

# 帮孩子远离情绪困扰，别错过9岁“黄金窗口期”

■本报记者 赵宇彤

情绪低落、食欲减退、抵触上学、爱发脾气、害怕考试……这些看似青春期的叛逆行为，实际上可能是青少年情绪求助的信号。“青春期是学业压力持续攀升的关键期，也是焦虑、抑郁等情绪障碍的高发期。”近日，在接受《中国科学报》采访时，北京师范大学心理学部教授徐鹏飞指出，然而，许多孩子出现严重症状时，往往已错过最佳干预时机。

这些受情绪困扰的青少年，是否在童年时期就已经在脑发育上露出端倪？能否提前预判，从而进行早期预防？针对青少年情绪问题的早期识别难题，徐鹏飞团队通过7年的纵向追踪，发现在大脑发育中存在能够预警的客观脑电标记。9岁前后可能是大脑情绪调节网络成熟的关键节点。相关研究近日发表于《生物精神病学》。

“该研究为焦虑与抑郁在神经发育层面的分化机制提供了关键的纵向证据，为该领域带来了重大进展。”审稿人评价道。

## 情绪分水岭

2016年，徐鹏飞团队对北京市某小学一年级学生进行了一场特别的测试。

“排除任何已知的神经系统疾病、精神障碍史、脑外伤史，且智力发育正常，右利手，通过标准化问卷确认其情绪和行为问题得分均在正常范围内。”徐鹏飞团队筛选出了64名7岁的健康儿童，并记录下他们静息状态下的脑电波数据。

“7岁时，预测焦虑和抑郁的大脑网络还处于‘纠缠不清’的状态。”徐鹏飞告诉《中国科学报》，等孩子们9岁时，研究人员惊讶地发现，脑电波预测信号显示，焦虑和抑郁的“模样”开始分化。

“我们发现，在青少年焦虑、抑郁症状暴发前的儿童期，焦虑和抑郁在大脑中由不同的脑电波频段主导。”徐鹏飞说，Alpha网络特异性地指向未来焦虑，Beta1网络特异性地指向未来抑郁，两者呈现出明确的大脑半球偏侧化特征，且这种预测能力在11岁时持续增强。

这表明，9岁左右可能是儿童大脑情绪调节网络成熟的关键节点，也是进行早期心理筛

查和预防性干预的“黄金窗口期”。

“在神经生物学层面，这一时期对应着大脑前额叶皮层和杏仁核之间神经纤维的关键髓鞘化时期。”徐鹏飞指出，在行为表现上，焦虑倾向的孩子会变得提心吊胆、对未知事物过度担忧，而抑郁倾向的孩子可能出现轻微的快乐感缺失，对曾喜爱的事物失去兴趣，遇到挫折时容易放弃，更容易陷入反复的精神内耗。

等孩子们13岁进入青春期，徐鹏飞团队再次对他们进行了焦虑和抑郁症状的评估，以及功能磁共振成像(MR)扫描。

“基于脑电特征连接体预测模型和机器学习算法，我们试图回答：能不能用孩子儿童期的脑电图预测青春期的焦虑或抑郁？”基于fMRI核磁数据，徐鹏飞团队锁定了一个关键的大脑回路——杏仁核-前额叶回路。

他们发现，儿童期脑电指标对青春期情绪问题的预测呈现出两条神经通路——右脑焦虑、左脑抑郁。“右侧杏仁核-前额叶介导Alpha网络对焦虑的预测，左侧回路介导Beta1网络对抑郁的预测。”徐鹏飞说。

此外，徐鹏飞还从国际独立大型公开数据库选取了384名年龄范围相匹配的儿童青少年进行外部验证。

“结果显示，基于我国儿童建立的预测模型，在跨文化国际样本中依然表现出良好的准确性和稳健性。”徐鹏飞表示，这有力证实了他们发现的脑电指标具有跨样本与跨文化的普遍代表性。

## 7年追踪

儿童青少年情绪问题的早期识别，从来都不是一件容易事。

“以往的研究多采用横断设计，在青少年已经确诊情绪障碍后，再通过健康组和患病组的比较寻找大脑异常，这无异于亡羊补牢。”徐鹏飞指出，“设计、开展前瞻性的纵向研究，刻画情绪问题在儿童青少年大脑中动态发育的轨迹，才是解析情绪障碍发生发展机制的关键。”

青少年的情绪受学业压力、同伴交往、家庭期望等环境因素影响，单次筛查如同快照，难以

捕捉不同情绪问题错综复杂的轨迹。此外，焦虑、抑郁等情绪问题往往交织出现，现有量表等筛查工具在区分细微差距上仍显乏力，容易导致误诊或漏诊。

传统诊断方法高度依赖家长、老师或青少年的主观量表汇报，缺乏稳健、可靠的客观标记。部分青少年会因为病耻感或自我认知局限，主动隐瞒真实情况，而家长则容易将情绪问题误解为叛逆或者调皮。因此，徐鹏飞果断决定，摒弃原本的主观报告路径，直接采用客观的脑电记录和机器学习算法等进行研究。

然而，纵向脑成像研究中的样本流失早就是国际公认的难题。

“在长达7年的追踪过程中，我们遭遇了被试流失、主试变更、设备老化等现实困难。”徐鹏飞回忆道，随着年龄增长，孩子们搬家、升学，进入青春期后参与意愿下降……如何保持长期追踪的稳定性，确保数据质量，成为最大的挑战。

对此，团队选择“两手抓”：一方面，基于和每个家庭的深厚情感与信任，定期向家长反馈孩子常规的认知发育报告，使其真切感受到研究的价值；另一方面，持续优化实验流程，力求高效有趣，最大限度减轻孩子与家长的参与负担。最后，仅有34人完成了全部脑电、核磁共振及临床症状评估。徐鹏飞感慨道：“这项研究不仅是一组数据，更是与几十个家庭共同走过的一段成长旅程。”

7年来，每位参与实验的孩子都给团队留下了深刻印象。有的初来时十分害羞，后来慢慢成了朋友；有的十分喜欢团队设计的游戏化程序，主动请教编程知识并尝试自己创作游戏……

“对于测试中识别出情绪障碍风险的孩子，我们会第一时间与家长沟通，并协助对接学校心理老师。”徐鹏飞反复强调，“科学预测的意义从来不是‘贴标签’，而是为理解和关怀提供方向。”

## 提供主动关怀

“我们发现9岁是关键窗口期，并不是想让家长为此焦虑，而是力图提供一个‘主动关怀’的时间点。”徐鹏飞建议，家长和学校可以从几个方面提供支持。

首先，帮助孩子正确认识和表达情绪，告诉他们焦虑、难过都是正常的情绪，而不是错误的。“可以试着问问孩子：‘你看起来有点紧张，是不是担心明天的事情，能和我说说吗？’”徐鹏飞指出，要引导孩子识别、接纳、表达情绪。

其次，运动是天然的情绪调节器，充足的睡眠对前额叶发育至关重要，9岁正是培养运动习惯和规律作息的关键期。

“还要鼓励‘可控感’。”徐鹏飞告诉《中国科学报》，焦虑通常源于对不确定的恐惧，家长和老师不应用“考不上好学校就完了”等恐吓性语言刺激孩子，而是要适当给予其选择权，例如询问“周末你想去公园还是爬山”等，帮助孩子在可控范围内建立自信。

此外，培养孩子的积极情绪系统也至关重要。抑郁的重要特征是对奖赏的弱敏感性，家长和老师不应只盯着孩子的学习成绩，而要鼓励孩子参与体育运动、艺术活动和同伴社交。当其取得微小进步时，给予及时、具体的正向反馈，帮助其建立对生活的掌控感和期待感。

对学校而言，可以在孩子9岁或者更早期时系统引入情绪管理课程，鼓励健康的同伴互动，为孩子提供重要的支持系统。

“最重要的是，家长要保持情绪稳定，成为孩子的安全港湾。”徐鹏飞强调，在9岁的窗口期，高质量的陪伴和接纳是孩子大脑情绪网络最好的营养剂。“要让孩子知道，无论遇到什么情绪困扰，家都是可以倾诉、不会被指责的地方。”

尽管目前该研究存在设备便携性与标准化等难题，与成熟的临床或社区应用仍有一段距离，但徐鹏飞团队的探索仍在继续。

“我们将从预测走向干预，基于此次研究发现的神经靶点，开展针对高风险儿童的早期干预临床试验，开发并验证针对性的早期干预方案。”徐鹏飞表示，他们还将整合多模态数据、延长追踪时间，更精细地描绘从童年到成年的完整情绪发展图谱和情绪网络的生长曲线。“未来在‘家-校-社-医’的综合体系中，形成更符合国情期的筛查思路与可推广方案。”

相关链接信息：  
<https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2026.03.002>

## 集装箱

### 中-新-印 先进材料会议召开

本报讯(记者高雅丽)近日,由中国材料研究学会主办的中国-新加坡-印度先进材料高端会议在北京举行。会议会聚了中国、新加坡、印度材料领域的专家、企业家及青年学者,围绕中国与南亚新材料领域的合作内涵、合作形式展开了深入研讨。

会上,中国材料研究学会与新加坡材料研究学会、印度材料学会正式签署合作协议,明确约定三方将建立常态化合作机制,定期开展学术与产业交流和产业考察等活动,进一步深化三方在新材料领域的合作内容,推动三方材料产业协同升级、共同发展。

在为期3天的会议中,中、新、印各派出12位专家及企业家代表,围绕金属材料、生物医用材料、信息材料三大核心领域作专题交流报告。

## 通用智能人“通通”3.0亮相

本报讯(记者赵广立)3月29日,北京通用人工智能研究院正式发布了全球首个通用智能人“通通”3.0版本。

相较于前代,“通通”3.0在空间智能、认知智能与社交智能三大核心维度实现跨越式升级。在空间智能方面,“通通”能够清晰区分3D虚拟具身空间与2D现实视频流,实现对物理世界的精准感知与映射;在认知智能方面,“通通”已具备复杂任务的自主规划与并行任务管理能力,能够动态响应环境变化并实时调整行动路径;在社交智能方面,“通通”现在不仅能识别他人的情绪与意图,还可进入多智能体共存的“AI小镇”开展拟人化互动,在协作与共情的复杂社交任务中提供协助、化解矛盾。

北京通用人工智能研究院院长、北京大学智能学院院长朱松纯从“原创引领-科技创新-产业创新”角度,阐释了原创理论“CUV”架构下的通用智能人“通通”的成长路径与转化应用方式。“通通”以“因果-价值”驱动为核心,实现了个体智能在感知、决策与交互层面的高度一体化,正逐步从个体智能向社会智能(社会模拟器)演进跃升。

## 2026大中小企业 融通创新发展对接会举办

本报讯(记者沈春蕾)近日,作为2026中关村论坛年会中关村国际技术交易大会的品牌活动,2026大中小企业融通创新发展对接会在北京举办。

对接会聚焦人工智能(AI)、绿色能源、智能制造三大核心赛道,全面征集、精细梳理出100项贴合产业实际、具有合作价值的技术攻关需求,编制形成专属需求汇编,将产业链刚需转化为中小企业精准创业商机。

8家央企及民营领军企业在对接会现场发布需求,覆盖氢氨协同、海上风电施工装备、储能系统集成、流程工业智能工厂、智能清洁器件等多个前沿方向,每一项都直击产业发展痛点、贴合行业发展趋势。

活动现场还发布了《大中小企业融通创新对接会技术需求手册》和《北京市制造业中试平台对外开放服务手册》。前者集中发布了领军企业的100项具体技术需求,为中小企业“揭榜挂帅”提供精准导航;后者汇集了北京市重点中试平台的开放资源与服务能力,帮助中小企业打通“从实验室到生产线”的关键一环。

## 首个针对治疗用 噬菌体制备技术规范发布

本报讯(记者刁雯蕙)近日,由国际标准化组织生物技术委员会归口,深圳华大生命科学研究院牵头,联合中国食品发酵工业研究院有限公司、中国计量大学以及北京化工大学等单位共同研制的国际标准《生物技术-生物过程-治疗用噬菌体制剂制备的通用要求》发布。这是国际上首个针对治疗用噬菌体制备过程的技术规范文件,标志着噬菌体治疗相关生物制备流程在国际层面实现了重要突破。

该标准历时两年半完成,系统规定了治疗用噬菌体制剂制备的通用技术要求,涵盖噬菌体的分离、纯化、鉴定、筛选、保藏等关键环节的处理要求,以及治疗用噬菌体滴度检测、质量控制等核心内容,形成了一套覆盖全流程、可执行、可对标的统一技术框架。

## 超静音智能呼吸机 破解噪声难题

本报讯(记者王昊昊 通讯员宁玲)可孚医疗近日在湖南长沙举行新品发布会,正式推出首款无消音棉超静音人工智能(AI)智能呼吸机C11。

C11以无棉静音和AI适老交互为核心,能真正从患者体验出发解决临床需要。C11采用蜂窝多级声学优化消音专利结构,配合12片扇叶风机与对称双风道设计,在不使用任何消音棉的前提下,将运行噪声稳定控制在23分贝(实验室标准工况),相当于图书馆翻书声。C11还搭载了自主研发的3S智能同步算法,实现毫秒级压力响应速度,较传统设备快一倍。该算法可在吸气启动瞬间供气,消除憋闷感;实时识别翻身、漏气、呼吸急促等状态,毫秒级动态补偿,实现人机协同。

## 按图索技

### 可无线控制机械手的超声波腕带来了

本报讯(记者张晴丹)人类的双手是身体最灵巧的部位。模仿它们,一直是机器人技术和虚拟现实领域的一项长期挑战。美国麻省理工学院(MIT)的研究人员设计出一种超声波腕带,可以实时精确追踪佩戴者的手部动作。该腕带在手部运动时产生手腕肌肉、肌腱和韧带的超声图像,并配有一个持续将这些图像转换为手指和手掌相应位置的人工智能(AI)算法。相关研究成果近日发表于《自然-电子学》。

在演示中,佩戴腕带的人可以无线控制一只机械手。当人手做手势时,机械手会做同样的动作。在这种类似无线木偶的交互中,佩戴者可以操控机器人弹钢琴、玩桌面投篮。此外,佩戴者还可以通过腕带操控计算机,例如通过张开或捏合手指来放大或缩小屏幕中的虚拟物体。

目前,在机器人技术中有多种捕捉和模

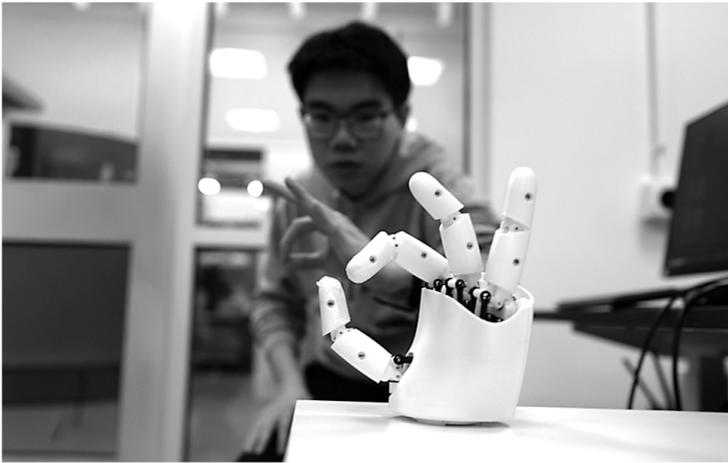
仿人类手部灵巧性的方法。在这项新研究中,团队将超声贴片设计整合进一款可穿戴腕带中,以持续对手腕的肌肉、肌腱等进行成像。手腕里的肌腱和肌肉就像拉动木偶(手指)的弦,“每次对‘弦’的状态进行成像,就能了解手的状态”。

研究人员将AI算法与腕带结合起来,并在更多志愿者身上对腕带进行了测试。结果表明,腕带能精确追踪并预测手部位置。

为了展示潜在应用,研发团队还开发了一个简单的计算机程序,并将其与腕带无线配对。佩戴者可以流畅、连续地移动、操控屏幕中的物体。

团队的最终目标是打造一款任何人都可以佩戴的可穿戴手部追踪器,以高灵巧度无线操控人形机器人或虚拟物体。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1038/s41928-026-01594-4>



佩戴腕带的人可以通过动作控制机械手。

图片来源:MIT

# 完成脑机接口应用突破后,他们想从“1”回到“0”

■本报记者 陈彬 通讯员 陶天野 苑洁

近日,国家药监局批准全球首款侵入式脑机接口医疗器械上市。这标志着国际首个侵入式脑机接口医疗器械进入临床应用阶段。

该产品为植入式脑机接口手部运动功能代偿系统(以下简称NEO系统)。该系统采用硬脑膜外微创植入与无线供能通信技术,通过解读脑信号,帮助脊髓损伤截瘫患者实现手部运动功能的代偿与修复。在软件算法、核心硬件及关键原材料上,NEO系统均已实现国产化。

获批上市前,NEO系统已在全国11家医院开展了多中心确证性临床试验,并完成了32例颈段脊髓损伤患者的临床植入,临床试验人数全球领先。试验结果表明,全部患者在植入脑机接口后都实现了脑控抓握,脑机接口辅助下的手部运动功能评分显著提升。

这一成果的背后,是清华大学生物医学工程学院教授洪波团队在脑机接口领域20余年的耕耘。

## 另辟蹊径的“半侵入式”设计

洪波团队对脑机接口领域的探索可以追溯到25年前。

彼时,脑机接口研究主要分为非侵入式和侵入式两条技术路线,前者通过在头皮外侧无创放置传感器采集大脑信号,虽然安全,但信号会受到颅骨物理屏障的滤波影响;后者则将传感器直接植入大脑皮层,信号精准,长期使用存在生物相容性、电极脱落等问题。如何在侵入程度、信号质量和长期风险之间取得平衡,是全球脑机接口团队都在反复斟酌的问题。

得益于清华大学医学学科的建设布局,洪波和学生们在十几年前便开始与多家医院交

流合作,摸索究竟什么样的脑机接口才能长期稳定地让患者受益。

2013年,洪波团队开创性地提出了半侵入式脑机接口的设想。他们考虑将片状电极放置于硬脑膜外,记录硬脑膜外脑电信号。这样一来,电极不接触脑组织,不损伤神经细胞,没有移位风险,从而在安全性与信号质量之间找到新的平衡点。

半侵入式脑机接口虽然避免了传统侵入式设备的直接风险,但仍需应对长期稳定性、无线供电、脑信号解码等一系列技术挑战。例如,植入设备如何长期可靠地采集和传输脑电信号?

NEO系统给出的解决方案是近场无线通信与供能技术,一方面实现脑电信号的无线传输,彻底摒弃传统连线插头;另一方面去除体内电池,通过无线方式向体内处理器供电,从而避免反复充电及电池失效引发的二次手术风险。这一“信能一体、里应外合”的创新设计,为植入设备的终身可靠使用奠定了基础。

而信号解码是另一道难关。电极置于硬脑膜外,信号衰减成为无法回避的问题。团队研究发现,硬脑膜外脑电信号有效频带达200赫兹,可通过提取多频带信息,构建“虚拟信号通道”,并将频带间的协同变化纳入解码特征。凭借这一方法,NEO系统仅用8个电极便实现了90%以上的抓握解码准确率,解码延时控制在数百毫秒,能够精准快速翻译患者运动意图,让患者“想动就动”。

2023年10月,NEO系统完成首例植入;2023至2024年,完成4例可行性临床试验,初步验证了系统的有效性和安全性,并明确了适应证;2025年,在全国11家医院开展多中心确证性临床试验,完成32例颈段脊髓损伤患者的临床植入,全部患者实现了脑控抓握。

## 做改变世界的工程师

做脑机接口研究,洪波团队的理念是“不跟风”。提出半侵入式技术路线是不跟风,尝试把技术推广向手术台、把研究推向产业,也是不跟风。

不跟风不是一件容易的事。洪波坦言,在产业化探索过程中,团队发表文章的速度明显慢下来,这让师生们隐隐感到压力倍增。

定力从何而来?“清华的培养给了我们底气。”洪波说,“我没有浪费在这里的每一天,我相信自己的专业能力和判断力。”

正是这个大胆的尝试过程,让团队在真实世界中获得了科学研究的另一重答案。

清华大学生物医学工程学院博士四年级学生姚汝威至今记得,因车祸而高位截瘫多年的患者,在接受脑机接口植入手术几个月后熟练通过脑控外骨骼手套实现抓握。去年,该患者来到清华参加脑控轮椅等项目测试。在神经工程实验室,他第一次通过脑控轮椅完成了前进、左转、右转的指令,喜不自胜,当场给母亲拨去视频电话:“我可以自己控制轮椅了!”

那一瞬间,姚汝威突然真切地感受到参与这项研究的价值,“电脑文件里的‘研究意义’蓦然真切起来”。

大学时代,洪波同样是个“不跟风”的人。那时生物医学工程不算热门方向,洪波却觉得这个领域有“未来感”,于是头扎了进去并没设定了“在实验室里发现科学规律”这一主要目标。

“但是,在某一天、某个时候,你会问自己,在实验室里做的这些课题究竟有没有改变这个世界。”洪波说。

过去10年里,洪波越来越深刻地意识到,