

a mindstyle business 与思想有关

TED 演讲人作品

脑机接口研究先驱、巴西世界杯“机械战甲”发明者
米格尔·尼科莱利斯权威力作

外骨骼、脑联网、记忆永生……
看脑机接口如何激发人类潜能、
绘制人类未来新图景！

BEYOND BOUNDARIES

脑机穿越

脑机接口改变人类未来

〔巴西〕米格尔·尼科莱利斯 (Miguel A. Nicolelis) 著 黄珏萍 郑悠然 译

THE NEW NEUROSCIENCE OF
CONNECTING BRAINS WITH MACHINES—
AND HOW IT WILL CHANGE OUR LIVES



浙江人民出版社
ZHEJIANG PEOPLE'S PUBLISHING HOUSE

BEYOND BOUNDARIES

THE NEW NEUROSCIENCE OF
CONNECTING BRAINS WITH MACHINES—
AND HOW IT WILL CHANGE OUR LIVES

【巴西】米格尔·尼科莱利斯 (Miguel A. Nicolelis) 著 黄珏华 郑悠然 译

脑机接口改变人类未来 脑机穿越



浙江人民出版社
ZHEJIANG PEOPLE'S PUBLISHING HOUSE

图书在版编目(CIP)数据

脑机穿越：脑机接口改变人类未来 / (巴西) 尼科莱利斯著；
黄珏苹，郑悠然译. —杭州：浙江人民出版社，2015.3

ISBN 978-7-213-06583-5

浙江省版权局
著作权合同登记章
图字：11-2014-204号

I. ①脑… II. ①尼…②黄…③郑… III. ①脑科学-人-机
系统-研究 IV. ①R338.2 ②R318.04

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第027742号

上架指导：脑科学 / 人工智能

版权所有，侵权必究

本书法律顾问 北京市盈科律师事务所 崔爽律师
张雅琴律师

脑机穿越：脑机接口改变人类未来

作者：[巴西] 米格尔·尼科莱利斯 著

译者：黄珏苹 郑悠然 译

出版发行：浙江人民出版社（杭州体育场路347号 邮编 310006）

市场部电话：(0571) 85061682 85176516

集团网址：浙江出版联合集团 <http://www.zjcb.com>

责任编辑：王 芸

责任校对：杨 帆 张谷年

印刷：蕺城市京瑞印刷有限公司

开本：720 mm × 965 mm 1/16

字数：26.7万

版次：2015年3月第1版

书号：ISBN 978-7-213-06583-5

定价：59.90元

印 张：19.25

插 页：3

印 次：2015年3月第1次印刷

如发现印装质量问题，影响阅读，请与市场部联系调换。

BEYOND
BOUNDARIES
推荐序

跨越卢比孔河

段永朝

财讯传媒集团首席战略官

这是一部值得从头仔细读到尾的书。

在全书正文的最后，作者提到了一个卢比孔河的典故，寓意深邃。

卢比孔河是古罗马时期意大利与高卢的天然边界。公元前 49 年，凯撒统一整个高卢地区之后，挥师南下，来到亚平宁半岛卢比孔河的北岸。按照罗马帝国当时的法律，任何帝国指挥官都不可跨越卢比孔河进入罗马，否则将视为背叛。凯撒心意已决，决定渡河。渡河时，他说了这样一句流传千古的话：“The die has been cast！”（骰子，已经掷出！）从此，这位未来的凯撒大帝，迈出了征服欧洲、缔造罗马帝国的第一步。

尼科莱利斯教授将这一典故放在全书的最后，可谓意味深长。

一部翔实的实验室日志

这首先是一部资料翔实、脉络清晰的实验室日志。我不是神经科学专业的，但就我这样的外行读完这本书，也颇觉受益匪浅。尼科莱利斯不仅是一位优秀

的科学家，还是一位讲故事的高手。大脑皮层神经元放电的过程，在尼科莱利斯妙趣横生的叙述中，仿佛变成了一首首迷人的交响乐曲，让人惊奇不已。

在普通读者眼里，神经科学这一领域堪称“高大上”的典范，一说到颞叶和顶叶、内啡肽和多巴胺、脑电图和脑磁图，大家正常的反应大约也是“不明觉厉”。2013年年初，美国奥巴马政府和欧盟不约而同地宣布未来10年是“脑的10年”，从而使得这一“阳春白雪”的科技前沿领域，日渐走入寻常百姓的视野。

顺着尼科莱利斯的讲述，我们可以辨认出一条充满艰辛、痛苦但也有欢愉的科学探索之路。但最令人掩卷长叹的，恐怕还是尼科莱利斯所面临的挑战。用他自己的话说，“为了说服神经生理学界的大多数人接受我们的研究发现，我们费了很多口舌，发表了大量的文章”。他要说服什么？

25年的寻找、验证、思考、对比，尼科莱利斯和他的导师、学生、合作者所突破的并非仅仅是神经元信号测量的难题，而是横亘在诸多神经科学家面前的思想藩篱：“经过25年对大脑风暴的观察、聆听和记录，我只能说，皮层的放电活动似乎不只局限于或不在意传统细胞结构学所建议的边界。相反，他们越过边界，就好像那些边界只是某些人大脑幻想出来的东西。”

在阅读这本书的过程中，建议读者观看尼科莱利斯教授2013年2月在TED大会上的演讲，亲耳聆听让尼科莱利斯为之着迷一生的“大脑风暴交响乐”。



扫码直达作者TED演讲

开启新的可能

寻找祖母细胞（又称为祖母神经元）的努力，在神经科学领域一刻也没有停息。2005年6月，《自然》杂志发表了加州理工学院罗迪戈·奎安-奎罗教授（Rodrigo Quian-Quiroa）和他的团队的研究论文《人类大脑中单一神经元不变的视觉表征》。奎罗教授认为，他们找到了对于每张脸来说大脑所对应的单一神经元。早在1969年，这种神经元就被MIT的心理学家、认知科学家杰罗姆·雷特温（Jerome Lettvin）命名为“祖母细胞”。在近半个世纪的科学研究中，学者们不停地声称自己发现了各式各样的“祖母细胞”，有人找到了“比

尔·克林顿神经元”，有人发现了“哈莉·贝瑞神经元”、“詹妮弗·安妮斯顿神经元”等，不一而足。

20 世纪 80 年代，还在巴西圣保罗医学院求学的尼科莱利斯打算进入这一激动人心的领域时，神经科学的主流声音还是所谓的“局部论”，即认为大脑神经元与身体行为、直觉意向之间有看清晰的对应关系。早年西班牙神经科学家圣地亚哥·拉蒙-卡哈尔（Spaniard Santiago Ramón y Cajal）发明的神经元染色法，以及 1861 年法国医生皮埃尔·保罗·布洛卡（Pierre Paul Broca）在失语症患者大脑中发现的运动语言中枢（被称作布洛卡区），德国医生韦尼克（Wernicke）1874 年又作了进一步研究，发现了语言理解中枢的韦尼克区等，所有这些神经医学研究都包含这样一个影响深远的假设：**人类的外在行为和能力，与大脑某个部位的功能有直接的联系。**

在大学教科书里，神经元模型、布罗德曼分区是标准模型，大脑神经元承载着明确、清晰的功能定位也是基本假设，而神经科学家的使命就是找出这些内在的映射和关联。在尼科莱利斯的科学生涯中，他所面临的巨大挑战就是如何重新解释身体行为、知觉意向与神经元以及神经元集群之间的关系。

从 1989 年到美国费城哈内曼恩大学做博士后研究开始，尼科莱利斯就坚持这样的信念：不能把神经元个体看作大脑运作秘密的全部，而应当将大脑皮层想象成为一个“强大的时空连续体”。基于这一信念，2002 年，尼科莱利斯实现了“意念控制”的动物实验，通过训练一只名叫贝拉的猴子，他们成功地将猴子脑中的意念活动通过脑机接口导入到外界，控制了一只机械臂的动作。2008 年 1 月的一天，更加惊人的成果呈现在世人面前：一个远在日本东京的机器人的行走，完全受到美国达勒姆实验室中猴子的“意念控制”——整个控制闭环所需要的时间，比猴子自身将大脑意念传递到自己肌肉的控制时间还短 20 毫秒！

尼科莱利斯通过脑机接口技术证实了此前未来学家、科幻作家畅想过无数遍的场景，这一场景就是电影《阿凡达》中的场面：人的大脑可以通过电缆与机器相连，人可以通过意念活动进入一个完全虚拟的世界。尼科莱利斯证实了这一点！

然而，我想说的是，对人类大脑的思考现在才真正展开。

尼科莱利斯清醒地知道，他需要跨越的“思想河流”，并非那么浪漫、那么温情。“思想依存性涉及一个历史悠久的哲学思想，即人类的现实观、判断、信仰、解释以及科学理论，都受到了强加于人类思维的强烈偏见的玷污，而且这种玷污是不可挽回的。”^①

越来越多的思想者开始认识到人类思想在受到笛卡尔哲学深度“格式化”之后所面临的窘境。美国著名神经心理学家、超个人心理大师肯·威尔伯（Ken Wilber）对笛卡尔“二元论”方法作出了这样的评述：“二元论或者‘分而治之’的理论毒害如此之深，其中一个主要原因在于二元论的谬误已经形成了思维的根基，因此无法通过思维来将其连根拔起了。”^②

不仅如此，基于“两分法”的科学观，同样令大众的科学思维受到了毒害。尼科莱利斯坚定地支持著名进化论科学家、古生物学家斯蒂芬·古尔德（Stephen Jay Gould）的观点：“社会偏见以及带有偏见的思维模式，对我们了解世界的方法有着强有力的影响，而每一位科学家在探究任何问题上都会运用带有偏见的思维模式。有关‘科学方法’完全理性、客观的刻板印象，把科学家看成是合乎逻辑的（且可以互换的）机器人。这种刻板印象只是自利的神话。”美籍华裔物理学家，MIT 复杂系统科学家欧阳莹之，在其 1998 年出版的《复杂系统理论基础》一书中这样写道：“科学主义过分炫耀科学且背离科学精神，这激起了许多科学家吃惊的对科学的敌意。我们不要仅仅抱怨公众不愿意支持科学研究，或许我们应当检查自己，看看是不是我们做得太过分了，而成了科学主义。”

从我自己的理解来看，我们承接、延续着 500 年来文艺复兴、启蒙运动等科学理性精神的光泽，享有并继承着丰硕的文明成果，但与此同时，我们思想的“底座”不幸被“格式化”为笛卡尔主义的，不幸将还原论、确定性、两分法和可分离原则，作为一切思考的基本方法。我们所形成、浸润其间的“工业思维”以及受其母体的逻各斯中心主义（西方形而上学主义）塑形的这个大脑，已成为横亘在我们面前的“卢比孔河”。

① 摘自肯·威尔伯成名之作《意识光谱》，2011年，P19。本书中文简体版由湛庐文化策划，万卷出版公司出版。

穿越大脑与机器、大脑与身体、一个大脑与另一个大脑奔涌河流的旅程刚刚开始，然而跨越思想鸿沟的道路却依然漫长。

过河？过河！

聆听大脑交响乐并非如我们想象的那般惬意。这不是在音乐厅，我们听的也不是肖邦或者贝多芬。

有些人可能担心“脑联网”或者“脑机接口”会带来可怕的后果：某个无所不能的“老大哥”或者某个技术超群的天才，有朝一日会控制整个世界，或者更糟糕的是，某段代码的自我复制使得机器僭越人类，接管整个地球。如果真有这种担心，那么他的“科学观”可能还停留在笛卡尔时代——几乎所有的科幻作品大致都是这个戏码。尼科莱利斯不这么看，他乐观地认为，我们需要的恰恰是“将大脑从身体的局限中解放出来”。

在回顾人类飞行器发明史之后，尼科莱利斯指出，人与机器结成意义深远的联系，导致一种新的“身体图式”产生。这种“身体图式”是大脑自己对触觉信息产生的某种“感知”，这种感知仿佛进入了骨骼、肌肉，成为了身体的延展。

“身体图式”的概念最早见于100年前英国神经学家亨利·海德（Henry Head）和戈登·霍姆斯（Gordan Holmes）的观点。尼科莱利斯深化了这一观点，他认为：“就像猴子和人类精通使用人造工具一样，大脑也将这些工具同化为自己的一部分，成为与身体无缝链接的真实外延。正是由于这些图式的存在，我们才拥有将超过自身极限和有关姿势、动作及位置的认识，投射到手中工具之上的能力。”工具被“同化”到大脑，这是一种深刻的哲学洞见。

德国现象学哲学家马丁·海德格尔（Martin Heidegger）在其最重要的哲学著作《存在与时间》中，曾细致地分析过器具之于人的“上手”状态。海德格尔认为，人的日常生活总是与器物打交道的过程，这“器物”包括锤子、钥匙、扳手、手机，也包括道路、桥梁、楼梯和餐桌，与“器物”打交道的历史就是人的历史。而“打交道”是一个“使用”的过程而并非“认知”的过程（这一

思想可以带给迷恋“认知科学”的科学家更多深思)。人和器物的存在,在海德格尔这里被划分为两种状态,一种是“存在”(existence),另一种是“在世存在”(being-in-world),前者是现象学的存在而不是古典哲学的抽象的本体,而后者则是被俗世包裹、缠绕、羁绊之下的存在状态。

海德格尔还有一个中心概念叫作“烦”。简单说,就是器物和人之间如果“不上手”“疏离”,人就会生出“烦”的情状。“上手状态”则是人与器物之间的“同化”。

再看看大哲学家、思想家庄子“养生主”中《庖丁解牛》的故事,我们就会对这种“人与器物之间的同化”报以会心的微笑。

伴随尼科莱利斯对其25年潜心钻研工作的叙述,他总结了10大原则和2个假设,它们正是本书的思想精华。比如“可塑性原则”,尼科莱利斯指出:“皮层神经元所创造的有关世界的表征并非固定不变的,而是不稳定的。在我们的一生中,根据新经验、新的自我模式、外部世界的新刺激以及新同化工具等的不同,这一表征会不断调整自己。”

“工具是人的延伸”这一古老信念在神经科学家这里获得了全新的意蕴:这种延伸并非只是“器物”层面的,不是一截木棍再捆绑另一截木棍的“几何延长”,而是经年累月的“打磨”之后,大脑对这种“人-工具复合体”的认知反应,并重新经过神经元组合之后产生的“上手状态”。

尼科莱利斯指出,“边界”有三重不同的含义:其一,大脑的运作并非靠孤立的个体神经元,而是靠神经元集群(这一点超越了单一神经元定位-功能主义的局部科学观);其二,将神经元集群的活动与身体的相互塑形联系起来,突破大脑-身体“两分法”的边界;其三,让大脑超越身体,延展到另一个身体-大脑,延展到任何“器物”“机器”,进而延展到外部世界。用著名互联网思想家凯文·凯利的话来说,我们将迎来“人的机器化和机器的生命化同步展开”的时代。未来的科技,将作为与有机体共同发育、成长的“第7元素”,成为这个世界的“基元”。

尼科莱利斯畅想大脑在“星际空间”的漫游,畅想跨越生死边界,将思想、

情感与爱保存起来，超越虚实世界的分野的时候，我们是否可以期待，更加激越的“大脑交响乐”、“大脑间交响乐”将会在未来 10 年、20 年激情澎湃地上演？

尼科莱利斯已经站在了卢比孔河的岸边，甚至神经科学家们也已踏上了渡河的征程——“骰子，已经掷出！”

过河？过河！

我们已经过河，或者，我们正在过河……

BEYOND
BOUNDARIES
中文版序

用意念掌控生活

想象你生活在这样一个世界里：人们通过思想来操控电脑、驾驶汽车、与他人进行交流，不再需要笨重的键盘或液压方向盘……在这样的世界里，依靠身体动作或言语来表达意图已经变得毫无意义。你的想法会被有效而完美地转化为纳米工具的细微操作或者尖端机器人的复杂动作。不用动手输入一个字，也不用动口说出一个词，你就可以在网络上与世界任何地方的任何人进行交谈。足不出户，你便能够体验到触摸“遥远星球”表面是什么感觉。

在这样的世界中，你可以把思想转化为有形的动作、印象或情感，这种转化可以发生在你身边，也可以发生在遥远的火星表面。你只需要动脑想一想，而完全不需要收缩任何一块肌肉。

这种惊人的能力不仅可以使正常人神通广大，也可以使残障人士获得新生。通过神经义肢，残障人士能够重新获得运动能力。神经义肢是一种大小类似心脏起搏器的设备，它通过健康的大脑电活动来调节丝绸般纤薄的可穿戴机器人。它是一种像第二皮肤一样柔软精致的马甲，却又像甲虫外骨骼一样具有保护作用。这样的衣服可以支持一个人的体重，可以让曾经失去希望的残障人士重新迈开脚步，甚至再一次开始奔跑，让他们得以自由地探索世界。

这不是奇迹的作用，也不是魔法，一切都源于思想。是不是很令人着迷？

确实如此。这样的世界、这样的奇观不再只出现在科幻作品中。它正在我们的眼前慢慢形成——就在此时此地。

这本书会带你领略最近在大脑研究领域中出现的一系列革命性的科学突破，它们将看似不可能的脑机融合变成了惊人的现实。前沿的出版物和研究者们已经认识到了脑机接口的新发展所具有的深远意义。2001年，世界一流技术出版物，《麻省理工科技评论》（*MIT Technology Review*）把脑机接口领域称为将会改变世界的10大新兴技术之一。之所以会有这样的评价，是因为脑机接口在最初的10年中获得了非凡的成就。在这短短的10年中，我们的实验室以及世界各地其他的实验室在动物实验和初期的人类研究中已经证明，被试可以只通过脑活动，在身体没有任何动作的情况下，实时地控制机器人手臂和腿的运动，这种控制可以是本地控制，也可以是远程控制。

这些快速取得的发展成果成为了当代历史上最伟大、最激动人心的科技与医学探索之一。然而，目前还没有一本书来描写促成这一领域诞生的设想，也没有一本书向我们展示使瘫痪的人们重新行走的一系列科学突破。现在，科学家已经能够利用大脑信号来控制机器了，但没有人探索由此产生的令人鼓舞又令人担忧的想象。

本书从这一新兴领域的先驱者的视角，运用清晰的科学解释、现实的预测以及幽默而热情的语言探索了这个迷人领域的方方面面。书中探讨的惊人发现和科学壮举使我们可以进一步了解已知的最复杂的“星尘”产物——人类的大脑。我们“内在的宇宙”没有形成星系，而是孕育出了生命的本质：意愿、梦想、记忆、爱、恨、欲望和痛苦。大脑就像一个宇宙，它所容纳的细胞就像天上的星系一样多。它是自我的基本结构，使我们每个人都具有独一无二的特点，但同时每个人又是如此相似。

书中的内容还有助于我们理解，当我们有能力弄明白大脑中的电风暴所产生的私密信息的意义时，作为一个物种，我们可能成为什么以及我们应该怎

么做。虽然这些神经元风暴像夏日夜空中划过的雷暴一样具有自然天成的优美与无邪，但解读这些雷电的秘密不仅会给充满敬畏的我们带来绝妙的快乐，还会使我们陷入错综复杂的困境。

因此，我非常欣喜地将这本书的中文版介绍给中国的读者们，希望你们会有非凡的阅读体验。

BEYOND
BOUNDARIES
目录

推荐序 **跨越卢比孔河** / I

段永朝

财讯传媒集团首席战略官

卢比孔河，是古罗马时期意大利与高卢的天然边界。公元前49年，凯撒统一整个高卢之后，挥师南下，来到亚平宁半岛卢比孔河的北岸。按照罗马帝国的法律，任何帝国指挥官都不可跨越卢比孔河进入罗马，否则将视为背叛。凯撒心意已决，决定渡河。渡河时，他说了这样一句流传千古的话：“The die has been cast！”从此，这位未来的凯撒大帝，迈出了征服欧洲、缔造罗马帝国的第一步。

中文版序 **用意念掌控生活** / VIII

引言 **美妙的大脑交响乐** / 001

我看到人类的祖先，第一次仰望无边无际的天空，充满了敬畏与恐惧。他们的大脑电波涌动，搜寻着我们今天还在苦苦思索的问题的答案。我意识到，这些胆怯而好奇地看着天空的原始人类，开始了漫长而宏伟的接力赛。从那以后，世代代的人类都在寻找有关存在、意识以及周围一切的意义本质解释。

从宇宙大爆炸到人脑的形成

第一部分 传统神经科学的颠覆 /009

01 何为思维 /011

数百亿神经元如何相互作用

“孩子，我们不会记录单一的神经元，原因和你几天前参加的政治集会一样。如果参加抗议活动的不是100万人，而是只有1个人，那它将是一场灾难。对于大脑来说也是如此。大脑不会注意单个神经元的电活动。要决定下一步该怎么做，需要很多细胞一起歌唱。”

百万人的呐喊

大脑“相对论”

大脑如何决策

大脑如何应对风险

“观点”从何而来

02 思维“捕手” /029

谁是脑机接口的精神领袖

戈尔季的神经网络观点在1906年遭到了许多神经学家的嘲笑。但事实证明，这一观点激励了一代又一代的分布论者坚持自己的信念，其中包括拉什利、普法夫曼、赫布和埃里克森。

阿德里安爵士：“智能”存在于何处？

托马斯·杨与三色理论

戈尔季与卡哈尔的诺奖之争

03 模拟身体 /045

脑机互动与脑机融合

当我们学会让大脑直接与人造工具进行互动时，大脑会把这些工具同化为我们身体的一部分。我相信，大脑对融合工具的渴望将开启人类进化的新篇章，它将为我们的身体边界，甚至以非常独特的形式达到“永生”，比如为子孙后代保存我们的思想。

细胞结构学的兴起与鼎盛

触觉体验与小矮人图

濒死体验与幻肢现象

大脑可塑性实验

脑机融合开启人类进化新篇章

04 聆听神经元交响乐 /067

测量并解读大脑信号

读着美国国立卫生研究院的批准函，我很快意识到，如果查宾打算做的实验真的成功了，那么它必然会对神经生理学领域产生巨大的影响。有史以来第一次，人类有了通向最神秘莫测的大脑研究的科学线路图。在大脑中，分散在各处的神经元群所产生的电风暴汇聚成了思维之流。

第一条脑电图记录

微电极的协助

微电极的局限性

研究从单一神经元转向神经元群

多电极记录的“呼唤”

第二部分 信息输出：机器如何读取大脑信息 /085

05 老鼠如何逃脱猫爪 /087

感知外部世界

为了证明我们的观点，我们决定向1982年的惊悚片《火狐》学习。在电影中，演员克林特·伊斯特伍德利用一个头盔，设法从苏联偷到了一架秘密飞机。那个头盔能让他用俄语思考，而且不用动手就能驾驶飞机。或许我们也可以将大脑与一台机器连在一起，让机器服从大脑自发的动作意愿。

爱莎胡须的秘密
首要胡须的奥秘
多胡须的应答
感觉重组
清醒状态下的“标定实验”

06 解放奥罗拉的大脑 /115

意念控制

奥罗拉可以仅凭意念来玩电子游戏了，而不再需要使用自己的手臂。然而，更令人吃惊的事情正在发生：当奥罗拉的神经元直接控制机械手臂的运动时，她的大脑将机器同化到了她的神经元身体意向中——好像机械手臂是她自己身体的延伸。

奥罗拉，第一位人类受训者
脑机接口的设想
用意念喝水
用意念操控机械臂
马内实验破解人类大脑

07 只靠思想来完成的“丰功伟绩” /141

自我控制

只要奥罗拉继续让光标穿过目标，她便能得到一口果汁奖励，无论她的肌肉保持静止还是进行收缩。不过，当她发现不用动手臂也能得到自己渴望的奖励时，她就主动克制了自己的身体运动，只靠思想来完成她的“丰功伟绩”。

生物反馈研究
严重残障病人的福音
需要多少神经元才可靠？
第三类皮质神经元