



上海科普图书创作出版专项资助

顾凡及 编著

脑科学的故事



求真之門
科學

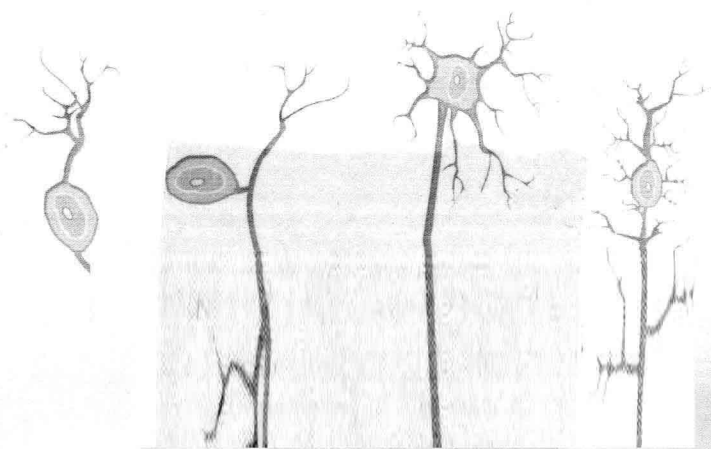
上海科学技术出版社



上海科普图书创作出版专项资助

顾凡及 编著

脑科学 的故事



上海科学技术出版社

序

人类所知的宇宙间最复杂的物质是人类的大脑。探索大脑的奥秘是人类不懈的追求。将大脑研究历史上有趣的科学故事，用高中学生都能理解的语言，生动地向读者描述，是一件十分有意义的事情，但又是一件不容易的事情。脑科学或神经科学是当前生命科学发展最令人瞩目的领域之一，要将有关的科学内容写成既不是教科书的简写本，又不是卡通式的概念介绍，而是有一定知识深度、令人兴趣盎然的书，不是一般作者所能够完成的。显然，顾凡及先生用了四年时间写成的《脑科学的故事》一书是在这方面的一个有益尝试。

这本书以严谨的科学态度将脑科学研究历史中的一些重要故事，经过严格的考证和挑选后，生动地介绍给读者。其中每个故事都是经得起推敲而又活灵活现的，这是本书的一个特点。兴趣是做任何工作的巨大动力。期望这本关于脑科学的书对提高读者的科学兴趣起到一定的推动作用。

这本书以脑的认知功能为主线，向读者介绍了从神经元到脑的高级功能，乃至意识、情绪等方面科学家的研究故事。其中穿插有科学家锲而不舍的研究精神和动人个性，有科学研究过程的趣闻和失败，还有正确的科学结论如何在认识的反复中最后得以确立的故事等等。它告诉读者，在科学面前，不存在“少数服从多数的原则”，也不存在绝对权威，真理往往掌握在少数人的手里，实践或历史是检验真理的唯一标准。这些故事无疑地有益于培养青年读者的科学精神和素养，有益于激励他们去进行科学实验，质疑已知、探求未知。从这个意义上说，本书所述的故事也可供广大中学老师乃至大学老师在教学中作为参考之用。

这本科普读物的显著特点——图文并茂，使得本书的可读性大大提高。简单明了的彩图把文字叙述难以讲清的事情变得一目了然，同时使读者印象深刻，难以忘怀。更须提到的是，作者与时俱进地在书中给出了许多很有用的网站和参考书目，为读者进一步深入探索创造了有利的条件。

作者顾凡及教授从复旦大学数学系毕业后，便从事生物控制论和计算神经科学的教学和科研工作达四十多年。他是我国当年从数理学科出发、高度跨学科地研究脑科学的少数专家之一。可以想象，作为一个数学背景的人要进入脑科学领域并有所成就，他所付出的巨大努力和得到的亲身经验！这些也是他写作本书的极好条件。本书的出版是他退休后为我国科学普及事业所做的一个重要贡献。作为顾凡及教授的挚友和同事，我欣然为本书作序。

· 寿天德 ·

写在前面

脑比天恢弘，
若将两相并，
脑中有天空，
君亦在其中。

——迪金森* (Emily Dickinson)

什么是世界上最复杂的东西？什么系统总共还不到三斤重、里面的“元件”数却和银河系里面星星的数目一样多？什么系统中可处状态的数目比整个宇宙中所有的基本粒子数还要多？什么机器里的每个元件都要和其他成千上万个元件有立体的联系？什么系统虽然只有半个排球那么大，但是里面所有的连线如果一根接一根连在一起的话可绕地球两圈？什么信息处理系统对来自外界的输入不光抽取其特征，还要对其加以重新组织、分门别类并赋予意义？什么东西知道自己的存在，还有喜怒哀乐？如此等等。这些问题的答案是同一个——人的脑。

在生物界中按脑和体重之比来说，人的脑体比要比与人类亲缘关系最近的其他灵长类动物高三倍。人的脑重占整个体重的2%，但是在休息状态，脑所消耗的能量要占到整个身体总消耗的20%。我们人之所以为人，就是因为有这样的一个脑。人脑使我们区别于所有其他生物，人脑使我们成为万物之灵。脑使我们有记忆、有思想、有感情、有目的、有意识，脑使我们能够预见未来、发明创造。移植了其他器官，一个人还可以是原来的自己，但是如果移植了别人的脑，那么就变成了别人。

人类已能够打破原子，可以上天揽月，甚至发送航天器飞出太阳

* 迪金森 (1830-1886年)，美国女诗人，美国现代诗的先驱者之一，1858年后开始隐居，留有诗稿1700余首。

系，还能够测定自身的基因序列。然而，对于我们的脑是怎样工作的，我们怎样“看”、怎样“听”、怎样“想”、怎样“行动”，怎样有喜怒哀乐，等等这些问题，尽管有些我们已经知道答案，但是不知道的比知道的还要多得多。特别是我们怎么会有主观体验，我所“看到”的“红色”和你所“看到”的“红色”是一样的吗？我们怎么会有意识？我们怎么知道自我？如此等等，这些都依然是难解的谜题。这些问题尽管很难，但是由于其重要性和挑战性，“引无数英雄竞折腰”，正在成为科学研究的热点和前沿。这些问题的中心也就是一个字——脑。近世最伟大的生物学家，诺贝尔奖得主克里克（Francis Crick）说：“如果要想正确地懂得我们在这个极其广袤和复杂的世界中的地位，我们就必须要比较细致地认识我们的脑。”

尽管现代的电子计算机在运算速度上比人脑快得多，但是它在识别对象等方面的能力还赶不上一个3岁小孩的脑，更不要说具有正常成人脑这样的智能。使无数工程技术人员着迷的一个问题是怎样设计出具有类似脑的某些功能的机器，甚或真正具有智能的机器；或者造出一种“人性化”的机器，使用它的时候就好像在和一个人打交道。要想造出这样的“类脑”机器，首先就必须了解脑是怎样工作的。

社会的快节奏和老龄化，以及人们对生活质量越来越高的要求，也使得如何防治脑疾病成为当务之急。据统计，85岁以上的老年人中至少有四成得阿尔茨海默病（俗称老年痴呆症），还有大量年纪不到这个岁数的人也得了同样的病症。这些人连自己的亲人都认不得，生活完全不能自理，需要有人整天护理，这对社会和家庭都是极大的负担，但至今还没有有效的治疗手段，也没有有效的预防方法，甚至连病因都不是很清楚。美国前总统里根就因阿尔茨海默病而离世，他在确诊后但还不太糊涂的时候，发表了一份告美国人民书，希望公众能重视这种疾病。他在公开信中写道：“通过敞开我们的心扉，希望使公众更加关注这种情况，或许这会使人更深地理解受到这种疾病折磨的个人和家庭。……不幸的是，随着阿尔茨海默病的发展，病人家庭会承受沉重的负担。我只希望能有办法减轻南希将要经受的痛苦。当那天来临时，在你们的帮助下，南希一定会有勇气直面它。”这些话透露着英雄末路、无力回天的一丝悲凉。阿尔茨海默病还

仅仅是折磨人类的诸多脑疾病的一种。据美国神经科学学会 2008 年的统计，全世界有 20 亿人为与脑有关的疾病所苦，为此耗费的费用超过 20 万亿美元。要预防和治疗形形色色的脑疾病，认识脑的工作机制必不可少。

正是基于上述一切，克里克说：“对我们人来说，在科学研究中没有比研究自己的脑更重要的了。我们对整个世界的认识都有赖于它。”另一位诺贝尔奖得主埃德尔曼（Gerald M. Edelman）则说：“脑科学的知识将奠定即将到来的新时代的基础，这些知识使我们以医治大量疾病，建造仿照脑功能的新机器，对我们自己的本质和我们如何认识世界都会有更深入的理解。”所有这一切使美国参众两院在 1989 年通过立法，并由时任总统老布什宣布 20 世纪的最后十年为“脑的十年”。接着，欧共体也宣布了“十年脑计划”，日本政府则制定了为期 20 年的“脑时代计划”。我国也非常重视脑科学研究，国家自然科学基金委持续资助了多项重大项目。脑科学研究已经成为 21 世纪科学研究的前沿，成为世界各国科学研究的重点领域。

要真正发展脑科学，就要让社会各界了解脑科学，支持脑科学，要使一批有志青年对脑科学感兴趣，决心献身脑科学。那么，一本兼具科学性、前沿性、可读性和趣味性的科普作品可在这方面起很大作用。本书就是为此所作的一个尝试。

本书并不想对所有关于脑的知识一一介绍，这不是本书的任务，况且笔者也不可能做到。尽管最近 20 年来在分子水平上已对脑进行了大量深入研究，成为脑科学研究中极为重要的领域和前沿，使我们对脑功能的机制有了空前深入的理解，但是本书内容完全没有涉及分子神经生物学，也没有涉及运动控制、嗅觉、体感等，对于发育神经生物学、精神病、听觉等重要内容也很少涉及。笔者只是想在浩如烟海的脑科学知识中拾取一些美丽的贝壳，以引起读者对脑研究的强烈兴趣。所以，本书在取材时尽量选取那些故事性强而又有科学意义的材料，希望通过讲这些故事能无形中向读者介绍许多有关脑的知识。

每章的最后，笔者以参考文献的形式列出了内容取材的主要来源，并在后记中推荐了一些相关的高级科普读物、教科书和专著，以供有兴趣的读者进一步阅读、深究。如果有读者由此走上了脑科学研究的

道路，这将对笔者最好的奖赏。对于那些对神经科学已经有相当了解、甚至本人就是研究神经科学的专家，也希望本书所搜集的材料能成为他们讲课时的调味品。

本书的写作得到了寿天德教授、孙复川教授、汪云九教授、唐孝威院士、郭爱克院士、杨雄里院士、梁培基教授、王如彬教授、李光教授、童勤业教授、路长林教授等许多老朋友的支持和鼓励。特别是我四十多年的老朋友和老同事寿天德教授，他鼓励我说一本好的有关脑科学的科普书有可能吸引一批有志青年走上研究大脑之路，这比一篇普通的科学论文意义更大。他还在 2008 年盛夏酷暑之中通读全稿，对第 1 章和第 2 章中某些不够确切的表述作了修改，为本书作序并推荐出版。高上凯教授在百忙中审阅了本书的第 6 章，并提供了 1 张实验照片。郭爱克院士、李朝义院士、路长林教授、梁培基教授、唐孝威院士和杨雄里院士在百忙中审阅了全书，给出书评，并提出了宝贵意见。郭爱克院士还推荐了两本相关的参考书。中国神经科学学会的一些领导和同事也对本书的写作给予鼓励和支持。上海科学技术出版社胡炜编辑为本书的顺利出版做了大量工作，她对本书中所用的许多材料进行了查证，对内容进行了精心的加工和剪裁；她对稿中所用的插图逐一做了仔细检查，对印刷效果不够理想的图或者重新制作、或者找出更好的图予以更新，从而保证了本书的图片质量；她还在各节中加了小标题，使全书的眉目更为清楚。没有她辛勤而认真的工作，本书不可能有现在这样的质量。笔者谨在这里向上述各位教授和同事表示我的感激之情；也希望能听到读者的反馈意见、批评和指正。

顾凡及

序 / 1
写在前面 / 1

1 思想藏身之处 1

- 1.1 大脑皮层功能整体论和定位论之争 / 2
- 1.2 神经细胞的真面目 / 8
- 1.3 梦的提示——发现神经递质 / 15
- 1.4 乌贼的贡献——神经脉冲的故事 / 19
- 1.5 裂脑人 / 24
- 1.6 以脑为中心的多学科交叉研究 / 32

2 看的秘密 39

- 2.1 “看”不简单 / 39
- 2.2 看不到星星的人——两种感光细胞的故事 / 44
- 2.3 无头骑士——盲点的故事 / 46
- 2.4 眼观八方和熟视无睹——眼动的故事 / 52
- 2.5 鲨的贡献——侧抑制的故事 / 57
- 2.6 瞎子指路——盲视和新旧两条视觉通路 / 63
- 2.7 “会认找不到”和“会做不会认” / 66
- 2.8 “六亲不认”——视觉失认症的故事 / 70
- 2.9 视觉皮层朝向感受野的发现 / 77
- 2.10 只对克林顿总统有反应的细胞——祖母细胞的故事 / 84
- 2.11 七彩缤纷——色觉的故事 / 87
- 2.12 立体视觉的故事 / 93
- 2.13 人是怎样看到运动的 / 99
- 2.14 运动视觉缺失和全色盲病人的故事 / 100

3 错觉透露的真相 105

- 3.1 白日见鬼——马赫带的故事 / 106
- 3.2 烘云托月——相邻图景之间的相互影响 / 110
- 3.3 非此即彼——交变图的故事 / 114
- 3.4 横看成岭侧成峰——环境的约束 / 119
- 3.5 小儿辩日——“月亮错觉”的故事 / 121
- 3.6 埃姆斯的“魔屋”——深度知觉的透视线索 / 122
- 3.7 远看则有、近看则无 / 129

- 3.8 整体和细节 / 131
- 3.9 顾此失彼——不可能的图形 / 134
- 3.10 静止的“滚”筒——运动的错觉 / 138
- 3.11 道是有形却无形——错觉轮廓 / 140
- 3.12 匹诺曹的鼻子——体验“魂灵出窍” / 143

4 心智之谜 145

- 4.1 永远年轻的人——失忆症的故事 / 145
- 4.2 重温旧梦——电刺激大脑皮层所引起的感觉 / 149
- 4.3 追寻记忆的痕迹——学习与记忆的神经机制 / 151
- 4.4 视而不见——半侧忽略症 / 156
- 4.5 睁着眼睛说瞎话——疾病失认症 / 160
- 4.6 判若两人——盖奇的故事 / 165
- 4.7 眶额皮层损伤 / 168
- 4.8 喜不自禁和强颜欢笑 / 171
- 4.9 暴怒下的谋杀案——杏仁核的故事 / 172
- 4.10 恐鸡症——有关恐惧的两条通路 / 173
- 4.11 为伊消得人憔悴——奖励中枢的故事 / 175
- 4.12 世界之结——关于意识 / 177
- 4.13 动物有没有心智 / 181

5 脑的可塑性 191

- 5.1 狼孩——关键期的故事 / 191
- 5.2 老狗也能学会新把戏——皮层可塑性的故事 / 197
- 5.3 鬼手——幻肢现象 / 201

6 脑机之间——脑机接口和类脑机器 207

- 6.1 打破寂静——人工耳蜗 / 207
- 6.2 重见光明——视觉假体 / 210
- 6.3 舌尖上的舞蹈——感觉替代 / 212
- 6.4 脑指纹——记忆的痕迹 / 217
- 6.5 用意念驱动机器的脑机接口 / 224
- 6.6 类脑机器——像人脑一样聪明的机器 / 231

后记 / 241

1 思想藏身之处

请告诉我思想藏身何方？在心底里，还是在头脑里？

——莎士比亚，《威尼斯商人》

人类所有的精神生活和智慧都源于脑。但曾几何时，人们把脑的所有功劳都归于心，长期以为心脏是我们的记忆、思想、情感、意识之所在，而脑则无足轻重。这种认识的痕迹时至今日还大量保存在我们的语言里。比如，“思想”一词就用“心”作为偏旁，“心智”、“心情”、“心意”、“心愿”、“用心”、“小心”、“心算”、“同情心”、“心里难过”、“牢记在心”、“心心相印”……这些日常词汇都把脑子的功能归到了心脏。不仅汉语是这样，几乎其他所有的语言也这样。例如在英语里表示感情和记忆的说法：“having a broken heart”（心碎）、“giving heartfelt thanks”（衷心感谢）、“memorizing by heart”（用心记忆）等等。古埃及人在制作木乃伊时，会精心地把心脏保存在体内，甚至把肝、肺、胃、小肠都仔细地保存在四个罐子里，却把脑不当一回事地丢掉了。古希腊哲学家亚里士多德认为脑是一个散热器，用来散发心脏之热。他说：“当然，脑和知觉一点关系都没有。正确的观点是知觉之所在和源泉都在于心区。”

医学之父、古希腊医生希波克拉底是第一位正式认识到脑的作用的人。他在专门讨论脑疾病的《论神奇的疾病》（*On the Sacred Disease*）一文中写道：

“人们应该认识到所有的快乐、愉悦、欢笑、运动，还有悲伤、忧愁、沮丧和哀伤都来自大脑，而不是来自其他东西。脑以某种特殊的方式使我们有了智慧和知识，能看会听，并且懂得什么是邪恶，什么是公平，什么是坏，什么是好，什么是甜美，什么令人讨厌……也是由于有了

脑我们才会发疯和精神错乱，害怕和恐惧才会折磨我们……当脑不健康的时候，我们就会由此受累……根据上面所讲的一切，我认为脑对人有最大的影响。”

这或许是历史上第一次有记载的、以明确的语言把人的心智归之于脑。希波克拉底远远地走在时代前面，但是他的这个认识并没有用实验来证实。人们有根有据地认识脑的作用、功能和工作机制还是近现代才开始的事情。

1.1 大脑皮层功能整体论和定位论之争

大脑能够完成形形色色、千变万化的各种功能，那么，为了完成某种特定功能，究竟是只需其中一些区域起作用，还是需要整个脑的活动？这在脑研究的历史上有过一场延续了近两个世纪的大争论^[1]。

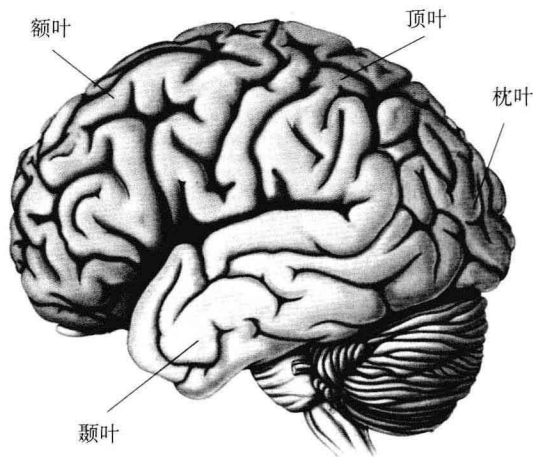


图 1.1 大脑皮层的各个分区^[2] 大脑皮层的表面有许多褶皱，鼓起的部分称为“回”，凹下去的部分称为“沟”，特别深的沟则称为“裂”，如把大脑分为左右两半球的沟就称为“纵裂”。正是这些沟裂把大脑表面分成许多不同的区域。大致地说，从皮层外表来看可分成四个区域：前端的额叶、顶部的顶叶、两旁的颞叶和后端的枕叶。



颅相学

19 世纪初，奥地利医生加尔（Franz Joseph Gall）相信人不同的认知功能和性格特点是由不同脑区决定的，如果某种功能用得多，相应的脑区就会增大，对应于它的颅骨也会隆起，因此通过检查颅骨的隆起情况就可以确定该人的性格，并把这个理论称为颅相学（phrenology）。

加尔 9 岁时就注意到有同学对文字材料的记忆力超强，并且有一对像母牛一样鼓起的眼晴。在他的印象中，有这样眼睛的人往往都有很强的记忆力，于是他把这两者联系了起来，以后他又进一步认为大脑额叶负责对文字和语言的记忆。长大以后，他把这个想法推广到其他特点。他搜集了 300 多个社会上两种极端类型的人（著名的作家、诗人和政治家，以及罪犯和疯子）的颅骨，以及 120 多个活人的头颅模型，把他们的性格和行为特点与他们的颅骨特征对应起来。如他认为耳朵上方的颅骨表示“破坏性”，这首先是因为在食肉动物的颅骨中，这一部分最宽广；其次他发现有个学生非常喜欢虐待动物，后来又做了名外科医生，而其颅骨的这部分非常突出；第三，有位后来当了刽子手的药剂师的这部分颅骨发育得很好。加尔还根据他所看到的扒手的颅骨特征定位“占有欲”，根据诗人写诗时经常抚摸的头上部位定位“想象力”，如此等等。加尔在颅骨上画出了 27 块区域对应的 27 种特征，尽管还有一些区域是空白的。当然，从现在的观点来看，加尔的研究方法不科学，他仅仅根据很少量的特例就推广出普遍性结论，而对于不符合他想法的案例根本弃置不顾；他的定位也是错误的。但颅相学在当时引起了很多人的兴趣，那时有关颅相学的书籍的销售量竟然仅次于《圣经》！

尽管加尔的理论缺乏科学根据，也没有得到实验支持，从总体上是错误的，但是他最先提出了脑功能定位的思想。加尔的理论受到了实验生理学家弗卢朗（Marie-Jean-Pierre Flourens）的强烈反对，他把加尔说成是一个疯子，丧失理智地搜集大量骷髅，认为“这太可怕了！”甚至有人这样描述当时的状态，“有个时期，维也纳的每个人都担心自己死后头颅会成为加尔的收藏品。”当然，以此作为理由来

反对颅相学非常牵强，但是，从加尔的接班人施普尔茨海姆（Johann Spurzheim）所闹的笑话中对颅相学的错误可管中窥豹。生理学家马让迪（François Magendie）保存着大科学家拉普拉斯的大脑，施普尔茨海姆非常希望能去看看。马让迪故意把一个低能儿的脑给他看，施普尔茨海姆不知是计，对此赞不绝口，闹了一个大笑话。

弗卢朗损坏鸟脑皮层的不同部位，并没有发现鸟的行为有什么特异性缺陷，因此他认为动物的行为是由整个脑决定的。但他采用的实验对象主要是低等动物，即使以高等动物作为实验对象，用的也是非常幼小的动物。其实，更深层次的原因是他痛恨颅相学，以致他先入为主地排斥一切有关功能定位的思想。所以，尽管用他的实验方法本可能发现有根据的皮层功能定位，但他却失之交臂。事实上，后来发现皮层功能定位的科学证据所用的皮层毁损和刺激皮层的方法，正是弗卢朗所用的方法，成见使他为他人作了嫁衣裳。

“我们用左脑说话！”

1861年，法国神经解剖学家布罗卡（Pierre Paul Broca）接收了一位名叫莱沃尔涅（Leborgne）的病人。莱沃尔涅是巴黎的一名鞋匠，21年前中过风，从此不能讲完整的句子，而只会发“坦”（tan）这个音。问他叫什么名字，他的回答是“坦”；问他别的问题，他回答的依然是“坦”，于是后来人们就把他称为“坦”先生。“坦”虽然不会说话，但是他的面部表情和行为举止表明他能理解语言。他的舌头、嘴和声带都能运动。他能吹口哨，甚至会哼段旋律，但就是不能用语言表达出来；不仅口头表达不行，书面表达也不行。在初次发病的10年后，他右半身偏瘫，后来连看东西和智力都发生了障碍。布罗卡对其进行了检查，但仅仅6天之后“坦”就去世了。隔天上午进行了尸检，结果发现“坦”左侧脑的前部有损伤，左额叶大范围软化，并向后延伸到顶叶，向下延伸到颞叶，但是可清楚地看出软化的原发部位在左额叶的中部。布罗卡在尸检当天下午举行的人类学学会的学术会议上报告了这一病例，他坚定地宣称：“所有这一切都使我们相信，在这一病例中，额叶损伤是造成失语的原因。”后来，他又对8名类似的病人进行尸检，发现他们的左侧额叶都有类似的损伤。根据这些发现，

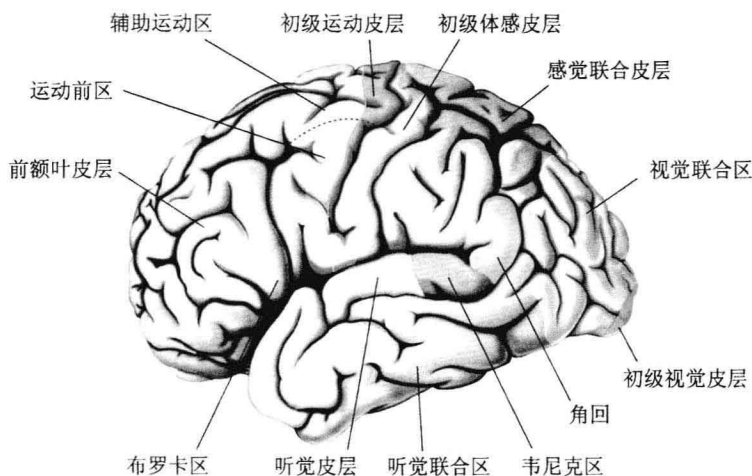


图 1.2 大脑皮层的功能分区

1864 年，布罗卡总结了一句有关脑功能的名言：“我们用左脑说话！”他特别强调他所发现的这个区域与颅相学所说的语言区域是不同的。此后，脑的这一部分就被命名为布罗卡区（参见图 1.2）。而布罗卡的研究也成为定位论再次崛起的契机。

其后不久，奥地利医生韦尼克（Carl Wernicke）发现了另一种语言障碍。病人能够清晰地说出单词，但语无伦次，还常常杜撰一些毫无意义的新词。这种病人的脑损伤发生在颞叶后部和顶叶以及枕叶的交界处，这个区域被命名为韦尼克区（参见图 1.2）。

上述的这两个病例都出现言语障碍，前一个是能懂不能说，后一个是能说不能懂。看起来不可分的语言功能实际上可拆分成许多不同的方面，并且由脑中不同的区域主管。按照韦尼克的看法，韦尼克区主管的是对言语的理解，由它通过神经通路传导到布罗卡区，激发起那儿的发声程序而最终使人说出话来。由此推断，如果联系这两个脑区之间的通路发生故障，会产生一种新的言语障碍。后来在临床上也真的发现了这样的病例，称为传导性失语症。这种病人能理解听到或看到的词，也没有言语的运动障碍，但就是不能正确地说话。他们往

往在说话时丢失了一些词，或者用词不当。他们自己也知道说错了，却又无法纠正，真可谓“明知故犯”！

最近的研究表明，布罗卡区对语法理解也有关系。哈佛医学院的格施温德（Norman Geschwind）研究了一位布罗卡区受损的病人，名叫查尔斯。查尔斯只能断断续续地说些关键词，对比较简单的话也能理解，但是对语法复杂一点的话就无法理解了。看看格施温德和查尔斯之间的一段对话：

“你听得懂我的话，对吗？”

“对！”

“如果你要和远处的朋友交谈，该怎么办？”

“电话。”

“狗会飞吗？”

“不！”

“潜水艇会飞吗？”

“不！”

“飞艇会飞吗？”

“会！”

“豹子被狮子杀掉了，哪个动物死了？”

“我不知道！”

看来，查尔斯只会动词和名词，对于复杂一些的语法结构，他就有困难了。

运动功能的定位

接着，1870年，德国精神病学家希齐希（Eduard Hitzig）邀请解剖学家弗里奇（Gustav Fritsch）合作对狗做实验。他们用非常微弱的电流（如果用它来刺激舌尖，刚刚能引起感觉）来刺激狗的大脑皮层，发现刺激狗脑的不同部位可引起对侧躯体上不同部位的运动。他们还发现用手术刀单侧切除能引起前掌运动的区域以后，虽然还没有完全破坏对侧前掌的运动，但运动机能已受到损害，并且姿势也不正常了，不过这对感觉似乎没有什么影响。这样，他们自信已经发现了与躯体部位有拓扑对应关系的运动区。



1881年，英国科学家费里尔（Sir David Ferrier）毁损了一只猴子的左侧运动皮层，7个月后他把这只半身不遂的猴子领到第七届国际医学大会的讲坛上，介绍给台下的听众。会后大会还组织了一个专门委员会对这只猴子作了解剖，发现其大脑皮层的损伤部位确实与费里尔报告的完全符合。在同一个会上，另一位科学家戈尔茨（Friedrich Goltz）也给与会者看了一条活蹦乱跳的狗。这条狗的顶叶皮层和枕叶皮层已经动过五次手术，然而这条狗既不瞎、也不聋，其他感觉也一切如常，能跑会跳。戈尔茨讽刺定位论说：“某种水果看起来非常诱人，但却是穿心烂。我们并不难发现有关皮层定位假说的烂心子。”会后，同一个委员会也对他的狗作了解剖。结果发现这条狗的脑部损伤比戈尔茨所讲的要少得多，特别是包括运动区在内的额叶保持完整，视区也没有受到损伤，委员会认为这条狗剩下的皮层完全可以负责感觉和运动功能。戈尔茨对他人的无端挖苦结果反而暴露了自己在科学上的不严谨！

思维与记忆的定位

到了20世纪初，几乎所有的学者都承认大脑皮层有某种程度的功能定位，但还是有人坚持大脑皮层的高级功能（如思维与记忆）需要整个大脑皮层的工作，对此不存在功能定位。这是整体论的一个变种，其中影响最大的当推美国心理学家拉什利（Karl Lashley）关于记忆的研究。他让大鼠学习在迷宫中找到食物，然后研究大脑皮层损伤对完成此任务的影响。拉什利发现，如果在学习前就损伤大鼠的大脑皮层，它需要通过更多次的学习才能避开盲端取到食物。在另一组实验中，拉什利先让大鼠学会避开盲端直接取到食物，然后再损伤它的大脑皮层，结果发现此后大鼠经常要出错。在最关键的一个实验中，拉什利发现大鼠学习和记忆损害的程度与大脑皮层损伤的面积正相关，而与损伤的部位无关。他的工作对整体论是极大的支持。但是，后来人们发现他的结论有问题，因为他损伤的大鼠大脑皮层的区域面积很大，影响到许多不同的感觉模态，而迷宫学习恰恰牵涉到多种感觉模态。因此，单独损伤某一模态并不足以阻止大鼠完成任务，因为别的模态可起到补偿作用，只有当损伤面积很大而牵涉到许多