

给分子“刻指纹”，他们让电池高效又长寿

■本报记者 李媛

经过数十次尝试与无数个通宵实验，他们终于锁定了一个看似平凡却极为关键的温度窗口。那一刻，实验室里响起了久违的欢呼声。

近日，西安交通大学教授梁超团队联合厦门大学教授张金宝团队，在钙钛矿材料与器件物理研究领域取得又一重要突破。他们提出了一种全新的固态分子压印退火策略，成功制备出高稳定性的钙钛矿太阳能电池。相关成果发表于《科学》。

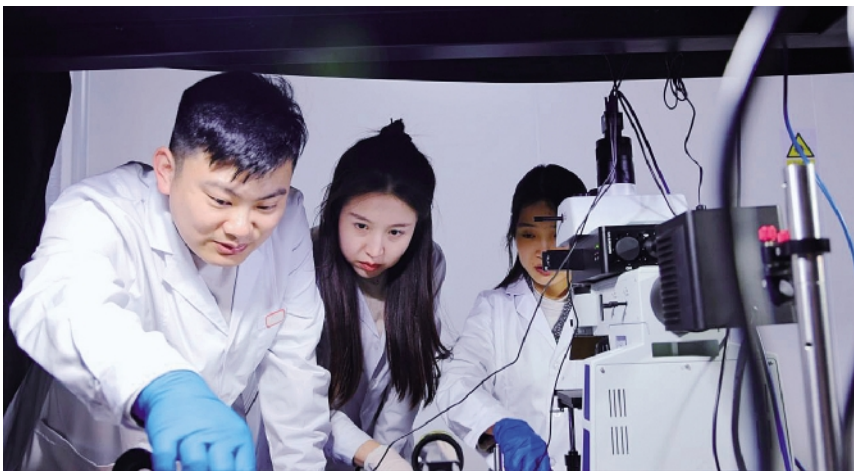
“热退火”引发表面缺陷

梁超介绍，近年来，钙钛矿光伏材料在器件效率上屡创纪录，兼具高性能与低制造成本等显著优势，为下一代太阳能电池的发展提供了新方向。

但在制备器件时，有一个必不可少的步骤叫热退火，也就是加热材料，帮助晶体长得更好、更完整。问题在于，这个加热过程会带来“副作用”。在高温下，钙钛矿表面很容易产生一些缺陷，尤其是碘原子缺失形成的“碘空位”。这些缺陷就像“隐患源头”，会一步步破坏钙钛矿原本稳定的结构。随着缺陷增多，材料内部变得越来越“杂乱”，晶格不再整齐，离子更容易在材料中乱跑，还会出现不利的自发掺杂现象。

“结果就是太阳能电池的发电效率下降，用不了多久性能就开始衰退。因此，热退火过程中引发的表面缺陷问题，已经成为限制钙钛矿太阳能电池进一步提升效率和长期稳定使用的一个关键难题。”梁超解释道。

针对这一问题，团队提出了一种全新的固态分子压印退火策略，即在热退火过程中，将一层致密的吡啶基分子模板原位压印于钙钛矿表面，在不引入任何溶剂的条件下，实现对晶格结构的分子尺度“原位约束”。其中，团队精心设计的配体分子 2-吡啶乙胺能够与表面欠配位的铅离子形成稳定的双齿配位结构，在整个热退火过程中持续稳固钙钛矿碘骨架，有效



林越辛(左)与团队成员在实验室。受访者供图

抑制碘空位的生成与扩散，从源头阻断热诱导的结构退化。

论文第一作者、西安交通大学物理学院博士生林越辛进一步解释，固态分子压印退火策略可以形象地理解为在固态薄膜中为目标分子“量身定制模具”，并通过热退火过程将这一模具稳定固化。

与传统依赖溶液体系的分子压印方法不同，该团队提出的策略全过程在固态中完成，无需经历溶解与重构，从而避免了结构破坏，使材料能够精准地“记住”目标分子的形状和功能特征。“换句话说，这种策略不是对分子的短暂识别，而是将其‘分子指纹’长期、稳定地刻写进材料内部。”林越辛表示。

运行 1600 小时后，电池性能保持 98%

团队采用这一新策略，能让钙钛矿薄膜在“长晶体”的过程中，不仅晶体长得更规整，而且内部和表面的缺陷明显减少。这种“晶体好、毛病少”的状态，使电荷在材料中传输得更顺畅，也更容易被电极收集起来，从而显著提高太阳能

电池的发电效率。

利用这项技术制备的钙钛矿太阳能电池，在 0.08 平方厘米的器件面积上，效率最高达到 26.6%；当面积放大到 1 平方厘米时，效率依然达到 24.9%；即使进一步放大到 16 平方厘米的模组器件，效率仍能保持在 23.0%。

“说明这种策略非常适合做大面积器件，而不仅仅局限于实验室里的小面积样品。”林越辛介绍，更重要的是，这种器件还非常耐用。在 85 摄氏度高温和 60%较高湿度的严苛工作环境下，连续运行超过 1600 小时后，电池仍能保持 98%以上的初始性能；在日常环境下存放超过 5000 小时，性能几乎没有明显下降。

梁超表示，这项成果不仅在效率上达到了目前国际钙钛矿单结太阳能电池的顶尖水平，而且在面积扩展和长期稳定性方面也表现得极为出色，是全球钙钛矿太阳能电池研究中的先进代表性成果。

该技术可广泛应用于能源与功能材料领域，例如光伏电池和电催化体系中活性位点的精准调控、功能膜材料的定向设计，以及智能响应材料中分子识

别与功能构筑的实现。

锁定关键温度窗口

林越辛回忆，在科研攻关过程中，最大的挑战在于如何在固态体系中实现分子压印效应和钙钛矿结构稳定性的平衡。退火温度稍高，材料结构会被破坏而“失忆”；温度偏低，又难以形成有效的分子记忆。前期的实验结果常常模糊甚至相互矛盾，有时连续几天的努力都没有任何突破，团队一度陷入迷茫和焦虑。

为了寻找突破口，团队决定重新梳理实验思路，从微观机制入手。成员们围绕关键温度区间进行了系统化分组实验：有人专门优化温度曲线，有人观察薄膜的晶体形貌，有人跟踪分子识别信号。每一次失败，都带来新的思考。

“有一次，一个样品在显微镜下显示了微弱的晶体有序区域，大家立刻聚在显微镜旁反复确认，才发现这可能就是分子压印效果初步显现的迹象。”林越辛告诉《中国科学报》。

终于，团队精准锁定了非常关键的温度窗口。在这一条件下，钙钛矿薄膜不仅晶体生长良好，而且分子识别信号清晰、稳定。那一刻，实验室里响起了难得的欢呼声。大家深刻体会到，科研不仅是技术和方法的比拼，更是耐心、细致与对材料微观规律理解的较量。

这一经历也让团队形成了默契：每一次失败都是对假设的修正，每一次小的发现都可能成为突破的关键。正是这种坚持和探索精神，使分子压印退火策略从概念验证走向真正可控，同时突破钙钛矿电池在效率和稳定性上的关键瓶颈。

提及未来，团队表示，将致力于构建一种可复制、可推广的固态分子精准构筑方法学，赋予材料稳定而可靠的分子级智能识别能力，并推动其在能源等关键领域的应用与落地。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1126/science.aea8228>



我国新型自然保护地体系初步建成

据新华社电 记者 1 月 15 日从全国林业和草原工作会议上获悉，我国已初步建成以国家公园为主体的新型自然保护地体系，有效保护了 90%的陆地生态系统类型和 74%的国家重点保护野生动植物种群。

据介绍，“十四五”期间，我国加快建设以国家公园为主体的自然保护地体系，形成了大尺度一体统筹推进生态保护、绿色发展、民生改善的新模式。布局建设全世界最大的国家公园体系，整合 120 多个自然保护地，正式设立三江源、大熊猫、东北虎豹、海南热带雨林、武夷山 5 个国家公园，长江、黄河、澜沧江源头，以及大熊猫、东北虎豹、海南长臂猿等旗舰物种栖息地等重要生态系统得到整体性保护。5 个国家公园通过生态管护、生态搬迁、特许经营等形式，吸纳当地居民参与国家公园建设和管理，近 5 万人实现在家门口就业，年人均获得工资性收入 1 万至 2 万元。

同时，我国稳步推进自然保护地整合优化，科学划定自然保护地类型，合理调整自然保护地范围和分区，着力解决边界不清、重叠设置、保护空缺、保护与发展矛盾冲突等问题。新设黄岩岛国家级自然保护区，世界自然遗产、世界自然与文化双遗产增至 19 处，世界地质公园增至 49 处，世界自然遗产、世界地质公园数量居世界第一。

“十五五”期间，我国将进一步建立健全统一规范高效的新型自然保护地体系。高质量建设国家公园，稳妥有序设立新的国家公园。同时强化规划引领，组织编制国家公园国土空间规划，规范空间秩序；科学实施栖息地质量提升、生态廊道建设和生物多样性保护工程，优化整体生境；加快实施自然保护地整合优化，推进成果落地，强化监督管理；完善生态补偿、野生动物损害赔偿政策，发展绿色产业，增进民生福祉。（黄鑫）

气候风险可能使全球损失数万亿美元



本报讯 近日，一份由气候科学家和金融专家合著的报告指出，气候变化的影响比预期来得更早，而各国政府和企业仍低估了相关风险。全球变暖开始对环境造成严重损害。预计到 2050 年，气候变化可能造成数万亿美元的经济损失。

决策者通常关注气候变化影响的

中间值。但报告称，他们应当为最坏情况做准备，因为一些地区短期内的极端降水等比预期来得更早。

“各国政府需要迅速就‘行军偿付能力’计划达成一致，因为我们正面临气温加速上升的局面。”参与报告撰写的英国政府前首席气候顾问 David King 说。

绿色金融体系网络(NGFS)的数据显示，到 2050 年，全球气温上升 2 摄氏度可能导致全球 GDP（国内生产总值）下降 25%。这意味着，每年因气候相关影响造成的经济损失可能高达 25 万亿美元。但 NGFS 预计不会出现经济衰

退，因为全球经济增长速度将超过这些损失。NGFS 是一个由 160 多家央行和监管机构组成的全球联盟。

但欧盟气候监测机构哥白尼气候变化服务局(Copernicus)发布的一份报告发现，2025 年是有记录以来第三热的年份，仅次于 2023 年和 2024 年，3 年平均气温首次超过工业化前水平 1.5 摄氏度。在此背景下，该机构呼吁为应对最坏的情况做好准备。

Copernicus 的 Samantha Burgess 表示，比预期更早突破 1.5 摄氏度阈值的最大原因是年排放量持续增加。2025 年，化石燃料的排放量再创纪录，“排放

量下降速度没有预期的那么快”。

此外，气温每升高 0.1 摄氏度，极端天气就会变得更加频繁和剧烈。2025 年 1 月，美国洛杉矶野火因气候变化而强度大增，给该国造成了极其惨重的损失。而飓风“梅利莎”则是大西洋沿岸登陆的最强风暴，其风速比没有气候变化的情况下至少快 16 公里/小时。

“估算是平均值，但实际情况是，全球升温 1.5 摄氏度意味着热浪比原来的温度高三四摄氏度，甚至 10 摄氏度。”Burgess 说，“现在的孩子将比我们或我们父母面临更多的高温危害、更多的气候威胁。”（徐锐）

国家电网“十五五”计划投资 4 万亿元建设新型电力系统

据新华社电 国家电网 1 月 15 日宣布，“十五五”期间公司固定资产投资预计达到 4 万亿元，较“十四五”投资增长 40%，用于新型电力系统建设。

记者了解到，“十五五”期间，国家电网经营区风光新能源装机容量预计年均新增 2 亿千瓦左右，推动非化石能源消费占比达到 25%、电能占终端能源消费比重达到 35%，助力初步建成新型能源体系，如期实现全社会碳达峰目标。

“十五五”期间，围绕做强电网平台、构建新型电力系统，国家电网将初步建成主配微协同的新型电网平台，进一步巩固“西电东送、北电南供”能源输送网络。加快特高压直流外送通道建设，推动跨区跨省输电能力较“十四五”末提升超过 30%。加快推进城市、农村、边远地区配网建设，探索末端保供型、离网型微电网模式。夯实数智基础设施，实施“人工智能+”专项行动，强化电网数字赋能。（戴小河）

我国首台纳米晶体结构快速解析仪器研制成功

本报讯（记者朱汉斌 通讯员孔令竹）1 月 14 日，记者从中国科学院广州地球化学研究所(以下简称广州地化所)获悉，该所成功攻克三维电子衍射技术测定微纳米晶体样品漂移难题，并研制出我国首台国产纳米晶体结构快速解析仪器。

亚微米至纳米尺度晶体结构解析是深空深地探索、纳米功能材料应用等领域的关键支撑。长期以来，传统单晶 X 射线衍射技术难以突破纳米尺度解析瓶颈，而国外同类仪器与软件存在成本高昂、操作复杂、算法受限等壁垒。

据介绍，此次自主研制的纳米晶体结构快速解析仪将漂移量控制在 200 纳米以内，实现了低漂移条件下纳米级样品颗粒的高精度定位分析，确保了复杂基体样品中纳米晶体结构的精确解析。同时，该仪器具备纳米级晶体和矿物的物相与结构高通量快速测定能力，开发进度和技术水平与国际最新产品基本持平，部分参数略优。

目前，该技术已成功应用于“王焰钊矿”“钼铅烧绿石”两种新矿物的结构解析，并获得国际矿物学会的正式承认，批准其命名。利用该技术，研



国产首台纳米晶体结构快速解析仪器主机外观图。研究团队供图

究团队还证实了早期地球深部水可赋存于布里奇曼石晶格中，相关成果发表于《科学》。

该仪器搭载团队自主开发的“连续倾转三维电子衍射采集与处理系统”，实现了从硬件到软件的全流程自主可控。该仪器应用前景广阔，有望在地球与行星科学、物质科学、生物医药等领域获得重要应用。

研究人员开发出纯无机热电气凝胶

本报讯(记者刁雯蕙)近日,哈尔滨工业大学深圳校区教授张倩、毛俊、曹峰团队成功开发出纯无机热电气凝胶,为可穿戴电子器件的轻量化自供能技术提供了新思路。相关研究成果发表于《科学进展》。

随着智能可穿戴设备的迅猛发展,如何实现持续、轻便且高效的能量供给已成为学术界与产业界共同关注的核心问题。热电材料能够直接将人体或环境中的热能转化为电能,具有无运动部件、稳定可靠等优势,但传统无机热电材料普遍存在密度大、柔韧性不足、佩戴舒适性差等问题,难以满足可穿戴设备对柔性、贴合性与高效能量收集的综合需求。

针对这一挑战,研究团队创新性地提出了分步合成策略,以银气凝胶为前驱体,通过精确调控硫化反应过

程,成功构建了基于硒化银纳米线的纯无机三维网络热电气凝胶。

研究团队进一步制备出高孔隙率和超低密度的硒化银热电气凝胶。该材料展现出优异的热电性能,室温热电优值达 0.17,在 383 开尔文(K)时为 0.24,最低热导率仅为每米每开尔文 0.03 瓦特,具备卓越的隔热能力。研究团队采用聚酰亚胺进行封装,在硒化银表面包覆纳米级聚酰亚胺薄层,大幅提升了材料的力学性能。

该研究为设计其他高性能无机柔性热电材料提供了普适性方法,不仅推动了热电材料向超轻、柔性化方向发展,更为下一代自供能可穿戴电子、软体机器人及仿生皮肤等前沿领域提供了关键材料基础与创新思路。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1126/sciadvdy.7679>

新平台实现酵母中脂肪酸定向可控生物合成

本报讯(记者孙丹宁)近日,中国科学院大连化学物理研究所研究员周雅进团队与德国法兰克福大学教授 Martin Grninger 团队合作,开发出一种模块化、可编程的脂肪酸合成平台,并在酵母中实现了中链脂肪酸的定向生物合成。相关成果发表于《自然-化学生物学》。

中链脂肪酸是一类碳链长度为 C10-C14 的功能性脂肪酸,广泛应用于润滑油、食品香料、医疗营养等领域。传统上,中链脂肪酸主要从椰子油、棕榈油等天然油脂中提取,但受限于原料供应和季节变化,产量不稳定。因此,发展高效、可持续的生物合成方法成为重要研究方向。

Martin Grninger 团队通过体外酶工程改造,对脂肪酸合酶(mFAS)进行关键位点突变,有效调控了酮脂酰合酶(KS)与硫酯酶(TeA)结构域的催化效率,从而精准控制产物链长。在

此基础上,周雅进团队以多形汉逊酵母为宿主构建了高效的酵母细胞“工厂”,通过精准调控脂肪酸 β -氧化途径并采用多拷贝表达策略,提升了中链脂肪酸的产量与占比。

随后,团队进一步通过基因组整合与质粒共表达,将优化后的 mFAS/TeA 杂合酶系统导入细胞,并结合代谢工程策略,有效阻断了长链脂肪酸的完全氧化降解,促使代谢流富集中链脂肪酸。研究发现,在 1.5 升生物反应器的批次补料发酵中,工程菌株 XMCF69 的中链脂肪酸总产量达到 708.6 毫克/升,其中月桂酸占游离脂肪酸总量的 48%,占比接近天然椰子油与棕榈仁油水平。

该研究为替代传统植物油提取、实现可持续油脂化工品的微生物制造提供了新思路。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41589-025-02105-w>



合成平台示意图。研究团队供图