即我们可能从超越感官与认知范畴的不同“立场”体验同一事件。

基于前文所述，这并不令人意外。本书第一部分探讨了不同大脑构造如何影响我们认知世界与行为处事的方式；上一章则分析了大脑专注模式的差异如何决定哪些信息能捕获注意力，进而主导人们对事件的意识体验。本章我们将深入探讨人生经历如何塑造大脑的运作模式，形成观察世界的“透镜”——既包括物理视觉层面的光学镜片，也涵盖认知维度的诠释框架。

这确实可能发生，我们将在第8章中探讨人际沟通的挑战时，深入解析其成因。

在深入解析这个机制前，请容我先退一步，带大家重温“绪论”中讨论过的信息处理模型。当时在大家尚未深入了解脑科学原理时，我曾将大脑描绘成一台强大但独立且有限的信息处理系统：它通过截取物理世界的一系列低分辨率“快照”，并将这些碎片化信息串联起来，尽力去理解这个连续且无限的世界。本章我们将深入探讨个人经历如何塑造这种“信息串联”的认知过程。需要特别强调的是，当谈及大脑的“解读”功能时，我并非指那种需要深思熟虑的推理性解读，比如“这人嘴上说X，但我知道他实际想表达Y”^⑦，而是指每当一些来自感觉神经元的信息抵达意识层面时，就会自动触发的更深层次现实构建机制。归根结底，我希望诸位铭记：我们的大脑绝非只是在被动地观察世界，而是通过由人生经历塑造的认知“透镜”，持续构建着你对现实的理解。

这种构建过程如此迅捷且自动化，以至于你根本无法区分：此刻的感知中，哪些成分真正源于外部世界的客观存在，哪些来自大脑的实时解读。举个无害的生活化案例，请看下面的图片（见图5-1）。

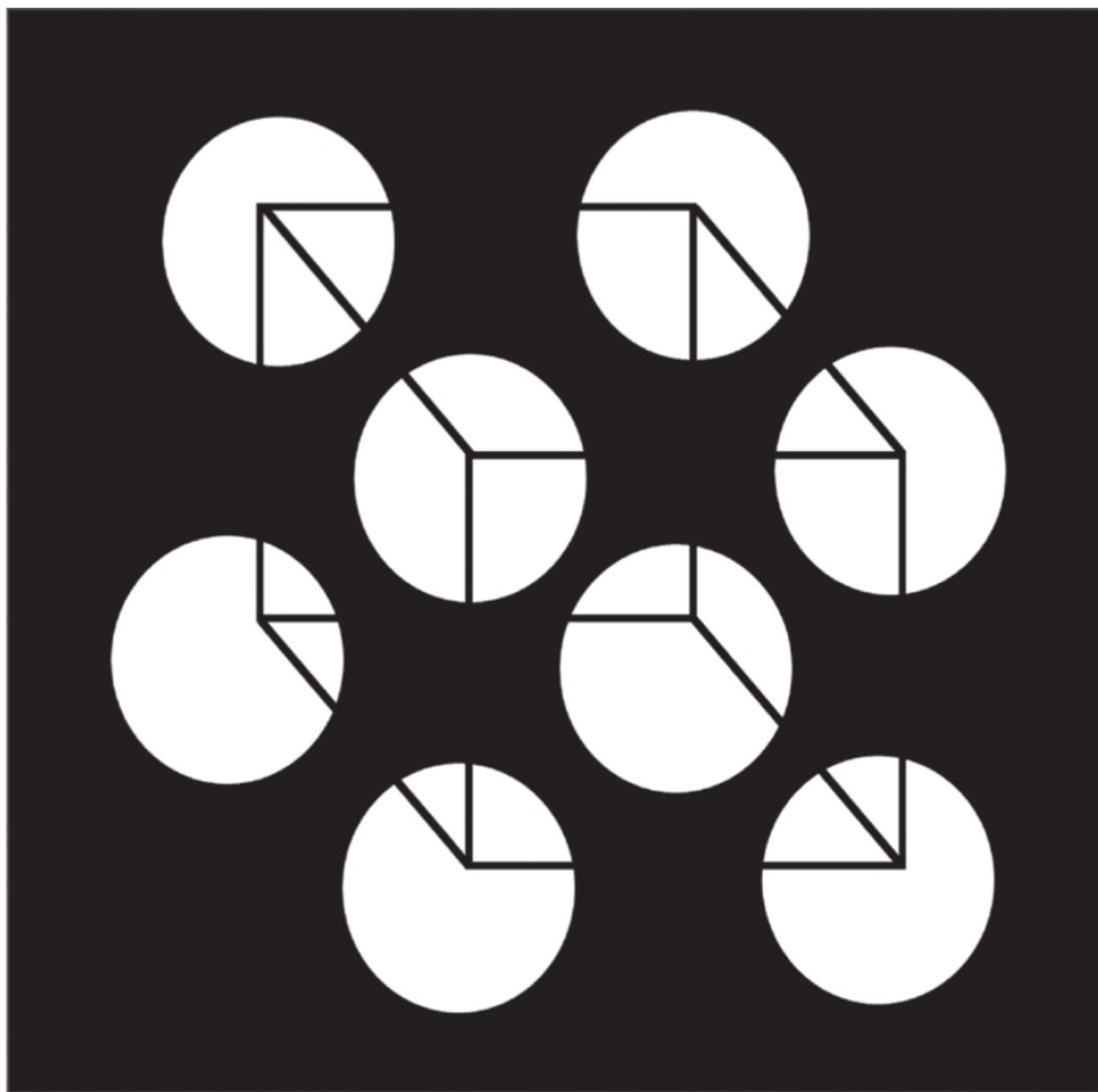


图5-1 错觉现象图

你看见了什么？

多数人会将其描述成一个由黑色线条构成的三维立方体，悬浮在布满白色圆圈的黑色背景之上。但如果你仔细观察立方体的某条棱穿过白色圆圈的位置，就会发现构成立方体的棱的那些线条，其实并不真实存在于纸面。真正印刷在纸上的，是一些被黑色线段截断的白色圆圈，看起来就像切得歪歪扭扭的披萨饼。这个立方体其实是大脑根据预期自行构建出来的。

此类视错觉现象及网络上流传的数十种其他错觉，都是研究视觉感知的心理学家设计的趣味案例。它们揭示了一个关键事实：你的大脑时刻都在“脑补”信息。当二维的电视画面在眼前闪动时，你能感知其深度与动态；当手机通话因信号丢失出现断续时，你会自动填补对话空白。这些都是大脑为解读零散信息而生成的快捷方式。但正如本章所述，这些快捷方式可能暗藏隐患，尤其当大脑需要适应陌生环境时。后文我们将通过具体阐述大脑如何基于既往经验构建预期模式，探讨这些快捷方式的起源。

学习的秘密

与我交流过的大多数人，都对自己属于何种学习类型深信不疑。当他们用“视觉型”或“触觉型”学习者这类标签自我定义时，实际指向的是他们偏好的信息接收方式。从传统课堂到网络视频，多数人将学习等同于依赖语言能力的显性教学模式。但事实上，人类绝大部分学习过程远比这些形式被动得多。虽然婴儿因为尚未发展出完整的语言系统而无法理解指令，但事实上，他们是最具学习天赋的群体。

睡眠期间同样发生着重要的学习与遗忘过程，但由于目前人们对这些机制中的个体差异研究尚不充分，为节省篇幅恕不展开论述。

这个比喻灵感来自安德里亚的教学案例，特此注明以致谢。

从神经科学视角定义，学习是一切能够改变你未来思维方式、情感反应或行为模式的经验重塑过程。如果你仔细观察工作中的大脑，就会发现学习与遗忘的痕迹，这存在于你清醒的每时每刻。^②因为每次经历都会留下印记，就像在沙滩漫步时，数百万沙粒因足迹移动而改变位置，你的每次心智体验都会在神经元连接处引发物理改变，从而影响它们后续的信息传递。^③

经验塑造大脑最核心的方式之一，是通过一种被称为“赫布型学习”（Hebbian learning）的机制。简而言之，赫布型学习是大脑持续统计环境中事件发生频率的生物机制。就像运动队通过统计球员数据决定首发阵容，大脑自有一套“统计”不同事件发生频率的系统，能根据接收到的零散信息推测最可能发生的情况。

幸运的是，这种统计过程不需要你主动计数。这项工作发生在那些“爱闲聊”的神经元之间的连接处——那里决定着谁与谁对话以及对话的音量。正如第3章提到的，时间协调对这类沟通至关重要。而事实证明，它对学习同样举足轻重。当两个相邻的神经元几乎同时被激活时，它们之间的连接就会增强，这会提高一个神经元传递的信息被另一个神经元接收的概率。虽然赫布型学习的实际原理比这更复杂，但我始终记得大学时学到的那个朗朗上口的口诀：“同步放电的神经元会同步连线。”（Neurons that fire together, wire together.）这种现象发生得越频繁，两个神经元之间的连接就会变得越牢固。这就是大脑建立关联的方式——它默

认如果事件A和事件B总是同时发生，它们就属于同一个“神经事件”。一旦形成这种关联，即使大脑只接收到外界发生事件A的信息，也会自动认为事件B同样发生了，并为你创造出这种体验。就像切切雷的实验中的受试者那样，当两个声音信号出现在不同的 α 波的不同波动周期时，即使只出现一次闪光，他们也会坚称看到了两次闪光。

在你的一生中，随着赫布型学习持续影响大脑，其中数十亿神经连接以其特定的强度分布，逐渐形成一个庞大的数据库，记录着你一生中所有经验之间的潜在关联。以我为例，当看到邻居遛狗时，我的大脑几乎不需要额外信息就能理解发生了什么。因为我几乎每天都会遛狗，也常见到别人这么做，我的神经元连接形成的数据库中已储存了成千上万次类似的经验。结果就是，我大脑中负责识别“与狗相关的活动”的神经元网络连接异常紧密。这帮助我完成了一项视觉挑战：尽管狗的体型、外形、毛色千差万别，我仍能快速辨认出人们手中牵绳末端那个活蹦乱跳的三维生物究竟是什么。

世界上约有300多个山羊品种，但其体型与形态特征的差异程度远不及犬类。

说实话，我一直把这种重要（对我而言）的适应能力视为理所当然，直到某天在小区看到有人牵着两头山羊！由于我的大脑早已自动填补了“绳子末端应该是什么”的预设答案，我不得不停下脚步，摆出“系统无法识别”的懵脸呆看了好一会儿，才搞明白自己究竟看到了什么。倒不是说山羊比狗更难辨认，^②如果开车经过乡间谷仓前的青翠牧场，我认出草地上的山羊的概率可能远高于认出伯恩山犬和贵宾犬的概率。因为作为一个40多年的动物爱好者，我的大脑早已积累了丰富的信息，知道何时何地最容易遇到不同类型的动物朋友。当我们在搜索栏输入“我的小区”和“用绳子牵着走”这两个关键词时，结果出现“狗”的概率比出现另一个有趣选项“山羊”的概率高出数千倍。

大脑形成的这些认知捷径对我们的生存至关重要。假设我们真能采集周围世界的所有能量信息，试图通过自下而上、树状结构的细节，逐步构建出对世界的准确认知，这个过程将耗时极长——长到等我们完成时，周围世界早已发生变化。这意味着我们只能依据瞬息之前的世界状态做决策，而此时无论是牵着狗过马路，还是独自过马路，都可能酿成致命后果。

别着急，我们稍后就会讲到占世界人口过半的双语者群体。

但就像特定脑区会丧失“多功能性”一样，当经验丰富的大脑适应了特定环境后，它也可能失去理解那些不常接触事物的能力。我的同事帕特里夏·库尔（Patricia Kuhl）才华横溢且总能鼓舞人心，她的研究恰好表明：婴儿沉浸在母语环境中，就会发生这种情况。她指出，所有婴儿生来都是“世界公民”，因为他们能感知并区

分全球各种语言中的不同语音元素。不过起初他们对任何语言的感知都不算敏锐。随着婴儿持续接触特定语言环境^⑩，他们的大脑开始适应母语的发音规律。但就在这种适应形成的同时，他们感知或发出那些未曾接触的语音的能力也在快速消退。当婴儿6个月大时，其大脑已显现出对周围语音环境进行精准调谐的迹象。尽管年龄稍大的儿童甚至成年人仍能学习新语言的发音，但学习难度会大幅增加。这就是为什么多数人终身带着难以消除的口音，更棘手的是，他们甚至无法察觉自己的发音偏差，这使得矫正语言习惯难上加难。

现在你已了解赫布型学习如何根据经验改变大脑结构，以及这种适应性改变带来的利弊。接下来的章节我们将更详细地探讨大脑会对哪些类型的经验产生适应。

怎样的经验塑造了你的大脑

在深入探讨独特的人生经历如何影响我们的世界观之前，我需要先明确：当谈到认知发展时，究竟哪些经验才算“有效经验”。简单来说，你的大脑会从所有神经活动中学习。从大脑的视角来看，那些传递给它的信号，不论是来自外部世界的真实见闻，还是公交车上灵光乍现的白日梦，其实都无关紧要。每一次对应的电信号风暴都会重塑你大脑数据库的样貌。

有一次，我在一场科学活动上遇见了亚马逊创始人杰夫·贝佐斯，当时我表现得特别不自在。原本大家正兴奋地讨论火箭技术，我突然插了句：“我丈夫很喜欢他的电子书阅读器（Kindle）。”唉，现在想起来都觉得尴尬。好消息是：如果哪天我真在现实生活里遇见举着沙滩饮料的杰森·莫玛，我的大脑绝对能瞬间反应过来！坏消息是：紧随其后我几乎必定会做出令人尴尬的举动。

仔细想想你大概就能明白其中的道理。比如当你回忆起尴尬或痛苦的往事时，往往会重新体验到当时的情绪反应，甚至可能再次脸红或眼眶湿润。^⑪这是因为提取记忆的过程会让大脑进入与当初记录记忆时极为相似的状态，而这种状态本身就会被大脑视为第二次学习机会。就像第二次踏上沙滩上的同一条小径，既会模糊第一次漫步时的细节，又会让这条小径本身变得更加清晰可辨。记忆的复现同样具有这种双重性：既改变了原有记忆的本质，又提高了未来提取这段记忆的可能性。通过这种机制，无论是真实记忆，还是完全虚构的场景，都能产生与真实经历相似的学习效果。^⑫

我曾运用这个原理取得过育儿上的重大胜利。贾丝敏4岁开始学体操时，虽然动作优雅，力气也不小，但体型几乎是同龄孩子的两倍。这让某些力量型动作对她来说变得异常困难，特别是那个决定她能否升级的“翻身上杠”动作。

我几乎可以肯定自己解释得糟糕透顶。若你听得云里雾里，不妨在视频网站搜索“如何完成翻身上杠”，但千万别被视频里轻松的样子骗了！

容我向没接触过体操的读者描述这个极具身体参与感的动作：翻身上杠需要极强的核心力量和上肢力量。起始姿势是双手抓杠、双脚着地，随后要在瞬间完成3个动作——一边将胸部往单杠方向拉近，一边屈膝抬腿让双脚离地，然后带动身体向后翻过单杠。②贾丝敏当时已掌握同级别要求的其他所有技能，唯独卡在这个动作上。她坚持练习了数月——在游乐场，在课间休息时，抓住每个能碰见单杠的机会。她已经非常接近成功了，但臀部始终差那么一点够不到单杠，需要老师在地面稍微托举才能完成。就在训练课程结束前夜，她闷闷不乐地说朋友们都要升级了，自己却卡在这个动作上过不去。

遗憾的是，现实环境中还横亘着某些根深蒂固的制度性障碍。

说实话，我当时心里慌得不行，不过表面上还是强装镇定。贾丝敏是由还在读研究生的单亲妈妈带大的，我们母女其实都不是温室里的花朵，但说真的，我实在不忍心看到她那张失望的小脸。我固然相信勤能补拙，可我自己运动能力不佳，太清楚有些事确实存在天赋的局限。③情急之下，我突然想起研究生课程里学过的关于心理意象与体育运动的知识。

“你能想象完成翻身上杠是什么感觉吗？”给她盖被子时我问。“能呀，”她点头。“那就在脑子里练习吧！”我告诉她。我们一步步复盘动作要领，我让她仔细回忆老师托举时身体腾空的那种感觉。我们共同在脑海中描绘出那个画面——蹬腿、发力拉、屈膝、轻盈翻转。

当然，这个案例缺少“对照组”实验。也许经过大量实地训练和充足睡眠后，她本来就能掌握这个动作。毕竟再强大的心理预演，也突破不了身体机能的生理极限。比如无论我在梦中练习过多少次，现实中依然无法自如地飞。然而大量实验研究表明，心理预演确实能带来实际能力的提升。

说实话，我压根儿没指望这方法能奏效。我就是那种闲不住的人，总觉得要做点什么才安心。可你猜怎么着？接下来的训练课上，她不仅完成了翻身上杠动作，而且之后每次尝试都几乎完美成功。④

这个通过想象具象化的翻身上杠的相关记忆，如今已深深刻进贾丝敏和我的神经回路。每当陷入焦虑漩涡，我们都会立刻用这段记忆提醒对方。这种做法其实相当于在心理预演你希望避免发生的事情。在继续探索那些塑造世界观的心理体验时，请牢记：对大脑而言，你所回忆的、想象的、担忧的现实，统统都是它用来适应环境

的“有效数据”。后文我们将重点探讨一种特定类型的经验——语言，及其对大脑重塑的深远影响。

测一测：哪些语言经验在影响你

本章的核心观点是：人生经历会重塑大脑结构，使其更擅长应对未来的相似情境。遗憾的是，我无法设计出一份能全面评估所有影响你认知的人生经历的问卷。即便能做到，其中绝大多数内容也缺乏研究的支持。因此我决定聚焦于人类共有的、对心智影响深远的经验——我们所掌握的语言。语言作为思维、情感和行为的核心载体，我们清醒时的大部分时间都在使用它。以下简化版语言问卷摘录自我们实验室使用的《语言经验与熟练程度问卷》（Language Experience and Proficiency Questionnaire, LEAP-Q），该问卷由亨里克·K. 布卢门菲尔德（Henrike K. Blumenfeld）和玛格丽塔·考尚斯卡娅（Margarita Kaushanskaya）开发。

简化版语言问卷

1. 按学习顺序列出你掌握的所有语言。
2. 以周为单位，估算每种语言的使用时间占比。这包括用该语言听音乐或看电视，而不仅仅是说这种语言。此处我有一个合理性检查的提示：各语言使用时间的百分比相加应为100%。
3. 如果你会说多种语言，你是在几岁开始学习第二语言的？若掌握三种及以上语言，请依次回答第三种及以上语言的起始学习年龄。
4. 如果你能流利使用多种语言进行日常对话，你是在几岁熟练掌握第二语言的？若掌握三种及以上语言，请依次回答熟练掌握第三种及以上语言的年龄。
5. 如果你会说多种语言，请按0~10分的评分标准，为自己第二语言的以下技能熟练程度评分：
 - a. 口语
 - b. 听力
 - c. 阅读

（注：若无第二语言使用经验，此处填零即可）

你的语言世界有多丰富

美国人口普查中关于语言使用的数据非常有限。普查仅询问家中是否使用英语以外的语言，然后让受访者从4个选项中选择一项，以描述自己的英语水平：“完全不会”“不太好”“不错”和“非常流利”。关于其他语言的熟练程度则没有任何记录。

讨论这些问卷数据是否“典型”其实意义不大，因为这取决于你的成长背景。比如在卢森堡，若你只会一种语言，就会成为极少数群体；但在美国许多城市，这种情况却很常见。^⑫这其实很好理解，只要想想这一章讲的就是如何适应环境。要记住，语言只是这种适应能力的一个例证。但由于我们在清醒时会不断运用一系列语言规则，它倒是能成为一个很好的范例，帮助我们了解大脑的适应能力。

当双语者的大脑试图选择使用某种语言信息时，跨语言互动产生的竞争使这一过程更加复杂。

若你只会一种语言，或第二语言能力有限（熟练程度得分低于4），或是较晚习得（青春期之后），相比拥有多语言经验者，你的大脑对母语的调谐会更“专精”。这种单一语言适应的优势在于，你的大脑在使用该语言时，可能比多语者的大脑准备得更充分。粗略来说，这是因为多语者运用语言规则系统理解或输出某种语言时，需要考虑更多选项。^⑬他们必须先解决语言规则系统间的竞争才能使用特定语言。这意味着即使在使用最熟练的语言时，他们调用所需语言信息时也会延迟一点点。

我认为掌握一门语言的优势，以及由此产生的交流机会，其价值不言自明。

但正如本章所述，广泛接触不同类型的语言规则系统也有其优势。多语言者不仅拥有更丰富的行为选择库^⑭，在决定如何行动时也会考虑更多信息，比如判断当前情境下哪种语言最合适。但这种广泛考量在现实交流中要付出较大的认知代价。简而言之，大脑接触的范畴越广，在特定环境或情境下的处理速度就越慢，但这种特性让人能做好准备，以应对更多样的情况。

那么，你的大脑对语言的调谐模式是“专精”还是“广博”呢？在分析你的语言使用特征时，我想指出一个重要事实：就像本书讨论过的其他现象一样，语言使用是一个多维度的概念，无法用“单语者”与“双语者”或“多语者”这种单一维度来准确描述。我们实验室研究了语言经验与大脑认知差异相关的4个方面：

1. 接触第二语言的起始年龄。

2. 对非母语或弱势语言的掌握程度。
3. 当前使用各种语言的频率。
4. 所掌握语言之间的相似性。其中每一个方面都与大脑利用既往经验来构建认知世界和指导行为的方式相关联。

但请注意，这些方面都不涉及“会说多少种语言”。这是因为语言经验对大脑的塑造作用，本质上取决于其他诸多因素。本章后续内容将以语言为范例，探讨这些因素的重要性，并揭示大脑适应各类生活经验的普遍机制。

为何年龄如此关键

你可以通过访问某些网站快速估算自己的词汇量。你知道“terpsichorean”（与舞蹈相关的）或“tatterdemalion”（衣衫褴褛的人）是什么意思吗？我之前是不知道的。

语言为我们探索经验如何塑造大脑提供了绝佳范例，因为对多数人而言，语言的这种塑造过程将伴随终身。以英语为例：大多数以英语为母语的成年人的词汇量为2万~3.5万，而现代英语实际使用的词汇量超过17万。^②这意味着，如果你热爱阅读、收听播客或参与陌生领域的讨论，就会不断遇到从未听过的新词汇，或许你在阅读本书时就学到了几个。但我们都清楚，儿童学习语言远比成人容易。这引出一个关键问题：在生命早期面对这个纷繁复杂又充满未知的世界时，我们究竟能学习多少？成年后又能适应多少？

简而言之，大脑不同区域存在不同的适应窗口期。为便于理解，我们可将脑区按经验敏感程度分为三类：第一类几乎完全由维持生命的基础功能区组成，具有经验独立性（experience-independent）。这些区域负责调控呼吸、心率和体温等关键生理功能，基本不受环境影响。

除非你是只雪貂，还碰巧被某位脑洞大开的神经科学家盯上并打算改造你的大脑……

第二类是“经验预期型脑区”（experience-expectant region）。这类脑区天生就具备学习解读外部世界特定信息的能力，因为它们通过神经回路直接接收感官输入。^③比如正常发育的婴儿：眼睛接收的光线会传递到后脑的枕叶皮层，耳朵听到的声音会传送到大脑两侧颞叶的听觉皮层，而鼻子闻到的气味则由前脑底部的嗅球处理。人类婴儿必须通过学习才能识别所见、所闻、所嗅之物，这种学习机制让他们能够根据出生环境发展出相应的生存技能。正如法国纪录片《婴儿日记》

(*Babies*) 所展现的，全球各地婴儿的成长环境既存在惊人的相似性，也呈现出有趣的差异。

许多科学家更倾向于称其为“敏感期” (sensitive period)，因为这关乎脑区对经验的接受程度，而非一种全有或全无的现象。此外，大脑停止接收外界输入的时机和程度也存在个体差异。

不过，由于人类大脑的进化远早于飞机和互联网等事物（这些事物让我们轻松地实现了“全球穿梭”），许多经验预期型脑区对信息输入也存在“关键期”^⑧。在生命初期，这些脑区如同干渴的海绵般渴望数据输入，展现出极强的可塑性。但随着年龄增长，当这些脑区积累了足够的环境信息后，它们会越发专注于处理预期中的信息类型，对外界新经验的敏感度逐渐降低。20世纪70年代的系列实验，有力证明了早期经验对经验预期型脑区的影响。在这些实验中，研究人员将幼猫饲养在特定的视觉环境中，比如只有垂直线条的房间，或内壁物体仅向左旋转的桶状空间。在这样的环境下，幼猫的大脑变得只能适应它们接触到的有限刺激类型，而那些在生命早期未曾接触过的事物，比如水平线条或向右移动的物体，它们则完全无法感知！值得庆幸的是，我们不会把婴儿养在桶里，但帕特里夏·库尔的研究表明，婴儿对语音的感知也存在类似的关键期效应。需要说明的是，在出生一年之后，婴儿就会逐渐丧失对母语中没有的语音的敏感度。

这并不是说我们的大脑在一生中都具有同样的可塑性，也不是说早期和晚期的经历对行为方式的影响是等同的。但确实，大脑某些区域比其他部分更易受经验影响。

幸运的是，我们大脑中有些部位在人生大部分时间都保持着可塑性。^⑨这就是第三类——“经验依赖型脑区” (experience-dependent region)，其中包括大脑皮层的大部分“联合区”，正是这些区域让我们能够终身学习新词汇。最重要的经验依赖型脑区当属额叶，正如前一章所述，它支撑着人类适应力所特有的灵活行为。你可能已经猜到，基底神经节也属于经验依赖型脑区。事实上，它可以是最具适应性的脑区之一，这是因为它富含多巴胺这种能增强神经可塑性的神经递质。在接下来的第6章中，你将了解这一点对塑造大脑决策过程的重要意义。不过在此之前，我们需要先探讨大脑在做出明智决策前必须完成的重要工作。因为大脑在决定下一步行动之前，必须先对当前状况有清晰的认知。接下来的内容我们将回到认知捷径的话题，了解过往经验如何塑造我们在视觉领域理解世界的方式。

环境如何塑造大脑

要亲身体会经验影响认知的有趣现象，不妨让我们回顾一下那条引发热议的裙子。事实证明，人们之所以对裙子颜色产生分歧——有人觉得是白金色，有人觉得是蓝

黑色，至少部分原因可以追溯到过往经验的差异。实际上，整个色彩感知过程包含的思维解读可能远超你的想象。如果你学过“颜色对应特定波长的光”的知识，人们对颜色的判断差异或许令你惊讶。你可能还知道，正常色觉依赖于眼球后部的3种不同感光细胞，即视锥细胞，它们分别对长波、中波和短波光线更为敏感。从这个角度看，判断物体颜色是个直接的过程，无须联想或推断。可既然如此，物体的颜色为何还存在主观解读空间呢？

为了节省时间，这里就不展开讨论夕阳西下时，不同波长的光线如何被地球大气层吸收这类复杂细节了。简而言之，在不同条件下，物体反射进入眼球的光线，其特性可能发生显著变化。

这是因为，真实的色彩感知机制远比这复杂得多。如果真那么简单，我们本应能就那条裙子的颜色达成一致，但同样也得承认绿苹果在夕阳下会变红，在阴影中则会发蓝。^②因为事实上，当物体反射的光线性质发生变化时，通过眼睛进入大脑的波长信息也会相应改变。值得庆幸的是，大脑从经验中习得了一个规律：物体反射光线的特性，比物体本身的颜色更容易发生变化。因此，为了适应不同的光照环境，大脑采用了一种认知捷径：它会扫描特定场景中的所有波长，通过比较它们之间的相对差异（而非绝对值），来推断物体的真实颜色。

那条裙子的照片之所以让大脑困惑，正是因为照片中缺乏足够的背景线索来判断反射光线的性质。在这种情况下，人们的大脑会自动对照片中的光线性质做出不同假设。那些看到白金色裙子的人，是因为大脑根据毕生接触光源的经验，假设光线来自后方，裙子处于阴影之中。为了“修正”这种状况，大脑会自动过滤掉深蓝色和黑色，最终让你看到白金配色。而像我这样看到蓝黑色的人，则是假设裙子正前方或顶部有充足的人工光源照射，因此无须进行这种色彩过滤。

需特别说明：我是极端“百灵鸟型”人，看到的却是蓝黑色；而瓦拉赫自认是极端“夜猫子型”人，最初也将这条裙子视为白金色。但正如他所指出的，考虑到个体在一生中会有各种各样的视觉经验，睡眠偏好只能解释这种颜色感知差异中的一小部分。例如许多“百灵鸟型”人长期在室内工作，而众多“夜猫子型”人被迫早起从事朝九晚五的工作。

那么，哪些人生经历会影响我们对光线的判断呢？作家兼视觉研究者帕斯卡尔·瓦利施（Pascal Wallisch）验证了一个有趣的问题：习惯早起的人（“百灵鸟型”）与习惯晚睡晚起的人（“夜猫子型”），对那条裙子的颜色感知是否会存在差异呢？他的假设是：“百灵鸟型”人群接触自然光更多，因此更可能认为裙子处于阴影中，从而看到白金色；而“夜猫子型”人群在人工照明下活动时间更长，更可能看到蓝黑色。为了验证这个假设，他调查了13 000人，询问他们看到的裙子颜色及其作息习惯。结果发现，数据之间呈现出一种微弱但稳定的关联，且与他的假

设一致：“百灵鸟型”人群确实更倾向于看到白金色，“夜猫子型”人群则更倾向于看到蓝黑色！^①

值得注意的是，就像本章开头那个黑色立方体，即使我告诉你它不存在，你也无法停止“看到”它。同样，你也无法仅凭了解了光影效应就改变对这条裙子的感知。这生动地说明了：大脑通过经验形成的自动处理过程，是主观目标和外部指令难以推翻的。在后续的第6章我们会深入探讨，但若有人真想改变对这条裙子的颜色感知，就需要系统性地让大脑接触大量特定光线环境（自然光或人工照明），而这相当于要对抗毕生积累的视觉经验和视觉发育关键期形成的感知模式。

虽然我难以想象有人会为了这条裙子如此大费周章，但我真诚希望有人愿意改变大脑认知复杂关系的方式，比如我们在经验依赖型脑区中形成的关于种族、年龄、性别和性取向等的隐性偏见。虽然偏见是在我们后天学习“高级概念”时形成的，源于我们对同时出现或处于相同语境中的抽象概念的联想，但它们能慢慢渗透并扭曲我们最本初的感知，让我们在“第一眼”认识世界时，就已戴上了有色眼镜。

由于Payne与Pain发音相同，作者用谐音暗示其研究成果如同“痛苦真相”。——编者注

这一现象最显著的例子是：当模糊物体与黑人面孔（在空间或时间上）同时出现时，人们报告看到武器的概率，会高于该物体与白人面孔一同出现的情况。这一效应已在全球多地的实验室，在不同人群及各类条件下反复得到验证。该效应最早由基思·佩恩（Keith Payne）于2001年证实。这个姓氏实在恰如其分——鉴于由他揭示的真相如此令人不安。^②在两项实验中，佩恩向60名非黑人受试者快速展示了内容为工具或手枪的黑白图片（每张仅闪现0.2秒），并要求他们指认所见物品。实验的关键在于：在两项实验中，每个待识别物品前都会闪现一张黑人或白人男性的面孔。受试者被告知这些面孔只是物品出现的提示，与物品本身无关——事实上也确实无关。黑人面孔和白人面孔在工具与手枪前的出现频率完全相同。尽管如此，根据受试者反应时间来看，当手枪在黑人面孔之后出现时，他们识别手枪的速度要显著快于手枪在白人面孔之后出现的情况。此外，在看到黑人面孔后，受试者识别手枪比识别工具更容易；但在看到白人面孔后，他们识别手枪和工具的难易程度没有差别。

黑人面孔呈现在枪支前，可使识别时间缩短20~30毫秒。

尽管这种效应的规模相对较小^③，但它所反映出的学习机制与受试者大脑运作机制的相关信息却意义重大。黑人面孔后出现的手枪最容易识别这一事实表明，平均而言，受试者的神经信息库中黑人面孔（A）与枪支（B）的关联足够牢固，以至于

大脑形成了认知捷径。换言之，人们更快识别黑人面孔后的枪支，最直接的解释是：当他们单独看到黑人面孔时，大脑已开始自动填补空白并构建武器的概念。

在呈现白人面孔的情况下，受试者对工具和武器的误判率相同。

这种“认知捷径”在现实中的可怕后果在第二个实验中更加凸显：该实验要求受试者更快判断眼前图像是否为枪支。结果显示，当黑人面孔出现后，受试者将工具误判为枪支的概率达37%（超过1/3），而将枪支误判为工具的概率仅为25%。^②

马尔科姆·格拉德威尔（Malcolm Gladwell）在其著作《眨眼之间》（Blink）中对此有所论述。

任何关注新闻的人都清楚，这种认知偏差可能导致的致命后果。^③遗憾的是，这项开创性研究未能解答一个关键问题：如何纠正这种偏见？首要任务是找出催生这些偏见的数据来源。尽管许多美国人拥有枪支，但很难相信参与实验的普通大学生真的（或经常）在现实生活中接触过黑人持枪的场景。那么这些认知捷径究竟从何而来？

特别感谢肖恩达·莱姆斯（Shonda Rhimes）帮助纠正这种刻板印象，至少在我脑海中是彻底纠正了。

要回答这个问题，我们不妨回到“经验”这一概念上来。简而言之，当你在现实生活中对某类人群、场所或事物的实际接触越少，你的大脑数据库里关于该主题的条目就越可能源自电视新闻、社交媒体或虚构作品中的描述。请记住，大脑并不会严格区分真实经历、记忆或想象——所有这些心理体验都会形成认知。因此，如果电视荧幕上的黑人形象更多是持枪而非持听诊器^④，大脑就会默认这是普遍现实，并将其内化为你认知世界的经验“透镜”。

值得注意的是，这些媒体创作者往往是享有特权的白人男性，他们的作品自然带着自身的视角。

美国在大规模推广“隐性偏见培训”，旨在通过教育手段，改变人们潜意识里根深蒂固的偏见。——编者注

正是通过这种方式，当人们被动接受他人构建的现实时，我们的大脑实际上就被社会系统性偏见所塑造。^⑤这些偏见以非常迅速且自动化的方式影响了我们理解世界的方式，与我们判断那条裙子颜色时的反应别无二致。这就引出了另一个关键之处——那些大脑中存在此类认知捷径的实验受试者，未必在意识层面持有“特定人群会携带枪支”的明确观念。事实上，你的显性信念与经验数据库完全可能自相矛盾，这一点我们将在第6章深入探讨。这种矛盾使得当前法院和职场组织的“隐性偏见培训”，究竟能否改变大脑形成的认知捷径变得扑朔迷离。需特别指出：此

类项目的有效性虽在持续研究中，但迄今所得结果仍无法就其作用机制提供明确解释。^⑤就像告诉你那条裙子其实是蓝黑色而非白金色，并不会改变你的视觉感知一样，单纯意识到自己的隐性偏见，也难以改变它们对你的自动化影响。此类培训最多只能提升你的觉察力，从而促使你在行动前三思。关于“知易行难”的深层关联，我们将在下一章详述。现在让我们回到对语言经验的讨论，对本章内容进行总结。

你的大脑实验室 狭义调谐还是广义暴露

别误会——我坚信优秀的非虚构读物是自我教育的重要途径。但若想真正改变，仅靠阅读远远不够，具体原因我们将在第6章详述。

本章讨论的隐性偏见，可视为大脑过度适应的产物。当大脑长期处于某个环境中且这个环境远比你预期应对的世界更狭隘时，就会形成这种固化的思维模式。这类似于第1章提到的脑区功能特化现象：某些脑区越来越擅长处理越来越少的任务。不同之处在于，隐性偏见涉及的是大脑整体对特定时空环境的适应。鉴于“经验从根本上塑造人对世界的认知”这一事实，我认为仅靠读书^⑥难以修正这些认知捷径。一方面，我们需要更审慎地选择让大脑接触的经验素材。我们所吸收的观念中，潜藏着怎样的关联？

另一方面，我们可以通过主动接触多元化的现实经验来拓宽经验数据库，让不同视角的叙事重塑我们。回到语言经验这个典型例子，我们或许可以对“拥有更多样化人生经验的大脑会呈现出何种状态”做出一些推断。经常使用多种语言者必须掌握至少两套语言规则系统。但这样的能力并非没有代价。大量证据表明，如果测量同时学习两种语言的儿童在某一种语言上的熟练度，会发现他们的语言发展轨迹比只学习一种语言的儿童稍慢。即使是精通双语的成年人，调用任意一种语言的难度也略高于单语者调用母语的难度。

这是因为双语者大脑中的两种语言规则系统并非独立存储。事实上，两种语言的神经表征紧密地交织在一起，当听到或想到某种语言的某个词汇时，另一种语言的相关神经元也会被自动激活到某种程度。当双语者使用非优势语言时，他们需要抑制优势语言更强烈、更自动化的神经激活。换句话说，双语者使用非优势语言进行表达时，有点像在做斯特鲁普测试——当文字颜色与词义不符时，你需要努力说出文字的实际颜色！

请耐心听我说完，我知道这些描述可能不太吸引人。

我与安德里亚合作研究了双语者基底神经节的信号传导机制，发现双语经验能强化大脑“骑手”的控制能力。实验数据显示，双语者这种更优的信号传导机制，使他们在执行新的数学任务时，速度快于单语者。多元语言经验虽然会增加大脑内部的

表征冲突，却也能训练人们更敏锐地感知当下语境。双语者若想准确使用非优势语言，仅靠大脑中语言相关神经通路的自动反应是远远不够的。

此人掌握4门语言（熟练程度不一），其中2门更是达到精通级别！

2020年，我与博士后研究员金赛·比斯（Kinsey Bice）^②共同发表了一项最新研究。在该研究中，我们分析了197个大脑样本，其中91个属于单语者，106个属于多语者，试图通过他们在静息状态下的神经协同模式，寻找“控制能力增强”的证据。总体而言，那些会多种语言的人即便在大脑处于静息状态时，其 α 波能量也更强，这表明他们大脑内部的协调性和控制力更强。结合本章关于大脑“适应”机制的发现，需要补充说明的是：双语经验对 α 波的增强效应，在日常频繁使用双语的人群中最为突出。这揭示了我們不仅需要构建多元化的经验数据库，更要通过持续实践将这些经验应用于不同场景。

尽管学术界对多样化语言经验如何影响思维方式、情感反应及行为模式的研究仍存在争议，但我们认为部分原因在于研究者常常忽视“双语能力”这个统称下涵盖的不同经验类型。不过，越来越多的证据似乎表明，日常使用多种语言者的大脑在结构和功能上都与单语者存在本质差异。

虽然我不至于天真地认为学习多门语言就能消除隐性偏见带来的问题，但必须强调：我们需要对输入大脑的信息来源有清醒的认知。因为多语言使用者的大脑为我们提供了一个很好的范本，让我们看到接触过多样化语言规律的大脑会呈现何种状态。在特定环境中，这种多样化的经验或许会让我们的反应稍显迟缓，却能迫使大脑提升灵活性，增强对所处环境的敏感度。下一章我们将深入探讨这一机制，解析大脑如何通过无数决策指引人生航向。

第6章

大脑导航术 知识如何成为你的指示灯

既然你已读完本书大半，想必不会中途放弃。借此机会，我将提出几个关于你与你的大脑的更棘手的问题。前几章已为你搭建了充足的思考框架，这些内容大多与解释大脑运作的科学发现相关。在讲述过程中，我还穿插了一些个人的建议。根据我们在第5章讨论的内容，我知道这些阅读体验会影响你大脑神经的连接方式。但此刻我想问你的问题是：你认为自己学到的这些知识，真的会改变你的思维方式、情感反应或行为模式吗？

需要澄清的是，我从未见过玛雅·安吉洛。但在我读研究生期间，她来加州大学戴维斯分校演讲时，我和贾丝敏确实坐在前排，感觉她就像在对我说话一样。那次经历，就像她本人一样，令人难忘。

我虽无法确定玛雅·安吉洛首次说出这句箴言的时间，但我猜想这已沉淀为她的人生信条。我清晰记得奥普拉曾谈及，当年安吉洛对她说这句话时给她带来了很大影响！

我曾有幸聆听过知名作家玛雅·安吉洛（Maya Angelou）的演讲^②，她是我见过最非凡的人之一。她说过这样一句话：“尽力而为，直到你懂得更多。一旦懂得更多，就要做得更好。”^③虽然我常以她的这句话自勉，但也深知对大多数人而言，知与行之间的关系远非如此简单。本章中，我们将深入探究背后的原因。

为此，我们需要以前两章所学内容为基础继续深入，即不同大脑如何集中注意力并适应环境。由此自然引出一个合理的问题：不同大脑如何运用对当下处境的理解，结合过往经验积累的知识，在人生道路中做出选择？

从主观感受来说，某些经验对我们行为方式的影响，确实比其他经验更强烈。但我们已经花了相当多的时间，探讨大脑如何在我们毫无察觉的情况下构建现实。那么这一切究竟是如何共同作用，最终影响我们的行为模式的呢？

在此提醒（如果你没读绪论的话）：我并不是那种能开处方的医生。这里只是打个比方。

为了更好地理解你所学的知识究竟如何影响（或未能影响）你的决策过程，让我们从一个虚构场景开始：假设你被明确告知某个信息，而这个信息对你改变行为方式有清晰的要求。比如，医生说你的血糖偏高。这可不是好消息，因为这会显著增加

你患2型糖尿病、心脏病和脑卒中的风险。但医生也表示，这种情况是可逆的，只要按照建议调整生活方式：减少饮食中的糖分和精制碳水化合物摄入，同时增加运动量，你的血糖水平就很有希望回归健康区间。而当血糖恢复正常后，你会感到精力更充沛、状态更好！^②

那么接下来会发生什么？

颇具影响力的作家埃克哈特·托尔（Eckhart Tolle）曾说过：觉知是促成改变的最大动力。当你知道自己面临的是可逆转的健康问题时，几乎肯定会更有动力去调整日常习惯。但就像保持专注对某些人来说需要付出更大代价一样，根据“应该怎么做”的指导来约束行为，对某些人来说也远比其他人容易。我们在第3章也讨论过这点。要运用那些低频的、源自内在世界的目标来引导外界纷至沓来的一众“声音”，需要耗费多少心力？至少我可以相当自信地说：虽然觉知能催化改变，但绝不意味着改变必然发生。正如丹尼尔·卡尼曼谈及他那本影响深远的著作《思考，快与慢》时所说：“这不是一本读完就能改变思维方式的书。我自己写了这本书，思维方式却依然如故。”若世界真能如此运转，或许读了我的书，你就能获得所需的认知，全然接纳当下的自己。

我是在一篇精彩的文章中读到这句话的，它出自阿丽拉·克里斯特尔（Ariella Kristal）与劳里·桑托斯（Laurie Santos）撰写的评论《特种部队效应：论元认知意识在去偏见化中的局限性》，发表于2021年。其深刻洞见及相关理论有力证明，并非仅我一人执着追问那“战役的另一半”究竟为何！

然而现实世界中，我们的行为时常与内心期许背道而驰。当我们在事后反思这些时刻，关于“知”与“行”关系的真相，似乎更接近我的童年偶像——动画英雄G. I. 乔教给我的道理：“认知是战役的一半。”每集动画的寓意揭示后，他总会说出这句话。但即便作为8岁的小观众，我也总在疑惑：那战役的另一半是什么呢？^③在本章余下的内容中，我将尽力将我所理解的“完整战役”描述清楚。

要深入探讨这个复杂话题，我们不妨回顾一下大脑中的两种“控制”系统，我先前将它们比作“马”与“骑手”。因为在你人生的决策过程中，你的选择无疑一部分来自“马”的自主决策，另一部分则来自“骑手”更有意识的理性决策。本章我们将讨论：你的经验如何塑造“马”与“骑手”的决策方式，从而推动你在世界中的行动轨迹。

我常常惊叹于人们传授程序性技能时的各种教学方式，不论是教骑自行车、骑马，还是指导舞蹈动作。这些技能最终都无法仅凭理论讲解掌握，必须亲身感受才能领会。颇具讽刺意味的是，当我试图描述程序性记忆带来的意识

体验时，也遇到了同样的困境。如果你学过骑自行车或教过别人骑自行车，就会明白，程序性记忆包含着那些难以言传的关键诀窍，比如在成功转弯时，调整身体重心与转动车把之间的精准时机配合。

或许你还记得前文中的比喻：“马”代表着更依赖直觉的控制系统。这匹直觉之马赖以行动的知识储备被称为程序性记忆（procedural memory），它掌管着你最基本、最频繁的日常行为模式。有趣的是，如果要通过文字描述它，或许最贴切的定义是：程序性记忆是一类你明明掌握却难以用语言描述的能力。目前我们只需理解：你的直觉之马拥有大量帮助你生存的知识，但它无法用语言告诉你这些知识。从肌肉记忆（比如在不同地形行走时如何落脚，或穿高跟鞋时如何保持平衡）到影响大小决策的直觉反应，程序性记忆都在以自动化和直觉化的方式帮助你应对生活中的各种情况。

当涉及行为导向时，这匹直觉之马的运作法则非常简单：它致力于在《大脑自有主张》游戏中为你争取最大胜算。你的决策机制会本能地寻求最大奖赏并规避风险。当你饥肠辘辘时，冰箱里那盒美味诱人、高热量且能带来满足感的冰激凌，在“马”看来就是绝佳选择。毕竟它只是匹“马”——糖尿病风险或事后穿着牛仔裤的紧绷感，根本不会进入它的决策考量。简而言之，你的“马”及其对奖赏的追求，正是这场战役另一半的关键所在。

在本章第一部分，我们将探讨由“马”主导的决策机制如何从经验中学习。因为事实证明，并非所有“马”都遵循相同的学习方式。在接下来的部分，我们将探讨驱动大脑直觉决策机制的两条并行路径，以及为何某些大脑更容易受到其中某条路径的影响。

奖惩机制下的学习之旅

在第5章中，我们花了大量时间探讨：当个体的大脑试图基于自身经验，去理解外界纷繁复杂的“信息洪流”时，会本能地采用哪些早期形成的自动化认知捷径。而在第4章里，我们探讨了这些经验如何既塑造了我们对各类信息重要性的认知，又被这种认知反向塑造。从“马”的视角来看，这些大脑功能本质上都是达成目标的工具。简而言之，你的“马”会学着关注环境中与有利或不利结果相关联的特征，同时学着忽略那些对其决策毫无影响的事物。比如，对你来说，学习分辨一门从未接触过的语言的发音可能毫无用处，但对以英语为母语的人来说，学会区分“ba”和“pa”的发音，却能让它们准确说出真实存在的banana（香蕉），而非根本不存在的panana。要判断环境中哪些特征对后续决策至关重要，大脑需要一种方法：将自身所处环境、所做选择，以及该选择带来的结果动态关联起来。

我家族里的意大利亲戚们，要是知道我说鞋子无关紧要，怕是永远都不会原谅我。

稍后我们将详述其运作机制。

这个被称为强化学习（reinforcement learning）的过程，是影响你大脑中“马”的决策机制的最重要的因素之一。为了让你在生活中获得最大化奖赏，大脑会执行以下4步流程。第一步，它会调用你的过往经验数据库，尽可能精确地构建周围世界关键特征的认知模型。比如在繁忙街道上，快速判断迎面而来者手持的是工具还是武器，这会直接触发不同的行为反应，而注意到对方穿的鞋子款式则无关紧要。^①第二步，基于你在类似环境中的过往经验，大脑会构建你可能采取的各种行动的潜在方案库。比如迎面走来一个人时，你可以微笑问好或进行其他积极互动，也可以保持面无表情假装没看见，或者干脆掉头走开甚至跑开来躲避对方。当然，还有无数其他选项，比如高唱碧昂丝的《Halo》，或是坐在街角速写眼前场景。大脑是否会考虑这些行为选项，很大程度上取决于你在类似情境中的过往经验。第三步，基于过往行为习得的经验，你大脑中的“马”会评估各种潜在行动方案，选择它认为最可能带来好结果的选项。^②第四步，大脑会将这次选择的实际结果与预期结果进行比对，据此更新其数据库中对该选择相对“优劣程度”的记录。

此前我们讨论过不同脑区结构如何影响认知世界的方式，这些原理同样适用于决策过程。比如环境中最能吸引你注意力的要素，在决定下一步行动时会占据更大权重。而当前讨论最关键的是：拥有不同人生经历的人，对各类行为可能产生的结果有着截然不同的预判。

关于这个决策机制，我们稍后会详细讨论。

举个具体例子：如果你五音不全，或者虽然唱得好却容易害羞，那么当众演唱《Halo》自然会成为垫底选项。但当你某个特定情境缺乏经验时，大脑就会通过试错来探索可能的行动方案，以此评估结果的好坏。^③

比如在熙熙攘攘的街道上，你可能会尝试微笑。如果得到的回应不错且不觉得尴尬，大脑就会记下这个正面反馈，这会增加你未来在类似场景中重复这个选择的概率。大脑记录这些信息的方式，取决于强化学习的第四步，也是最后一步。由于生活中鲜有绝对确定之事，我们也几乎不会两次遇到完全相同的处境，大脑会通过比较实际结果与基于过往经验的预期结果来学习。若实际结果优于预期，大脑就会释放让人愉悦的化学物质——多巴胺。正如第2章所述，多巴胺会形成学习信号，促使神经回路重组，让你今后更倾向于在相似情境中选择该行动。反之，若结果不如预期，释放多巴胺的神经元的活动频率就会低于基准水平，这会让你感到失望，同时会削弱与该行动相关的神经连接。

举个夸张的例子：假如你选择在街头高唱《Halo》，期待自己的歌声宛如碧昂丝再现，幻想路人会簇拥着将你举向空中，奉你为女王，那这个选择的现实结果恐怕会让你的大脑天旋地转。这种认知落差就像电影《全民情敌》（*Hitch*）里的舞蹈课桥段：当凯文·詹姆斯（Kevin James）展示他自认为帅气的舞姿时，威尔·史密斯（Will Smith）直视他的眼睛，说出那句摧毁多巴胺的忠告——“绝、对、不、要、再、这、样、跳、舞。”

AlphaGo，这款在人类最擅长的领域击败世界顶尖棋手的非凡计算机程序，正是众多通过强化学习算法训练出的人工智能代表之一。

随着大脑不断校准对行为结果的预期，它就像在编写一本情景应对手册，记录着不同场合下最优与最劣的行为选择。这本手册会潜移默化地指导你的日常决策——从清晨是否按下闹铃的“稍后提醒”键，到如何遣词造句表达自我。通过4步强化学习机制，大脑能让你毫不费力地根据过往经验，选择最具回报价值的行动方案。这个机制运转得相当精妙。事实上，单凭强化学习就驱动着绝大多数生物的行为决策，也支撑着我们开发出那些成功的人工智能。^①

但强化学习机制对人类来说有个很糟糕的缺陷，而人工智能无须面对这种问题：如果你有幸因某个选择而获得一连串美妙的体验，大脑就会给这个行为贴上高预期奖赏值的标签。虽然这种预期会让你渴望重复这种体验，但每次获得的由多巴胺驱动的愉悦感其实源自实际体验与预期的差值。因此，越是频繁获得这种美好事物，实际感受到的愉悦感反而会越来越少。换句话说，只有当某件事的结果好得出乎预料，或者已知选择的结果比你想象的还要好时，你才能获得那种强烈的多巴胺释放带来的愉悦感。

我的回答是愿意，但前提是能带着自己的大脑同行，如此方能将这段记忆珍藏……

举个更具体的例子：无论你认为像碧昂丝那样唱歌有多棒，真正成为碧昂丝可能远没有想象中那么有趣。首先，你的大脑会建立起一套以“碧昂丝水准”为基准的全新预期。这意味着，你不仅需要像她一样天生拥有那副金嗓，维持她标志性的形象，还必须能持续创造出那些堪称传奇的巅峰表演。既然她的大脑奖赏机制与我们无异，那只有当她完成超越常规碧昂丝水准的表演时，大脑才会释放大量多巴胺！这自然会让她经历很多失望的时刻，也不禁让人好奇，如果有机会，你愿意和碧昂丝交换一天人生吗？^②

在回答之前，请容我补充一个关键细节，这会影你的大脑在体验碧昂丝的生活时，究竟会以何种方式从这段经历中学习，以及学到什么内容。事实上，人类大脑的强化学习路径中存在一个关键分支，这是大多数人工智能所不具备的。这个分支

对应着大脑中多巴胺传递的两条真实神经通路。第一条我称之为“选择（choose）通路”，其运作机制大致如我之前所述：当选择通路接收到多巴胺奖赏信号时，它会强化所处环境与具体行为之间的神经连接，使你未来更倾向于重复这个行为。但还存在第二条并行运作的通路，我称之为“回避（avoid）通路”。这条多巴胺通路由抑制性受体构成，能够降低神经元的活动强度。当你采取的行为结果不如预期时，多巴胺水平会跌破基准值，此时回避通路就会主动学习这个行为的不良性质，削弱相关神经连接。所有人脑的决策系统都通过“胡萝卜加大棒”双重机制学习——既通过正向激励强化趋近理想选项的可能性，又通过负向抑制削弱导向次优结果的倾向。关键在于主导这两种学习路径的多巴胺受体类型不同。正如我们在第2章讨论的神经递质的差异，这些差异不仅决定了化学信号的传递方式，还影响着不同通路对个体决策系统的支配程度——是某条通路占据主导，还是两者共同引导选择。在接下来的章节中，我们将先介绍测量这两种学习方式的实验方法，再深入探讨其现实意义。

测一测：你是选择者还是回避者

要判断你的选择通路与回避通路的相对强度，最佳方式是参加迈克尔·弗兰克（Michael Frank）团队开发的概率性刺激选择测试（Probabilistic Stimulus Selection Task，简称PSS测试）。不过由于这个测试需要根据你的决策结果来评估学习方式，必须通过实时反馈机制才能完成，这在纸质书中无法实现。如果你想了解自己的大脑是通过奖励（胡萝卜）还是惩罚（大棒）来学习的，请在阅读下一节关于测试原理的内容前，先访问我个人网站上的“研究”版块。

PSS测试分为两个阶段。第一阶段，受试者需要学习在两个大脑未学习的新行为中选择回报更高的那个。测试中会用两个陌生物体来代表不同的行为，受试者需任选其一。由于开始时他们并不知道哪个更好，只能随机猜测。每次选择后，系统都会给出反馈：有时会显示醒目的绿色“正确”字样，表明做出了好选择；有时则会显示红色“错误”字样，这相当于暗示他们的选择就像骑儿童三轮车冲下楼梯般糟糕。虽然这种模拟现实选择中奖励与挫折的方式看似简陋，但请耐心听我解释。这个实验范式的核心目标，是测量人们究竟更善于从导致“正确”反馈的选择中学习，还是从导致“错误”反馈的选择中汲取经验。

关键在于，这个测试没有唯一正确的答案。就像现实生活一样，在实验中重复做出同样的选择，并不总是得到相同的结果。这正是测试名称中“概率性”一词的意义所在。实际上，你获得“正确”或“错误”反馈的概率，会随着所选动作的不同而动态变化。在实验的第一阶段，受试者需要进行3组选择任务，这些任务基于6个不同动作，两两组成一组。其中第一组选择最为简单：6个动作中最差的那个（80%的概率会得到“错误”反馈）和最佳的那个（80%的概率会得到“正确”反馈），由

于这一组结果对比悬殊，人们很容易学会正确选择。第二组选择稍具挑战性：一个动作有70%的概率得到“正确”反馈，另一个则有70%的概率得到“错误”反馈。真正困难的是第三组：一个动作有60%的概率得到“正确”反馈，40%的概率得到“错误”反馈，另一个则有60%的概率得到“错误”反馈，40%的概率得到“正确”反馈。无论选择哪个，受试者几乎有一半时间会收到“错误”反馈，这让对负面反馈较为敏感的人倍感挫败。

在PSS测试的第一阶段，即学习阶段，将这3组选择反复提供给受试者，直到他们能稳定地选出“最有可能带来奖励的物品”（或“出错概率最低的物品”）。随后，为弄清楚受试者是如何学会做出这些决策的，以及涉及哪些强化学习路径，研究人员会将这些标志性行为重新组合配对。

在PSS测试的第二阶段，即决策阶段，每个行为都会与其他所有行为进行两两配对。因此，受试者有时需要在两个最佳行为（即分别有80%和70%的概率能带来正面反馈的行为）之间做出选择，有时则需要在两个最差选项（即分别只有20%和30%的概率能获得奖励的选项）之间做决定。在此过程中，他们还会遇到介于最佳与最差之间的所有其他配对组合。

该数据来自对365名受试者的数据分析。在该分析中，我将那些依赖“选择通路”明显更有效的人定义为胡萝卜型学习者，这些人依赖“选择通路”学习得到“正确”反馈的比率比依赖“回避通路”得到“正确”反馈的比率高33%；将那些依赖“回避通路”明显更有效的人定义为大棒型学习者，这些人依赖“回避通路”学习得到“正确”反馈的比率比依赖“选择通路”得到“正确”反馈的比率高33%。

在我看来，这里最有趣的地方在于：虽然从数学角度看，70%与80%奖励概率之间的差异，本质上等同于20%与30%奖励概率之间的差异，但人们的选择显示，他们对最佳选项的学习过程与对最差选项的学习过程是完全割裂的！事实上，在我们的实验室里接受这项测试的人群中，约12%的人似乎主要通过“胡萝卜”机制学习，他们利用选择型多巴胺通路来掌握最佳选项的奖励概率；而另外12%的人则更擅长通过“大棒”机制学习，他们通过回避型多巴胺通路来学习如何避开所有糟糕选项。^①其余的人处于中间地带，均衡使用这两种通路来指导决策。下一节我们将探讨这种现象在更广泛决策场景中的意义。

理解“胡萝卜加大棒”式学习机制

为了具体说明胡萝卜型学习者与大棒型学习者的行为差异，我将展示我们实验室基于瑞文高级推理测验（Raven's Advanced Progressive Matrices）设计的一系列

智力谜题。该测验旨在评估推理与问题解决能力。解题关键在于发现图像矩阵从左到右、从上到下的变化规律，从而在4个选项中选出最合适的矩阵补全图案。

该测验的一些实验室版本会限时，但在这里我只给你一道题（见图6-1）来解答，因此你可以慢慢思考。选定答案后，请阅读下一段，看这个测试如何揭示你的大脑学习方式。

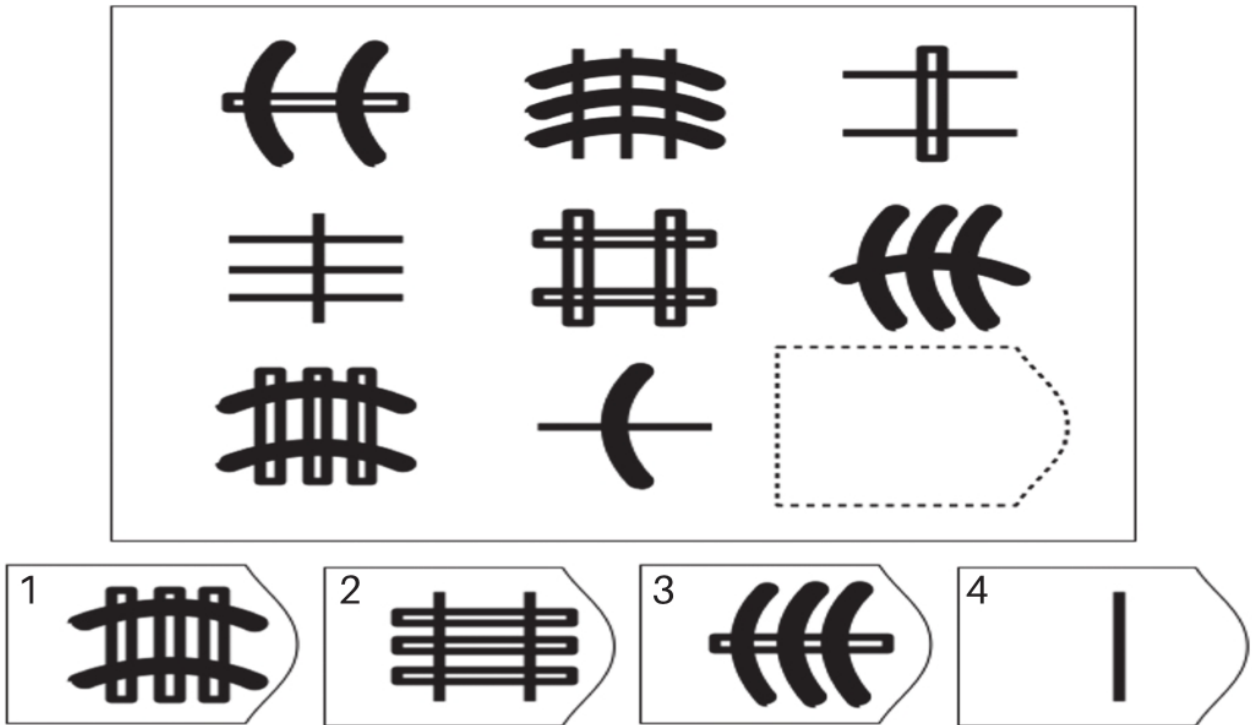


图6-1 瑞文高级推理测验题之一

本题正确答案是第2号图案。解题规则如下：每一行的3个图案中，纵向线和横向线的数量都分别有1条、2条和3条；而最后一行的3个图案中，纵向线有3条的、1条的，少一个有2条的，横向线有2条的、1条的，少一个有3条的，因此选择2号图案，纵向线2条，横向线3条。即使只发现这一条规律，第2号图案也是唯一符合要求的答案。不过矩阵中还隐藏着其他值得注意的图形规律。当你从左到右观察时，垂直和水平的线会在空心矩形、规则线条和通心粉状的弯曲线条之间规律交替。接着从上往下看，水平和垂直线条的数量及图形排列模式也会呈现规律变化。

虽然有多种方式能解开这个谜题，但我和安德里亚以及我们之前的一位实习生劳伦·格雷厄姆（Lauren Graham）合作开展的研究表明：一个人的回避型学习通路越强，就越可能正确解答这类问题。而选择型学习通路的强弱差异，则与解题能力完全无关。具体来说，这并不意味着胡萝卜型学习者不擅长解决此类问题，因为他们未必不擅长规避错误选项。两种能力可以独立存在！更准确的理解是：相比选择

型判断力，每个人的回避型判断力与解决复杂问题的能力关联性更强。为什么会这样呢？

为了更好地理解“胡萝卜加大棒”式学习机制与问题解决的关系，我们编写了一个计算机程序，用模拟人类思维方式的方法训练它解题。程序首先会选取某个视觉特征，比如图像中左上角的两条纵向曲线，然后尝试建立规则来解释这个特征在下一个区块中的变化规律。接着它会通过第三个区块来验证这个规律是否正确。我们这个模型的关键设计在于，它需要一套自我评估机制来判断进展，即是否正在靠近问题的解决方案。这在现实生活中其实非常普遍。不知道是幸运还是不幸，现实中我们做出并非最优的决策时，并不会像计算机程序那样跳出醒目的“错误”提示。因此破解复杂问题的核心技巧之一，就是准确判断当前策略是否奏效。与多数人工智能不同，我们的模型配备了双重反馈系统：既可以通过“胡萝卜”（这样做有效，太棒了！）激励学习，也能通过“大棒”（必须舍弃这个特征）强制修正。正如我们研究中的人类受试者一样，当增强模型的“大棒式学习”能力时，其表现显著提升；而强化“胡萝卜式学习”时，效果却微乎其微。

模型数据与人类实验数据共同揭示：身处复杂问题空间时，及时判断自己的思路是否偏离了正确方向至关重要。例如，若试图用“旋转后加一”的规则，将图像左上角的两条黑色曲线与中间图的两条曲线强行关联解题，就会误入歧途。该谜题的正确解法需要为纵向与横向线条分别设定规则，两者表面的相似性不过是解题过程中的迷惑项！

坦白讲，最初发现只有大棒式学习与解题成功率相关时，我的认知确实受到了冲击。虽然从科学角度，我坚信我们在思维方式、情感反应和行为模式上都兼具利弊，但“胡萝卜式学习”（我深有共鸣的方式）与解题能力无关，而生活中刻意避开楼梯之类的“大棒式学习”却与之相关，这种反差让我如鲠在喉。不过，我大脑决策系统中那个外向乐观的“骑手”，也就是那个更执着于追寻快乐而非规避失望的部分，暂时忽略了几项关键认知。

首项认知是：人类大多数趋利避害的决策都发生在潜意识层面，至少是难以用语言描述的层面。这意味着，即便你自认为是乐观主义者，或自嘲对奖惩机制敏感，也并不必然对应“胡萝卜”或“大棒”型学习者。

还有一个事实是：胡萝卜型学习者往往能更快、更准确地学会如何找到生活中最美好的事物。这种奖励导向的学习方式非常高效。要知道，大多数采用强化学习的人工智能系统都只依赖胡萝卜式学习。

我的朋友克里斯蒂是典型的大棒型学习者。有一次她靠尖叫救了我一命。当时我正全神贯注过马路去买冰激凌，压根儿没注意到有车要撞上来，全靠她的尖叫声大到让那辆车急刹，我才没被车撞。绝对真人真事。

但秉承本书的核心主旨，仅依赖胡萝卜式学习也要付出一定的代价。疫情期间就凸显了其中一个显著弊端——当所有选项都很糟糕时，胡萝卜型学习者的优势便无法显现。事实上，由于他们总是倾向于选择优质选项，反而对那些不那么好的选项知之甚少。换句话说，若遭遇丧尸末日或疫情这类危机，你的团队里需要配备一位大棒型学习者。这是必需的。^①

但关键在于，在很多情况下，“胡萝卜”和“大棒”两种学习系统最终会殊途同归。这意味着两类学习者往往做出相同选择，即都会选择成功概率最高的行动方案，尽管驱动他们做出决策的经验路径完全不同。

本章前半部分的核心观点是：驱动我们日常行为的大部分自动化、凭直觉的决策过程，往往基于奖赏机制。无论你大脑的“马”是逃避生活中不那么好的事物，还是追寻最美好的事物，若没有“骑手”驾驭，它们都会一心一意朝着有奖赏的方向狂奔。

值得庆幸的是，你的“马”配有“骑手”。于是关键问题来了：如果我向你解释当众唱碧昂丝的歌会引发什么，能否帮你避免“社死”的尴尬？如果明确的知识连补充你人生经验的作用都起不到，我何必花数千小时写这本书、带研究生？这个问题让我们兜兜转转又回到了知行关系，也让我们重新思考为何“知”只是成功的一半。要完成讨论，我们还需要完整描绘这场“知与行的较量”：你大脑的“骑手”如何运用所知所学，影响你在生活中的思维方式、情感反应和行为模式。

“骑手”导航：运用有意识的回忆来指引你的决策

终于要探讨“骑手”的导航方式了。毕竟，它不仅决定你要去哪里，连抵达时戴什么颜色的帽子都要管。而这正是你最熟悉的导航方式——因为你的意识知觉就是骑手用来导航的工具。在你的前额叶皮层这个控制区域里，你会基于自己对“如何变得更好”的明确认知来制定目标。但这些认知究竟由什么构成？又该如何用它们说服你的“马”远离冰激凌背后潜在的危险呢？

在本书中，我多次暗示过语言的强大力量。通过遵循他人指引，语言能让人类跨越许多进化而来的，反应更慢的学习系统。正如玛雅·安吉洛所说的“就要做得更好”——这句话就能激发你的斗志，即使你正在学习那些阻碍你大脑驾驭这匹“马”的重重障碍。

要真正理解语言如何引导行为，让我们一同窥探“骑手”那比喻意义上的“马鞍袋”，看看他们用什么工具导航。在这个“马鞍袋”里，你能找到一类可用语言描述的知识，即“陈述性记忆”（declarative memory）。比如我知道章鱼有8条触手，能挤过比嘴部大的任何孔洞；知道某些极端情况下成年水母能“返老还童”成

水螅体；知道乔治·华盛顿是美国首任总统；还知道 $2+2=4$ 。这些“冷知识”构成了陈述性记忆的一个子类——“语义记忆”（semantic memory）。就像彼此间有大量链接的百科词条，你的所有语义记忆编织成一张知识网络，让“骑手”能根据沿途见闻理性决策。在大脑这张知识网中，你能“点击”的链接包括每个词语的含义——这些词语正是你用来向他人描述事物的工具。

但还有更丰富的认知方式，不仅影响我们回答知识性小问题，还塑造着对我们自身存在意义的理解。比如在我的大脑里，记住“华盛顿是首任总统”与理解“水母或许能永生”有着本质区别。这是因为我还清晰记得初识水母的那个瞬间：虽然10年前水族馆之行的细节大多模糊，但那群在圆柱缸中游动的水母、当时对永生的遐想，以及继母追问水母趣事时我的困惑与欢笑，依然历历在目。这种包含具体体验，且情境信息丰富的陈述性记忆，被称为“情景记忆”（episodic memory）。

当然，真实的情景记忆还包含触觉、气味和情绪等无法被视频记录的信息。试想一下，如果我们有技术可以完整记录这些记忆，该有多神奇？

从你的意识层面来看，情景记忆就像一种精神时光机，能把你带回过往经历的时间地点，而你会以“骑手”的第一视角去感知当时的一切。这种记忆体验就像你收藏着一系列视频片段，里面记录着你专属的剧集《你的生命篇章》（*The Episodes of You*）。^⑤要调取这些片段，你可以点击那些标题吸睛的文件，比如“初吻”“水母之问”和“楼梯摔跤事件”。

你或许会想象，在人生的每个岔路口，“骑手”都会翻检马鞍袋里的陈述性记忆，寻找能帮助决定下一步行动的信息。通过检索语义记忆，它能为周遭事物匹配对应的认知模式：这些东西有什么用？吃了会升血糖吗？能提供前方路况的线索吗？与此同时，“骑手”还会尝试从情景记忆库调取类似事件的记忆：我以前来过这里吗？做过类似的事吗？如果有，能从中借鉴什么经验来应对当下的新情况？不过要让这些记忆真正指导你的决策，关键在于如何从庞大的神经数据库中准确提取相关信息。下一节我们将探讨记忆的存取机制，以及当这个机制出错时会发生什么。

大脑的“档案管理”：记忆的输入与输出

就像大多数事物一样，正常（或异常）现象都存在一个界定范围。值得注意的是，这种“话到嘴边却无法说出”的现象主要发生在回忆专有名词时，而非回忆咖啡杯或遥控器这类日常物品的名称时。若无法提取这类日常物品的名称，则可能意味着存在某种认知症症状（认知症有多种类型，且部分类型会随着年龄增长而出现）。

现在你已踏上新的旅程，正要从知识的马鞍袋里翻找能指引下一步行动的信息。但你一定经历过这种时刻：想记起某个人的名字、一家喜欢的餐厅或某首歌的歌名时，那个词仿佛已经在舌尖打转，却怎么也说不出口。就像你的手指已经碰到马鞍袋里的东西，却始终抓不住它。以前，我奶奶讲故事时要是卡在某个以M开头的人名上，总会说：“我知道自己找对文件柜了。”这里暗含着一种直觉认知：单词的拼写方式与其在大脑中的存储位置息息相关。好消息是，这种“话到嘴边却说不出”的现象在每个人身上都会发生，只是程度不同。这是记忆检索过程中再正常不过的副产品。^②坏消息是，随着年龄增长或在压力状态下，这种情况会越发严重。那些受年龄增长或压力影响的人可以凭亲身经历告诉你：记住信息确实是战役的另一半。

我所说的“大同小异”是指：我们的每次心理体验，都对应着遍布大脑的神经元集群所产生的协同放电模式。虽然具体的神经网络会随着思考内容与注意力集中程度而变化，但本质上它们并非苹果与橘子般天差地别，更像一棵树上形态各异的果实。

那么，关于记忆是如何组织的，这些“话到嘴边却说不出”的现象揭示了什么呢？在第5章中，我曾用“沙滩漫步”的比喻来解释经验如何通过移动数百万沙粒来重塑大脑。这个比喻暗示了一个生物学真相：最初，所有记忆看起来都大同小异。^③无论是语义记忆还是情景记忆，本质上都是由神经元之间不断变化的连接编织而成的。

我跟他说过，要把它攒起来去买一匹马，但我花了30年才实现这个目标。

但要让任何类型的记忆浮现，大脑都需要以不同的近似程度重新构建与最初一次或多次经历相关的神经活动集群。最初我们能够以相当高的保真度回溯记忆轨迹。这说明我可能确实拥有过一段关于乔治·华盛顿的情景记忆。比如在我幼年时，珀西叔叔每次见到我都会给我一美元纸币。^④我几乎可以肯定，他告诉过我纸币上的人物是乔治·华盛顿，是美国首任总统，尽管当时我连总统是什么都不懂。每次看到纸币时，这个记忆都会得到些许强化。后来在小学阶段，我肯定学到了关于华盛顿的“最初版本”，比如他是谁，他在美国历史中扮演了什么角色。但随着时间风蚀这些记忆痕迹，新的记忆轨迹覆盖了原始路径，细节逐渐模糊。最终留存下来的，是从几段与华盛顿相关的“记忆轨迹”的重叠处提炼出的知识片段。

假设大脑功能偏侧化遵循最典型的模式。

我们将在第8章中深入解析这些关键的社会认知过程。

要理解这个机制，我们不妨结合导航原理，重温学习神经网络的基本法则。首先需要明确：我们有意识的心理体验，大多对应着全脑神经元的同步激活，这些神经元

中的每一个都负责处理该体验的某个特定维度。举例来说，假设你正在经历一次高血糖诊断，此时你大脑右半球后部的神经元群^⑤可能专注于医生的面部表情，将这些信息传递到颞顶区域，让你试图通过微表情反推医生的想法。^⑥与此同时，你大脑的左颞叶可能正在解析医生的话语含义。此外还有许多我们尚未详细讨论的脑区，比如当你感到恐惧时会启动的杏仁核。

如果你想看到一个有趣的，能大致体现你大脑复杂程度的场景，可以去网络上搜索“100万张多米诺骨牌倒下的样子竟如此解压”（1 000 000 Dominoes Falling is Oddly SATISING）的视频。

正如第5章提到的，赫布型学习告诉我们：同时被激活的神经元会建立连接。因此，你在医生诊室的经验会强化参与该经验各类神经元之间的连接。这意味着，当其中部分神经元再次被激活时，比如你再次看到医生的面容，或听到“糖尿病”这个词，其他相关神经元也可能随之被激活，从而“触发”这段记忆的自动提取。大脑的这种机制让我联想到那些复杂的多米诺骨牌阵，只有那些耐心比我好的人才能完成这样的堆叠。当有人推倒第一块骨牌，骨牌就会沿着桌面依次倒下，形成精妙的图案。^⑦当两个神经元同时被激活，就像你把两块多米诺骨牌摆得更近。若将这个场景的规模放大到800亿块骨牌，就构成了大脑记忆提取机制的生动模型。

当然，大脑中记忆形成与提取涉及的动态过程要复杂得多。还记得在第2章和第3章中，我们讨论过的“嘈杂”的神经信号传导环境吗？正是这些条件塑造了大脑的特殊运作方式。有一点我们当时没有探讨：由于大脑中存在“噪声”，神经元有时会随机被激活，不需要任何外部刺激。这种效应就像有只老鼠在你的多米诺骨牌桌上乱窜，随机碰撞骨牌，甚至在不同地方推倒几块。当然，你大脑中的每块“骨牌”都可能与成千上万的其他“骨牌”相连。

更复杂的是，神经元之间的连接强度（或者说骨牌之间的距离）会随着每一次新的经验而动态变化。这种记忆修改通过两种机制发生：衰退和干扰。一方面，当两个曾同时被激活的神经元不再同步被激活时，它们之间的连接就会减弱，由此形成基于衰退的遗忘。这就像从骨牌链中抽走某块骨牌。根据被抽走的骨牌数量、所处位置以及相邻骨牌的初始间距，这种遗忘可能模糊记忆细节，也可能彻底抹去记忆。这种情况也可能引发“话到嘴边却说不出”的现象，就像大脑精准推倒了代表“M”的骨牌，但骨牌连锁反应在完整回忆前就停止了，导致你感觉快要想起，却始终无法完整回忆。

另一方面，当两个曾同步被激活的神经元中，有一个又与其他神经元建立新连接时，就会发生干扰。这相当于在骨牌链中并列放置两块骨牌，各自引发不同的后续效应。干扰最终会造成何种影响，取决于这种情况发生的频率及后续效应的复杂程度，你可能会因此再也无法从新记忆中辨认出原始模式。现实中干扰现象的典型例

子就是：当你在超市等常去场所停车后，经常记不清具体位置。当几十次停车经验都被编码进记忆，而每一次的细节都有细微差异，要提取对应某次停车的特定模式就变得异常困难！

衰退与干扰这两个过程共同作用，塑造着你形成的记忆。虽然情景记忆和语义记忆都会受这些过程影响，但情景记忆尤其脆弱。日常生活中的许多时刻，比如在超市停车，由于细节存在大量重叠，情景记忆常常成为干扰的牺牲品。要记住停车位或星期四的穿着这类特定事件，你必须在记忆激活过程中，将相关人物、物品和动作锚定到具体时空坐标上。

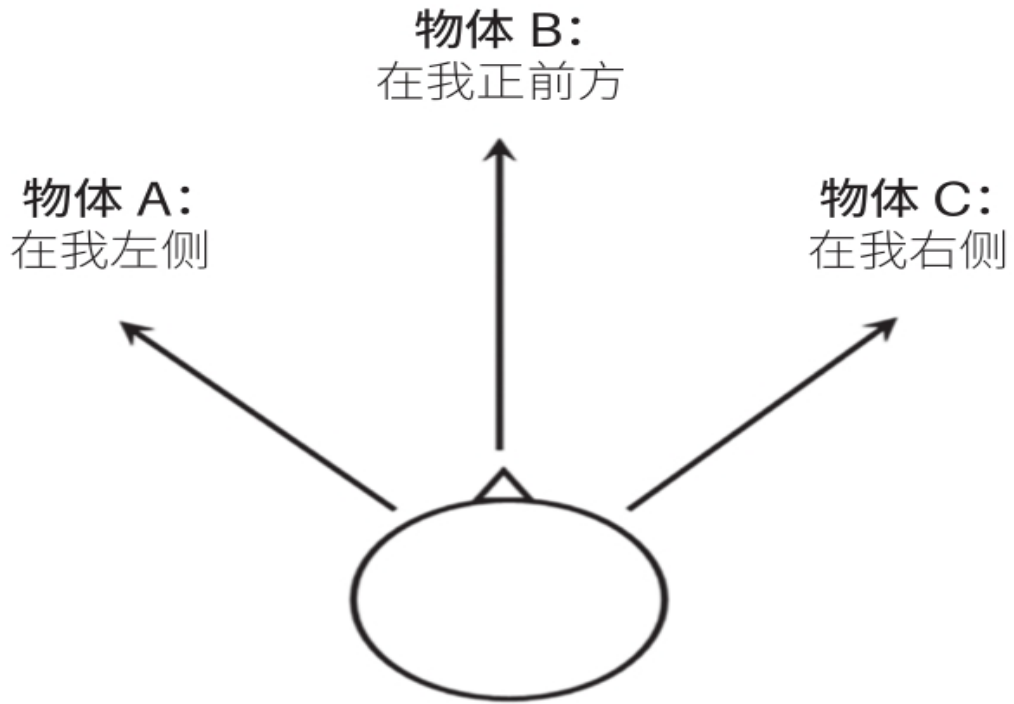
即使你记不住这些细节也很正常，毕竟这是你很久以前读过的故事里的小细节。在阅读本书的过程中，你已经接触了大量新信息！

这正是情景记忆与语义记忆的核心差异所在。要重建包含背景细节的神经活动模式（正是这些细节让你能区分生命中的不同片段），必须依赖特定脑区——海马。在本书开篇的“绪论”中，这个海马形状的脑区首次亮相。或许你还记得^⑤，当伦敦出租车司机记忆数万条路线时，这个区域会发生形态变化。这个支持人类及其他脊椎动物空间导航的脑区，同样对编码或提取保留第一人称视角的记忆至关重要，这种关联绝非偶然。在地图应用程序问世之前的漫长进化过程中，生物通过在现实世界中移动来学习空间导航，依靠记忆周围空间细节的变化来掌握从A点到B点的路线。

不过，如果你像我一样频繁走这条路线，你的“程序性记忆”或许也能引导你到达目的地。我甚至能在半梦半醒状态下完成这个行程，恰好证明了这一点。

关键在于，海马中存在名为“位置细胞”（place cell）的神经元，顾名思义，它们专门记录你在特定环境中的方位。但当代关于海马记忆功能的理论认为，这些位置细胞更广泛的作用，可能是根据经验构建意义图谱（meaning map）。简单来说，这个过程是这样的：当人类（以及某些动物）在特定空间中活动、积累经验时，他们能够将零散的经历“拼接”成认知地图。如图6-2所示，形成这种地图后，人们就能在心理层面将自己从场景中抽离，并且从完全以自我为中心的视角（仅根据物体与自身的位置关系来判断方位），转变为类似鸟瞰的全局视角（呈现物体之间相对位置关系的环境中心视角）。如果你能在黑暗中准确无误地从卧室走到浴室再返回，且不撞倒任何家具，说明你对这些空间及其相对位置已经形成了相当精确的认知地图。^⑥

自我中心视角



全局视角

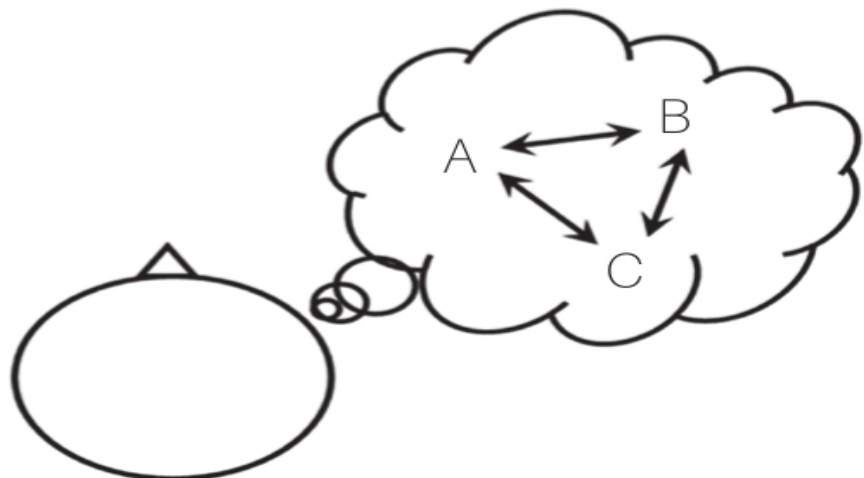


图6-2 认知地图的两种视角

在我看来，更有趣的还在后面。正如出租车司机通过驾驶经验建立标注空间地标之间彼此相对位置的认知地图那样，你的大脑也会对沿途遇到的人物、地点和事件之间的关系进行地图式编码。

让我们通过一个小游戏来演示这个过程。我将列出几个词语，请你在看到每个词时立即说出脑海中浮现的第一个与之相关联的词。

狗，_____；盐，_____；医生，_____；咖啡，_____

根据超过6 000名英语使用者参与类似“自由联想”测试的数据库显示，最常见的回答是：猫（67%）、胡椒（70%）、护士（38%）和茶（44%）。

下一节我们将深入探讨这些意义空间在结构上存在的个体差异。

为什么一个词能在如此多人心中激起相同的反应？或者，如果你给出的答案与众不同，或许你更想了解这背后的大脑机制。简单来说，除非你故意搞怪，比如不按指示非要标新立异，否则你脑海中蹦出的第一个词，很可能在你的意义空间里与目标词有着最紧密的联结。试想为何“狗与猫”“盐与胡椒”“医生与护士”“咖啡与茶”会像邻居一样紧密相关？答案显而易见：它们总在相似的场景中出现。有时它们会同时出现，比如用餐时的盐和胡椒，医疗场景中的医生和护士；有时你可能会在二者中择其一，比如养猫或养狗作为家庭宠物，选咖啡或茶作为晨间饮品，它们承担着相近的功能。当这些事物共同储存在你的意义空间时，它们在你的生命篇章中也占据着相似的位置。

根据查兰·兰加纳特和莫琳·里奇（Maureen Ritchey）提出的记忆模型，海马实际上会构建不同类型的认知地图，这些地图是依据海马与大脑其他区域的连接方式来组织的。他们在记忆研究的综述中指出，海马的不同区域驱动着两种记忆系统：其一是对熟悉的人物、事物及其特征关系的映射系统；其二是理解场景的系统，这包括空间维度（如家中发生的事）、时间维度（如清晨发生的事），以及基于“时间+空间”组合形成的复杂事件结构（如清晨在家发生的事与晚上在家发生的事）。与这一观点相呼应的是，姆拉登·索尔马兹（Mladen Sormaz）及其团队最近通过实验发现，人们对语义知识或空间信息的记忆能力，与其海马和其他脑区之间的连接模式密切相关。

该研究团队的第一步，是基于在任务状态下的功能性磁共振数据，估算海马与大脑其他区域之间的连接模式。该数据来自136名受试者，他们在扫描仪中处于自由联想或放空状态。不同于脑电图研究中测量特定频率下的脑区活跃度，该研究通过追踪受试者在狭窄扫描仪中神游时不同脑区激活程度的涨落变化来建立连接图谱。其

核心假设在于：两个脑区激活程度的同步性高低，反映了它们神经活动的协调程度，而这种协调性会影响不同情境下认知过程的耦合频率。随后，研究者将这些连接模式与扫描仪外进行的记忆行为测试结果进行关联分析。

研究者其实报告了海马连接模式与记忆间的多种关联，但为精简篇幅我仅选取最具代表性的发现。

安德里亚与我的记忆类型恰好完美符合这两种分类。我的图像识别记忆能力非常出色。我的词汇量相当不错，尤其擅长记住人的长相，但记名字的能力很差。有时我们看电视剧，我能认出某个演员在10年前某部剧里演过小角色。而安德里亚对时间和地点的记忆力好到惊人。比如我问：“看见我眼镜了吗？”，他仿佛能扫描自己的视觉记忆库，从各种稀奇古怪的藏匿地点中精准定位。再比如我问：“还记得我们什么时候开的支票账户吗？”（我早知道他这项绝技。）他会说：“记得啊，大概2007年四五月吧。”不过说真的，我这本事可比不上安德里亚的实用。

研究中最引人注目的发现之一是：大脑中存在某种连接模式，能有效区分擅长记忆“事物属性”与擅长记忆“空间位置”的人群。^②这种连接模式与大脑的偏侧化程度有关，具体表现为左右侧海马与左颞顶联合区（该区域常与语义提取相关）的连接强度差异。研究发现，左颞顶联合区与左侧海马连接更强（相较于右侧海马）的个体，在语义记忆任务中表现更优；但同样的连接模式却会导致他们在空间地形记忆任务中表现欠佳。反之亦然：左颞顶联合区与右侧海马连接更强的人群，其空间记忆能力突出而语义记忆能力较弱。这些发现似乎表明，大脑在“空间定位”与“属性识别”两种记忆能力间存在某种竞争机制。^③这种现象很可能与海马在重建神经活动模式中的特殊作用有关。

当“呼叫经理”这个特定行为与某个名字产生高频关联时（如网络文化中的“Karen”梗），就会在神经层面强化原本随机的关联，最终使大脑将特定名字与预设行为模式自动绑定。——编者注

尽管这些发现很有趣，但依然没解决本节开头提出的问题：为什么记住人名地名这么难？为回答这个问题，需要串联起你已学过的记忆存储与提取机制的诸多细节。简而言之，专有名词（多数话到嘴边却说不出来的根源）在记忆空间中处于某种模糊地带，介于情景记忆与语义记忆之间。一般而言，像“贾丝敏”“林戈”“西雅图”“暮光酒吧”这类专有名词，远不如“女儿”“狗狗”“城市”“酒吧”等普通名词常见。除非这些专有名词对应着你非常熟悉的人、地方或事物，否则名词与其指代对象间的神经通路就难以强化，再加上记忆干扰效应，提取难度就更大了。你的大脑数据库中储存了多少个名字与面孔的对应关系？你认识多少个叫凯伦的人？再加上一个事实：专有名词本身具有相当大的任意性。不像苹果和橘子这类具有可预测特征且常出现在相似场景中的事物，在你的大脑中，区分“凯伦”

和“莎拉”面孔的维度要难以预测得多，除非真有人在呼叫经理时喊出这个名字。

⑨当你把这些因素综合起来考虑，就会明白为什么有时候专有名词对应的记忆模式只能被部分提取出来。下一节我们将聚焦那些更容易提取的知识，为此我们会深入探索大脑根据事物与你的系统性关联所构建的意义图谱。

大脑中的“意义图谱”：认知神经科学

过去15年间，马塞尔·贾斯特（Marcel Just）及其团队进行的“读心”实验，极大增进了我们对大脑用于指引日常生活的意义图谱结构的理解。2005年6月，当我首次来到卡内基梅隆大学师从马塞尔学习时，这项引人入胜的研究正处于蓬勃发展阶段。马塞尔与计算机科学家汤姆·米切尔（Tom Mitchell）、我的朋友斯维特拉娜·辛卡列娃（Svetlana Shinkareva）和罗布·梅森（Rob Mason），以及其他杰出研究者组成团队，致力于解析人类思维的物理结构。虽然我并未直接参与这些项目，但仅是在场旁听就足以让我体会到这项探索的复杂程度。

无实义，实验室人造词。——编者注

当然，你要求受试者处理真实词汇与虚构词汇的具体方式，势必会重塑大脑的认知模式，但此影响暂且可以搁置不论。

简而言之，问题在于：功能性磁共振成像数据的常规分析方法，旨在判断特定脑区是否参与了某项心理功能。例如要研究功能X的神经基础，就需要观察脑区A的激活模式，看其在功能X发生时（理想情况下是与受控功能Y对比）是否会系统性地变得更活跃。接下来，重复这个过程，分别独立分析脑区B、C、D等。完成后，就能得到一张差异图：图中会显示哪些脑区在执行功能X时的活跃度高于功能Y。根据这两个功能之间的差异，你可以推断这些脑区可能负责的具体功能。例如，在阅读drill（指钻头类工具）这类真实词汇时，相比阅读blicket^⑩这类无意义虚构词汇更活跃的脑区，可能参与了通过语言提取语义信息的过程。^⑪

这种分析方法面临的关键挑战在于灵敏度不足，难以检测我们语义知识结构中那些微妙的差异，比如思考“锤子”与思考“钻头”时的区别。部分原因在于这些研究方法所考察的单个脑区大小。出于实际考虑，功能性神经影像学在划分脑区时，最小单位通常是1立方毫米，这个尺寸大约相当于削尖的铅笔笔尖。听起来或许微小，但实际上每个脑区记录到的信号，都是由超过50万个神经元的放电活动共同产生的。这就好比在倾听一个拥有数十万“八卦”邻居的社区——传统分析方法只关心整个社区的集体噪声是否变得更大，而神经语义学研究的目標则是要辨别他们何时转换了聊天话题。在同一个脑区内，个别神经元可能对“锤子”和“钻头”这两个词产生不同反应，但如果被激活的神经元数量差异不大，传统分析方法就检测不到这种变化。

解决这个问题的关键在于认识到：语义知识并非只存在于某个单一脑区。要确定脑区A内是否有不同的神经元群体对“钻头”和“锤子”这两个词有反应，我们需要弄清这些神经元与其他脑区的连接关系。这意味着必须找到一种方法，当受试者看到钻头或锤子时，能同时监测脑区B、C、D等的激活情况是否发生了变化。2001年，詹姆斯·哈克斯比（James Haxby）及其团队开发的多体素模式分析（multivoxel pattern analysis, MVPA）技术恰好满足这一需求。贾斯特团队运用这项技术，开始探索人类大脑如何构建意义图谱。

在神经语义学的首项研究中，由斯维特拉娜·辛卡列娃领导的团队向受试者展示了10幅不同的线条画。其中5幅画的是工具（锤子、钻头、螺丝刀、钳子、锯子），另外5幅画的是居所（房屋、公寓、城堡、棚屋、冰屋）。为使受试者能稳定激活与每幅图相关的知识网络，研究人员先在核磁共振仪外展示图片，让受试者练习思考物品属性，比如触摸或手持时的触感，它们的具体用途及常见使用场景。正式实验时，受试者在扫描仪内以随机顺序观看每幅图片6次，研究人员同时记录其大脑激活模式。

此处数字仅为示例。实际分析中使用的大脑区域数量因不同研究而异。

该研究团队的目标是：根据大脑分布式激活模式，解码受试者的思考内容。即便无法精确识别具体图片，至少能判断其思考的是工具还是居所。为实现这种基于大脑激活情况的“读心术”，辛卡列娃团队将神经科学技术与计算机科学工具相结合。研究人员使用了一种名为“机器学习”的技术，这种计算机算法能像人类一样通过案例学习。借助该技术，研究人员将大脑数据模式输入一个名为“分类器”

（classifier）的计算机算法中。分类器的任务是学会识别输入的数据序列属于哪个组别或“类别”。例如，当一个人看到锤子图片时，计算机接收到100个数值（对应大脑100个区域的激活程度），并附上“锤子”标签；当看到钻头图片时，又会收到另一组100个数值（同样对应这100个脑区的激活程度），并附上“钻头”标签。随着训练数据集不断扩大，分类器逐渐掌握了这100个数值^④所代表的激活模式与每张图片的对应关系。它的学习效果非常出色。在接收了50组数据（这些数据包含10幅图画各自对应的大脑激活模式，每幅各呈现5次）后，研究人员给分类器输入了它从未见过的数据序列，要求其猜测对应的内容。对于表现最佳的受试者，分类器能准确猜测出其正在思考的事物，准确率高达94%；即使对表现最差的受试者，分类器的准确率也接近60%。稍后我们会探讨这些个体差异可能反映的问题。

这些分类器中性能最优的，准确率约为80%。但值得注意的是，对其中两名受试者，用他人数据训练的分类器竟比用其自身数据预测得更精准！

如果说通过个人的大脑数据判断其正在思考的内容已经足够惊人，那么辛卡列娃团队更进一步：他们用其他受试者的大脑活动数据训练分类器后，也能预测某一个人正在思考的内容。根据你目前从本书学到的知识，你可能会猜到，这些分类器的平均表现有所下降。^⑤考虑到不同人对钻头和锤子的经验存在差异，用个人数据训练的分类器自然更能捕捉其独特视角，这一结果合乎逻辑。尽管如此，这种跨个体预测方法对多数受试者仍然有效，实在令人惊叹。事实上，辛卡列娃和她的研究团队能够通过他人的数据，准确预测出75%的受试者的思考内容。这自然引出一个疑问：剩下的25%的受试者究竟有何不同？综合来看，这项研究结果表明，不同个体大脑对语义信息的编码方式既存在共性，也存在差异。

自这项开创性研究以来，马塞尔及其合作者已开展了数十项研究，探究人类大脑构建意义图谱的方式。例如在其中一项研究中，他们考察了60种具体事物（包括工具、居所、食物、动物、交通工具等类别）所对应的大脑激活模式。通过分析这些激活模式的相似性，研究者将事物分组，并推断出大脑在表征与事物相关的知识时遵循三大核心组织主题：

诸如杯子等餐具，以及受试者所处主流文化中的常见食用动物（如牛），它们在大脑中的激活模式与胡萝卜等食物的相似度，远高于其他非饮食场景的工具或动物。

1. 它能否被食用吗？或与进食相关吗？^⑥
2. 能否用手抓握或操作？
3. 能否进入其中？或将其用作庇护所？

不过若你正是此类“怪咖”，我们绝对能成为挚友！

当你想到语义知识可能源于我们情景记忆中的共性时，这些组织原则就显得很合理了。它们也解释了为何通过你的大脑激活模式，可能有助于推断我的思考内容。尽管你我关于芹菜的经验可能不同，但我们都倾向于将其与烹饪或进食相关联。我甚至敢断言，我们都不会像握铅笔那样拿芹菜，也不会像啃玉米棒那样吃它。^⑦那么，对于那些难以通过自身或他人数据对想法进行分类的人群，这又说明了什么呢？

此外还需考虑测量数据的噪声干扰与变异性，但此问题暂且搁置不论。

没错，我属于那8%的异类——看到“咖啡”一词时，大脑条件反射般蹦出“咖啡因”！

警示：需清醒认识到，此刻你正利用自己大脑的“骑手”去推断一个完全由“马”主导的过程。

关键点在于，分类器区分不同想法的能力，与个体大脑中神经表征的独特性密切相关。^⑤而个体对分类对象的经验，正是塑造这种独特性的关键。例如，基于日常经验，咖啡与茶这两个概念在我大脑中的区分度，必然远高于从不饮用这两者的个体。虽然他们可能觉得这两种饮品大同小异——通常是装在带手柄的杯子里的含咖啡因的棕色液体，但我却能从中看到意大利与英国的对比、清晨与下午的差异、热饮与冷饮的区别、健康与疾病的隐喻。由此你或许可以推测，相较于依据“不喝含咖啡因饮品”的人的大脑数据，分类器更有可能通过我的大脑数据判断我此刻想的是咖啡还是茶。你或许还能（正确地）预测到，当我看到“咖啡”这个词时，脑海中第一个浮现的词不会是“茶”。^⑥那么，你能否反过来分析，你的自身经验如何促成了你产生的那些联想吗？^⑦

筛选研究对象时，评估确认其当下无心理健康危机，且无任何自杀意念史。

在第5章中，我们描述过经验可能以某些重要方式影响语义认知相似性的机制，比如在黑人面孔与武器之间建立情境关联。2017年，贾斯特团队发表的一项研究，则揭示了经验塑造意义图谱的另一个令人不寒而栗的影响。该研究的受试者包括一组自述有自杀念头的人，以及另一个没有此类念头的对照组^⑧。这次研究团队的目标是观察分类器能否根据大脑对特定词汇产生的激活模式，识别出思考者的某些特征。不过这次呈现给受试者的并非工具、居所等具象概念，而是涉及消极思想（如死亡、绝望、孤注一掷）和积极思想（如狂喜、无忧无虑、善良）的抽象概念。令人震惊的是，根据这些概念引发的大脑激活模式，分类器能以91%的准确率判断思考者属于有自杀倾向组还是心理健康组。两组受试者在面对强烈消极词汇和积极词汇时，大脑的激活模式均存在显著差异，其中当人们思考死亡、残忍、困境、无忧无虑、美好、赞美等概念时，两组受试者间的差异最为明显。

这将成为本书最后一章的核心焦点！

这是世界卫生组织提供的数据，统计于疫情暴发之前。

这个实验带给我们的启示是多维度的。从客观的科学角度来看，我们需要注意到：我们在过往经历中产生的感受，会直接影响记忆的组织形式。但如果用更富人文关怀的视角审视这些结果，则不禁令人深思——若一个有自杀倾向的人在思考“美好”这个词时，其大脑激活模式与心理健康者的差异大到连计算机都能区分，他们对世界的体验该有多么不同？更重要的是，当不同经验人群的大脑中对基础概念的表征方式存在根本性差异时，我们该如何实现认知校准与情感共鸣？^⑨这些都是亟待解决的关键问题，希望神经科学家和临床医生能携手合作，为全球超过2.6亿抑郁症患者提供更有效的帮助。^⑩

但抑郁症治疗面临的一个已知挑战是：情绪状态会影响我们在特定经验中的关注焦点。而我们所关注的一切，在记忆存储过程中都会被放大。这不仅影响不同概念在

大脑中的区分度，还可能影响这些差异在大脑中的存储位置。2021年，凯瑟琳·阿尔弗雷德（Katherine Alfred）及其团队发表的一项研究就揭示了这一点——人们注意指向内容的系统性差异，直接塑造了大脑表征意义的方式。

我至今不解为何实验未纳入“方块”图案，或许因diamond一词远长于其他图案的单词，因此易攫取额外注意力。研究人员极为严谨地控制了可能影响注意力的变量，例如通过轮换试次中的图文位置来平衡卡片信息布局。

为研究此现象，阿尔弗雷德团队设计了一个精巧的测试，旨在衡量人们更倾向于注意语言信息还是视觉信息。研究人员用类似扑克牌的黑白图案作为刺激材料。每张卡片都印有红桃、梅花或黑桃3种常见符号之一，但特别之处在于，这些卡片上没有数字，而是在符号上方或下方印有对应的文字说明。^④受试者需通过3个按钮将卡片分类到对应花色。在大多数情况下，图案与文字信息是匹配的，因此受试者可任选其一作为分类依据。不过实验中偶尔会出现一张“陷阱”卡片，上面的文字和图案并不对应。例如，“红桃”这个词可能会印在黑桃图案上方。受试者既没有被提前告知这些陷阱卡片的存在，也没有收到任何分类指引。实验人员希望通过记录人们在两种信息模态（图案与文字）发生冲突时的分类选择，来探究人类更倾向于依赖哪种信息——是视觉信息（图案）还是语言信息（文字）。

卡片分类任务的结果显示，几乎每个人都对语言信息或视觉信息存在天然的注意偏向（attentional bias）。一些人在处理陷阱卡片时完全依赖文字信息分类，另一些人则主要根据图案判断。研究人员用每位受试者“按文字对50张陷阱卡片进行分类的次数”减去“按图案对50张陷阱卡片进行分类的次数”，计算出一个范围为-50~+50的“语言偏向”分数。

接下来，研究人员想探究这种注意偏向是否与大脑表征具体事物意义的方式相关。为此，他们记录了受试者在观看60种物品的文字和图片时的大脑激活模式。随后采用多体素模式分析的变体——探照灯分析法（searchlight method），来探索语义信息在每个人大脑中的表征方式。这种方法可以看作传统神经影像分析（一次聚焦一个脑区的激活情况）与多体素模式分析一次性寻找分布在整个大脑中的活动模式的结合体。顾名思义，“探照灯”旨在通过预定义的物理搜索空间，探测相邻脑区的激活模式。这种方法通常用于观察分类准确率如何随探照灯定位的变化而变化。

为节省读者精力，此处对分析方法进行了适当简化。若你感兴趣可查阅原文献，其中详细介绍了如何通过复杂算法计算实验对象（以文字和图片呈现的60种物体）之间的语义距离，并将其作为模板来关联脑区激活模式。

但阿尔弗雷德及其团队更进一步，他们想探究，基于注意偏向的差异，大脑中是否存在某些区域，使人们对物体的思维组织方式存在差异。研究人员采用探照灯分析

法逐个脑区扫描，将受试者对图片或文字的注意偏向，与其大脑基于60种物体间关系构建的意义图谱相关联。^⑧他们的发现令人惊叹：在3个脑区中，更关注文字的受试者与更关注图像的受试者的意义图谱组织方式存在根本性差异。其中一个区域是左侧颞顶联合区，该区域与海马的连接强度能有效区分擅长记忆“内容”与擅长记忆“场景”的人群。有趣的是，这个区域在自认为偏好语言处理的人群中也更为活跃。

换言之，这些研究表明：在大脑左半球一个典型的语言相关区域中，更关注文字或语义信息的人拥有更清晰、更独特的意义图谱。他们的左半球语言区域与左侧海马的连接也更强，这使得他们能更轻松地调用存储在这些区域的意义图谱来提取概念。而对于更关注场景和图像的人，这些区域的表征较为模糊，与左侧海马的连接较弱，这可能使他们在通过文字提取语义概念时更为吃力。这或许解释了为何有人不习惯“内心独白”式思考，而有人难以在脑海中勾勒图像——我们都倾向于使用大脑认为最高效的编码方式来表征外部世界。

归根结底，记忆编码、存储与提取的一系列复杂过程塑造了你脑中“骑手”的导航方式。因为你所“知道”的一切能否帮助你“做得更好”，取决于你能否在恰当的时空提取记忆，并运用它来指引方向。

虽听来略显居高临下，但“基础科学”是一个专门术语，用于描述旨在探究事物根本运作机制的科研类型，其核心在于理解本质规律，而非解决临床或应用问题。

顺带一提，《权力的游戏》中的提利昂·兰尼斯特是我最想结识的虚构人物之一。

但那些看似与我们的实际决策毫不相干的“趣味冷知识”又该如何解释呢？我的日常工作是探索关于大脑运作机制的基础科学问题^⑨。在这份工作中，我常常发现自己与提利昂·兰尼斯特（Tyrion Lannister）的认知观产生共鸣。^⑩这种认知观与玛雅·安吉洛的精神内核存在微妙差异。“这就是我的生存之道，”提利昂说，“我喝酒，然后通晓万物。”每当想起这句话，我就对“纯粹为求知而求知”所能带来的满足感多了一丝认同。下一章我们将探讨：为何有些人即使明知所学知识毫无实际用处，仍会因获取新知而欣喜若狂？不过在进入新章节前，让我们先总结本章核心内容：大脑中不同的“马与骑手”控制系统如何运用人生经验来指引方向。

你的大脑实验室 如何生活与学习

希望本章能让你更深入理解“知”与“行”的关系。认知真的是成功的一半吗？若是如此，为何当我们掌握能改善行为的知识后，仍难将其付诸实践？请谨记：正如

我们所讨论的，你的大脑拥有多种截然不同的认知方式。正如我在第5章简要提及的，你的“马”（自动化、直觉化的认知系统）与“骑手”（意识层面的明确目标和行为准则），二者的认知方式完全有可能存在冲突。当这种冲突发生时，“马”与“骑手”的角力过程，与注意资源的争夺如出一辙。任何一项决策究竟由“马”主导、“骑手”主导还是两者共同作用，很大程度上取决于这两种认知过程的相对强度。虽然“骑手”常能通过调用特定信息来扭转“马”的行进方向，但“骑手”也远比“马”更容易疲惫。

还需谨记：大脑中的“骑手”对压力与疲劳尤为敏感，因这类调控机制实为神经元的生物能量黑洞，其能耗强度堪称大脑活动之最。

但有个问题我们讨论得不多：通过练习，那些最初需要“骑手”费力操控的导航行为，会逐渐转变为更自动化、由“马”主导的任务。还记得学开车的经历吗？多数家长不会直接把车钥匙扔给青少年说：“朝着冰激凌店开，别撞车就行。”相反，我们会给出明确指令：调整后视镜和座椅，双手放在方向盘的2点钟和10点钟方向，变道前查看后视镜和盲区，等等。由于“骑手”需要记忆大量信息，我们（或找个更勇敢的陪练）会在旁提醒，以防他们忘记。但归根结底，驾驶技能的掌握离不开反复练习。最终，这些最初通过语言指令编码的任务，经过充分练习后都会变得驾轻就熟——你的自动控制系统无须再走“检查清单”流程，就能轻松应对交通路况。你的“马”是可以学会新技能的，而当它学会时，你的大脑会在动作与奖励之间建立新的关联网络。当你渴望改变却感觉在与自己的“马”较劲时，请记住：练习或许不能臻于完美，但绝对能让事情变得轻松省力。^②

本章我们还探讨了“马与骑手”控制系统内部的个体差异。你是胡萝卜型学习者、大棒型学习者，还是两者兼有？当事情发展比预期糟糕时，还是比预期顺利时，你的大脑会学得更多？这些认知如何帮助你在处理复杂事务时判断自己是否走在正确轨道上？

最后，我们了解了“骑手”导航所需的工具，或者说其马鞍袋里的装备：构成《你的生命篇章》的精细记忆片段，以及通过反复经验积累的常识与趣味知识。你的注意偏向方式如何与生活经验相互交织，在大脑中构建出独特的意义图谱？当你的“骑手”伸手从记忆行囊中翻找可能指引前路的回忆时，那些神经连接的形成将如何影响他们的最终选择？

不过既然我们已共同梳理了认知类型影响行为的底层逻辑，即不同类型的认知如何塑造我们的行为模式，现在我要让问题复杂化：有时我们获取知识仅仅出于对知识本身的热爱，比如知道章鱼能钻过极小的孔洞，即使这类认知几乎不可能改变未来的行为。这种纯粹的求知欲究竟源自何处？下一章我们将探讨大脑应对未知世界的不同模式，以及为何有些大脑对“纯粹为了求知而求知”有更强烈的驱动力。

第7章

好奇心冒险 好奇心与威胁的“共舞”

“水母有什么用？”

我这辈子也算遇到过不少难题，但这个问题绝对拔得头筹。好在它是冲我们团队的海洋生物专家贾丝敏去的。当时我们正在西雅图水族馆参观，提出这个问题的正是我那位童心未泯的继母琳达。贾丝敏已经在水族馆工作多年，此刻正担任我们的专属导游，不得不说她的解说简直精彩绝伦。虽然直到高中才系统学习海洋生物学，但贾丝敏自打第一次在水下睁开眼睛，就对水生世界着了迷。到青春期时，她简直像个装满海洋冷知识的糖果机，对我们遇见的各种海洋生物都能蹦出趣味小知识。

当琳达抛出这个问题时，我正沉浸在关于水母的奇思妙想中。就在上一章我简单提过，某些种类的水母能从成年形态（带着“腿”的伞状形态，学名“水母体”）逆转为不活动的水螅体形态，而这通常只出现在生命早期阶段。

什么意思？

这就好比说一只鸡受伤或找不到食物时，能暂时变回鸡蛋！这种可能性彻底颠覆了我对生物运作规律的认知。所以当我凝视着水箱里优雅舞动的水母时，满脑子都在琢磨它们是否可能借此实现永生。

当“水母有什么用”这句话钻进耳朵时，我的思维还在永生迷宫里打转，差点儿理解不了这个提问。琳达这个来自完全不同思考维度的问题，像给我的思绪来了一记“急刹车”，让我瞬间懵了。其震撼程度堪比看见小区遛羊的大爷——比那还要离奇1 000倍。这个出其不意的实用主义提问，瞬间难倒了我们群里三个爱琢磨科学的人。

暂且撇开我对欧洲口音的痴迷不谈，吉米·巴菲特那首《精神牙线》（Mental Floss）的歌词字字叩击心扉。

时至今日，我依然不知道该如何回答琳达的问题。但这个故事的意义在于展现人们面对新信息或突发状况时，在思维方式、情感反应和行为模式上的差异，以及这些差异如何影响我们对信息现实价值的评估。一方面，有贾丝敏这样的典型——她从小对海洋生物着迷，这份热情始终驱动着她的人生轨迹。从豆蔻年华在西雅图水族馆当志愿者起步，到如今任职于美国国家海洋和大气管理局（NOAA），负责制定全

球渔业政策，贾丝敏对海洋生物的好奇心始终深刻地影响着她的人生轨迹，从未改变。另一方面，琳达的专长领域或许可以概括为“寻找乐趣”。因此她的人生充满冒险故事，随手就能抖出许多精彩段子。而我则像吉米·巴菲特（Jimmy Buffett）^⑩歌里唱的那样，游走在两种状态之间，总在琢磨，当一只水母会不会很有趣呢。

值得注意的是，人类探索未知的方式与构建知识地图的过程，与水母的生命周期有着奇妙的相似性。那次水族馆之行中听到的各种趣味小知识我差不多都忘了，唯独记得水母能逆转生命时钟——这个事实恰好印证了神经科学家在实验室里的发现：好奇心既是触发学习行为的前奏，又是促进知识吸收的催化剂。简言之，当大脑渴望吸收眼前的信息时，人就会产生这种独特的主观体验。因此，在任何情境中，你的好奇心越强烈，大脑对接下来发生之事的记忆准备就越充分。

对比发现，当12个月大的婴儿指向物体时，对其进行命名干预毫无影响。除波斯特·马龙本人外，恐怕无人知晓最后一题的答案，因为那是我为勾起你的好奇心杜撰的！其余问题则皆源自真实研究范式。基于实验数据的前三题答案如下（若昆汀·塔伦蒂诺后来改了最爱的电影可别怪我）：《大逃杀》（Battle Royale）、小提琴、6次。
本章后续将深入解析这些实验设计的精妙细节及其学理依据。

这种对信息如饥似渴的大脑机制，驱使我们去探索世界的未知领域。这种现象在生命早期阶段就能观察到。我的好友兼前同事凯尔西·卢卡（Kelsey Lucca）在研究婴幼儿自发指物行为时，多次验证了这一点。凯尔西及其合作者通过实验证明：当18个月大的幼儿^⑪指向一个新物体时，如果你立即说出它的名称，幼儿之后记住这个名字的概率会显著提高。为验证这个结论，实验人员设置了三种对照情境：第一种是幼儿没有指向任何物体（这表明他们对新事物缺乏兴趣）时，实验人员说出某个物体的名称；第二种是幼儿指向某个物体时，实验人员故意说出其他物体的名称。结果显示，这两种情况下幼儿对名称的记忆效果，都远不如当他们主动指向物体并获得正确名称时的情况。这些结果表明：指物行为是幼儿大脑开发的精巧工具，在尚未掌握语言能力之前，他们就用这种方式提出“这是什么”的疑问。这种“将好奇心精准导向特定目标”进而促进学习的机制，在成年人身上同样存在。实验室里常用改良版冷知识问答游戏进行研究：受试者会面对一系列旨在激发不同兴趣的问题，例如，昆汀·塔伦蒂诺（Quentin Tarantino）最爱的电影是哪部？哪种乐器是为模仿人声而设计的？迈克尔·乔丹带领芝加哥公牛队赢得过多少次NBA总冠军？波斯特·马龙（Post Malone）身上有多少处文身？^⑫在实验中，受试者阅读每个问题后需要评估两个维度：一是对自己已知答案的确信程度，二是对了解答案的好奇程度。随后，在多数情况下研究人员会给出问题答案。^⑬就像那些用手

指点物体的幼儿一样，成年人在实验结束后的突击测验中，更容易记住那些最能激发他们好奇心的问题的答案。

这绝非错觉，你已是第三次听闻查兰·兰加纳特的研究，且绝非最后一次！或许我真该从本书版税中分他一份，因其开创性成果实为全书基石。当年他初任加州大学戴维斯分校助理教授时，我有幸得其真传；而且他就像你想象中专研“好奇心”的学者那样，既才华横溢，又风趣幽默。正因如此，实验人员需通过“答案确信度评估”来校准受试者的先验知识。本章后续将揭示：“意外性”对学习的推动作用，不亚于纯粹的兴趣，甚至更强。

例如你在某个知识问答中看到陌生姓名时，可能急欲网络检索其身份，之后再判定自己对他是是否好奇。（若那人恰是乔丹，可别告诉我哦。）

这自然引出一个疑问：为什么有人会对波斯特·马龙的文身数量感兴趣，而另一个人则更想知道乔丹在公牛队的连胜纪录？这种提问与回答的循环，恰如水母般拥有永恒的生命力。根据马蒂亚斯·格鲁伯（Matthias Gruber）与其前导师查兰·兰加纳特^①提出的“预测-评估-好奇-探索”（Prediction, Appraisal Curiosity and Exploration, PACE）理论框架，人们在特定情境中的好奇心取决于其已有的知识储备。简言之，当现实与你的认知产生偏差^②，或是你意识到自己存在知识缺口，即在决策前需要更多信息，此时便会产生认知冲突，好奇心因此被点燃。^③

羊驼和大羊驼都属骆驼科，但是是两个不同的物种。——编者注

以曾流行的“如果你今天过得很糟，看看这只剃毛羊驼”表情包为例。我敢肯定，多数人看到它时，首先会被这只动物脸上歇斯底里的愤怒表情吸引，或是觉得它的脑袋像极了蒲公英，但真正让我惊讶的是：我几乎能肯定这只被剃毛的“羊驼”其实是羊驼的近亲——大羊驼。^④这种认知矛盾驱使我上网查证，结果验证了数年前在乡村博览会上学到的区分两者的方法。这又让我一头扎进了新的知识洞穴，开始琢磨驯养大羊驼与羊驼在难易程度上的差异。原来大羊驼更温顺亲人，像狗狗一样；羊驼则更独立高冷，像猫咪。不过这两种动物看起来都挺滑稽，大羊驼长着傻乎乎的长耳朵和长鼻子，羊驼则顶着纽扣般扁平的圆脸。随着我的知识库不断扩充，关于大羊驼或羊驼的表情包开拓了我的兴趣空间，且这个空间正在以分秒为单位持续扩张。

深陷这种“好奇探索与认知积累”的循环，人生就在不断迭代中前行，每天带着新的好奇醒来，或许也会越发感到自己的无知。我想柏拉图在描述他的老师苏格拉底时，想捕捉的也是这种理念，尤其是苏格拉底对“认知”的态度蕴含的矛盾性。尽管世人常将苏格拉底奉为史上最具智慧的人物之一，但他有句名言：我唯一知道的是我一无所知。但对于像我继母琳达这样更务实的人来说，若无法被“为知

识而求知”的理念打动，又该如何自处呢？你是否错过了像苏格拉底那样感受“智慧”的机会？

读到此处，你应该足够了解我的风格了——事情从来都不那么简单。正如本章所述，探索未知可能要付出不小的代价。这种代价的下限是“浪费时间”，而上限则是一些对身心造成伤害的事物。

既然如此，探索新领域或新观念的意义何在？

要回答这个问题，我们需要回到PACE框架的提问与回答循环，同时权衡这种探索的利弊得失。不过在深入讨论之前，不妨先做个简单的自我评估：你究竟有多强烈的求知欲？

测一测：你的好奇心指数有多高

让我们暂且回到古希腊哲学家的话题上。在深入探讨个体好奇心差异之前，我想沿用亚里士多德《形而上学》开篇的方式，即先思索人类好奇心的本质。这部著作开篇就大胆宣称：“所有人生来就渴望求知。”但我不禁怀疑，他的观点是否受到了身边那群哲学同好的影响。毕竟，哲学家终日都在思考与追问，这大概就是他们的天赋所在。我叔叔布鲁斯是韦恩州立大学的哲学家，和他喝酒闲聊片刻，你就会感觉自己像苏格拉底一样“睿智”！不过我认识的多数人更像琳达，他们更务实，只对特定事物产生好奇。

专门研究人格特质的心理学家也得出了类似结论：人们产生好奇的方式各不相同。他们的研究主要基于自我报告的数据，结果显示人们“与生俱来”的好奇心强度差异显著。虽然每个人的好奇心都会随着具体情境产生起伏变化，这种现象被称为“状态好奇心”（curiosity state），但人与人之间还存在更稳定的差异，这种现象被称为“特质好奇心”（curiosity trait），这些差异能在不同时间和场景中持续显现。更复杂的是，“特质好奇心”还包含两个相互关联的维度：渴望获取知识的认知好奇心（epistemic curiosity），以及渴望通过感官体验新事物的感知好奇心（perceptual curiosity）。本章将重点探讨认知好奇心，因为这是目前神经科学研究最深入的维度。

现在让我们来测测你天生的好奇心有多强。我借用了多个好奇心量表的题目组成测试题。就像在第2章那样，请阅读每项陈述并评估其准确性（除非有“此刻”等时间限定词）。为保证一致性，我沿用了与第2章相同的评分标准。

好奇心测评

1. 新想法激发了我的想象力____

2. 我喜欢拆解东西以“看看它们是如何运作的” ____
3. 我喜欢学习不熟悉的科目 ____
4. 我现在充满了探索欲 ____
5. 新鲜事物总能抓住我的注意力 ____
6. 一个新点子能激发更多灵感，这让我特别兴奋 ____
7. 我正在琢磨眼前发生的事情 ____
8. 琢磨互相矛盾的观点很有意思 ____
9. 我想搞懂复杂机器的工作原理 ____
10. 我全情投入在正在做的事情里 ____
11. 我喜欢解谜题、猜谜语 ____
12. 碰到不明白的事情我总想问个究竟 ____

-3	-2	-1	0	1	2	3
该描述与我不符				该描述与我相符		
非常	一般	较弱	无明显倾向	较弱	一般	非常

为“好奇心”本身测量好奇心，堪称元认知的典范操作。若你费神察觉到我未对第12题归类，这便足以佐证你当下状态好奇心爆棚！实则第12题通常被归为认知好奇心范畴，但我认为其性质更微妙：譬如当你观察摆锤运动时追问原理，那这种好奇心可能更偏向感知好奇心。

这些陈述都对应着好奇心的某个方面。总体来说，你越认同这些陈述，就说明你天生好奇心越强。要具体算出你的认知好奇心指数，把第1、第3、第6、第8题的分数加起来，再除以4就行。有效性检验：计算结果应在-3到+3。-3表示好奇心极弱，+3则代表好奇心极强。接下来计算你的感知好奇心指数：将第2、第5、第9、第11题的得分相加后除以4。同理，得分越接近+3说明感知好奇心水平越高，反之则越低。最后，第4、第7、第10题用于测量你当前的状态好奇心水平。^②由于只有3道题，请将总分除以3。

那么，你的好奇心究竟有多强？

由于这些人格维度通常呈正态分布，现实中多数人在每个维度上的得分都会在-1到+1。不过既然你拿起了这本书，甚至可能快要读完这本讲解大脑运作的书，我猜你的得分很可能更高。可能我有些主观，但那些不愿探究事物原理的人，多半不会做这种事。在继续深入之前，让我们先探讨天生好奇心强弱不同者的大脑差异。根据你目前学到的知识，你认为如果扫描你的大脑，我能否判断你是否会对我的这本书感兴趣？

先有好奇心的鸡，还是知识的蛋

若你对充满好奇心的人的大脑结构感兴趣，不妨读读这个非凡大脑的案例研究——它的主人曾宣称：“我没有什么特殊才能，只是对事物充满狂热的好奇心。”这位自称平凡的人，正是阿尔伯特·爱因斯坦。至于他是否真的“没有什么特殊才能”，实在值得商榷。

具体来说，爱因斯坦的额叶有4个脑回，而非通常的3个。这简直令人惊叹——他的大脑沟回如此复杂，看起来就像饼干上堆着的奶酪酱。

尽管其自我评价的准确性存疑，神经人类学家迪安·福尔克（Dean Falk）及其团队已对爱因斯坦逝世后的大脑进行了影像测量，并在系列论文中详述了其独特构造。如你所料，这颗大脑确有多处异于常人。其中一点就是，其两侧脑半球的背外侧前额叶皮层，即负责“目标导向”思维的中枢，呈现出显著的扩张。^①

当然，试图通过逝者的大脑形态推测其生前认知功能存在诸多挑战。更可能的情况是，他大脑结构的独特性与其好奇心和智力的关联，仅仅体现在这些结构所支持的运算功能上。

但关键问题是：是这些特殊构造为爱因斯坦充满强烈好奇心的成因，还是他毕生因强烈好奇心积累了海量知识，才造就了这些结构特点？^②换言之，爱因斯坦的大脑是否类似于伦敦出租车司机大脑的强化版？若是如此，这种进化又付出了何种代价？由于我们无法像马圭尔研究出租车司机那样对爱因斯坦的大脑进行纵向追踪测量，目前还没有有效方法能厘清这些因素之间的关联。

关于爱因斯坦大脑的这个趣闻常被用来佐证他是左撇子，但其传记作者坚称爱因斯坦用右手书写。不过，爱因斯坦确实擅长小提琴演奏，而现代神经影像技术也发现，专业小提琴家大脑中与左手感觉和运动相关的控制区域确实存在类似的结构性增大。

遗憾的是，在解读“探索好奇心个体差异的神经科学基础”这一全新研究领域的成果时，我们同样面临这些限制。不过相较于研究逝者的大脑，这类新兴研究方向确实具备某些优势。首先，这些研究实际测量了数百名在世受试者的特质好奇心水平；其次，研究者还运用现代神经影像技术，在测量受试者好奇心水平的同时，对其大脑特征进行同步检测。这种方法使研究者得以系统探究那些“天生”具有不同程度好奇心者的大脑特征差异。该领域的研究成果都围绕一个重要事实展开——特质好奇心的个体差异并不存在于大脑的某个特定区域。与爱因斯坦右侧脑半球中异常发达的“手部运动区”（这或许能解释他左手的灵巧性）^⑤不同，大脑中并不存在专门的“好奇心运动区”。天生好奇心强弱不同的人，其大脑差异主要体现在不同脑区之间的同步协调性上。

阿什万蒂·瓦尔吉（Ashvanti Valji）的博士论文对此进行了系统梳理。她重点研究了认知好奇心和感知好奇心的水平如何与大脑中某些高速白质通路的组织结构相关联，其中最关键的是下纵束（inferior longitudinal fasciculus, ILF），这条庞大的白质神经纤维束负责在脑后部的视觉处理区与前颞叶（anterior temporal lobe, ATL）之间传递信息。

尽管学界对前颞叶的功能仍有争议，但普遍认为它是整合事物多维信息的枢纽。以咖啡杯为例：正如第6章所述，这类物体的表征广泛分布于不同脑区。这是因为大脑中负责视觉识别（比如认出咖啡杯的形状）的神经元与掌握使用方法（比如手应该放在哪里，咖啡应该倒到哪里）的神经元相距甚远。不仅如此，这些神经元与制订动作计划（如握持、举起等动作）的神经元同样距离遥远。而这些制订动作计划的神经元又与储存“咖啡杯”语言标签的神经元分属不同区域。此外还有专门处理听觉输入（听到“咖啡杯”这个词）、文字识别（看到印刷字样）及语言输出（说出这个名称）的神经元集群。原来关于咖啡杯的认知网络，竟如此分散地分布在大脑的各个区域！

下纵束是将视觉信息从大脑视觉区传递到前颞叶认知中枢的信息高速公路，为了测量下纵束的结构组织，瓦尔吉对51名健康年轻人采用了弥散成像技术。该技术可以通过追踪水分子在大脑中的运动轨迹（弥散过程），推断大脑各区域白质神经元的数量及其传导方向。简而言之，由于水分子难以穿过包裹在白质神经元外部的脂肪鞘（绝缘层），那些存在于大型白质纤维束中的水分子，更倾向于沿着信息传递方向平行移动，而非垂直方向。由于多种原因，测量这种水分子的运动方向比直接追踪神经元传导方向更为便捷。

瓦尔吉发现，两侧脑半球下纵束的结构组织与认知好奇心的特质水平呈现最强相关性。她的研究结果显示：认知好奇心水平较高的人的下纵束弥散度（水分子运动自由度）显著低于认知好奇心水平较低的人。这可能反映下纵束存在两种潜在差异：

1. 好奇心较强者的视觉区与前颞叶之间有更多白质神经元连接。
2. 好奇心较强者的下纵束白质神经元排列更趋平行。

天生好奇心较弱者的大脑中，这条信息高速公路上可能设有更多“出口匝道”。对个体认知功能至关重要，无论哪种解释成立，好奇心强者的下纵束都具有更大的信息带宽，使得负责视觉识别的皮层处理中心与整合知识的区域之间，能实现更高效的信息传输。

换句话说，这项研究的结果表明：天生好奇心旺盛者的大脑具有更协调的“意义图谱”。研究结果还显示，人类探索新思想领域的生物基础并不局限于某个特定脑区，而好奇心更强的人的大脑，在分布于全脑的各个知识模块之间，似乎拥有更紧密的协同性。这种效应就像将记忆地图中的多米诺骨牌排列得更紧密，推倒其中一块，就能引发更多知识节点间的连锁反应。

此处使用“较为”一词是因为，正如前文所述，大脑连接具有动态特性。但与下文即将讨论的研究不同，瓦尔吉采用的白质测量方法无法捕捉到好奇心在瞬间的波动变化。

遗憾的是，这些结论并不能解答根本问题：究竟是更强的神经协同作用激发了人们的好奇心，还是因为通过主动探索积累了更庞大的“趣味知识库”，才导致了这种神经协同作用的增强？这类研究存在一个局限性——科学家采用的是相对静态的“特质”指标来衡量好奇心，并将其与其他较为^⑤稳定的大脑连接特征进行关联。要破解这个“先有鸡还是先有蛋”的难题，我们需要深入探究：当人们获取新信息时，这种求知欲以及相应的探索行为如何在当下即时塑造心智与大脑。

好奇心如何点燃学习的火花

要实时捕捉处于好奇状态的大脑活动并非易事。首先需要为素未谋面的受试者设计出能够激发其原始好奇心的实验情境，更不必说还要让受试者安静地坐在实验室里，或是平躺在嘈杂的核磁共振仪中进行测试。不过，研究好奇心的神经科学家已开发出多种巧妙的实验范式，成功实现了这一目标。

姜敏静（Min Jeong Kang，音）及其团队首次在磁共振成像扫描环境中捕捉到好奇心信号，他们采用的正是本章开头描述的那种冷知识问答实验。实验中，受试者仰卧在嘈杂的扫描管舱内，通过镜面装置阅读冷知识问题。他们需要逐一评估自己对每个问题的好奇程度及对答案的确信度。经过一段特意安排的暂停时间（用于记录相应的大脑激活模式）后，正确答案才会显示出来。科学家对比了两组大脑激活数据，一组是受试者阅读“最想知道答案的问题”时的激活数据，另一组是阅读“兴

趣不大的问题”时的激活数据，发现了一个显著差异：不同于个体间好奇心差异所引发的广泛脑区连接效应，即时性的好奇心波动仅与少数特定脑区相关。这些区域包括我们的老朋友基底神经节，以及它们的重要合作伙伴——爱因斯坦大脑中异常膨大的背外侧前额叶皮层。

这一发现如何帮助我们解开好奇心研究中“先有鸡还是先有蛋”的难题呢？好奇心的即时变化仅局限于基底神经节和前额叶皮层，而个体间稳定的好奇心水平的差异涉及更广泛的脑区。这些事实表明后者可能更多与人们通过探索积累的认知成果相关，而非与驱动这些探索行为的知识渴求本身相关。

技能训练研究为此提供了佐证：当人们学习新技能时，大脑皮层区域间的连接性通常会增强。例如，在瓦尔吉的实验中，构成下纵束的白质纤维束与认知好奇心的个体差异相关，另有研究显示，年轻人在经过6天摩尔斯电码训练后，其下纵束的神经传导“带宽”确实有所提升。试想，若比较好奇心强弱不同者毕生为探索新领域所做的各类决策，这种神经连接性的差异将会产生何等显著的累积效果。

如果举办一场“蜥蜴冷知识竞赛”，内容恐怕会相当单调。
当然，当不好的事情发生时，情况则会相反。

让我们再回到基底神经节的话题，聊聊它们在问答循环中的作用。我最感兴趣的脑区怎么会和冷知识问答扯上关系？要知道基底神经节可是比山脉还要古老的进化产物，它们最初的功能肯定不是这个！^②要理解基底神经节如何参与好奇心机制，你需要像前额叶皮层那样，将本书中关于它们的知识点串联起来。第一，你在第4章中了解到，基底神经节会为涌向前额叶皮层的海量信息建立秩序。根据特定情境或目标，它们能“调高”重要信号的音量，“调低”次要信号的音量。第二，如果基底神经节的这种信息筛选有助于前额叶皮层成功完成导航任务，且最终结果好于预期，大脑就会释放多巴胺，你在第2章和第6章学到过这种神经递质。这反过来又促进神经重塑，帮助你学习并记住获得理想结果的方法。^③但要关于基底神经节的这些“趣味知识”与好奇心水平联系起来，你的知识地图中还需要最后一块拼图：了解多巴胺信号是如何以及何时帮助我们找回那些能带来理想结果的行为或路径的。

指在每个路口通过抛硬币决定转向。即便如此，你最初选择的也必然是自己感觉安全的街区！

在第2章首次讨论多巴胺时，我曾假设自己在陌生街区闲逛时偶然发现一家冰激凌店。不过说实话，除非你运气特别好，现实中我们很少这样漫无目的地探索。当然，你们当中那些富有冒险精神、性格外向、充满感知好奇心的人，可能会通过散步主动探索新环境。但除非你散步时用抛硬币的方式决定方向^④，否则你选择行进

方向的决策过程绝非随机。实际上，在你开始探索之前，可能已经基于某种理由选定了某个感兴趣的街区。之后，每当走到十字路口需要抉择时，大脑就会依据某种线索引导转向决策。你的“直觉导航系统”可能会提示：“左侧有片树林，我想亲近自然，就往那边走吧。”或者根据心情变化：“右侧传来车流声，我想找商店、餐馆这类文明痕迹，往那边走！”若你更倾向于按部就班，大脑的指令可能是“右侧有噪声，我喜欢安静，左转”或“左边虽有树林，但我更想接触人群——右转！”无论哪种情况，大脑都在利用实时感知的信息驱动后续决策。

关于基底神经节的第三个有趣事实，解释了这种导航机制的工作原理。事实证明，令人愉悦的多巴胺信号并非只在好事发生时出现。实际上，基底神经节会通过策略性地释放多巴胺“脉冲”，结合对行为结果的学习记忆，创造出引导你“趋近”美好事物或“回避”不良事物的信号。在实验室中，若在小鼠获得食物奖励前给予它灯光或声响提示，你会发现小鼠脑内释放多巴胺的神经元对提示信号的反应逐渐增强。最终，大部分带来愉悦感的多巴胺会在提示出现时释放，而非食物真正到来之际。换句话说，大脑能在确信奖赏即将到来的最早时刻，为即将获得奖赏而庆祝。这正是“响片训练法”（click treat）对宠物奏效的原因——当某个提示信号能可靠预示奖赏时，这个信号本身就会变成一种奖赏。

这个吸睛标题出自姜敏静的论文，我对这类抓人眼球的标题简直毫无抵抗力！

那么这与冷知识问答有何关联？当我们将关于基底神经节的三方面认知整合起来，一幅将多巴胺作为“学习烛芯”^④的图景便跃然眼前。人们感受到的好奇心，其实是大脑计算出信息探索过程极可能带来奖赏的生物信号；对于被动学习者而言，则意味着大脑判定信息获取过程不太可能比预期更糟糕。倘若这些人在现实世界中探索，他们的大脑会策略性地释放多巴胺，引导其沿着最可能获得奖赏的路径前行——不论这份奖赏是获得一则信息还是找到一家冰激凌店。

但在姜敏静的冷知识问答实验中，受试者完全不需要实际进行探索。每个问题的答案都会在受试者评估完好奇程度后立即被揭晓。在这个非自然实验室环境下，受试者只需静候奖赏降临。等待期间，他们的基底神经节会因预期中的知识奖赏而持续释放多巴胺。正如你所料，这种多巴胺爆发促进了脑神经重塑，使得受试者对最期待的问题的答案形成了更强的记忆。

但在现实世界中，当你无法确定某个特定行动是否会带来有价值的信息时，会发生什么？又该如何看待探索未知可能伴随的潜在风险？我们将在后文深入探讨这些问题，更细致地权衡探索未知领域所涉及的成本与收益。

不确定状态下的好奇心

当姜敏静的这项开创性好奇心实验的结果公布后，许多研究者开始思考：好奇心与学习的关系在现实世界中如何运作？为了更好地理解基底神经节和前额叶皮层在更复杂的学习情境中的反应机制，他们各自以不同方式改进了冷知识问答实验范式。罗曼·利尼厄尔（Romain Ligneul）及其合作者对“意外性”元素特别感兴趣。他们的实验同样以冷知识问答为核心，但这一次，所有问题都围绕电影展开！

他们实验中的神经影像部分与姜敏静的研究类似：受试者躺在扫描仪中阅读冷知识问答题目，并评估自己对答案的好奇程度。但这次与现实生活更贴近——研究者并不保证会提供所有问题的答案。实验前半段采用类似抛硬币问答游戏的形式，50%的问题会随机显示答案。这种“高意外性情境”将与后续所有问题都会提供答案的“低意外性情境”形成对比。

当大脑充满好奇却无法确定能否获得答案时，会呈现怎样的神经活动状态？利尼厄尔团队的研究结果显示：此时前额叶皮层的活跃度会增强，基底神经节却保持静默。大脑仿佛在判断：现在庆祝还为时过早。相反，只有当答案最终揭晓时，基底神经节的活动才会显著增强。这种神经机制会如何影响受试者的学习效果呢？

为测量意外效应，研究者将50%答案提示组的神经激活水平与全答案提示组进行对比——后者每道题均直接提供答案。

在后续的突击记忆测试中，受试者对电影冷知识问题的记忆效果受到双重因素影响：一是他们对问题本身的好奇程度，二是得知答案时的意外程度。^⑤这个转折性发现为多巴胺和基底神经节参与学习过程提供了新证据。无论受试者对某道题的答案有多好奇，他们对第一组（“高意外性情境”）呈现的答案的记忆效果，始终优于第二组（“低意外性情境”）。有趣的是，只有当每个问题后立即呈现答案时，实验结果才与姜敏静的早期研究一致，此时好奇心强度能预测记忆效果。而当答案呈现存在不确定性时（此时基底神经节保持静默），好奇心水平与学习效果之间并无显著关联。最令人惊讶的是，在“高意外性情境”下，受试者对那些原本毫无兴趣的问题的答案的记忆效果，甚至超过了在“低意外性情境”下对他们最感兴趣的问题的答案的记忆效果。

需谨记，该效应在外倾者身上尤为显著。这令我不禁想要深究：外倾型人格会如何影响好奇心驱动的决策过程。

为什么在学习过程中，意外比兴趣更重要？答案当然在于基底神经节驱动的奖赏系统机制。或许你还记得我们之前讨论过，成为碧昂丝可能没有想象中那么美好。当时我提到，基底神经节会快速适应预期中的好事。真正能激活它们的，是意料之外的好事，比如在毫无期待时发现一点“小确幸”，或是事情结果比预期

更好（甚至没那么糟糕）。^②对基底神经节而言，意外时刻是人生中最​​好的“教学时刻”，无论你学到的是未来该做什么（胡萝卜）还是不该做什么（大棒）。

这个实验进一步证明，人类大脑认为知识本身就是奖赏。一个人对问题答案越好奇，他预期获得的知识奖赏就越丰厚。而当他们获得“意外”知识时，大脑反应就像偶遇冰激凌店般兴奋。在这两种情况下，大脑都会在能可靠预期到信息出现的最早时刻释放多巴胺，而这种多巴胺的释放会促进学习所需的神经重塑过程。

但据我所知，这些判断结果并未被纳入数据分析。但在现实世界里，你可能会认为，人们会更关注那些他们觉得知道答案者的面孔，而非无关人士。然而这些面孔究竟有何特征、人们会基于面部特征产生怎样的隐性偏见来判断其知识储备，对此我仍一无所知。

PACE框架的共同提出者格鲁伯、兰加纳特及其合作者设计的另一个实验，通过巧妙调整冷知识问答范式，进一步探索了好奇心对学习的影响。实验开始时采用传统方式：受试者阅读冷知识问题并给出好奇程度评分。但在问题与答案之间的等待期，研究人员突然插入一张人脸照片。为确保受试者至少会稍加留意，研究人员要求他们按键判断照片中的人是否知道问题答案（这其实是个巧妙的设计）。^③90%的问题随后会显示答案，但剩下10%则会显示一串X符号，暗示照片中的人不知道答案。

值得注意的是，这个实验也存在一定程度的不确定性。但格鲁伯和兰加纳特的研究表明，受试者只要在10次尝试中答对9次，他们的基底神经节就会像提前开香槟般进入“庆祝状态”。与姜敏静最初的实验类似，格鲁伯和兰加纳特发现，在实验的提问阶段，当好奇心被激发时，基底神经节和前额叶皮层的活跃度都会增强。正如预测的那样，当最后进行突击测试时，受试者对自己最感兴趣的问题的答案记得更牢。

此处需要给“附带”加上引号，因为在现实世界中，记住可能解答你问题之人的面孔绝非“附带”信息！

但那些人脸照片是怎么回事呢？当大脑正期待获取信息奖赏时，中途看到的面孔会引发什么反应？格鲁伯团队实验最突破性的贡献之一，就是验证了人们在好奇时刻对“附带”信息^④（如实验中出现的面孔）的记忆是否也会增强。为此他们设计了另一场突击测试，让受试者从混杂着新面孔和实验中曾出现过的面孔的图库中，辨认出之前见过的面孔。

结果显示，人们确实能认出那些出现在他们最感兴趣的问题与答案之间的面孔。研究发现，相比出现在自己不太感兴趣的答案前的面孔，人们会更频繁地回忆出现在

自己最感兴趣的问题后的面孔。这表明：与信息奖赏预期相关的早期多巴胺释放，为学习打开了一个窗口。通过这个窗口，额外信息悄然渗入并获得了记忆强化！

不过聪明的家长和教育工作者们，在你们试图用这个发现来设计各种教学方法来教授枯燥内容之前，我必须指出：好奇心对附带面孔记忆的影响，远不及对知识本身记忆的影响，毕竟后者才是最初的信息奖赏。虽然统计学差异显著，但群体数据显示：人们对出现在高好奇心问答环节的面孔识别率，仅比低好奇心问答环节高出4.2%。相比之下，人们对高好奇心问题的答案的记忆准确率比低好奇心问题的答案平均高出16.5%。这种差异或许源于基底神经节控制机制中的信号传导路径选择。由于基底神经节能预判到无关的面孔刺激会出现在目标答案之前，它们可能学会“调低”这些无关面孔的信号强度。

为探究好奇心诱导的学习窗口在不同个体中的开启时机与强度差异，格鲁伯团队测量了不同好奇心状态下大脑激活程度的变化。在问题提出到面孔呈现的等待期，正如我们根据之前讨论的内容可推测的那样，不同受试者的大脑激活程度与方向存在巨大个体差异：约半数人的基底神经节活动变化方向符合群体均值预测，即对答案越好奇，激活水平越高；而另一半受试者在面孔呈现前，基底神经节的激活水平要么几乎无升高，要么甚至下降。这印证了基底神经节可能正在“调低”无关面孔信号强度的理论。不出所料，基底神经节提前进入活跃状态的那些人，对人物面孔的无意识学习效果也最为显著。有几位受试者的面孔识别率甚至提升了10%~15%，这与答案正确率的提升幅度相当。

当我们串联起关于好奇心如何影响学习的各项研究时，一个清晰的模式浮现出来：大脑进化出的基本强化学习机制，原本是驱动我们追求物质奖赏的，现在同样激励着我们追逐知识回报。探索过程中产生的学习效果强弱，既取决于大脑对某条知识价值的评估，也取决于它认为获取该信息的可能性。因此，无论你是在陌生街区散步、玩冷知识问答游戏，还是在书店浏览书架时，那种好奇心的涌动，其实是大脑在用多巴胺奖赏作为战略导航——它正用这种愉悦的化学信号，引导你走向它认为最有价值的信息源。但若获取信息的过程犹如登山般艰难（无论是字面意义还是隐喻层面），又会怎样？后文中我们将通过观察好奇的人愿意为获取信息付出多大的代价，来揭示多巴胺奖赏信号的诱惑力究竟有多强。

好奇心的代价：你多渴望知道

2020年5月，约翰·劳（Johnny Lau）及其合作者发表了堪称史上最“硬核”的好奇心实验。通过这项研究，他们揭示了人类与生俱来的好奇心所蕴含的阴暗面。约翰·劳在摘要中写道：“好奇心常被描绘成一种优良特质，但满足好奇心的代价有时会将人置于险境。”

现实世界中，好奇心的潜在代价形形色色。最温和的代价可能是花费时间寻找信息。对于我们这些在信息探索中容易“钻牛角尖”的人来说，这可能意味着要花上几十个小时去研究羊驼、黑洞或其他日常生活中根本用不着的冷知识。更棘手且对许多人更危险的是社交成本。比如当众提问的意愿，既取决于你对答案的好奇程度，也受制于你担心当众出丑的焦虑程度。尽管我们从小就被告知“没有愚蠢的问题”，但谁都清楚现实中确实存在提出一个令人尴尬的问题的可能性。在更危险的层面，好奇心可能驱使人们参与寻求刺激的行为。

为了解人们的好奇心究竟能带来多大的驱动力，约翰·劳及其同事通过实验测量了人们愿意为获取信息付出多少代价。研究者还设计了一个巧妙的环节，将求知动机置于更贴近现实生活的场景中——他们让受试者挨饿！在神经影像研究开始前几小时内，受试者被要求禁食。这样就能以食物奖赏为基准，与信息奖赏进行对比。那么，渴望汉堡的大脑与渴求知识的大脑会有何不同呢？

当饥肠辘辘的受试者进入扫描仪后，他们会看到三类测试任务。第一类与我们讨论过的其他研究类似：阅读冷知识问题，评估自己对答案的确定程度，标明好奇程度。第二类任务则充满新意——受试者观看魔术表演视频片段！接下来的流程与冷知识问题类似：评估你自认为看穿魔术手法的把握有多大，以及你究竟有多好奇这个魔术是怎么变的。在第三类实验任务中，受试者会看到不同种类食物奖赏的图片。每当图片出现时，他们需要立即评估自己有多想吃这个食物。解读研究结果时，关键在于意识到：这并非一个抽象的问题，比如“你有多喜欢汉堡”，而是在真实询问处于饥饿状态的受试者是否想要汉堡。而且，就像回答冷知识问题和观看魔术表演后确实可能获得知识奖赏那样，受试者被告知实验结束后确实有机会获得图片中展示的食物。

真正有趣的部分来了。在评估完对知识或食物的渴望程度后，受试者需要“真金白银地兑现承诺”。具体来说，研究人员根据受试者愿意付出多少代价来获取渴望对象，以此量化其渴望强度。每个试次结束后，受试者需要在两种选择中做出决定：要么冒着遭受电击的风险争取获得该次测试的奖赏（食物或知识），要么直接放弃机会。若受试者选择前者，其遭受电击的概率最低为16.7%（每6次出现1次），最高为83.3%（每6次出现5次），其获得奖赏的概率则与此相反。

我早说过这项研究够硬核吧！

当受试者看到冷知识问答题目、魔术表演或食物图片时，屏幕上会显示一个饼状图，直观呈现当前试次中遭受电击的风险与获得奖赏的概率比例，他们需要决定是否接受这场“赌局”。为帮助你更好地理解受试者的心理状态，有必要说明：在进入扫描仪之前，研究人员会对受试者施加不同强度的电击来测定每个人的疼痛阈值。这样做的目的是确定一个令人感到不适但不会极端痛苦的电击强度。🧠我认

为这个细节至关重要，因为当受试者实际体验过不同强度的电击，就使得他们的决策过程根植于真实世界中切身的生理体验——他们清楚知道自己的身体要承担怎样的风险。

需要说明的是，有两名受试者因接受所有“赌局”而被排除在研究之外。这恰恰证明有些受试者本身也“硬核”得离谱。

正如预期，当遭受电击的概率上升时，大多数受试者的总体冒险意愿会下降。^⑩然而，当受试者自我报告对奖赏的渴望增强时，他们为获取奖赏而甘愿承受电击风险的意愿也会同步提升。值得注意的是，食物奖赏与信息奖赏引发的决策模式呈现出惊人的相似性。这为以下观点提供了强有力的支持：人类对知识的渴望，源于进化史上更为古老的强化学习系统。

现在来探讨核心问题：当人们甘愿冒着被电击的风险也要了解魔术原理或冷知识问答的答案时，他们的大脑里究竟发生了什么？为解答这个问题，约翰·劳及其同事重点分析了两个关键时间点的脑部激活模式：受试者最终选择冒险的时刻与选择放弃的时刻。研究发现选择冒险还是选择放弃与基底神经节的多巴胺释放机制相吻合——就像“趋近”和“回避”信号那样，这种神经信号激励着人们去寻求信息奖赏，即便需要付出真实代价。当受试者初次看到那些最终促使他们冒险的物品时，其基底神经节会出现轻微激活。这相当于大脑在评估“选择冒险可能带来多大回报”，他们的基底神经节仿佛在说“这个选择可能相当不错”，但更显著且分布更广的神经活动差异出现在实际决策阶段。当真实的代价摆在眼前、必须做出行动抉择时，基底神经节发出的“诱惑信号”最为强烈。

但惊喜还在后头！在后续探索性分析中，该研究团队通过测量决策瞬间基底神经节与其他脑区的同步模式，提出了关键问题：基底神经节正在与哪些脑区交流？研究发现令人震惊：当受试者决定冒险接受电击时，基底神经节与感觉运动皮层中负责模拟痛觉（产生疼痛预期）的区域之间的连接显著减弱。

基于我对基底神经节信号传导机制的理解，这种结果模式表明：当基底神经节根据你的过往经验和对当前目标的理解，判定某条信息值得为之冒险时，它们会主动抑制来自大脑特定区域（比如负责产生疼痛预期的区域）的信号，而这些信号本可能促使前额叶皮层做出不同决策！由此推广到其他场景似乎顺理成章：当一个人明知存在风险仍要徒手攀登酋长岩，或进行其他危险行为时，其大脑可能正上演着类似的过程。

约翰·劳及其团队的研究成果，为从现实视角探讨好奇心的神经科学机制提供了丰富的理论支撑。好奇心强的人不仅渴望探索未知，他们在行动时也会承担真实且经过权衡的风险。事实上，根据PACE框架中A（评估）的含义，大脑在自然状态下产

生好奇心之前，会经历一个评估阶段。这种审慎机制有其道理——约翰·劳的研究结果表明，如果在尚未知晓潜在风险的情况下就激发好奇心，我们的求知欲反而会抑制大脑对潜在危险的预警机制。

本书最后一章将探讨对人类而言风险最高却至关重要的探索机会：那个我们永远无法直接观察的领域——他人的内心世界。但在进入这个主题前，我想先回顾我们已了解的“好奇探索与认知积累”循环，重点分析探索新领域所需付出的代价与可能获得的回报。

你的大脑实验室 知识的预估价值

通过格鲁伯和兰加纳特提出的PACE框架，我们可以系统理解本书前两章讨论的研究发现。为什么我们会有动力去学习新事物，即使这些知识可能与未来要做的事情没有直接关联？正如第6章所述，每获取一条新信息，都会微调我们的知识地图，因为这些新知会与既有知识建立关联。而这张知识地图的核心，就是我们对自己的认知，以及对自身在宇宙中所处位置的理解。因此，即使我永远不会进入外太空，也不需要估算水母的年龄，但我学到的关于“无限”与“永生”的认知仍会改变我看待自我的方式。对于这个理论框架而言重要的是，这些变化还会改变我们对未知领域可能发现什么的预判方向。

但“你自身处于意义图谱的核心”这一事实，也引出了一个我们尚未讨论的风险：当获取的新信息可能以威胁身份认同的方式改变你理解世界的方式时，会发生什么？

我认为答案可以从PACE框架中的“评估”阶段得到解释。根据该理论，只有当大脑判定环境相对安全时，才会产生驱动探索的好奇心，即“好奇”与“探索”这两个最后阶段。当然，这为个体差异的出现提供了广阔空间，因为每个人可接受的风险阈值，既与其过往信息探索经验相关，也取决于大脑更倾向于通过奖赏（胡萝卜）还是惩罚（大棒）来学习。此外还需注意，不论是物理空间还是隐喻空间的探索，不同“场域”本身也会让人产生或多或少的威胁感。

正如电击风险这类身体层面的威胁会抑制探索意愿，大脑也需要主动采取行动保护自己免受心理层面的威胁。若此推论成立，维护那些基于身份认同的核心信念，必定是前额叶皮层指导行为的重要目标。这种信念架构的特殊性在于：它不会驱使你探索世界、收集数据或形成客观判断，而是通过自上而下的导航策略，使基底神经节放大与身份认同相契合的“相关”信息，同时弱化任何因不符合你的世界观而被判定“无关”的信息。杰伊·范·巴维尔（Jay Van Bavel）和安德里亚·佩雷拉（Andrea Pereira）在一篇论文中阐述了如何运用这种脑神经模型，阐释个人价值观、政治信仰与党派行为之间的关联。

无论你是否愿意相信，我们每个人都会这样做。这种做法让我们感到安全、有所庇护，并确信自身的正确性。研究人类信念形成与维系机制的心理学家早已发现：当人们遇到与既有认知相悖的信息，从而感到意外时，往往不会理性应对。相反，他们会忽视甚至质疑那些与自身信念冲突的证据——这种现象被称为“证真偏差”

(confirmation bias)。从这一点中我们能得出的重要启示在于，在认知评估阶段，使核心信念受冲击的信息可能被视作威胁。这会导致我们停止“好奇探索与认知积累”的循环，而这种循环本是通向未知领域的桥梁。鉴于此，在下一章中，我将带领大家探讨一种最易让人产生脆弱感的未知探索——尝试穿透自己大脑构建的“认知泡沫”，与世界观可能与自己截然不同的他人建立联结。

第8章

心灵的共鸣 不同大脑如何达成共鸣

在《与陌生人交谈》（*Talking to Strangers*）一书中，马尔科姆·格拉德威尔通过一系列戏剧化的真实案例阐明了两点要义：

1. 理解他人确实困难重重。
2. 人际误解可能引发灾难性后果。

从庞氏骗局到种族灭绝，误解一旦产生，后果往往不堪设想。难怪有些人会对建立人际关系心存犹疑。

本书已为你揭示了造成人与人之间认知偏差的生物学基础。当两个因独特生理构造与人生经历共同作用而形成的独一无二的大脑，在同一个环境中互动时，这种交流始终隔着各自构建的主观现实屏障。

然而，正是这些制造认知鸿沟的大脑，也赋予了我们跨越鸿沟的动力。尽管个体差异显著，但人类的社会化大脑始终渴望建立联结。从婴幼儿期的依恋关系，到成年后形形色色的亲密关系，我们的大脑中存在着诸多与生俱来的机制，驱动着我们去建立联结。这完全合乎情理，毕竟人际关系对我们的生存至关重要。事实上，与他人建立联结是大脑最重要的能力之一。

乔治·R. R. 马丁（George R. R. Martin）在《权力的游戏》中为史塔克家族写下的箴言可谓一语中的：“独狼难御风雪，狼群方能生存。”因为在艰难时刻，亲密关系对我们的生存至关重要，即便现代人已不再像远古祖先那样需要抱团取暖或集体狩猎。

该研究将过量饮酒定义为日均摄入量超过6标准杯，并与完全戒断者进行对照；研究人员虽未明确界定肥胖的临界值，但他们依据体重指数区分肥胖组与偏瘦组。更惊人的是，研究揭示：缺乏亲密人际关系对健康的危害，相当于日均吸食高达15支香烟！

健康研究领域反复印证着这一点：肌肤接触被证明有助于早产儿的大脑和身体发育；社会支持网络能缓冲艾滋病等慢性病对健康的侵蚀。若要将亲密关系的重要性放在更具体的健康相关语境下考量，不妨参考朱莉安娜·霍尔特-伦斯塔德（Julianne Holt-Lunstad）和蒂莫西·史密斯（Timothy Smith）的最新元分析结

果：他们对全球逾30万名受试者的数据分析表明，缺乏亲密人际关系与早逝风险的关联强度，是过量饮酒或肥胖的两倍多。

随着心理学家和医疗专家开始分析新冠疫情这场大型“社交隔离实验”的数据，我们对孤独相关健康风险的认知必将呈指数级增长。用“社交隔离”“疫情”和“健康”作为关键词快速检索科学文献，仅过去两年就有超过1 500篇相关论文发表。尽管我不愿将此视为疫情带来的意外收获，但每项研究都将深化我们的理解：为何人际联结是健康生活的必要组成部分？在成功构建人际关系的诸多要素中，哪些最能促进身心健康？这些研究真的能教会我们如何建立健康的人际关系吗？

值得庆幸的是，我的同事、社会联结科学中心主任乔纳森·坎特（Jonathan Kanter）在这方面有重要研究成果。2020年，他提出了一个界定亲密关系中可训练要素的模型，该模型包含心智与大脑之间三种双向信息交流方式：第一，非语言情感交流——在此过程中，情感表达者能在展现脆弱时感到安全；第二，自我言语表达——在此过程中，表达者能感受到被理解与认同；第三，请求行为——通过该行为，表达者能感受到获得了切实帮助。基于大量前人关于人际关系的研究，坎特模型的核心界定了拉近人际距离的条件，同时也揭示了某些可能导致关系疏离的错位环节。

根据坎特及其模型先驱研究者的理论，当人际互动符合他所概述的标准时，互动就会产生积极回报。这种回报会强化联结的意愿，增强双方的情感纽带。反之则会产生相反效果。从大脑运作机制来看，这完全符合逻辑——我们的多巴胺奖赏回路会根据行为结果进行学习。正如之前讨论过的，大脑通过胡萝卜加大棒式的学习机制，驱使我们追逐美好事物，远离那些在过去结果不尽如人意的经验。当你结合坎特关于亲密关系的理论来思考这些不同类型的学习方式时，就会明白为什么有些人更容易受到过往感情中负面经验的影响。本章中，我们将在此基础上引入另一种神经化学物质——催产素，正是这种物质驱使我们投身于这些脆弱的亲密关系。

坎特的模型还指出，双向沟通会经过每个人的“感知过滤器”进行处理。相信在读完本书后，你已经对其中涉及的复杂性有了充分的理解基础。但正如我们将在最后一章讨论的，理解他人想法存在多种途径：有些是自动化的，能让你自然代入对方的视角；而另一些需要更多脑力投入的方式，在两个不同的大脑试图沟通时，反而更不容易产生认知偏差。

在这段共同探索之旅的最后一章，我衷心希望，你对大脑如何以不同方式驱动人生的深入理解，能激励你主动跨越认知鸿沟，去与那些对现实有着不同认知视角的人建立联结。毕竟历史上的许多重要合作案例都发生在思维方式、情感反应和沟通模式迥异的人之间，比如约翰·列侬和保罗·麦卡特尼的旋律碰撞、保利·默里和埃莉诺·罗斯福的平权共鸣、比尔·盖茨和保罗·艾伦的技术交响，以及女权运动领

袖苏珊·安东尼和伊丽莎白·卡迪·斯坦顿的抗争同盟。在本书余下的篇幅里，我们将探讨大脑既能促成这种深刻联结，也可能成为阻碍的双重作用。

理解他人真的那么难吗

在探讨大脑用于与他人建立联结的机制之前，我想先从大脑的视角来定义“理解他人”这个命题的挑战性。在第6章和第7章中，我们已经花费大量时间奠定基础，了解理解事物的本质意味着什么，以及我们如何运用这种认知来驱动决策。那么，理解他人与我们理解外部世界的其他现象之间，究竟有何异同？

简而言之，从大脑的视角看，理解一个人本质上与理解世间万物的运行规律并无不同——当然，人类远比我们试图理解的大多数事物更复杂、更难以预测。这带来一个挑战，因为大脑天生偏爱可预测性。正如我们在第7章讨论过的，预测能力是大脑用来判断是否需要获取更多信息的基本工具之一。

虽然安德里亚总自信能预测我的想法，这确实令人抓狂，但除非谈论科学话题，否则他试图接话时总是差得十万八千里。公平地说，这类预测机制确实让他在三种语言交流中都游刃有余，但这一点也没让他接错话这件事变得不那么烦人。

我这里说的是家庭票房电视网（HBO）在2016年推出的剧集，不是1973年上映的那部电影（虽然那部也很经典）。你可以在视频网站上搜索“梅芙”和“没人知道我在想什么”找到这个场景片段。

遗憾的是，由于人类能够展现出极为丰富多样的行为，我们永远无法获得足够信息来完美预测某个人的下一步言行。^②若真能做到，那场景大概会像我钟爱的《西部世界》（*Westworld*）^③中的经典画面：核心角色梅芙发现自己竟是机器人。

“没人知道我在想什么”，她对那位富有同理心的技术员低语。技术员掏出平板电脑与她的内部程序同步，当她看到自己即将说出口的话以“对话树”形式提前显示在屏幕上时，愤怒与困惑在她脸上交替浮现。“这不可能……”她的话语与屏幕文字同步显现。屏幕上突然弹出红色气泡标注的“冲突”（CONFLICT）字样，显示来自“推理引擎”。

这个场景乃至整部剧的核心设定，之所以极具冲击力，是因为我们对机器人产生了共情。这迫使我们直面一个事实：我们自身或许也是可预测的机器。但人类与机器人的重要区别在于行为灵活度，这一点我们已在第3章、第5章和第6章讨论过。正如本书反复阐述的，面对相同的外部环境，每个人的反应各不相同。即便是同一个人，由于内外世界的交互作用，对相同刺激也可能产生不同反应。所有这些都印证本章开篇的观点——理解他人绝非易事！

但理解他人又是必须的。尽管疫情改变了我们的生活，但在正常状态下，我们每天都在与知之甚少的人打交道。从同事协作到繁忙街道上的擦肩而过，大脑时刻都在预测他人行为。为此，它贪婪地吸收着有关人类行为的各种数据。

不妨将我们对他人的认知数据想象成一系列同心圆。最内层的圆圈里是关于某个人的专属信息，比如“安德里亚喜欢冷笑话”，靠近最外层的圆圈则储存着你对人类整体的认知，比如“人类用语言沟通”。中间层层叠叠的圆圈里，存储着各种不同维度的具体信息，这些信息能帮助大脑应对不同情境，让你理解当下正在发生什么，以及接下来最可能发生什么。正是基于这种机制，我们才会对一个人的种族、年龄、性别、性取向、政治立场、社会经济地位、职业、口音、发型等产生隐性偏见，进而影响你对他们的理解。正如我们在第5章讨论过的，某些偏见可能造成极其严重的后果，比如将某人的种族与他手中物品是工具还是武器的可能性联系起来。但即便是那些不会造成致命后果的偏见，也会阻碍你真正看清一个人的本质，反而让你只能看到预想中的对方。因为人类大脑既渴望与他人建立联结，又是个永不停歇的“模式识别器”，总倾向于用有限的的数据得出结论。

当然，避免以偏概全最好的方式，就是尽可能多地收集特定个体的信息。说到底，这种建议相当于让我们尽量避免与陌生人交谈。但这又把我们带回了上一章讨论的议题：什么时候我们愿意或需要承担与陌生人交谈的风险？暂且把这个话题搁置，稍后我们再回来探讨。“尽可能多地收集特定个体的信息”这件事本身，也引出了一个根本性问题：拥有大量信息就等于了解一个人吗？哲学家马克·怀特（Mark White）在一篇文章中指出，答案是否定的。

对此我深以为然。

有时我会猜想，他回头是不是在确认自家温顺的大家伙是否用了不友善的眼神招惹我家的狗。还有些时候我会脑补，他只是在确认我家那只凶巴巴，却不到4千克重的小不点，终究没靠“意念”弄死他的狗吧。

比如，在一年半时间里，我收集了不少关于一位邻居的数据——他每天都会牵着一只年迈的混血狼犬经过我家门前。现在我可以相当精准地预测他的某些行为：几乎每天上午10点到10点半，无论晴雨，他都会牵着狗沿着我住的街道向南走；那条狗总是慢吞吞地跟在他身后不远处，仿佛在说：“你又走太快了！”每当我家的狗狂吠示警时，他总会回头看看自己的狗。可即便我能预测这些行为，由于不明白他为何如此，我也完全不觉得自己了解他。¹²

你以为我又要提杰森·莫玛？得了吧，我可没那么好预测。

怀特的文章借用了大卫·马西森（David Matheson）关于该主题的哲学论述，区分了“知道某人的信息”与“了解某人”。文中阐释了两种认知的差异：一种是非个

人层面的了解，比如我们可能知道的关于名人的各种奇闻轶事；另一种是个人层面的了解，这必须通过直接互动才能获得。但我想补充一点：有时我们确实会觉得自己了解名人（至少我有这种体验）^②，而朝夕相处之人有时却可能让我们觉得完全捉摸不透。

我认为这种现象的根源在于：我们感觉了解一个人，取决于我们自认为对其内心想法的解读是否足够丰富和准确。虽然与一个人有大量亲身接触显然能提供更多数据，但其他因素，比如这个人的表达能力如何或是否愿意敞开心扉，也必然发挥作用。因为无论我们与某人有多少直接接触，都永远无法窥见他私密而复杂的内心世界——这正是本书大部分篇幅讨论的核心。面对这块缺失的拼图，我们的大脑采用了与处理其他不可见事物相同的策略：通过推理和规划为这个未知的内心世界构建一个想象中的心智模型。

这构成了一个巨大的逆向推导难题。我们的输入是可观察的数据，如对方说了什么、做了什么，以及做此言行时的神态如何，或者换一种角度，这取决于大脑更关注哪类数据——他们没说什么、没做什么，以及在没说这些话、没做这些事时，他们的神情举止又如何。在我们试图为他人心智建模时，必须从可观察的线索逆向推导，找出他们行为背后的原因。在后文中，我将通过一个常用测试案例，来评估你反向解读他人心智的能力。

测一测：你是“心灵侦探”吗

关于“眼睛是心灵之窗”的出处，学界存在争议——西塞罗？莎士比亚？不过我们可以确定不是巴伦-科恩。但基于这个测试的发现，我认为完全可以说：人的眼睛确实能透露出重要信息，而且历史上很可能不止一个人注意到这一点。

为了测试你根据现有线索推测他人想法的能力，我先从成人心智建模能力评估中最常用的工具之一——西蒙·巴伦-科恩（Simon Baron-Cohen）团队开发的“眼神读心测试”中，选取几个题目来举例说明。这个测试看似简单却暗藏玄机，你需要通过观察眼部表情来推测对方的情绪，想必你听过那句老话——“眼睛是心灵之窗”吧？^③针对下面的眼部图片，请从4个候选词中选择最贴切描述该眼神的词汇（见图8-1）。若对词义有疑问可查阅词典——这可不是词汇量测试！

恼怒

嘲讽



担忧

友善

图8-1 眼神读心测试图1

这肯定是尼古拉斯·凯奇（Nicolas Cage），对吧？

你认为哪种心理状态最能准确描述图8-1中人物^注的情绪？

公布答案前，再试一题（见图8-2）：

果断

逗趣



惊骇

无聊

图8-2 眼神读心测试图2

正确答案分别是“担忧”和“果断”。若想进一步验证自己通过眼神解读他人的能力，可以上网搜索“眼神读心测试”或访问我个人网站的“研究”版块，获取完整测试。

正如本章所述，大脑会通过多种方式观察他人行为来推测其心理状态。朋友们，这恰恰是人际交往中的棘手之处。毕竟人类不是机器人，现实中的心智建模可不像选择题测试那么简单。下一节我们将探讨大脑理解他人的双重路径，以及这些路径何时促进联结、何时引发隔阂。

镜像中的心灵：解读他人

在理解他人方面，大脑“工具箱”里的首要工具，是我们与其他社会性灵长类动物共有的一种能力。这种能力让我们自幼就能通过模仿他人行为来学习。简言之，当你观察到别人在做某个动作时，你的大脑会自动模拟出你自己做这个动作时的方式。这种模拟涉及“镜像神经元”（mirror neuron）——这类神经元集群在你执行动作和观看他人执行相同动作时都会被激活。通过镜像神经元，你对他人行为的理解会与自己执行该行为的内在表征相关联，就像理解咖啡杯时会自然联想到握杯姿势。

这种心智建模的优势在于，它能以一种自然的方式将你与他人联结起来，让你真正做到“感同身受”。换句话说，这种心智建模方式让你能够设身处地理解他人。

这让我们回想起在第6章讨论过的“意义图谱”概念，即以自我为中心的大脑知识地图。当我们试图理解他人时，默认做法是将对方映射到我们以自我为中心的视角中：如果我是对方，面对这种行为会如何思考和感受？就像我们对陌生人可能产生的隐性偏见一样，这种自我投射发生得如此迅速和自动化，以至于你根本意识不到它的存在。

这张关系网中有位孤岛般的存在，这令我怅然。我只希望此人更愿与非学术圈的同伴徜徉，而非困守令人窒息的高压学术圈！

这种自动镜像机制或许可以解释社会神经科学家过去几年观察到的一个现象：我们倾向于与脑部运作方式相似的人交往。例如卡罗琳·帕金森（Carolyn Parkinson）及其合作者设计过一项巧妙实验：他们首先根据279名同专业研究生的自我报告构建社交网络——互相列为好友的学生用线连接，未互列为好友的学生则无连接；若两人非好友但有共同好友，则通过中间人建立网络连接。在构建出包含这279名学生所报告的所有互选关系的网络后^②，科学家选取了42名社交联系程度不同的受试者进行神经影像实验。实验中记录了他们观看从喜剧节目到辩论赛等各类视频时的脑部活动。随后研究人员从每位受试者的80个不同脑区提取激活时间序列，并针对所有可能的861对受试者组合，逐个脑区地对这些时间序列进行相关性分析。

研究结果令人震惊。朋友之间的大脑反应相似度普遍高于仅有共同好友的人，而后者又高于完全没有共同好友的人，依此类推。事实上，当研究人员用大脑反应相似度来预测谁与谁会成为朋友时，即便在控制年龄、性别、国籍等已知影响因素后，这种预测仍能解释显著的人际关系差异。值得注意的是，虽然这种模式在大脑多个区域都有体现，但朋友间关联性最强的区域集中在基底神经节。这个结果可能印证了一个常识——志趣相投的人更容易相互吸引。而该研究的突破在于发现：相互吸引的人，其大脑对外界刺激的反应方式也高度相似。

后续研究进一步揭示，这种大脑功能的相似性带来的吸引力不仅限于对外界刺激的同步反应。例如，瑞安·海恩（Ryan Hyon）团队和卡罗琳·帕金森合作，以韩国某小岛上的整个村庄（确切地说，有798名居民）为样本展开社交网络研究。这次实验分析了64位村民在静息状态下的功能性磁共振成像数据，发现大脑功能相似度仍能有效预测人际关系。不同的是，这次发现的大脑相似性并非源于对特定喜剧或纪录片的反应，而是来自大脑静息状态下的神经连接模式。更惊人的是，即便排除了人格特质相似性的影响，这些指标仍能预测两人建立社交关联的可能性。

让我们结合坎特的亲密关系模型，探讨大脑镜像机制的实际应用。如果我们天生就通过镜像来理解他人，那么大脑结构更相似的两个人，自然更容易准确理解对方的想法。这种天然的默契会增加他们之间的积极互动，从而巩固彼此的关系。再加上他们容易对相同的外部刺激产生愉悦反应，这就更容易理解为什么相似的大脑更容易产生共鸣。

但当你在他处境中的感受，与当事人真实的感受不一致时，会发生什么呢？历史上那些突破认知差异、创造出“整体大于部分之和”的成果的伟大合作，又该如何解释？下一节我们将探讨另一个关键机制，它能帮助我们对不同运作模式的心智建立心智模型。这种能力对于与他人建立联结至关重要，尤其是在面对思维方式迥异的人时。

心智理论：发展之路

此处给出的年龄段跨度，实则反映了不同的观点采择测试的难度差异，某些测试更难。因此，对于儿童能够理解他人哪些方面，以及在什么年龄段理解这些方面，不同测试得出的结果也有所不同。

尽管不是我们理解他人的本能方式，但大多数人最终都掌握了比镜像模仿更复杂的心智解码能力。这些能力并非与生俱来，而是需要后天学习。如果你见过2~5岁的幼儿通过捂住自己的双眼来“躲藏”，你就看到了我们在自主调控镜像机制之前，对他人进行心理推理的原始形态。事实上，幼儿似乎根本意识不到“不同的人会有不同的想法”这一事实。但最终在2~5岁之间的某个阶段^①，大多数人都会明白：即使我们闭上眼睛，别人仍然能看到我们，尽管我们自己什么都看不见。

当然，这种认知能转化为对他人复杂观点的理解，其程度因人而异。因为他人心智中有许多不同的层面，我们可能试图去建模。正如你所想，理解坐在对面的人通过自己的眼睛看到了什么，与推测对方可能在想什么，这两种观点采择任务所需的心智处理过程并不相同。越来越多的证据表明，理解他人感受的能力，可能与上述两种观点采择任务都完全无关。遗憾的是，一个相同的术语——心智理论（theory of mind），被用来解释各种不同但相关的过程，这些过程旨在模拟与你自己视角不同的他人心智。

看孩子们做这类实验很有意思。若你感兴趣，不妨在视频网站搜索“错误信念测试：心智理论”，看看实验的实际过程。

要拆解这些层次，让我们先谈谈通过个体差异视角研究最多的心智建模类型：推断他人想法或所知内容的能力。发展心理学中最常用的研究范式之一名为“错误信念任务”^②。针对幼儿的典型错误信念实验通常这样进行：研究者给孩子看一个熟

悉的容器（比如蜡笔盒），询问他们认为里面有什么。“蜡笔！”孩子兴奋地回答。接着研究者打开盒子，揭示剧情转折——蜡笔盒里装满了生日蜡烛！即便是两岁的孩子也会对此感到惊讶，这证明了统计预测机制正在高效运作。但有趣的部分来了——当研究者把蜡烛放回蜡笔盒并盖上盖子，然后问孩子：“不在房间里的人（比如父母或兄弟姐妹）会认为盒子里装的是什么？”4岁以下的孩子几乎都会回答：“蜡烛！”

当然，在“儿童何时学会将自己的认知与他人的认知区分开来”，以及“区分的准确程度”上，存在个体差异。由于这种能力的发展时间常与大脑额叶其他“控制”功能的发育同步，部分研究者认为，理解他人视角需要先抑制或调控自己的视角。换句话说，你无法穿着别人的鞋子走路，除非先脱下自己的鞋子！

为验证这个假设，斯蒂芬妮·卡尔森（Stephanie Carlson）和路易斯·摩西（Louis Moses）对100多名三四岁儿童进行了实验，同时测量他们的抑制控制能力和心智建模能力。他们采用了多种测试方法：既有现实诱惑测试（比如在儿童身后包装礼物时，要求他们“不要偷看”），也有认知任务（比如要求儿童在听到“雪”时指向绿色方块，听到“草”时指向白色方块）。受试者还接受了系列错误信念测试，包括前文提到的蜡笔/蜡烛情景。结果显示，抑制本能反应能力更强的孩子，在构建他人心智模型方面也更出色。这些数据与“先脱下自己的鞋子”的观点相符，但由于是相关性研究且数据采集于单一时间点，尚不能排除其他解释。例如，善于构建他人心智模型可能帮助儿童理解如何在抑制控制任务中正确表现。试想，当成年人要求三四岁孩子做明显错误的事，比如看到夜晚的图片时却说“白天”，这对孩子来说该有多奇怪啊！或许意识到他人可能知道与你不同的事情，甚至会玩些“小花招”，比如把蜡烛塞进蜡笔盒，也能帮助你理解如何玩那些需要做出与习惯相反动作的游戏。

以心智建模的视角看，这项研究的工作量令人惊叹。该团队累计测试了2 200多名5岁儿童，家访时长超过3 000小时！若你曾尝试让5岁孩童配合测试计划，定能体会这需要怎样的毅力。

幸运的是，行为遗传学领域的研究为理解先天禀赋与后天经验如何共同塑造解读他人心智的能力，提供了有趣且互为补充的证据。例如，克莱尔·休斯（Claire Hughes）团队对1 000多对5岁双胞胎进行了心智建模能力测试。^②从如此大规模样本中收集的丰富数据，清晰揭示了先天与后天在塑造儿童逆向解读他人心智能力方面所发挥的相对作用。具体而言，当研究者将占样本半数以上的同卵双胞胎（基因完全相同）的心智建模能力相似度，与同性别异卵双胞胎（基因相似度与普通兄弟姐妹相当）进行比较时，发现两组双胞胎的能力相似度完全相同（相关系数 $r = 0.53$ ）！这有力证明：双胞胎之间表现出的能力相似性源于共同的成长环境，而非基因共享。

这与测量抑制控制等前额叶控制功能的个体差异的研究形成鲜明对比。正如娜奥米·弗里德曼（Naomi Friedman）及其合作者在一篇论文的标题中直指要害的论断：“执行功能的个体差异几乎完全源于遗传”。他们通过分析582对双胞胎的控制任务数据发现，抑制控制能力的个体差异竟有99%可归因于遗传，环境因素仅占1%。综合这些研究可见：虽然幼儿期的抑制控制能力与信念建模能力相互关联，但两者的形成机制截然不同。考虑到理解他人如此重要，核心问题便浮现出来：环境中的哪些特征最能促进个体学习解读他人心智的能力？

学习心智的语言

理解他人心智这般复杂而重要的能力，其形成竟完全依赖环境塑造，这个发现着实令人惊叹。在诸多环境要素中，与儿童心智建模能力持续显著相关的，正是他们接触的语言内容。例如，休斯及其同事在针对5岁双胞胎的大规模研究中，也测量了语言能力。他们通过对数据的深入分析发现，存在一个共同的环境因素，可以解释语言能力和心智建模能力的显著个体差异。这很合理——如果你细想便会发现，语言正是最具潜力的“可观察行为”之一，它能为我们提供线索，帮助我们洞悉他人内心的活动。就拿我自己来说，我有一个共情能力很强的学步期的孩子，我常对她说，“你这样做会让我担心，因为我怕你受伤”或是“我现在压力很大，因为要赶作业进度”。由于她的共情力和镜像神经元能让她体会到“担心”或“压力”是什么感觉，这些语言引导能帮助她调整行为。当时我未曾意识到，这也为她打开了一个用语言窥见我内心世界的窗口。

归根结底，娴熟的语言使用者拥有交换大脑信息的有效工具。但同时，理解他人的内心想法也会提升语言运用能力，因为有效沟通需要理解信息接收方的认知背景。那么问题来了：具备揣度他人想法的能力，与掌握有效运用语言的能力，两者孰因孰果？

根据珍妮特·阿斯廷顿（Janet Astington）和詹妮弗·詹金斯（Jennifer Jenkins）开展的一项纵向研究，以上问题的答案可能指向语言能力为因。他们对一组3岁儿童进行了为期7个月的追踪研究，在3个不同时间点分别评估孩子们的语言能力和心智建模能力。结果显示，早期语言能力可以预测后期在错误信念测试中的表现，但错误信念测试成绩却不能预测后续语言能力的发展。

育儿研究领域提供了更具体的证据，揭示了语言环境与心智建模能力发展的关联。伊丽莎白·迈因斯（Elizabeth Meins）及其团队通过系列研究提出了“将心比心”（mind-mindedness）概念，用以衡量照料者对婴儿心智状态的觉察与回应程度。迈因斯在2001年的一项母婴依恋预测因素研究中，首次提出了“将心比心”程度的递归理论。她发现，那些经常谈论6个月大婴儿心理状态的母亲，在6个月后的实验室测试中，与孩子形成了更稳固的依恋关系。后续的追踪研究揭示了关键联

系：迈因斯证明，那些在6个月大时拥有更能将心比心的母亲的婴儿，在三年半后进行的错误信念测试中表现更优异。考虑到行为遗传学研究显示心智建模能力的发展与遗传无关，这一发现尤为引人注目。

纵向研究和行为遗传学研究的综合结果表明，浸润在丰富语言环境中的孩子，尤其是那些频繁接触自我与他人心理状态内容的孩子，能更早学会理解他人想法。这为“学习思考心理状态”与“学习用语言表达心理状态”建立了具体联系。但每位家长和教育者都知道，并非所有教学与行为示范都能顺利奏效。可能让你意想不到的是，脑间同步（inter-brain alignment）在成功教学互动中扮演的角色。

虽然论文里没怎么讨论这些塑料玩具，但从图片来看都是些平平无奇的物件。实验设计很合理，因为这类本来就不会特别引起婴儿兴趣的玩具，能避免无关变量的干扰。

不过需要说明的是，这种现象可能同样存在于父亲和其他经常照顾婴儿的人身上，只是多数研究都聚焦于母亲。这再次暴露了科研领域的系统性偏见——至少在美国，妈妈们更愿意且能带孩子来实验室参与研究。特别感谢我的实验室主管贾斯汀，他正在休6个月陪产假照顾孩子，好让他的妻子重返职场！

我最欣赏的一个实验，揭示了婴儿如何将父母的“类似大众点评式的推荐”内化于心。维多利亚·梁（Victoria Leong）及其团队记录了47对母婴（婴儿月龄为10~11个月）的脑电活动，观察他们如何交流新物体的信息。实验开始时，母亲会拿到两个婴儿从未见过的物体。^⑧她会拿起其中一个，要么热情推荐：“这个太棒了！我们喜欢这个！”要么嫌弃地说：“这个好恶心！我们不喜欢！”研究论文中的实验照片显示，母亲的表情也同步传递着物体好坏的信息。随后实验者将两个物体都递给婴儿。为检测婴儿是否吸收了母亲的“点评”，研究者测量了婴儿分别玩被推荐和被嫌弃玩具的时间差异。结果表明，当母亲与婴儿对话时，若母子大脑同步性越强，婴儿从中学习的可能性就会越高。后续分析发现，在有效互动中，眼神交流和母亲话语的长度都能提升双方的大脑同步程度。换句话说，婴儿从母亲的面部表情和声音中获取的信息越多，母婴大脑的同步性就越强。^⑨当这种同步发生时，两人之间的信息交流就会更加顺畅。

我敢打赌正在读这本书的家长们肯定会有“原来如此！”的顿悟时刻。但我也希望没有孩子的读者，能从中获得与自己父母相处的新视角。

不过，在把这些发现应用到日常互动前，有个重要的但不那么让人愉快的提醒：这些10~11个月大的宝宝并不总是模仿妈妈的选择。实际上，根据家长问卷评估，母婴间性格差异越大，宝宝就越可能去拿妈妈没推荐的物品！这种一致性表明，他们确实在观察父母的反应，但在处理信息时，小脑袋会本能地评估自己与妈妈的相似

度。^②10个月大的婴儿就可能已经会决定是否采纳妈妈的建议，这完美印证了我们接下来要讨论的观点：不是所有人都有同样的动力去理解他人的视角！

情感的纽带：联结的艺术

目前讨论的研究多聚焦于培养心智解读能力的条件。但正如第6章所言，知道怎么做不代表就会去做。考虑到理解隐晦多变的人类思维如此困难，误解的后果又如此严重，到底是什么驱使我们不断尝试去理解他人呢？

答案深植于大脑最细微的构造中。在第2章“神经鸡尾酒”的复杂配方里，有一种物质名为催产素，它是哺乳动物体内与促进社会依恋关联最密切的神经递质。为了让我们愿意付出维系良好关系所需的努力，催产素能发挥双重作用：一方面它能刺激接收多巴胺的神经元，增强社交互动中的愉悦感；另一方面它能作用于杏仁核等负责“战斗-逃跑”反应的边缘系统区域，降低大脑对社交场合的自然应激反应。换句话说，当催产素发挥作用时，能降低你在接近他人时大脑评估系统感受到威胁的可能性，从而增加你尝试与对方建立联结的机会。

关于催产素如何促进社交联结，我们的大部分认知都来自测量人和动物在经历重要关系里程碑事件时其体内的催产素含量。成为父母就是这类里程碑事件之一——这个过程需要付出大量辛劳，而它恰好对物种延续至关重要。但若你认为理解成年人的心思已属不易，不妨试试“解读”婴儿的内心世界，尤其是在他们处于“懵懂混沌”的时期。从进化角度看，这正是需要某种助推机制，以帮助人们主动关注他人视角的关键时刻，不是吗？

事实上，这正是催产素维系哺乳动物存续的重要功能之一。在女性体内，催产素作为激素能引发分娩，并在哺乳期持续分泌。在大脑中，父母通过触摸和互动与婴儿建立联系时，双方的催产素水平都会上升，这既能增强情感联结，又能缓解压力。纵向研究数据显示，父母体内的催产素水平在婴儿出生后至少6个月内会持续升高，且共同生活的父母的催产素水平呈现相关性。

但在这类亲子关系中，需要大量催产素的不只是父母。试想，婴儿生来脆弱无助，降生到一个充满未知的世界，这种体验对他们来说无疑充满了巨大压力。周遭绝大多数生物都是“庞然大物”，他们敏锐的感知力肯定能察觉到这些“巨人”具备伤害自己的能力。可矛盾的是，这些“巨人”似乎又能提供食物，全方位提升自己的舒适度。婴儿应对这种处境的“武器”，只有几个原始反射和能在极短时间内快速学习的大脑。为了增加生存概率，他们必须迅速判断哪些“巨人”值得信赖。尽管还要再过一年左右才能具备逃跑能力，但婴儿已经能微笑、发出咿呀声，还能做出一系列逐渐复杂的可爱举动，正是这些行为促使他们选定的“巨人”照顾自己。

实验结果虽然令人伤感，但请放心，药物对大脑和依恋关系的影响都是暂时的。所有变化在48小时内都会消失殆尽，羊羔们会重新依偎到产下它们的毛茸茸“巨兽”身边。

对人类与其他动物的研究表明，催产素在婴儿早期的依恋关系建立中至关重要。有趣的是，新生羊羔与母羊的互动模式，为催产素如何促进情感联结提供了绝佳范例。与人类不同，羊羔出生在群体中，落地不久就要随队迁徙。这种生存环境迫使它们必须立即辨认出哪只毛茸茸的大家伙是“妈妈”！在出生后的2小时内，有机会吸吮母乳的羊羔就会开始识别并偏爱自己的亲生母亲，而非周围其他“大型”同类。雷蒙德·诺瓦克（Raymond Nowak）及其同事在2021年发表的一项研究，为催产素在羔羊早期依恋形成过程中的作用提供了有力证据。该研究团队通过对新生羊羔进行系列实验发现：羊羔在吸吮母乳后体内催产素水平会上升，但与母羊进行其他无营养摄入的互动后，催产素水平则无此变化。随后他们证明，使用药物阻断大脑催产素结合的新生羊羔，不仅减少了对母羊身体的探索行为，短期内对母亲的偏好也明显减弱。^⑤

你可能还记得，皮质醇其实是一种与长期压力体验相关的激素。

虽然人类新生儿不会像羊羔那样离群走失，但现有关于催产素的研究表明，它在亲子依恋中发挥着类似作用。例如针对早产儿的研究显示，与父母任何一方进行肌肤接触都会提升双方催产素水平。这种亲密接触还能降低婴儿的皮质醇^⑥水平，印证了其对健康的益处。综合来看，这些亲子依恋研究表明：平均而言，个体催产素水平的变化往往与关键依恋时刻同步。不过在传统生育方式中，孩子出生前父母之间首先要建立情感联结。

田鼠是一种可爱的啮齿动物，外形有点像朋克摇滚风的仓鼠。

关于催产素在性爱及浪漫关系中的作用，我们主要得感谢田鼠^⑦的研究。1992年，托马斯·因塞尔（Tomas Insel）和劳伦斯·夏皮罗（Lawrence Shapiro）在两种田鼠的大脑中寻找一夫一妻制的生物学基础。草原田鼠和山地田鼠虽外形相似，但社会习性迥异：前者倾向建立长期的一夫一妻制关系，共同抚育后代；后者独居生活，没有一夫一妻制的习性，也很少照料幼崽。因塞尔和夏皮罗研究两种田鼠大脑中3种不同神经递质的结合模式时，发现它们的催产素通信系统存在巨大差异。在受检测的10个脑区中，实行一夫一妻制的草原田鼠有6个区域的催产素受体更多，其中伏隔核的受体数量甚至达到山地田鼠的6倍以上，这个区域主要负责接收多巴胺信号并产生愉悦感。此外，草原田鼠外侧杏仁核的催产素受体数量也是山地田鼠的2倍多。后续系列研究通过因果干预实验拓展了这一研究成果。若在非性交同居期前给草原田鼠施用催产素，会增强它们对彼此的偏好；而使用阻断催产素结合的药物，虽不影响交配行为，却能阻止草原田鼠事后形成伴侣的偏好。换言

之，至少在实行一夫一妻制的哺乳动物中，催产素似乎能像维系亲子关系那样，推动成年个体建立亲密联结。

毕竟草原田鼠的大脑实在太小了……

两项研究还显示，基底神经节中负责在获得奖赏时释放多巴胺的腹侧被盖区活动有所增强。

虽然不想破坏这温馨的氛围，但必须指出，这些数据是取全组男性结果的平均值。你能想象《大脑自有主张》真人秀版会有多劲爆吗？给伴侣施用催产素，然后向其展示你的照片和其他同样迷人的陌生人的照片，观察他们大脑的专一性有多强！

这些发现迅速催生了大量关于催产素在人类亲密关系中作用的有趣研究。例如，德克·希尔（Dirk Scheele）团队设计了一系列精妙实验：给人类受试者施用催产素后，观测其大脑与行为变化。在两项相似的研究中，他们检测了催产素对40名处于稳定恋爱关系（自述“正处于热恋期”）的男性的大脑反应的影响。核磁扫描时，每名男性会依次观看4类照片：伴侣的照片、熟悉的非亲属女性的照片、陌生人的照片（后两者经独立评估者挑选，确保其吸引力和唤醒度与受试者伴侣的照片水平相当），以及房屋等中性刺激物图片。为测量催产素对男性感知伴侣的影响，所有受试者均接受两次扫描：一次在施用催产素后，另一次未施用催产素。简而言之，结果显示催产素使男性大脑的活动模式更接近一夫一妻制草原田鼠的状态。具体而言^注，两项实验均表明：当体内存在催产素时，伏隔核^注的脑区激活程度显著增强。伏隔核是对多巴胺敏感的奖赏中枢，也是草原田鼠催产素受体高度密集的区域。这些发现真正引人注目的是：这种现象仅在男性看到伴侣的照片时发生，当他们看到其他女性（无论是陌生人还是熟人，即使客观吸引力相当）的照片时，并不会出现类似的大脑反应。^注

在一项巧妙的后续研究中，希尔及其合作者采用了一种名为“停止距离”任务的实验范式，探究施用催产素在现实世界中的影响。该任务包含多种情境，受试者与实验者面对面站立，需要自行决定感到舒适的站立距离。有时实验者会从远处逐渐靠近受试者，有时则会从近处逐渐后退。无论哪种情况，当距离达到受试者可接受的最小舒适距离时，他们就会喊“停”。在其他情境中，受试者需要主动靠近实验者，或是从近距离开始后退。在这些情况下，受试者会在最小舒适距离处自行停下脚步。每轮实验结束后，研究人员会记录两人下巴之间的最终距离。

实验设计中有个精妙之处：所有受试者都是异性恋男性，实验者则是经独立群体评定的具有吸引力的女性。完成实验的57名男性中，约半数处于稳定的一夫一妻关系中，其余是单身。那么，当这两组男性都被施用催产素后，你认为会发生什么呢？

如果你猜催产素会让恋爱中的男性与美女保持更远的距离，那就对了！施用催产素后，处于稳定亲密关系中的男性与美女实验者保持的舒适距离比单身男性远15厘米。但在未施用催产素的情况下，恋爱中的男性所接受的舒适距离，与单身男性并无明显差异。这些结果表明，人为增加催产素会提升伴侣在男性心中的奖赏价值感知，促使男性采取更专一、更维护伴侣关系的行为方式。

西莫内·沙迈-祖里（Simone Shamay-Tsoory）和艾哈迈德·阿布-阿克（Ahmad Abu-Akel）揭示了催产素影响社会联结的机制。他们认为，催产素的核心功能是增强环境中社交信息的显著性。在第4章我们讨论过基底神经节如何实现这一功能：通过调节传递到前额叶皮层的信号强度，凸显它们认为重要的信息。而根据社会显著性假说（social salience hypothesis），基底神经节中的催产素受体实际上有能力影响这一过程，进而放大与社交相关的信号。

事实上，人类婴儿确实天生就对社交相关刺激（如面孔和声音）具有偏好倾向。

细细想来，这无疑是进化上的一种高明策略。相较于让人类婴儿仅仅专注于他们第一眼见到的事物，赋予他们工具以助其理解并学习那些最可能带来益处的事物，显然更为有益。^②这样一来，来自照料者的关键信号便能在周围世界纷繁复杂的干扰中脱颖而出，使婴儿得以学会信赖何人。这或许也解释了为何仅10个月大的婴儿便已能基于充足的数据，来决定是否认同其照料者对某个闪亮新物体的看法。

与此观点相呼应的是，一系列实验结果显示，催产素水平的提升与心智建模能力的改善之间存在关联。然而，针对这一关联的研究结果却并非完全一致。例如，格雷戈尔·多梅斯（Gregor Domes）及其团队在一项实验中发现，被施用催产素的男性在“眼神读心测试”中最难的题目上表现更佳。但是，西娜·拉德克（Sina Radke）及其同事所进行的另一项研究，尽管遵循了极为相似的程序，却未在群体层面观察到任何改善。不过，他们确实发现，那些在自我评价量表上共情力得分最低的男性，在被施用催产素后，在“眼神读心测试”中的表现有所进步。最终，一项针对多项“催产素与情绪识别”研究结果的元分析表明，催产素可能仅有助于识别少数与杏仁核相关的情绪，如恐惧或愤怒。珍妮弗·巴茨（Jennifer Bartz）及其合作者在一篇评论中探讨了这些结果的一个可能解释，而这种解释也许并不会让你感到意外。他们指出，催产素在不同个体身上可能产生不同效果，因为在特定的情境下，对特定个体而言，具有社交相关性的信息是不同的。

结合你在本书中所学到的全部内容来看，这一观点确实合情合理。你的注意模式以及人生经历，无疑会塑造你的大脑在社交场合中所依赖的线索类型。但接下来的发现却令人失望，至少在我看来是这样。催产素似乎并非能让差异显著的人们彼此走近的“神奇成分”。事实上，它很可能起到反效果。

若你好奇为何这些研究仅以男性为实验对象，这确实值得探讨。我推测，基于生物学或社会角色因素，或二者共同作用，男性和女性在这些反应上存在差异，当经费或实验材料有限时，研究者可能优先选择男性样本。不过这种解释的科学性仍有待商榷。

另一项关于不同联结机制利弊的研究发现，这种促使我们产生联结欲望的化学物质，反而强化了人们对内群体和外群体差异的感知。比如，卡斯滕·德·德鲁（Carsten de Dreu）及其合作者通过系列研究发现，当给成年男性施用催产素时，会增强他们的民族中心主义倾向，也就是更偏袒自己所属的群体。另有研究显示，被施用催产素的成年男性^⑤对痛苦表情的敏感度会提升，不过这种效应仅在同种族面孔上显现。

需要明确的是，催产素本身并不会制造这些群体偏见。它更像是放大器，让已有的偏见更加凸显。在上述两个实验中，被施用催产素的男性本就表现出内群体偏向（in-group bias）。催产素强化这种倾向的现象，其实反映了大脑原本就存在的某种社会信号被“放大”，这种信号天然将世界划分为“我们”和“他们”。

马克斯·佩克斯坦（Max Pechstein），德国表现主义画家。——编者注

这一观点在另一项研究中得到了印证。当迈克拉·普夫德迈尔（Michaela Pfundmair）及其研究团队将60名男性和女性受试者按所谓的艺术偏好分组后，催产素并未增强内群体偏向。该研究中，研究人员首先给受试者展示多组画作（每组包含两幅），请他们选择自己更喜欢的作品。受试者观看了10组画作后，无论他们实际选择如何，都被研究人员告知他们更偏爱“佩克斯坦”^⑥风格的画作，因而被分配到“佩克斯坦组”。事实上并不存在其他小组，但研究人员虚构了“赫克尔组”，并声称该组成员偏好不同的画风。分组完成后，受试者观看了一系列极其枯燥的视频（该实验范式最初是为婴儿设计的），视频中会出现真人手臂或机械抓臂伸向屏幕，移向两个物体中的一个。在每段真人手臂视频播放前，屏幕上会显示提示，告知受试者这只手臂属于佩克斯坦组还是赫克尔组。

值得注意的是，尽管受试者参与实验前几乎不可能对这两位画家产生任何实质性的身份认同，但被分配到佩克斯坦组后，他们确实对同队成员表现出比对赫克尔组成员更强的共情倾向。不过额外施用催产素并未增强这种效应。相反，被施用催产素的人会更长时间注视真人手臂的视频，而非机械抓臂。尽管无论是否被施用催产素，人们注视佩克斯坦组手臂的时间都略长，但这种差异既未达到统计学显著性，也未因施用催产素而显著增大。说白了，如果生活没有教会他们与喜欢佩克斯坦的人交往的好处，催产素也不会凭空创造这种好处。

这个说法尤为贴切，因为研究已反复表明，当主人注视自己的狗时，以及当狗注视主人时，双方体内的催产素水平都会持续升高。我们编织归属之网的广度，难道不令人惊叹吗？

或许是我乐观的多巴胺驱动型大脑在作祟，但我认为这为我们跨越差异，与他人建立联结的能力留下了希望。这些研究结果表明，催产素可能会强化那些已有的与区分内群体 / 外群体相关的社交信号，但它们也为我们留出了空间，让我们可以自主决定哪些信号是重要的——如果我们愿意重新定义自己的归属群体。^⑧如果这个重要性对你而言不如对我这么明显，在接下来的内容里，我将详细阐述逆向解读他人心智所能带来的可量化益处。

为团队注入深刻见解

本章至此，我们讨论了理解他人行为的先天机制为何具有自我中心视角倾向，以及这种倾向如何促使人们与思维方式相似的人相处。但我们也看到一些有力证据，这些证据表明：理解他人心智的能力，以及在此过程中考量的社交信号，都是后天习得的。因此，在你放弃与思维方式迥异者建立联结的想法之前，请允许我阐述集体社会智能（collective social intelligence）的概念，以及心智建模被证实具有在其中具有的作用。套用玛雅·安吉洛的话：更深刻的认知，能为更积极的行动奠定基础。

这很可能与你的外倾程度有很大关系。

无论我们是否情愿^⑨，生活中总有些时刻需要与无法选择的群体合作。从课堂小组作业到职场协作，团队合作是人类经验的重要组成部分。当团队运作良好时，其整体表现确实会超越个体成员表现的简单相加。因此，组织心理学家数十年来一直试图破解成功团队的“神奇配方”，也就不足为奇了。

过去10多年间，由于心智建模能力研究的推动（这一点至关重要），团队合作相关的科学研究实现了重大突破。安妮塔·伍利（Anita Woolley）及其同事主导的两项大型团队合作实验，为这一进展提供了清晰的例证。伍利团队的首要突破是，提出了衡量团队成功的新标准，并将其定义为“集体智能”（collective intelligence）。为此，她先将699人随机分配到2~5人的小组中，然后要求这些小组共同解决各类精心设计的问题。这些问题涵盖视觉谜题解答、道德判断决策、有限资源协商等多种情境，旨在全面评估团队在不同条件下的表现。这些由素不相识的人组成的临时团队，需要协作完成实验设定的各类目标，最长耗时达5小时。

伍利对该领域的重要贡献在于，她发现优秀团队的表现优势具有跨任务普适性。换言之，随机组建的团队并不会自我分化成“谜题专攻组”或“后勤协调组”。相

反，基于所有任务表现计算的集体智能指数，能够解释超过40%的团队间表现差异。这个指标使得研究者终于能系统探究困扰学界多年的核心问题：究竟是什么因素决定了团队的成功？

在两项独立实验中，上述因素均未与集体智能呈现显著相关性；然而当合并两项实验的数据时，相关性达到统计学显著水平，分别解释了2.2%与3.6%的变异量。

最令人惊讶的发现是：团队平均智力水平或成员最高智力水平，都与集体智能关联甚微^④；团队整体积极性、满意度或凝聚力等常见指标，同样无法有效预测团队表现。相反，有3个因素能可靠预测团队的综合表现：

1. 团队成员通过眼神读心测试测得的逆向解读他人心智的平均能力，测试得分越高，团队表现越佳。
2. 团队成员发言权的分布均衡度，轮流发言越平均的团队表现越好。

我没有危言耸听，这是事实。

3. 团队中女性成员的比例，女性成员占比越高，团队表现越优异。^⑤

后续研究进一步证实了这些突破性发现：眼神读心测试的得分还能预测课堂项目小组和在线协作团队的表现。在本章最后，我将尽力通过语言与你分享我的一些思考，将我们所学到的关于“如何理解他人”的知识串联起来，梳理其中的关联。

你的大脑实验室 如何模拟他人思维

综合本章讨论的各项研究结果，其启示相当深远。首先，我们理解他人最本能的方式是设身处地地理解他人视角。虽然这能产生强烈的共情式的“感同身受”体验，但当你试图理解的对象与你“差异显著”时，这种方法就可能失效。每个人的思维方式不同，这种“镜像”机制很可能会导致我们周围的同质化倾向——思维方式相似的人往往会聚集成志趣相投的群体。

其次，理解他人还存在其他更费力的方式：通过可观察线索逆向解读他人的想法。这种“心智理论”方法似乎与个人的语言能力密切相关。值得注意的是，这些能力似乎完全是后天习得的。然而，了解他人的想法或感受，并不必然意味着你会运用这些信息来调整自己的行为。催产素或许能提供这样的行为动机，它会增强多巴胺奖赏系统，促使你渴望与他人建立联结，从而放大社交信号的感知强度——至少在与你有意愿联结的群体互动时如此。

团队协作领域的研究表明，擅长逆向推导他人心智模式的人，在各种合作环境中更容易取得成功。由于眼神读心测试成绩还能预测线上协作的成效（即便团队成员互不可见），这说明通过面部表情逆向推导他人感受的能力，本质上反映了一种更广泛的社交技能，即运用包括语言在内的可观察线索，来推断他人的心理活动。既然这些能力可以后天习得，我们就有机会通过训练加以提升。这无疑是个好消息，因为根据坎特的亲密关系模型，人际关系的质量取决于能否通过语言和非语言方式实现有效沟通。至少在我看来，这部分内容给我们的启示是：心智建模能力需要反复练习才能臻于完善，而这种练习能切实提升你与他人互动的成效。

说到人际互动，我衷心希望你在阅读本书时，能像我写作时那样获得对自我的深刻认知。若真如此，当你带着这些新见解继续前行时，我想邀请你尝试一种全新的方式来理解自己和他人。这正是我撰写本书的初衷，期待能为你的人生探索提供更完善的认知装备。

基于你现在掌握的脑科学知识，你能否逆向推导自己的思维方式、情感反应和行为模式？即便这个想法有时会让你感到不适，但关于大脑如何构建现实的新认知，是否改变了你认识自我的方式？

现在，请将这项练习再深入一步：试着去理解，为什么一个人的行为在你看来荒谬可笑，但驱动他这样做的，或许只是一个被不同经验塑造的、与你截然不同的大脑。既然大脑是心智的创造者，我坚信这种理解能赋予你最强大的心智建模能力。毕竟，硬穿不合脚的鞋走一段路，脚上肯定会起水泡。因此，我希望你能加入我的冒险旅程，试着“用别人的大脑”走一段路。因为窥见彼此不同的内在世界，或许能为你打开一扇门，带你走进一个至今尚未被探索的全新世界。

致谢

年轻时，我常开玩笑说要写本书献给诺拉，她是加利福尼亚州戴维斯市一名“外表开明实则保守”的领队，她总让贾丝敏和我觉得自己像个异类，因为我们在她的队伍里格格不入。20年过去了，我的愤懑已消退不少。事实上，我几乎要感激这段经历推动我的成长，它最终促使我去理解人们为何会有那般行为。所以，尽管我现在的动机已不似最初设想的那般孩子气——诺拉，还是要谢谢你。

但我更愿聚焦于那些支持我的人，值得庆幸的是，支持者的数量远超否定者千倍之多。这是何其幸运。首先，我要向生命中最坚定的支持者——我的父母，献上诚挚谢意。我对个体差异的兴趣，必定源自妈妈和爸爸是我见过差异最大的两个人。除了小镇的环境和“自由恋爱”风潮的兴起，我实在想象不出还有什么能让他们相遇，即使这段缘分只持续了短短的时光。正如你所料，我可不是养育起来最省心的孩子。妈妈，感谢你始终以你的方式全力照顾我，尽管我们的思维方式截然不同。感谢爸爸总鼓励我勇敢追梦。还要感谢继父吉姆，你传授的汽车知识为书中的比喻提供了素材，更感谢你在这些比喻写入书中之前，听我反复念叨了好几个版本。

当然，还有我生命中最要好的朋友——我的亲生女儿贾丝敏。我至今还记得初次想象你未来模样的那个瞬间，而你展现出的远不止于此，这份惊喜始终延续。谢谢你始终牵挂我，也谢谢你让我明白，人与人之间的联结竟拥有如此强大的力量，也感谢你为本书前1/3内容留下的批注——虽然阅读速度堪比蜗牛，但每条批注都细致入微、充满智慧又令人捧腹。希望你有空读完后续章节时，依然会喜欢这本书。

说到本书的首位完整通读者，那必须是安德里亚。从你为本书绘制的插图，到我们每次散步、远足时交流的创作灵感，再到你在我埋头于两份全职工作，忙得不可开交时，几乎包揽了所有家务——没有你，我绝对无法完成这本书。虽然向一群陌生人夸赞你有多完美让我有点难为情，但我相信催产素的作用，再加上没人能像我这样理解你的基底神经节，这些都让我们紧紧相连，即使你远比我优秀。感谢你始终是我最强悍的后盾，真希望能透过你的大脑看看这个世界（还有我自己）。

还要特别感谢我才华出众的经纪人马戈·贝丝·弗莱明（Margo Beth Fleming）和极具洞察力的编辑吉尔·施瓦茨曼（Jill Schwartzman）——你们堪称黄金搭档。感谢你们愿意给一个资历尚浅却满脑子奇思妙想的作者机会。说真的，这段

合作之路上，我让你们经受了不小波折。谢谢你们耐心解释每个细节，倾听我的想法，也谢谢你们能欣赏我随稿附上的搞笑表情包和动态照片。

感谢雷·佩雷斯（Ray Perez）及美国海军研究办公室下属的学习认知科学项目组，你们不仅资助了我的研究，还支持了本书的部分创作。感谢索韦斯特旅馆（Sou'wester Lodge）的“艺术家驻留”项目，在我撰写本书最烧脑的阶段，为我和爱犬提供了栖身之所。

当然还要感谢所有读过本书部分章节、提供选题建议的亲友和学生：埃迪、珍·K、詹妮、珍妮、布里安娜、凯蒂（我的灵感缪斯）、大卫与朱迪（我在写作过程中收获的“家人”）、凯特琳、丹尼表弟、沙亚、丹尼叔叔、珍·J、基拉、玛丽亚、米歇尔、简阿姨、托尼亚、理查德、史黛西、罗宾、霍利·A、朱莉、拉里叔叔、克里斯蒂、安娜玛丽·S、克莱尔、迪安娜、黛博拉、杰弗里、奥巴代亚、金（愿安息）、唐、迪娜、夏洛特、埃里克、拉比娅、阿基拉、伊南、奥尔加、子瑞、马来卡、劳伦、西娅、玛丽莎、玛格丽塔、吉姆、杰伊、雪儿、普雷斯顿、阿曼达、玛丽、施雷娅。特别感谢我的实验室主管贾斯汀和继父吉姆，他们以“火眼金睛”般的细致完成了校对工作。众人拾柴火焰高，而我的后援团格外强大。

最后但同样重要的是，要感谢我的爱犬可可丽娜，在我写作这本书的95%的时间里，它都安静地陪伴在我身边。感谢你用催产素滋养我的大脑，也谢谢你让我明白：有时候，默默陪伴就是给予他人最好的礼物。

注释

前言 从我的大脑到你的大脑

1. 彻底且永久地改变了他的人格：Kieran O’ Driscoll and John Paul Leach, “ ‘No Longer Gage’ : An Iron Bar Through the Head: Early Observations of Personality Change After Injury to the Prefrontal Cortex,” *British Medical Journal* (1998): 1673 - 1674.
2. 性情多变，目无尊长：John M. Harlow, “Recovery from the Passage of an Iron Bar Through the Head,” *History of Psychiatry* 4, no. 14 (1993): 274 - 281.
3. 与持续压力相关的神经化学物质：David M. Lyons et al., “Stress-Level Cortisol Treatment Impairs Inhibitory Control of Behavior in Monkeys,” *Journal of Neuroscience* 20, no. 20 (2000): 7816 - 7821.

绪论 关于“你”的神经科学入门

1. 它的重量只占身体总重量的约2%：Marcus E. Raichle and Debra A. Gusnard, “Appraising the Brain’s Energy Budget,” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99, no. 16 (2002): 10237 - 10239.
2. 自我折叠：Este Armstrong et al., “The Ontogeny of Human Gyrfication,” *Cerebral Cortex* 5, no. 1 (1995): 56 - 63.
3. 其表面积约等于两个中等大小的披萨：David C. Van Essen et al., “Development and Evolution of Cerebral and Cerebellar Cortex,” *Brain, Behavior and Evolution* 91 (2018): 158 - 169.
4. 题为《大脑体积大的人更聪明》的论文：Michael A. McDaniel, “Big-Brained People Are Smarter: A Meta-Analysis of the Relationship Between In Vivo Brain Volume and Intelligence,” *Intelligence* 33, no. 4 (2005): 337 - 346.

5. 所谓智力，就是智力测验所测量的东西：Edwin G. Boring, “Intelligence as the Tests Test It,” *New Republic* 35, no. 6 (1923): 35 - 37.
6. 伦敦出租车司机大脑研究：Eleanor A. Maguire et al., “Navigation-Related Structural Change in the Hippocampi of Taxi Drivers,” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 97, no. 8 (2000): 4398 - 4403.
7. 通过率也不足50%：Katherine Woollett and Eleanor A. Maguire, “Acquiring ‘the Knowledge’ of London’s Layout Drives Structural Brain Changes,” *Current Biology* 21, no. 24 (2011): 2109 - 2114.
8. 伦敦公交车司机进行对比：Eleanor A. Maguire, Katherine Woollett, and Hugo J. Spiers, “London Taxi Drivers and Bus Drivers: A Structural MRI and Neuropsychological Analysis,” *Hippocampus* 16, no. 12 (2006): 1091 - 1101.
9. 5个及以上注意力缺失（或多动）症状：American Psychiatric Association, *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5®)* (American Psychiatric Publishing, 2013).
10. 大概就能做出判断了：Edward M. Hallowell, MD, and John J. Ratey, *Driven to Distraction: Recognizing and Coping with Attention Deficit Disorder from Childhood Through Adulthood* (New York: Anchor, 2011).
11. 具有WEIRD特征：Joseph Henrich, Steven J. Heine, and Ara Norenzayan, “The Weirdest People in the World?” *Behavioral and Brain Sciences* 33, no. 2 - 3 (2010): 61 - 83, and Joseph Henrich, *The Weirdest People in the World: How the West Became Psychologically Peculiar and Particularly Prosperous* (New York: Farrar, Straus and Giroux, 2020).
12. 作为人类，我们的天职是帮助彼此认识到每个人的稀有与珍贵：Fred Rogers, *You Are Special: Neighborly Words of Wisdom from Mister Rogers* (New York: Penguin, 1995).
13. 所有正常人都拥有相同的生理器官：Steven Pinker, *How the Mind Works* (Penguin UK, 2003).
14. 生活中的个体差异总能引发我们无穷的好奇：Pinker, *How the Mind Works*.

15. 132块肌肉和26个器官: John G. White et al., “The Structure of the Nervous System of the Nematode *Caenorhabditis Elegans*,” *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, Biological Sciences* 314, no. 1165 (1986): 1 - 340. Also see Steven J. Cook et al., “Whole-Animal Connectomes of Both *Caenorhabditis Elegans* Sexes,” *Nature* 571, no. 7763 (2019): 63 - 71.
16. 在网络上搜索“动作电位”: 相关资源众多, 此处推荐其一。“Action Potentials in Neurons, Animation,” Alila Medical Media, YouTube video, uploaded April 25, 2016.
17. 数十本专著: Cornelia I. Bargmann, “Neurobiology of the *Caenorhabditis Elegans* Genome,” *Science* 282, no. 5396 (1998): 2028 - 2033; Anders Olsen and Matthew S. Gill, eds., *Ageing: Lessons from C. Elegans* (Springer International Publishing, 2017); and Lisa R. Girard et al., “WormBook: The Online Review of *Caenorhabditis Elegans* Biology,” *Nucleic ACIDS RESEARCH* 35, no. suppl_1 (2007): D472-D475.
18. 构建二者大脑的DNA蓝图重合度高达95%: Roy J. Britten, “Divergence Between Samples of Chimpanzee and Human DNA Sequences Is 5%, Counting Indels,” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99, no. 21 (2002): 13633 - 13635.
19. 在我的研究之前, 学界普遍认为: Debra L. Long and Kathleen Baynes, “Discourse Representation in the Two Cerebral Hemispheres,” *Journal of Cognitive Neuroscience* 14, no. 2 (2002): 228 - 242.
20. 并非所有人都以相同的方式理解读到的内容: Debra L. Long, Brian J. Oppy, and Mark R. Seely, “Individual Differences in Readers’ Sentence-and Text-Level Representations,” *Journal of Memory and Language* 36, no. 1 (1997): 129 - 145.
21. 200多位不同阅读水平的受试者: Chantel S. Prat, Debra L. Long, and Kathleen Baynes, “The Representation of Discourse in the Two Hemispheres: An Individual Differences Investigation,” *Brain and Language* 100, no. 3 (2007): 283 - 294.
22. 右侧脑半球损伤导致语言障碍的案例记载: John Hughlings Jackson, “A Study of Convulsions,” *St. Andrews Medical Graduates’ Association*

Transactions 1869 (1870): 162 - 204.

23. 凯瑟琳·伍勒特和埃利诺·马圭尔就采用了这种方法: Woollett and Maguire, “Acquiring ‘the Knowledge.’ ”

24. 纪录片《三个相同的陌生人》: Tim Wardle, dir., *Three Identical Strangers*, Neon, 2018.

25. 占据约40%的市场份额: G. Ferris Wayne and G. N. Connolly, “How Cigarette Design Can Affect Youth Initiation into Smoking: Camel Cigarettes 1983 - 93,” *Tobacco Control* 11 (2002): i32 - i39.

26. 形成尼古丁依赖的概率: Jacqueline M. Vink, Gonneke Willemsen, and Dorret I. Boomsma, “Heritability of Smoking Initiation and Nicotine Dependence,” *Behavior Genetics* 35, no. 4 (2005): 397 - 406.

27. 美国有460万人以骑马作为爱好或运动: V. E. Ellie et al., “U.S. Horseback Riders,” *Wonder*, 2019.

28. 成人对男女婴儿说话的方式就截然不同: Jeffrey Z. Rubin, Frank J. Provenzano, and Zella Luria, “The Eye of the Beholder: Parents’ Views on Sex of Newborns,” *American Journal of Orthopsychiatry* 44, no. 4 (1974): 512. And a follow-up twenty years later: Katherine Hildebrandt Karraker, Dena Ann Vogel, and Margaret Ann Lake, “Parents’ Gender-Stereotyped Perceptions of Newborns: The Eye of the Beholder Revisited,” *Sex Roles* 33, no. 9 (1995): 687 - 701.

29. 人很难产生恨意: Brené Brown, *Braving the Wilderness: The Quest for True Belonging and the Courage to Stand Alone* (Random House, 2017). 这是我一生中最喜爱的图书之一, 对我产生了深远的影响。

第一部分 大脑的设计 大脑结构差异如何塑造你的思维、情感与行为

优秀的叙事者: Brian Levine, “Autobiographical Memory and the Self in Time: Brain Lesion Effects, Functional Neuroanatomy, and Lifespan Development,” *Brain and Cognition* 55, no. 1 (2004): 54 - 68.

第1章 左右不平衡 你大脑中的双面叙事

1. 这种结构可能已延续了数亿年之久: Peter F. Mac-Neilage, Lesley J. Rogers, and Giorgio Vallortigara, “Origins of the Left & Right Brain,” *Scientific American* 301, no. 1 (2009): 60 - 67.
2. 并非某个半球“掌控”某些功能: J. A. Nielsen et al., “An Evaluation of the Left-Brain Vs. Right-Brain Hypothesis with Resting State Functional Connectivity Magnetic Resonance Imaging,” *PloS one* 8, no. 8 (2013), e71275.
3. 语言偏侧化研究: S. Knecht et al., “Degree of Language Lateralization Determines Susceptibility to Unilateral Brain Lesions,” *Nature Neuroscience* 5, no. 7 (2002): 695 - 699.
4. 右半球部分区域萎缩: M. Annett, “Handedness and Cerebral Dominance: The Right Shift Theory,” *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences* 10, no. 4 (1998): 459 - 469; and Marian Annett, *Left, Right, Hand and Brain: The Right Shift Theory* (Psychology Press, UK, 1985).
5. 修长的大拇指: Fotios Alexandros Karakostis et al., “Biomechanics of the Human Thumb and the Evolution of Dexterity,” *Current Biology* 31, no. 6 (2021): 1317 - 1325.
6. 就能辨认出这个区域: T. A. Yousry et al., “Localization of the Motor Hand Area to a Knob on the Precentral Gyrus. A New Landmark,” *Brain: A Journal of Neurology* 120, no. 1(1997): 141 - 157.
7. 比较左右半球中这两处隆起的大小: Katrin Amunts et al., “Asymmetry in the Human Motor Cortex and Handedness,” *Neuroimage* 4, no. 3 (1996): 216 - 222.
8. 艾丁伯格优势利手问卷: Richard C. Oldfield, “The Assessment and Analysis of Handedness: The Edinburgh Inventory,” *Neuropsychologia* 9, no. 1 (1971): 97 - 113.
9. 每3人中就有2人偏好右眼: D. C. Bourassa, “Handedness and Eye-Dominance: A Meta-Analysis of Their Relationship,” *Laterality* 1, no. 1 (1996): 5 - 34.

10. 受试者更倾向依赖哪侧半球: Jerre Levy et al., “Asymmetry of Perception in Free Viewing of Chimeric Faces,” *Brain and Cognition* 2, no. 4 (1983): 404 - 419.
11. 可能就会觉得图1-1中下方那张面孔看起来更快乐: Victoria J. Bourne, “Examining the Relationship Between Degree of Handedness and Degree of Cerebral Lateralization for Processing Facial Emotion,” *Neuropsychology* 22, no. 3 (2008): 350.
12. 该死的手指都会在视野里到处乱晃: Bourassa, “Handedness and Eye-Dominance.”
13. 可能更纠结于选择哪张面孔: Bourne, “Examining the Relationship.”, and S. Frässle et al., “Handedness Is Related to Neural Mechanisms Underlying Hemispheric Lateralization of Face Processing,” *Scientific Reports* 6 (2016): 27153; Roel M. Willems, Marius V. Peelen, and Peter Hagoort, “Cerebral Lateralization of Face-Selective and Body-Selective Visual Areas Depends on Handedness,” *Cerebral Cortex* 20, no. 7 (2009): 1719 - 1725; and Michael W. L. Chee and David Caplan, “Face Encoding and Psychometric Testing in Healthy Dextrals with Right Hemisphere Language,” *Neurology* 59, no. 12 (2002): 1928 - 1934.
14. 主要是月龄较小或语言发展较晚的: Debra L. Mills, Sharon Coffey-Corina, and Helen J. Neville, “Language Comprehension and Cerebral Specialization from 13 to 20 Months,” *Developmental Neuropsychology* 13, no. 3 (1997): 397 - 445.
15. 更常见于极端左利手群体中: Stefan Knecht et al., “Handedness and Hemispheric Language Dominance in Healthy Humans,” *Brain* 123, no. 12 (2000): 2512 - 2518.
16. 似乎只丧失了说话能力: P. Broca, “Remarks on the Seat of the Faculty of Articulated Language, Following an Observation of Aphemia (Loss of Speech),” *Bulletin de la Société Anatomique* 6 (1861): 330 - 357.
17. 对言语流畅性的重要性可能更甚于布罗卡区: Nina F. Dronkers, “A New Brain Region for Coordinating Speech Articulation,” *Nature* 384, no. 6605 (1996): 159 - 161.

18. 重新研究了布罗卡医生首批患者的保存完好的脑组织: Nina F. Dronkers et al., “Paul Broca’s Historic Cases: High Resolution MR Imaging of the Brains of Leborgne and Lelong,” *Brain* 130, no. 5 (2007): 1432 - 1441.
19. 有些人会丧失通过词序理解句意的能力: Myrna F. Schwartz, Eleanor M. Saffran, and Oscar S. Marin, “The Word Order Problem in Agrammatism: I. Comprehension,” *Brain and Language* 10, no. 2 (1980): 249 - 262.
20. 难以辨识图像中描绘的动作: Ayçe Pınar Saygın et al., “Action Comprehension in Aphasia: Linguistic and Non-Linguistic Deficits and Their Lesion Correlates,” *Neuropsychologia* 42, no. 13 (2004): 1788 - 1804.
21. 研究不同用手偏好的人群 (共326人): Knecht et al., “Handedness and Hemispheric Language Dominance.”
22. 最早体现在听觉皮层: Mari Tervaniemi and Kenneth Hugdahl, “Lateralization of Auditory-Cortex Functions,” *Brain Research Reviews* 43, no. 3 (2003): 231 - 246.
23. 戴维·珀佩尔: David Poeppel, “The Analysis of Speech in Different Temporal Integration Windows: Cerebral Lateralization as ‘Asymmetric Sampling in Time,’ ” *Speech Communication* 41, no. 1 (2003): 245 - 255.
24. 罗伯特·萨托雷: Robert J. Zatorre, Pascal Belin, and Virginia B. Penhune, “Structure and Function of Auditory Cortex: Music and Speech,” *Trends in Cognitive Sciences* 6, no. 1 (2002): 37 - 46.
25. 他曾创下每分钟击鼓2109次的纪录: “Siddharth Nagarajan,” Wikipedia, accessed online April 15, 2021.
26. 驱动两侧半球功能分化的关键结构差异: Elkhonon Goldberg and Louis D. Costa, “Hemisphere Differences in the Acquisition and Use of Descriptive Systems,” *Brain and Language* 14, no. 1 (1981): 144 - 173.
27. 他们才开始稳定地偏好使用某只手: Eliza L. Nelson, Julie M. Campbell, and George F. Michel, “Unimanual to Bimanual: Tracking the Development of Handedness from 6 to 24 Months,” *Infant Behavior and Development* 36, no. 2 (2013): 181 - 188; and Jacqueline Fagard and Anne Marks,

“Unimanual and Bimanual Tasks and the Assessment of Handedness in Toddlers,” *Developmental Science* 3, no. 2 (2000): 137 - 147.

28. 多数人逐渐转向左脑主导: Mills et al., “Language Comprehension and Cerebral Specialization,” and Margriet A. Groen et al., “Does Cerebral Lateralization Develop? A Study Using Functional Transcranial Doppler Ultrasound Assessing Lateralization for Language Production and Visuospatial Memory,” *Brain and Behavior* 2, no. 3 (2012): 256 - 269.

29. 第二语言更多依赖右半球处理: Judith Evans et al., “Differential Bilingual Laterality: Mythical Monster Found in Wales,” *Brain and Language* 83, no. 2 (2002): 291 - 299.

30. 专家处理音乐时会更多使用左半球: Kentaro Ono et al., “The Effect of Musical Experience on Hemispheric Lateralization in Musical Feature Processing,” *Neuroscience Letters* 496, no. 2 (2011): 141 - 145; Charles J. Limb et al., “Left Hemispheric Lateralization of Brain Activity During Passive Rhythm Perception in Musicians,” *The Anatomical Record Part A: Discoveries in Molecular, Cellular, and Evolutionary Biology: An Official Publication of the American Association of Anatomists* 288, no. 4 (2006): 382 - 389; and Peter Vuust et al., “To Musicians, the Message Is in the Meter: Pre-Attentive Neuronal Responses to Incongruent Rhythm Are Left-Lateralized in Musicians,” *Neuroimage* 24, no. 2 (2005): 560 - 564.

31. 他们的运动皮层与“天生”右利手者并无区别: Stefan Klöppel et al., “Nurture Versus Nature: Long-Term Impact of Forced Right-Handedness on Structure of Pericentral Cortex and Basal Ganglia,” *Journal of Neuroscience* 30, no. 9 (2010): 3271 - 3275.

32. 具有关键的进化优势: Joseph Dien, “Looking Both Ways Through Time: The Janus Model of Lateralized Cognition,” *Brain and Cognition* 67, no. 3 (2008): 292 - 323.

33. 左半球主导“趋近”行为: Helena J. V. Rutherford and Annukka K. Lindell, “Thriving and Surviving: Approach and Avoidance Motivation and Lateralization,” *Emotion Review* 3, no. 3 (2011): 333 - 343.

34. 《法军向德军后方推瓶子》的作者: Ian Mayes, “Heads You Win: The Readers’ Editor on the Art of the Headline Writer,” *Guardian*, April 13, 2000: and “Syntactic ambiguity,” Wikipedia, accessed online November 3, 2021.
35. 手术切断左右脑半球之间的神经连接: Michael S. Gazzaniga, Joseph E. Bogen, and Roger W. Sperry, “Some Functional Effects of Sectioning the Cerebral Commissures in Man,” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 48, no. 10 (1962): 1765 - 1769.
36. 艾伦·阿尔达与加扎尼加的一次采访: “Basic Split Brain Science Primer: Alan Alda with Michael Gazzaniga,” Scientific American/Frontiers Introductory Psychology Video Collection, YouTube video, uploaded by Michael Blackstone on January 5, 2017.
37. 大脑完整个体与裂脑患者的两侧脑半球在“推理”过程中的差异: Chantel S. Prat, Robert A. Mason, and Marcel Adam Just, “Individual Differences in the Neural Basis of Causal Inferencing,” *Brain and Language* 116, no. 1 (2011): 1 - 13; Chantel S. Prat, Robert A. Mason, and Marcel Adam Just, “An fMRI Investigation of Analogical Mapping in Metaphor Comprehension: The Influence of Context and Individual Cognitive Capacities on Processing Demands,” *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 38, no. 2 (2012): 282; and Chantel S. Prat, “The Brain Basis of Individual Differences in Language Comprehension Abilities,” *Language and Linguistics Compass* 5, no. 9 (2011): 635 - 649; Matthew E. Roser et al., “Dissociating Processes Supporting Causal Perception and Causal Inference in the Brain,” *Neuropsychology* 19, no. 5 (2005): 591.
38. 2020年1月的一则疯传推文: 一名推特(现为X平台)用户于2020年1月27日发布推文“有趣的事实: 有些人有内心独白, 有些人则没有。也就是说, 有些人的思维像是他们听到的句子, 而有些人只有抽象的非语言思维, 必须刻意将其语言化。大多数人不知道另一类人的存在”。
39. 我的右手伸向想要的东西: David Wolman, “The Split Brain: A Tale of Two Halves,” *Nature News* 483, no. 7389 (2012): 260.
40. 卡萨格兰德和贝尔蒂尼的突破性研究: Maria Casagrande and Mario Bertini, “Night-Time Right Hemisphere Superiority and Daytime Left

Hemisphere Superiority: A Repatterning of Laterality Across Wake - Sleep - Wake States,” *Biological Psychology* 77, no. 3 (2008): 337 - 342.

41. 握紧右手（激活左侧运动皮层）：Eddie Harmon-Jones, “Unilateral Right-Hand Contractions Cause Contralateral Alpha Power Suppression and Approach Motivational Affective Experience,” *Psychophysiology* 43, no. 6 (2006): 598 - 603.

第2章 神经鸡尾酒 读懂大脑中的化学语言

1. 人类大脑可调用数百种不同的神经递质：“Neurotransmitter” entry on Wikipedia, last accessed online November 4, 2021.

2. 美国每天饮用至少一杯含咖啡因饮品的人口占比达85%：Diane C. Mitchell et al., “Beverage Caffeine Intakes in the US,” *Food and Chemical Toxicology* 63 (2014): 136 - 142.

3. 提升大脑中多巴胺这种神经递质的水平：O. Cauli and Micaela Morelli, “Caffeine and the Dopaminergic System,” *Behavioural Pharmacology* 16, no. 2 (2005): 63 - 77. Also see Marcello Solinas et al., “Caffeine Induces Dopamine and Glutamate Release in the Shell of the Nucleus Accumbens,” *Journal of Neuroscience* 22, no. 15 (2002): 6321 - 6324.

4. 通过手术改造了新生雪貂的大脑神经连接：Mriganka Sur, Preston E. Garraghty, and Anna W. Roe, “Experimentally Induced Visual Projections into Auditory Thalamus and Cortex,” *Science* 242, no. 4884 (1988): 1437 - 1441.

5. 这些雪貂的听觉皮层最终接管了视觉功能：Laurie Von Melchner, Sarah L. Pallas, and Mriganka Sur, “Visual Behaviour Mediated by Retinal Projections Directed to the Auditory Pathway,” *Nature* 404, no. 6780 (2000): 871 - 876; and Sandra Blakeslee, “‘Rewired’ Ferrets Overturn Theories of Brain Growth,” *New York Times*, April 25, 2000.

6. 神经信号交叉传递现象：Jürgen Hänggi, Diana Wotruba, and Lutz Jäncke, “Globally Altered Structural Brain Network Topology in GraphemeColor Synesthesia,” *Journal of Neuroscience* 31, no. 15 (2011): 5816 - 5828.

7. 两种毫不相关的感官信息流在大脑中的交融: Richard E. Cytowic and David Eagleman, *Wednesday Is Indigo Blue: Discovering the Brain of Synesthesia* (MIT Press, 2011). Also see David Brang and Vilayanur S. Ramachandran, “Survival of the Synesthesia Gene: Why Do People Hear Colors and Taste Words?” *PLoS Biology* 9, no. 11 (2011): e1001205.
8. 导致自己暂时“失声”: P. A. MacFaul, “Visual Prognosis After Solar Retinopathy,” *British Journal of Ophthalmology* 53, no. 8 (1969): 534.
9. 个体感知后像时长的差异与催眠易感性相关: Richard P. Atkinson and Helen J. Crawford, “Individual Differences in Afterimage Persistence: Relationships to Hypnotic Susceptibility and Visuospatial Skills,” *American Journal of Psychology* (1992): 527 – 539; and Richard P. Atkinson, “Enhanced Afterimage Persistence in Waking and Hypnosis: High Hypnotizables Report More Enduring Afterimages,” *Imagination, Cognition and Personality* 14, no. 1 (1994): 31 – 41.
10. 催眠易感性本身也受神经化学物质的个体差异所影响: David J. Acunzo, David A. Oakley, and Devin B. Terhune, “The Neurochemistry of Hypnotic Suggestion,” *American Journal of Clinical Hypnosis* 63, no. 4 (2021): 355 – 371.
11. 在美国, 约有7.8%的成年人受抑郁症困扰: 数据来源于美国国家心理健康研究所 (NIMH) 2019年的调查。
12. 微型标记人格测评: Gerard Saucier, “Mini-Markers: A Brief Version of Goldberg’s Unipolar Big-Five Markers,” *Journal of Personality Assessment* 63, no. 3 (1994): 506 – 516.
13. 这些特质大多与神经化学层面的个体差异相关: Richard A. Depue and Yu Fu, “Neurobiology and Neurochemistry of Temperament in Adults,” in *Handbook of Temperament*, eds. M. Zentner and R. L. Shiner (New York: Guilford Press, 2012), 368 – 399; Irina Trofimova and Trevor W. Robbins, “Temperament and Arousal Systems: A New Synthesis of Differential Psychology and Functional Neurochemistry,” *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 64 (2016): 382 – 402.
14. 很多人格测评会设置干扰性问题: Randall A. Gordon, “Social Desirability Bias: A Demonstration and Technique for Its Reduction,”

Teaching of Psychology 14, no. 1 (1987): 40 - 42.

15. 学界普遍认同这些维度差异与我们的神经生物学差异密切相关: Hans Jurgen Eysenck, “Biological Basis of Personality,” *Nature* 199, no. 4898 (1963): 1031 - 1034, and Jeffrey A. Gray, “A Critique of Eysenck’s Theory of Personality,” in *A Model for Personality*, ed. H. J. Eysenck (Springer-Verlag, 1981), 246 - 276; and Gerald Matthews and Kirby Gilliland, “The Personality Theories of HJ Eysenck and JA Gray: A Comparative Review,” *Personality and Individual Differences* 26, no. 4 (1999): 583 - 626, for review of the others.

16. 多巴胺传递系统至少在一定程度上决定了你的这种倾向: Richard A. Depue and Paul F. Collins, “Neurobiology of the Structure of Personality: Dopamine, Facilitation of Incentive Motivation, and Extraversion,” *Behavioral and Brain Sciences* 22, no. 3 (1999): 491 - 517.

17. 任何让你感觉愉悦的事物: Troels W. Kjaer et al., “Increased Dopamine Tone During Meditation-Induced Change of Consciousness,” *Cognitive Brain Research* 13, no. 2 (2002): 255 - 259; and Jeffrey M. Brown, Glen R. Hanson, and Annette E. Fleckenstein, “Methamphetamine Rapidly Decreases Vesicular Dopamine Uptake,” *Journal of Neurochemistry* 74, no. 5 (2000): 2221 - 2223.

18. 最早在实验室验证这一现象的研究者: Michael X. Cohen et al., “Individual Differences in Extraversion and Dopamine Genetics Predict Neural Reward Responses,” *Cognitive Brain Research* 25, no. 3 (2005): 851 - 861.

19. 搜索“磁共振成像原理”: 详见美国国家卫生研究院 (NIH) 官网中描述磁共振成像技术页面的链接。

20. 补全了这个证据链: Luke D. Smillie et al., “Variation in DRD2 Dopamine Gene Predicts Extraverted Personality,” *Neuroscience Letters* 468, no. 3 (2010): 234 - 237.

21. 揭示外倾型人格与多巴胺系统的关联: Luke D. Smillie et al., “Extraversion and Reward-Processing: Consolidating Evidence from an Electroencephalographic Index of Reward Prediction-Error,” *Biological Psychology* 146 (2019): 107735.

22. 人们在获得意外奖赏与奖赏意外落空时的大脑反应差异: Luke D. Smillie, Andrew J. Cooper, and Alan D. Pickering, “Individual Differences in Reward Prediction - Error: Extraversion and Feedback-Related Negativity,” *Social Cognitive and Affective Neuroscience* 6, no. 5 (2011): 646 - 652.
23. 外倾者的自评普遍比内倾者更快乐、更乐观: David Watson and Lee Anna Clark, “Extraversion and Its Positive Emotional Core,” in *Handbook of Personality Psychology*, eds. Robert Hogan, John A. Johnson, and Stephen R. Briggs (Academic Press, 1997), 767 - 793; William Pavot, E. D. Diener, and Frank Fujita, “Extraversion and Happiness,” *Personality and Individual Differences* 11, no. 12 (1990): 1299 - 1306; and Michael Argyle and Luo Lu, “The Happiness of Extraverts,” *Personality and Individual Differences* 11, no. 10 (1990): 1011 - 1017.
24. 将电极直接植入大鼠脑中负责释放多巴胺的区域: J. Olds and Peter Milner, “Positive Reinforcement Produced by Electrical Stimulation of Septal Area and Other Brain Regions in the Rat,” *Comparative Physiology* 47, no. 6 (1954): 419 - 427.
25. 大鼠每小时能按压这个带来愉悦感的杠杆5000次: James Olds, “Pleasure Centers in the Brain,” *Scientific American* 195, no. 4 (1956): 105 - 117.
26. 已被证实与肥胖存在关联: Xue Sun, Serge Luquet, and Dana M. Small, “DRD2: Bridging the Genome and Ingestive Behavior,” *Trends in Cognitive Sciences* 21, no. 5 (2017): 372 - 384.
27. 多巴胺不足会导致快感缺失: Andre Der-Avakian and Athina Markou, “The Neurobiology of Anhedonia and Other Reward-Related Deficits,” *Trends in Neurosciences* 35, no. 1 (2012): 68 - 77.
28. 血清素是传递“满足”信号的神经递质: Y-Lan Boureau and Peter Dayan, “Opponency Revisited: Competition and Cooperation Between Dopamine and Serotonin,” *Neuropsychopharmacology* 36, no. 1 (2011): 74 - 97.
29. 人体90%的血清素都产生于消化道: See, for example, Jessica M. Yano et al., “Indigenous Bacteria from the Gut Microbiota Regulate Host Serotonin Biosynthesis,” *Cell* 161, no. 2 (2015): 264 - 276.

30. 除非你直接往它们脑子里注射血清素: Nuria de Pedro et al., “Inhibitory Effect of Serotonin on Feeding Behavior in Goldfish: Involvement of CRF,” *Peptides* 19, no. 3 (1998): 505 - 511.
31. 当血清素水平下降, 多巴胺水平升高时: Jeffrey W. Dalley and J. P. Roiser, “Dopamine, Serotonin and Impulsivity,” *Neuroscience* 215 (2012): 42 - 58.
32. 但结论远不如多巴胺与外倾性之间的联系那么明确: J. A. Schinka, R. M. Busch, and N. Robichaux-Keene, “A Meta-Analysis of the Association Between the Serotonin Transporter Gene Polymorphism (5-HTTLPR) and Trait Anxiety,” *Molecular Psychiatry* 9, no. 2 (2004): 197 - 202.
33. 有研究估计约1/3的患者在使用SSRI药物后未见改善: Alessandro Serretti and Masaki Kato, “The Serotonin Transporter Gene and Effectiveness of SSRIs,” *Expert Review of Neurotherapeutics* 8, no. 1 (2008): 111 - 120.
34. 携带短等位基因的群体在与焦虑相关的人格特质上的自评得分更高: Klaus-Peter Lesch et al., “Association of Anxiety-Related Traits with a Polymorphism in the Serotonin Transporter Gene Regulatory Region,” *Science* 274, no. 5292 (1996): 1527 - 1531.
35. 这一结果却未能被稳定复现: J. D. Flory et al., “Neuroticism Is Not Associated with the Serotonin Transporter (5-HTTLPR) Polymorphism,” *Molecular Psychiatry* 4, no. 1 (1999): 93 - 96.
36. 很大程度上取决于评估焦虑或神经质相关特质时使用的测评工具的具体内容: Flory et al., “Neuroticism Is Not Associated,” xxxii.
37. 抑郁症常被视为大脑对环境压力源产生了非典型或功能失调的反应: Hymie Anisman and Robert M. Zacharko, “Depression as a Consequence of Inadequate Neurochemical Adaptation in Response to Stressors,” *British Journal of Psychiatry* 160, no. S15 (1992): 36 - 43.
38. 所有典型反应都涉及神经化学变化: Nicole Baumann and Jean-Claude Turpin, “Neurochemistry of Stress: An Overview,” *Neurochemical Research* 35, no. 12 (2010): 1875 - 1879.
39. 检测其血清素转运体等位基因: Baldwin M. Way and Shelley E. Taylor, “The Serotonin Transporter Promoter Polymorphism Is Associated with

Cortisol Response to Psychosocial Stress,” *Biological Psychiatry* 67, no. 5 (2010): 487 - 492.

40. 调整其他设计特征来抵消这些变化: Steven E. Hyman and Eric J. Nestler, “Initiation and Adaptation: A Paradigm for Understanding Psychotropic Drug Action,” *American Journal of Psychiatry* (1996).

41. 当人们大幅减少咖啡因摄入量时: Laura M. Juliano and Roland R. Griffiths, “A Critical Review of Caffeine Withdrawal: Empirical Validation of Symptoms and Signs, Incidence, Severity, and Associated Features,” *Psychopharmacology* 176, no. 1 (2004): 1 - 29.

42. 能暂时降低大脑中高达90%的血清素传递量: W. A. Williams et al., “Effects of Acute Tryptophan Depletion on Plasma and Cerebrospinal Fluid Tryptophan and 5-Hydroxyindoleacetic Acid in Normal Volunteers,” *Journal of Neurochemistry* 72, no. 4 (1999): 1641 - 1647.

43. 酪氨酸对血压和焦虑水平影响的研究: J. B. Deijen and J. F. Orlebeke, “Effect of Tyrosine on Cognitive Function and Blood Pressure Under Stress,” *Brain Research Bulletin* 33, no. 3 (1994): 319 - 323, and J. B. Deijen et al., “Tyrosine Improves Cognitive Performance and Reduces Blood Pressure in Cadets After One Week of a Combat Training Course,” *Brain Research Bulletin* 48, no. 2 (1999): 203 - 209, and Lydia A. Conlay, Timothy J. Maher, and Richard J. Wurtman, “Tyrosine Increases Blood Pressure in Hypotensive Rats,” *Science* 212, no. 4494 (1981): 559 - 560.

44. 适度有氧运动: Romain Meeusen and Kenny De Meirleir, “Exercise and Brain Neurotransmission,” *Sports Medicine* 20, no. 3 (1995): 160 - 188.

45. 他们称为“良性压力”: Saskia Heijnen et al., “Neuromodulation of Aerobic Exercise— A Review,” *Frontiers in Psychology* 6 (2016): 1890.

46. 按摩疗法: Tiffany Field et al., “Cortisol Decreases and Serotonin and Dopamine Increase Following Massage Therapy,” *International Journal of Neuroscience* 115, no. 10 (2005): 1397 - 1413.

47. 冥想与正念练习: Rose H. Matousek, Patricia L. Dobkin, and Jens Pruessner, “Cortisol as a Marker for Improvement in Mindfulness-Based Stress Reduction,” *Complementary Therapies in Clinical Practice* 16,

no. 1 (2010): 13 – 19; and Kenneth G. Walton et al., “Stress Reduction and Preventing Hypertension: Preliminary Support for a Psychoneuroendocrine Mechanism,” *Journal of Alternative and Complementary Medicine* 1, no. 3 (1995): 263 – 283.

48. 深呼吸训练: Valentina Perciavalle et al., “The Role of Deep Breathing on Stress,” *Neurological Sciences* 38, no. 3 (2017): 451 – 458.

第3章 大脑“节奏大师” 神经节律的“快慢人生”

1. 庞大的节律发生器: Gyorgy Buzsaki, *Rhythms of the Brain* (Oxford University Press, 2006).
2. 这就像通过六度分隔理论: Duncan J. Watts and Steven H. Strogatz, “Collective Dynamics of ‘Small-World’ Networks,” *Nature* 393, no. 6684 (1998): 440 - 442.
3. 白质通路得名于其表面覆盖的髓鞘: R. Douglas Fields, “White Matter Matters,” *Scientific American* 298, no. 3 (2008): 54 - 61.
4. 把负责视觉模式的神经元与提取词义的神经元连接起来: Brian A. Wandell, Andreas M. Rauschecker, and Jason D. Yeatman, “Learning to See Words,” *Annual Review of Psychology* 63 (2012): 31 - 53.
5. 文字阅读的“诱惑”: J. Ridley Stroop, “Studies of Interference in Serial Verbal Reactions,” *Journal of Experimental Psychology* 18, no. 6 (1935): 643.
6. 他们中许多人每秒能吐出超过12个音节: Amalajobitha, “Who Is the Fastest Rapper in the World 2021?” *Freshers Live*, July 28, 2021.
7. 动态协调大脑其他区域的高频神经活动: Earl K. Miller, Mikael Lundqvist, and André M. Bastos, “Working Memory 2.0,” *Neuron* 100, no. 2 (2018): 463 - 475.
8. 人类总被多任务处理搞得焦头烂额的原因之一: 关于这个问题有很多不同观点, 这里有个研究案例可以说明信号干扰对多任务表现的影响。Menno Nijboer et al., “Single-Task fMRI Overlap Predicts Concurrent Multitasking Interference,” *NeuroImage* 100 (2014): 60 - 74.
9. 可以通过“注意瞬脱”这个指标: Kimron L. Shapiro, Jane E. Raymond, and Karen M. Arnell, “The Attentional Blink,” *Trends in Cognitive Sciences* 1, no. 8 (1997): 291 - 296.
10. 会深刻影响不同个体的信息处理方式: Chantel S. Prat et al., “Resting-State qEEG Predicts Rate of Second Language Learning in

Adults,” *Brain and Language* 157 (2016): 44 – 50; and Chantel S. Prat, Brianna L. Yamasaki, and Erica R. Peterson, “Individual Differences in Resting-State Brain Rhythms Uniquely Predict Second Language Learning Rate and Willingness to Communicate in Adults,” *Journal of Cognitive Neuroscience* 31, no. 1 (2019): 78 – 94.

11. 托兰斯创造性思维测验: E. Paul Torrance, “Predictive Validity of the Torrance Tests of Creative Thinking,” *Journal of Creative Behavior* (1972).

12. 源自爱德华·鲍登与马克·荣格-比曼设计的复合远程联想测试: Edward M. Bowden and Mark Jung-Beeman, “Normative Data for 144 Compound Remote Associate Problems,” *Behavior Research Methods, Instruments & Computers* 35, no. 4 (2003): 634 – 639.

13. 你是抢拍还是拖拍: Damien Chazelle, dir., *Whiplash*, Sony Pictures Classics, 2014.

14. 进行了 α 波频率和工作记忆容量的测量: C. Richard Clark et al., “Spontaneous Alpha Peak Frequency Predicts Working Memory Performance Across the Age Span,” *International Journal of Psychophysiology* 53, no. 1 (2004): 1 – 9.

15. 解决此类问题时依赖“顿悟”还是“有意识搜索”的倾向: Brian Erickson et al., “Resting-State Brain Oscillations Predict Trait-Like Cognitive Styles,” *Neuropsychologia* 120 (2018): 1 – 8.

16. 关于 α 节律频率与外部世界采样速率关联性的最有力证据: Roberto Cecere, Geraint Rees, and Vincenzo Romei, “Individual Differences in Alpha Frequency Drive Crossmodal Illusory Perception,” *Current Biology* 25, no. 2 (2015): 231 – 235.

17. 与其试图保持信息同步的刷新速率存在关联: W. Klimesch et al., “Alpha Frequency, Reaction Time, and the Speed of Processing Information,” *Journal of Clinical Neurophysiology* 13, no. 6 (1996): 511 – 518. 关于 α 波频率与更广义认知功能的关联性探讨, 可见于: Thomas H. Grandy et al., “Individual Alpha Peak Frequency Is Related to Latent Factors of General Cognitive Abilities,” *Neuroimage* 79 (2013): 10 – 18.

18. 他们采用类似前文提到的三角形图形测试任务的实验设计: O. M. Bazanova and L. I. Aftanas, “Individual Measures of Electroencephalogram Alpha Activity and Non-Verbal Creativity,” *Neuroscience and Behavioral Physiology* 38, no. 3 (2008): 227 - 235.
19. 低频的内在通信系统具有高度遗传性: C. M. Smit et al., “Genetic Variation of Individual Alpha Frequency (IAF) and Alpha Power in a Large Adolescent Twin Sample,” *International Journal of Psychophysiology* 61, no. 2 (2006): 235 - 243.
20. 我们偏好的 α 波频率会伴随生命历程发生变化: Smit et al., “Genetic Variation of IAF,” xiv.
21. 多数人的平均 α 波频率会提升5.5赫兹: John R. Hughes and Juan J. Cayaffa, “The EEG in Patients at Different Ages Without Organic Cerebral Disease,” *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 42, no. 6 (1977): 776 - 784.
22. 这些练习能以有趣的方式影响神经同步性: Tim Lomas, Itai Ivtzan, and Cynthia H. Y. Fu, “A Systematic Review of the Neurophysiology of Mindfulness on EEG Oscillations,” *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 57 (2015): 401 - 410.
23. 3个月高强度冥想训练: Manish Sagar et al., “Intensive Training Induces Longitudinal Changes in Meditation State-Related EEG Oscillatory Activity,” *Frontiers in Human Neuroscience* 6 (2012): 256.
24. 并非所有研究的结果都一致: B. Rael Cahn and John Polich, “Meditation States and Traits: EEG, ERP, and Neuroimaging Studies,” *Psychological Bulletin* 132, no. 2 (2006): 180.
25. 这类游戏能提升人们的峰值 α 波频率: Cameron Sheikholeslami et al., “A High Resolution EEG Study of Dynamic Brain Activity During Video Game Play,” in *29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* (IEEE, 2007): 2489 - 2491.
26. 摄入250毫克咖啡因: Robert J. Barry et al., “Caffeine Effects on Resting-State Arousal,” *Clinical Neurophysiology* 116, no. 11 (2005): 2693 - 2700.

第二部分 大脑的功能 不同构造的大脑如何驱动我们

第4章 专注力战场 信号如何“抢夺”大脑控制权

1. 高配版游戏手柄: Rajesh P. N. Rao et al., “A Direct Brainto-Brain Interface in Humans,” *PLOS ONE* 9, no. 11 (2014): e111332.
2. 去视频网站找原始素材: “Direct Brainto-Brain Communication in Humans: A Pilot Study,” YouTube video, uploaded by uwneuralsystems, August 26, 2013.
3. 纪录片《我是人类》: Elena Gaby and Taryn Southern, dirs., *I Am Human*, Futurism Studios, March 3, 2020.
4. “比萨门”阴谋论: “Pizzagate conspiracy theory,” Wikipedia, accessed online November 5, 2021.
5. 最常见的忽略症类型: S. P. Stone, P. W. Halligan, and R. J. Greenwood, “The Incidence of Neglect Phenomena and Related Disorders in Patients with an Acute Right or Left Hemisphere Stroke,” *Age and Ageing* 22, no. 1 (1993): 46 - 52.
6. 左侧留白: 这类评估有一些有趣的例子。Andrew Parton, Paresh Malhotra, and Masud Husain, “Hemispatial Neglect,” *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry* 75, no. 1 (2004): 13 - 21.
7. 严重影响患者寻求治疗的意愿: B. Gialanella and F. Mattioli, “Anosognosia and Extrapersonal Neglect as Predictors of Functional Recovery Following Right Hemisphere Stroke,” *Neuropsychological Rehabilitation* 2, no. 3 (1992): 169 - 178.
8. 左脑损伤很少引发忽略症候群: Elisabeth Becker and Hans-Otto Karnath, “Incidence of Visual Extinction After Left Versus Right Hemisphere Stroke,” *Stroke* 38, no. 12 (2007): 3172 - 3174.
9. 左右脑损伤引发的注意缺陷差异显著: Guido Gainotti, “Lateralization of Brain Mechanisms Underlying Automatic and Controlled Forms of Spatial Orienting of Attention,” *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 20, no. 4 (1996): 617 - 622.

10. 大多数典型的左脑优势者：对照组数据见Naren Prahlada Rao et al., “Lateralisation Abnormalities in Obsessive - Compulsive Disorder: A Line Bisection Study,” *Acta Neuropsychiatrica* 27, no. 4 (2015): 242 - 247; and Karen E. Waldie and Markus Hausmann, “Right Fronto-Parietal Dysfunction in Children with ADHD and Developmental Dyslexia as Determined by Line Bisection Judgements,” *Neuropsychologia* 48, no. 12 (2010): 3650 - 3656.
11. 可能更频繁地把标记置于真实中点右侧：Waldie and Hausmann, “Right Fronto-Parietal Dysfunction.”
12. ADHD在非右利手人群中的确诊率确实更高：Eunice N. Simões, Ana Lucia Novais Carvalho, and Sergio L. Schmidt, “What Does Handedness Reveal About ADHD? An Analysis Based on CPT Performance,” *Research in Developmental Disabilities* 65 (2017): 46 - 56; and Evgenia Nastou, Sebastian Ocklenburg, and Marietta Papadatou-Pastou, “Handedness in ADHD: Meta-Analyses,” *PsyArXiv* (2020).
13. 通过触觉辨别实验揭示了这一机制：Saskia Haegens, Barbara F. Händel, and Ole Jensen, “Top-Down Controlled Alpha Band Activity in Somatosensory Areas Determines Behavioral Performance in a Discrimination Task,” *Journal of Neuroscience* 31, no. 14 (2011): 5197 - 5204.
14. 探究人们在斯特鲁普任务中的表现：Rebecca J. Compton et al., “Cognitive Control in the Intertrial Interval: Evidence from EEG Alpha Power,” *Psychophysiology* 48, no. 5 (2011): 583 - 590.
15. 左脑 α 波强度更高的人更倾向于通过顿悟解答问题：Brian Erickson et al., “Resting-State Brain Oscillations Predict Trait-Like Cognitive Styles,” *Neuropsychologia* 120 (2018): 1 - 8.
16. “无穷递归”式的思维：“Turtles all the way down,” Wikipedia, accessed on 04/02/2020.
17. 罗伯特·萨波斯基：Robert M. Sapolsky, *Behave: The Biology of Humans at Our Best and Worst* (Penguin, 2017).
18. 它正式的名称是“条件路由模型”：Andrea Stocco, Christian Lebiere, and John R. Anderson, “Conditional Routing of Information to the

Cortex: A Model of the Basal Ganglia's Role in Cognitive Coordination,” *Psychological Review* 117, no. 2 (2010): 541.

19. 不同工作记忆容量的人群在磁共振扫描仪中阅读各类语句时的大脑反应差异: Chantel S. Prat and Marcel Adam Just, “Exploring the Neural Dynamics Underpinning Individual Differences in Sentence Comprehension,” *Cerebral Cortex* 21, no. 8 (2011): 1747 - 1760.

20. 双语能力是否会影响基底神经节的信号传导机制: Andrea Stocco and Chantel S. Prat, “Bilingualism Trains Specific Brain Circuits Involved in Flexible Rule Selection and Application,” *Brain and Language* 137 (2014): 50 - 61; and A. Stocco et al., “Bilingual Brain Training: A Neurobiological Framework of How Bilingual Experience Improves Executive Function,” *International Journal of Bilingualism* 18, no. 1 (2014): 67 - 92.

21. 一篇关于孤独症谱系障碍神经基础的论文: Rajesh K. Kana, Lauren E. Libero, and Marie S. Moore, “Disrupted Cortical Connectivity Theory as an Explanatory Model for Autism Spectrum Disorders,” *Physics of Life Reviews* 8, no. 4 (2011): 410 - 437; and our commentary: Chantel S. Prat and Andrea Stocco, “Information Routing in the Basal Ganglia: Highways to Abnormal Connectivity in Autism?: Comment on ‘Disrupted Cortical Connectivity Theory as an Explanatory Model for Autism Spectrum Disorders’ by Kana et al.,” *Physics of Life Reviews* 9, no. 1 (2012): 1.

22. 非ASD受试者在执行Go/No-Go任务时的功能性磁共振数据: Chantel S. Prat et al., “Basal Ganglia Impairments in Autism Spectrum Disorder Are Related to Abnormal Signal Gating to Prefrontal Cortex,” *Neuropsychologia* 91 (2016): 268 - 281.

第5章 大脑适应力 大脑如何“解码”环境

1. 我们的祖先之所以经历“认知革命”: John Medina, *Brain Rules: 12 Principles for Surviving and Thriving at Work, Home, and School* (Seattle: Pear Press, 2011).

2. 经历极端气候不稳定时期后: Jessica Ash and Gordon G. Gallup, “Paleoclimatic Variation and Brain Expansion During Human Evolution,” *Human Nature* 18, no. 2 (2007): 109 - 124.
3. 诗意地描绘了这种状态: William James, *Principles of Psychology* (1863).
4. 因为每次经历都会留下印记: Arun Asok et al., “Molecular Mechanisms of the Memory Trace,” *Trends in Neurosciences* 42, no. 1 (2019): 14 - 22.
5. 一种被称为“赫布型学习”的机制: Decision Lab网站上有通俗介绍。
6. 同步放电的神经元, 会同步连线: 这句话据称是赫布本人(1949年)在SuperCamp官网的一篇文章中提出的, 但我未能在其他地方核实这一来源。
7. 婴儿沉浸在母语环境中: Patricia K. Kuhl, “The Development of Speech and Language,” *Mechanistic Relationships Between Development and Learning* (1998): 53 - 73.
8. 世界公民: Patricia Kuhl, “The Linguistic Genius of Babies,” TED Talk, uploaded to YouTube on February 18, 2011.
9. 翻身上杠: “How to do a Pullover on Bars,” uploaded by TC2 on December 2, 2014.
10. 这种做法其实相当于在心理预演: Richard M. Suinn, “Mental Practice in Sport Psychology: Where Have We Been, Where Do We Go?” *Clinical Psychology: Science and Practice* 4, no. 3 (1997): 189 - 207; Lars Nyberg et al., “Learning by Doing Versus Learning by Thinking: An fMRI Study of Motor and Mental Training,” *Neuropsychologia* 44, no. 5 (2006): 711 - 717; and Carl-Johan Olsson, Bert Jonsson, and Lars Nyberg, “Learning by Doing and Learning by Thinking: An fMRI Study of Combining Motor and Mental Training,” *Frontiers in Human Neuroscience* 2 (2008): 5.
11. 《语言经验与熟练程度问卷》: Viorica Marian, Henrike K. Blumenfeld, and Margarita Kaushanskaya, “Language Experience and Proficiency Questionnaire (LEAP-Q)” (2018).

12. 语言经验与大脑认知差异相关的4个方面: A. Stocco et al., “Bilingual Brain Training: A Neurobiological Framework of How Bilingual Experience Improves Executive Function,” *International Journal of Bilingualism* 18, no. 1 (2014): 67 - 92; Brianna L. Yamasaki, Andrea Stocco, and Chantel S. Prat, “Relating Individual Differences in Bilingual Language Experiences to Executive Attention,” *Language, Cognition and Neuroscience* 33, no. 9 (2018): 1128 - 1151; Kinsey Bice et al., “Bilingual Language Experience Shapes Resting-State Brain Rhythms,” *Neurobiology of Language* 1, no. 3 (2020): 288 - 318; and Brianna L. Yamasaki et al., “Effects of Bilingual Language Experience on Basal Ganglia Computations: A Dynamic Causal Modeling Test of the Conditional Routing Model,” *Brain and Language* 197 (2019): 104665.
13. 大多数以英语为母语的成年人的词汇量为2万~3.5万: Lexical facts, *The Economist*, May 29, 2013.
14. 法国纪录片《婴儿日记》: Thomas Balmès, dir., *Babies*, Focus Features, April 14, 2010.
15. 将幼猫饲养在特定的视觉环境中: Helmut V. B. Hirsch and D. N. Spinelli, “Visual Experience Modifies Distribution of Horizontally and Vertically Oriented Receptive Fields in Cats,” *Science* 168, no. 3933 (1970): 869 - 871; Helmut V. B. Hirsch and D. N. Spinelli, “Modification of the Distribution of Receptive Field Orientation in Cats by Selective Visual Exposure During Development,” *Experimental Brain Research* 12, no. 5 (1971): 509 - 527; and N. W. Daw and H. J. Wyatt, “Kittens Reared in a Unidirectional Environment: Evidence for a Critical Period,” *Journal of Physiology* 257, no. 1 (1976): 155 - 170.
16. 瓦利施验证了一个有趣的问题: Pascal Wallisch, “Illumination Assumptions Account for Individual Differences in the Perceptual Interpretation of a Profoundly Ambiguous Stimulus in the Color Domain: ‘The Dress,’ ” *Journal of Vision* 17, no. 4 (2017): 5.
17. 该效应最早由基思·佩恩于2001年证实: B. Keith Payne, “Prejudice and Perception: The Role of Automatic and Controlled Processes in Misperceiving a Weapon,” *Journal of Personality and Social Psychology* 81, no. 2 (2001): 181.

18. 在现实中的可怕后果: B. Keith Payne, “Weapon Bias: SplitSecond Decisions and Unintended Stereotyping,” *Current Directions in Psychological Science* 15, no. 6 (2006): 287 - 291.
19. 马尔科姆·格拉德威尔在其著作《眨眼之间》中对此有所论述: Malcolm Gladwell, *Blink: The Power of Thinking Without Thinking* (Little, Brown, 2006).
20. 当双语者使用非优势语言时: Judith F. Kroll et al., “Language Selection in Bilingual Speech: Evidence for Inhibitory Processes,” *Acta Psychologica* 128, no. 3 (2008): 416 - 430.
21. 双语者这种更优的信号传导机制,使他们在执行新的数学任务时,速度快于单语者: Andrea Stocco and Chantel S. Prat, “Bilingualism Trains Specific Brain Circuits Involved in Flexible Rule Selection and Application,” *Brain and Language* 137 (2014): 50 - 61.
22. 寻找“控制能力增强”的证据: Bice, Yamasaki, and Prat, “Bilingual Language Experience.”

第6章 大脑导航术 知识如何成为你的指示灯

1. 奥普拉曾谈及,当年安吉洛对她说这句话时给她带来了很大影响: Oprah Winfrey, *Oprah's Life Class*, first aired October 19, 2011.
2. 觉知是促成改变的最大动力: Eckhart Tolle, *A New Earth: Awakening to Your Life's Purpose* (Penguin, 2006).
3. 这不是一本读完就能改变思维方式的书: Daniel Kahneman, on *Thinking Fast and Slow* (2011) as cited in Ariella S. Kristal and Laurie R. Santos, “GI Joe Phenomena: Understanding the Limits of Metacognitive Awareness on Debiasing,” Harvard Business School Working Paper, 2021.
4. 舞蹈课桥段: Andy Tennant, dir., *Hitch*, Sony Pictures, February 11, 2005. 你可以在视频网站搜索相关视频。
5. 要判断你的选择通路与回避通路的相对强度: Michael J. Frank, Lauren C. Seeberger, and Randall C. O'Reilly, “By Carrot or by Stick: Cognitive

Reinforcement Learning in Parkinsonism,” *Science* 306, no. 5703 (2004): 1940 - 1943.

6. 瑞文高级推理测验: J. Raven, J. C. Raven, and J. H. Court, *Manual for Raven’s Advanced Progressive Matrices* (Oxford Psychologists Press, 1998).

7. 一个人的回避型学习通路越强: Andrea Stocco, Chantel S. Prat, and Lauren K. Graham, “Individual Differences in Reward Based Learning Predict Fluid Reasoning Abilities,” *Cognitive Science* 45, no. 2 (2021): e12941.

8. 话到嘴边却无法说出: Roger Brown and David McNeill, “The ‘Tip of the Tongue’ Phenomenon,” *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior* 5, no. 4 (1966): 325 - 337.

9. 随着年龄增长或在压力状态下, 这种情况会愈发严重: Meredith A. Shafto et al., “On the Tip-of-theTongue: Neural Correlates of Increased Word-Finding Failures in Normal Aging,” *Journal of Cognitive Neuroscience* 19, no. 12 (2007): 2060 - 2070; and Christopher J. Schmank and Lori E. James, “Adults of All Ages Experience Increased Tip-of-theTongue States Under Ostensible Evaluative Observation,” *Aging, Neuropsychology, and Cognition* 27, no. 4 (2020): 517 - 531.

10. 如果你想看到一个有趣的, 能大致体现你大脑复杂程度的场景: “1,000,000 Dominoes Falling Is Oddly SATISFYING,” YouTube, uploaded by Hevesh5 on December 2, 2017.

11. 要重建包含背景细节的神经活动模式: Kazumasa Z. Tanaka et al., “Cortical Representations Are Reinstated by the Hippocampus During Memory Retrieval,” *Neuron* 84, no. 2 (2014): 347 - 354.

12. 这个支持人类及其他脊椎动物空间导航的脑区: Georg F. Striedter, “Evolution of the Hippocampus in Reptiles and Birds,” *Journal of Comparative Neurology* 524, no. 3 (2016): 496 - 517.

13. 名为“位置细胞”: Laura Lee Colgin, “Five Decades of Hippocampal Place Cells and EEG Rhythms in Behaving Rats,” *Journal of Neuroscience* 40, no. 1 (2020): 54 - 60.

14. 根据经验构建意义图谱: Jacob L. S. Bellmund et al., “Navigating Cognition: Spatial Codes for Human Thinking,” *Science* 362, no. 6415 (2018).
15. 根据超过6 000名英语使用者参与类似“自由联想”测试的数据库显示: Douglas L. Nelson, Cathy L. McEvoy, and Thomas A. Schreiber, “The University of South Florida Word Association, Rhyme, and Word Fragment Norms,” .
16. 不同类型的心理地图: Charan Ranganath and Maureen Ritchey, “Two Cortical Systems for Memory-Guided Behaviour,” *Nature Reviews Neuroscience* 13, no. 10 (2012): 713 - 726.
17. 人们对语义知识或空间信息的记忆能力: Mladen Sormaz et al., “Knowing What from Where: Hippocampal Connectivity with Temporoparietal Cortex at Rest Is Linked to Individual Differences in Semantic and Topographic Memory,” *Neuroimage* 152 (2017): 400 - 410.
18. 多体素模式分析: James V. Haxby et al., “Distributed and Overlapping Representations of Faces and Objects in Ventral Temporal Cortex,” *Science* 293, no. 5539 (2001): 2425 - 2430.
19. 向受试者展示了10幅不同的线条画: Svetlana V. Shinkareva et al., “Using fMRI Brain Activation to Identify Cognitive States Associated with Perception of Tools and Dwellings,” *PloS one* 3, no. 1 (2008): e1394.
20. 他们考察了60种具体事物所对应的大脑激活模式: Marcel Adam Just et al., “A Neurosemantic Theory of Concrete Noun Representation Based on the Underlying Brain Codes,” *PloS one* 5, no. 1 (2010): e8622.
21. 揭示了经验塑造意义图谱的另一个令人不寒而栗的影响: Marcel Adam Just et al., “Machine Learning of Neural Representations of Suicide and Emotion Concepts Identifies Suicidal Youth,” *Nature Human Behaviour* 1, no. 12 (2017): 911 - 919.
22. 人们注意指向内容的系统性差异: Katherine L. Alfred, Megan E. Hillis, and David J. M. Kraemer, “Individual Differences in the Neural Localization of Relational Networks of Semantic Concepts,” *Journal of Cognitive Neuroscience* 33, no. 3 (2021): 390 - 401.

第7章 好奇心冒险 好奇心与威胁的“共舞”

1. 某些种类的水母：若想轻松阅读可观看视频：For a fun read with a video, see Emily Osterloff, “Immortal Jellyfish: The Secret to Cheating Death,” *What on Earth?* Natural History Museum, viewed November 9, 2021.
2. 在研究婴幼儿自发指物行为时：Kelsey Lucca and Makeba Parramore Wilbourn, “Communicating to Learn: Infants’ Pointing Gestures Result in Optimal Learning,” *Child Development* 89, no. 3 (2018): 941 – 960; and Kelsey Lucca and Makeba Parramore Wilbourn, “The What and the How: Information-Seeking Pointing Gestures Facilitate Learning Labels and Functions,” *Journal of Experimental Child Psychology* 178 (2019): 417 – 436.
3. 取决于其已有的知识储备：M. J. Gruber and C. Ranganath, “How Curiosity Enhances Hippocampus-Dependent Memory: The Prediction, Appraisal, Curiosity, and Exploration (PACE) Framework,” *Trends in Cognitive Sciences* 23, no. 12 (2019): 1014 – 1025.
4. 我唯一知道的是我一无所知：苏格拉底悖论有多种译文，包括“最智慧的人会承认自己一无所知”“我知道自己一无所知”。尽管这些说法都被认为出自苏格拉底，但现存唯一文字记载见于柏拉图《申辩篇》中对导师的描述。Gail Fine, “Does Socrates Claim to Know That He Knows Nothing?” *Oxford Studies in Ancient Philosophy* 35 (2008): 49 – 88.
5. 所有人生来就渴望求知：亚里士多德《形而上学》中的完整引文为：“所有人生来就渴望求知。感官之乐即其明证——纵无实用，感官仍因其自身被珍视，尤以视觉为最。即便无所作为，吾辈亦偏爱观瞻。盖因此觉最能使吾等认知万物，昭示事物间诸多差异。”该著作成于公元前4世纪，1924年由W. D. 罗斯（W. D. Ross）首次大规模刊印。
6. 我沿用了与第2章相同的评分标准：Frank D. Naylor, “A State-Trait Curiosity Inventory,” *Australian Psychologist* 16, no. 2 (1981): 172 – 183; and Jordan A. Litman and Charles D. Spielberger, “Measuring Epistemic Curiosity and Its Diverse and Specific Components,” *Journal of Personality Assessment* 80, no. 1 (2003): 75 – 86.

7. 我没有什么特殊才能，只是对事物充满狂热的好奇心：原文 “*Ich habe keine besondere Begabung, sondern bin nur leidenschaftlich neugierig*” 出自爱因斯坦1952年3月11日致卡尔·泽利希的信件，详见 *Einstein Archives* 39 - 013。
8. 对爱因斯坦逝世后的大脑进行了影像测量：D. Falk, “New Information About Albert Einstein’s Brain,” *Frontiers in Evolutionary Neuroscience* 1, 3 (2009); D. Falk, F. E. Lepore, and A. Noe, “The Cerebral Cortex of Albert Einstein: A Description and Preliminary Analysis of Unpublished Photographs,” *Brain* 136, no. 4 (2013): 1304 - 1327; and W. Men et al., “The Corpus Callosum of Albert Einstein’s Brain: Another Clue to His High Intelligence?” *Brain* 137, no. 4 (2014): e268 - e268.
9. 专业小提琴家大脑中与左手感觉和运动相关的控制区域：Peter Schwenkreis et al., “Assessment of Sensorimotor Cortical Representation Asymmetries and Motor Skills in Violin Players,” *European Journal of Neuroscience* 26, no. 11 (2007): 3291 - 3302.
10. 对此进行了系统梳理：Ashvanti Valji, “Individual Differences in Structural-Functional Brain Connections Underlying Curiosity” (PhD diss., Cardiff University, 2020).
11. 尽管学界对前颞叶的功能仍有争议：Michael F. Bonner and Amy R. Price, “Where Is the Anterior Temporal Lobe and What Does It Do?” *Journal of Neuroscience* 33, no. 10 (2013): 4213 - 4215.
12. 将视觉信息从大脑视觉区传递到前颞叶认知中枢：Giovanna Mollo et al., “Oscillatory Dynamics Supporting Semantic Cognition: MEG Evidence for the Contribution of the Anterior Temporal Lobe Hub and Modality-Specific Spokes,” *PLoS One* 12, no. 1 (2017): e0169269.
13. 采用了弥散成像技术：Wikipedia does a decent job describing this. “Diffusion MRI,” Wikipedia, accessed on November 9, 2021.
14. 两侧脑半球下纵束的结构组织与认知好奇心的特质水平呈现最强相关性：Ashvanti Valji et al., “Curious Connections: White Matter Pathways Supporting Individual Differences in Epistemic and Perceptual Curiosity,” *bioRxiv.org* (2019): 642165.

15. 本章开头描述的那种冷知识问答实验: Min Jeong Kang et al., “The Wick in the Candle of Learning: Epistemic Curiosity Activates Reward Circuitry and Enhances Memory,” *Psychological Science* 20, no. 8 (2009): 963 – 973.
16. 年轻人在经过6天摩尔斯电码训练后: Lara SchlaRe et al., “Learning Morse Code Alters Microstructural Properties in the Inferior Longitudinal Fasciculus: A DTI Study,” *Frontiers in Human Neuroscience* 11 (2017): 383.
17. 大部分带来愉悦感的多巴胺会在提示出现时释放: Wolfram Schultz, Peter Dayan, and P. Read Montague, “A Neural Substrate of Prediction and Reward,” *Science* 275, no. 5306 (1997): 1593 – 1599.
18. “学习烛芯”: Kang et al., “The Wick in the Candle,” xvii.
19. 罗曼·利尼厄尔及其合作者对“意外性”元素特别感兴趣: Romain Ligneul, Martial Mermillod, and Tiffany Morisseau, “From Relief to Surprise: Dual Control of Epistemic Curiosity in the Human Brain,” *NeuroImage* 181 (2018): 490 – 500.
20. 进一步探索了好奇心对学习的影响: Matthias J. Gruber, Bernard D. Gelman, and Charan Ranganath, “States of Curiosity Modulate Hippocampus-Dependent Learning via the Dopaminergic Circuit,” *Neuron* 84, no. 2 (2014): 486 – 496.
21. 史上最“硬核”的好奇心实验: Johnny King L. Lau et al., “Shared Striatal Activity in Decisions to Satisfy Curiosity and Hunger at the Risk of Electric Shocks,” *Nature Human Behaviour* 4, no. 5 (2020): 531 – 543.
22. 阐释个人价值观、政治信仰与党派行为之间的关联: Jay J. Van Bavel and Andrea Pereira, “The Partisan Brain: An Identity-Based Model of Political Belief,” *Trends in Cognitive Sciences* 22, no. 3 (2018): 213 – 224.

第8章 心灵的共鸣 不同大脑如何达成共鸣

1. 通过一系列戏剧化的真实案例阐明了两点要义: Malcolm Gladwell, *Talking to Strangers: What We Should Know About the People We Don't Know* (Penguin UK, 2019).
2. 独狼难御风雪, 群狼方能生存: 《权力的游戏》的粉丝都知道, 这句话最早出自奈德·史塔克与艾莉亚的对话。不过, 珊莎·史塔克在电视剧的后半段也说过。George R. R. Martin, *A Game of Thrones (A Song of Ice and Fire, Book 1)* (Spectra, 1996).
3. 肌肤接触被证明有助于早产儿的大脑和身体发育: Jacqueline M. McGrath, “Touch and Massage in the Newborn Period: Effects on Biomarkers and Brain Development,” *Journal of Perinatal & Neonatal Nursing* 23, no. 4 (2009): 304 – 306.
4. 缓冲艾滋病等慢性病对健康的侵蚀: Jane Leserman et al., “Progression to AIDS: The Effects of Stress, Depressive Symptoms, and Social Support,” *Psychosomatic Medicine* 61, no. 3 (1999): 397 – 406.
5. 最新元分析结果: Julianne Holt-Lunstad and Timothy B. Smith, “Social Relationships and Mortality,” *Social and Personality Psychology Compass* 6, no. 1 (2012): 41 – 53.
6. 界定亲密关系中可训练要素的模型: Jonathan W. Kanter et al., “An Integrative Contextual Behavioral Model of Intimate Relations,” *Journal of Contextual Behavioral Science* (2020).
7. 我钟爱的《西部世界》中的经典画面: *Westworld*, season 1, episode 6, dir. Frederick E. O. Toye, HBO, original air date November 6, 2016. “[Westworld] Maeve ‘No one knows what I’ m thinking,’ ” YouTube, uploaded November 7, 2016, by Westworld Best Scenes.
8. 哲学家马克·怀特在一篇文章中指出: Mark D. White, “What It Means to Know Someone,” *Psychology Today*, December 2010.
9. 大卫·马西森关于该主题的哲学论述: David Matheson, “Knowing Persons,” *Dialogue* 49, no. 3 (2010): 435 – 53.
10. 心智建模能力评估中最常用的工具之一: Simon Baron-Cohen et al., “The ‘Reading the Mind in the Eyes’ Test Revised Version: A Study with Normal Adults, and Adults with Asperger Syndrome or High-Functioning

Autism,” *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 42, no. 2 (2001): 241 - 251.

11. 当你观察到别人在做某个动作时: Giacomo Rizzolatti, “The Mirror Neuron System and Its Function in Humans,” *Anatomy and Embryology* 210, no. 5 - 6 (2005): 419 - 421.

12. 根据279名同专业研究生的自我报告构建社交网络: Carolyn Parkinson, Adam M. Kleinbaum, and Thalia Wheatley, “Similar Neural Responses Predict Friendship,” *Nature Communications* 9, no. 1 (2018): 1 - 14.

13. 志趣相投的人更容易相互吸引: Ryan Hyon et al., “Similarity in Functional Brain Connectivity at Rest Predicts Interpersonal Closeness in the Social Network of an Entire Village,” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 117, no. 52 (2020): 33149 - 33160.

14. 幼儿似乎根本意识不到: Janet W. Astington, Paul L. Harris, and David R. Olson, eds., *Developing Theories of Mind* (CUP Archive, 1988).

15. 不同的观点采择测试: Paul Bloom and Tim P. German, “Two Reasons to Abandon the False Belief Task as a Test of Theory of Mind,” *Cognition* 77, no. 1 (2000): B25 - B31; and Lynn S. Liben, “Perspective-Taking Skills in Young Children: Seeing the World Through Rose-Colored Glasses,” *Developmental Psychology* 14, no. 1 (1978): 87.

16. 这种认知能转化为对他人复杂观点的理解, 其程度因人而异: Sara M. Schaafsma et al., “Deconstructing and Reconstructing Theory of Mind,” *Trends in Cognitive Sciences* 19, no. 2 (2015): 65 - 72.

17. 理解他人感受的能力: Juli Stietz et al., “Dissociating Empathy from Perspective-Taking: Evidence from Intra-and Inter-Individual Differences Research,” *Frontiers in Psychiatry* 10 (2019): 126.

18. 理解他人视角需要先抑制或调控自己的视角: Josef Perner and Birgit Lang, “Development of Theory of Mind and Executive Control,” *Trends in Cognitive Sciences* 3, no. 9 (1999): 337 - 344.

19. 同时测量他们的抑制控制能力和心智建模能力: Stephanie M. Carlson and Louis J. Moses, “Individual Differences in Inhibitory Control and

Children's Theory of Mind," *Child Development* 72, no. 4 (2001): 1032 - 1053.

20. 1 000多对5岁双胞胎: Claire Hughes et al., "Origins of Individual Differences in Theory of Mind: From Nature to Nurture?" *Child Development* 76, no. 2 (2005): 356 - 370.

21. 执行功能的个体差异: Naomi P. Friedman et al., "Individual Differences in Executive Functions Are Almost Entirely Genetic in Origin," *Journal of Experimental Psychology: General* 137, no. 2 (2008): 201.

22. 答案可能指向语言能力为因: Jennifer M. Jenkins and Janet Wilde Astington, "Theory of Mind and Social Behavior: Causal Models Tested in a Longitudinal Study," *Merrill-Palmer Quarterly* 46, no. 2 (2000): 203 - 220.

23. 迈因斯在2001年的一项母婴依恋预测因素研究中, 首次提出了“将心比心”程度的递归理论: Elizabeth Meins et al., "Rethinking Maternal Sensitivity: Mothers' Comments on Infants' Mental Processes Predict Security of Attachment at 12 Months," *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 42, no. 5 (2001): 637 - 648.

24. 错误信念测试中表现更优异: Elizabeth Meins et al., "Maternal Mind-Mindedness and Attachment Security as Predictors of Theory of Mind Understanding," *Child Development* 73, no. 6 (2002): 1715 - 1726.

25. 婴儿如何将父母的“类似大众点评式的推荐”内化于心: Victoria Leong et al., "Mother-Infant Interpersonal Neural Connectivity Predicts Infants' Social Learning," *PsyArXiv* (2019).

26. 愿意付出维系良好关系所需的努力: Gerald Gimpl and Falk Fahrenholz, "The Oxytocin Receptor System: Structure, Function, and Regulation," *Physiological Reviews* 81, no. 2 (2001): 629 - 683; and Tiffany M. Love, "Oxytocin, Motivation and the Role of Dopamine," *Pharmacology Biochemistry and Behavior* 119 (2014): 49 - 60.

27. 当催产素发挥作用时: Markus Heinrichs and Gregor Domes, "Neuropeptides and Social Behaviour: Effects of Oxytocin and

Vasopressin in Humans,” *Progress in Brain Research* 170 (2008): 337 – 350.

28. 成为父母就是这类里程碑事件之一: Naomi Scatliffe et al., “Oxytocin and Early Parent-Infant Interactions: A Systematic Review,”

International Journal of Nursing Sciences 6, no. 4 (2019): 445 – 453;

and Ilanit Gordon et al., “Oxytocin and the Development of Parenting in Humans,” *Biological Psychiatry* 68, no. 4 (2010): 377 – 382.

29. 父母体内的催产素水平在婴儿出生后至少6个月内会持续升高: Gordon et al., “Oxytocin and the Development of Parenting.”

30. 催产素在羔羊早期依恋形成过程中的作用: Raymond Nowak et al., “Neonatal Suckling, Oxytocin, and Early Infant Attachment to the Mother,” *Frontiers in Endocrinology* 11 (2021).

31. 与父母任何一方进行肌肤接触都会提升双方催产素水平: Dorothy Vittner et al., “Increase in Oxytocin from Skin-to-Skin Contact Enhances Development of Parent – Infant Relationship,” *Biological Research for Nursing* 20, no. 1 (2018): 54 – 62.

32. 寻找一夫一妻制的生物学基础: Thomas R. Insel and Lawrence E. Shapiro, “Oxytocin Receptor Distribution Reflects Social Organization in Monogamous and Polygamous Voles,” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 89, no. 13 (1992): 5981 – 5985.

33. 给草原田鼠施用催产素: Jessie R. Williams et al., “Oxytocin Administered Centrally Facilitates Formation of a Partner Preference in Female Prairie Voles (*Microtus ochrogaster*),” *Journal of Neuroendocrinology* 6, no. 3 (1994): 247 – 250.

34. 阻断催产素结合的药物: T. R. Insel et al., “Oxytocin and the Molecular Basis of Monogamy,” *Advances in Experimental Medicine and Biology* 395 (1995): 227 – 234.

35. 给人类受试者施用催产素后, 观察其大脑与行为变化: Dirk Scheele et al., “Oxytocin Enhances Brain Reward System Responses in Men Viewing the Face of Their Female Partner,” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110, no. 50 (2013): 20308 – 20313.

36. 施用催产素在现实世界中的影响: Dirk Scheele et al., “Oxytocin Modulates Social Distance Between Males and Females,” *Journal of Neuroscience* 32, no. 46 (2012): 16074 - 16079.
37. 催产素影响社会联结的机制: Simone G. Shamay-Tsoory and Ahmad Abu-Akel, “The Social Salience Hypothesis of Oxytocin,” *Biological Psychiatry* 79, no. 3 (2016): 194 - 202.
38. 催产素水平的提升与心智建模能力的改善之间存在关联: Sofia I. Cardenas et al., “Theory of Mind Processing in Expectant Fathers: Associations with Prenatal Oxytocin and Parental Attunement,” *Developmental Psychobiology* (2021).
39. 被施用催产素的男性在“眼神读心测试”中最难的题目上表现更佳: Gregor Domes et al., “Oxytocin Improves ‘Mind-Reading’ in Humans,” *Biological Psychiatry* 61, no. 6 (2007): 731 - 733.
40. 未在群体层面观察到任何改善: Sina Radke and Ellen R. A. de Bruijn, “Does Oxytocin Affect Mind-Reading? A Replication Study,” *Psychoneuroendocrinology* 60 (2015): 75 - 81.
41. 催产素可能仅有助于识别少数与杏仁核相关的情绪: Jenni Leppanen et al., “Meta-Analysis of the Effects of Intranasal Oxytocin on Interpretation and Expression of Emotions,” *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 78 (2017): 125 - 144.
42. 催产素在不同个体身上可能产生不同效果: Jennifer A. Bartz et al., “Social Effects of Oxytocin in Humans: Context and Person Matter,” *Trends in Cognitive Sciences* 15, no. 7 (2011): 301 - 309.
43. 增强他们的民族中心主义倾向, 也就是更偏袒自己所属的群体: Carsten K. W. De Dreu et al., “Oxytocin Promotes Human Ethnocentrism,” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108, no. 4 (2011): 1262 - 1266.
44. 对痛苦表情的敏感度会提升: F. Sheng et al., “Oxytocin Modulates the Racial Bias in Neural Responses to Others’ Suffering,” *Biological Psychology* 92, no. 2 (2013): 380 - 386.

45. 按所谓的艺术偏好分组: Michaela Pfundmair et al., “Oxytocin Promotes Attention to Social Cues Regardless of Group Membership,” *Hormones and Behavior* 90 (2017): 136 - 140.
46. 如果我们愿意重新定义自己的归属群体: Lauren Powell et al., “The Physiological Function of Oxytocin in Humans and Its Acute Response to Human-Dog Interactions: A Review of the Literature,” *Journal of Veterinary Behavior* 30 (2019): 25 - 32.
47. 并将其定义为“集体智慧”: Anita Williams Woolley et al., “Evidence for a Collective Intelligence Factor in the Performance of Human Groups,” *Science* 330, no. 6004 (2010): 686 - 688.
48. 眼神读心测试的得分还能预测课堂项目小组和在线协作团队的表现: Lisa Bender et al., “Social Sensitivity and Classroom Team Projects: An Empirical Investigation,” *Proceedings of the 43rd ACM Technical Symposium on Computer Science Education* (2012): 403 - 408; and David Engel et al., “Reading the Mind in the Eyes or Reading Between the Lines? Theory of Mind Predicts Collective Intelligence Equally Well Online and Face-to-Face,” *PLoS One* 9, no. 12 (2014): e115212.