

用“延时摄影”记录人类大脑“生长曲线”——我国学者绘制首个全生命周期人脑功能连接组发育图谱

■本报见习记者 蒲雅杰

人类大脑的发育过程就像一座智慧都市的进化历程——从胎儿和婴儿期的“基础施工”到儿童期和青春期的“高速建设”，再到中年期这一“功能优化”黄金时期，最终步入老年期的“智慧运维”阶段。这座“神经都市”的每个发展阶段，都在实施精密而独特的“神经重构”工程。

近日，我国科学家在《自然－神经科学》发表封面论文，首次为人脑这座“智慧都市”绘制了从出生前至 80 岁的全生命周期“神经建设时空图谱”。该研究标定出大脑功能网络发育的关键时间窗，有望为脑健康的数字化评估建立“生物标志红绿灯”。

“绘制人脑网络全生命周期的时空变化图谱，就像用延时摄影记录一座城市的百年变迁。”论文通讯作者、北京师范大学教授贺永对《中国科学报》表示，“我们发现人脑功能网络在全生命周期中存在关键的发育时间点，比如全脑功能连接强度在 38 岁才达到峰值，而长程连接甚至能持续优化至 45 岁左右。”

潜心钻研填补国际空白

从出生到老年，人类认知与行为的形成和发展始终离不开大脑认知功能网络的建立与完善。而“揭示人脑复杂网络的形成与发育规律”是贺永自 2008 年加入北京师范大学、组建研究团队以来的重点研究方向。

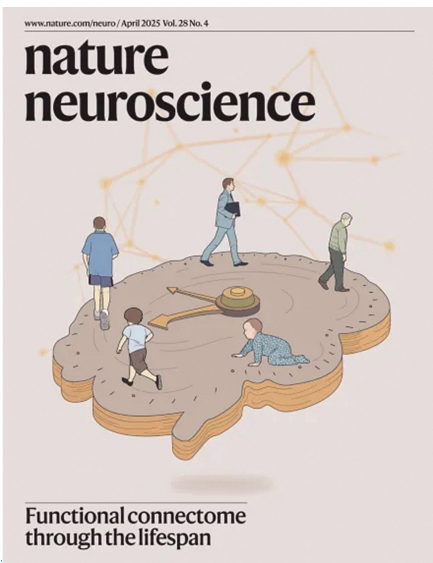
此前，对于成人阶段的大脑连接网络，贺永团队已经有了较为深入的探索。但置于整个生命周期内，人脑复杂网络的演化规律和关键的发育节点到底是怎样的，即使在国际脑科学研究领域也属于“空白地带”，缺乏系统性的研究与解析。

此外，自 20 世纪 90 年代功能磁共振成像技术推动认知神经科学及脑疾病研究以来，受限于全生命周期脑功能影像大数据与测量常模的缺失，脑疾病的脑功能个体化评测等相关临床研究与应用也受到部分限制。

随着近年来国际脑影像大数据共享和全球协作的兴起，贺永团队意识到时机已经成熟。在扎实的研究基础上，自 2021 年起他们正式开启了人脑全生命周期的发展图谱与常模的研究与绘制工作。

“我们的合作网络覆盖全球 100 余家机构，从 42428 例原始数据中筛选出 33250 例高质量样本，最终整合出了迄今规模最大、涵盖全生命周期的高质量多模态磁共振脑结构和静息态功能影像数据。”贺永说。

在脑功能影像大数据的基础上，团队首次绘制出了人脑功能网络从出生前到老年期的完整



当期封面。

研究团队供图

“生长曲线”，填补了国际上脑功能领域缺少全生命周期参考常模的空白。

解开大脑功能网络发育的“时空密码”

人脑的发展贯穿整个生命周期，其过程并非简单的线性变化，而是遵循一种复杂、有规律的演化过程。因此，研究人员建立了一种多尺度建模框架，即从全脑、系统、区域三重尺度上的功能网络发育轨迹进行解析。

研究结果显示，从全脑尺度看，大脑功能连接的强度，即大脑不同区域之间的神经活动的关联程度，大约在 38 岁左右达到顶峰后才慢慢下降。有意思的是，大脑中短距离连接的强度从年轻时开始慢慢减弱，而长距离连接却能增强到 45 岁左右才开始下降。

“这说明，即使到了中年，我们的大脑仍然具有很强的神经网络可塑性。”论文第一作者、北京师范大学博士生孙良龙说。

大脑可以被划分为多个负责不同功能的“系统”，如视觉、运动、背侧注意等。在系统尺度上，研究人员将大脑按年龄分成了 26 个组，并为每组创建了系统水平的脑功能图谱，在国际上首次捕捉到了大脑功能网络演化的连续轨迹和关键时间点。

根据这份脑图谱，研究人员发现，在婴儿出生时，大脑的初级感觉运动系统的发育就已经达到成人水平的 80%，更为复杂的与记忆、推理等高级认知相关的功能系统则需要到 4 至 6 岁时才能达到类似的成熟水平。但脑功能系统内部与

功能系统之间整体的平衡要发育到 25 岁左右才逐渐成熟，之后保持相对稳定，到老年期开始下降。

此外，研究人员还发现了一个有趣的规律——大脑网络在区域水平的时空发育遵循着“感觉运动－联合皮层”轴原则，即从初级的感觉运动区域向更高级的额顶联合皮层梯度式推进。

“这个发展过程与人类大脑的进化轨迹高度吻合。”孙良龙说，他们还发现，这个发展规律能解释超过 60%的大脑区域在全生命周期的发育变化。

转化正在进行时

“全生命周期”是这份大脑发展图谱与常模的最大亮点，也是研究中最复杂、最具挑战性的部分。

要绘制具有时空连续性的群体与个体功能的分区图谱，就必须先建立起长时间跨度的大脑解剖结构对应关系。贺永告诉记者，从 0 岁的婴儿到 80 岁的老人，各个阶段的大脑结构和功能大不相同，因此在不同年龄阶段之间实现数据的精准匹配与对齐极具挑战性。

为此，他们建立了一套年龄特异性脑功能图谱算法。该算法创新性地运用高斯加权迭代法绘制年龄群组图谱，即将受试者划分为 26 个年龄组，通过概率加权以生成连续的年龄脑图谱。

“这个过程需要大量的反复试验和对算法的不断优化，每一个关键步骤都凝结着我们的耐心与坚韧意志。”贺永感慨道。

许多脑疾病，如孤独症、抑郁症、阿尔茨海默病等都与脑功能连接异常有关。对此，贺永表示，基于脑功能连接组的“生长曲线”模型为全年龄段脑疾病的数字化评估、精准诊断及干预提供了重要的参考标准，有望推动脑疾病精准诊疗的发展。

目前，研究团队正着手建设基于脑功能连接组常模的个体发育异常精准识别和干预评估智能分析平台。在成果转化应用方面，团队已和国内多家医疗机构展开合作，以推动脑健康数字化评估的标准化和精准化发展。

同时，这项始于脑影像大数据基础研究的工作，正尝试为理解人类高级认知能力的形成和发展打开一个新窗口。“人类大脑功能连接组在全生命周期中的发育规则，可作为设计新一代人工智能神经网络算法和类脑计算模型架构的生物学基础，进一步促进脑机接口、人工智能等交叉领域的研究融合。”贺永补充道。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41593-025-01907-4>



美国国家科学基金会启动性骚扰求助热线

寰球眼

本报讯 据《科学》报道，近日，美国国家科学基金会(NSF)推出了性骚扰求助热线，为遭遇性骚扰、性侵犯或跟踪的科研人员提供一对一的 24 小时短信、电话及在线聊天支持。

2023 年美国为其南极计划成员开通了该国科研机构和部门的首个求助热线，因为该计划的成员内部存在性骚扰问题，其中，NSF 资助的参与南极计划的一位波士顿大学教授被指控性骚扰，由此将“反性骚扰运动”——#MeToo 运动

带到了科学界。2022 年 NSF 委托第三方开展的独立调查报告显示，59%参与南极计划的女性科研人员曾遭遇性骚扰或目击过性骚扰事件，95%的受访者表示知晓其他受害者的存在。

作为对该报告的回应，NSF 主任 Sethuraman Panchanathan 启动了 NSF 性侵犯 / 骚扰预防和应对(SAHPR)项目，并与美国反性暴力非营利组织 RAINN 合作，创建了南极计划性骚扰热线。

而此次推出的热线是上述热线的扩展版本，将相关服务扩展到 NSF 支持的整个科研界。NSF 与 RAINN 签订了合同，授权其运营该热线。

SAHPR 项目的 Renée Ferranti 表示，这“有

助于推进 NSF 预防并有效应对性侵犯、性骚扰以及跟踪的努力”。

Ferranti 表示，该热线不会与 NSF 共享有关信息，也不会收集任何个人身份信息。

美国伊利诺伊大学厄巴纳－香槟分校的研究伦理专家 C.K.Gunsalus 说，提供热线帮助是美国科学界迈出的重要一步，但这并不能保证未来该问题不再出现。此外，人们可能在使用求助热线时犹豫不决，与使用者建立信任关系并确保其可持续发展将面临挑战。

而美国康涅狄格大学心理学家 Vicki Mangley 则对求助热线的未来发展感到担忧。鉴于 NSF 正在裁员，她担心美国政府不会允许这样的热线存在，也不会继续给予资助。(徐锐)

我国年均修复草原超 4600 万亩

据新华社电 4 月 22 日是世界地球日。草原被誉为地球的“皮肤”，国家林草局草原管理司司长李拥军介绍，近年来国家林草局以组织实施“双重”“三北”等工程为抓手，持续推进草原修复治理，年均修复草原超过 4600 万亩。

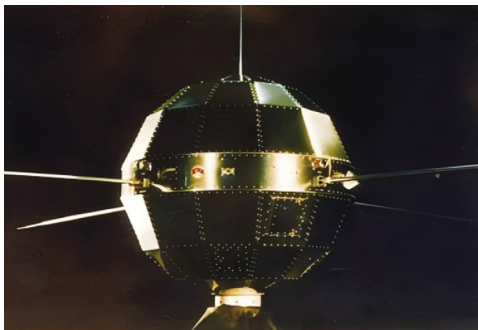
在国家林草局当天举行的新闻发布会上，李拥军说，“十四五”以来，中央财政支持草原保护修复总投资达 1100 亿元，年均防治草原鼠虫害面积超过 1 亿亩，草原鲜草总产量超过 5.5 亿吨。“三北地区草原生态质量持续提升，科尔沁沙地正在重现往日稀树草原风光，京津上风口沙源明显减少，国家生态安全屏障更加牢固。”

据介绍，林草部门坚决守牢草原资源安全底线，联合开展“绿盾”“护绿”等专项行动，打击毁草开垦、非法占用草原等违法行为。2018 年以来，各地累计立案查处破坏草原案件近 5

万起，向司法机关移送涉嫌犯罪案件千余起。同时，各地通过加大人工种草力度、落实禁牧和草畜平衡制度等措施，加快转变传统草原畜牧业生产方式，促进草原休养生息。

“尽管全国草原生态状况已走出低谷，实现了由本世纪初的‘整体恶化’到当前‘整体改善’的历史性转变，但由于我国草原主要分布在干旱半干旱和高寒高海拔地区，自然条件恶劣，修复治理难度大，目前仍有约 70%的草原存在不同程度退化，草原保护修复工作形势依然严峻。”李拥军说。

下一步，林草部门将持续加大草原保护修复力度，更加注重“提质”“兴业”“利民”，更好统筹草原生态、生产、生活的关系，建设完备的草原资源保护体系和发达的草业产业体系，进一步提升草原治理体系和治理能力现代化水平。(黄鑫)



“东方红一号”表面的热控涂层。
上海硅酸盐所供图

70 多年前，新中国成立伊始，志愿军凭着“钢少气多”的精气神，打赢了抗美援朝这场“立国之战”。“两弹一星”工程则是这种精气神的延续，是中国人民自立自强的精神和举国体制下集中力量办大事共同作用的结果。

在“两个大局”交织演进的新时期，如何让精神与体制再次发生“化学反应”，产出更多利国利民的成果？在每年的中国科学院年度工作会议期间，我带着这个问题，再一次参观了中国科学院与“两弹一星”纪念馆。

“两弹一星”精神是中国科学院上海硅酸盐研究所(以下简称上海硅酸盐所)的根基之一。上海硅酸盐所 1959 年因“两弹一星”工程而独立建所，具体承担特种无机材料的研制工作。在严东生、殷之文、丁传贤、郭景坤等老一辈科学家的带领下，上海硅酸盐所参与研制了我国第一颗人造卫星“东方红一号”用包铝铝合金光亮阳极氧化热控涂层等关键材料与部件，为“两弹一星”工程作出了重要贡献。

正是在“两弹一星”工程的牵引下，上海硅酸盐所立足国家重大战略需求，逐渐形成了“多兵种协同作战，全链条环环相扣”的工程化体系和“求真、务实、协作、奉献”的所风，为一批大国重器提供了多项关键载荷与材料支撑，并涌现出一批为我国相关材料领域发展奠定基础的学科带头人。

在当前以“抢占科技制高点”为核心任务的背景下，“两弹一星”精神也有了新的时代内涵，唯有强调“国家队”“国家人”职责，树立“当家人意识”，保持“自力更生”的态度和勇气，发挥“大力协同”的优势，方可攻破一个又一个关键核心技术难点痛点。

上海硅酸盐所主动求变，提前谋划。长期以来，基于材料“多品种”的特性和“万金油”式的强应用场景，上海硅酸盐所逐渐形成了以课题组为核心单元的攻关模式，其在资源导向的时期促进了研究所的快速发展。但面对新形势新要求，这种模式无法发挥出“国家队”真正的建制化优势。为贯彻国家和中国科学院深化改革的部署要求，上海硅酸盐所在 2022

年提出“承担高质量国家任务、高质量完成国家任务”的“双高”发展方略，积极组织承担国家重大科研任务。研究所以“大任务”强化“大事件”，引导课题组之间主动“破圈”，按大项目组织架构进行“编队”，推动合作从“混合物”式转向“化合物”式，设立行政、业务“两总制”，协同推进，第一时间解决项目推进过程中的各种难题。

目前，上海硅酸盐所聚焦航空航天关键陶瓷材料、集成电路装备关键材料、高端功能陶瓷与器件、无机生物医用材料、陶瓷材料智能化研究 5 个“主攻方向”和塑性陶瓷材料等 3 个“新兴前沿方向和未来技术”全力攻关，力争在底盘能力上形成不可替代的优势。

近两年，在全所人员的共同努力下，上海硅酸盐所取得了一些进展。例如，在航空航天领域，与中国航发联合攻关，突破系列关键技术，引领系列发动机热端部件升级换代；在生物医药领域，在国际上首创安全、高效的“肿瘤解聚”治疗新策略，与多家医院合作推进临床试验研究；在人工智能领域，建成自主学习、智能决策的国内首套材料智能科学家系统，为未来研究范式变革奠定基础。

沧海横流，方显英雄本色。“两弹一星”工程不仅是科技工作者科研报国的真实体现，也是其团结一心、迅速成长“挑大梁”的“试炼场”。在当前形势下，开展重大任务体系化建制化攻关，需要提振“为国请战”的精气神，营造“钢多气更多”的创新生态。我们从前期实践成效中获得进一步改革的坚定信心，将进一步传承和弘扬“两弹一星”精神，以“双高”方向培养接班队伍，增强底盘能力，在为国创材之路上不断发展壮大。

(作者系中国科学院上海硅酸盐研究所党委书记，本报见习记者江庆龄采访整理)



降低血压可减少痴呆症发生风险

本报讯(记者冯丽妃)中国医科大学心血管病研究所所长孙英贤团队与美国得克萨斯大学西南医学中心教授何江团队合作，通过一项覆盖近 3.4 万名患者的 3 期临床试验发现，高血压患者降压治疗能显著降低痴呆症和非痴呆性认知障碍风险。该结果表明，在高血压患者中大范围推广更严格的血压控制或对减轻全球痴呆症疾病负担具有重要意义。相关研究 4 月 21 日发表于《自然－医学》。

据估算，全球痴呆症患者人数将从 2019 年的 5740 万人增加至 2050 年的 1.528 亿人，而中低收入国家受到的影响最为严重。之前的研究显示，生活方式干预，如健康饮食和定期锻炼，可能是缓解全球痴呆症发病率上升的最有效手段。研究还发现，未治疗高血压的患者终生出现痴呆症的风险比健康研究对象高 42%。不过，只有少数随机对照试验测试过降压药物对痴呆症风险的影响，而且没有试验将其作为一个主要试验终点。

孙英贤与合作者在我国 33995 名乡村患者中测试了由乡村医生或非医师社区医疗提供者主导的干预措施对于血压控制、全因性痴呆症和认知障碍的效果。患者年龄为 40 岁或以上，居住在中国农村，患有未治疗的高血压。在干预组，17407 名患者服用抗高血压药物，并接受了居家血压监测，生活方式改变如减重、减少钠摄入和酒精摄入，以及服药依从性等健康指导。对照组的人则接受血压管理培训，并在医疗保健场所监测血压。在 48 个月里，他们发现干预组比对照组的血压控制更好，更多患者达到了目标水平。强化血压管理使全因性痴呆症风险显著降低了 15%，认知障碍降低了 16%。

研究结果表明，经证实的降压干预措施或有助于减少痴呆症的全球发病率和影响，这种干预应广泛采用并扩展，以减轻全球痴呆症负担。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41591-025-03616-8>

科学家揭示固态锂电池疲劳失效新机制

本报讯(见习记者江庆龄)同济大学教授罗巍与合作者首次发现了固态锂电池金属锂负极疲劳失效现象，揭示了疲劳失效新机制，并提出了抑制疲劳失效改善固态电池性能的新策略。相关研究近日发表于《科学》。

近年来，随着新能源汽车蓬勃发展，人们对动力电池的能量密度和安全性提出了更高要求。锂电池固态化被认为是提升电池安全和能量密度的革命性解决方案，在全球范围内引起学术界和产业界的广泛关注。然而，在固态锂电池运行过程中，因锂枝晶生长引起的电池失效和安全隐患严重阻碍了其实际应用，亟须在充分掌握电池失效机制的基础上，开发提升电池性能的新技术。

疲劳是金属材料在受到循环载荷作用时普

遍面临的问题，这种载荷会在远低于极限拉伸强度的应力水平下诱发微裂纹和断裂失效。研究团队发现，金属锂负极在受到可逆剥离 / 镀层引起的循环机械载荷作用时发生了由疲劳造成的失效，证明了疲劳是锂金属的固有特性，其在固态锂电池中也遵循经典的疲劳定律。这一发现是对固态锂电池现有失效机制的新认知，加深了对固态锂电池失效过程的理解。

研究团队表示，这项研究成果揭示了金属锂疲劳失效是固态锂电池循环过程中性能劣变的主要原因，同时提出了通过增加疲劳强度来改善固态锂电池循环稳定性的新策略，对实现下一代长寿命固态锂电池具有重要指导意义。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1126/science.adq6807>