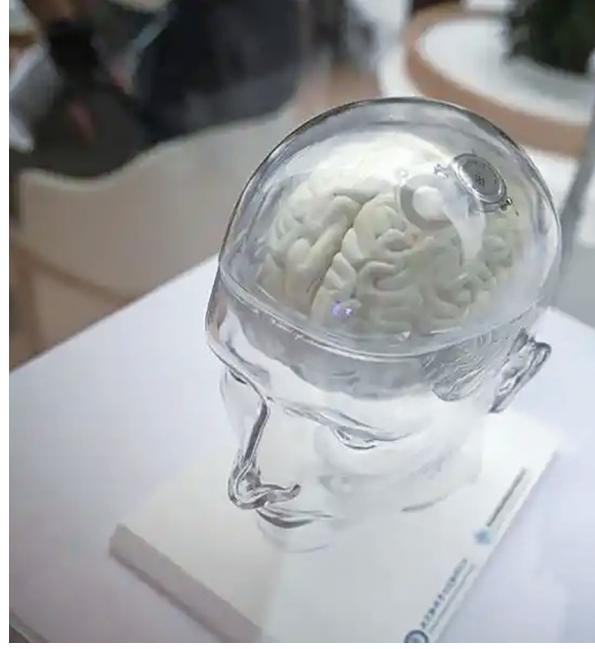


脑机接口“接入”生活有哪些挑战？

“高位截瘫患者仅凭意念就能操控轮椅下楼遛弯、用意念操作机器狗取外卖”……这些看似科幻片中才有的场景，正在成为现实。“脑机接口”概念近日引发关注。这项前沿技术究竟是什么？当前发展态势如何？又面临着哪些挑战？



2025年10月25日，工程师在北京市朝阳区“敬老月”主题活动中演示脑机接口手部运动反馈康复训练系统。



2025中关村论坛年会上展示的“北脑一号”智能脑机系统模型。



2025年6月3日，科研人员在中国科学院脑科学与智能技术卓越创新中心微纳电子加工平台实验室内工作。

什么是脑机接口？

“脑机接口，就是借助AI解读人类脑波规律，让人类直接通过脑波信号操控信息设备，为人类新增一种信息输入输出的交互方式。”工业和信息化部信息通信经济专家委员会委员盘和林表示。

“通俗来讲，脑机接口就像是在大脑和外部设备（比如电脑、假肢、轮椅等）之间搭建的‘直接通信桥梁’。”中国信息通信研究院知识产权与创新发展中心主任李文宇介绍，“我们的大脑思考、产生意念时，会发出微弱的电信号，脑机接口能捕捉到这些信号，经过解码转化成机器能读懂的指令，进而操控设备，同时也能将外部设备的信息转化为大脑可感知的信号反馈给人体。”

“与传统人机交互（如键盘、鼠标、触摸屏、语音控制等）的核心区别在于是否需要依赖肢体动作或语言作为中间媒介。脑机接口跳过了这一环节，直接实现大脑与机器的‘信息互通’，本质是‘大脑信号→机器指令’的直接转换，无需任何肢体或语言参与。”李文宇进一步解释道。

从技术实现路径来看，脑机接口主要分为侵入式和非侵入式，核心差异在于传感器与大脑的接触方式。

“侵入式技术虽精准度高，但常需通过开颅、血管支架手术等手段植人大脑，存在感染、免疫排斥、组织损伤等医疗风险；非侵入式技术无需手术，较为安全、操作便捷，成本较低，但解读精度和信号稳定性相对较低，难以实现复杂指令。”盘和林表示。

主要应用场景是什么？

目前，脑机接口产业正驶入发展快车道，呈现出快速增长的良好态势。

根据中国信通院测算，2026年产业规模预计数十亿元人民币，预计2030年的中国市场为100-140亿元。产业规模的稳步扩容，也带动了市场主体的蓬勃发展，目前我国脑机接口企业总量已突破200家，这些企业广泛分布于25个省份。

从地域分布来看，行业集聚效应尤为明显。约七成企业集中在北京、广东、浙江、上海和江苏等地，这些区域凭借技术、人才和政策优势，成为脑机接口产业发展的核心阵地。

在技术路线的选择上，市场倾向也十分鲜明。数据显示，目前我国脑机接口企业中，采用非侵入式技术路线的企业占据主流，占比高达88%，采用侵入式技术路线的企业占比仅为12%。

“非侵入式技术更具安全性，技术门槛相对较低，市场接受度也更高。”上海交通大学计算机学院教授吕宝粮说。无创技术的低成本特性，降低了研发门槛，让更多中小型公司得以参与其中。同时，其商业化周期相对较短，能帮助企业更快实现市场回报。

从应用场景来看，脑机接口的落地版图正不断扩张。“目前，脑机接口已覆盖医疗康复、消费电子、科研教育、工业控制等多个领域，其中医疗康复是刚需应用方向。”李文宇表示。

在临床研究层面，国内多家医院已率先迈出探索步伐。上海华山医院开展的侵入式脑机接口临床试验，成功帮助高位截瘫患者实现了文字输入；北京天坛医院、北京宣武医院、上海华山医院、上海瑞金医院等多家三甲医院，也正在推进脑机接口在脊髓损伤和运动能力重建、抑郁症患者情绪调节、帕金森病患者运动症状控制等方向的临床试验，未来有望为神经疾病治疗提供全新路径。

面临哪些挑战？

尽管当前脑机接口行业发展势头迅猛，但多位受访专家均坦言，该行业尚处于发展初期，仍需跨越多重挑战。

最直观的是技术层面的挑战。“侵入式技术适合用于医疗领域，相关医疗器械需要通过专业部门严格的检验检测来验证其技术的成熟度和安全性。”李文宇表示，随着高通量电极的信号采集技术发展，配套的高通量芯片、封装技术等也需要同步创新，才能跟上技术迭代的步伐。

浙江诺尔康神经刺激科学研究院执行院长黄穗也认为，脑机接口行业仍处于探索期。“许多研究仍停留在信号提取与验证阶段，缺乏从‘读取’到‘干预’的完整闭环。”

吕宝粮则认为，审批与成本控制中同样存在亟待解决的问题。

“市场开拓是个复杂的系统工程，并非单一环节突破就能解决。”吕宝粮进一步解释，当前脑机接口相关设备多依赖进口，成本居高不下，国产替代成为降本关键。“国产替代必须先达到与进口设备同等的质量标准，在此基础上实现价格降低，从而拉低整体成本、扩大用户群体。这涉及材料、器件等多个环节，每个环节都需要同步推进。”

“目前只有上海等少数地区设有创新医疗器械入院‘绿色通道’。”黄穗表示，“在当前行业规模有限、企业现金流普遍紧张的情况下，如果创新产品耗时多年仍无法投入使用，企业的研发动力将受到影响。”

“要解决这些共性问题，需构建一个政策、产业、人才等多方协同的创新生态。”杭州暖芯迦电子科技有限公司合伙人朱吾为建议，应重视产教融合，积极培育神经工程、临床医学交叉的复合型人才，还应积极探索各种潜在落地场景，聚集长尾需求，借助政策势能，打通临床技术商业化落地的‘最后一公里’。”

文图均据新华社