



点睛之笔

三位一体 四链融合：抢占脑机接口未来制高点

明东

当“脑机接口”首次被写入政府工作报告,当科幻电影中“意念操控、心想事成”的场景从银幕走向现实,这项被视为人机交互最高形态的颠覆性前沿技术,正成为全球科技竞争的战略制高点,更是我国培育未来产业、实现高水平科技自立自强的关键赛道。

作为全国先进制造研发基地,天津市积极抢抓北京(京津冀)国际科技创新中心扩围机遇,立足脑机接口领域丰富的科教资源、人才优势和产业基础,围绕教育、科技、人才一体推进,打造“技术攻关—人才赋能—金融添翼—产业集聚”全链条生态,准确识变、科学应变、主动求变,着力推动脑机接口技术从实验室走向生产线,走出一条具有天津特色的脑机接口高质量发展之路,为未来产业新发展格局筑牢了根基、立稳了标杆。

二、创新链：从“破题”到“引领”，塑造一体化的“创新策源地”

关键核心技术是国之重器。唯有率先实现脑机接口创新能级重点突破、跨越赶超,才能打造具有全球引领性的脑机交互技术策源地。

作为我国脑机接口领域研发的核心力量,天津大学团队是国内较早从事脑机交互领域研究的单位之一。自2003年,在津举办的全国首届脑机接口学科研讨会吹响了进军脑机接口集结号以来,20余年间,团队已构建脑机接口共性关键技术“核高基关”(核心电子器件、高端通用芯片、基础软件产品、关键底座系统及其示范应用)全链条创新体系。

一是以高能级平台激发创新“裂变”。天津大学围绕国家重大需求和战略前沿,在“新一代非侵入高通量脑机接口”等颠覆性技术领域形成先发优势,支持医工交叉领域两大国家重点实验室、脑机交互与人机共融海河实验室等近20个国家级和省部级平台在津落地,通过协同高效的科研平台矩阵,建构了服务脑机接口未来产业发展、开展前沿科学研究的坚实“四梁八柱”,瞄准脑机接口未来产业增加高质量科技供给。

二是以核心技术攻关激发突破“聚变”。首创“脑—机—体”协同的神经功能重建思路,大指令、快通讯、精辨识等多项核心指标达到国际领先水平,拥有脑机交互领域世界最大专利池,形成了一批具有自主知识产权的“硬”成果——面向航空航天,设计开发包括世界首套在轨脑机交互操作系统平台在内的多代中国空间站脑机交互技术装备;面向健康医疗,开发的二十余款“神工”系列脑机交互创新医疗器械,已让数千名患者实实在在地受益;在软硬件方面,自主研发国际首套脑机采集/计算专用芯片,发布我国首个脑机交互领域综合

性开源软件平台;开辟脑机接口研究新疆域,研发的片上眼—脑神经信息交互模型已完成多种类脑计算的启发工作。

三是以标准化建设激发效能“跃变”。加强脑机接口标准化工作的系统谋划,推动建立全国信息技术标准化技术委员会脑机接口技术委员会,作为核心单位积极主导多项脑机接口医疗器械国际和国家标准制定,让脑机接口未来产业发展有标可依、有规可循。与天津市医疗器械质量监督检验中心合作设立国内首个脑机接口专用检测平台,通过建立相关测试标准,推动行业规范化发展。

二、人才链：从“塔尖”到“塔基”，构筑跨学科的“人才蓄水池”

人才是引领发展的第一资源。作为一项重仓技术,脑机接口综合了医学、计算机、电子、机械、材料等多个学科的先进理论与前沿技术,专业人才缺口极大。

天津大学团队优化学科布局,带动脑机接口及相关行业尽快补全人才链,着力构筑脑机接口产业链高质量发展的可靠底座。

一是让“塔尖”更高。天津大学已集聚目前脑机接口领域国内最大的人才“天团”,拥有数十位国家级领军人才、国家级青年人才、国防科技系列人才、国家重点研发计划首席科学家、国务院政府特殊津贴专家,同时会聚了脑机接口领域一大批“80后”“90后”优秀青年学者、临床医师,形成了战略协同、错位发展、优势互补的人才发展雁阵格局。其中不乏像国家自然科学基金委首位“神经工程”项目国家级人才、首位“脑机接口”项目国家级人才等学术骨干,团队师生连获共青团中央、全国青联授予的2025年度、2026年度新时代青年先锋奖,获全国宝钢优秀教师特等提名奖,中国科协求是杰出青年奖、教育部青年奖、达摩院青橙奖等多项奖励和荣誉称号。

二是让“塔基”更实。充分发挥高水平研究型大学优势,引领学科交叉融合再创新。2024年,学校开设了全国首个脑机接口专业方向并正式招生;2025年,学校新增设置全国首个“脑机接口”一级交叉学科博士点;2026年,天津大学获批全国首个“脑机科学与技术”本科专业,纳入交叉学科门类,与一级交叉学科博士点相衔接,在构建本博贯通的人才培养体系上完成了关键闭环,让专业建设摆脱“追着产业跑”的被动局面,转向“牵着产业飞”的主动引领。

三是让“塔身”更稳。为集聚脑机接口领域顶尖科学家与高层次人才,今年4月,天津市科技局和天津滨海高新区先后发布《天津市脑机接口创新发展行动计划(征求意见稿)》《关于促进脑机接口产业高质量发展的鼓励办法及申报指南(征求意见稿)》等专项引育政策,变人才“流量”为“留量”;此外,依托脑机交互与人机共融海河实验室设立博士后工作站、授予职称自主评审权等硬招、实招,打破人才发展壁垒,让更多脑机接口领域国际国内顶尖人才、我市紧缺人才引得进、留得住、用得好。

三、资金链：从“种子”到“森林”，涵养多维度的“智慧金融湾”

产业与科技的蓬勃发育,离不开资金这一“源头活水”。天津大学团队在高质量提供金融赋能方面,积极构建“政府引导+社会参与”投资

模式,加快实现科技—产业—金融良性循环。

一是财政资金精准滴灌。积极抢抓国家财政资金支持,多源筹措配套,建设新一代脑机接口共性技术科技创新和产业服务支撑平台,成功申报国家“两重”项目,总投资3.7亿元,作为2024年滨海高新区唯一获批项目获得超长期特别国债支持9280余万元,服务脑机接口概念验证、技术熟化和检验检测等环节的技术协同创新和资源开放共享。此外,天津市、区两级财政加大对脑机接口产业的投入力度,覆盖成果转化、临床应用等14个方面的政策“东风”,形成靶向精准的政策组合拳,引导创新资源向产业集聚,为产业发展筑牢政策与资金基础。

二是国资集团重磅落子。依托脑机交互与人机共融海河实验室、天大科技园有限公司、天津泰达投资控股(集团)有限公司,构建“科研机构+高校平台+国资集团”的股东组合,以10亿元注册资本的高规格组建产业集团,充分发挥国有资本“压舱石”与“加速器”作用,带动天津在脑机接口领域的竞争已从“个体抢项目”迈入“国资建生态”的深水区。

三是社会融资渠道持续拓宽。发布国内首个面向脑机接口产业发展的专项基金——脑机交互与人机共融海河实验室基金,首期规模10亿元,建立“科学家+企业家+政府+投资人”的创新投资模式,撬动社会资本支持脑机全产业链发展。覆盖企业全生命周期的金融支持体系逐步成型,更多的初创企业正在汲取养分、快速成长——2026年,团队依托脑机交互与人机共融海河实验室培育的多家创新企业先后完成种子轮融资,在“脑机+高端医疗器械”新征程上行稳致远。

四、产业链：从“单点”到“集群”，打造全链条的“生态强磁场”

超前布局脑机接口成果转化,着眼谋划未来发展先机。从实验室到生产线,从“书架”到“货架”,团队持续完善脑机接口产业生态,让创新活力惠及经济社会发展全局。

一是让前沿科技嵌入真实医疗场景。系统布局脑机接口临床综合解决方案,与中国顶尖的神经专科医院——天津市环湖医院合作建设全国首个脑机接口综合临床实验病区,并获批全国首个脑机接口国家临床重点专科建设项目;推动天津大学中心医院成立智能听觉中心,与儿童医院合作建设全国首个“儿童身心健康脑机临床研究中心”;联合市

药监局成立专班,加速脑机接口医疗器械注册证的申报工作,联合申报的医疗器械领域创新研究基地,成功入选国家药品监督管理局建设名单。通过构建一条完整的“临床诊疗—技术研发—产品注册—医保接入”闭环链条,让更多国产高性能脑机交互装备的医疗应用加速落地。

二是以“1+2+N+X”完善产业主体结构。以脑机交互与人机共融海河实验室为核心创新源头,以天津滨海高新区为核心承载区,打造“脑机谷”产业平台,构建集“科研攻关+成果转化+场景应用+资本赋能+产业协同”的“五位一体”创新高地,推动产业链上下游深度对接,辐射形成高质量高水平脑机接口领域“1+2+N+X”产业集群,以天津脑机产业集团为“一核”(1),以中电云脑、天开世纪两大龙头企业为“双星”(2),以天开芯脑、神工谛听、东瑞医疗、恒新启明、超瑞科技等为“青苗”(N),以航天科工、通用集团、新兴际华、兵器集团、翔宇医疗、明石创新等为“蓝海”(X),共同打造中国脑机产业发展高地。

三是用生态营造推动跨区域协同。在《现代化首都都市圈空间协同规划(2023—2035)》全面推进实施之际,因地制宜构建产学研协同创新生态,搭建京津冀脑机接口跨区域发展桥梁,联合京津冀国家技术创新中心共建联合实验室,牵头成立京津冀脑机交互与人机共融产业联盟,发起成立京津冀产业孵化共同体脑机接口产业工作组,聚焦国家所需、天津所能,系统推动脑机接口创新资源高效聚集、创新成果加速转化、创新生态活力迸发。

向新出发,向上突围。从“0”到“1”再到“N”的背后,是天津大学在脑机接口领域的创新成势、澎湃向前。

“十五五”时期是我国迈向创新型国家前列的关键阶段。站在新的历史起点,团队将坚持从国家发展全局的高度,持续深耕脑机接口领域,全力打造全国领先、国际一流的脑机接口科技创新与产业发展高地,在全球新一轮科技革命和产业变革的浪潮中赢得主动,奋力书写新时代科技自立自强的壮丽篇章。

(作者为天津大学副校长、脑机交互与人机共融海河实验室主任)

一线中来

自主创新领航 构筑未来产业新引擎

中电云脑(天津)科技有限公司总经理 程龙龙

从实验室的前沿探索到百姓生活的智能助手,从自主创新的核心芯片到覆盖“芯—端—云”的完整产业链,中电云脑(天津)科技有限公司(以下简称“中电云脑”)用不到八年时间,书写了脑机接口领域从技术追赶并跑、领跑的精彩篇章。

从“破题”到“引领”,2018年10月,中电云脑在天津注册成立,成为中国电子信息产业集团有限公司布局脑机接口未来产业的核心载体。构建自主可控的脑机接口技术体系成为产业发展的关键,中电云脑从成立之初就确立了“自主可控、全链突破”的发展方向,与中国顶尖的脑机接口研究团队——天津大学神经工程团队“深度绑定”,开启了一场产学研协同创新的长跑。

公司在国家级高层次人才带领下,组建了一支以名校博士、硕士为核心的高素质研发团队,团队聚焦脑机接口前沿技术,持续攻坚克难。依托中国电子在自主计算、网络安全等领域的技术积淀,与天津大学共建脑机交互与人机共融海河实验室,形成了“基础研究—技术攻关—成果转化”的完整创新链条。

关键突破:打造“脑语者”中国芯。经过数年持续攻关,中电云脑与天津大学联合,成功研制国内首款完全自主知识产权的“脑语者”系列非侵入神经电生理信号采集与计算芯片。该芯片突破了微弱神经电信号高保真采集、强抗干扰、低功耗等核心技术,实现了8通道亚微伏级精度采集,综合性能达到国际先进水平,填补了国内空白,实现了关键核心技术的自主可控。

“脑语者”芯片的问世,为我国脑机接口产业提供了坚实的“中国芯”,带动了从芯片、电极、算法到整机设备的全链条国产化能力提升。围绕该芯片,中电云脑构建了覆盖“芯—端—云”的完整技术体系,累计申请发明专利40余项,获得软件著作权百余项,奠定了在非侵入式脑机接口领域的技术领先地位。

产品落地:让创新走进百姓生活。技术突破的最终目的是服务社会。中电云脑坚持“消费级与医疗级双轮

驱动”,加速产品产业化进程。

2025年8月,公司正式发布首款搭载“脑语者”芯片的脑机智能手环。该产品采用干电极设计,佩戴舒适、操作简便,可实时监测脑疲劳度、注意力集中度、情绪状态等多维指标,并通过音乐、游戏等方式进行闭环干预。在医疗领域,公司自主研发的听觉脑电分析仪取得第二类医疗器械注册证,国内首创将脑机接口用于高级听觉评估,为全年龄段听觉障碍患者提供客观量化测评工具,多款医疗级产品正在加速注册,将陆续推向市场。

产业生态:构建“端—边—云”协同平台。单点产品之外,中电云脑更注重产业生态的构建。公司建成“端—边—云”三位一体脑机智能平台:端侧实现毫秒级信号采集,边侧完成实时解码与闭环调控,云侧构建脑电数据库并支持联邦学习与模型迭代。该平台可为科研机构提供高质量数据采集工具,为企业级用户提供数据看板、趋势分析等管理服务,形成“硬件+软件+数据”的协同创新生态。

凭借扎实的技术积累和完善的产业布局,中电云脑已连续承接多部委的多项国家级重大任务,成为国资委脑机接口国家总体方案的承担单位之一。公司先后获评国家科技型中小企业、天津市瞪羚企业、天津市信创企业,设有国家级博士后科研工作站,并于2024年成功入选国资委第二批“启航企业”重点培育工程。

站在脑机接口产业蓬勃发展的历史关口,作为脑机接口领域“国家队”和“启航企业”代表,中电云脑将深度融入国家“十五五”未来产业战略布局,锚定高水平科技自立自强,致力于成为全球脑机接口技术创新与产业化的引领者。

在技术层面,公司将持续深耕非侵入式脑电采集与解码核心技术,推进超声脑电耦合、极微弱信号识别等前沿方向,力争在无创条件下实现接近有创的采集与检测精度,构建国际领先的技术体系。在产业层面,公司将加速消费级与医疗级产品双轮驱动,推动脑机接口技术在医疗康复、智慧养老、儿童教育、交通安全、航天工程、工业控制等国民经济主战场大规模应用,打造千亿级产业生态。

产业化突围 打造未来医疗“天津样本”

天开世纪(天津)智能科技有限公司总经理 顾斌

脑机接口(BCI)技术作为前沿科技领域的璀璨明珠,正逐步从实验室走向实际应用,成为培育新质生产力、抢占科技竞争制高点的关键领域,引领着一场医疗健康与智能科技的深刻变革。天开世纪(天津)智能科技有限公司(以下简称“天开世纪”)作为脑机交互与人机共融海河实验室孵化转化重点企业,坚持以做真有用、有大用的脑机接口为使命,自主创新与产业转化双轮驱动,以无创脑机接口关键技术突破,走出一条“科研攻关—资质审批—临床落地—规模化市场应用”的全链条产业化路径。

攻克核心技术,筑牢自主可控根基。天开世纪聚焦无创脑机接口技术的研发与转化,突破脑电微弱特征解码、多模态神经调控技术等核心技术难题,构建起覆盖神经康复、认知诊断、情绪评估、医学影像管理的“神工”系列产品矩阵。公司代表性产品“神工—神机”(脑机智能人工神经网络系统)斩获国内同类产品首张国家医疗器械注册证,通过精准解码脑电信号,为中风偏瘫、脊髓损伤患者搭建体外神经通路,实现“想动”到“能动”的主动闭环康复,有效促进神经重塑,大幅提升康复效率,成为神经康复领域颠覆性创新产品。“神工—神关”(脑电采集与事件相关电位系统)是2025年天津市首个通过第二类医疗器械优先审批程序上市的产品,以高灵敏度传感器与先进诱发范式,为阿尔茨海默病、意识障碍等疾病提供客观高效的辅助诊断工具。此外,有多款产品已经进入医疗器械注册申报阶段,如可用于抑郁症进行辅助诊断的产品“神工—神心”目前正在开展第二类、第三类医疗器械的注册申报工作;对脑积水等神经退行性疾病的辅助诊断产品“神工—神箭”已经获得了天津市药监局的优先审批资格,取得了型式检验报告。“神工”系列产品构建了“研发有序推进、获批稳步实现、上市接续完成”的良性创新循环体系。

深化场景应用,驱动临床教育双进。产业化的核心在于场景落地与临床实效。天开世纪坚持“产学研

医用”深度融合,不仅积极推动技术从实验室走向病房、惠及患者,还着力拓展脑机接口技术在多领域的普及应用。

在医疗领域,“神工—神机”已在南京脑科医院、首都医科大学宣武医院、天津市环湖医院等国内顶尖医疗机构广泛开展临床应用,凭借显著康复效果成为无创脑机接口临床转化标杆案例;“神工—神关”也在北京大学第三医院和复旦大学附属华山医院等机构稳定应用,为认知障碍疾病早筛早诊提供科学支撑。同时公司正致力于让脑机接口技术走进社区与家庭。

在教育领域,为进一步支撑脑机接口人才培养,公司同步推出交互式脑电智能教学终端“神工—智启”,已在全国多所高校成功应用。

确立行业标准,构建产业生态闭环。作为国内脑机接口领域领军企业,天开世纪以标准制定与生态构建引领行业发展。公司2025年成为全国信息技术标准化技术委员会脑机接口分技术委员会单位委员,作为主要起草单位参与相关国家、行业、团体标准制定与修改,在标准体系中占据重要话语权。公司作为核心成员,深度参与国家级、省部级科研项目及前沿科技领域的国家级战略攻关任务。基于上述成果,公司已获天津市高成长初创科技型专项投资,形成“技术创新—标准制定—产业协同—资本赋能”的完整生态闭环。

在全球脑机接口技术竞速的浪潮中,天开世纪锚定无创脑机接口赛道,坚持核心技术全链条自主可控,已突破一批关键共性技术,通过“技术迭代—临床反馈—产品升级”的正向循环,筑起差异化技术壁垒,核心产品管线落地成效显著。未来,企业将持续深耕脑机接口实用化场景,推动前沿技术向民生领域下沉,巩固技术闭环优势,夯实自主创新底座,向着全球领先的脑机接口标杆企业目标稳步迈进,以硬核技术成果践行“扎根实际场景、服务大众健康”的发展初心。

本版部分稿件由记者徐雪霏整理