



钙钛矿太阳能电池展现“晶面魅力”

■本报记者 崔雪芹

钙钛矿太阳能电池作为一种新兴清洁能源，为光伏行业高质量发展注入了新动能。近日，北京大学联合国内外多个项目组，提出高密度勒指数晶面相干生长提升钙钛矿太阳能电池性能的新策略。相关研究成果发表于《自然》。

“这项研究将为钙钛矿太阳能电池性能优化提供新的增长点，也是钙钛矿光电领域基础研究的守正创新。”中国科学院院士、北京大学校长龚旗煌对《中国科学报》说。

“双路径”提升光电转换效率

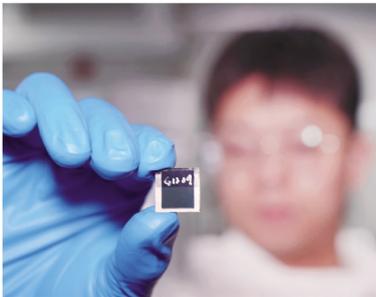
光电转换效率是衡量太阳能电池将光能转换为电能的效率指标。钙钛矿太阳能电池主要通过两种途径提升光电转换效率：一是提高光吸收材料对入射光子能量的俘获率，即增大对太阳光能的有效吸收；二是减弱光生载流子的非辐射复合，即减少产生的电能存储在电池内部的损耗。

10 多年来，钙钛矿太阳能电池领域的大量研究工作主要聚焦于减少电能存储在电池内部的损耗，即通过降低钙钛矿吸收层以及电池各功能层界面处的缺陷，减少光生载流子在电池内部的非辐射复合能量损失。这种“降缺陷、提效率”的方式取得了不错的效果，相关认知也越发完善。

北京大学团队长期开展钙钛矿太阳能电池缺陷调控和性能提升的研究。近年来，该团队对钙钛矿太阳能电池中钙钛矿层的上界面、埋底界面及电极缓冲层界面等展开深入研究，有针对性地提出了一些缺陷调控和性能提升策略，并于 2023 年将钙钛矿太阳能电池光电转换效率提升至 25% 以上。

“要进一步提升光电转换效率，还需要在现有基础上继续提高光吸收材料对入射光子能量的俘获率。”北京大学教授朱瑞对《中国科学报》说。

通常来讲，增加钙钛矿吸收层厚度可以增强对入射光的吸收，从而提高入射光子的俘获能力，获得更多光学增益，最终提升光电转换效率。然而，吸收层薄膜增厚往往伴随着缺陷的增加，导致薄膜中非辐射复合变得更加严重，从而降低光电转换效率。因此，朱瑞表示，目前亟须开发新的工艺攻克这一难题。



北京大学团队制备的钙钛矿太阳能电池。受访者供图

从温度入手解决性能波动问题

面对挑战，北京大学与国内外多个项目组展开联合攻关。他们最先遇到的难点就是电池性能季节性波动问题，即高性能电池通常存在明显的季节性依赖性。

“这是困扰我们十几年的问题。”朱瑞对《中国科学报》说，“起初，大家发现湿度波动影响电池性能层制备，于是将全部制程转移到湿度可控的惰性气氛中，但电池性能季节性依赖性依然存在。”

“除湿度外，随季节更替出现明显变化的另一个因素是温度。”北京航空航天大学教授罗德映建议从温度入手解决性能波动问题。

于是，联合团队通过精准控制钙钛矿薄膜涂布阶段的环境温度，优化钙钛矿薄膜的成核和晶粒生长过程，显著改善了电池性能的季节依赖性，使得一年四季制备的电池都有一致的光电转换性能。

在寻找其中机理的过程中，联合团队发现，钙钛矿薄膜的高密度勒指数晶面对环境温度存在依赖关系。

勒指数是材料晶体学中的一个概念，用于描述晶面方向的符号系统，通过 3 个整数表示晶面与晶轴的相对关系。高密度勒指数是指数值较大的晶面，(100)、(110)、(111) 通常被认为是低密度勒指数晶面，其他晶面则为高密度勒指数晶面。

联合团队发现，当钙钛矿薄膜涂布阶段的环境温度处于特定条件时，钙钛矿薄膜中高密

勒指数(211)晶面的占比会增加。经验证，(211)晶面具有“自钝化”及形成“相干晶界”的特性，这使得薄膜内部及表面缺陷浓度大幅度降低。

“当发现(211)晶面具有如此特殊的性质后，整个团队都很激动。于是，我们借助这些特性改善晶体内部和表面缺陷，并进一步在钙钛矿微米级厚膜中进行验证，实现了‘光子利用与电学损失’的协同优化。”罗德映说。

联合团队充分利用上述发现，研制出高质量微米级钙钛矿厚膜，在提高俘获入射光子能力的同时，显著减少了电能存储在电池内部的损耗，成功将光电转换效率提高至 26.1%，并提升了电池在光、热等外界条件下的工作稳定性。

“该研究展示了一种能够制备厚度较大但仍保持高质量的钙钛矿薄膜的方法，不仅显著提升了太阳能电池性能，还深化了我们对这种‘迷人材料’的工作机制的认识，并为如何优化其性能提供了新思路。”英国剑桥大学教授 Samuel D. Stranks 表示。

高密度勒指数晶面值得深入挖掘

“基础研究对关键核心技术具有先导、引领作用，加强基础研究是突破关键核心技术的‘先手棋’。”龚旗煌认为，从高密度勒指数晶面角度切入开展钙钛矿材料性能研究，是钙钛矿光电领域的基础探索，对相关技术发展有重要指导意义。钙钛矿材料中其他高密度勒指数晶面也同样值得深入挖掘。

“早在上世纪的半导体材料晶体学研究中，高密度勒指数晶面就已经引起业内关注，比如硅、砷化镓等晶面。”罗德映说，“高密度勒指数晶面相较于常见的低密度勒指数晶面具有更复杂的原子排列，可能导致独特的表面重构和特有的电子状态。”

北京大学博士研究生黎顺德补充说：“半导体材料中有些高密度勒指数晶面几乎不存在任何空位和缺陷。与硅、砷化镓等材料相比，钙钛矿材料的元素组成和晶体结构更为复杂多样，其高密度勒指数晶面可能会呈现更加‘缤纷多彩’的特性，值得深入挖掘。”

“这项工作仅是钙钛矿材料中高密度勒指数晶面研究的开端。我们相信，对钙钛矿材料中其他高密度勒指数晶面的研究可以挖掘出更多新方法、新思路，帮助加深对钙钛矿材料中‘高密度勒指数晶面家族’的理解。”朱瑞表示。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41586-024-08159-5>

第五届世界生物圈保护区大会组委会(筹)召开第一次会议

本报讯 10 月 22 日，第五届世界生物圈保护区大会组委会(筹)召开第一次会议，深入贯彻习近平生态文明思想，部署推进第五届世界生物圈保护区大会筹备工作。中国科学院院长、党组书记侯建国，浙江省省委常委、常务副省长徐文光出席会议并讲话。

会议审议了第五届世界生物圈保护区大会组织架构、《东道国协议(审议稿)》基本条款和东道国责任清单、《第五届世界生物圈保护区大会筹备方案》、研究了大会筹备重点任务清单及任务分工，听取了大会筹备工作进展和预算编制情况。与会单位代表围绕相关议题进行了交流讨论。

侯建国对大会组委会(筹)各部门、各单位，特别是浙江省、杭州市对第五届世界生物圈保护区大会的大力支持和前期所做工作表示感谢。他指出，“人与生物圈计划”倡导从科学角度促进人与自然和谐共生的理念，与习近平生态文明思想高度契合。世界生物圈保护区大会是“人与生物圈计划”体系内规模最大、覆盖面最广、影响力最强的国际会议，本届大会在我国召开具有十分重要的意义。他表示，中国科学院将会同大会组委

会(筹)各成员单位，按照大会组织实施架构，建立健全工作机制，共同稳步有序推进大会筹备各项工作。希望各方精心设计和组织大会各类活动，提升会议科技含量，充分展示新时代中国生态文明建设成果和经济社会发展成就，有力促进国际科技交流合作。

徐文光感谢中国科学院以及国家相关部门对浙江省申办和承办本届大会给予的大力支持和帮助。他强调，要充分运用会议成果，切实强化国家、省、市三级无缝衔接，加快形成高效协同、一体推进的工作体系。浙江省将按照会议筹备分工要求，全力落实牵头事项，全力抓好配合事项，全力以赴协调破解重点、难点、堵点问题，保质保量做好各项筹备保障工作。他希望在各方共同努力下讲好中国故事，圆满呈现一场精彩纷呈、卓越难忘的大会。

第五届世界生物圈保护区大会计划于 2025 年 9 月在浙江省杭州市举办。世界生物圈保护区大会大约每 10 年召开一次，迄今已成功召开 4 届，本届将是大会首次在亚太地区举办。(柯讯)

实践十九号卫星载荷在京交付

本报讯(记者甘晓 通讯员李仪)10 月 24 日，国家航天局在京举办实践十九号卫星载荷交付仪式，国家航天局副局长卞志刚出席活动并致辞。国家航天局与农业农村部、海南省、安徽省等单位主用户单位、泰国、巴基斯坦等国际搭载用户签署搭载载荷交付证书。中国航天科技集团有限公司与国内商业搭载用户代表单位签署搭载载荷交付证书。

此次交付的实践十九号卫星搭载载荷包括主粮作物、经济作物、微生物航天育种载

以及空间技术试验载荷等 20 大类。实践十九号充分发挥了新一代返回式空间试验平台“育种周期短、搭载效率高”的优势，圆满完成了近千个种质资源空间育种试验，为我国种质资源创新提供了重要的技术支撑，也为国产元器件、原材料等提供了珍贵的在轨验证机会，同时为我国航天技术的自主创新和可持续发展夯实了基础。

实践十九号卫星搭载载荷的交付，标志着卫星工程返回任务圆满完成。

香港首次发现恐龙化石

据新华社电 香港特区政府 10 月 23 日消息，恐龙化石首次在香港出土。经初步认定，这具在香港东北水域赤洲岛发现的化石样本属于白垩纪时期。此次发现为香港古生态研究提供新证据，意义重大。

赤洲以富含氧化铁的红色岩石闻名，有“海上丹霞”之称，位于香港联合国教科文组织世界地质公园范围内。今年 3 月，特区政府发展局古物古迹办事处接获通知，赤洲的沉积岩可能含有疑似脊椎动物化石，随即邀请中国科学院专家来港考察。6 月到 8 月间，双方共同在赤洲采集相关样本。

在将样本进行骨组织切片后，专家使用显微镜观察、软件拍照等手段分析，鉴定样本为大型年长恐龙骨骼化石。其后，专家对样本进行清修，确认了化石的年代，恐龙种类有待进一步研究。

10 月 23 日，特区政府发展局和中国科学院古脊椎动物与古人类研究所签署《关于深化地层古生物及史前时期遗址领域交流与合作的框架协议》，以开展古生物、古人类及旧石器遗址的科学研究、样本整理和鉴定、培训、交流等多方面合作。双方在新协议下的首个合作项



香港赤洲恐龙化石。中新社记者陈永诺/摄 图片来源:视觉中国

目就是研究在赤洲新发现的恐龙化石。为便利后续考察、发掘和研究，赤洲岛即日起封闭，仅获许可人员能够登岛。10 月 25 日起，该恐龙化石将在香港文物探知馆向公众展出。该馆正在修建特别空间，供专家现场清修化石并展示已清修样本。特区政府还将作出展出化石的长远安排，以提升公众对古生物的兴趣和认识。(褚萌萌)

科学家发现全新心脏电信号传递路径

本报讯(见习记者江庆龄)中国科学院院士、同济大学附属东方医院心脏内科主任陈义汉团队发现，心脏有一个完整的内源性胆碱能系统，可有效控制心脏生物电活动，失衡则可能导致致命性心律失常。这一发现揭示了心脏电脉冲扩布的新模式，为防治心律失常提供了体系化潜在干预靶点，并开辟了心律失常研究的新方向。10 月 23 日，相关研究成果发表于《欧洲心脏杂志》。

在传统认知里，胆碱能系统存在于神经系统，主要负责维持人们正常的认知、情绪和运动功能等，而它的缺陷则与神经退行性疾病和精神疾病相关。研究团队发现，心室心肌细胞存在一个自身固有的胆碱能系统，包括乙酰胆碱递质囊泡、乙酰胆碱受体、乙酰胆碱代谢酶以及不同亚型的胆碱能受体等关键元件。

心脏内源性胆碱能系统可以通过乙酰胆碱诱发心室心肌细胞产生内向电流，降低心室心肌细胞产生动作电位所需的阈电流，从而增

强心室心肌细胞的兴奋性，最终加快电脉冲在心室心肌细胞之间的电传导。这些证据表明，胆碱能系统可以控制心室电活动的两大基石——兴奋性和可传导性。

进一步研究发现，该系统关键元件的缺陷会导致室性心动过速、心室扑动和心室颤动等致命性心律失常，进而揭示了新的电控制理论和心律失常发病原理。

临床上大多数抗心律失常药物的治疗效果并不理想，甚至会引发致命性心律失常并提高死亡率，问题的根源在于缺乏有效的干预靶点。研究团队发现，靶向心脏内源性胆碱能系统的干预措施可以有效防治上述心律失常。值得一提的是，利用工具药激活该胆碱能系统中的胆碱型胆碱能受体，不但可以有效预防心律失常，而且可以有效中断室性心动过速、心室扑动和心室颤动。这些发现为心律失常防治带来超越传统意义的潜在干预靶点。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae699>

自供电 3D 声学传感器突破人机交互障碍

本报讯(记者张双虎)近日，中国科学院北京纳米能源与系统研究所王中林院士、王杰研究员、周灵琳副研究员在《先进材料》发表论文，提出一种自供电摩擦电立体声学传感器(SAS)。研究人员通过缩减摩擦材料振动膜厚度、振动膜半径等，获得了较宽的频率识别范围和信噪比，在 1.77 立方厘米的小尺寸上实现了超高灵敏度识别。该传感器能克服嘈杂界面干扰，可用于人机交互的全方位声音识别和追踪。

基于声学传感器的人机交互在智能机器人高效通信中扮演着重要角色，但传统声学传感器受外部电源供应、低灵敏度、窄频率带宽和制造工艺复杂等因素限制，难以同时实现在嘈杂环境中的声音识别和准确跟踪，也难以通过声音接口实现直接高效的人机交互。

前期研究中，研究人员提出基于压电效应的自供电声学传感器，实现了在嘈杂环境中对多方向声源的识别。但这种声学传感器输出信号较弱且制造工艺复杂。因此，开发具有高灵敏度、高信噪比、以及在嘈杂环境中具有全方位声音识别和追踪能力的声学传感器，是实现

高质量人机交互的迫切需要。

在此基础上，研究团队提出自供电摩擦电立体声学传感器。它采用 3D 结构，除底面外，5 个平面都配备相同的层叠式自供电摩擦电声学传感器设备，使声音信号能够自动转换为电信号。

“这种独特的配置形成了一个全方位波束形成阵列，促进了声源的识别和追踪。”王杰介绍说，SAS 因为具备高灵敏度、宽频率响应范围、自供电、低成本、小尺寸和结构简单的特点，已在应用中充分展现出优势。

实验表明，利用 SAS 的全方位声音识别和追踪能力，及其对不同声源和方向的差异化谐振频率响应，显著提高了从嘈杂环境中高效提取目标信号的能力，使平均深度会议准确率达到了 98%。此外，SAS 能够在辅助听力系统中同时识别多个个体的声音，也能在自动驾驶车辆的背景音乐下识别驾驶指令，这标志着基于语音的人机交互系统取得了新突破。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1002/adma.202413086>

首艘自主研发大型出口客滚船在广州命名交付

本报讯(记者朱汉斌 通讯员彭永柱)10 月 24 日，国内首艘自主研发、设计建造的大型出口客滚船“GNV·北极星”号在广州南沙命名交付。该船交付后将于 2025 年 1 月起在欧洲开展运营，航线覆盖地中海区域。

“GNV·北极星”号由中国船舶集团旗下广船国际设计建造，具备完全自主知识产权，内装材料实现 100% 国产化，是国内首艘获得生物安全入级符号、应用有机硅防污染的豪华客滚船。

据介绍，“GNV·北极星”号全长 218 米，型宽 29.6 米，型深 10 米，设计吃水 6.45 米，约 4.6 万吨总吨，载重量 8010 吨，设计航速为 25 节。船上共有 12 层甲板，配置各类客舱 298 间，可供旅客自由活动的公共区域面积达 6000 平方米。

该船还配备有我国独立自主研制的蒸汽透平发电机组，发电功率达 900 千瓦，可充分利用主机排放的余热进行有效的能量再利用，确保船舶达到较高能效指数。



“GNV·北极星”号。朱汉斌/摄

双飓风袭美，科研陷“灾情”



本报讯 据统计，飓风“海伦”自 9 月底袭击美国以来，给该国东南部造成了 2500 亿美元的损失，主要集中在佛罗里达州、佐治亚州和北卡罗来纳州。10 月初，飓风“米尔顿”又对佛罗里达州造成严重破坏，当地损失达 500 亿美元。这些风累计至少造成 250 人死亡。

据《科学》报道，突如其来的灾难不仅带来了暴雨和毁灭性洪水，也给科学研究造成了持久损害。

自“海伦”来袭后，美国北卡罗来纳大学阿什维尔分校的土壤昆虫学家 Camila Filgueiras 仅回过实验室一次。她尽可能在 30 分钟内取出更多样本，以便在本学期剩余时间里远程授课。

“我 10 多年来收集的线虫、土壤和化学物质样本都被毁了，正在进行的 3 个昆虫实验也结束了。”Filgueiras 说。

在北卡罗来纳州，“海伦”严重影响了美国国家环境信息中心(NCEI)的运作。该中心负责美国国家海洋和大气管理局收集的大气、海岸、地球物理和海洋数据的存档。NCEI 报告称，该中心的工作人员和数据记录都是安全的，但从卫星、雷达和其他各种来源获取的数据流中断，一些观测结果可能无法恢复。

两次飓风还席卷了佛罗里达州的阿奇博尔德生物站，其中一次飓风将该站历史悠久的主楼屋顶的瓦片掀翻。半个多世纪以来，阿奇博尔德生物站一直在收集生物和环境数据。该站执行主任 Hilary Swain 说，听着屋顶瓦片被掀翻，再联想到灾后情形，真的令人生畏。她估计，该站未来需要几周到几个月的时间才能恢复。

同样位于佛罗里达州的埃克德学院虽然躲

过了预测的风暴潮，但强风和千年一遇的降雨仍在当地肆虐。目前，该校海洋科学实验室的海水泵处于停机状态，其在坦帕湾价值数千美元的捕蟹器的命运也尚未可知。帝王蟹耐热性研究计划也被无限期搁置。

在“米尔顿”来袭前的几个小时，佛罗里达州的莫特海洋实验室和水族馆的工作人员迅速将海牛、水獭等动物从沿海设施转移到内陆 20 公里处。尽管他们全力参与救援和恢复工作，但机构的所有设施仍处于关闭状态，目前没有重新开放的时间表。

备受关注的还有飓风造成的生态影响。佛罗里达州鱼类和野生动物保护委员会多次发出警告，敦促居民注意野生动物，在受洪水影响的地区很容易出现短吻鳄和蛇。北卡罗来纳资源委员会也警告说，未收集的垃圾、变质的食物和无人看管的捐赠物资可能会比平时吸引更多动物。(王方)