

# 脑机接口技术： 阿凡达时代 已经来临

文/王怡雯（香港科技大学）



对话继续下去。那时候的脑机接口，就像藏在迷雾里的宝藏，我们是第一批摸着石头过河的探索者。

那什么是脑机接口呢？是不是就像《阿凡达》里那样，用想法就能控制另一个身体？没错，在电影中受伤的士兵腿不能动了，却能通过意念，控制外星球上那个高大、灵活的阿凡达身体，在森林里健步如飞。脑机接口做的事，和这个原理特别像。

它就相当于大脑的“翻译官”。我们的大脑就像一个超级司令部，每时每刻都在发号施令——想抬手、想走路、想说话，都是大脑先产生想法，再通过神经传给身体。可有些人的身体，因为生病、受伤，大脑的“指令线”断了，比如脊椎受伤的人，大脑想让腿动，信号却传不过去，这时候脑机接口就来帮忙了。

它会在大脑和智能设备之间架起一座“小桥”：一边“听”大脑发出的想法信号，把这些看不见的电信号翻译成机器能懂的指令；另一边把指令传给智能假肢、轮椅，甚至是电脑。

在2014年的巴西世界杯上，一位下肢瘫痪、身着机械外骨骼的少年，在全场的注视下，稳稳地完成了开球动作。他是怎么做到的？答案正是脑机接口技术。这历史性的一脚，不仅揭开了世界杯的序幕，也将“脑机接口”这个陌生的词汇，一脚踢进了全球公众的视野。

## 阿凡达的魔法成真了

还记得早年参加学术会议时，我试图向同行介绍自己的研究，可即便在美国的学术圈里，也鲜有人能听懂我在说什么。最后只能简单概括为“生物信号处理”，才勉强让

## 给大脑“升级”

除了帮行动不方便的人重新获得“力量”，脑机接口技术更是拓展人类能力边界的神奇钥匙。

比如你面前有一堵墙，肉眼完全看不到墙后有什么。如果戴上红外眼镜，墙后的人影就清晰可见了。脑机接口能做的，比红外眼镜更厉害——它可以把红外信号直接“翻译”给大脑的视觉区域，哪怕是失明的人，也能通过这种方式“看到”黑白对比的文字，实现阅读的愿望。

除此之外，它还能帮我们“打开”更多感知世界的大门。你知道吗？我们眼睛能看到的光，只有红、绿、蓝三种颜色；耳朵能听到的声音，也只是一小部分。就像我们手里的收音机，只能调到几个台。但脑机接口能把眼睛和耳朵升级成超级接收器，帮我们看到原来看不到光，听到原来听不到的声音。到那时候，我们能知道的世界秘密，可就多了！

脑机接口就是这样一个帮助大脑“放大本领”的好工具。



此图由 AI 生成

## 植入式脑机接口实验

2010年，我所在的浙江大学团队曾做过一个实验——中国首个灵长类植入式脑机接口。我们选择用猴子开展实验，因为它们是与人类亲缘关系最近的动物，大脑结构、神经机制都高度相似。我们期待为深受疾病困扰的患者，开辟一条全新的治疗路径。

实验的重要一步，是对猴子进行开颅手术，将一枚指甲盖大小的芯片，精准植入猴子大脑的运动皮层。这枚芯片，表面排布着上百个微米级的电极触点。当然现在的技术早已升级，变成更柔软的材料。

那段时间，我天天待在实验室。我们观察猴子的活动状态，同步记录芯片传输的神经信号等数据。因为此刻的每一组数据，未来都可能转化为帮助患者的希望。就这样，在无数个日夜的打磨下，灵长类脑机接口平台终于搭建完成，各项指标都达到了进入临床的标准。

后来我前往香港工作，未能直接参与后续的临床研究。但当2020年初时，我收到了一个喜讯——中国首个植入性脑机接口临床研究取得成功。那一刻，即便隔着山海，我也难掩内心的激动与自豪，要知道，这个成果经过十余年的培育，终于结出了果实。



X队长：

植入式？把芯片放进大脑里，不会疼吗？



王教授：

其实，我们的大脑本身是没有痛觉的。大脑质地柔软，就像一块特殊的“豆腐”，它没有感知疼痛的神经末梢。手术时让人觉得不适的，是头皮、肌肉这些表层组织，切开它们难免会有痛感，但当芯片真正接触到大脑时，并不会产生痛痒的感觉。只有在进行信号刺激时，可能会有一些异样的感受，只是这种感受很难用语言准确描述。

## 大脑也能发电

再谈起脑机接口，曾经需要费力解释的概念，如今已成为科技界的热词；曾经寥寥无几的研究团队，如今在全球如雨后春笋般涌现，为这片曾经荒芜的土地注入新的活力。但即便热潮涌动，脑机接口技术面临的挑战仍接踵而至，等待着我们逐一攻克。

很多人会好奇：植入大脑的芯片，难道不需要外接电源吗？其实，我们的大脑本身就是一个“微型发电站”，脑电波本质上是微伏级别的电压变化，这种极其微弱的电信号，就能为一些无源芯片提供基础的工作能量，让芯片捕捉到大脑的活动信号。但难题随之而来：脑电波信号实在太弱了，仅为100微伏左右，

要把这些微弱信号翻译成计算机能懂的指令，必须经过放大处理，而负责放大的放大器，是需要额外供电的。

供电就意味着发热。芯片工作时，能量转化不可能达到百分之百，多余的能量会以热量形式释放。这就提出了一个严苛的要求：既要为芯片稳定供电，让它精准传输信号，又要严格控制发热量，绝对不能损伤娇嫩的脑组织。

我当前领导的最新项目“超低功耗大脑芯片”，就聚焦于这个难题。我和合作者的目标很明确：就是在实现信号采集、无线通信的同时，把能耗和发热降到最低。

如今，脑机接口已被国家列为新兴产业。在深圳等前沿城市，社区会组织相关科普活动，甚至小学课堂上，孩子们都能接触到脑机接口的基础启蒙教育。曾经只存在于科幻作品中的场景，正一步步走进现实。

正如我常说的：“阿凡达的时代已经来临。”当大脑与机器的对话成为可能，当科技为生命赋能的边界不断拓展，你，准备好了吗？

(编辑：汪黄宁)

我与团队成员在实验室中交流讨论

