

脑机接口商业化提速 中国产业迎黄金发展期

美国企业家埃隆·马斯克近日表示,其脑机接口公司Neuralink将于2026年开始对脑机接口设备进行“大规模生产”,并转向“更加精简和几乎完全自动化的外科手术流程”。马斯克表示,该设备的电极丝将直接穿过硬脑膜,而无需将其切除,此举意义重大。

Neuralink于2024年1月28日完成了该公司首例脑机接口设备人体移植。截至2025年9月,全球已有12人植入“神经连接”设备,累计使用时间达2000天,总使用时长超过1.5万小时。

该公司近期表示,临床试验参与者已将控制能力扩展到实体设备,例如辅助型机器人手臂。随着时间推移,公司计划进一步拓展可通过“神经连接”控制的设备范围。

马斯克明确“2026年开始大规模生产”脑机接口设备后,脑机接口相关概念股热度快速攀升,反映出市场对行业商业化的强烈预期。



根据前瞻产业研究院发布的《2025年中国脑机接口产业蓝皮书》,医疗健康是脑机接口当之无愧的主要应用领域,占据了脑机接口下游应用市场规模的56%。

全球脑机接口在严肃医疗领域的潜在市场空间在150亿美元至850亿美元,在消费医疗(如健康监测、增强认知)领域的潜在规模在250亿美元至600亿美元。

脑机接口呈现多路线并行格局

脑机接口产业正迎来空前发展机遇,其技术应用正逐步跨越实验室研发与市场化落地的界限。

业内人士将2025年视为中国脑机接口产业的“发展元年”,这一年该产业迎来历史性拐点,政策扶持、资本加码与技术突破共同奏响发展“三重奏”,助力脑机接口商业化提速。

在国家层面,《中共中央关于制定国民经济和社会发展的第十五个五年规划的建议》(以下简称《“十五五”规划建议》)明确将脑机接口作为前瞻布局的未来产业。国务院发展研究中心产业经济研究部副部长许召元指出,脑机接口的发展已具备产业化基础,同时作为高端产业,还能为其他相关产业转型升级提供牵引和带动作用。

此外,地方政府也在布局发展脑机接口产业。以上海为例,其出台的《脑机接口未来产业培育行动方案(2025—2030年)》提出了清晰的时间表和量化目标:到2027年,推动5款以上侵入式、半侵入式产品完成临床试验;到2030年,实现脑机接口产品的全面临床应用。

在技术方面,全球脑机接口领域正呈现出中美竞逐、多路线并行的格局。2025年6月,Neuralink公布了夏季的阶段性进展,在一场长达一个小时的发布会中展示了已植入设备的志愿者如何仅靠脑信号控制电脑光标、绘图、打游戏,甚

至操作特斯拉旗下Optimus机器人手臂的画面。

“我们正在打造的是一种通用的人脑输入/输出接口。最终目标是将你的神经活动直接连接到机器,实现前所未有的带宽提升。现在我们输出思想的速度大概是每秒一比特。未来,我们希望达到兆级甚至千兆级的速度。”彼时,马斯克在发布会上表示,“这将是‘概念层级的心灵感应’。”

该发布会还展示了Neuralink在视觉修复、语言解码、机械义肢控制等方面的研发规划:2025年底前在言语皮层实现“意图语言”的直接解码,将想法直接转换成语言并通过脑机接口输出;2026年植入电极通道数扩展至3000个,并尝试通过摄像头和脑机接口帮助盲人恢复低分辨率视觉;2027年实现多脑区多设备植入;2028年将电极数增至2.5万个,全面接入大脑不同区域,帮助治疗精神疾病并探索与AI连接的可能。

业内普遍认为,脑机接口技术领域的中美差距正以肉眼可见的速度缩小。2026年1月1日,由前脑虎科技联合创始人兼CEO彭雷和盛大集团、天桥脑科学研究院创始人陈天桥联合发起的格式塔(成都)科技有限公司正式官宣成立,这标志着中国在脑机接口领域启动了一条以超声技术为技术栈的新路线。

据悉,格式塔为国内首家专注于超声波脑机接口技术的创新企业,目标是成为探索下一代全脑信号读写与分析的脑机接口平台,并加速脑机

接口的商业化。

有券商医药行业分析师表示,从近期的行业动态看,2026年有望成为脑机接口商业化的重要节点。

“Neuralink宣布将进入‘大规模生产’,并配套高度自动化的手术方案,这是从科研实验走向可普及产品的关键一步。与此同时,非侵入式技术路线也在加速突破,如Merge Labs的超声波读取方案、国内新成立的格式塔等,都显示技术路径多元化发展。”在该分析师看来,全球竞争格局呈现“侵入式在中美均处于临床阶段、半侵入式美国领先、非侵入式国内百花齐放”的格局,行业正从单点试验向多场景、多技术融合方向演进。

中国正在构建独特的优势

尽管Neuralink展示了令人印象深刻的临床成果,但侵入式脑机接口仍需面对生物相容性、长期稳定性等科学难题。

前述分析师指出,脑机接口距离全面落地仍有核心壁垒。一是技术成熟度与稳定性。尤其是侵入式设备,长期植入后的生物相容性、信号稳定性仍需大规模临床验证。非侵入式则在信号分辨率与深度上存在物理限制。二是监管与伦理审批。涉及人体中枢神经系统,各国监管机构对安全性、隐私保护要求极高,审批周期长且

中国显示产业装备向高世代跃升

中国显示产业发展焦点和价值重心加速向上游转移。2025年,中国显示材料全球产值占比达43%,跃居世界第一;高世代玻璃基板、高端光刻胶、超精细金属掩膜版(FMM)、OLED蒸镀机、OLED光刻机等长期位列“卡脖子”清单的关键项目,正被逐个攻克;“材料/设备—面板—终端”三方协同研发机制日益成熟,产业链生态韧性显著增强;从光学胶、发光材料、靶材到镀膜设备、驱动集成电路、模组,一批掌握核心技术的上游企业以前所未有的密集节奏叩响资本市场大门。

关键材料自主可控进程提速

2025年,中国显示材料的突破不再是零散的点状开花,而是呈现出“基础材料自主化、关键材料本地化发展、前沿材料引领创新”的立体化、体系化新格局。

关键材料自主可控进程全面提速。彩虹股份自主研发的“G8.6+”基板玻璃实现批量供货,打破了高世代玻璃基板长期依赖进口的局面,我国成为全球第三个掌握该核心技术的企业。路维光电、清溢光电等企业2025年正式启动高精度掩膜版项目建设。在OLED核心耗材——超精细金属掩膜版方面,南京高光实现“首套组合下线”,众泰科技完成“曝光机搬入”,寰采星光电推进“整线落地”,拓维光电推出“一站式采购”,国产FMM正式迈入规模化供应的临界点。

在功能材料领域,奥来德正式启动OLED关键功能材料产业化项目,规划千吨级产能,涵盖光敏聚酰亚胺、低温彩色光刻胶、OLED发光材料及薄膜封装材料。南大光电则于2025年完成用于高世代OLED的ArF光刻胶在维信诺合肥8.6代生产线的小批量工艺验证,打破日本JSR、信越化学在高端光刻胶市场的长期垄断。凯盛科技超薄柔性玻璃二期项目主体生产线全面投产,其全资子公司洛阳龙海的信息显示超薄基板二期项目已进入试生产阶段。

材料体系的完善不仅在于“补短板”,更在于“开新局”。

在OLED材料领域,维信诺与清华大学联合研发的OLED核心材料——第四代磷光辅助热活化敏化荧光(pTSF)技术实现量产商用,搭载高效率pTSF器件的屏幕,功耗降低超12%,使用寿命提升15%;在靶材方面,丰联科光电发布的稀土掺杂氧化铟锡靶材,有效缓解了氧化物半导体薄膜

晶体管型背板中迁移率与稳定性难以兼顾的行业难题,有望显著提升8.6代OLED生产线的良率与性能。

更值得关注的是,中国显示材料企业正通过战略性并购加速全球化布局。杉杉股份完成对韩国LG化学特殊偏光片业务的收购,强化在OLED及车载偏光片领域的竞争力。昊盛科技旗下新美材料斥资45亿元收购LG化学OLED光学膜全业务,获得200余项核心专利,成为具备全尺寸OLED光学膜自主供应能力的企业。

这些布局不仅快速提升了我国在高端显示材料领域的技术储备,更深度重塑了全球显示材料供应格局。

多条8.6代OLED生产线集中落地

2025年,多条8.6代OLED生产线集中落地,巨大的设备需求为国产装备提供了绝佳的技术验证与能力跃升窗口。

2025年2月,奥来德全资子公司上海升翕光电以6.55亿元中标国内首条8.6代AMOLED生产线蒸发源设备订单,并于8月交付首批设备。作为蒸镀工艺的核心部件,蒸发源设备的性能直接决定膜厚均匀性与材料利用率,此次成功出货标志着我国在该细分领域已达国际领先水平。

2025年4月,上海微电子第六代OLED光刻机成功交付天马微电子,首次应用于600PPI(每英寸所拥有的像素数量)以上超高分辨率OLED制造,实现高端光刻设备“零的突破”。

2025年6月,凯伦股份旗下佳智彩自主研发制造的国内首条应用于8.6代生产线的OLED面板亮度与色度不均缺陷修复设备出货;华兴源成都子公司交付首台G8.6 AMOLED TSPOS检测设备,实现微米级精度检测;精测电子OLED OCD高精度检测设备获头部客户订单。

2025年7月,合肥欣奕华宣布其G8.6点型蒸发源系统通过头部面板厂适配验证。

2025年11月,在成都举办的2025世界显示产业创新发展大会上,科迪华G8.6 OLED喷墨打印平台、联得装备大片贴合设备及EHD点胶设备三大高端装备全球首发,全面覆盖“像素沉积—贴合—点胶”三大核心工艺环节,标志着8.6代OLED生产线关键设备实现国产化闭环。

这些进展表明,中国显示设备企业正加快从单点技术攻关迈向系统集成能力建设,并逐步具备支撑高世代生产线建设的全链条装备供给能力。

据《中国电子报》作者:谷月

► 科工前沿

三大突破护航群体智能高效运行

百架无人机在夜空精准勾勒流光图案,工业机械臂协同完成毫米级精密加工,智能车流控制技术有效避免城市拥堵……这些充满未来感的场景,正依托群体智能技术逐步成为现实。然而,设备大规模协同运作的背后,高功耗、通信延迟、突发故障等问题,始终制约着群体智能系统的可靠性与持久运行。

近日,南京工业大学(以下简称“南工大”)教授史建涛团队的一项研究,为突破这些瓶颈提供了关键技术支撑。该团队的“群体智能系统的分布式滤波、控制及智能运维理论与应用”项目,凭借三项原创性突破,获得2025年度江苏省工程师学会科学技术奖特等奖,让智能设备的“群体协作”变得更加安全高效。

智能节流解决续航之困

群体智能系统的稳定运行,离不开通信、控制、运维三大核心环节的协同支撑。其中,无线通信是群体协同的“神经”,但持续的全量数据传输极易引发网络拥堵与能耗过高问题。

团队研发的“事件触发滤波”技术,革新了群体智能无线通信时的传统模式。团队成员、南工大副教授岳冬冬介绍,该系统仅在关键数据变化超越设定阈值时才启动传输,其余时间保持静默。这一设计在保障控制精度的前提下,可降低70%至80%的通信量与能耗,大幅延长无人机等移动平台的连续作业时长。“它可让设备从‘时刻待命’变为‘按需发声’,做到智能节流,解决续航之困。”岳冬冬说。

控制则犹如群体智能的“行动中枢”。“设备在复杂多变的环境中运行,难免出现故障,就像编队飞行的候鸟会突遭意外。”团队成员、南工大教授钱默抒说,面对这种情况,传统处理方式是停机维修或回收,不仅成本高昂,在紧急救援等时效性要求极高的场景中也不现实。为此,团队率先将“容错控制”引入群体智能系统,创新构建“故障检测—故障估计—故障补偿”闭环机制。

“这赋予系统带伤飞行的能力。”史建涛举例,即使四旋翼无人机的一个螺旋桨失灵,系统也能在毫秒间重新分配其余电机的动力,

标准严格。三是成本结构与商业化模式。高精度采集硬件、定制化芯片、手术自动化系统投入巨大,短期内难以形成低成本量产能力。同时,支付方(医保、商业保险)对新技术的接受度尚需培育。

“高昂的成本限制了脑机接口的市场普及。这些尖端设备的研发和生产成本极高,加之需要专业医疗团队进行植入手术和后期维护,使得大多数患者难以负担。专业人才短缺同样是制约脑机接口产业化的重要因素。这个交叉学科领域需要神经科学、人工智能、临床医学等多方面专家协同工作,而目前这样的人才储备仍然有限。”该分析师进一步指出,当技术能够读取甚至干预人的思维活动时,如何确保个人隐私和安全,成为不可回避的社会议题。

面对全球脑机接口领域的激烈竞争,中国正在构建自己独特的优势。例如,在临床转化层面,国务院办公厅印发的《关于全面深化药品医疗器械监管改革促进医药产业高质量发展的意见》提出优化临床试验审评审批机制目标,除创新药外,对于创新型的医疗器械临床试验审评审批时限也有望由60个工作日缩短为30个工作日。随着30日审批通道落地,创新药械从研发到上市的周期也有望再缩短,这为脑机接口的医疗应用提供了世界上最广阔的临床需求和试验场。

同时,中国还在脑机接口人才培养方面走在前列。2024年秋季学期开始,天津大学便对外宣布,该校正式开设全国范围内的首个脑机接口专业并启动招生选拔。据悉,天津大学的脑机接口专业方向由该校未来技术学院与医学院联合共建,汇集校内医学部、电气自动化与信息工程学院、微电子学院等优势资源,通过入校后二次选拔的方式招收学生。

随着脑机接口被纳入《“十五五”规划建议》,政策红利持续释放,中国脑机接口产业迎来黄金发展期。根据前瞻产业研究院发布的《2025年中国脑机接口产业蓝皮书》(简称“蓝皮书”),医疗健康是脑机接口当之无愧的主要应用领域,占据了脑机接口下游应用市场规模的56%。蓝皮书预计,全球脑机接口在严肃医疗领域的潜在市场空间在150亿美元至850亿美元,而在消费医疗(如健康监测、增强认知)领域的潜在规模在250亿美元至600亿美元。

从上海虹桥“脑智天地”的产业载体落地到北京肇闻百亿级产业集群蓝图,从浙江企业推出睡眠监测仪等消费级产品到深圳研发的专注力提升手环走入市场,一张覆盖全国、串联产学研用的脑机接口创新网络正加速织就。随着技术奇点临近,这项曾局限于实验室的尖端探索,有望成为重塑医疗健康、人机交互乃至人类认知方式的产业力量。

供稿:《21世纪经济报道》作者:季媛媛

保障编队稳定飞行。在侦察、救援等紧急场景中,这一技术可让群体智能设备不间断完成任务。

设备编队运行的长期稳定,还离不开智能运维的“守护”。团队成员、南工大副教授陈闯介绍,传统定期检修往往“不论健康状况,到点就查”,这种方式成本高昂且可能无的放矢。而他们研发的“剩余寿命预测的不确定性量化”技术通过改进深度学习模型,不仅能预测设备剩余使用寿命,而且能给出预测结果的置信概率,将预测精度从约50%提升至90%以上,大幅降低了运维成本,提升了系统可靠性。

“传统方法能判断出设备大约还能运行两个月,我们能精准预判健康运行两个月的概率达95%。这让企业决策更有依据。”陈闯说。

群体智能技术融入产业发展

近年来,史建涛团队通过“仿真—半实物—实物”的递进研发模式,将群体智能技术融入产业发展。

“比如,太空环境极端苛刻,温度波动大,辐射强、通信距离远。我们基于火星车星际空间运行的特殊需求,开发力触觉传感器等关键部件,并将事件触发滤波与实时故障处理技术融入星载组网雷达系统,在保障通信可靠性的同时降低能源消耗,为卫星协同工作筑牢技术屏障。”团队成员、南工大副教授冯李航介绍,事件触发滤波与实时故障处理技术获得2023年中国自动化学会科技进步奖一等奖。

同时,团队与江苏省测绘工程院、上海华测等单位合作,优化测绘设备协同工作效率;与中航工业、航天科工502所等合作,为航空发动机、火星车等装备提供运维与控制支持,真正实现“从实验室到生产线,从地面到太空”的全场景赋能。

团队还将群体智能技术延伸至化工安全生产等流程工业领域,通过故障诊断与容错控制为传统工业升级注入新智能。

史建涛表示,未来,团队将继续瞄准国家重大需求与产业痛点,在学科交叉融合中实现新突破,致力于让群体智能技术应用于更多关键领域。

据《科技日报》作者:金凤