

脑机接口正在与三大先导产业交汇融合

► 本报记者 叶伟

3月12日,国家医保局发布《神经系统医疗服务价格项目立项指南》,专门为脑机接口新技术单独立项,设立侵入式脑机接口植入费、取出费,非侵入式脑机接口适配费等价格项目。这意味着,一旦脑机接口技术成熟,快速进入临床应用的服务收费路径已经铺好。

“2025年有望成为脑机接口应用的关键一年,技术迎来大规模爆发,应用场景将会更加丰富,脑机接口技术正在从科幻走向现实。”天津大学副校长明东表示。

应用场景不断涌现

作为一种变革性人机交互技术,脑机接口是在大脑与外部设备之间建立直接连接的通路。当下,脑机接口正在与集成电路、人工智能、生物医药三大先导产业交汇融合。

近年来,我国脑机接口技术产业化进程明显提速,非侵入式脑机接口达到国际先进水平,在运动神经康复领域,载人航天领域取得重大突破;侵入式脑机接口也在脊髓损伤、语言解码等多个场景开展临床试验。

3月3日,全球首批第4例通过脑脊接口让瘫痪者重新行走的临床概念验证手术在复旦大学附属华山医院成功实施,“让瘫痪者再次站立和行走”成为可能。

据悉,复旦大学类脑智能科学与技术研究院加福民团队在全球首创“三合一”脑脊接口技术,通过微创手术在脑与脊髓间搭建“神经桥”,采集、解码脑电信号,给特定神经根进行时空电刺激,让瘫痪者



实验员在天津大学实验室内给学生授课。

均为新华社记者 李然拍摄

再次掌控自己的肢体。

让瘫痪者行走、让失语者“说话”、让盲人“复明”……脑机接口为众多患者和家庭打开希望之门。

“当前,脑机接口技术应用场景不断涌现,专为交流和运动康复设计的辅助型康复型脑机接口已被广泛应用于实验研究和临床试验。未来,脑机接口的应用将从单纯的医学应用扩展到教育、娱乐、工业与交通安全等领域。”清华大学长聘教授高小榕表示。

西安臻泰智能科技有限公司董事长王浩冲表示:“脑机接口技术目前处于初步应用阶段,在脑卒中、脊髓损伤、老年痴呆等认知运动功能障碍患者康复治疗方面表现出显著效果,未来在抑郁、焦虑、睡眠以及儿童脑瘫、自闭、多动等多种疾病治疗干预方面将会表现出良好的应用前景。”

技术实现创新突破

脑机接口技术正在从科幻走向现实,慢慢走进人们的生

活,这离不开技术的创新突破。

比如,明东团队联合清华大学研发基于忆阻器神经形态芯片的新型无创演进型脑机接口系统,为脑机融合智能的发展开辟新方向;“神工”脑机交互创新医疗器械全谱系产品问世,首创了“脑—机—体”协同的神经功能重建思路;我国首个脑机接口领域综合性开源软件平台MetaBCI发布,搭建起横跨医疗、教育、娱乐、交通等领域的智能生态产业平台……

近年来,脑机接口科研快速发展,取得多项突破性进展。“我国脑机接口研究在算法、硬件、交互范式等方面均取得较大进步。”高小榕表示,在算法研究方面,先进的脑电信号处理和机器学习算法应用,使得受试训练时间大大缩短;在硬件方面,小型化多通道放大器技术日趋成熟,新一代传感器不断涌现,这些记



录硬件的进步推动脑机接口实用性提升;在交互范式方面,混合脑机接口、情绪脑机接口、认知脑机接口等新范式相继涌现并日益成熟。

脑机接口技术的发展与突破,不仅需要基础研究,也需要企业参与。王浩冲说:“在政策引导和市场驱动下,我们已布局脑机接口电极、芯片、算法等核心技术,研发出可穿戴式脑电采集分析系统、通用脑机接口智能康复机器人等多款产品,面向脑卒中、脊髓损伤、老年痴呆等多种疾病康复治疗应用。”

规模化应用有待时日

脑机接口技术正在从科幻

走向现实,但其应用落地仍面临诸多挑战。高小榕表示,当下,人们对脑机接口的想象和期待同现有的技术发展现状仍有较大差距,脑机接口的科学原理、关键技术、伦理规范和场景应用均面临着诸多挑战。

明东说,一方面,脑机接口的侵入式技术普遍存在安全性问题,包括植入设备的长期生物相容性、手术风险以及术后可能的免疫反应,更无法实现全脑监测;另一方面,传统非侵入式技术受颅骨信号衰减影响,信噪比低、空间分辨率不足,高精度解码难度大。“只有突破这些技术瓶颈,并建立完善的伦理规范,明确数据隐私、生命安全、人体实验等红线,脑机接口才能真正实现规模化应用。”

明东表示,我国应充分发挥一流大学的学科资源优势,布局脑机接口国家战略急需专业,构建高质量脑机接口专业教育体系,加强拔尖创新人才长周期贯通培养。同时,还应构建多学科交叉的脑机接口产教融合共同体,建立技术—伦理—标准“三位一体”的国际竞争力体系,助力未来脑机接口产业高质量发展。

“植入式和非植入式脑机接口电极性能都需进一步提升,芯片需进一步低功耗集成,算法方面需要在脑机接口数据集以及通用性方面进一步研究。同时,加快行业标准制定。”王浩冲说,“未来希望能够在行业标准指引和产业链赋能下,加快更多应用场景落地。”

让“产学研用”在医学装备赛道加速接力

► 新华社记者 徐鹏航 顾天成 周闻韬

质子束在环形跑道一般的同步加速器系统上不断加速,最高可达70%光速,然后沿着束流输运线传入治疗室,精准“射入”患者的肿瘤部位,“定向清除”癌细胞……在3月13-16日于重庆召开的2025中国医学装备大会暨医学装备展览会现场,国产首台质子治疗系统的微缩模型吸引了许多人驻足。

“质子治疗就像一个精准的‘大炮’,在准确将质子射入肿瘤、实现定向爆破的同时,最大限度保护周边健康组织。”中国科学院上海高等研究院研究员、上海艾普强粒子设备有限公司副总经理陈志凌详细讲解着这个诞生于“实验室”的放疗医学装备。

2009年,我国首台第三代同步辐射光源上海光源宣布建成。在科学技术部与上海市的支持下,团队组织专业技术人员,将同步加速器核心技术应用于国产首台质子装置的研发中来。

“质子治疗系统是一个‘缩小版’的大科学装置。我们与上海瑞金医院临床团队密切合作,结合临床需求对设备进行调试。”陈志凌举例说,人体在呼吸过程中,身体组织及肿瘤的位置都会发生移动,系统可以实时监控呼吸,在肿瘤回到正确的位置时才发射质子束流。

从2022年9月国产首台质子治疗系统获准上市,到2023年

正式运营,再到全国规划16个质子治疗中心……这项前沿技术已服务不少患者,预后效果良好。

医工融合的联动,让更多医学装备紧跟临床需求。

“我之前学的专业是化学,博士期间进入生物工程学院,找准了研究方向。”重庆大学展台上,生物工程学院博士生谢西月展出了她在导师张吉喜教授的带领下,和团队研发的免洗免分离生物标志物电化学传感系统。

这一技术不依赖大型仪器设备,可以快速分析肿瘤间质液中的耐药和免疫抑制等生物标志物情况,从而辅助医生在术中快速制定个性化治疗方案。该

技术目前正在性能测试和产品开发概念验证。

重庆大学生物工程学院院长蔡开勇指出,医学装备研发是一项跨学科合作工程,学校专门为研发团队配备工程和医疗行业“双导师”,还组建了重庆智慧医疗装备研究院,锚定临床需求,加速医工融合。

《“十四五”医疗装备产业发展规划》提出,强化医工协同,推进技术创新、产品创新和服务模式创新,完善产学研医相结合的技术创新体系;广东、北京、重庆等多地发文,推进医疗装备产业发展……从国家到地方,从实验室走向临床的成果不断涌现,拥有关键核心技术的国产化医疗

装备迭代升级。

“坚持医工融合,搭建‘产学研用’深度交流、协同平台。”

“研发生产出更多适合临床应用、解决实际问题、赋能医疗服务能力提升的好产品。”

“促进创新链和产业链对接,不断丰富新技术、新产品、新场景。”

……

来自高校、科研机构、企业和行业协会的声音正在汇聚起来,令人振奋。

“产学研用”,正在让更多创新成果从实验室走向大众。期待在医学装备的赛道,这场接力可以加速奔跑,让更多国产创新成果守护人民健康。