

舒歌群：聚科教人才之力 筑国家强盛之基

■本报见习记者 王敏

“党的二十大报告第五部分提出‘实施科教兴国战略，强化现代化建设人才支撑’，指出‘教育、科技、人才是全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑’。”日前，党的二十大代表、中国科学技术大学（以下简称中国科大）党委书记舒歌群在中国科大学习贯彻党的二十大精神宣讲团首场宣讲报告会上动情地说：“这是党代会报告中第一次单独成章对科教工作进行部署，为新时代高等教育和科技创新工作指明了前进方向，提出了更高要求。”

作为一名来自高校的代表，舒歌群特别关注教育、科技和人才工作，并在宣讲中着重阐释了三者一体化部署的深刻内涵和重要价值。舒歌群说：“我们要认真贯彻落实好党的

二十大作出的重大决策部署，在基础性、战略性工作上下功夫，强化国家战略科技力量建设，鼓励原始创新和自由探索，发挥一流高校在教育、科技、人才‘三位一体’上的作用，为科教兴国战略、人才强国战略、创新驱动发展战略贡献科大力量。”

宣讲会现场，广大师生认真聆听舒歌群的精彩报告，不时在笔记本上记录宣讲要点。

11月22日，按照中科院党组部署，舒歌群作为中科院党的二十大精神宣讲团成员，又奔赴中科院合肥物质科学研究院进行宣讲。

连日来，舒歌群走进中国科大机关党委、物理学院、马克思主义学院、生命科学与医学部、火灾科学国家重点实验室、高新园区、先进

技术研究院等基层单位，与广大师生员工进行座谈交流，宣讲党的二十大精神，第一时间将“带着热气、接着地气”的大会精神送到基层一线、师生心头。

“党的二十大报告在总结新时代十年成就时，‘点赞’了量子信息、探月探火、深海深地探测等领域的重大创新成果，这是继‘墨子号’‘悟空号’入选党的十九大报告之后，中国科大科技成果再次入选党代会报告。”舒歌群激动地说，“这是中国科大的光荣与自豪。”

党的十八大以来，中国科大面向国家重大战略需求，在科技创新领域有布局、有成果。中国科大与国家航天局、安徽省三方共建我国首个深空探测实验室。这是我国深空探测重大专

项的重要技术支撑单位。世界首颗量子科学实验卫星“墨子号”与世界首颗量子微纳卫星先后成功发射，“九章号”“祖冲之号”量子计算原型机问世，“悟空号”获取宇宙射线能谱精细结构，“天问一号”火星磁强计研制成功，治疗新冠肺炎重症和危重症病例的“托珠单抗+常规治疗”方案推广应用……在宣讲中，舒歌群如数家珍地介绍了十年来中国科大科技创新取得的硕果。他的话音刚落，现场响起阵阵掌声。

“聆听了宣讲报告，我深受鼓舞、倍感振奋。”作为“悟空号”唯一有效载荷的核心分系统——BGO量能器主任设计师，中科院“科苑名匠”称号获得者、中国科大物理学院教授刘树彬说，“正如宣讲中提到的，科技创新要坚

持‘四个面向’。我和团队将以国家战略需求为导向，为深空探测等领域关键核心技术攻坚贡献力量，为加快建设人才强国和科技强国添砖加瓦。”

新时代新征程。舒歌群表示，“我们将深入学习领会党的二十大精神丰富内涵和深邃理论，带领全校师生完成好‘潜心立德树人、执着攻关创新’两大核心任务，扎根中国大地办出人民满意的世界一流大学，为全面建设社会主义现代化国家、全面推进中华民族伟大复兴而团结奋斗。”

党的二十大代表在基层

初心驱动探索 使命引领创新

——记中科院青岛生物能源与过程研究所固态能源系统技术中心钙钛矿电池研究组

■本报记者 廖洋 实习生 夏雪

随着社会的发展，我们已经来到了信息时代。半导体材料与器件不仅是现代信息社会的支柱，也是信息技术革命的先导，具有多学科交叉的特点，是一个极富创造性和挑战性的领域。在此领域中，不断有新的材料进入人们的视野。钙钛矿材料作为一种新兴的半导体光电材料，近年来在新材料、新技术、新理论、新性能等方面不断获得创新与突破。

2021年，《“十四五”能源领域科技创新规划》提出“发展钙钛矿等先进光伏技术”。2022年8月18日，科技部等九部门印发《科技支撑碳达峰碳中和实施方案（2022—2030年）》，提出重点研发高效晶硅光伏电池、高效稳定钙钛矿电池等技术，使钙钛矿这一新材料再次成为基础科学和产业技术的研发焦点。

在此背景下，中国科学院青岛生物能源与过程研究所（以下简称青岛能源所）研究员逢淑平研究组聚焦钙钛矿材料的相关应用，在钙钛矿电池设计合成、结构优化上做出了探索，进而实现了大面积钙钛矿薄膜气体修复技术并揭示了钙钛矿溶液的老化过程，推动了我国在新能源领域的创新发展。

超越晶硅电池 迎来行业发展新节点

目前，光伏主流技术是晶硅电池，其市场份额超95%，但是，晶硅电池的效率已接近极限。随着晶硅太阳能电池的成本和能耗不断上升，留给其降本增效的空间已经很小。晶硅电池已逐渐达到了产业“天花板”。

与之相比，钙钛矿材料具有优异的光学和电学特性，其作为吸光层表现出非常优异的光电性能。这样的优越性来源于其独一无二的构型。钙钛矿材料是一类ABX₃构型的材料，A、B和X分别代表一价有机阳离子（包括甲胺离子和甲脒离子等）或无机阳离子、二价金属阳离子（包括铅离子和锡离子等）和卤素离子（包括碘离子、溴离子和氯离子等）。

钙钛矿的优越性也陆续得到了科学家的验证：2009年日本桐荫横滨大学教授 Tsutomu Miyasaka 首次将甲胺基钙钛矿材料用作染料敏化太阳能电池的光敏层，获得了3.8%的光电转换效率。2013年，美国《科学》杂志将钙钛矿列入“年度十大科学突破”。经过十余年的迅速发展，目前经过认证的钙钛矿太阳能电池的最高效率已达到25.7%，基于钙钛矿材料的叠层电池的最高效率为31.3%，在器件稳定性方面也得到了很大程度的提升。

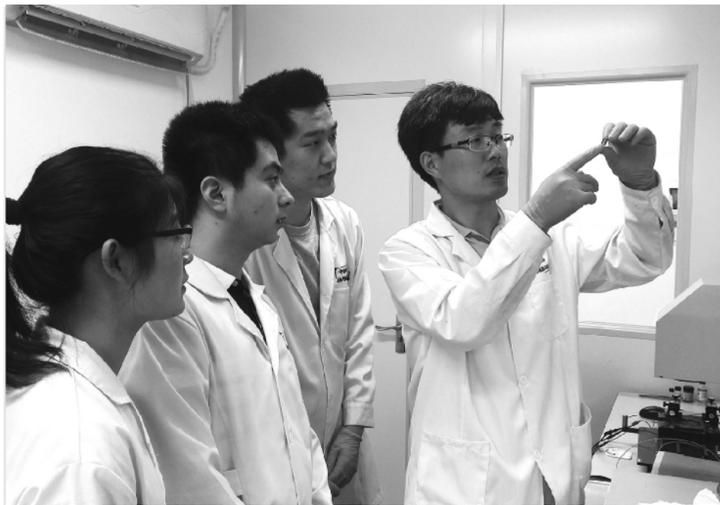
在此基础上，钙钛矿太阳能电池具有两大优势，一是简易的制备工艺，二是较高的光电转换效率。正是这两大优势，使其成为目前最有前景的新一代光电转换材料之一。

伴随着各国科研的积极投入和相关研发平台总体水平的提升，钙钛矿太阳能电池用十余年时间，走上了晶硅电池半个多世纪的发展之路。隆基、晶科、天合、凯辉、宁德、腾讯等一众行业龙头、创投基金和产业资本纷纷布局钙钛矿、纤纳光电、协鑫光电、仁烁光能、极电光能、万度光能、华能新能源等主要钙钛矿产业链上的优势企业已陆续安装完成了百兆瓦级中试产线。钙钛矿光伏技术迎来了行业发展的新节点。

各路人才全情投入 行业发展新起航

2011年，师从德国科学院院士 Klaus Müllen 的逢淑平学成回国，入职青岛能源所固态能源系统技术中心。

该中心主任崔光磊研究员针对国家能源战略的重大需求，前瞻性地布局光伏领域，刚归国的逢淑平对崔光磊说：“钙钛矿太阳



▲ 气体修复设备和修复后的大面积钙钛矿薄膜。

▲ 逢淑平（右一）与研究组成员探讨太阳能电池运行机制。

中科院青岛生物能源与过程研究所供图

电池是一种新兴的光伏技术，这项技术起始原料简单，光学带隙接近太阳能电池的理想带隙，虽然现在效率还不高，但是未来发展潜力很大，是全球光伏行业的前沿技术。”

在崔光磊的指导下，逢淑平带领研究组在固态能源中心团队染料敏化太阳能电池技术研究的基础上，于2012年进入钙钛矿电池研究领域，成为国内最早开展钙钛矿电池研究的团队之一。

这10年来，该研究组尤其关注新材料和新方法的研究与开发工作，在一次次失败和不断尝试中，取得了属于他们的耀眼成就。

崔光磊提出，围绕太阳能电池的器件工作原理核心，从光生载流子的产生、分离、注入和传输过程几个方面入手，凸显出三个关键问题——材料体系、器件结构以及器件工艺。解决这几个关键问题，成为逢淑平研究组科研攻关的重中之重。

最终，逢淑平带领的研究组合成了新的钙钛矿材料，拓宽了光伏材料的光谱吸收范围；开发了气体修复技术，结合新型的界面钝化材料，实现了器件光电转化效率和寿命的同步提升；揭示了钙钛矿前驱体溶液老化过程中不稳定性的关键副反应，提出了抑制这些副反应的新方法，提高了器件一致性。

完善材料体系：设计合成与结构优化

要想提升电池器件的性能，材料是一切的基础。

而吸光特性是光电转换材料的最基本特性。最早被研究的钙钛矿材料是甲胺铅碘，但甲胺铅碘晶体材料光吸收限与单结电池的理想值相比还有一定差距，降低了对太阳光的利用率。

“于是，我们小组提出利用甲胺离子替代甲胺离子作为有机阳离子骨架的思路，这能有效提高钙钛矿材料晶格的对称性，拓宽材料对太阳光的吸收范围，在很大程度上提升了钙钛矿太阳能电池的理论光电转换效率。”研究组成员、副研究员邵志鹏介绍。

相关材料体系的提出，引起了国际同行广泛关注，也为后续钙钛矿太阳能电池发展起到了很大的推动作用。该研究组被国际同行认为是世界上率先报道甲胺铅碘新钙钛矿材料的课题组之一。

甲胺铅碘作为一种新型钙钛矿材料，其优点除了具有较高的理论光电转换效率外，在热和光照稳定性方面也优于传统甲胺基钙钛矿

材料体系，而不足之处是其钙钛矿相结构在室温、尤其在水汽作用下容易相变。

因此，如何有效抑制甲胺铅碘材料的相变是甲胺基钙钛矿太阳能电池的核心问题。2015年，研究组通过“中间相调控”途径有效解决了这一问题。

“我们开发了一种‘相诱导’的方法，一方面杜绝了溶液法中非钙钛矿相甲胺铅碘的生成；另一方面，通过平衡空间应力的设计思路，得到了室温下稳定的甲胺/甲脒二元阳离子钙钛矿相，在不影响光吸收范围的基础上，显著提升了钙钛矿太阳能电池的工作稳定性。”研究组成员、副研究员王啸解释。

“我们还发现了另一种提高甲胺基钙钛矿稳定性的方法。”王啸补充说，“那就是引入无机离子掺杂，如用铯离子取代部分甲胺离子。”

此外，为了实现钙钛矿材料中光生载流子的有效分离，邵志鹏等研究人员借鉴传统晶硅电池的思路，提出了在薄膜内部构建本体内异质结，通过缩短光生载流子在半导体层的停留时间来减少载流子的复合损失，并通过中间相调控的策略，构建了n型钙钛矿掺杂相和p型钙钛矿非掺杂相的本体异质结。同时，得益于载流子在异质结界面的有效分离，减少了在电池界面处的载流子积累，提高了电池的开路电压，降低了电池中存在的回滞效应，使电池的光照运行稳定性进一步改善。

优化器件结构：大面积钙钛矿薄膜气体修复技术

电池器件要想真正落地，器件结构上的大面积成膜是关键。

逢淑平说：“我们首次发现了气态甲胺分子可以被钙钛矿材料自发地吸入和吸附，并且吸入甲胺气体后可以生成流动的甲胺铅碘—甲胺复合中间相。”基于该新现象，该研究组提出了气体修复钙钛矿薄膜中缺陷结构的新方法。修复可以填补初始薄膜中的孔洞结构，极大降低钙钛矿薄膜的粗糙度。

气体修复钙钛矿薄膜方法得到众多国内外专家和企业的关注；《科学》杂志对其进行了亮点报道；中国科学院院士李永舫在《中国科学·化学》杂志上专门撰文题为《甲胺气体处理修复钙钛矿薄膜缺陷》的介绍文章，认为“甲胺气体修复钙钛矿薄膜缺陷工艺有望用于大面积高效率钙钛矿太阳能电

池的制备，对促进钙钛矿太阳能电池的实际应用具有重要意义”。

“钙钛矿材料的结构特性决定了目前商业化设备很难实现大面积均匀钙钛矿薄膜的低成本制备，所以我们研究组一直在研究更为高效的钙钛矿薄膜的制备方法和装置，以满足将来制备电池组件的要求，并尝试开发了一系列实验设备。”逢淑平说。

2015年，实验室自主搭建了第一代气体修复装置，利用甲胺气体作为气源并成功制备出较大尺寸的均匀钙钛矿薄膜。基于已授权的气体修复专利技术，该研究组随后与原厦门惟华光电公司合作开发甲胺气体修复装置。2016年实现半自动化的第二代气体修复装置。2017年实现全自动化的第三代气体修复装置。基于该技术制备的甲胺基钙钛矿薄膜的粗糙度可以控制在10 nm以下，在均匀性方面完全达到了光电转换器件的要求，充分证明了该工艺技术在大规模制备钙钛矿薄膜方面的优势。

针对目前主流的甲胺基钙钛矿材料，为了杜绝修复气体与薄膜材料之间的副反应，研究组研究人员进一步提出氮气用于甲胺基钙钛矿薄膜的修复技术，实现了甲胺基钙钛矿薄膜的高效修复。

此项研究构筑了氨类气体修复钙钛矿薄膜技术的化学基础，且该工艺可以与目前商业化的涂布工艺兼容，适用于目前主流的钙钛矿材料体系，易于规模化放大，有望加速推动钙钛矿太阳能电池的产业化进程。

钙钛矿太阳能电池的优势是可以采用低成本溶液法制备，而这种途径制备的钙钛矿薄膜为多晶结构，在体相、晶界和表面上不可避免会形成多种缺陷。这在很大程度上会影响钙钛矿太阳能电池效率。

缺陷的存在还会诱导光生载流子重组，并为离子迁移提供途径，导致了太阳能电池性能的衰退。

王啸等研究人员通过在晶界和表面引入具有配位、氢键等弱相互作用的添加剂或界面层，调节钙钛矿薄膜表面层的化学键，大幅降低了电池晶界处的电压损失，使电池开路电压的提升达到了世界最好水平，在保持原有器件良好工作稳定性的同时兼具高效率。

求精器件工艺：揭示钙钛矿溶液老化过程及解决方案

在解决了材料和器件组件问题的基础

上，要想进一步推动钙钛矿产业化，需要强化一致性，这便需要揭示钙钛矿溶液的老化过程，并提出解决方案。

钙钛矿太阳能电池的效率很大程度上取决于钙钛矿活性层的结晶质量，这也是溶液法制备钙钛矿薄膜所需考虑的首要问题。

在溶液法制备钙钛矿薄膜前，需要一定的温度和搅拌来确保前驱体充分溶解，在工业化生产过程中，这个过程可能更长。因此，需要钙钛矿前驱体溶液成分保持足够稳定。

而目前主流的钙钛矿前驱体溶液体系在储存过程中会发生一系列的化学副反应，造成的结果是每次做器件前都需要新配置溶液，这不仅给器件研究工作带来了繁琐，也带来了很大的不可控性，成为限制钙钛矿器件发展的重要阻碍之一。

针对这一难题，逢淑平和王啸等科研人员对钙钛矿前驱体溶液的老化过程进行了深入剖析，发现在甲胺/甲脒混合阳离子钙钛矿溶液中发生了明显的加成副反应，证明溶液内部的副反应是电池效率一致性差的重要原因之一。

发现问题的目的是解决问题。经过近两年的尝试，团队最终找到了抑制这些副反应的解决方案。研究人员通过引入弱路易斯酸到溶液中，利用路易斯酸与碘离子的相互作用，提高了钙钛矿前驱体溶液稳定性，这对将来钙钛矿电池的工业化生产尤为重要。

面向未来 抢占钙钛矿行业制高点

钙钛矿光伏技术已经迎来行业的发展新节点，但是在基础理论研究和产业放大技术上依然存在不足。

其中尤为重要的是，目前钙钛矿太阳能电池的工作稳定性还不能满足商品化需求，封装技术仍存在难点；其次是某些功能层沉积技术还不能很好地从实验室转移到产线上；三是钙钛矿电池产业化的技术路线尚未确定，基础研究领域尚处于百家争鸣的阶段。

10年来，该研究组一直深耕钙钛矿电池领域，逐渐形成了特色鲜明的研究方向，取得了多项原创性研究成果。该研究组还为钙钛矿电池领域培养了大量人才，累计培养研究生和博士后40余人，很多研究生被陆续输送到瑞士洛桑理工学院、美国布朗大学、加拿大多伦多大学、瑞典林雪平大学、中国科学技术大学、上海交通大学、华中科技大学等顶尖学府继续深造。

党的二十大报告指出，坚持面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求、面向人民生命健康，加快实现高水平科技自立自强。报告还特别提到要加强基础研究，突出原创，鼓励自由探索。

逢淑平表示，科技创新是实现民族复兴的强大驱动力。广大科学家和科技工作者要肩负起历史责任，坚持“四个面向”，加快实现高水平科技自立自强。

作为青岛能源所先进储能党支部书记，逢淑平表示，在具体科研工作中，研究组将继续弘扬老一辈科学家精神，作为“国家队”“国家人”，必须心系“国家事”、肩扛“国家责”，夯实基础，加快突破关键核心技术，努力抢占科技制高点，使自己成为有理想、敢担当、有能力、有作为的新时代科技工作者。

“在今后的科研工作中，我们研究组将不忘科技工作者的初心和使命，产出重大原创性成果，开发和掌握钙钛矿太阳能电池领域的核心技术，助推国家新能源产业建设，为保障国家能源安全而不懈奋斗。”逢淑平充满信心地说。