

数智风向标

# “硬币”和“头发丝” 意念赛车照进现实

## 我国侵入式脑机接口技术进入临床试验阶段

中青报·中青网记者 张 渺

今年3月25日，复旦大学附属华山医院手术室里，一根比发丝还要细的电极穿过5毫米颅骨孔洞，嵌入因高压电击失去四肢的男性受试者运动皮层。仅3周后，他戴着黑色特制帽子，仅凭“意念”，就让屏幕上的赛车漂移过弯。

“现在我可以通过自己的意念控制电脑，有种心随所动的感觉。”受试者感慨。此刻，硬币大小的植入体正嵌在他的颅骨上，捕捉毫秒级的单神经元电信号。

截至今年6月，该系统持续运行稳定，未出现感染和电极失效情况，为大规模临床试验提供关键支撑。这是我国首例侵入式脑机接口的前瞻性临床试验，由中国科学院脑科学与智能技术卓越创新中心赵郑拓研究员团队及李雪研究员团队，联合复旦大学附属华山医院神经外科吴劲松/路俊锋团队，与相关企业合作开展。

这标志着我国在侵入式脑机接口技术上，成为继美国之后，全球第二个进入临床试验阶段的国家。

### 发丝1%细的电极植入大脑

一根只有头发丝1%那么细的超柔性电极，正尝试以一种前所未有的方式，融入人类大脑神经组织的微观宇宙。

在这之前，代表侵入式脑机接口业界最高水平的，是埃隆·马斯克创办的Neuralink公司。而赵郑拓团队研制的神经电极，截面积仅为Neuralink所使用电极的五分之一到七分之一，柔性超过百倍。这种超柔性电极，让脑细胞几乎“意识”不到异物存在，植入体直径26毫米、厚度不到6毫米，仅硬币大小。

与Neuralink贯穿颅骨的设计不同，中国方案只需在运动皮层上方的颅骨处“打薄”出硬币大的凹槽，再在凹槽上开一个5毫米穿刺孔，“不需要整体贯穿颅骨”。而项目团队采用的神经外科微创手术，能够有效降低手术风险，术后康复周期显著缩短。

电极植入后，须在十几毫秒内完成神经信号处理。赵郑拓团队通过自主研发的在线学习框架解决了这一挑战。这相当于给解码器提供了实时在线的辅助，其原理类似于“汽车的辅助驾驶系统”。

硬币大小的植入体，同样暗藏技术博弈，芯片组需要处理前端传感器传递的微弱神经信号，“信号首先被放大器放大，然后变成数字信号”。赵郑拓说，“由于采样率非常高，需要提取出最有效的特征，才能传输出去。”系统在内部完成原始信息特征提取和压缩后，无线传输给外部计算机进行最终解码。

2024年12月，依托两家单位联合共建，上海市脑机接口临床试验与转化重点实验室获批成立。这次手术的成功，是实验



受试者术后一个月脑控玩赛车游戏。

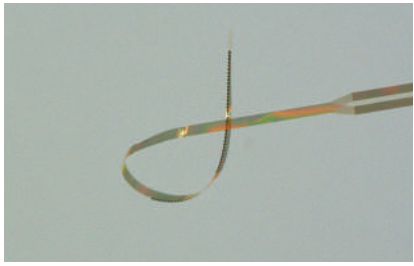
本组图片由中国科学院脑科学与智能技术卓越创新中心提供



手术中。



植入体直径26毫米、厚度不到6毫米，是全球最小尺寸的脑控植入体，仅硬币大小。



超柔性电极尺寸极小，是头发丝的1/100。

室成立后的首要重要成果。

“重点实验室将继续致力于推动脑机接口技术从基础研究走向临床应用与产业转化，为脑机接口科技成果转化打通‘最后一公里’。”实验室主任、复旦大学附属华山医院神经外科专家吴劲松说。

### “往大型体育馆里放麦克风”

电极的稳定性曾是最严峻挑战，李雪研究组早期遭遇了许多困境。

“最初的电极在植入大动物体内后，轻轻一碰就断了。”李雪感慨。这一困境促使团队寻找合适的材料。

“根据我们从书本上学到的，或者逻辑上推断，判断哪些材料加入会更好用、更结实，然后一个一个试验。”李雪告诉中青报·中青网记者，制作难点在于电极既要结实，又要安全，“不漏电”“不会被轻易撕断”。

植入过程采用特殊工艺。“使用一根非常细的钨针，电极前端会有一个孔，钨针可以穿过这个孔。”李雪说，“植入完成后，把钨针取出来，电极会留在里面。”

团队还基于电极超柔性特点做了电极冗余设计，“确保电极不会脱落”，以解决柔性电极位移和信号衰减问题。

供电方案设计采用“无线充电和无线信号传输方案”，患者佩戴的帽子状设备采用连线传电的方式，“目前没有内置电池”。但李雪提到，已规划升级路径，“后期可能会加入小电池以实现长期供电”，这将进一步解放患者行动限制。

针对术后感染风险，团队采用“常规的灭菌方案”。李雪提到，患者日常生活不受影响，“可以正常活动，不需要一直戴着帽子”。

用复旦大学附属华山医院神经外科副主任医师路俊锋的话说，这例脑机接口手术，就像是往大型体育馆里放麦克风。

大脑有近千亿个神经元，就像一座密闭的体育馆。大脑皮质共有6层，近千亿个神经元就像分布在6层看台上的观众，每个区域的观众通过发出不同的声音执行不同的功能。

不同的脑机接口技术，就像不同的收音方式。非侵入式技术类似于在体育馆外听里面的声音；半侵入式技术，如皮层电

极，相当于在看台顶部放置大量话筒，能捕捉到更多群体清晰的声音。而侵入式脑机接口技术，就如同进入体育馆内，将许多话筒贯穿6层看台，放置到观众的面前，“近距离聆听附近每个观众的声音”。

复旦大学附属华山医院与中国科学院脑智卓越中心形成了“楼上手术楼下研发”的协同模式。手术当天，团队借助高精度导航系统，在受试者清醒状态下，将两根超柔性电极植入其大脑运动皮层指定区域。电极前端仅5毫米植入脑组织，后端锚定在颅骨镶嵌的植入体上。整个手术精确到毫米级别，颅骨仅开5毫米穿刺孔。

手术前半，团队已完成20余次模拟植入演练。“我们采用功能性核磁共振成像定位、人脑图谱绘制定位、受试者专属三维模型构建等5种脑功能定位方案。”路俊锋向中青报·中青网记者解释，“手术中，受试者在清醒状态下想象手部运动，医疗团队才能实时验证神经信号输出，找到准确位置。”

当电极成功记录到电信号时，团队成员“脸上的笑容是发自内心的”。

后来，植入体在颅骨里面放好，头皮缝

# 给机器人装“超级仿生手” 像人类一样灵活抓取



机器人仿生手F-TAC Hand与手性能对比图。

研究团队供图

研究力和扭矩如何作用于关节和肢体，从而实现精确的运动控制。

在以往的研究中，触觉反馈与运动能力的整合，被认为是机器人研究领域中的关键挑战之一。此次研究团队开发的“基于全手触觉的机器人仿生手”(Full-hand Tactile-embedded Biomimetic Hand,简称F-TAC Hand)，是国际罕见的同时具备全手高分辨率触觉感知和完整运动能力的机器人手系统。

论文共同第一作者、北京大学人工智能研究院博士生赵杨杭告诉记者，人类手部的灵活性和适应性，很大程度上归功于

其密集的触觉传感能力，这使人们能够精确感知与调整抓握过程。例如，人类在抓取一个装满水的杯子与一个空杯子时，抓握杯子的位置、角度、方式可能完全不同。然而，在机器人领域，如何在不影响运动功能的前提下实现全手触觉覆盖，很长时间以来是个难题。

他告诉记者，研究团队开发的高分辨率触觉传感器，覆盖了机器人“手掌”表面70%的区域，空间分辨率达到0.1毫米，相当于每平方厘米约有1万个触觉像素，远超目前商用机器人手的触觉感知能力。

F-TAC Hand的设计灵感来源于人

类手部的生物结构。

人类手部触觉系统由两个关键要素组成：遍布皮肤的密集触觉传感器阵列和大脑中专门解释这些感觉输入的中枢处理机制。赵杨杭说，F-TAC Hand模拟了这种设计，将17个高分辨率触觉传感器，以6种不同配置集成在一起，并在不牺牲灵活性的前提下，实现了前所未有的触觉覆盖范围。

论文共同第一作者、北京大学人工智能研究院博士生李宇庵告诉记者，团队通过开发一种生成多样化抓取策略的算法，基于概率模型，能够产生大量多样化的抓取方式，其中涵盖了与人类非常相似的19种抓取类型。

他进一步解释：多物体同时抓取，是评估机器人手灵巧性的重要基准测试，比单一物体要复杂得多。抓取单一物品可以通过双指夹持的方式实现，但当用一只手抓取多个物体时，需要做精确的全手接触检测并调整运动策略，才能实现精准、稳定抓取。

实验结果表明，当规划出的多物体抓取策略，在现实环境中遇到障碍时，F-TAC Hand能够在约100毫秒内感知情况并快速切换到替代策略，完成任务。为验证这一技术的实际效果，研究团队在600次真实世界实验中评估了F-TAC Hand的

丽多彩的极光和分析高空中“飘忽不定”的大气数据，可以窥探太阳活动与地球磁场间复杂又微妙的“爱恨纠葛”。

在遥远寒冷的极区，极光研究宛如一双“慧眼”，时刻紧盯臭氧层的“健康指数”，它为国际环境治理协议提供重要科学支撑，被称为全球环保事业中的“定海神针”。正因如此，韩冰选择从实验室走向极地一线。

“如果说实验室是科技的‘温室’，极地就是它的极限‘健身房’。”对极地科考的理解，贯穿于韩冰的研究项目中，她将自己主持开发的两个项目形象地描述为“宇宙快递员”和“高空CT机”，二者通过一静一

好。受试者在第五天实现了简单的脑控。此时，整个团队“才真正放心”。

### “意念”赛车照进现实

术后一周，受试者出院。经过两到三周训练，已实现“意念”控制电子产品。在系统外部设备集成的特制帽子中，无线供电器和信号接收器与植入体高效耦合。

据赵郑拓解释，训练过程“有点像学骑自行车”，一开始还需要刻意思考每个动作，但随着练习，逐渐变得自然流畅。“利用已建立的神经关联，进行运动想象。”赵郑拓解释，“更像是成年人学习原本不会的新技能”。

据他介绍，当前的中国方案具备原创突破，电极尺寸更小，柔韧性更强，更关键的是临床普适性。此外，成本控制也已纳入规划，随着流程优化，术前三维重构等环节将精简。

“现在的神经外科里常用的手术器械和设备，足以支撑整个系统的植入手术。”路俊锋说。这意味着将来，无须依赖手术机器人，“普通三甲医院均可实施”。

隐私保护机制已嵌入系统设计，受试者原始脑活动信息不会有泄露风险。“主要就两部分信息，即大脑里提取的神经活动信息和解码器解读出来的控制指令，只有第二部分信息会对外输出。”赵郑拓说。当前系统仅为单向信息提取，“不存在受到网络安全攻击的风险”。

但挑战依然存在，赵郑拓提到，目前“术后受试者神经活动受到很多因素影响”；产业协同也需加强，“和终端设备的研发团队需要紧密配合，有很多接口需要打通”。

系统安全性和功能性，在人体试验前，已经通过非人灵长类动物得到了验证，植入猕猴运动皮层的系统持续稳定运行，“未出现感染和电极失效的情况”，猕猴成功实现脑控光标运动。更关键的验证发生在平稳运行后，猕猴的植入体被手术安全取出，并更换新植入体，在同一个颅骨开孔位置完成二次植入。

术后，系统稳定运行，证明植入体的后续升级计划可行。电极如今设计的5年寿命并非终点。

“这个系统可以支撑患者在相对较长周期内不用作更换。”赵郑拓对记者强调可持续性，“未来，患者可以通过小的手术更新换代，永远使用到最新技术”。

目前，项目团队正将技术延伸至物理交互层面。应用场景将瞄准完全性脊髓损伤、双上肢截肢及肌萎缩侧索硬化症患者等群体。相关技术也适用于脑卒中导致语言障碍的人群，未来可能重建语言桥梁。

当受试者用“意念”操控赛车通过终点的瞬间，硬币大小的中国方案正将科幻照进现实。这支跨越神经科学、微电子、临床医学的团队，在超柔性电极上书写的故事，正在重塑人机交互边界。

科学咖啡馆

中青报·中青网记者  
张 茜  
实习生 刘 璇

不用写代码，就可以开发出一个拥有个性化交互界面和大模型“大脑”的智能体？

在前不久举办的“联通明曦杯”智能体开发大赛上，北京邮电大学的同学们做到了。这场比赛的发起者，北京邮电大学副教授、教育数字化特聘专家徐童介绍，在不到一个月的时间里，来自该校13个学院的本科生和研究生，基于北邮EZCoding大学生创业团队自主开发的教学智能体平台“初发”，开发了200多个智能体作品，包括词汇量挑战游戏、AI旅行管家等。

徐童认为，这些智能体不仅是学生创新的成果，更是无代码开发智能体趋势的生动体现。

他观察到，自ChatGPT推出GPTs功能，允许用户以零代码方式定制专属AI助手之后，智能体的无代码开发趋势逐步显现。目前国内一系列无代码的智能体开发平台已纷纷上线，包括百度的文心、腾讯的元器、阿里巴巴的通义星尘、讯飞的星辰Agent平台等。

为何不少平台能够实现“无代码”开发？徐童解释，这些平台以大模型作为“大脑”，能够对一些任务进行自主处理，从而极大地减少了编程的工作量。同时，一些无代码开发平台提供可视化的界面，开发者只需通过拖拽控件、撰写提示词等操作，就能完成前端界面和后端工作流的开发，快速提升效率。

他表示，目前，通过无代码开发平台开发的智能体主要分为两类，聊天型智能体和应用型智能体。在很多垂直领域，聊天型智能体并不能满足需求，这就需要功能更加强大、使用体验类似于应用程序(App)的应用型智能体。

不过据他了解，目前仅有少数平台支持无代码应用型智能体开发，包括字节跳动旗下的AI应用开发平台“扣子”、北邮的“初发”平台等。他说，有的智能体开发平台还不具备无代码开发应用型智能体的功能，少数平台即使有，也存在“前端控件数量少”“功能简单”等问题，难以满足各垂直领域的细分需求。

在徐童看来，尽管还存在局限性，无代码开发应用型智能体的趋势也已经不可阻挡。他认为，大模型驱动、自定义界面、无代码开发将成为智能体开发的主流模式。只要有好创意，未来人人都可能开发出自己的应用型智能体。

应用开发门槛降低趋势显现，还需要学编程吗？

采访当天，记者给“初发”平台的技术负责人、北京邮电大学本科生杨中天现场出了一道题：做一个“编辑智能体”，要有识别和纠正错别字、语病、表述风险的功能。

他将“按钮”等前端控件模块一个个拖进操作界面，打比方说这就好像在“预制菜”。随后输入指令和提示词，指挥控件按照需求和相应的顺序运行。这个和电脑“沟通”的过程，虽然不用写代码，但仍需要逻辑清晰、安排合理，否则“编辑智能体”随时都可能“罢工”。杨中天说，操作者虽然不用自己写代码，但还是需要有“编程思维”。

作为一名教师，徐童也意识到，应用开发门槛的降低可能会促使编程教育发生改变。

他认为，未来教学重心和学习模式都将发生变化。编程教学的重心会逐步从学习编程技术，转向学习编程思维、创新思维和解决问题的方法，而学习模式会从传统的基于授课的学习，转向基于项目的学习模式，“学生在实践过程中‘学以致用’，学习效率会极大地提高。

# 不用写代码就可开发智能体，还用学编程吗



扫一扫 看视频

科学闪光点

唐羽琴 中青报·中青网记者 孙海华

追极光、探冰原、破译地球“气候密码”……记者在西安电子科技大学(以下简称“西电”)采访时获悉，有这样几位教师，将他们的“实验室”搬到了“地球尽头”。

他们中，有人守望南极海冰，丈量地球“冷源”的脉动；有人与极光共舞，用代码解读太阳的“情绪”；还有人化身技术先锋，给冰川装上“智能芯”……这些来自地球尽头的探索与发现，凝结着他们的思考与心声。

吴家骥，西电电子工程学院博士生导师、教授，曾在春节期间独自值守中国北极黄河站，成为极地科研战线上的“孤勇者”。

“极地是全球环境气候变化最敏感的

# 从北极光到南极雪 他们把实验室搬到“世界尽头”

‘放大器’和‘显示器’，极区自然环境的任何微弱变化，都会在后续全球气候中产生显著影响。”吴家骥说。

2013年春节，吴家骥选择“留守”中国北极黄河站。零下几十摄氏度的严寒里，他承担了保障科考站核心科研任务“不停摆”的重任。

一次持续10多天的网络通信彻底中断，令吴家骥印象深刻。作为站内值守专家，通信中断不仅意味着与外界支援的隔绝，辛苦获取的数据更是无法及时传回。吴家骥没有消沉，而是将注意力转向手头能做的一切：更细致地检查设备状态，优化本地参数，确保数据在站内安全备份，并维护

其他设备持续运行。

极地的静谧中，吴家骥收获了内心的宁静与坚韧。极端环境中的独立思考 and 坚守精神，也深深影响着他对科研工作 and 人生的理解——真正的科学探索，需要的不仅是知识和技术，更是一颗勇敢而坚韧的心。

韩冰，西电智能感知与图像理解教育部重点实验室博士生导师，先后主持多个极地科研项目，曾参加中国—冰岛北极科学考察站极区观测任务。

“极地科考是科学家与极光共舞的浪漫旅程，更是一场捕捉太阳‘情绪波动’的精密追踪战。”韩冰告诉记者，通过观测绚

丽多彩的极光和分析高空中“飘忽不定”的大气数据，可以窥探太阳活动与地球磁场间复杂又微妙的“爱恨纠葛”。

在遥远寒冷的极区，极光研究宛如一双“慧眼”，时刻紧盯臭氧层的“健康指数”，它为国际环境治理协议提供重要科学支撑，被称为全球环保事业中的“定海神针”。正因如此，韩冰选择从实验室走向极地一线。

“如果说实验室是科技的‘温室’，极地就是它的极限‘健身房’。”对极地科考的理解，贯穿于韩冰的研究项目中，她将自己主持开发的两个项目形象地描述为“宇宙快递员”和“高空CT机”，二者通过一静一

动、一外一内“打配合”，不仅助力空间天气预警，也为全球碳循环研究打造了一套“硬核算法装备”。

郭兴，西电电子工程学院讲师，于2014年12月-2016年3月在南极展开科学考察。南极科考充满挑战：一方面，复杂的环境要求科研人员必须具备广博的知识储备。另一方面，在这片人迹罕至之地，团队合作变得尤为重要。“从木框架制作到水泥沙子配比，每个环节都离不开协作。”

18个月的南极科考生涯，从维护20余套旧设备到搭建新设备，郭兴参与的每一项工作都在为人类理解极地环境贡献着数

据支撑。那段“世界尽头”的坚守，成为他科研生涯中最宝贵的财富。

令狐龙翔，西电电子工程学院副教授，2019年10月-2021年5月，在南极中山站负责高空大气物理业务化观测项目。

“南极‘大宝库’的价值是多维度的。”令狐龙翔告诉记者，那里不仅是大家认识的冰雪世界，更是丰富的矿产资源地，作为地球的“冷极”，它的气候变化也直接影响着全球的气候格局，是理解地球气候系统不可或缺的关键环节。

“在极地，我目睹了冰川消融的实况，也体验了精密仪器在极端环境下的失效风险。”这些亲身经历让令狐龙翔意识到，技术研究不能脱离环境现实。

“南极教会了我在困境中坚守，明白了真正的科研不只是实验室里的理论推导，更是在现实世界中经受检验的过程。”令狐龙翔说，这样的收获是南极给自己最大的馈赠。