

# 脑机接口的伦理挑战与风险

古天龙

脑机接口是在人或动物脑与计算机，或其他电子设备之间建立的，不依赖于常规大脑信息输出通路（外周神经和肌肉组织）的一种全新通讯和控制技术。其中，脑是指有机生命形式的脑或神经系统；机是指任何处理或计算的设备（可以是简单电路，或者硅芯片，或者外部设备）；接口是指用于信息交换的中介物。脑机接口具有非侵入式、侵入式和半侵入式三种实现形式。非侵入式脑机接口，无需通过侵入大脑，只需通过附着在头皮上的穿戴设备来对大脑信息进行记录和解读，避免了昂贵和危险的手术，但是记录到的信号强度和分辨率不高。侵入式脑机接口，通过手术等方式直接将电极植入到大脑皮层，这样可以获得高质量的神经信号，但是却存在着较高的安全风险和成本。半侵入式脑机接口，将脑机接口植入到颅腔内，但是在大脑皮层之外，虽然其获得的信号强度及分辨率弱于侵入式，但是却优于非侵入式，同时可以进一步降低免疫反应和愈伤组织的几率。

脑机接口在康复医疗、智能机器人、可穿戴计算和人机交互等领域，具有重要的研究意义和巨大的应用潜力。近些年，脑机接口技术得到了长足的进步和飞速发展，应用领域也在逐渐扩大。最近，马斯克旗下 Neuralink 公司发布了脑机接口技术方面的突破性进展：借助于“缝纫机”机器人将包含 3 072 个电极、直径约 4~6 微米的

96 根“线”植入到脑部的 28 平方毫米面积上，完成对脑神经信号的采集与传输，并在猴子、老鼠等动物身上进行了数十次实验，能够允许“猴子通过大脑对电脑进行控制”，试验成功率达到 87%。Neuralink 宣称预计在 2020 年底开展人体试验，首先为残障人士提供服务，提高其生活质量，长期目标是实现人脑与人工智能间的无缝互联。此后不到两周的时间，Facebook 公布了一种无需在大脑中进行电极植入的非侵入式脑机接口方案：Facebook 和受其资助的加州大学旧金山分校实现了能够实时采集并解码人类志愿者在讲话时的大脑信号，将其以文字形式呈现。Neuralink 和 Facebook 的脑机接口突破性研究进展令人惊喜不已，同时也将脑机接口带到了风口浪尖，脑机接口的伦理和风险引发了人们的高度关注和担忧。

人类生命安全问题。侵入式或半侵入式脑机接口需要在脑部进行芯片等硬件植入，会破坏脑部的天然物理防护，若相关软硬件设施被非法使用（如输入恶意信号、更改信号阈值），可能引发脑部混乱，严重情况下将导致脑部受损，甚至危及生命安全。人类经过成千上万年的物种进化过程，对在自然界可能遭受到的伤害具有一定的自我恢复能力，可以应对划伤、烧伤、病毒、细菌等伤害。但是，当脑机接口带来伤害时，我们的身体该如何恢复？人类

又该如何应对？此外，随着 5G 技术的逐渐成熟，未来将是万物互联的时代，脑机接口的广泛应用必然使得人类成为万物互联的关键环节。值得庆幸的是，Neuralink 公司目前的脑机接口试验对象仅局限于动物，还未开展人体实验，人类仍有时间对其安全性进行考量。

**个人隐私安全问题。** 各类先进技术对人类生活的全方位渗透，隐私问题日益凸显，各类隐私侵犯事件频繁发生。最近，英国《卫报》披露苹果 Siri 通过人为方式采集用户语音，涉及机密医疗、毒品交易和性行为等方面。无独有偶，谷歌也被爆料借助谷歌智能音箱和语音助手收集用户谈话信息。相比较而言，脑机接口所引发的隐私担忧将更为突出，因为该技术不但能采集人类已表达出来的隐私信息（如 Facebook 所采集的谈话信息），还将具备采集各种仅存储在大脑内部的隐私信息的能力，如健康状况、生活经历、财产状况、婚恋、社会关系、信仰和心理特征等隐私信息。如何限制脑机接口技术对人类隐私的收集、分析、传播与使用？如何避免人类在脑机接口面前变成“透明人”？这些都是脑机接口技术研发所必须解决的问题。

**知情和同意权问题。** 在医学治疗和研究中，病患的参与往往十分重要，因为既可以提供宝贵的研究样本，也可以对医疗技术的安全性和有效性进行验证，甚至会承担一定程度的医疗风险，因此病患通常会受到足够的尊重，知情同意权便是其中之一。据《中华人民共和国执业医师法》第二十六条“医师应当如实向患者或者其

家属介绍病情，但应注意避免对患者产生不利后果。医师进行实验性临床医疗，应当经医院批准并征得患者本人或者其家属同意。”残障人士（如闭锁综合症患者）等是脑机接口的重点应用对象之一，将面临知情同意权问题。在应用脑机接口技术之前，如何充分保障患者的自主权？在技术应用过程中，如何正确解释应用对象的意愿？这些都是脑机接口技术需要考虑并解决的知情同意权问题。

**自主性和责任归属。** 随着脑机接口技术的不断突破与深入发展，其功能将从采集和解析脑信号，扩展到实现大脑与人工智能的深度融合，即通过将生物智能的模糊决策、纠错和快速学习能力，与人工智能的快速、高精度计算及大规模、快速、准确的记忆与检索能力结合，彻底颠覆人类与人工智能间的关系，创造出“人工智能人类”（超级智能种族），并开创智能信息时代新生活。当大脑与人工智能相辅相成、共同决策时，主导者是谁？人脑和人工智能深度融合的机器系统是机器控制人类，还是人类控制机器？人脑和人工智能深度融合系统中人类还具有多大程度的自主性？如果人脑和人工智能深度融合系统发生了错误、甚至犯罪行为，责任归属如何划分？人脑和人工智能深度融合系统应该追责人类、人工智能、还是脑机接口？

**社会公平公正问题。** 数字鸿沟带来了愈来愈严重的公平公正问题，导致不同人群在信息获取、资源占有、财富积累等诸多方面存在本质上的差异。随着脑机接口技术的应用，尤其是在大脑与人工智能深

度融之后，人与人之间的数字鸿沟将被进一步扩大。脑机接口技术有助于大幅度提升人类的认知能力，从而在学习、工作等活动中具有明显优势。但是受限于技术、政治和经济等方面原因，只有部分人拥有“进化”所需的条件和成本，成为某种意义上的“人上人”。这一巨大的数字鸿沟无疑将导致人类社会中公平公正的丧失，引发尖锐的社会矛盾，现有法律、行政、经济等政治手段很难管控这一状况。如何看待脑机接口技术所带来的新的社会公平公正问题？能否借助于脑机接口技术来弥合数字鸿沟，从而塑造公平公正的世界？

对人类社会的冲击。人类使用脑机接口技术之后，传统的人脑记忆能力将得到大幅提升，同时，人类或许可以借助于信号间的交互实现沟通，完全摆脱语言、肢体和表情等的限制。语言对话、文字记录等的减少是否会导致语言和文字的逐步消失？优美的诗歌、漂亮的绘画、精美的雕塑和动人的音乐等形形色色的艺术还能不能代代传承？人类文化是否会受到毁灭性打击并消失殆尽？如果竞技比赛的参赛选手

借助于脑机接口技术来提升个人竞技能力，竞技比赛的意义是否会发生改变？顽强拼搏、坚忍不拔、永不言输和永不放弃的奥林匹克体育精神是否还有存在的意义？人类是否还能拥有竞争意识、协作精神、公平观念、集体主义和爱国主义等品质？脑机接口技术是否会重塑当前的社会秩序？

总而言之，脑机接口技术将对人们的社会、生活产生深远的影响。脑机接口是否能够始终向善，以人为本、造福人类？这极大程度上取决于人们在技术发展中的态度与决策，尤其是对各种伦理问题的对策。虽然，在短时间内脑机接口所面临的各种伦理问题可能无法进行完全解答，但却需要我们尽早正视、认真对待。政府、相关行业组织、广大从业人员应重视管控制度的建立与完善，以保障脑机接口技术在研发、使用及普及过程中能够合理、有效地制衡相关各方的利益。普通民众要充分且清晰地认识到脑机接口技术可能给人类带来的机遇和挑战，尤其是对人类认知、文化、人格等方面的影响，以及各种潜在的伦理和风险问题。

## 作者简介



### 古天龙

CAAI 离散智能计算专委会主任、桂林电子科技大学教授。主要研究方向为软件工程与形式化方法、知识工程与符号推理、计算机辅助工程等。主持国家“863计划”项目、国家自然科学基金、国防预研重点项目、国防预研基金、中澳国际合作项目等 30 余项。