

非侵入式
半侵入式
侵入式



图中展示的为神芯科技(海南)有限公司最新研发的高密度神经信号采集器件。海南大学脑机芯片神经工程团队供图

“海南芯”
海南大学的128通道采集芯片
与目前国际上的主流产品相比
其通道数翻倍
功耗却降低80%以上
体积也缩小50%

临床应用

海南省老年病医院
已累计为32名患者完成治疗周期
其中脑卒中后运动障碍者占65%
帕金森病患者占24%

脑机接口 加速“接入”海南

■ 海南日报全媒体记者 黄婷 实习生 林紫嫣

近日,在海南医科大学第二附属医院的病床上,一位因车祸昏迷两个多月的年轻患者,头戴一顶黑色脑电帽——这顶“帽子”正在捕捉着他的脑电波信号,试图从无声世界里为后续治疗找到突破口。

在海南大学实验室,几枚只有指甲盖大小的国产脑机接口芯片问世。它们虽小,却像一座座微缩的“神经中枢”,让大脑与外部世界之间多了一条新的“对话通道”。

非侵入式康复治疗、侵入式芯片研发,两幅画面,共同指向一个未来产业——脑机接口。今年全国两会上,“脑机接口”首次写入政府工作报告,被明确为国家层面培育发展的未来产业。

面对这一极具潜力的新兴产业,海南自然不会缺席。海南“十五五”规划纲要明确提出,推动脑机接口等未来产业创新;2026年海南省政府工作报告首次将其纳入未来产业布局。

当前,海南脑机接口产业走到了哪一步,有何独特优势,又该如何抢抓机遇、加速突围?海南日报全媒体记者进行了深入采访。

被“唤醒”的沉睡肢体
“只要想着抬手,屏幕上的手就真的动了”

3月26日,在海南省老年病医院,72岁的李阿公头戴一款轻便的无线脑电采集设备,接受了一场由大脑主导的康复治疗。

看着屏幕上的虚拟手指缓缓抬起,李阿公脸上露出久违的笑容,“只要想着抬手,屏幕上的手就真的动了,太神奇了!”

李阿公的“心想事成”,是脑机接口技术在康复医学中的生动实践。他因脑卒中导致左手活动障碍,大脑和左手之间失去了联系。而脑机接口技术便是在大脑与外部设备之间建立一条新的“线”——信息传输通路,将脑意识转化为具体的“指令”。

对于李阿公来说,虚拟手指动起来是个好的开始。下一步,借助脑机接口设备反复训练,不断促进大脑神经重塑,他有望实现主动、正确地完成功能性动作。

脑机接口,这项未来技术正在为瘫痪、失语、失聪、癫痫、帕金森病患者带来新希望。那么,它如何让患者靠“意念”行动、说话?

人脑由约860亿个神经元构成,每一次思考或意图,都伴随着神经元放电产生的电信号。脑机接口的工作,就像一名“翻译官”,把大脑的“语言”翻译成机器语言。

“传统康复训练依赖于治疗师的一对一辅助,患者处于被动接受状态;而脑机接口技术让患者通过意念主动参与,充分调动大脑可塑性,康复效果事半功倍。”海南省老年病医院康复治疗科主任王建强介绍。

他打了个比方:李阿公头上的采集设备像一对灵敏的“耳朵”,负责捕捉大脑发出的微弱电信号;后台电脑通过算法实时解析出“他想抬手”的意图;随后指令被发送至屏幕上的虚拟手完成动作;当患者看到虚拟手移动,视觉反馈又传回大脑,形成一个完整的神经调控闭环。这正是脑机接口技术的4个核心环节:采集、解码、控制、反馈。

根据采集电极放置位置的不同,脑机接口主要分为三类技术路线:非侵入式、侵入式、半侵入式。李阿公所使用的是非侵入式脑机接口,电极置于头皮表面,无需手术,安全性高,操作便捷,是目前临床康复中应用最广的形式。

得益于安全性和操作便捷性,非侵入式技术在产业化进程中走得更快。根据中商产业研究院发布的《2025年中国脑机接口产业链图谱及投资布局分析》,目前非侵入式脑机接口占据国内市场约82%的份额,远高于侵入式和半侵入式。

海南省老年病医院自去年12月引入非侵入式脑机接口技术以来,已累计为32名患者完成治疗周期,其中脑卒中后运动障碍者占65%,帕金森病患者占24%。

海大自主研发芯片已达到国内领先水平

“非侵入式脑机接口技术安全无创、成本低,在康复与消费领域加速落地,短期内更易规模化应用。”海南医科大学第二附属医院神经外科主任冯基高介绍,在重症医疗领域,侵入式脑机接口技术能获取单神经元级高精度信号,是产业突破的核心战场,其在硬件、手术、算法上的长期突破,直接定义了脑机接口产业能走多远、做多强。

而实现以上突破,离不开决定脑机接口性能的“心脏”——芯片。

芯片是脑机接口产业链的核心环节,其性能直接决定信号采集与处理的能力。而在我国,这一核心元件曾长期依赖进口,成为产业发展的关键技术瓶颈。

2020年,在中国科学院院士骆清铭的推动下,海南大学脑机芯片神经工程团队成立,目标直指芯片自主可控。经过多年努力,海南大学自主研发的侵入式脑机接口芯片已达到国内领先水平。

这是一场极限较量。“我们做的是侵入式脑机接口芯片。由于需要植入大脑,芯片必须在高通道数、微小体积、低噪声、超低功耗这几个相互制约的指标中取得极致平衡。”海南大学脑机芯片神经工程团队负责人殷明解释。

2025年,该团队在消博会上展出的128通道采集芯片,与目前国际上的主流产品相比,其通道数翻倍,功耗却降低80%以上,体积也缩小50%。截至目前,团队已开发出涵盖信号采集、神经调控、无线传输的全链路侵入式脑机接口芯片产品线,申请相关专利近20项。

为了推动科研成果走向市场,海南大学还孵化成立公司神芯科技。目前,其已有3款芯片实现转化,被国内30多家医疗器械企业及科研院所采购试用。

“海大团队研发的脑机接口芯片性能卓越,多项关键参数优于国际头部企业的同类产品,且货期更短、成本更低,我们已多次采购。”行业独角兽——科斗(苏州)脑机科技有限公司相关负责人杨全威表示,他们采购的这些芯片将作为核心部件,用于神经科学研究仪器、神经调控医疗器械等产品的研发,助力神经性疾病(如癫痫)的研究和康复治疗。

另据了解,海大团队目前正在研发下一代1024通道超低功耗芯片,且即将进入芯片加工阶段。

从跟跑到并跑,海南大学自主研发的“海南芯”正打破国外垄断,为我国脑机接口产业发展,尤其是侵入式临床验证奠定坚实基础。



患者通过脑机接口接受神经系统康复。
海南日报全媒体记者 陈元才 摄



患者通过脑机接口,进行手指康复训练。
海南日报全媒体记者 陈元才 摄



海南大学脑机芯片神经工程团队师生在讨论芯片的测试进展。
海南大学脑机芯片神经工程团队供图

大规模商用仍面临标准与成本双重挑战

脑机接口作为新兴产业,受到全球瞩目。谁能够在这领域率先取得突破,谁就能抢占未来产业发展的先机。不过,这条路并非坦途,产业链的上中下游面临重重挑战。

首先,是核心技术挑战。“就像在颤动的果冻中穿针引线,必须避开所有血管,将线头精确送到几厘米深的指定位置。”冯基高表示,以侵入式脑机接口手术为例,要将成百上千根微米级柔性电极送入大脑深处,从材料的柔韧度、植入位置的精准度,到信号的稳定解码,每一项都涉及微米乃至纳米级的精度,都需要逐一突破。

技术难度大带来的是产品研发的漫长周期。“侵入式脑机接口属于高风险Ⅲ类医疗器械,须完成动物实验、伦理审查和多阶段临床试验,注册周期通常需5至8年。”苏州纽锐医疗科技有限公司技术负责人余颖说,尽管海南大学等机构的国产脑机接口芯片的突破为行业带来了新机遇,但由于技术复杂性高、监管与临床要求严苛,脑机接口产品仍面临研发周期长的现实挑战。

眼下,脑机接口正处于技术积累向产业落地的关键过渡期。余颖认为,未来仍需面对标准完善、应用场景拓展、上游制造及芯片国产化不断成熟等多重挑战。

在临床应用层面,脑机接口技术还面临医工脱节困境。“造芯片的科学家对手术了解不多,做手术的医生又不完全清楚芯片原理。”冯基高坦言。

此外,脑机接口走向大规模商用仍面临标准与成本双重挑战。目前行业标准、技术规范及收费标准尚未统一。据了解,工信部与国家医保局已在推动相关工作,但完整收费体系仍在探索中。

尽管脑机接口从理想落为现实仍有较长的路要走,但就在破题之际,一些可喜的变化正在出现——

医院态度从审慎转向“主动拥抱”。今年1月,海南大学谢小峰团队与海南医科大学第二附属医院合作,为一位20岁车祸昏迷患者提供意识障碍诊断和康复帮助,这意味着脑机接口技术正加速走向临床。

更深层的制度破局正在推进。今年1月20日,海南大学牵头成立的海南省脑空间信息学与脑机接口技术创新中心揭牌。“‘高校研发+医院验证’模式将彻底打通从实验室到病床的通道。”殷明表示。

自贸港政策能大幅降低创新主体落地与运营成本

在这场群雄逐鹿的前沿赛道上,海南优势何在?

不少受访专家认为,海南自贸港独有的政策红利无疑是核心竞争力。“零关税、低税率”、跨境数据流动试点等自贸港政策,能够大幅降低创新主体落地与运营成本,为前沿技术孵化提供极具吸引力的政策土壤。

政策红利正在加速转化为实际行动。日前,海南省药品监督管理局印发专项措施,在加强监管科学研究方面,海南将对国家药监局相关部门,推动在琼设立研究机构,针对脑机接口产品的生物相容性、植入材料长期安全性、人机交互有效性等关键环节,为国家层面制定相关评审要点和指导原则提供“海南实践”。

政策之外,海南得天独厚的多元资源禀赋也为脑机接口产业开辟了广阔的生长空间。殷明描绘了一幅跨领域应用图景:在深海领域,可用于极端环境下的人机交互;在航天领域,可监测航天员生理状态;在农业领域,可用于育种研究与无人机控制;在生物医药领域,可用于进行性疾病的神经功能评价;在康养领域,基于脑机接口的闭环康复治疗也将惠及越来越多患者……

不过,构建成熟产业生态绝非朝夕之功。中国科学院院士张旭指出,当前更深层次的挑战在于,人类对大脑高级功能编解码机制的理解尚不充分,脑机接口应用仍集中于语言输出、运动控制等相对基础的神经功能领域。他建议,海南应避免在临床病例数量上与医疗资源高度集中的地区“硬碰硬”,而需另辟蹊径,聚焦软件与算法这一核心竞争力——一旦在解码大脑高级功能等底层技术上取得突破,技术成果便可辐射全国,乃至引领全球。

要攻克这一制高点,人才是关键。张旭进一步建议,海南应拓宽引才视野,充分发挥自贸港政策开放性优势,积极引进数学和算法领域的国际人才,以差异化策略弥补地缘短板,为产业长期发展夯实智力底座。

政策红利、多元场景、算法深耕——这些关键词共同勾勒出海南在脑机接口领域的独特优势与发展方向。在这片充满活力的热土上,“脑链万物”的故事,才刚刚开始……

(本报海口4月1日讯)

深读



扫码看更多内容

执行策划:罗清锐

执行总监:刘东蒙

客户端主编:苏杰德 陈咏棋