



“十二五”国家重点  
出版物出版规划项目

《科学美国人》精选系列

# 快乐从何而来

## 人脑与认知新解

《环球科学》杂志社  
外研社科学出版工作室

编

我们的记忆由谁编码？  
我们还能更聪明吗？  
父亲是怎样炼成的？  
网络搜索如何改变大脑？  
自闭症为什么钟爱硅谷？  
.....



畅销全球170年

《科学美国人》

精选

研究出版社  
RESEARCH AND RESEARCH PRESS



“十二五”国家重点  
出版物出版规划项目

《科学美国人》精选系列

# 快乐从何而来

人脑与认知新解



编



外语教学与研究出版社

FOREIGN LANGUAGE TEACHING AND RESEARCH PRESS

北京 BEIJING

## 图书在版编目 (CIP) 数据

快乐从何而来：人脑与认知新解 / 《环球科学》杂志社，外研社科学出版  
工作室编. — 北京：外语教学与研究出版社，2016.6

(《科学美国人》精选系列)

ISBN 978-7-5135-7774-8

I. ①快… II. ①环… ②外… III. ①脑科学—普及读物 IV. ①R338.2-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 152130 号

出 版 人 蔡剑峰  
责任编辑 杜建刚  
封面设计 锋尚设计  
版式设计 陈 磊  
出版发行 外语教学与研究出版社  
社 址 北京市西三环北路 19 号 (100089)  
网 址 <http://www.fltrp.com>  
印 刷 北京华联印刷有限公司  
开 本 730×980 1/16  
印 张 15  
版 次 2016 年 7 月第 1 版 2016 年 7 月第 1 次印刷  
书 号 ISBN 978-7-5135-7774-8  
定 价 39.80 元

购书咨询：(010) 88819926 电子邮箱：club@fltrp.com  
外研书店：<https://waiyants.tmall.com>  
凡印刷、装订质量问题，请联系我社印制部  
联系电话：(010) 61207896 电子邮箱：zhijian@fltrp.com  
凡侵权、盗版书籍线索，请联系我社法律事务部  
举报电话：(010) 88817519 电子邮箱：banquan@fltrp.com  
法律顾问：立方律师事务所 刘旭东律师  
中咨律师事务所 殷 斌律师  
物料号：277740001



# 《科学美国人》精选系列

---

## 丛书顾问

陈宗周

## 丛书主编

刘 芳 章思英

褚 波 刘晓楠

## 丛书编委（按姓氏笔画排序）

丁家琦 朱元刚 杜建刚 吴 兰 何 铭

罗 凯 赵凤轩 韩晶晶 蔡 迪 廖红艳

## 本书审校（按姓氏笔画排序）

毛利华 仇子龙 李素霞 郭爱克 韩济生

## 人的大脑何以研究人的大脑？

王一方

北京大学医学人文研究院教授

北京大学科学史与科学哲学中心研究员

我的一位颇有名气的外科医生朋友，毕生专攻神经外科，天天在病人大脑上挖洞，通血栓，取肿瘤，手术越做越多，部位越做越深，术式也越做越复杂，被称为神医。时间长了，她并没有滋生傲慢，反而越发敬畏，所谓胆子越做越小。某日，她突然向我发问：人的大脑何以研究人的大脑？我一下子给问蒙了，半天没有接上话茬。回家静静一想，此问大有深意，有如一句中国俗语所言：“没有金刚钻，别揽瓷器活。”人们相信唯有金刚钻才能应对那瓷器活（必须是高一个硬度层级的“克星”），如果手中只是一把“瓷器钻”，可能就揽不了那瓷器活。阿基米德的豪言壮语有一个特别的预设——“给我一个支点”，然后，“我就可以撬动地球”。但是，即使在地球之外也未必有这样的支点，当然，阿基米德也没有真正撬动过地球（他的智慧只局限在数学、物理、自然哲学领域）。在哲学家看来，人类的脑科学研究，也是一项需要预设前提的奇迹。今天，所有的科学研究成果都是人类大脑功能（思维）的奇迹，人脑（智慧）便是一切科学研究创新的预设前提。如今，这个前提要成为我们的研究对象，问题就来了，新的更高的预设前提在哪里？如果没有，我们才有理由发问：人的大脑何以研究人的大脑？能超越自身的局限吗？能hold住吗？

在脑科学研究领域，有两个悖论常常被人们提及，一是人类认识宇宙（航天登月、探访土星、建立宇宙空间站）的能力大大超过了认识自身的能力，尤其是破译大脑奥秘的能力；二是人类创造的人工智能以及智能机器人正在挑战并超越人类的智慧，譬如李世石败给人工智能AlphaGo，外科大师做手术干不过手术机器人“达·芬奇”（似乎“瓷器钻”可以反克“金刚钻”），给人类很大的刺激。缘此，人类颇有点小心眼地规定“机器人不能参加机器人研发”，害怕有一天智能机器人研发的部分成为人类难以破译的“魔咒”与“罩门”。于是，人类这几十年都在默默发奋，试图打破这两个悖论。然而，先前那一个人类超越极限的锁并没有打开，我们的乐观似乎又有点太早。不管怎么说，人类“脑计划”也好，“大脑网络探究计划”也好，圈来不少钱，脑科学家们的头脑或许就比平常人的大脑多几条沟回，智商值高一个档次，对我们既要充满信心，又要有耐性，对于他们的成果既要给掌声，又要适当地泼点冷水。这就是我的一点小小的阅读建议。

在此不妨演示一下。在我看来，如今的脑科学研究还不能让人乐观，理由是生命科学不能等同于生物科学，生命是神秘、神奇、神灵、神通的，同时也是圣洁的，统称神圣，当下的脑科学还无法抵达神圣。虽说为“‘攻克’大脑”，欧美国家投入数十亿甚至上百亿美元，研发新工具、新技术，是否有望在未来几十年里彻底破解大脑的秘密，却仍是一个未知数，因为大脑不是用来被攻克或征服的。在基因组学高度发达的今天，绘制一张大脑基因图谱只是一件力气活，没有多少智慧含量。当然，人脑的第一份详细的基因图谱则意义重大，因为它让我们知道了人类与小鼠的差别有多么巨大，也让我们重新审视了大脑灰质的工作原理。这种直觉只是青萍之末。虽然大脑的“定时系统”与大脑中数百亿个神经元如何相互协作有关，但也不能脱离大自然的授时系统。

“我们还能更聪明吗？”这是一个双向可能的命题，书中所言人类的IQ越来越高，我们和未来人类相比会显得很愚蠢的结论只是其一，还有一种可能是“聪明反被聪明误”，机关算尽太聪明，反误了卿卿性命，《自闭症钟爱硅谷》就是例证。至于人类的“记忆编码”问题只是一个与计算机的简单类比，神经元的工作方式并不能等同于多晶硅。同样，“睡眠优化记忆”的命题也不能绝对相信，睡眠门诊不少患者主诉睡眠不错，头疼伴随记忆力下降，睡眠期间大脑会减弱神经元之间的联系、可以节约能量的说辞只是幼儿园老师级别的解释。

“快乐从何而来”是本书的核心命题，脑科学家的最新研究表明，大脑中真正负责直接产生快乐感的，不是以前所认为的奖赏回路，而是与奖赏回路有关联的“快乐热点”，似乎纠正了先前的结论。但是，人不仅是生物的人，还是社会的人，有思想、有情感的万物之灵，社会境遇、生命信仰才是快乐的甘泉。所以，冥想可以重塑大脑，大脑创伤可以造就“天才”，弗洛伊德的潜意识理论正在复活。

无疑，神经科学家可以“挖出老年痴呆的种子”，那是由毒性蛋白质引发的级联反应，以此来解释阿尔茨海默病、帕金森病和其他健康杀手的病理机制，也可以用来解读“焦虑症的成因”。通过“植入电极治疗抑郁症”，只是一种探索性的治疗手段，真正应用于临床还需要技术优化。“与植物人对话”是一个存在伦理争论的话题，植物人是指脑死亡而心肺功能尚存的病患个体，需要消耗大量的社会资源与家庭财富才能维持其没有尊严和交往品质的生命征象，对于是否维持植物人的生命，存在诸多争议。如果只是开启与其微弱的潜在意识的生物学对话（刺激-反应）而无法恢复其生命尊严和品质，这种努力的目的与价值依然需要论证。

作为一名医学教授，我认为这是一本优秀的脑科学主题的科普作品，因为它旨在唤起读者对神奇大脑的好奇与反思，正如我本人以上的思考。虽然我不是脑科学家，本书里介绍的大量脑科学新知很多都在我的专业藩篱之外，但是书中的话题启发了我从医学哲学的角度发问，相信用心的读者一定会提出更多、更有意义的问题。

王一方

## 科学奇迹的见证者

陈宗周

《环球科学》杂志社社长

1845年8月28日，一张名为《科学美国人》的科普小报在美国纽约诞生了。创刊之时，创办者鲁弗斯·波特（Rufus M. Porter）就曾豪迈地放言：当其他时政报和大众报被人遗忘时，我们的刊物仍将保持它的优点与价值。

他说对了，当同时或之后创办的大多数美国报刊都消失得无影无踪时，170岁的《科学美国人》依然青春常驻、风采迷人。

如今，《科学美国人》早已由最初的科普小报变成了印刷精美、内容丰富的月刊，成为全球科普杂志的标杆。到目前为止，它的作者，包括了爱因斯坦、玻尔等150余位诺贝尔奖得主——他们中的大多数是在成为《科学美国人》的作者之后，再摘取了那顶桂冠的。它的无数读者，从爱迪生到比尔·盖茨，都在《科学美国人》这里获得知识与灵感。

从创刊到今天的一个多世纪里，《科学美国人》一直是世界前沿科学的记录者，是一个个科学奇迹的见证者。1877年，爱迪生发明了留声机，当他带着那个人类历史上从未有过的机器怪物在纽约宣传时，他的第一站便选择了《科学美国人》编辑部。爱迪生径直走进编辑部，把机器放在一张办公桌上，然后留声机开始说话了：“编辑先生们，你们伏案工作很辛苦，爱迪生先生托我向你们问好！”正在工作的编辑们惊讶得目瞪口呆，手中的笔停在空中，久久不能落下。这一幕，被《科学美国人》记录下来。1877年12月，《科学美国人》刊文，详细介绍了爱迪生的这一伟大发明，留声机从此载入史册。

留声机，不过是《科学美国人》见证的无数科学奇迹和科学发现中的一个例子。

可以简要看看《科学美国人》报道的历史：达尔文发表《物种起源》，《科学美国人》马上跟进，进行了深度报道；莱特兄弟在《科学美国人》编辑的激励下，揭示了他们飞行器的细节，刊物还发表评论并给莱特兄弟颁发银质奖杯，作为对他们飞行距离不断进步的奖励；当“太空时代”开启，《科学美国人》立即浓墨重彩地报道，把人类太空探索的新成果、新思维传播给大众。

今天，科学技术的发展更加迅猛，《科学美国人》的报道因此更加精彩纷呈。新能源汽车、私人航天飞行、光伏发电、干细胞医疗、DNA计算机、家用机器人、“上帝粒子”、量子通信……

《科学美国人》始终把读者带领到科学最前沿，一起见证科学奇迹。

《科学美国人》也将追求科学严谨与科学通俗相结合的传统保持至今并与时俱进。于是，在今天的互联网时代，《科学美国人》及其网站当之无愧地成为报道世界前沿科学、普及科学知识的最权威科普媒体。

科学是无国界的，《科学美国人》也很快传向了全世界。今天，包括中文版在内，《科学美国人》在全球用15种语言出版国际版本。

《科学美国人》在中国的故事同样传奇。这本科普杂志与中国结缘，是杨振宁先生牵线，并得到了党和国家领导人的热心支持。1972年7月1日，在周恩来总理于人民大会堂新疆厅举行的宴请中，杨先生向周总理提出了建议：中国要加强科普工作，《科学美国人》这样的优秀科普刊物，值得引进和翻译。由于中国当时正处于“文革”时期，杨先生的建议6年后才得到落实。1978年，在“全国科学大会”召开前夕，《科学美国人》杂志中文版开始试刊。1979年，《科学美国人》中文版正式出版。《科学美国人》引入中国，还得到了时任副总理的邓小平以及时任国家科委主任的方毅（后担任副总理）的支持。一本科普刊物在中国受到如此高度的关注，体现了国家对科普工作的重视，同时，也反映出刊物本身的科学魅力。

如今，《科学美国人》在中国的传奇故事仍在续写。作为《科学美国人》在中国的版权合作方，《环球科学》杂志在新时期下，充分利用互联网时代全新的通信、翻译与编辑手段，让《科学美国人》的中文内容更贴近今天读者的需求，更广泛地接触到普通大众，迅速成为了中国影响力最大的科普期刊之一。

《科学美国人》的特色与风格十分鲜明。它刊出的文章，大多由工作在科学最前沿的科学家撰写，他们在写作过程中会与具有科学敏感性和科普传播经验的科学编辑进行反复讨论。科学家与科学编辑之间充分交流，有时还有科学作家与科学记者加入写作团队，这样的科普创作过程，保证了文章能够真实、准确地报道科学前沿，同时也让读者大众阅读时兴趣盎然，激发起他们对科学的关注与热爱。这种追求科学前沿性、严谨性与科学通俗性、普及性相结合的办刊特色，使《科学美国人》在科学家和大众中都赢得了巨大声誉。

《科学美国人》的风格也很引人注目。以英文版语言风格为例，所刊文章语言规范、严谨，但又生动、活泼，甚至不乏幽默，并且反映了当代英语的发展与变化。由于《科学美国人》反映了最新的科学知识，又反映了规范、新鲜的英语，因而它的内容常常被美国针对外国留学生的英语水平考试选作试题，近年有时也出现在中国全国性的英语考试试题中。

《环球科学》创刊后，很注意保持《科学美国人》的特色与风格，并根据中国读者的需求有所创新，同样受到了广泛欢迎，有些内容还被选入国家考试的试题。

为了让更多中国读者了解世界科学的最新进展与成就、开阔科学视野、提升科学素养与创新能力，《环球科学》杂志社和外语教学与研究出版社展开合作，编辑出版能反映科学前沿动态

和最新科学思维、科学方法与科学理念的“《科学美国人》精选系列”丛书，包括“科学最前沿”（已上市）、“专栏作家文集”（已上市）、《不可思议的科技史》《再稀奇古怪的问题也有个科学答案》《生机无限：医学2.0》《快乐从何而来》《2036，气候或将灾变》和《改变世界的20个非凡发现》等。

丛书内容精选自近几年《环球科学》刊载的文章，按主题划分，结集出版。这些主题汇总起来，构成了今天世界科学的全貌。

丛书的特色与风格也正如《环球科学》和《科学美国人》一样，中国读者不仅能从中了解科学前沿和最新的科学理念，还能受到科学大师的思想启迪与精神感染，并了解世界最顶尖的科学记者与撰稿人如何报道科学进展与事件。

在我们努力建设创新型国家的今天，编辑出版“《科学美国人》精选系列”丛书，无疑具有很重要的意义。展望未来，我们希望，在《环球科学》以及这些丛书的读者中，能出现像爱因斯坦那样的科学家、爱迪生那样的发明家、比尔·盖茨那样的科技企业家。我们相信，我们的读者会创造出无数的科学奇迹。

未来中国，一切皆有可能。

陈宇周

# 目 录

|           |    |                                                                                                              |
|-----------|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 攻克大脑      | 1  | 大脑是世界上最复杂的“机器”。多个国家将投入数十亿美元，研发新工具、新技术，在未来几十年里彻底破解大脑的秘密。                                                      |
| 绘制大脑基因图谱  | 15 | 人脑的第一份详细的基因图谱让我们知道了人类与小鼠的差别有多么巨大，也让我们重新审视了灰质的工作原理。                                                           |
| 大脑的“定时系统” | 27 | 大脑中，数百亿个神经元是如何相互协作来让我们感知这个世界，并对外界种种刺激做出反应的？对神经信号发出时间的精确控制，可能是候选答案之一。                                         |
| 我们还能更聪明吗  | 39 | 人类的IQ越来越高，这或许意味着，我们和未来人类相比会显得很愚蠢。                                                                            |
| 我们的记忆由谁编码 | 47 | 每一个概念——我们接触过的每一个人、每一件事，可能对应着特定脑区中的一小群神经元。这些“概念细胞”是我们的记忆、思维以及认知能力的基础。                                         |
| 睡眠优化记忆    | 61 | 睡眠期间，大脑会减弱神经元之间的联系，这样显然可以节约能量。而新的研究有了意外的发现——大脑这一机制有助于记忆的形成。                                                  |
| 擦除痛苦记忆    | 73 | 恐惧症、强迫症以及创伤后应激障碍等，可能与遗忘能力异常有关。这些精神障碍的受害者就像记忆的囚徒，逃脱不了特定环境与某种伤害的关联。科学家正在尝试各种行为和药物干预的方法，帮助患者弱化、擦除甚至改写困扰他们的痛苦记忆。 |

## 网络搜索改变大脑

87

## 冥想之力，重塑大脑

95

## 大脑创伤造就“天才”

109

## 调控大脑，重塑习惯

119

## 父亲是怎样炼成的

131

## 快乐从何而来

141

## 潜意识在操控你

153

几千年来，人类都依赖彼此记忆日常生活的细枝末节。现在，我们依赖的是“云”，它正在改变我们感知和记忆周围世界的方式。

冥想的历史可以追溯到几千年前，现代神经科学正在揭示，这种古老的行为到底对人体有什么影响。

有一些人在遇到意外脑创伤后，会突然拥有超出常人的艺术或才智方面的天赋，研究人员希望能够找到一种方法，在无需人们患病或遭受脑损伤的情况下，就能释放出蕴藏在每个人大脑中的巨大的潜能。

研究人员正在深入研究那些与习惯相关的大脑回路，以期有一天能够从神经层面找到帮助我们养成好习惯、根除坏习惯的办法。

当男人升级成爸爸后，连神经都会跟着再生，这一切都是为了宝宝更好地成长。

新研究表明，大脑中真正负责直接产生快乐感的，不是以前所认为的奖赏回路，而是一些与奖赏回路有关联的“快乐热点”。这将为更有效地治疗抑郁症、成瘾以及其他精神疾病提供新的思路。

弗洛伊德可能做梦都想不到，其实我们的许多想法和行为，都源自潜意识的冲动和欲望。

## 挖出老年痴呆的种子

167

## 植入电极：从源头治疗抑郁症

179

## 焦虑症新解

189

## 自闭症钟爱硅谷

199

## 玩游戏治疗自闭症

207

## 与植物人对话

217

由毒性蛋白质引发的级联反应也许可以解释阿尔茨海默病、帕金森病和其他健康杀手的病理机制，这可能暗示了一种新的神经疾病疗法。

深部脑刺激是向患者的某个特定脑区施加微弱的电脉冲。在治疗时，医生会将电极永久性地植入患者大脑之中。这一新的治疗手段，或许能为那些遭受无休止绝望折磨的人带来希望。

成年人的大脑，每天都在产生新的神经元。这些新生神经元可以帮助我们将记忆中的事物区分开来。这一发现可能有助于焦虑症及相关疾病的治疗。

自闭症的基因之所以能一代代传下去，可能是因为它与另一种基因共同遗传：这些基因常见于自闭症患者和那些被称为“极客”的技术型人才中，赋予了他们特定的认知能力。

目前，自闭症依旧是待解的医学谜题，但现有的一些疗法具有一定的疗效，而且更多的治疗手段正在涌现。

植物人看似对身外的世界全无反应，但他们可能存在部分意识。现在，通过检测神经活动，与植物人交流正逐步成为现实。

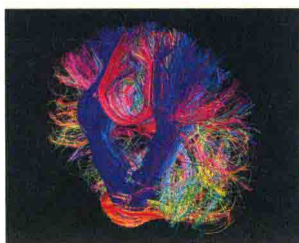
# 攻克大脑

大脑是世界上最复杂的“机器”。多个国家将投入数十亿美元，研发新工具、新技术，在未来几十年里彻底破解大脑的秘密。

撰文 / 拉斐尔·尤斯蒂 (Rafael Yuste)

乔治·邱奇 (George M. Church)

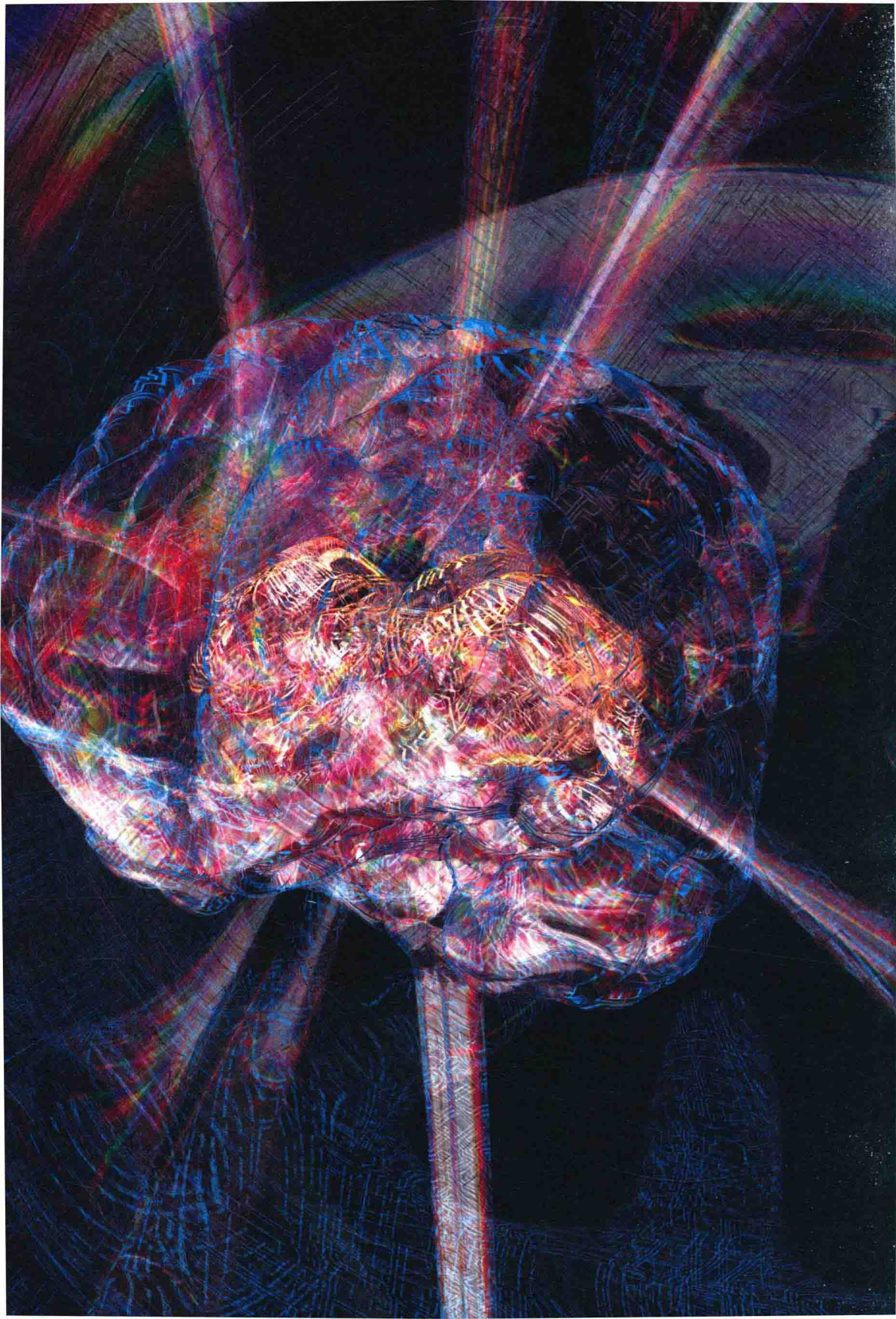
翻译 / 冯泽君



## 精彩速览

大脑及其产生意识的方式，仍是最大的科学谜团之一。要更好地理解大脑的运作机制，神经科学家需要新的工具来分析神经回路的功能。

神经科学家急需记录或调控神经回路活动的新技术。奥巴马政府已经启动了大规模的研究计划，帮助科学家开发他们所需的新技术。



拉斐尔·尤斯蒂是美国哥伦比亚大学的生物学和神经生物学教授，也是科维理脑科学研究所的负责人之一。最近，他获得了美国国家卫生研究院主任先锋奖（NIH Director's Pioneer Award）。



乔治·邱奇是哈佛大学遗传学教授，也是Personal-Genomes.org网站的创始人。他创建的这一网站允许人们免费查询人类基因组、神经影像学、行为与认知特征的相关数据。邱奇还是《科学美国人》顾问委员会的成员。



尽管经过了一个世纪的不懈努力，脑科学家们对大脑的工作方式还是所知甚少。这个大概只有1.4千克的器官，主宰着人类所有的意识活动。很多人试图通过研究简单生物体的神经系统来理解人类大脑。尽管在30年前就已经知道了秀丽隐杆线虫（*Caenorhabditis elegans*）302个神经元之间的连接方式，但到现在为止，科学家们连这种低等生物最基本的行为（如进食和交配）是如何产生的都没有弄清楚。这中间缺失的一环，就是神经元活动和特定行为之间的关系。

想要把人类的生物学机制与各种行为——对应起来，是一个更加艰难的任务。媒体经常报道，大脑扫描显示，人的某些行为（比如当我们认为自己被拒绝，或者在讲一门外语时）会让大脑的某个特定部位活跃起来。这些报道可能让人觉得目前的技术已经能够对大脑的工作原理做出基本解释，但这种印象其实具有误导性。

这种误解的一个著名的例子，是一项研究发现，当受试者看到演员詹妮弗·安妮斯顿（Jennifer Aniston）的脸时，其大脑中的一个神经元会产生电脉冲（见本书第47页《我们的记忆由谁编码》）。“安妮斯顿神经元”的发现，有点像来自外星的信息虽然标志着宇宙中可能存在智慧生命，但信息的含义是什么，我们却不得而知。我们并不清楚，那个神经元的电活动是如何让我们认出安妮斯顿的脸，并将其与美剧《老友记》的画面联系起来的。要认出明星，大脑需要激活一群神经元，它们之间所有的信息交流都采用我们至今尚未破译的神经密码。

“安妮斯顿神经元”的发现，也是神经科学走到十字路口的一个例证。我们已经拥有记录活体大脑内单个神经元活动的技术，但要获得有意义的进展，就需要一系列新技术来监控甚至改变成千上万神经元的电活动，解密西班牙神经解剖学先驱圣地亚哥·卡哈尔（Santiago Ramón y Cajal）所说的“让诸多研究者迷失、无法逾越的丛林”。

原则上，这种突破性的技术可以填补从神经元放电到认知之间的空白，包括感知、情感、决策，最终是意识本身的产生过程。破译思想与行为背后的脑活动的精确模式，也有助于理解在精神和神经疾病（如精神分裂症、自闭症、阿尔茨海默病或帕金森病等）中，神经回路是如何失常的。

脑科学急需技术飞跃的呼声渐渐传开，奥巴马政府已于去年宣布启动“脑计划”（Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies，简称BRAIN），这也是奥巴马在第二个任期内，在“大科学”项目上所做的最大努力。

“脑计划”致力于开发能记录大群神经元，甚至是整片脑区的电活动的新技术，其在2014年的启动资金为1亿多美元。而在美国之外，全球还有很多其他大规模的脑科学项目，比如欧盟的“人类大脑计划”（Human Brain Project）。这一计划为期10年，将耗资16亿美元，致力于构建全脑的计算机模拟。此外，中国、日本和以色列也都有雄心勃勃的脑科学研究计划。推进脑科学领域的投资已经成为全球共识，这让人想起了第二次世界大战后，那些足以决定一个国家竞争力的“大科学”项目：核能、原子武器、太空探索、计算机、替代能源和基因组测序。脑科学的时代已经到来。

## 当下的技术瓶颈

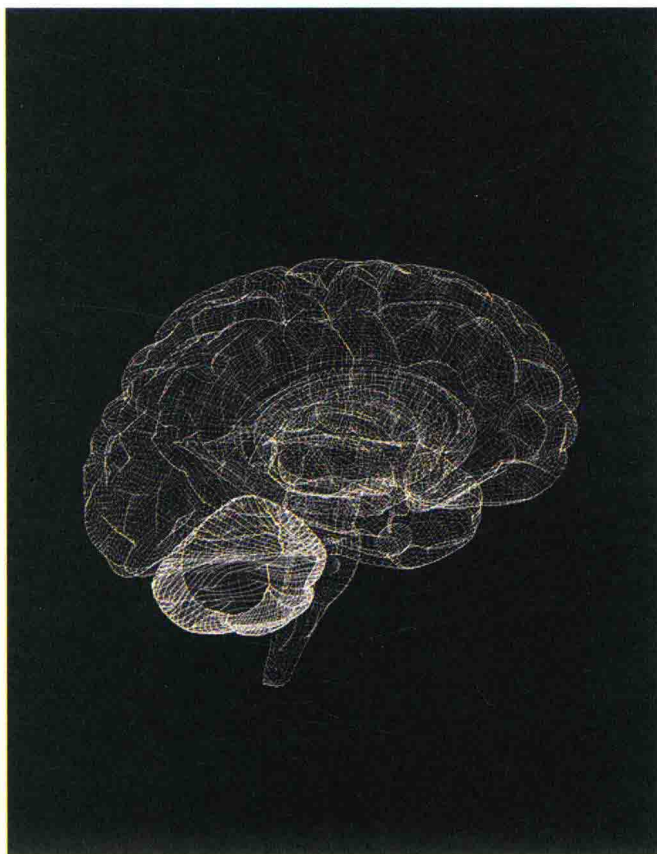
追踪大脑细胞是如何生成“詹妮弗·安妮斯顿”这个概念的，或是追踪我们感受和认知世界过程中任何的大脑细胞活动，现在都还是一项艰巨的任务。要完成这项工作，我们得弄清楚，一群神经元是如何相互作用以形成一个更大的整体，并具备特定的功能，也就是找到科学家口中的“突显特性”（emergent property）。我们知道，任何材料的温度或硬度，或是某种金属的磁性，都是通过大量分子或原子的相互作用

而来的。比如碳原子既能组成耐久的钻石，也能形成柔软的石墨，后者由于极易剥落所以被制成铅笔。无论软硬，这些突显特性并非由单个原子决定，而是取决于原子的相互作用。

大脑可能也一样，我们无法从单个神经元的监测中看到大脑的突显特性，甚至对一大群神经元活动的了解不够精细，都无法从中了解突显特性。想要了解大脑如何感知一朵花或是回想一段童年往事，也许只能通过观察成百上千神经元组成的神经回路，看神经信号如何在神经回路中传递。尽管科学家早就面临这一挑战，但一直苦于没有好的技术来记录形成知觉或记忆的神经回路活动，或者产生复杂行为和认知功能的回路活动。

为了突破这一瓶颈，科学家做过诸多尝试，其中之一是描绘出神经元之间的解剖学连接（即突触）图谱——这被称为连接组学（connectomics）。美国近期启动的“人类连接组计划”（Human Connectome Project），目的就是绘制大脑内部结构的连接图谱。但是，就像之前提到的线虫研究一样，这幅图谱仅仅是个开始。单靠这张图，还不足以解释不断变化的电信号产生特定认知的过程。

要记录大脑回路中的电信号传递，需要全新的、远超目前水平的记录技术。现在的技术要么只能精确记录



大脑中有数百亿个神经元，神经连接的数量更是一个天文数字。目前，大脑研究的最大局限在于，科学家只能检测少量神经元的活动情况，无法对大量神经元进行检测，这样就无法从整体上研究大脑的运行机制。而欧美的大脑计划，正是希望突破这个技术瓶颈。