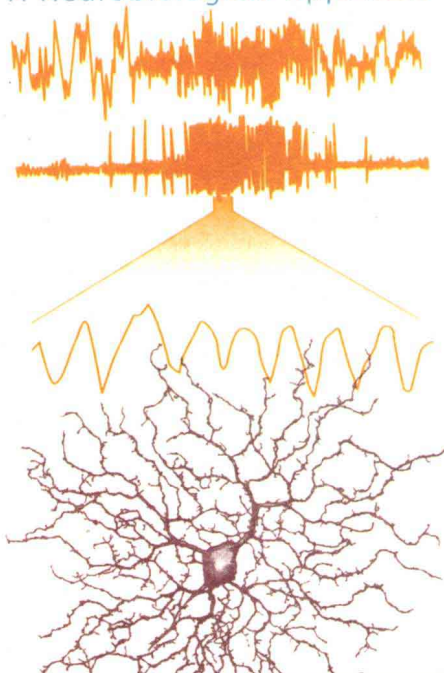




开放人文

THE QUEST FOR CONSCIOUSNESS

A Neurobiological Approach



[美] 克里斯托夫·科赫 著 顾凡及 侯晓迪 译

Christof Koch

意识探秘

意识的神经生物学研究

上海世纪出版集团

意识探秘

——意识的神经生物学研究

[美]克里斯托夫·科赫 著

顾凡及、侯晓迪 译

世纪出版集团 上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

意识探秘:意识的神经生物学研究/(美)科赫
(Koch, C.)著;顾凡及,侯晓迪译. —上海:上海科
学技术出版社, 2012. 6

(世纪人文系列丛书)

ISBN 978-7-5478-1014-9

I. ①意… II. ①科…②顾…③侯… III. ①意识-
神经生物学-研究 IV. ①B842.7 ②Q189

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 198958 号

责任编辑 杨志平

装帧设计 陆智昌 朱赢椿

意识探秘:意识的神经生物学研究

[美]克里斯托夫·科赫 著

顾凡及 侯晓迪 译

出 版 世纪出版集团 上海科学技术出版社

(200235 上海钦州南路 71 号 www.ewen.cc www.sstp.cn)

发 行 上海世纪出版集团发行中心

印 刷 上海商务联西印刷有限公司

开 本 635×965 mm 1/16

印 张 38.75

字 数 429 000

版 次 2012 年 6 月第 1 版

印 次 2012 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-1014-9/Q·6

定 价 75.00 元

出版说明

自中西文明发生碰撞以来，百余年的中国现代文化建设即无可避免地担负起双重使命。梳理和探究西方文明的根源及脉络，已成为我们理解并提升自身要义的借镜，整理和传承中国文明的传统，更是我们实现并弘扬自身价值的根本。此二者的交汇，乃是塑造现代中国之精神品格的必由进路。世纪出版集团倾力编辑世纪人文系列丛书之宗旨亦在于此。

世纪人文系列丛书包涵“世纪文库”、“世纪前沿”、“袖珍经典”、“大学经典”及“开放人文”五个界面，各成系列，相得益彰。

“厘清西方思想脉络，更新中国学术传统”，为“世纪文库”之编辑指针。文库分为中西两大书系。中学书系由清末民初开始，全面整理中国近现代以来的学术著作，以期为今人反思现代中国的社会和精神处境铺建思考的进阶；西学书系旨在从西方文明的整体进程出发，系统译介自古希腊罗马以降的经典文献，借此展现西方思想传统的生发流变过程，从而为我们返回现代中国之核心问题奠定坚实的文本基础。与之呼应，“世纪前沿”着重关注二战以来全球范围内学术思想的重要论题与最新进展，展示各学科领域的新近成果和当代文化思潮演化的各种向度。“袖珍经典”则以相对简约的形式，收录名家大师们在体裁和风格上独具特色的经典作品，阐幽发微，意趣兼得。

遵循现代人文教育和公民教育的理念，秉承“通达民情，化育人心”的中国传统教育精神，“大学经典”依据中西文明传统的知识谱系及其价值内涵，将人类历史上具有人文内涵的经典作品编辑成为大学教育的基础读本，应时代所需，顺时势所趋，为塑造现代中国人的人文素养、公民意识和国家精神倾力尽心。“开放人文”旨在提供全景式的人文阅读平台，从文学、历史、艺术、科学等多个面向调动读者的阅读愉悦，寓学于乐，寓乐于心，为广大读者陶冶心性，培植情操。

“大学之道，在明明德，在新民，在止于至善”（《大学》）。温古知今，止于至善，是人类得以理解生命价值的人文情怀，亦是文明得以传承和发展的精神契机。欲实现中华民族的伟大复兴，必先培育中华民族的文化精神；由此，我们深知现代中国出版人的职责所在，以我之不懈努力，做一代又一代中国人的文化脊梁。

上海世纪出版集团
世纪人文系列丛书编辑委员会
2005年1月

弗朗西斯·克里克^{*}序

我们常常不知道应该问什么样的问题，直等知道了答案才恍然大悟。

——温伯格^{**}

我非常高兴能为这本佳作写序。克里斯托夫为撰写本书付出了艰苦的努力，那清新活泼却又逻辑严密的文风正是他的特色。如同我们合作发表的那些文章一样，本书中绝大多数的思想都是克里斯托

^{*} 克里克(Francis Crick, 1916—2004), 20世纪后期最有创新精神和影响力的英国生物学家。他最初学的是物理学, 在第二次世界大战后转向生物学研究。当时, 有两个科学上无法回答的问题, 一是生物如何与非生物世界相区别, 二是意识的生物学本质是什么。克里克首先针对第一个问题研究了基因的本质, 花了2年时间与沃森(James Watson)一起解开了这个谜, 并因此获得1962年的诺贝尔生理学或医学奖。1976年, 60岁的克里克又开始研究后一个科学难题。这次他与年龄相差40岁的计算神经科学家科赫进行了长达20年的合作, 一直到他生命的终结。他们的研究为用神经科学的方法探讨意识问题开辟了道路。坎德尔把克里克称为“诸如哥白尼、牛顿、达尔文、爱因斯坦那样的科学大家”。——译者

^{**} 温伯格(Steven Weinberg, 1933—), 美国物理学家。因对基本粒子间弱相互作用和电磁作用的统一理论的贡献而与萨拉姆(Abdus Salam)和格拉肖(Sheldon Glashow)分享1979年诺贝尔物理学奖。——译者

夫和我在长期合作研究中发展起来的，克里斯托夫也让我参与了写作此书的某些事务。因此，我对本书的评价多少带有点倾向性。

我要向神经科学家和对意识问题抱有兴趣的其他领域的科学家，强烈推荐本书。

意识问题是生物学中尚未解决的主要问题。正如克里斯托夫在第1章中阐明的那样，有关这个问题的答案，从基本规律(*general nature*)方面来说现在都还没有共识。哲学家所称的“主观体验特性”(qualia; 红色事物所产生的“红”知觉、疼痛所产生的“痛”知觉)是怎样从神经细胞、神经胶质细胞及相关分子的协同作用中产生出来的？我们能够用近代科学中的既有知识来解释，抑或需要某种非常不同的解释？要怎样才能着手研究这个看起来非常棘手的问题呢？

过去几十年里，已出版了大量有关意识的书和论文。而在这之前，不但行为主义的研究拒不讨论意识，更令人不解的是，在代之而起的认知神经科学的早期，也有许多人对有关“意识”问题的严肃讨论几乎一律予以扼杀。

那么本书有何不同？本书并不去对心身问题(*mind-body problem*)的根源再作无谓的争论，我们的策略是首先寻找意识的神经相关物(*neuronal correlates of consciousness, NCC*)。由于我们强调的是神经元的行为，因此我们主要集中在可以用猕猴做研究的问题上，同时也涉及一些可相应地在人身上做的研究。这样，我们极少甚或不谈语言和做梦的问题。你怎么来研究猴子的梦呢？

我们也回避了诸如“自我意识”和“情绪”等意识问题中更复杂的方面，而集中讨论知觉，特别是视觉。我们还试图从许多不同的层次上去研究视觉，这些层次包括视觉心理学、脑扫描、神经生理学和神经解剖学，再往下一直深入到神经元、突触和分子，等等。

为此，我们需要分析批判大量的实验观察，其中也必定会有一些结果最后被确认为是错误的，或是误导性的。与此同时，我们还要检验各种不同的理论假说。虽然这些思想并不全都是新的，但把它们组合在一起加以考虑就可能是新的。

因此，书中的许多部分不可避免地充斥着大量的“事实”，尤其那些介绍猕猴视觉系统的章节更是如此，不过克里斯托夫在每章的最后都有一段小结(除了第 19 章*，该章本身就是对本书内容的扼要回顾)，所以读者在初读时可跳过书中的某些细节。

本书的另一大特点是，虽然书中要讲到大量的事实，可是读起来依旧趣味盎然。克里斯托夫轻松的文笔会吸引读者一直读下去(学术期刊的编辑会禁用这种文笔)。本书也带有克里斯托夫的个人特色，包括他对狗的热爱以及对音乐的爱好，书中还旁征博引了亚里士多德(Aristotle)、艾伦**、卡罗尔***、费恩曼****和伍斯特*****等的许多名言。

本书很容易阅读，克里斯托夫还准备了方便的注释和参考文献，使读者可以查到内容广泛的综述和关键论文。读者如果感兴趣，对书中涉及的绝大部分论题都可以轻松地找到大量的相关文献。

虽然不能排斥突然冒出某些深刻观察和见解的可能性，但是要想

* 此处有误，本书第 19 章也有一节小结。第 20 章则没有小结。——译者

** 艾伦(Woody Allen, 1935—)，原名艾伦·斯图尔特·科尼斯堡(Allen Stewart Königsberg)，美国著名电影导演、电影剧本作家、演员、作家、音乐家和剧作家。他以多产和自编、自导、自演闻名。他还是一位爵士音乐的黑管手。——译者

*** 卡罗尔(Lewis Carroll, 1832—1898)，原名道奇森(Charles Lutwidge Dodgson)，英国作家、数学家、逻辑学家，卡罗尔是他的笔名。他最著名的作品是《爱丽丝漫游奇境记》(Alice's Adventures in Wonderland)和《爱丽丝镜中游记》(Through the Looking-Glass)。——译者

**** 费恩曼(Richard Feynman, 1918—1988)，美国物理学家，因在量子电动力学方面的贡献而获 1965 年诺贝尔物理学奖。他对原子弹的研究也有贡献，又是“挑战者号”灾难事故的调查组成员。他对生物学也很有兴趣，并有许多生物学家朋友。——译者

***** 伍斯特(Bertie Wooster)是英国作家沃德豪斯(P.G.Wodehouse)笔下的一个人物，是一位英国绅士。——译者

解决意识问题，需要来自各个领域的众多科学家的艰苦努力。本书是给科学家，特别是年轻科学家写的一本入门性读物，希望他们能为这个领域作出贡献。仅仅几年以前，在投给英国《自然》(Nature)杂志和美国《科学》(Science)周刊的稿件中还绝不可以使用“意识”这个词，在科研基金申请中也不可以这样做。但是谢天谢地，时代正发生着变化，这一主题现在已成熟到可以进行深入的探讨了。请读下去吧！

中文版序

当上海科学技术出版社同我联系出版《意识探秘》的中文版时，我非常高兴，立即同意了该书的翻译。尤其是得知本书的两位译者之一侯晓迪正是我们加州理工学院实验室的成员，这让我更为振奋。侯晓迪对意识领域的当前研究非常熟悉，而且他还是我《意识的神经基础》这门课的助教。这些知识令他能够和顾凡及先生一起，出色地翻译本书。

对于从科学角度理解意识，我们看到，越来越多的中国学者和学生开始对这一问题深感兴趣，这是非常令人激动的。并且我也听说，克里克(Francis Crick)所著的《惊人的假说——灵魂的科学探索》一书在中国引起广泛的反响。作为克里克的长期合作者，我们就意识的神经基础这一问题共同发表了数十篇论文，他也为《意识探秘》的英文版作了序。本书将会使中国读者进一步了解，在《惊人的假说》出版以后，我们的研究工作和思想有了哪些新进展。

在2004年本书面世后，在意识研究领域内又取得了许多新的进展。我们现在知道，选择性注意与意识并不相同(有兴趣的读者可以

参考 Tsuchiya and Koch, 2009)。上百篇讨论功能成像方面的论文，使我们对人脑中的意识神经基础有了更深的了解(Tononi and Koch, 2008)。如果您想紧跟此领域内的最新进展，不妨去读读我为每期《科学美国人：心智》(Scientific American: Mind)上的专栏“意识的回归”(Consciousness Redux)所写的一系列文章。

中国文化向来对意识之谜有所探讨。中国古代的许多学者对意识研究作出了深刻而经久不衰的贡献。在第 8 章开篇，我就引用了那段著名的三位中国禅师的对话。

中国学者在神经科学、认知科学以及人工智能等相关研究领域一直十分活跃。我希望本书的中文版能够鼓励更多年轻的中国学者进入这一领域。这对于人类最终解释“主观的意识如何同客观的脑产生联系”这一关乎我们存在的深刻问题，是非常有必要的。

最后，我要感谢两位译者在这数十个月以来的出色工作和艰苦努力。翻译任何文字都是一件极耗心力的工作，它需要译者首先理解纸面上文字背后的含义，然后才能将其组织润色成另一种语言。好的译者总是隐身幕后，使读者与作者好像在直接交谈一样。因此我对二位译者所做的一切深表感谢，并祝他们心想事成。

克里斯托夫·科赫 教授

于美国加州帕萨迪纳加州理工学院

Tononi G & Koch C. (2008) The neural correlates of consciousness; An update. *Ann. New York Acad. Sciences*, **1124**: 239—261.

Tsuchiya N & Koch C. (2009) The Relationship between Consciousness and Attention. In: *The Neurology of Consciousness*. Laureys S. and Tononi G, eds.: 63—77. Elsevier.

前 言

我们一定要知道，我们也一定能够知道。

——德国数学家希尔伯特*的墓志铭

我早就服用了阿司匹林，牙疼却一点也没缓解。躺在床上，下白齿的阵阵剧痛让我无法入睡。为了分散注意力，我拼命想为什么会牙痛。我知道，牙龈发炎所产生的电活动沿着三叉神经的一条分支直达脑干，经过几次转换以后，最终前脑深处神经元的活动产生了疼痛感。但是所有这一切都没能解释为什么牙疼会有这样的感觉！为什么钠离子、钾离子、钙离子和其他离子在脑中的运动会让我这么难受！从1988年夏天起，有关古老的心身问题的这样一种朴素的想

* 希尔伯特(David Hilbert, 1862—1943)，德国数学家，为19世纪和20世纪初影响最深最广的数学家之一。他在不变性理论、几何公理化、希尔伯特空间(泛函分析的基础之一)等方面都提出并发展了许多基本思想。他也继承和捍卫了康托(Georg Cantor)的集合论。1900年他在巴黎举行的国际数学家大会上提出23个数学难题，引导了许多数学家在20世纪的研究。他也是证明理论和数理逻辑的奠基人。——译者

法一直萦绕在我心头。

所谓心身问题，可以用这样一句话来概括：“像脑这样的物理系统，怎样会有主观体验？”随便举个例子，如果连接到计算机上的温度传感器很热，处理器就会亮起红色警灯。但是谁也不会说，为接通警灯而流过晶体管门电路的电流会让计算机感到不舒服。那么，神经活动又怎么会引起灼痛感呢？脑是不是有什么魔法呢？这一切与脑的构筑、相关的神经元类型或者电-化学活动模式有关系吗？

现在已经知道，脑中发生的许多事情(即使不说是绝大多数事情)，都是内省所察觉不到的，这就使问题变得更为神秘莫测。我的绝大多数日常动作(系鞋带、开车、奔跑、登山、简单会话)都是自动进行的；而与此同时，我的头脑却正忙于处理更为重要的事务。那么从神经学上说，这些行为和引起有意识知觉的行为有何不同呢？

在本书中，我将在神经科学的框架内寻求这些问题的答案。我要论证的研究计划，其最终目标就是要发现意识的神经相关物(neuronal correlates of consciousness, NCC)。所谓意识的神经相关物，就是指足以产生某些特异性的、有意识的感受(conscious feeling)所必需的脑机制和脑事件，这种有意识的感受既可简单到像红颜色这样的知觉，也可复杂到像在看本书封面上的丛林景色时所引起的那种引起强烈感官刺激的、带有神秘和原始色彩的知觉。描述清楚 NCC 是我们这个时代对科学的最后挑战之一。

为了直捣问题的核心，我必须尽可能接近感知觉体验与脑这一机体构造之间相互关系的关键所在。以往对此的研究多以视觉为主，这就是为什么本书把讨论集中在“看”上。我把与此有关的解剖学、神经生理学、心理学以及临床资料作了通盘考虑，并把它们交织在一起，从而为思考意识的神经基础提供了一个全新的框架。

本书是为所有对这个古老的争论有好奇心的读者而写的。这一争论现在又重新燃起当代哲学家、科学家、工程师、医生和爱思考的一般公众的极大兴趣。什么是意识？它和自然万物有着怎样的联系？它有什么用处？唯独人类才有意识吗？为什么我们有那么多的动作并不需要通过意识？对这些问题的回答将对“究竟什么是人”产生一种新观念。在今天，这一新观念正在慢慢形成，并与我们习以为常的一些传统观念相左。谁能知道这种探索会把我们引向何方？正如邓萨尼勋爵*所说：“和渺小的人类相比，黑夜是如此广袤与神奇！”

本书所表达的思想是克里克和我在加州圣迭戈北部拉荷亚(La Jolla)的索尔克研究所(Salk Institute)深入合作的成果。我们的第一次相遇是1981年在德国图宾根，当时我们和波焦**在一起讨论树突棘的功能问题。随后我到剑桥的麻省理工学院工作，并和厄尔曼***一起提出了一些基于人工神经网络解释视觉注意的方法。希蒙(厄尔曼)和我一起拜访了弗朗西斯(克里克)，为期一周，在那儿进行了热烈而富有启发的讨论。在我到帕萨迪纳的加州理工学院(从拉荷亚驱车到那里只需要2小时)担任教授以后，我们之间的交流步伐大大加快了。

弗朗西斯对意识的生物学基础一直怀有兴趣，这可以追溯到第二次世界大战结束后的那些日子；我则对从计算的角度思考视觉注意和

* 邓萨尼(Edward John Moreton Drax Plun-Kett Dunsany, 1878—1957)，是第18代邓萨尼男爵，爱尔兰剧作家和小说家，作品多写神仙故事，共出版了八十多本书，邓萨尼勋爵(Lord Dunsany)是他的笔名。——译者

** 波焦(Tomaso Poggio)，出生于意大利的热那亚，在热那亚大学获理论物理博士。现在在美国麻省理工学院教授，专攻计算神经科学，他在学习理论、视觉计算理论、计算的生物物理基础等方面都有贡献。——译者

*** 厄尔曼(Shimon Ullman, 1948—)，1977年在美国麻省理工学院获得博士学位，是马尔(David Marr)的第一位博士生。现在是以色列魏茨曼研究所(Weizmann Institute of Science)的计算机科学教授。他的研究领域是人与机器的视觉信息处理，特别是物体和人脸识别。——译者

视觉觉知 * (visual awareness), 并把它们与神经生物学回路联系起来怀有极大的热情。这两者汇合到了一起。20世纪80年代末, 我们一起以重新发现猫视皮层神经脉冲发放的振荡和同步活动作为切入点, 提出了具体的猜想。弗朗西斯和我在1990年发表了我们合作的第一篇论文《意识的神经生物学理论刍议》(Towards a neurobiological theory of consciousness)。随着新资料的不断出现, 也随着我们的观点不断演变以涵盖意识的诸多不同方面, 我们又陆续发表了一系列论文。在过去的5年里, 我每个月都要在弗朗西斯家中待两到三天。弗朗西斯出于个人原因认为, 还是不把他作为本书的共同作者为好。然而为了强调本书中所表达的主要思想是我们共同提出来的, 我常用“我们”一词来表示“弗朗西斯和我”。我知道这样做有点异乎寻常, 不过我们之间的合作本身就是异乎寻常的。

我从青年时代起就一直对某些希腊和德国哲学家[柏拉图(Plato)、叔本华(Arthur Schopenhauer)、尼采(Friedrich Nietzsche)、小维特根斯坦**]抱有很大热情, 且至今不衰, 而我的写作风格却竭力追随明白易懂的盎格鲁-撒克逊传统。《经济学家》(The Economist)杂志在投稿须知中把这种传统归结为“力求简明”。我力图把客观事实和我的主观推测区分清楚。在注释中, 我给出了大量的参考文献, 这样可以帮助一般读者略过他们不太感兴趣的种种复杂细节。当书中第一次出现某个专业术语时, 我用斜体字把它标出***, 并在书后的术语表中作进一步的解释。

* 觉知是一个心理学术语, 其意思实际上和意识差别很小。许多神经科学家觉得意识这个词哲学味道太浓, 而宁愿使用觉知这个词来代替。——译者

** 维特根斯坦(Ludwig Wittgenstein, 1889—1951), 奥地利哲学家、数理逻辑学家, 对逻辑实证主义和语言哲学有很大影响。——译者

*** 在此译本里用正体的楷体。——译者

如果你以前从未接触过这些问题的话，那么我建议你先读一下第1章以及最后一章的问答。最后一章以不那么学究气的方式，总结了你对许多问题的思考。第2、9、11、13和15章介绍了最新的技术进展，而第14、18章则更带有猜测性。

本书是《意识的神经生物学》这门导论性课程的教材。该课程的网站 www.klab.caltech.edu/cns120 提供了包括课后作业和我讲课录像在内的各种教学材料。

本书是在许多朋友的帮助下才得以问世的，我在此向他们表示感谢。首先当然要感谢克里克，要是没有他经常性的指导，没有他的洞察力和创造性，那么这本书根本就写不出来。本书中所有的基本思想，弗朗西斯和我都在这些年里发表过了。他读了本书的好几稿草稿，并提出了意见。我谨将本书奉献给弗朗西斯，奉献给他对真理炽热而执着且不计成败利钝的追求、他的睿智，以及他在面对无法避免的事情时的那份坦然*。我不知道还有谁能够像他一样。

在过去的那些年里，我一直受到弗朗西斯的夫人奥迪尔·克里克(Odile Crick)亲切而慷慨的款待，享用她烹饪的种种美食佳肴，而我极少有机会回报。本书的书名正是她提出来的，那时我们正在拉荷亚他们家那撒满阳光的天井里共进午餐(我们经常在那里用午餐)。

我实验室里的研究项目进行得非常深入且耗费时间，当然也非常令人满意。项目经费的数额也颇为庞大。过去这些年我荣幸地得到了许多研究单位的慷慨资助。首要的资助单位是巴尔的摩**领导下的

* 意指克里克对疾病和死亡的态度。就在本书出版之前不久，克里克因患癌症于2004年去世。当他被确诊为癌症晚期，在忍受着极度疼痛的情况下，依然执着地继续研究意识的神经相关物问题。直到他去世前几个小时，他还在修改他的科学论文。朋友去探访他时，他从不谈论他的病情而是继续讨论科学问题。——译者

** 巴尔的摩(David Baltimore, 1938—)，美国生物学家，1975年诺贝尔生理学或医学奖得主，1997—2006年期间任加州理工学院院长，现在是该校的生物学教授。——译者

加州理工学院。这是一片绿洲、一座象牙之塔，对于探索以大写字母“T”*开头的真理(truth)来说是再合适不过了。校外的资助来自美国科学基金会、国家健康研究院、国家精神健康研究所、海军研究办公室、国防高科技研究计划署、凯克(W. M. Keck)基金会、麦克唐奈-皮尤(McDonnell-Pew)基金会、艾尔弗雷德·斯隆(Alfred Sloan)基金会、斯沃茨(Swartz)基金会、穆尔(Gordon and Betty Moore)基金会。

我也要感谢我的学生、博士后工作人员以及我的同事，他们和我儿子亚历山大(Alexander Koch)以及女儿加布丽埃尔(Gabriele Koch)一起读了部分书稿，并提出了富有见解的反馈意见。他们是：阿博特(Larry Abbott)、贝克(Alex Bäker)、布莱克(Randolph Blake)、卡拉韦(Edward Callaway)、赫佐格(Michael Herzog)、海曼(Karen Heyman)、赫尔伯特(Anya Hurlbert)、克赖曼(Gabriel Kreiman)、劳伦特(Gilles Laurent)、米尔纳(David Milner)、穆夫雄(Anthony Movshon)、纽瑟姆(William Newsome)、奥尔斯豪森(Bruno Olshausen)、奥格尔(Leslie Orgel)、派博(Carl Pabo)、佩雷斯-奥里韦(Javier Perez-Orive)、波焦(Tomaso Poggio)、雷诺兹(John Reynolds)、罗迪克(Robert Rodieck)、沙因贝格(David Sheinberg)、辛格(Wolf Singer)、斯夸尔(Larry Squire)、土屋(Nao Tsuchiya)、塔尔文(Endel Tulving)、弗拉霍斯(Elizabeth Vlahos)、万德尔(Brian Wandell)、威尔肯(Patrick Wilken)以及泽基(Semir Zeki)。

与下列哲学家讨论了我的这些研究项目的概念基础，并使我获益良多。他们是：贝恩(Tim Bayne)、布洛克(Ned Block)、查默斯(David Chalmers)、丘奇兰(Pat Churchland)、丹尼特(Dan Dennett)、法伯(Ilya Farber)以及诺埃(Alva Noë)。

* 加州理工的缩写“CalTech”或“CIT”里，也有大写字母T。——译者