

脑机接口正在加速闯关

作为链接人脑与外部设备的前沿技术，脑机接口可绕过神经和肌肉传导通路，让思维直接驱动电脑、机械臂或轮椅等。今年以来，脑机接口领域热度持续走高。“十五五”规划纲要明确提出，推动脑机接口等成为新的经济增长点；2026年《政府工作报告》首次写入脑机接口。

记者日前走进位于上海的全国首个脑机接口未来产业集聚区“脑智天地”，展厅内，参观者佩戴头环，靠意念操控爆米花机；展柜中陈列着已获批上市的植入式脑机接口产品。从展览到手术台，脑机接口技术正加速走出实验室。

多点开花

今年3月，博睿康医疗科技(上海)有限公司获得全球首张侵入式脑机接口第三类医疗器械注册证，实现侵入式脑机接口在全球范围内首个从实验室到临床应用的完整闭环。获批未满4个月，复旦大学附属华山医院依托该产品开出全球首张侵入式脑机接口临床处方，帮助一名瘫痪多年的患者重新获得手部控制能力。

接受这次手术的患者10年前因车祸导致脊髓损伤，手部抓握功能受损。博睿康的系统通过采集并解码硬脑膜外脑电信号，识别运动意图，在大脑与外部装置之间建立通路，辅助实现手部抓握功能代偿。

脑机接口的产业化远不止这一条路径。“除了1款已获批上市的产品，目前上海还有5款三类产品正处于临床试验和审评审批阶段。”上海市科委脑机接口领域项目经理王卓曜说。据悉，上海已有3款侵入式脑机接口产品进入国家创新医疗器械特别审查程序，1款获得FDA突破性疗法认定。

非侵入式技术路线也在同步加速推进。在“脑智天地”展区，用于抑郁症治疗的全球首创一体化经颅磁神经导航系统前围满了参观者。上海空山慈科技有限公司产品总监曾淮扬介绍，这套系统整合了功能性磁共振成像、结构光3D相机、电磁场模拟和协作臂自动化控制，实现了从脑网络靶点计算到精准治疗的一体化流程。

“传统治疗是‘千人一靶’，我们做‘一人一靶’。”曾淮扬说。传统的治疗方法沿用群体平均模板，定位偏差可达2厘米。空山慈公司基于每个患者的脑影像数据，8分钟即可锁定个体最优靶点。临床数据显示，10位抑郁症患者接受一周治疗后，80%受试者汉密尔顿量表得分超过50%，效果显著。

技术还在向日常场景溢出。上海元系智能科技有限公司研发的“脑控爆米花机”，体验者戴上一枚轻量化头环，实时采集的前额叶脑电信号监测到专注力数值达到设定阈值后，设备就会启动。公司总经理吴奇峰介绍，这套产品还可用于青少年专注力训练，为素质教育提供新型科技辅助方案。

数据破壁

脑机接口从实验室走向临床，离不开数

据支撑。没有足够多的高质量脑电数据，算法无从训练，模型难以迭代。

脑电数据的获取门槛极高，尤其是颅内脑电，只能通过神经外科手术在临床中采集。长期以来，跨中心数据共享面临隐私保护、伦理审批、格式不统一等多重障碍，“数据孤岛”严重制约研发效率。

“我们构建了可以跨越个体、病种和区域的脑功能疾病精准诊疗模型。”灵犀云医学科技(上海)有限公司首席运营官卜雅雯介绍，灵犀云公司从2019年开始积累脑功能数据。目前，公司已承载约210万例、PB(拍字节)级脑功能疾病临床诊疗与科研数据库，覆盖脑电、影像、量表、用药、随访、神经调控等多类数据模态。

依托这些数据，灵犀云公司研发了DEVB-SEEG融合可视化系统。难治性癫痫的异常放电灶往往无法通过常规影像直接识别。这套系统融合植入式脑电和CT结构影像等多模态数据，可推断初始病灶源，并预判切除后健康脑区的功能代偿情况，实现癫痫病灶精准定位的可视化推演。据悉，该系统已在首都医科大学宣武医院、三博脑科医院神经外科上线，辅助医生完成精细化手术规划。

数据量大还不够，“怎么对齐”是另一大难题。复旦大学附属华山医院神经外科医生吴泽翰介绍，医院牵头建设的iBRAIN脑电数据联盟汇聚了16家医院，采集了约1000例高质量颅内脑电数据。这些数据由神经外科在临床中精准采集，是训练脑电大模型的“核心燃料”。

联盟采用“可用不可拷贝”的数据共享模式，让分散在不同医院的数据既能安全流动，又不触碰患者隐私的红线。吴泽翰介绍，这大幅缩短了跨中心研究的周期，让青年科研人员把精力集中在创新本身。

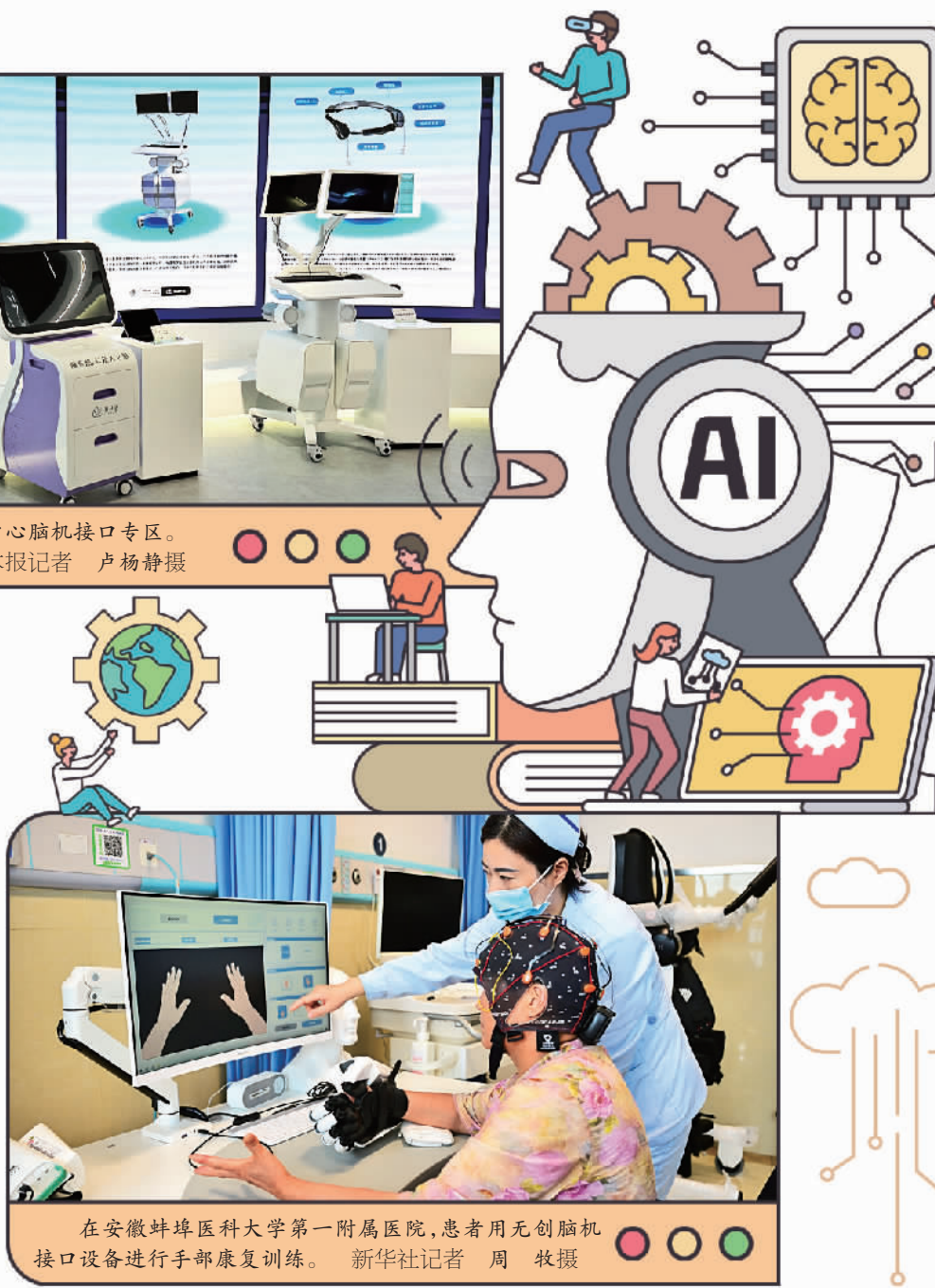
此外，不同医院的设备品牌、采集参数、存储格式各异，同样的脑电信号在不同系统里可能呈现为完全不同的形态。联盟依托标准化软件平台，保证不同设备采集的数据按同一套规则输出，使iBRAIN实现了数据格式的统一。“不管针对哪些硬件，科学家看到数据就知道当时发生了什么。”吴泽翰说。

文物，从此它也有了一个响亮的名字——红军锅。

这口“红军锅”，见证了长征途中那段波澜壮阔的历史，是长征精神的生动体现。中共湖南省湘潭市党史联络组组长陈忠红告诉记者，他们一行9人是专程到延安来参观学习，踏长征足迹，看延安初心。同行的湖南省湘潭市延安精神研究会会长文孝男说：“当我听到‘红军锅’的故事时，便联想到了红军长征经过湖南汝城县沙洲村‘半条被子’的故事。”1934年，红军途经湖南沙洲村，三名女红军借宿村民徐解秀家中，临行之际，她们将自己唯一的行军被剪下一半留给贫苦的老乡。

两个故事，一始一终，贯穿同一条根本原则：人民至上。一个发生在长征途中的湖南沙洲村，剪被留暖，是红军体恤百姓的温情；一个定格在长征胜利的落脚点陕西延安吴起，借缸赔银，是红军不拿群众一针一线 的坚守。一舍一偿，看似两件小事，本质都是军民鱼水情的真实写照。

驻足在这口“红军锅”面前，我们仿佛还能看见当年红军战士围炉煮食、共克时艰的场景。这口锅不只是一件文物，它装过战士们仅有的粮食，也盛满军民同心的深情，是红军严守群众纪律的生动见证。



生态成形

技术和数据的积累只是基础。脑机接口从研发到上市，至少还要闯过“三道关”。

第一道关是概念验证。很多项目卡在“从论文到原型”这一步；算法在仿真环境中运行顺畅，落地成硬件就出问题；在实验室能用，到临床就不稳定。在“脑智天地”展区，司南脑机智能超级孵化器配套的概念验证平台，瞄准的正是这个阶段。“我们挖掘尚未成立公司的早期项目，证明它有产业化潜力后，就送到孵化器培育。”执行总经理高志军说。平台一期评审50余个项目，14个通过概念验证，进入实质孵化阶段，累计融资超10亿元。

“产品完成新一轮迭代后，需要获得快速反馈，才能支撑持续迭代。”脑机接口创业者谢电洋说。他的团队研发全自动化电子纹身脑电采集系统，将单次脑电采集成本降至传统方式的5%以下。正是概念验证平台提供的快速反馈，产品迭代才得以落地。

第二道关是临床试验。临床试验存在周期长、入组慢、多中心协作难等痛点。尤其是脑机接口这类新兴技术，各中心缺乏统一的采集标准和数据格式，多中心验证困难重重。复旦大学附属华山医院设立的临床

转化中心，重点开展侵入式和非侵入式脑机接口的临床转化与多中心试验验证。医院还建设了脑机接口研究型病房，将患者诊疗、康复训练、临床研究与长期随访深度整合，让前沿技术直接在病床边接受检验。

第三道关是注册审批。植入式脑机接口属于风险最高的第三类医疗器械，注册前必须通过型式检验。很多产品卡在这一步，并非疗效不佳，而是缺少适配的检验检测能力和配套行业标准。上海市医疗器械检验研究院承担了全国90%以上植入式脑机接口产品的型式检验，同时牵头编制了国内首个脑机接口医疗器械行业标准，在研6项脑机接口国家标准。

脑机接口技术的产业生态正在成形。王卓曜介绍，目前上海已形成“项目经理团队主责、重点任务清单突破、未来产业基金赋能、未来产业集聚区支撑”的培育机制。截至今年6月，上海脑机接口领域发生融资事件16起，占全国59.26%，融资金额约21.17亿元，占全国38.94%。

随着更多项目推进至临床验证、产品注册和市场应用阶段，真正的考验才刚刚开始。“最后到底有多少项目、多少产品能够真正‘跑出来’，这是我们需要持续关注的。”王卓曜说。

城轨交通适老化标准落地——

老年人坐地铁有了全流程防护

本报记者 郭静原

进站找不到直达电梯，换乘看不清复杂标识，候车时冷气温度过低，出站还要爬漫长台阶……这些老年人搭乘地铁时常遇到的难题，如今迎来了破解的良方。《城市轨道交通系统适老化基本设备与设施配置通用技术要求》推荐性国家标准正式实施。标准围绕老年人进站、换乘、候车、乘车、出站完整出行链条，从多维度对城市轨道交通适老化设备设施提出新要求。

我国已进入中度老龄化社会。《2025年度国家老龄事业发展公报》显示，截至2025年末，全国60周岁及以上老年人口已超3.23亿人，占总人口的23.0%。随着老年群体出行需求持续增长，城市轨道交通适老化改革不仅是回应民生关切的必答题，更是保障老年人平等、体面出行权益的关键抓手。

中国城市规划设计研究院轨道标准研究室主任、全国城市轨道交通标准化技术委员会秘书长黎晴向记者列举了老年人城轨出行时总会遇到的烦心事：进站时，自助售票机字小、操作时间短，不会智能设备的老人购票困难；导向标识看不清，广播音量不可调节，遇到问题求助渠道有限。换乘时，部分线路换乘路径冗长复杂，老年人容易迷路，通道存在高差、扶手缺失。候车时，一些站台座椅和饮水设备配置不足，屏蔽门与列车间隙存在踏空、夹人风险；空调直吹造成体感不适，应急医疗救助点位较少。



位于“脑智天地”展厅的无线微创脑机接口NEO系统。 本报记者 卢杨静摄

近日，成都交警通过视频回溯查处一起超低速行驶案例，驾驶员因驾车刷手机人为拖慢车道通行效率，经综合研判后被依法处罚，将“龟速车”治理话题带回大众视野。

热议背后，一个基础问题值得先厘清：什么才算“龟速”？它既可能指低于法定最低限速行驶，也可能指虽未违反最低限速，却明显低于当前车流平均速度、长时间占用快车道并造成后方积压。前者有明确法律标尺，后者则更多依赖综合研判。概念不清，就容易陷入“唯速度论”；标准不明，就难以做到“罚得准”。

道路交通安全法实施条例明确规定，高速公路最低车速不得低于每小时60公里。但普通道路与高速公路的通行属性完全不同，这也是执法实践中的核心难点。高速公路全封闭、车流整体车速快，低速行驶会直接打破车流的速度均衡，迫使后车频繁变道超车，连环追尾风险大幅上升；而普通城市道路、国道道路况复杂，路口、行人和非机动车穿插其中，没有统一法定最低限速要求，若照搬高速的“数值划线”逻辑，很容易陷入机械执法的误区。

“龟速车”广受讨论的焦点，不在于“低速该不该罚”，而在于“罚得准不准”。现实中低速行驶的成分十分复杂：有的是分心驾驶刷手机、接打电话，有的是恶意占道“路怒”斗气，也有新手驾驶紧张、车辆突发故障等客观情形。倘若不分缘由“一刀切”处罚，不仅难以服众，更会消解执法公信力。

回应公众的治理诉求，关键在于落实好差异化治理思路。高速公路场景下，应依托已有的法定最低限速规则，借助智慧卡口、路面巡逻提前识别低速车辆，先通过短信、电子屏、车载广播推送警示提醒，对分心驾驶、恶意占道的主观违法情形再依法处置；普通道路场景下，可综合考虑是否长时间占用快车道、是否伴随分心驾驶、是否造成实际拥堵、是否屡次发生等因素，形成可操作的裁量标准。对新手紧张、车辆故障、路况不熟悉等客观情形，先提醒纠正，再视情节处理。

近年来，不少地方已进行了有益探索：成都2025年上线智慧交管系统，识别车辆行驶状态异常后，先通过多种方式提醒核查，再依法依规处置；部分城市配套建立前置引导机制，对低速车辆先提醒纠正、再视情节处罚，既回应了治理呼声，也守住了执法边界。

治理“龟速车”，罚单从来只是手段，保障道路畅通与通行安全才是最终目的。不少驾驶员抱着“开慢点总没错”的心态在快车道上悠哉行驶，却忽视了道路的公共属性。治理低速占道并非鼓励开快车，而是通过划定速度边界、严查恶意慢行，维持车流均衡有序。这既需要执法端不断提升精度、传递温度，也需要每位驾驶员将“按道行驶、按速行驶”刻进行车习惯里。

本版编辑 林紫晓 向斯佳 美 编 吴 迪

在陕西延安吴起革命纪念馆里，陈列着一口布满裂痕，用胶泥和竹条加固的国家三级文物“红军锅”。说它是口锅，其实只是一口陕北乡间再普通不过的水缸。它的故事，发生在中央红军历经千难万险、完成了艰苦卓绝的二万五千里长征，胜利到达陕北吴起镇的那段峥嵘岁月。

“1935年10月19日，中央红军在到达吴起镇头道川倒水湾村的时候，战士由于没有带做饭用的锅，便从村民张宪杰家借来了一口缸做饭。”陕西延安吴起革命纪念馆解说员齐娟向记者介绍，当时红军带的食物除了黑豆、糜子，就是荞麦、谷子，柴火一加，粮还没煮熟，缸就被火烧裂了几道缝。又冷又饿的战士们只能抓起破缸里半生不熟的食物往嘴里塞。张宪杰看在眼里，疼在心头。第二天清晨，战士们在离别之际，把那口裂缸洗得干干净净，又按照新缸的价钱，拿出两块银圆赔偿。张宪杰怎么也不肯收，战士们却态度坚决，“这是我们部队的纪律”。送别红军后，张宪杰请人把裂缝的水缸箍好，用来存放粮食。直到1966年吴起革命纪念馆组织收集革命文物，张宪杰第一时间就把这口缸捐了出来。1992年，陕西省文物鉴定小组将这口缸鉴定为国家三级

赓续长征精神 奋进复兴征程

见真心

赵俊