

# 脑机接口：可以出圈，但不能失控

□ 王明宇



2月2日，科技部官网发布《脑机接口研究伦理指引》(以下简称《指引》)，旨在指导脑机接口研究合规开展，防范脑机接口研究与技术应用过程中的科技伦理风险，同时还发布《人—非人动物嵌合体研究伦理指引》。

随着科学技术的飞速发展，人类正逐步进入一个与机器深度融合的时代。在这个时代，脑机接口技术作为连接人类与机器的关键纽带，正在引发全球范围内的广泛关注。然而，与每一次技术变革一样，脑机接口带来无限可能的同时也伴随着不容忽视的风险。

脑机接口这一概念最早由美国神经科学家雅克·维达尔在1973年提出，是指一个可以将脑电信号转化为计算机控制信号的系统。早在1924年，德国精神科医生汉斯·贝格尔在一名颅骨缺损患者的头皮上记录到镜式检流计的微小振动，首次发现脑电波，由此开启了脑机接口相关技术的学术探索时代。

在医疗领域，脑机接口的应用前景尤为广阔。以首都医科大学北京宣武医院和清华大学的合作为例，1月28日，他们宣布利用植入式硬脑膜外电极型脑机接口技术，成功地辅助

治疗了一位截瘫患者，实现了其自主脑控喝水。同日，埃隆·马斯克宣布旗下神经链接公司完成首例名为“心灵感应”芯片的人类大脑植入手术。这不仅为残疾人提供了恢复部分功能的机会，更展示了脑机接口技术在提高人类生活质量方面的巨大潜力，将在医疗、教育、娱乐、工业生产等众多领域发挥重要作用。

然而，在享受脑机接口带来福音的同时，我们也必须正视面临的风险。脑机接口技术涉及对人类大脑的直接操作，这将引发一系列伦理问题。对于尚在发育中的儿童和青少年，我们是否有权在他们的大脑中植入电子设备，直接把百科全书的数据输入大脑海马。一个人是否可以瞬间在大脑中下载海量知识、共享一切感官，实现真正的感同身受。人和人的边界在哪里？人作为个体将如何存在？脑机接口技术的使用也可能引发一系列安全问题，一旦设备出现故障或被入侵，泄露的将是一个人的所有信息。人类健康面对的将不只是疾病，还包括电脑病毒。

因此，我们需要进一步加强研究，不断完善和优化脑机接口技术，同时建立健全法律法规和伦理规范，以确保这一技术健康、可持续发展。《指引》明确了开展脑机接口研究应遵循的基本原则，那就是保障健康、提升福祉，尊重被试、适度应用，坚持公正、保障公平，风险管控、保障安全，信息公开、知情保障，支持创新、严格规范。



脑机接口概念图。视觉中国供图

脑机接口技术涉及到神经科学、医学、计算机科学、信息学、心理学等多个领域的知识。我们需要深入研究脑机接口对人类认知、情感、行为，以及对家庭、教育、工作、社交等方面的影响，更好地了解新技术的利弊，并制定应对策略；需要加强公众对脑机接口技术的认知和理解，通过科普宣传和教育等方式，提高公众的科学素养和判断力，以更加开放、包容和审慎的态度来面对这一技术。

《指引》指出：“对严重危及生命且尚无其他有效治疗手段的罕见病，可在严格遵守国家关于医疗器械、临床研究等相关规定的条件下，经充分知情同意，开展脑机接口创新产品的临床试验。”只有这样，才能充分发挥脑机接口技术的巨大潜力，带领人类走向更加美好的未来。

(作者系山西医科大学第一医院神经外科主治医师、中国医师协会健康传播工作委员会委员)

## 如何攻破自然科学“最后的堡垒”

□ 王欣



探索大脑的工作原理是对人类的一项巨大挑战，它被誉为自然科学“最后的堡垒”、当代科技“皇冠上的明珠”。为了破译大脑的奥秘，科学家们采用化整为零的方法，从不同的层次开展脑科学研究，这些层次分别为分子、细胞、系统、行为和认知。日前，美国哈佛大学约翰保尔森工程与应用科学学院的研究人员就推出了一种软性植入式设备，能够长时间记录大脑中单个神经元的活动。

在分子层次方面，科学家从微观水平研究脑的物质结构。脑的物质结构中包含着许多奇特的分子，它们对于脑功能行使扮演着非常关键的角色。例如，神经酰胺等“信使”类分子让神经元之间可以传递信号；通道蛋白等“卫兵”类分子控制着不同的物质进出神经元；轴突导向分子等“向导”类分子协调神经元的生长。对脑的这些最基本成分的研究被称为“分子神经科学”，常用到原位杂交、克隆技术和转基因动物。

在细胞层次方面，科学家致力于研究大脑有多少不同种类的神经元，它们的功能差异在哪里，不同的神经元是如何互相传递信号，神经

元是如何对不同的信号进行编码。由于神经元的反应模式就是发放电信号，因此，科学家通过电极收集和记录神经元的反应，利用膜片钳技术和药理学方法分析与其相关的细胞膜特性及神经递质。这类研究往往在实验动物上开展，也有些在离体培养的脑细胞上开展。

在系统层次方面，科学家们研究的主题是大脑的各种功能以怎样的神经环路作为基础，信号是如何在神经环路上运行？例如，“视觉系统”和“运动系统”在脑内都拥有各自独特的神经环路。这些神经环路涉及到数以亿计的神经元，要通过染色或示踪技术观察神经元之间的连接方式，通过刺激和反应分析其执行功能时的动态联系。

在行为层次方面，科学家尝试把人或动物的行为与相关脑区及神经环路联系起来，有关动物的研究为有关人类的研究打下基础。例如，人为什么会做梦？为什么会在特定的刺激下产生特定的情绪或行为？为什么拥有不同类型的记忆？记住陌生人的面孔和记住一首诗句涉及哪些不同的脑区？这些问题与我们的日常生活相关。以人为对象的研究应当安全无创，脑电图、脑磁图、功能性磁共振成像、正电子发射型计算机断层显像、近红外脑功能成像等技术在该领域发挥了重大作用。

在认知层次方面，科学家的目标是弄清人类的高级精神活动，如

自我意识、逻辑思维、联想和语言的神经机制。该领域的研究用到心理学、计算建模、脑成像等多种研究方法。该领域的课题是脑科学面临的巨大挑战，因为大脑不同于其他器官之处就在于实现了从物质到精神的跨越，可以思索浩瀚宇宙的秘密。

所有这些研究必须经过巧妙的整合，人类才能完美诠释大脑的奥秘。而要让大脑的奥秘造福于人类，脑科学必须与其他学科相互交叉，从理论研究进入实际应用。脑科学与教育学、认知科学交叉形成了教育神经科学；脑科学与数学交叉形成了神经计算学；脑科学与计算机科学交叉形成了人工智能；脑科学与医学交叉形成了临床神经科学；脑科学与工程学交叉形成了神经工程学；脑科学与经济学交叉形成了神经经济学；脑科学与哲学交叉形成了心灵哲学……随着现代科技的发展，这些交叉领域的研究会越来越深入和广泛，从而深刻影响到人类社会的方方面面。

人类凭借卓越的大脑从动物界中脱颖而出，成为最具创造力而强大的物种。期待人类在不断探索外界的同时，更清晰地了解自身，以及自身与宇宙的关联，这样人类才能在一次又一次的自然选择中生生不息，开创具有无限可能的未来。

(作者系华中师范大学副教授、中国神经科学学会科普与继续教育委员会委员)

## 超灵敏铅探测器可有效检测水质

科普时报讯(实习生王雨珂)美国加州大学圣地亚哥分校的工程师开发了一种用石墨烯制成的超灵敏传感器，可以检测水中极低浓度的铅离子。

该设备实现了铅的检测极限值达到飞摩尔(物质质量的单位)范围，比以前的技术灵敏度高100万倍。这项科研成果日前在国际学术期刊《纳米快报》上发表。

铅暴露是一个严重的健康问题。专家曾指出，饮用水中铅浓度达到十亿分之一，可能会影响人类生长发育。

该项研究中的设备由安装在硅片上的单层石墨烯组成。石墨烯具有显著的电导率和表面积比，为传感应用提供了一个理想的平台。研究人员通过将分子连接到石墨烯层的表面，来增强石墨烯层的传感能力。

研究人员使用适配体作为离子受体，即短的单链DNA(脱氧核糖核酸)或RNA(核糖核酸)，通过定制DNA或RNA序列进一步增强受体对铅离子的结合亲和力，这将确保传感器只有在与铅离子结合时才会触发。

研究人员还分析了系统的热力学参数，如结合能、电容变化和分子构象，发现它们在优化传感器性能方面发挥了关键作用。通过优化每个热力学参数，以及整个系统的设计，从电子和材料一直到离子受体，研究人员创建了一个传感器，可以通过前所未有的灵敏度和特异性检测铅离子。

论文作者班达鲁希说，这项技术旨在克服成本和可靠性问题。鉴于其相对易于制造，我们的最终目标是把它用在家庭中。