

锚定新质生产力,为脑机接口前沿技术创新与落地提供关键保障 中国科学院空天院:技术赋能高质量发展

中国科学院空天信息创新研究院传感器技术全国重点实验室,以脑机接口核心器件与系统为突破口,探索“自主研发+用户服务”协同发展新路径,精准破解行业痛点,推动前沿技术与脑科学、生物医药等领域深度融合,为我国脑机接口产业从实验室走向产业化、从技术突破走向场景落地提供关键保障,成为激活新质生产力的重要支撑。

当前,脑机接口技术已成为全球前沿科技竞争的核心赛道,颠覆性技术的持续突破正加速重构新一代产业发展版图,其发展呈现出政策战略化、技术多元化、产业标准化、应用场景化的鲜明趋势,千亿元级产业生态雏形渐显,产业发展正在进入战略机遇期。作为生命科学和信息科学融合发展的前沿技术,脑机接口通过在脑与机器之间建立信息通道,实现生物智能与机器智能的协同交互,正孕育着颠覆性突破,成为科技创新和产业创新深度融合的重要领域。

在此背景下,中国科学院空天信息创新研究院(以下简称“空天院”)构建的脑机接口设计加工测试平台,成为破解产业发展瓶颈的核心抓手。

在空天院学术委员会主任吴一戎的指导下,空天院传感器技术全国重点实验室建立了由蔡新霞研究员领衔的微纳传感技术创新研究群体,汇聚了罗金平、刘军涛、宋秩琳、王蜜霞、徐兆杰、陆泽营、贾千里等一批优秀的脑机接口核心器件与仪器系统青年交叉人才。该团队自2002年承担国家863计划纳米重大专项以来,始终聚焦高分辨神经信息检测与精准调控难题,长期深耕脑机接口核心器件和系统研发,探索了一条自主创新发明之路,构建起从设计、制造、测试到临床应用的脑机接口全链条概念验证平台,积淀了深厚的技术和平台优势。

筑牢平台建设核心基石

高品质公共技术中心建设,是自主科技创新发展的内在需求,更是脑机接口平台核心竞争力的重要支撑。空天院所级公共技术服务中心,是经过整合原电子学研究所、光电院等3个所级中心资源组建而成,旨在建设高水平技术支撑平台,提供共性通用技术服务和开放资源共享,为脑机接口平台建设提供坚实保障。

目前,该中心下设传感器与微系统平台、计量检测中心、精密制造中心和检验中心等六大平台,配备各类设备206台,其中173台套对外开放共享,具备从核心器件与系统电路设计、MEMS(微机电系统)工艺加工到



中国科学院空天信息创新研究院

机电一体化制备的全链条技术能力和多学科交叉科研优势,为脑机接口产业规模化发展提供硬件支撑。

脑机接口核心器件等传感器与微系统平台,是拥有万平方米包括国家级MEMS工艺超净线、设计仿真区和测试区在内的研发平台,配备多功能镀膜机、双面光刻机、深刻蚀机等核心微纳加工设备以及膜片钳、激光共聚焦显微镜、多通道神经信息记录仪等脑机接口测试验证设备,形成了标准化加工工艺规范,具备硅基与非硅基微结构器件加工测试能力,并能实现对神经元、脑片及在体神经环路电活动的高保真记录与分析,为脑机接口研发提供一流设备基础和实验条件,从而可同时对支撑侵入式、非侵入式等多元技术路线研发测试。

精密制造中心、计量检测中心和检验中心具备完善的检测能力,可为中国科学院系统、各地高校以及社会其他科研机构提供检验检测技术服务。其中,精密制造中心能满足各类微传感器对精密制造的需求;计量检测中心和检验中心拥有CMA、CNAS、DILAC等第三方检测资质,可提供环境模拟试验、校准、项目验收评测和标准化服务,支撑建设贯通全链条的脑机接口研发与转化平台,适配行业标准化发展需求。

破解产业研发核心痛点

脑机接口技术从研发到成果转化的创新突破,离不开核心器件、算法开发、系统集成的全方位技术支撑,更需要打通从设计加工到测试验证的全流程链

路。当前,核心器件制备、标准化验证、跨场景适配成为产业核心需求,而研发难、转化慢、落地险等痛点仍制约发展。作为产业“基础设施”,空天院脑机接口设计加工测试平台聚焦痛点,构建起覆盖器件设计、微纳加工、系统集成、合规测试的全链条技术支撑体系,成为技术创新的核心引擎。

空天院相关研究团队整合多领域高端资源,依托国家重大项目沉淀的技术基础,建立成熟的MEMS标准工艺体系,建成贯通“脑机接口器件设计与微纳加工一性能与有效性测试一动物验证与安全性评价一临床试验与标准化服务”的全链条研发与转化平台,在百道到万道核心器件、关键仪器研发方面取得国际领先原创性成果,为产业标准化、规模化发展提供了技术范本。

例如,基于MEMS技术,空天院在国际上首次研制出啮齿类、非人灵长类双模活体植入式神经探针、高密度皮层电极、离体脑机接口微电极阵列等一系列核心器件,实现高密度微电极阵列等可控制备,推动电极检测向微型化、高时空分辨率、高通量方向发展,契合行业技术多元化趋势。

针对长期稳定性、高通量信号记录等核心难题,空天院相关研究团队研制的“多层次调控与高通量神经信号同步检测仪器”,在双模检测模式、高时空分辨率方面优势显著,解决了细胞水平双模神经信号难检测的国际难题,为打破国外垄断、避免“卡脖子”奠定基础,且经多场景验证,可靠性突出,为脑机接口技术的全链条创新提供全方位、精准化的技术支撑,夯实了产业高质量发展的技术基础,可有效支撑跨场

景应用的技术研发与验证。

目前,空天院相关团队研制脑机接口器件与系统的有效性,已在啮齿类和非人灵长类等体检测实验中得到充分验证和规模化应用。相关成果技术通过了中国电子学会科技成果鉴定,被认定为“打破国外垄断、具有完全自主知识产权、核心技术指标国际领先”;已在中国航天员科研训练中心、北京大学神经科学所等35家国家级/省部级重要科研基地和5家企业获得推广应用,成功应用于国际首次“地星二号”90天头低位模拟失重人体实验,为航天医学重大工程提供支撑。相关器件还通过了权威资质机构的安全性测试评价和多家三甲医院伦理审批,在哈尔滨医科大学第一附属医院完成脑胶质瘤手术临床试验,为深部病变精准手术导航提供了新技术,助力医疗成为脑机接口落地核心场景。

加速产业高效迭代落地

脑机接口产业化落地的关键,是实现技术从原型到产品化、从临床前研究到市场化的高效迭代。空天院以数据赋能为突破口,整合多维度核心数据,打造快速打样与小批量试制能力,避免传统研发长周期循环,实现技术原型快速迭代;构建从离体测试、动物模型在体测试到临床前验证的全阶段评估体系,为产品研发提供科学数据支撑;依托大数据与人工智能,精准预判研发问题与落地风险。同时,打造合规测试体系,为相关产品通过NMPA、FDA等认证提供支撑,打通转化通道,推动脑机接口产品快速走向市场。

脑机接口产业的高质量发展,离不开产学研医的深度协同创新。空天院秉持“资源共享、协同创新、产业集聚、生态共生”理念,探索多主体协同运营模式,成为推动产学研医深度协同的核心枢纽。同时,横向贯通高校、科研院所、龙头企业资源,纵向联通产业链上下游,开放高端设备与技术成果,降低中小企业研发门槛,避免重复投资;联合多方开展协同创新,搭建技术交流、成果转化、人才培养平台,培育复合型人才,形成“研发一测试一转化一产业化”的良性循环。

依托我国临床资源丰富、医疗服务纳入多地医保的优势,空天院推动技术与临床深度融合,加速医疗场景落地;积极参与行

业标准制定,推动器件性能、测试标准等技术规范完善,助力产业标准化发展,吸引上下游企业集聚,构建完整产业生态,提升产业整体竞争力,契合“政产学研医用”协同发展趋势。

激活新质生产力发展动能

作为连接前沿技术与规模化落地的核心枢纽,空天院脑机接口设计加工测试平台通过全链条技术支撑、全周期迭代验证、全生态资源整合,大幅缩短技术产业化周期,在医疗康复、工业智造、特种作业等领域实现应用突破,精准契合行业场景化发展趋势。在医疗领域,为卒中康复、神经退行性疾病治疗等产品提供研发测试支撑,推动临床转化;在工业领域,助力脑控机械臂等产品创新,推动工业智能化升级,并依托航天医学技术积累为极端环境下的人机协同提供技术支撑,持续拓展技术应用边界。

截至目前,该平台已为由空天院牵头并与浙江大学、复旦大学、上海瑞金医院共同参与的“国家交叉重大项目以及国家科技创新2030-“脑科学与类脑研究”重大项目的实施提供了重要条件平台,并与天坛医院、宣武医院、中日友好医院、北京大学第一医院、哈尔滨医科大学第一附属医院等多家三甲医院成功开展脑机接口临床前与临床试验,加速核心技术与产品落地,推动产业集聚,带动人才就业与技术创新,示范效应日益凸显。

空天院脑机接口设计加工测试平台相关负责人表示,未来,将持续深化技术创新,完善企业全生命周期服务生态,精准破解技术创新、场景落地等发展难题,聚焦核心器件自主可控、行业标准制定、跨场景适配三大方向,助力产业突破瓶颈、构建完善生态,为新质生产力注入持久动能,推动我国脑机接口产业在全球竞争中占据制高点,实现从医疗刚需到全民普惠的跨越。

作为脑机接口领域技术研发的“孵化器”、成果转化的“加速器”与产业生态的“黏合剂”,该平台有效破解了核心器件制备难、转化周期长、应用风险高等行业发展瓶颈,精准适配产业发展趋势,为我国在全球脑机接口赛道牢牢占据技术制高点与产业主动权提供坚实支撑,成为推动科技赋能产业、培育新质生产力的重要典范。

(中国科学院空天院供稿、供图)