

# 记忆时,不同脑区如何工作?

## K 热点透视

我们为什么能在瞬间记住一串验证码,快速口算出 $2 \times 4 \times 5 \times 6$ 的结果?我们又为何能在开车路上一边听导航、算时间和规划路线,一边还不忘躲避行人?这都依赖于大脑中高效的工作记忆系统。

任务变难时,大脑怎样快速分配资源、让多个区域协同配合,一直是认知神经科学关注的热点问题。近日,首都师范大学心理学院副研究员李瑾、副研究员曹丹团队与瑞士苏黎世大学教授约内斯·萨尔廷团队合作,研究了海马、内嗅皮层、外侧颞叶皮层3个脑区的联动过程,并揭示了内嗅皮层在工作记忆负荷动态变化中的枢纽效应,为理解工作记忆的神经基础提供了全新理论框架。相关论文近日发表于国际期刊《自然·通讯》。

### 探究不同脑区“协同作战”神经机制

有学者将人的记忆系统分为感觉记忆、工作记忆和长时记忆三类。

举个例子,买水果时,各色水果、服务人员、单价签等几乎所有进入感官的信息都会被大脑“登记”,这就是感觉记忆,亦称瞬时记忆;但如果人不予注意,大量信息会被很快忘掉。挑选了两三种水果后,称重时记住了每种水果的金额,就能估算出总价,这种短暂记住几个数字并进行运算的能力属于工作记忆的范畴。工作记忆是指大脑暂时保持和存储信息;后续如果不加深记忆,也会慢慢忘掉这些信息。如果有些居民常去这家水果店买水果,可以准确道出水果店的名字、地理位置,这就属于长时记忆,即大脑长时间存储信息的能力,这种信息几年甚至一辈子都不会忘记。

“这三类记忆中,工作记忆是一切高级认知功能的基石,也是当前认知心理学

和认知神经科学中最活跃的研究领域之一。”日前,上述论文通讯作者李瑾在接受笔者采访时说。

众所周知,大脑分为多个脑区,不同脑区各司其职,共同保障大脑这台“超算”稳定运行。

“此前有关工作记忆的研究多聚焦于单个脑区的独立作用,但探究不同脑区‘协同作战’的神经机制重要且必要,就像拼图一样,我们想做的就是补上这块碎片。”李瑾说。

再三衡研究的科学性和实验的可行性后,团队精心选取了与工作记忆相关的3个主要脑区:海马、内嗅皮层和外侧颞叶皮层,并在通过伦理审查的情况下进行实验。

#### 揭示内嗅皮层“中转站”功能

研究团队选取的这3个脑区分别具有哪些功能?

笔者了解到,海马位于大脑内侧颞叶,因其卷曲如海马而得名。它是学习与记忆的关键结构,负责将短期记忆固化为长期记忆,整合信息、空间导航等功能。20世纪50年代,患者亨利·莫莱森(H.M.)在手术切除海马及邻近颞叶结构后,丧失了形成新陈述性记忆的能力。自H.M.病例报告发表以来,海马便一直位于记忆神经生物学研究的前沿。

内嗅皮层则与空间关系密切,就像大脑的“北斗定位系统”。有研究发现,很多阿尔茨海默病患者的内嗅皮层脑区有所受损,而该病的典型症状之一就是感知空间能力衰退,患者经常找不到回家的路。

外侧颞叶皮层参与感觉信息的高级处理以支持记忆内容的表征,还负责接收和处理来自耳朵的听觉信息。当该区域受损时,可能会导致听力下降、失语、记忆力减退等症状。

“从生理位置上看,内嗅皮层正好连接海马与外侧颞叶皮层,其解剖结构决定

了它可能在不同脑区的信息整合中发挥关键作用。基于此,我们希望深入探究这一‘中转站’的功能。”李瑾说。

首先,研究团队要求13名受试者在短时间内记住4个字母,随后这4个字母消失,等待3秒后,再呈现1个字母,并请受试者判断该字母是否在之前呈现的4个字母中出现过。

在此过程中,研究人员通过植入受试者脑部的电极实时记录了海马、内嗅皮层和外侧颞叶皮层的脑电活动,并观测其活跃程度。随后,研究团队加大了难度,将短暂记忆的4个字母变为6个、8个,以此来观察在不同负荷水平时脑区活动的变化。

实验结果表明,大脑会根据任务负荷的难易程度,灵活调整不同脑区的贡献值,从而展现出一种跨区域协同、应需而动的弹性策略。

文章第一作者、首都师范大学心理学院硕士研究生杨佳怡进一步介绍,在任务负荷较低时(记住4个字母),海马、内嗅皮层和外侧颞叶皮层各自发挥作用,功能贡献相对均衡;而随着负荷上升(记住6个、8个字母),内嗅皮层的能力逐渐凸显,逐步发挥枢纽功能。作为连接海马和外侧颞叶皮层的“中转站”,内嗅皮层在后两项实验中不仅贡献值显著提升,更展现出了强大的跨脑区信息整合能力。

“我们进一步分析脑电信号时发现,当剔除与内嗅皮层相关的信息后,其他脑区的预测性能显著下降,凸显了其在高负荷状态下的关键枢纽地位。”该研究项目共同负责人曹丹说。

该研究项目合作者约内斯·萨尔廷认为,该研究成果让人们更清晰地了解了各脑区在复杂认知网络处理中所扮演的角色及协同机制。

#### 推动疾病治疗与大脑潜能开发

李瑾认为,该研究成果或将提示临床

神经调控相关方向的新路径。后续可围绕内嗅皮层在疾病状态下的功能变化,以及它与其他脑区连接模式的异常展开研究,为寻找疾病潜在干预靶点、设计创新治疗策略提供理论依据。

例如,通过时间干涉刺激、颅内电刺激等神经调控方式,有的放矢地对内嗅皮层等脑区进行刺激和功能加强,或有望治疗阿尔茨海默病等神经类疾病。

“当然,这些设想还需大量严谨的基础与临床研究进一步验证。”李瑾透露,下一步团队将继续深入完善该系列研究,计划从内侧颞叶向全脑区进行突破,从更宏观的层面探究大脑各区域协同工作机制;致力于提高脑区的亚区域分辨率,对包括内嗅皮层在内的关键脑区进行更精细的功能解析,从而更精确地理解神经资源如何动态分配以适应不同认知需求,进一步揭示大脑适应认知负荷和行为需求的奥秘。

该研究成果不仅可应用于疾病的“缺陷补偿”路径,还可拓展至潜能开发领域。

李瑾畅想,未来,人们有可能通过特定训练重点加强内嗅皮层的功能,以提升记忆力和大脑活跃度。正常人可尝试进行一些能够逐步增加工作记忆负荷的训练,可以从简单的短期记忆任务开始,如记住少量数字或词语,再逐渐增加记忆内容的数量、复杂度和记忆时间要求;还可以玩一些记忆类游戏,如连连看的进阶版,不仅要记住卡片位置,还要记住卡片之间的关联规则;或者可以进行复杂的空间导航训练,如在虚拟或现实环境中记忆路线并完成特定任务。

“脑科学的研究的独特魅力,在于它既能揭示神经精神疾病本质、引领精准防治,又能增进人类健康福祉。”曹丹说。

于紫月

## K 创新杂谈

不仅需要技术突破,更需要耐心与决心。今日中国支撑核心技术创新的经济条件和技术力量已极大跃升,相关政策举措也在不断完善。抓住核心技术这一命门,瞄准短板、善用优长,沉心静气自主创新,机器人产业定能早日实现关键一跃。

2025世界机器人大会8月8日在北京启幕,一场精彩纷呈的“机器人总动员”再次吸引全球关注。据悉,人形机器人是本届大会的绝对热门,相关参会企业数量创同类展会之最。

作为制造业皇冠顶端的明珠,很少有产业能像机器人这样强烈且持续地激发人类的想象力和创造力。从20世纪50年代全球第一台工业机器人“尤尼梅特”诞生起,无数企业、组织乃至国家在这一个领域耕耘。我国自2006年首次将机器人列入长期发展规划以来,机器人产业开始奋起直追、突破赶超。尤其今年以来,春晚机器人秧歌舞全网刷屏,机器人马拉松赛、拳击赛接连开锣,产业发展更迎来一个又一个“中国时刻”。种种火热场景,刷新人们的认知,更映照着中国实力——机器人相关有效专利突破19万项,约占全球三分之二;全球人形机器人百强企业中,中国企业占比超过三分之一。产业发展稳稳站在全球第一梯队。

这场创新浪潮中,北京始终立于潮头。目前,北京拥有400余家机器人骨干企业,其中包括50多个国家专精特新“小巨人”企业。北京籍机器人“天工”等,在全球各类赛事中表现优异。犹记得,第一届世界机器人大会在北京召开前,有专家还犯嘀咕:“这能行吗,我们要成为一个中心?”不过短短十年,类似疑虑早已烟消云散。亮眼的成绩、不断地超越,靠何而来?

当下,很多国家和地区已将机器人产业提升至国家战略高度,人形机器人更被认为有望成为继计算机、智能手机、新能源汽车后的颠覆性产品。北京早布布局,稳扎稳打,从孵化我国首个千亿参数大模型,到诞生全球第一个通用智能人,各个关键技术不断在北京加速革新,集聚效应极大凸显。与此同时,实施“百项机器人新品”和“百种应用场景示范”的“双百工程”,壮大“耐心资本”扩容创投资金,首创机器人未定型创新产品首试首用奖励政策……北京的“软环境”与“硬支持”,助力着无数创业者安心奋斗。

机器人的发展热潮源于技术跃升、政策驱动,也源于需求牵引。形态各异的机器人,不只是实验室的“宠儿”,大会上的展品,更有着丰富且广阔的应用场景。工业机器人对于制造业的重要性已不必多言,再看民生领域,公园里机器人已干起清扫、消杀、巡检等工作,医院里多种手术机器人产品装机试用,学校里辅助教育机器人正进行课文领读、多语对话。放眼未来,伴随老龄化上升,以及人们生活追求的品质化、个性化,机器人产品将在医疗保健、家政服务等领域加速落地。

据有关预测,在技术得到革命性突破的理想情况下,人形机器人2025~2035年销量复合年均增长率可达94%。前景光明,但发展之路并非坦途。当前,在AI大模型加持下,人形机器人开始能真正读懂环境、自主决策交互,但其能力缺陷也很明显,一些机器人的电机、传动机构、“小脑”运控等方面短板还很突出。除了全球共同的技术挑战,中国机器人产业也存在不少隐忧。硬件上,减速器、伺服电机和控制器等核心零部件不时被“卡脖子”;商业化上,技术同质化、产业标准不统一、应用场景有待开发等困境普遍存在。

未来的产业创新发展,注定是一场旷日持久的竞争。人形机器人从实验室走到市场的过程中,落后、跌倒不可避免,要想占据主动,不仅要靠技术突破,更需耐心与决心。令人欣喜的是,今日中国支撑核心技术创新的经济条件和技术力量已极大跃升,相关政策举措也在不断完善。今年全国两会上,政府工作报告明确将建立未来产业投入增长机制,培育包括具身智能在内的未来产业。作为排头兵,围绕具身智能,北京今年也发布了未来三年的“施工图”,将聚焦关键技术,促进产学研协同攻关。既看到成绩又看到问题,不被动“等风来”也不盲目“追风口”,而是抓住核心技术这一命门,瞄准短板、善用优长,沉心静气自主创新,机器人产业定能早日实现关键一跃。

再过一个星期,全球首届人形机器人运动会也将在北京开赛。围绕机器人的马拉松才刚刚开跑,这场关乎未来的“人机共舞”之路,依旧是“惟创新者进,惟创新者强,惟创新者胜”!

## 【机器人总动员】见证北京科创不断超越

# 屈值:用智能医疗软件赋能眼健康未来

在智能医疗的赛道上,有一位女性科研者,以数年如一日的坚持,把一行行代码转化为守护光明的方案,把冰冷的算法变成医生诊室里的第二双眼。她就是屈值,北京光华眼科医院智能医疗研发负责人,也是近年来中国眼科智能化转型背后的关键推手。

### 从临床痛点出发, 打造“能落地”的技术系统

“我始终相信,一项技术如果无法真正解决医生的难题、无法被患者接受,那它就还算不成功。”屈值说。正是出于对“可用性”的执念,屈值并不满足于单纯的软件模型开发,而是坚持将人工智能、大数据建模与真实临床流程深度融合,打造能走进医生视界、嵌入诊疗逻辑的智能系统。

她先后主导开发了多项具有自主知识产权的眼科软件,包括儿童眼科发育监测与诊断评估系统,基于人工智能的眼科疾病风险预测与治疗软件、智能眼科手术方案智能规划支持系统、智能眼科远程会诊治疗决策协同平台等,这些系统被广泛部署于全国多家三甲医院与区域眼科中心。

其中,基于生活方式大数据研发的眼病预测干预系统更是打破了传统筛查依

赖单一生物参数的局限,将睡眠、光照、用眼习惯等生活行为指标纳入风险建模,在儿童青少年近视防控与老年慢性眼病早筛中表现出极高的敏感性与预测价值。

### 技术不是展示, 而是“实用的改变”

相比众多工程背景出身的科研人员,屈值的特别之处在于她“懂医生也懂数据”,能在算法精度和临床实用性之间找到平衡。她强调,智能化软件不是展示炫技,而是要“悄无声息地替医生分担”。

例如,她参与研发并指导实施的眼科手术方案智能规划系统,已在多个眼科中心用于复杂术前方案生成与风险模拟。医生可在十分钟内完成原本需数十分钟完成的个性化手术规划,有效提升了排班效率与患者安全系数。

此外,远程协同平台的部署更让一些边远地区的基层医院可以第一时间对接优质资源,将一线临床与三甲专家之间的信息壁垒逐步打通。

### 技术走出“象牙塔”, 站上行业聚光灯

过去两年,随着多项技术产品在全国

范围落地并取得良好成效,屈值也逐渐从幕后走到行业聚光灯下。她连续荣获“年度科技创新人物”“品牌建设杰出人物”“行业影响力人物”等多个全国性重量级奖项,被媒体广泛报道,并作为代表人物出席品牌经济峰会、科技创新论坛等重要会议。

但她本人却看得很淡:“获奖只是阶段性结果,更大的意义在于,这些成果在越来越多医院被认可、使用、改进,并真正改善了医生的效率与患者的体验。”

在与屈值接触的过程中,我们不止一次听她提到“生态”这个词。她说,一个人的技术再先进,如果脱离临床、产业、政策与教育体系的联动,终究难以产生真正意义的“改变”。为此,她主动推动与多家医疗器械企业、高校科研团队、地方卫生系统开展合作,搭建共研共建平台,持续完善智能眼科的产业链条。

### 技术理想的背后, 是对患者的柔软注视

屈值的办公桌上,摆着一张儿童视力筛查活动的照片。“其实每次看到这些孩子,我都提醒自己,我们做的每一行代码,最终都是为了让他们少近视一点、少一次

范围落地并取得良好成效,屈值也逐渐从幕后走到行业聚光灯下。她连续荣获“年度科技创新人物”“品牌建设杰出人物”“行业影响力人物”等多个全国性重量级奖项,被媒体广泛报道,并作为代表人物出席品牌经济峰会、科技创新论坛等重要会议。

“北京光华眼科医院智能医疗研发负责人屈值 ■ 受访者供图

复诊、晚一点手术。”这句话虽朴素,却掷地有声。

今天,技术创新已成为推动医疗服务质量和资源结构优化的重要力量。而像屈值这样脚踏实地、埋头研发却又始终面向临床需求的创新者,无疑是这个时代医疗科技跃升的关键驱动力量。

她不张扬、不浮夸,却以成果说话;她不追求虚名,却在一次次项目落地中让“智能眼科”四个字真正写入现实。正如她所言:“科技的终点不在屏幕里,而在看得见的光明里。”

刘浩

产业势头强劲。

### 创新生态激活“新引擎”

这是创新生态不断完善的五年。

科技实力不断跃升的背后,是我国持续以改革促创新、以创新促发展,加力打造更高质量、更有活力的创新生态。

习近平总书记在全国科技大会、国家科学技术奖励大会、两院院士大会上,将“拥有强大的科技治理体系和治理能力,形成世界一流的创新生态和科研环境”列为我们科技强国必须具备的5个基本要素之一。

五年来,我国科技投入持续增加,推动经济社会高质量发展。我国研发投入再创新高,去年全社会研发经费投入规模比“十三五”末增长近50%,增量达到1.2万亿元;研发投入强度提高到2.68%,接近经济合作与发展组织(OECD)国家平均水准。

五年来,科技体制机制改革深化拓展,为创新主体松绑赋能。修订后的《国家自然科学基金条例》,不断完善科学基金多元化投入机制,鼓励原创研究,让青年科技人才脱颖而出;科研项目经费“打酱油”的钱可以买醋了”,科技人才评价改革试点深入推进,职务科技成果赋权改革解

除科研人员成果转化后顾之忧;减税降费、研发费用加计扣除等政策以“真金白银”激励企业加大研发投入。

五年来,大力弘扬科学家精神,厚植支持全面创新的沃土。“两弹一星”精神、载人航天精神、科学家精神、探月精神、新时代北斗精神被第一批纳入中国共产党人精神谱系,成为中华民族伟大精神的重要组成部分。我们不断健全教育、激励、规范、监督、惩戒一体化的科研诚信治理体系,完善新兴领域的科技伦理规范,把好人类基因组编辑研究伦理“方向盘”,力促科技向善。

五年来,深入推进国际科技开放合作,营造具有全球竞争力的开放创新生态。中国已与世界160多个国家和地区建立科技合作关系,持续深化“一带一路”科技创新合作;中国科学界牵头发起“深时数字地球(DDE)”“海洋负排放(ONCE)”等国际科学计划,为共同应对全球挑战提供更多中国方案。

“我国作为全球创新重要一极的影响力持续提升,由科技大国向科技强国迈进已具备坚实基础。我们必须坚定创新自信、勇攀世界科技高峰,为人类科技进步作出更大贡献。”科技部部长阴和俊说。

操秀英 刘垠 陆成宽

# 五年“三跨越”按下科技强国建设“快进键”

(上接A1版)

今年6月,“深海一号”二期大气田全面投产,标志着我国最大的海上气田建成。“深海一号”大气田的建设,带动我国深海油气开发领域系统关键核心技术的突破,推动我国深水油气开发从跟跑迈向领跑。”中国海油研究总院副总经理、钻井总工程师李军感慨,“未来,我国深海领域有望建成万亿立方米级天然气生产基地,成为我国能源转型的蓝色引擎,为全球深水能源开发贡献中国方案。”

正如习近平总书记深刻指出的,“高技术领域成为国际竞争最前沿和主战场,深刻重塑全球秩序和发展格局。”谁能抢占科技创新制高点,谁就将拥有新的战略资本和战略优势。

五年来,我国战略高技术领域取得了系列重大进展,为产业升级与经济高质量发展提供了有力支撑。

关键核心技术突破推动现代产业体系加速构建——

高端装备制造水平不断提升。高铁技术持续创新,复兴号高速列车不断升级,运营里程超4.8万公里,占全球高铁运营里程的三分之二以上,全球速度最快的高铁列车CR450精彩亮相;

全球首座第四代核电技术商业化的示范项目——华能石岛湾高温气冷堆核电站投入商业运行,标志着我国在第四代核电技术领域达到世界领先水平,后续高温气冷堆技术将开启千亿级产业;

首艘国产大型邮轮“爱达·魔都号”实现商业运营,第二艘国产大型邮轮“爱达·魔都号”现已全船贯通,计划于2026年底完成交付。

新技术新应用新产业助力新质生产力加速发展——

新能源汽车产业蓬勃发展,产销量连续多年位居全球第一,在电池技术、自动驾驶技术等方面取得显著进步;

我国建成全球规模最大、技术最先进的5G网络,5G通信技术实现大规模商用,广泛应用于工业互联网、智能交通、远程医疗等领域广泛应用,推动各行业数字化转型;

人工智能技术快速发展,一批自主研发的大模型不断涌现,推动各行业智能化升级;

国家税务总局最新数据显示,2021~2024年,高技术产业销售收入年均增长13.9%,今年上半年增长14.