



“新利器”叩开疾病研究“黑匣子”

■本报记者 刁雯蕙

近日，由华大生命科学研究院牵头建设的基因组多组学解析技术全国重点实验室联合多家机构，在《细胞》发布最新版本时空组学技术 Stereo-seq V2。该技术成功解决了长期困扰医学界的福尔马林固定石蜡包埋(FFPE)样本分析难题，首次实现了在同一张组织切片上，同时对人体细胞和入侵微生物的基因活动进行高分辨率“现场直播”。

该技术如同一把万能钥匙，有望打开医学界存档临床病理样本的“黑匣子”，唤醒沉睡的医学宝藏，推动生命科学研究从“看见细胞”迈向“看懂细胞与微生物战场”的精准医学时代。

重现病理样本信息

FFPE 是一种经典的生物组织保存技术，可被理解为制作“组织标本琥珀”。在世界各地的医院病理科，保存着海量的 FFPE 样本。医生从患者身上取下病理组织，先用福尔马林溶液将其“定格”，再用石蜡包裹，使其能在室温下长期保存。通过切片，科学家可以从这些样本中提取 DNA、RNA 和蛋白质等组学信息，用于疾病研究。

然而，FFPE 样本因经过福尔马林溶液固定和石蜡包裹，在得以保存的同时，其组织中的遗传物质尤其是 RNA 也会遭到严重破坏。传统处理 FFPE 样本的方法大多采用预先设计的基因探针与 RNA 进行杂交捕获，但存在靶向性限制、灵敏度有限、无法原位关联微生物等难题，难以有效读取其中的信息，阻碍了后续病理研究。

如何解锁这些保存病理组织的“时间胶囊”，再现病理样本信息，成为精准医疗领域亟待解决的难题。

针对 FFPE 样本 RNA 降解严重、分子交联、信息捕获不全等难题，华大生命科学研究院的研究团队开发出 Stereo-seq V2 技术。相较于 2020 年该研究院发布的时空组学技术 Stereo-seq，新技术在继承原有版本单细胞分辨率与超大视野的基础上，实现了多项关键技术升级，不仅能够全面解锁 FFPE 样本、捕获全种类 RNA 分子，还能同步解析宿主与微生物转录组。

“这项技术就像一位‘文物修复专家’，可以无偏倚地捕捉 FFPE 样本中的 RNA 片段，即使在 RNA 完整性较差的条件下，依然能够清晰绘制肿瘤内部的基因表达图谱，精确区分癌区、免疫细胞浸润区和坏死区。”论文共同通讯作者兼第一作者、华大生命科学研究院副研究员李杨表示，该技术能让科研人员从病理组织中检测更多基因，发现大量以往被忽略的微小信息，重现病理样本信息。

绘制“高清战场地图”

“最大的技术挑战是如何在 FFPE 样本中实现高效、无偏倚的 RNA 捕获。传统技术在 FFPE 样本中捕获效率极低，要么通量低，要么有靶向限制。”李杨说。

为此，研究团队突破性地采用随机引物介导的原位捕获与连接方案，通过巧妙设计带有定位标识的连接探针，使随机引物后所获得的 cDNA 片段能够被芯片捕获。经过多轮优化引物长度、杂交条件、酶反应体系等，他们最终在保证单细胞级别分辨率的同时，大幅提升捕获效率和样本适应性。

此外，在感染性疾病和肿瘤样本中，如何看清人体细胞与病原体之间的互动，对疾病研究具有重要意义。研究人员运用 Stereo-seq V2 技术，实现了在不预设目标的情况下，同时捕获并定位样本中所有人类基因和微生物的 RNA。这相当于为科学家提供了一张超高分辨率“战场实时地图”，上面清晰标出“我方部队”——各类免疫细胞的部署，以及“敌军”——各类病原体的藏身之处和活动轨迹。

例如，在对结核病患者的肺部 FFPE 样本分析中，研究人员通过该技术不仅清晰看到了肺部不同区域的免疫细胞分布状态，还精准定位了结核杆菌的藏匿位置，甚至发现了一群聚集在细菌周围、正在活跃产生抗体的 B 细胞，如同给人体细胞和结核菌做了一次“空间 CT”。这种“敌我同察”的能力，是以往技术无法实现的，有望为疫苗和抗体药物研发提供精准靶标。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1016/j.cell.2025.08.008>

推进精准医疗

该研究历时 3 年，联合了来自华大生命科学研究院、中国科学院微生物研究所、上海市肺科医院、同济大学等多个单位的团队，形成了“技术开发—样本提供—生物学阐释—临床验证”的全链条协同模式。

“在合作过程中，我们通过整合各家单位优势，定期开展学术研讨会、进行数据共享、联合攻关关键技术，实现了从技术突破到多种疾病类型应用的快速迭代，为叩开生命科学的‘黑匣子’提供了重要工具。”李杨对记者说。

据介绍，在临床应用层面，Stereo-seq V2 有望在多个领域发挥作用。例如，在肿瘤精准医疗领域，医生能够通过分析乳腺癌等样本，识别出与患者预后密切相关的基因拷贝数变异，甚至发现导致耐药的新型基因剪接异构体，从而为个性化治疗提供决策依据。

对于棘手的感染性疾病，该技术有望直接在组织切片上定位病原体，并评估宿主的免疫反应，指导精准用药；在抗体药物研发方面，该技术能够快速发现并定位病原体特异性中和抗体克隆，加速抗体药物筛选。此外，Stereo-seq V2 的解析能力也将进一步推动神经科学和发育生物学等领域的发展，助力科学家对珍贵的存档脑组织等样本进行高分辨率空间图谱分析。

“Stereo-seq V2 不仅是一项升级的技术，更是一个强大的生命数据引擎，它将驱动基础研究、临床诊断和新药研发进入一个更加精准、全面和原位的空间多组学时代。”基因组多组学解析技术全国重点实验室主任、华大集团首席研究员徐讯表示。未来，研究团队将进一步推进 Stereo-seq V2 技术的临床转化工作。例如，与多家医院合作开发基于 FFPE 的肿瘤微环境分型、感染病原体原位诊断等产品；通过原位筛选病原或肿瘤特异性抗体序列，加速抗体药物发现；开发配套试剂盒与自动分析软件，以降低技术使用门槛，促进技术普及等。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1016/j.cell.2025.08.008>

首个全国科普月活动全面启动

本报讯(记者高雅丽)9月1日，首个全国科普月主场活动在中国科技馆和国家科技传播中心启幕。中国科协主席万钢，全国人大常委会法工委、全民科学素质纲要实施工作办公室成员单位、北京市人民政府的负责同志，以及中国科协党组、书记处同志，与现场观众一同参加主场活动。

主场活动以“寻初心、悦科普、探创新、向未来”为逻辑主线。活动中，嘉宾依次参观了“光辉思想领航科普之路展”“新中国科普成就展”“抗日战争中的中国科学家——纪念中国人民抗日战争暨世界反法西斯战争胜利80周年专题展”“‘十四五’科技成就掠影数字展”“科创筑基·科普惠民”“创新成果展”等专题展览，现场参与了“科学创意嘉年华”“智汇青春·科创成果向未来”“筑梦星球—科学教育+”等科普创新实践活动，与科技工作者、科技志愿者、青少年亲切交流，共同感受国家科技创新和科普事业发展成就，体验科普活动的独特魅力。

科普月期间，主场活动将探索“科学+文

化+体验+消费”的融合科普模式，精心汇聚百余场主题展览和特色活动，打造“全月有活动、每周有主题、天天不重样”的科普嘉年华，示范引领群众科学文化新风尚，在全社会营造讲科学、爱科学、学科学、用科学的浓厚氛围。

《中华人民共和国科学技术普及法》规定“每年9月为全国科普月”。今年全国科普月活动以“科技改变生活 创新赢得未来”为主题，由中国科协联合 34 家全民科学素质纲要实施工作办公室成员单位共同部署开展。活动聚焦宣传推广科技创新成果、弘扬科学精神和科学家精神、广泛开展群众性科普等多方面内容，联动全国学会、地方科协、企业、高校、科研院所、科普教育基地、科技馆体系、科技小院等各方力量，在全国范围广泛开展“科普报告话前沿”“科普阵地探未来”“千万 IP 创科普”“科学文化进基层”“科普之光·首届全国科普月大型网络展播”等一系列特色活动，构建全域科技和科普事业发展成就，体验科普活动的独特魅力。据悉，各类活动将持续 1 个月。

“科学与和平——钱学森对世界反法西斯战争的贡献”展览开幕

本报讯(见习记者江庆龄)8月31日，由上海交通大学钱学森图书馆、上海交通大学战争审判与世界和平研究院联合主办的“科学与和平——钱学森对世界反法西斯战争的贡献”展览在上海开幕，展期从9月至10月。

2025 年是中国人民抗日战争暨世界反法西斯战争胜利 80 周年，也是人民科学家钱学森归国 70 周年。第二次世界大战期间，钱学森身处大洋彼岸，心系万里故园。他以聪明才智和满腔心血，在技术科学领域取得诸多令世人瞩目的开创性成就，不仅推动了现代航

空航天科技的发展，还在战时助力与中国结盟的美国在太平洋战争中战胜了日本军国主义，成为世界反法西斯战线上一位杰出的“科学战士”。

此次展览围绕“科学与和平”这一核心主题，辅以“个人与国家”的视角，在纪念世界反法西斯战争胜利 80 周年的广阔背景下，通过“民族危难中的科学救国理想”“秉持正义、捍卫全球和平”“回馈祖国，开创科学新纪元”3 个篇章，深刻揭示钱学森在科学战线上为人类和平事业默默奉献的智慧与力量。

深圳—香港—广州集群 跃居全球第一大创新集群

本报讯(记者朱汉斌)9月1日，世界知识产权组织(WIPO)在香港发布《2025 年全球创新指数》。该指数显示，“深圳—香港—广州”创新集群首次超越日本“东京—横滨”，成为全球第一大创新集群，而圣何塞—旧金山集群则上升三位，成为第三。

记者获悉，“深圳—香港—广州”创新集群于 2020 年至 2024 年连续 5 年位居全球第二，2025 年首次登顶世界百强榜首。“澳门—珠海”创新集群则是连续第二次入围世界百强榜。此次全球创新指数的最新排名显示了粤港澳大湾区在全球科技创新领域的领先地位，充分体现了大湾区在打造具有全球影响力的国际科技创新中心方面的积极成效。

全球创新指数集群排行榜于 2017 年创

设，通过 3 项核心指标，识别世界级创新活动在当地的集中程度。这 3 项指标分别是通过产权组织《专利合作条约》提交的国际专利申请量、科研论文发表量，以及今年新增的风险资本交易额。

全球百强创新集群分布于 33 个经济体。集群数量最多的国家包括中国(24 个)、美国(22 个)、德国(7 个)。

“创新集群是强大的国家创新生态系统的支柱，有助于巩固并强化从创意到市场的历程。今年创新集群核心指标纳入风险资本投次活动，重新校准了我们对创新实力的认知，这些新结果凸显了哪些集群正在将科学研究转化为经济成果。”WIPO 总干事邓鸿森说。

新研究重新定义 造林缓解气候变化潜力

本报讯(记者朱汉斌 通讯员郑钰)中山大学大气科学学院教授覃章才团队与合作者首次量化了全球森林恢复中地下土壤的固碳能力，开创性整合生态、气候和政策三因素，重新定义造林缓解气候变化的潜力，为全球造林“导航”。近日，相关研究成果发表于《科学》。

森林作为“碳汇”，是地球的“绿色空调”，但因人类砍伐、农业扩张和气候变化，森林正以惊人速度消失，其吸碳作用大打折扣。近几十年来，科学家提出通过植树造林增强自然碳汇以缓解气候变化，然而森林损失持续，且关于未来植树造林可吸收二氧化碳量的研究存在巨大差异。

覃章才团队联合中国科学院植物研究所、中国科学院大气物理研究所、北京大学、厦门大学、西北农林科技大学等研究团队，瞄准两大任务展开攻关：一是研发能监测植被和土壤碳变化的“全能检测仪”，二是绘制兼顾自然与社会因素的全域造林“导航地图”。研究团队收

集全球稀缺土壤数据，开发机器学习模型量化造林对土壤碳储量的影响，并结合植被碳估算完成“全能检测仪”研发。同时，他们还综合考虑植树造林的环境约束，从土地“供给”和政策“需求”维度打造“导航地图”。

解决研究痛点后，研究团队发现结果喜忧参半：即便考虑土地可持续利用，全球造林潜力仍巨大，有望每年最多吸收 50 亿吨二氧化碳；但各国植树造林承诺与土地潜力存在错位，综合考虑后，全球未来造林年均吸收 15 亿吨二氧化碳，减排潜力远低于预期。

研究表明，尽管未来植树造林潜力巨大，但土地供给和国家意愿制约其发挥，各国应加强合作，挖掘自然减排潜力。未来，研究团队将继续发挥国际合作优势，开展能源、自然与碳中和交叉研究，探寻可行自然气候方案。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1126/science.adj6841>



正在参加抓取比赛的水下机器人。



比赛现场。

大连理工大学供图

3D 打印钛合金实现“全能”抗疲劳

本报讯(记者张楠)3D 打印能轻松制造出结构复杂、轻量化的金属零件，这对于追求减重和一体化的新一代飞机、航天器高端装备来说，极具吸引力。但 3D 打印的金属零件普遍存在一个“硬伤”——疲劳性能差，即反复受力后容易产生裂纹甚至断裂，严重限制其关键应用。近日，中国科学院金属研究所研究员张哲峰、张振军团队研发出一种新型 3D 打印后处理技术。通过该技术制造出的钛合金材料在各种应力比条件下都表现出前所未有的抗疲劳能力，其综合疲劳性能全面超越所有已知金属材料，为 3D 打印技术在高精尖领域的应用扫除了一个重大障碍。相关研究成果发表于《科学进展》。

2024 年初，该团队发明了一种 NAMP 新工艺，能精确控制材料内部结构和缺陷。用这种工艺制备的一种最常用钛合金 Ti-6Al-4V，可同时消除微孔和粗大组织，此二者都是导致疲劳的元凶。这种新材料在“拉—拉”应力比条件下，打破了“比疲劳强度”的世界纪录。但飞机发动机叶片、起落架等现实中的零

件，受力情况非常复杂，不但存在“拉—拉”，也存在“拉—压”等情况，即应力比在变化。不同应力比会引发材料内部不同的损伤机制。传统的钛合金微观组织结构往往“偏科”——只在某些特定的应力比下表现出好的一面，换另一种应力比就可能表现不佳。这使得制造一种能“通吃”所有工况的材料变得非常困难。

面对这个更复杂的难题，研究团队揭示了钛合金中几种容易导致疲劳开裂的薄弱环节，以及它们在何种受力模式下会“发作”。他们利用 NAMP 工艺制造了近乎无孔洞的 3D 打印组织，可以同时优化所有薄弱环节，这种 3D 打印钛合金具备在全应力比条件下保持高疲劳强度的特性。

实验数据表明，在不同应力比疲劳测试中，这种新材料的疲劳强度不仅超过所有钛合金，其“比疲劳强度”也全面优于所有金属材料，刷新了世界纪录。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1126/sciadv.ady0937>

美发布科研新标准，为政治干预科学打开大门？



本报讯 不久前，美国总统特朗普签署行政令，呼吁“恢复黄金标准科学”，并发布科研新标准原则。近日，美科学机构陆续发布各自计划，以对该行政令作出回应。但据《自然》报道，研究人员和科学政策专家表示，计划中的某些内容为政治干预科学打开了大门。

例如，美国食品药品监督管理局(FDA)将任命一位由特朗普委派的官员负责实施新政策。过去，此类任务通常由职业公务员负责，他们大多是因专业知识而被聘用的科学家。针对有关特朗普政府利用黄金标准政策破

坏美国科学的指控，美国能源部发言人 Ben Dierkerich 在一份声明中表示：“与往届政府滥用科学程序推进其激进政治议程不同，特朗普政府正在让美国回归黄金标准科学，促进更开放、基于事实的对话，并使美国成为科学创新的全球领导者。”

但一些研究人员并不相信这项新政会使美国科学更加强大。“我预计这将进一步政治化科学，把政府不喜欢的研究标记为‘不符合黄金标准’。”美国国立卫生研究院(NIH)一位工作人员说。

目前，NIH、FDA 和美国国家科学基金会发布的计划以广泛接受的改善科学的目标和思想为中心，其中许多建议与旨在确保可重复性和透明度的现有努力相呼应。

分子生物学家、美国华盛顿开放科学中心政策高级主任 Maryam Zaringhalam 表示，特朗普行政令声称的目标是“恢复”科学，但实际上

政府正在积极破坏科学。她担心政府委派人员会利用新政策对可重复性和透明度等问题的过度重视，对他们不喜欢的研究提出质疑，无论是 NIH 关于 mRNA 疫苗的研究还是美国环境保护署(EPA)的气候科学研究。

黄金标准科学政策仅仅是一个起点。科学家和政策专家表示，各机构可能需要时间安排人员来监督这些政策的实施，并完善从拨款到科学诚信和不当行为问题的一切程序。

EPA 等一些机构尚未发布新政策。而在 FDA 等其他机构，政治监督已在进行中。例如，FDA 的政府委派人员推翻了职业公务员的决定，限制 COVID-19 疫苗的使用。

Zaringhalam 表示，许多新政表面上听起来合理，但实际上并不能让人感到安慰。她说，行动比言语更重要，“关键是要关注各机构实际做了什么，以及如何遵循黄金标准科学原则”。(李木子)