

## 从啮齿类到灵长类，大脑“高清地图”更新了

(上接第1版)

在脑疾病方面，一项研究首次绘制了阿尔茨海默病(AD)患者海马马单细胞分辨率的空间转录组图谱，揭示AD早期诊断及鉴别诊断的新型生物标志物；另一项研究则首次绘制小鼠脑出血后超急性期至恢复期的脑组织时空动态细胞分子图谱，为精准干预脑出血提供了全新的治疗思路。

### 探索建制化生命科学研究范式

在生命科学研究领域，全球普遍遵循相似的科研模式，即以PI(课题组长)为核心开展独立研究，这与学科本身高度专业化、快速迭代、需要自主探索的特性相符合。但在这一系列研究工作的开展过程中，相关科学家也在探索建制化的新型科研组织模式。

孙衍刚介绍：“介观图谱研究的核心目标为深度解析大脑结构与功能的内在联系，这一目标兼具科学性和工程属性，因此适合由工程化团队推进研究。”

经过多年发展，我国在单细胞空间图谱、高精度显微成像技术、空间转录组学、AI算法等方面取得了系列突破，并基于这些技术建立了相应平台，在进一步优化、迭代技术的同时，提高了项目进展效率。当前，中国脑图谱研究初步形成了“技术研发—数据采集—解析应用”闭环。

此次，脑智卓越中心、华中科技大学苏州脑空间信息研究院、华大生命科学研究院、中国科学技术大学、浙江大学医学院附属第一医院等科研机构，联合国内及法国、瑞典、英国等多国科学家，围绕共同目标展开合作，同时结合各自优势进行分工。

“在实施路径上，我们采取‘技术研发—平台赋能—协同攻关’三级架构，即前期由专项团队突破关键技术瓶颈，中期搭建标准化技术平台实现能力复用，后期由各课题组依托平台资源，针对各自感兴趣的问题开展研究。”孙衍刚说。

以国内外8个研究机构的92位科研人员协同攻关的“猕猴屏状核细胞分类与全脑联接图谱”研究为例，该项目依托于脑智卓越中心的全脑介观神经联接图谱研究平台(非人灵长类)，并整合了法国卫生与医学研究院干细胞与脑研究所猕猴联接组图谱数据、华大生命科学研究院空间转录组技术、腾讯AI实验室算力优势等核心资源，逐一攻克了深入大脑核心的注射手术、多模态数据整合、准确划分屏状核边界等难题。

在孙衍刚看来，平台和数据是开展“大兵团”作战的两大要素。“把不同研究中都用得上的技术进行规模化和平台化，能够把科研人员从重复性的工作中解放出来。在应用中出现的新需求和新问题，也可以推动技术的进一步发展迭代。”

### “认识脑、模拟脑、保护脑”

“当前，很多生物科学和生物技术都是以人类基因组为基础发展起来的，但最初我们只能知道基因的基础结构。”蒲慕明指出，脑图谱同样只是基础，得到图谱之后，再研究图谱结构对功能的影响、异常情况的原因，才能真正理解大脑，进而推动脑疾病的诊断、治疗，以及脑机接口和类脑计算的发展。

孙衍刚介绍，面向未来，脑图谱大科学计划将从3个方面持续发力。

首先，脑图谱大科学计划将通过构建非人灵长类动物脑和人脑全脑细胞、介观联接、亚细胞相互作用及突触功能图谱，开发图谱绘制技术、AI驱动的预测数据分析大模型等工作，全面解析灵长类脑联接规律，并启动大脑智能和意识研究。

其次，脑图谱大科学计划将依托脑图谱研究国际联盟，持续扩大国际合作，积极拓展与“一带一路”沿线国家和“金砖国家”等的交流合作。联盟计划建立脑图谱技术共享平台，推动同步辐射X射线神经示踪技术、单细胞时空多组学技术、AI算法和系统等新技术研发。联盟也将联合全球科学家，加速整合大脑细胞图谱、联接图谱和不同尺度或分辨率的多模态数据，建立AI辅助的数据采集、分析、解释和验证手段，构建面向全球开放共享的“脑图谱数据库”。

最后，脑图谱大科学计划将进一步解析大脑进化的生物机制，揭示更高认知能力起源的遗传基础，进而助力脑疾病诊治、推动类脑AI产业发展，最终实现“认识脑、模拟脑、保护脑”的目标。

“此次专刊的系列成果，展现了我国团队协同攻关的能力和成果，也增强了国内外合作团队对脑图谱大科学计划成功发起的信心。”蒲慕明指出，“经过5年多筹备，国际工作组将在今年9月与国内工作组合作，正式成立‘国际灵长类介观脑图谱联盟’，预计在未来10年内能够完成猕猴全脑介观图谱。”

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1016/j.cell.2025.06.040>

<https://doi.org/10.1016/j.cell.2025.06.005>

<https://doi.org/10.1016/j.cell.2025.06.011>

## 2000 万年古蛋白改写犀牛家谱

### 科学家完成迄今最古老蛋白质分子测序

本报讯 研究人员报告了迄今最古老的蛋白质序列。两个团队分析了犀牛和另一种大型哺乳动物的分子，将化石的基因记录追溯到2000多万年前。

7月9日发表于《自然》的这两项研究表明，蛋白质的保存时间比研究人员认为的要长。这增加了从更古老的动物，甚至恐龙身上收集有关进化关系、生物性别和饮食的分子信息的可能性。

“这打开了一整套古生物学家从未想过的全新课题。”英国剑桥大学和丹麦哥本哈根大学的Matthew Collins说。

从数千年前的遗骸中提取DNA的能力已经彻底改变了生物学，揭示了此前未知的人类群体，如丹尼索瓦人，并重写了人类和其他动物的种群历史。迄今最古老的测序DNA来自100万年前的猛犸象骨骼和200万年前的北极沉积物。

而蛋白质比DNA更“坚韧”，可以提高研究人员利用分子深入了解古代物种的能力，但能追溯多长时间一直有争议。2007年和2009

年，研究人员分别描述了从6800万年前和8000万年前的恐龙化石中发现的蛋白质碎片，但许多科学家对此表示怀疑。哥本哈根大学的Enrico Cappellini和同事认为，目前最古老且具有进化信息的蛋白质是从加拿大北极圈一种350万年前的骆驼近亲中提取的胶原蛋白。

为突破这一极限，在最新的一项研究中，Cappellini团队从2300万年前的犀牛近亲的牙釉质中提取了蛋白质。这块化石于1986年在加拿大北极地区的一座岛屿上被发现，并保存在渥太华的一家博物馆中。2024年，一项公布于预印本平台的研究将其归为一种新的已灭绝犀牛物种*Epiacceratherium igilik*。

研究人员使用质谱法，即通过检测蛋白质片段的重量推断其组成，鉴定了7种牙釉质蛋白质的部分序列，其中至少包含251个氨基酸。将这些序列与来自现代犀牛及其两个冰河时代近亲的基因组数据结合进化树，带来了一个惊喜。*Epiacceratherium* 样本属于犀牛家族树的一个分支，且比其他任何分支都早，时间大约在4100万年前到2500万年前，而之前的研究将该

样本归于现代犀牛。

“这确实改变了我们思考犀牛进化的方式。”共同领导这项研究的哥本哈根大学的Ryan Paterson说。

蛋白质在高温下会降解。而Paterson和同事分析的犀牛样本来自极地沙漠，那里的平均气温远低于冰点，“是保存蛋白质的完美之地”。而肯尼亚图尔卡纳盆地的气候可能是最恶劣的，地表温度可达70摄氏度，但却是1800万年前古化石的来源。在另一项研究中，研究团队对来自该地区的化石中的牙釉质蛋白进行了测序。它们来自犀牛、大象、河马和其他生物的灭绝近亲，其牙釉质蛋白质序列与古生物学家根据化石骨骼解剖学作出的分类一致。

这项研究的共同负责人、美国哈佛大学的Daniel Green希望，未来对图尔卡纳盆地古蛋白质的研究能够揭开河马起源之谜，还能够从此处发现的早期人类遗骸中提取古蛋白质。这项研究的共同负责人、美国史密森尼博物馆科学保护研究所的Timothy Cleland则对从恐龙牙



犀牛的进化关系变得更加清晰。

图片来源: Tony Karumba/AFP via Getty

齿中提取蛋白质感兴趣，但这是一个挑战，因为它们的牙釉质特别薄。(文乐乐)

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1038/s41586-025-09231-4>

<https://doi.org/10.1038/s41586-025-09040-9>

## 科学此刻

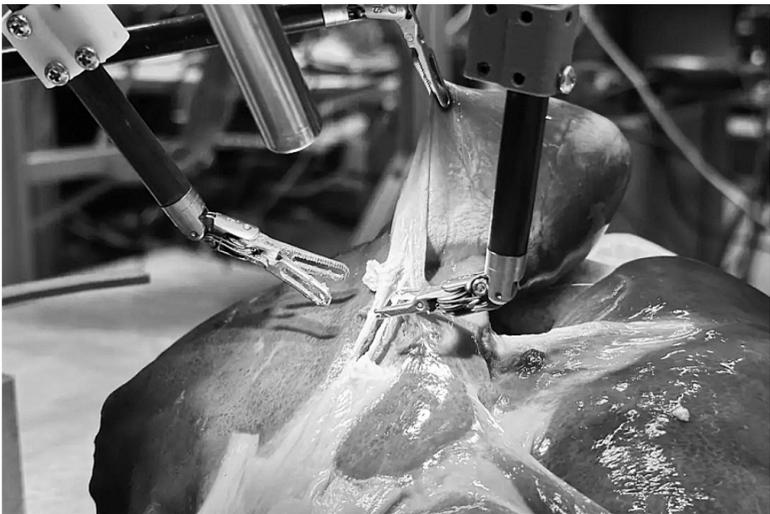
### 手术机器人“自己操刀”

手术机器人通常需要主刀医生远程控制，但它们或许很快就能“独立操刀”了。一台由人工智能(AI)驱动的手术机器人成功切除了一头死猪体内的胆囊。研究人员称，这是机器人在几乎没有人工干预的情况下完成的第一例真实手术。相关研究成果7月9日发表于《科学—机器人》。

这台手术机器人由两层AI系统驱动。该系统基于17小时的手术视频训练，其中包含外科医生在手术中做出的1.6万个动作。手术时，第一层AI系统观看监测手术的内窥镜视频，并发出诸如“夹住第二根导管”这样的简单指令，第二层AI系统则将每条指令转化为三维的手术器械运动。

整台胆囊切除手术共需要执行17项独立任务。这台机器人在已完成的8次手术中，每项任务都取得了100%的成功。

论文通讯作者、美国约翰斯·霍普金斯大学的Axel Krieger指出：“当前的手术机器人技术已使某些手术的侵入性较小，但并发症的发生率还没有真正低于人类外科医生所做的腹腔镜手术。这促使我们研究能够帮助医患的下一代



机器人给死猪做手术。

图片来源: Juo-Tung Chen

机器人系统。”

英国伦敦大学学院的Danail Stoyanov表示：“这项研究凸显了AI和手术机器人的可能性。用于手术视频的计算机视觉技术取得了惊人的进步，并与可用于研究的开放式机器人平台一起，使手术自动化成为可能。”

Stoyanov同时指出，要使该系统真正用于临床，还面临诸多挑战。首先，虽然机器人以100%的成功率完成了任务，但它每次都需要进行6次自我纠正。此外，该机器人还会要求人更换手术器械，这意味着需要一定程度的

人工干预。

Krieger对此表示，手术机器人能正确识别最初的错误，然后进行自我纠正，“这都是完全自主的”。

英国帝国理工学院的Ferdinando Baena对机器人手术日益增长潜力倍感振奋，但他同时指出，要在人体上安全开展机器人手术，还需要相关法规及时跟进，“这始终是医疗行业面临的一个重要挑战”。(王体瑶)

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1126/scirobotics.adt5254>

## 运动有助抗癌原因找到了



图片来源: Tom Werner

本报讯 运动似乎有助于预防癌症和抑制肿瘤生长，然而，它还与肠道微生物组的变化有关。现在，研究人员证明了这些变化是如何使运

动产生抗癌效果的。相关研究成果近日发表于《细胞》。

美国匹兹堡大学的Marlies Meisel和同事给两组小鼠注射了一种侵袭性黑色素瘤。其中一组小鼠进行了为期4周的锻炼，另一组则保持不动。

正如预期的那样，运动的小鼠肿瘤更小、存活率更高。然而，在用抗生素治疗或完全保持无菌状态的小鼠中，运动并没有显示出任何好处。证据表明，关键在于微生物及其产生的分子，即代谢物。

微生物组会产生数千种代谢物，因此研究人员利用机器学习帮助筛选候选分子，最终锁定了一种名为甲酸盐的物质。这是一种细菌代谢物，运动可以增加其含量，进而增强免疫系统CD8 T细胞的效力，后者是对抗癌的关键。

接下来，研究团队观察了19名黑色素瘤晚

期患者。那些甲酸盐水平高的患者比水平低的患者拥有更长的无进展生存期。

“这项研究强调了评估细菌产生的代谢物的重要性，而不仅仅是评估哪些细菌。”Meisel说。

美国范德比尔特大学的Ken Lau主要研究肠道微环境如何影响结肠癌和炎症性肠病等疾病。他说，这类研究令人兴奋，因为我们正在学习如何利用特定分子的途径微调免疫反应，但还需要进行更多研究。“如果病人停止锻炼会怎样，抗癌效果是逐渐消失还是持续存在？我们还有很多需要了解的地方。”

Meisel和同事现在正研究运动引起的肠道微生物组变化是否会在其他情况下发挥作用。

(李木子)

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1016/j.cell.2025.06.018>

## 从零到国际领先：一个中国科研团队的十七年攀登路

(上接第1版)

“这些技术突破就像捅破一层窗户纸。”侯小琳说，“关键是要有实践经验的积累。”2010年，团队成功开发环境中超微量碘-129形态分析方法，相关成果发表于《分析化学》。

随后，团队以碘-129研究为突破口，开创性地将放射分析化学与大气科学、海洋科学等学科交叉融合，系统研究了污染物扩散、洋流运动等重大环境问题。

通过持续攻关，团队相继突破碘-129、钚-239、240等放射性核素超灵敏分析技术的瓶颈，建立了人工放射性核素分析方法体系。

“如果不了解环境样品中碘-129等人工放射性核素的水平和分布，就无法追踪其来源和迁移路径，更无法评估对环境的影响。”侯小琳强调。这一研究思路为团队开辟了攻关方向，也为我国环境放射化学研究开辟了新路。

### 数据重构环境污染真相

侯小琳曾亲历的一场国际学术会议，成为团

队开展大尺度环境放射性示踪研究的起点。侯小琳记得，当时一位日本学者在会上提出“日本沙尘暴源自中国”的观点。“沙尘暴的源头究竟在哪里？污染物又是通过什么路径传输的？”这些疑问促使团队开始寻找大尺度污染物迁移新的研究方法。

随后，团队创新性选用放射性核素碘-129作为环境示踪剂。“学术界已知目前环境中的碘-129主要来源于欧洲核设施释放。我们的研究发现，这些碘-129能够跨洲际迁移，不仅影响中国，还会进一步扩散至日本等国家。”侯小琳解释道。

基于日分辨的大气实测数据和历史沉积记录，团队首次完整描绘出环境放射性污染物的大气传输路径与机制。来自欧洲核燃料后处理厂的挥发性放射性核素，在北半球西风和东亚季风的交互作用下，传输并扩散影响我国大部分地区。这一发现为跨境环境污染研究提供了重要科学依据。

“没有准确数据，所有讨论都是空中楼阁。”侯小琳说。团队还建立了我国首部陆地环境高分

辨放射性水平精细图谱，为甄别我国环境放射性核素主要来源提供了科学依据，现已覆盖陆地、边缘海及大气等多个圈层。

### 从“仪器维护”到“核心突破”

2007年，刘起硕士毕业后便加入地球环境所，如今他已成长为加速器质谱相关技术开发及应用研究领域的高级工程师。

2023年底的一次设备故障让刘起印象深刻：在前后两个月内，两台加速器质谱仪注入磁铁的高频高压绝缘片接连被击穿。“该配件原厂报价高达10万余元，且订货周期长达3个月，这让我们意识到核心技术自主的重要性。”随后，他们立即启动国产替代方案，采购多种材料自行加工测试。面对在毫米级间隙更换高压绝缘组件这一极限挑战，团队仅用3周就完成了首台设备的维修和真空测试。

“现在设备近5年年均运行时超6000小时，一般故障诊断和维修通常在1天内就能恢

复。”刘起自豪地说。目前，这个运维团队已实现从“跟跑”到“并跑”的转变，对大部分常用耗材和零部件建立了完整的国产替代方案。

对侯小琳而言，实现科研仪器的自主创新始终是萦绕心头的梦想。为了实现这个目标，侯小琳带领团队与全球顶尖科研机构保持紧密合作。在与世界一流实验室的协同攻关中，团队的自主创新能力得到提升。“未来10到15年，我们要在科研装备的自主研发上实现质的飞跃。”侯小琳坚定地说。

在人才培养方面，团队目前已构建了一个物理、化学、放射科学、环境、地质等多学科交叉融合的人才体系。在独立科研能力培养方面，团队鼓励成员在国际学术舞台上发声。这种“在实战中成长”的培养模式，使得团队始终保持创新活力，能在国家需要时快速响应。

近年来，团队承担科技部科技基础工作专项等国家重大任务十余项，开展境内外放射性污染物的来源解析，获得了相关海域关键核素分布的第一手监测数据，为外交应对和准确评价其对我海洋环境的影响提供了关键数据。

“国家需要时，我们必须顶得上、扛得住。”侯小琳说。

### 永不停步的科学追求

“今天的突破可能成为明天的起点，甚至会被新的发现所修正。虽然我们已找准了方向，但前方的道路依然漫长，国家需求的召唤和科学难题的挑战都在等待着我们。”侯小琳说。

获奖后，团队成员在振奋之余，很快又投入正常工作中。在侯小琳看来，真正的工匠精神体现在3个维度：一丝不苟的精神、精益求精的精神、永不停步的精神。“这些精神，恰恰是科研的灵魂所在。”

展望未来，从提升分析精度到拓展应用领域，从增加核素种类到创新研究方法，再到研发一套适用于中国环境安全的解决方案……这是侯小琳所勾勒出的科学蓝图。

“我们的使命就是通过前瞻性研究，守护祖国的绿水青山。”侯小琳说，这份责任担当激励她和团队不断前行。