

中国材料大会 2025

暨新材料科研仪器与设备展

7 月 5-8 日, 2025

福建 厦门

A07-界面蒸发材料与器件

A07-Interfacial Evaporation Materials and Devices

主办单位

中国材料研究学会

会议网址: <https://cmc2025.scimeeting.cn>



A07. 界面蒸发材料与器件

分会主席：杨波、徐震原、宋琰、苗蕾、周建华、黄玮

主题报告

A07-01

吸附式空气取水“材料-单元-系统”的跨尺度研究探索与思考

李廷贤¹

1. 上海交通大学

淡水资源短缺已成为全球性挑战，大气中蕴藏着丰富的水蒸气，其含量约为全球每年消耗水量的 3.4 倍，吸附式空气取水技术利用吸附剂的水蒸气吸附特性和太阳能可实现随时随地产水，近年来受到国内外学者的广泛关注，面向未来空气取水技术的规模化应用，亟需开发节能高效的吸附式空气取水技术。本报告将介绍吸附式空气取水“材料-单元-系统”跨尺度多层级研究的进展和探索与思考，主要涵盖高性能吸附材料开发、吸附材料/单元跨尺度热设计、热质有序传输、冷凝器传热强化、系统热力循环构建等。

A07-02

石墨烯基光热水蒸发及复杂水体应用研究

程虎虎¹

1. 清华大学

随着社会经济发展，饮用水需求日益加剧，水资源短缺问题随之凸显，海水淡化是解决这一危机的重要策略。而传统热蒸馏技术和反渗透技术由于高能耗和高污染的问题难以适应未来净水技术的需求。光热水净化技术以太阳光为驱动力，能够高效快速地将海水转化为洁净水，具有绿色、可持续、碳中和、去中心化的特点，有望解决未来的水资源问题。目前，研究者们已经通过引入高效光热界面材料实现了能量转化率、水蒸发速度的提高。但是，目前的研究大多以脱盐为净化目标，而实际的地表水中含有复杂多样的污染物。以挥发性有机物为例，其由于工业污染而广泛存在海洋中，仅痕量存在便会严重危害人体健康，而无法通过简单蒸馏的形式除去。而以油污为代表的非挥发性有机物则可能会附着在材料表面，阻塞材料结构，阻碍水传输过程。细菌的存在也可能会阻塞和降解材料。多样的污染物均会引发膜和净化水的污染问题，影响材料的长期稳定工作。而实现针对复杂污染物的净化和防污，将是实现光热水净化技术实践应用的重要问题。

本报告将介绍复杂水体的光热水蒸发处理研究进展，期望为光热界面水蒸发的未来应用提供参考价值。

A07-03

太阳能海水淡化用光热转换织物及新型蒸发器

陈志钢¹

1. 东华大学

太阳能海水淡化已成为解决淡水短缺问题的最有效途径之一，其核心是发展高效光热转换膜和蒸发器。我们利用染色和静电纺丝等技术制备了柔性可清洗的亲水光热纤维膜；将其用于构筑漂浮模式蒸发器，在 1 个太阳光照射下蒸发速率达到 $1.4\sim 1.6\text{ kg m}^{-2}\text{ h}^{-1}$ ；当表面析盐后，通过简单手洗将盐分去除。为避免手工清洗，利用光热纤维膜构筑了“三明治”结构的对称蒸发装置；当盐析出后，通过上下翻转，盐颗粒可溶解在海水中。此外，针对漂浮装置蒸发面积有限、盐分析出等问题，利用光热转换织物开发了悬挂式和向光模式海水蒸发装置；在模拟阳光照射下，该装置的蒸发速率达到 $1.9\sim 2.5\text{ kg m}^{-2}\text{ h}^{-1}$ ；由于海水始终处于流动状态，盐分会随浓缩的卤水从织物底部滴落，因此能避免析盐。为进一步提升速度，发展了仿树叶

结构的三层织物，其具有四面蒸发特征，明显提升了蒸发效能。另外，为解决海水中的污染物黏附问题，发展了仿鱼鳞结构的超亲水超疏油纤维膜，其能稳定高效蒸发油污染海水。为解决弱光条件下的蒸发效率低问题，发展了兼具光热和电热转换性能的纤维膜，在阳光和通电条件下均能实现高效蒸发。以上工作有望推动太阳能海水蒸发技术走向应用。

A07-04

Atmospheric Water Sorption-Desorption as a Pathway for Green Energy Generation

Dewei Chu¹

1. The University of New South Wales

Beyond the indispensable resource for living creatures, water has recently been explored as an eco-friendly source of power generation. Of significant interest, the cyclic sorption/desorption of water molecules physically and chemically induce the gaseous/liquid-solid interactions with the substances, demonstrating potential for harnessing electricity. In this talk, we will discuss the energy conversion in sequence, from the introduction of water molecules to the generation of electricity, starting with an understanding of the sorption/desorption of water molecules. Mechanisms in charges creation from the interaction are then elucidated, where water molecules themselves serve as ions or stimulate ion dissociation from the substances. Present challenges to be addressed and perspectives on future development in the sorption/desorption-induced electricity will be discussed.

A07-05

基于微纳结构的光热调控

朱嘉¹

1. 南京大学

光和热是自然界普遍也是现代社会常用的两种能量形式。微纳结构由于其特殊的尺度和形貌，可以对光和热作有效调控，从而为能源与环境领域提供全新的机遇。这个报告中将列举基于光热调控的例子。

界面光蒸发技术。我们系统地发展高效界面光蒸发的太阳能水处理技术，从而为高效、低成本、低碳排放的水处理提供了新思路。实现了宽带、高效的等离激元吸收体，展示了等离激元增强的太阳能海水淡化器件；基于仿生学原理，提出并实现了“二维水通道”设计和“人工蒸腾”结构，率先展示便携、高效率、低成本的太阳能海水淡化技术；通过仿生盐生植物蒸腾过程，我们成功开发了界面光热盐湖提锂技术；基于界面光热转换的热能回收、存储与再利用，实现了基于太阳能的水与电联产双功能器件。

A07-06

黑色素功能材料

李乙文¹

1. 四川大学

黑色素是一类能在人和动物自我防护机制中起到关键作用的生物大分子材料，通常由二羟基吲哚单体在黑色素细胞中聚合生成。近年来，科学社会对黑色素的潜力充满期待，希望能在提升其关键性能的前提下满足高端制造的需求。然而，目前黑色素材料研究的主流方法还是在构效关系的基础上进行功能优化，进展比较缓慢。我们针对此难题，不拘泥于全面理解材料的复杂结构，建立黑色素研究平台，从大分子材料最基本的电子效应、空间效应和配位效应出发，突破天然黑色素胞内合成的种种限制，成功实现了对材料关键性能的有效提升。我们进一步利用这些新概念黑色素材料替代传统的高黑度（如聚苯胺、炭黑等）、

防光（如钛白粉等）和抗氧化（如亚磷酸酯等）原料设计新型产品，如安全高效的防晒和染发产品，界面蒸发器件，耐弯折哑光覆盖膜和超黑隐形涂料等，来推动航天、环境和大健康领域的产品升级。

A07-07

Interfacial solar evaporation: challenges and opportunities

Haolan Xu¹

1. University of South Australia

Interfacial solar evaporation offers a new and effective strategy for sustainable seawater desalination. Its working mechanism involves the absorption of sunlight, photothermal conversion, localized heating and interfacial evaporation. In order to promote the practical application of interfacial photothermal evaporation technology, a lot of work has been devoted to improving the evaporation rate and energy conversion efficiency of solar evaporation. In recent years, with the development of the field, solar evaporators are required to have multiple functions to expand their application to other fields. Therefore, the development of multifunctional photothermal evaporators has become a new research direction. This report will introduce the design of novel photothermal materials and evaporators and their functions in reducing energy loss, increasing extra energy harvest and reducing evaporation.

A07-08

基于多层薄膜的光热调控研究

吴小虎¹

1. 山东高等技术研究院

报告摘要：光热调控技术在能源利用、热管理及智能窗户等领域展现出广阔的应用前景。多层薄膜结构因其高度可设计的光学响应和优异的调控灵活性，成为实现高效光热调控的关键手段之一。本报告系统阐述了基于多层薄膜的光热调控原理与关键技术，涵盖干涉效应驱动的光谱选择性调控、热辐射调控机制，以及温度响应型材料引入的动态调控策略。重点分析了材料选择、结构设计及层间光学匹配对调控性能的影响，并结合仿真与实验数据，展示了一种具备可见光高透射、近红外高反射和中远红外高发射率的辐射冷却型涂层。该结构可在无能耗条件下实现太阳能电池模块的被动冷却，有效降低工作温度，从而提升光电转换效率并延长器件寿命。此外，报告还介绍了多层薄膜结构在节能窗户、航天热控涂层和红外隐身等典型场景中的应用实例，展现了其在不同复杂环境下的优异性能。基于多层薄膜的光热调控技术，有望在未来清洁能源系统与热管理领域发挥核心支撑作用。

A07-09

微纳热调控材料设计及其在控温节能中的应用

彭雨霖¹

1. 北京大学

优化热调控设计，不仅有利于增强物体热管理能力，而且可以提高能量及资源利用率，对于节能减排和可持续发展有着非常重要的促进意义。在本报告中，报告人将介绍其近几年在微纳热调控材料设计方面的一些工作，包括用于人体辐射致冷的纳米孔聚乙烯（NanoPE）纤维及织物、针对人体蒸发散热的导热导水一体化织物（i-Cool）及模拟排汗皮肤设计（i-TRANS）、应用于建筑和运输中保温隔热需求的彩色低发

射率材料体系等，探讨材料的设计理念、制备工艺及应用实践。

A07-10

有序结构水凝胶用于太阳能驱动海水淡化

李晓锋¹, 李长骏¹, 于中振¹

1. 北京化工大学

通过太阳能驱动水蒸发器进行海水淡化是低成本、高效地解决全球淡水资源短缺问题的重要途径之一，其中，水凝胶基蒸发器因其具有低水蒸发焓、高亲水性以及高水蒸发速率而被广泛应用，但亲水性聚合物网络易溶胀导致构筑的微米尺寸通道堵塞，使水凝胶的水传输速率下降，无法长时间满足高水蒸发速率。为此，本研究提出了一种新型的水凝胶制备方式，即通过限域冷冻聚合法制备具有自适应垂直排列通道的水凝胶基蒸发器。利用定向冷冻将前驱体悬浮液中的 CNT 和待反应的单体、引发剂、交联剂和促进剂挤压到冰晶之间，使各物质在有限区域内富集并在冰晶存在的低温环境下进行自由基聚合，从而得到了具有垂直排列通道的聚丙烯酰胺（PAM）/CNT 水凝胶。该水凝胶具有类似海绵的可高度压缩性并能通过挤压释放内部水与吸水快速复原。得益于水凝胶水平方向的弹性模量与水的表面张力相匹配，从而实现了通道的自适应调节，使其可以自发收缩或膨胀来改变水传输速率以满足不同光强和供水高度下的水蒸发速率。

A07-11

太阳能驱动空气集水耦合原位光催化制氢

关祥久¹

1. 西安交通大学

太阳能驱动空气集水技术为缓解淡水资源短缺提供了可行途径，将其与光催化分解水制氢技术相结合，可将空气水转化为氢能，从而为淡水与能源供应提供创新解决方案。通过调节吸湿材料与光催化材料的构成、比例和布局，实现水分供需平衡、太阳能分频利用及气固界面接触强化，可促进能质传输转化的协同匹配，实现高效太阳能取水和制氢。基于此，课题组构建了高效的太阳能驱动空气水-氢联产体系，实现了从干旱环境到全湿度环境中太阳能的高效转换，成功制取了淡水和氢能，为分布式淡水与能源供应提供了理论依据与技术支撑。

A07-12

具自除盐和光自适应性的三维光热界面材料

刘彦男¹

1. 上海交通大学

光热界面太阳能蒸发是一种利用太阳能从海水中制备淡水的有效方法。近年来，研究者采用先进的光热材料、创新的形状设计、复杂的微纳多孔结构和模块化分离方法，显著提升了蒸发器的光热转换效率。但盐积累导致效率低和不稳定性、水运输不足以及先进纳米结构太阳能蒸发器的高成本等阻碍了该技术的可持续和大规模实际应用。为了解决这一问题，我们将轻质泡沫球包裹在多孔纤维素纤维水凝胶中的可漂浮 3D 太阳能海水蒸发器。该蒸发器具有高达 117.9% 的超高光热效率，在 1 个标准太阳光强度下，蒸发率约为 $2.01 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ 。即使在 0° 模拟太阳角度下，该蒸发器也能保持在 90° 模拟太阳角度下 85.8% 的蒸发速率。此外通过盐沉积引起的自主旋转实现了除盐，从而确保持续有效的海水蒸发。同时，在室外长时间使用后，该蒸发器仍保持稳定的海水蒸发性能和结构完整性。

邀请报告

A07-01

面向含盐水高值化利用的光热材料设计

张盼盼¹

1. 河北工业大学

太阳能驱动界面水蒸发（SIWE）技术通过利用太阳能从含盐水中分离或提取多种离子，为清洁水制备和关键矿物资源的获取提供了一种环保、经济且可持续的解决方案。然而，在实际应用中，光热界面的固体盐堆积不可避免地削弱 SIWE 的性能，而直接排放剩余浓盐水则可能带来严重的环境风险。因此，优化光热材料的设计，以推动 SIWE 技术在清洁水和关键矿物资源获取中的应用，对于协调资源、能源和环境的关系具有重要意义。分别设计先进的非选择性抗盐光热材料（NS-SRPMs）和选择性盐提取光热材料（S-SEPMs）用于可持续清洁水收集和关键矿物资源提取。首先，基于光热界面结构设计和表面改性的策略构筑 NS-SRPMs 用于面向实际海水复杂环境的可持续海水淡化。随后，讨论设计的 S-SEPMs 用于太阳能强化低品质锂资源的高效提取。为全球水资源的可持续利用和重要矿物资源的高效回收提供有力支持。

A07-02

核壳结构纺织材料的构筑与光热功能应用

王黎明¹

1. 东华大学

纺织加工技术可以使纤维集合体按一定的顺序组装成特定的结构，并赋予它们不同的性质和功能。本报告将重点介绍我们团队最近围绕核壳结构纺织材料的结构功能设计和应用所开展的系列工作。通过有限元分析和响应面分析方法，探讨了核壳结构纳米纤维包芯纱的形成过程及其形状调节机理，获得了预测纱线各种形态的数学模型；在此基础上，受木本植物叶片蒸腾和毛细压力驱动的快速水分转移的启发，开发了基于静电纺聚丙烯腈-碳纳米管纳米纤维/棉包芯纱的太阳能蒸发器，采用多分支微通道和亚微通道实现超高效、持久的高盐淡水淡化；进一步通过设计和调控皮层纳米纤维和芯纱，构建了两类基于二维毛细流动的自主排盐织物，2000 h 超长的连续蒸发过程中，光热蒸发速率稳定在 $3.0 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ 左右。

A07-03

面向智能体域热管理和界面光热蒸发的纤维制品设计

张骞¹

1. 武汉纺织大学

纤维材料因其柔性、高比表面积、结构可编程性与界面可调特性，已成为热调控领域的重要构建单元。本研究聚焦于纤维在多尺度界面能量转换中的核心作用，并围绕基于纤维材料的热调控界面构建策略，探讨其在个人热管理与界面光热蒸发两个方向的应用机制与功能集成。在个人热管理方面，基于尼龙 6 的分子结构特性，提出高拉伸与快速溶剂蒸发工艺，调控链构象与结晶行为，显著抑制其中红外波段的分子振动，实现红外透明尼龙 6 织物的构筑。模拟人体皮肤实验表明，该织物在红外波段具有优异的透射能力，展现出显著的被动冷却效果。同时，结合汗液单向输运结构，构建了具备温湿协同响应能力的智能热管理织物，有效拓宽人体热舒适区间。在光热蒸发方面，依托纤维的多孔结构与亲疏水界面调控，构建了一种由碳纤维和中空纱线组成的三维光热纺织材料。该结构通过垂直限域水层强化蒸发界面，实现高效光热转化、盐分排斥与热局域控制，在高盐浓度条件下依然保持稳定高效的水蒸发性能，展现出在太阳能驱动下对高浓度盐水的长期净化能力。

A07-04

多孔聚合物基太阳能界面光热蒸发器的设计及应用

牛冉 1

1. 华中科技大学

构筑低成本、高性能的太阳能界面蒸发器实现淡水生产、污水处理、能源元素回收和发电功能的集成引起了研究者广泛关注。多孔聚合物的低成本、大批量制备为光热蒸发器的推广和实际应用提供了新策略。在此报告中，我们将介绍课题组在利用拉伸流场辅助加工、水辅助发泡技术制备多孔聚合物的研究进展，探究光热和热电以及提锂与提铀技术的集成，以及界面热管理在实现全天候水蒸发中的研究进展。

A07-05

大气水资源的可持续开发和集成应用

李任远 1

1. 宁波大学

在全球气候变化的严峻挑战以及人口爆发式增长的双重压力下，淡水资源、能源与食物等事关民生大计的关键要素正面临前所未有的供给危机，其可持续性已成为关乎人类生存与社会发展的核心问题。大气中蕴含着极为丰富的淡水资源，这一尚未充分利用的潜在资源，为解决水-能源-食物的短缺困境提供了全新的视角与途径。通过借助低品位能量与清洁能源，实现对大气水资源的高效开发与合理利用，不仅能够当前面临的全球资源短缺问题提供创新性解决方案，更将为我国实现“双碳”目标注入强大动力。

本报告将系统回顾过去五年间，汇报人在大气水资源开发利用领域所开展的系列研究工作及取得的主要进展。报告内容涵盖三大核心板块：（1）基于大气水资源的淡水汲取技术研究；（2）降温控温与水-电-食物联产体系的构建与优化；（3）绿色环保型汲水材料的研发与应用。这些研究成果不仅在理论上拓展了基于清洁能源驱动的大气水资源利用的科学边界，更在实践层面为资源短缺问题的解决提供了切实可行的集成化技术路径，有望为相关研究提供有益参考，推动该领域的进一步发展。

A07-06

功能碳材料表界面调控及光热界面蒸发性能研究

孟祥桐 1

1. 北京化工大学

光热转换是光热材料吸收太阳光，并将其转化为热能的过程。此过程的能量转换效率、蒸发速率、使疫稳定性等性能与材料的微观结构、表界面物理化学性质、化学组成等密切相关。碳材料具有来源广泛、光吸收率高、导电性能优异、稳定性好等诸多优势，因此在太阳能利用技术领域展现出极大潜力。此外，碳材料的维度可调，表面电子/原子结构可控，利于表面性质的设计优化。围绕太阳能利用技术对碳基关键材料的应用需求，报告人所在的“石油和化工行业新型碳基功能材料行业重点实验室”锲而不舍地开展了系统的研究工作。本报告将围绕光热蒸发技术中碳基材料的结构调控和荷质传输强化，基于表面工程策略，介绍数种碳基材料的设计制备及本征构效关系的调控方法，包括石墨烯、石墨烯与有机相复合物、多孔碳、石墨烯纳米带等。

A07-07**裂纹金属-多酚涂层实现长效限域毛细作用以增强太阳能脱盐**王振兴¹, 胡敏¹

1. 南昌大学

太阳能界面脱盐是解决淡水资源短缺问题的一项前景广阔的技术。通过多孔光热材料内表面形成超薄水层, 可利用限域毛细作用增强水分蒸发。然而, 现有实现限域毛细作用的涂层多由纳米球聚集体构成, 在机械压缩下易发生脱落, 限制了实际应用。本研究受自然界裂纹结构启发, 将可控裂纹图案引入具有粘附性的光热超分子材料——金属-多酚光热涂层(C-MPNs), 成功实现了长效限域毛细作用。裂纹结构不仅优化了水分在狭窄通道内的输运, 使蒸发速率从 $1.6 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ 提升至 $3.3 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, 还能有效防止海水淡化过程中的盐分积聚。更重要的是, 裂纹作为缓冲区域显著提升了涂层在压缩条件下的机械稳定性(经 300 次压缩循环后性能变化可忽略), 攻克了限域毛细技术实用化的关键瓶颈。得益于 C-MPNs 增强的限域毛细效应, 其蒸发性能在材料尺寸放大时仍保持优异表现——这一特性在三维光热材料中实属罕见。该研究为设计具有限域毛细作用的光热涂层提供了理论依据, 为它们在太阳能脱盐中的广泛应用铺平了道路。

A07-08**源自废塑料的多孔碳材料和金属-有机框架(MOF)材料的制备及其太阳能界面光热转换性质的研究**龚江¹

1. 华中科技大学

构筑低成本、高性能的太阳能界面蒸发器实现淡水生产, 以及光催化降解污染物和产电等功能的集成引起了研究者广泛关注。将废塑料转化为高附加值的碳材料和金属有机框架材料, 不仅有助于解决“白色污染”, 还为制备低成本、多功能太阳能界面器提供新策略。在此报告中, 我们将介绍课题组在废弃塑料高值化利用制备多孔碳和金属-有机框架材料的研究进展, 总结塑料降解和碳化反应的影响因素和反应机理, 介绍废塑料基多孔碳和金属-有机框架材料用于构筑多功能太阳能界面蒸发器实现海水淡化制备淡水, 探究其与光催化降解污染物、热电、水蒸发发电等技术的集成应用, 分析协同机制。

A07-09**受自然启发的水汽驱动持续能量收集与人机交互界面**郭帅¹, 陈瑞深¹

1. 新加坡国立大学

将环境中丰富的水汽资源转化为可持续能源一直以来收到了广泛的关注, 其为自驱动设备和智能传感界面提供了新机遇。我们在本报告中将介绍两种自驱动的界面器件, 利用水汽驱动过程, 实现连续的能量收集与多模态传感功能。首先, 我们提出了一种基于落叶的能量收集器(LEH), 通过在落叶上引入超吸湿水凝胶, 利用叶脉形成持久的水梯度, 进而在界面处形成电双层, 实现稳定的电容型电力输出($\sim 0.5 \text{ V}$, $>240 \text{ 小时}$), 其体积功率密度达到 $497 \mu \text{ W/cm}^3$ 。其次, 我们展示了一种自驱动的能量收集与传感界面(SEHSI), 利用高吸湿性凝胶与聚合物基体的复合结构, 不仅能够产生持久的电压输出($\sim 0.32 \text{ V}$, $>4 \text{ 天}$), 还可作为多模态传感器, 在湿度、温度和触觉传感方面表现出优异的灵敏度和超过 1 万次循环的稳定性, 并展示了其在无接触传感和接触传感-人机交互界面中的应用。

A07-10

界面光蒸发系统中热对流的关键作用与设计方法探究——从机理到结构调控

李小可¹

1. 成都理工大学

全球水污染与水资源短缺问题日益严峻，界面光蒸发（SIE）技术因高效、低能耗，为可持续淡水生产带来新希望。但目前其材料效率与蒸发速率的进一步突破仍面临瓶颈。近期研究表明，界面热对流的合理调控可成为解决该问题的关键。本报告聚焦材料设计与结构优化，深入探究 SIE 系统中热对流的关键作用及设计方法。首先，构建了基于多壁碳纳米管-铁基 MOF 复合材料（MWCNTs@NM88B）的光热-光催化协同系统，该系统具有水-固-气三相界面。通过强化表面温度场诱导自发热对流，动态降低气相传质阻力，实现 $2.84 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ （效率 95.3%）的蒸发速率，同时高效降解多种有机污染物。机理研究揭示了三相界面处增强的热对流可加速反应副产物释放，促进光生载流子分离，提升催化效率。而后，结合木薯淀粉/聚乙烯醇基底与碳纳米管修饰的铅基金属-有机框架（MOF801@CNT）光吸收剂，设计了一种环形三维结构蒸发器，进一步验证了热对流在提升蒸发性能方面的关键作用。模拟计算和实验表明，经结构优化后的蒸发器显著提高了热对流，实现了 $3.47 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ （效率 96.7%）的蒸发速率。与传统结构相比，速率提高了 66%，光热材料的使用量减少了 12.7%。户外实验进一步验证其高效产水能力，为降低材料成本与优化蒸发器设计提供理论指导。

通过材料设计与结构优化探讨热对流在光热-催化体系与界面蒸发中的差异化调控机制，实现反应动力学优化与传质强化的双重突破，为 SIE 系统设计提供了新思路。

A07-11

膨润土强化光热漂浮材料吸附、催化及蒸发性能的研究

张寒冰¹，童张法¹，刘坤¹，徐梓淞¹，王俊辉¹，鄢经缘¹，徐诗琪¹，唐祥珑¹，胡雅¹，周秉萱¹，许雅欣¹，杨雨馨¹

1. 广西大学资源环境与材料学院

光热技术能够直接利用太阳能驱动原油吸附、污染物降解、海水蒸发，提供可持续、低能耗的集成方案，解决环境污染与水资源短缺的紧迫挑战。然而，现有光热材料仍存在吸附能力有限、催化活性不足、光热传导通道受阻、抗氧化腐蚀能力弱等不足，限制了光热材料的实际推广应用。基于粘土矿物膨润土具有层状多孔的微观结构、良好的水氧吸附性、静电斥力、促凝胶化作用，本报告以膨润土协助构建的吸附、催化和蒸发漂浮型材料出发，揭示了膨润土在新型光热材料构建和应用性能提升中的关键效应及作用机制，为提升膨润土的高值化利用水平和开发高效稳定的光热环保材料提供理论和技术支撑。

A07-12

多酚基光热材料的设计及海水淡化应用

徐源廷¹

1. 四川大学

光热界面蒸发由于其分别是以地球上最丰富的海水和太阳能为原料和驱动力，为清洁水资源的生产提供了一条绿色低碳的途径，而该方法的核心是所使用的太阳能蒸发器，尤其是其中具有光热效应的光热材料。多酚材料因其独特的化学结构和功能特性可以被用于设计和开发各类光热材料，乃至进一步设计太阳能蒸发器件。在结构上，多酚可以与多种材料形成共价及非共价相互作用，因而可以作为结构基元用于材料构筑；在功能上，多酚具有良好的黏附性、二次修饰性及光热性能。此外，多酚材料来源广泛、成本低廉且天然环保，使其在太阳能海水淡化领域具有广阔的应用前景。然而，目前多酚材料在该领域中的应用

仍处于初级阶段，主要局限于光热涂层，尚未充分发挥其潜在价值。我们从多酚化学结构和功能特点出发，通过金属-多酚界面工程等材料化学策略构筑各类太阳能蒸发器件，如实现可反复涂覆的绿色低碳光热涂层的构筑、通过多酚小分子的 3D 打印来制造具有多维结构的光热蒸发界面、利用与碳纳米管杂化改性提高其水分散性开发具有分级多孔结构的双层蒸发器件，并进一步探索了在光热发电、湿气发电等与界面蒸发相关的多领域应用。

A07-13

太阳能海水淡化系统界面特性研究及扩展应用

林蒙 1

1. 南方科技大学

基于界面蒸发的太阳能海水淡化技术因其高效、低能耗及环保特性，近年来受到广泛关注。然而，蒸发器内部的传热传质机理不清晰，界面定义模糊，盖板材料和参数的选择缺乏指导，从而阻碍了蒸发性能的进一步提升。同时，蒸发器的大规模应用也面临着材料扩展及传热传质方面的挑战。本研究针对以上问题，基础有限元的方法构建了太阳能界面蒸发系统的高精度多物理场耦合模型，考虑了光学传输，水、气输运和热量传递等物理现象。研究了系统内部参数（如接触角、吸收系数等）和外部环境因素（如风速、入射光强度等）对蒸发性能的影响。关于界面特性研究，提出了“界面位置”和“界面厚度”两个关键参数，并揭示了其对蒸发性能的影响。通过优化界面位置（ $X = 0.32$ ）和界面厚度（ $\delta = 0.0027 \text{ m}$ ）即吸收系数为 400 m^{-1} 时，有效减少了热辐射和热对流损失，显著提高了能量利用效率。同时，将界面优化的蒸发器耦合多级蒸发装置，实现了高效的淡水收集速率（ $1 \text{ sun}, 5.2 \text{ kg m}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ，性能提升 12.0%）。通过优化气凝胶盖板的厚度（ 6 mm ）进一步将淡水收集速率提升至 $6.2 \text{ kg m}^{-1} \text{ h}^{-1}$ 。进一步，从光热层材料制备，装置热管理，水分输运三个方面克服了厘米级到米级界面蒸发器扩展应用的挑战。制备了一个高效且可扩展应用的多级太阳能界面蒸发器，有效面积为 1 m^2 。在户外真实条件下，我们开发的 1 m^2 的界面蒸发器实现了 365% 的蒸发效率，淡水收集速率为 $3.5 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ 。进行了技术-经济性分析，发现光热层和透气疏水膜在蒸发器成本中占据主导地位。蒸发器的回报期 < 15 年，进一步降低光热层和输水透气膜的成本有望将回报期缩短至 < 5 年。本研究为不同结构的太阳能界面蒸发系统的材料选择，结构设计和界面调控提供了重要启发和理论指导，填补了实验室创新与实际应用之间的空白，为界面蒸发技术大规模应用提供了一种可行的解决方案。

A07-14

三维构型蒸发器的构筑及其多功能协同性探讨

刘长坤 1

1. 深圳大学

近年来光热转换太阳能蒸发器因其绿色、环保的特性，在海水淡化领域引起广泛关注，但依然面临盐结晶、热能利用与高效蒸发限制的挑战。本次报告将介绍我们构筑的滑梯型、蘑菇型、喷泉型、以及剪切伞型三维构型蒸发器，并探讨其多功能协同特性。

滑梯型蒸发器利用毛细力驱动与重力辅助协同作用机制，有效保障了蒸发界面的持续供水，同时抑制了盐分堆积，展现出优异的自清洁能力。进一步通过梯度蒸发策略，同步产出冷凝纯水、具备浓度梯度的浓缩海水以及矿物海盐。蘑菇型蒸发器通过诱导盐分边缘结晶，结合毛细输水、纤维导流与重力辅助机制，实现了淡水产出与盐分回收的协同调控，获得了 70.2% 的集水效率与 $42.1 \text{ g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ 的盐收集率。喷泉型蒸发器采用 rGO、海藻酸钠和 PVA 制备的密集排列倒 U 型水凝胶管进行构建，实现垂直水输运与浓度梯度诱导的溶液回流机制，有效避免盐结晶现象，实现蒸发器长期稳定运行，为高效抗盐结晶结构提供了新思

路。剪切伞状三维蒸发器由交联 PVA、rGO 和棉织物共同构建，具备多角度可调节的蒸发表面，充分利用背面蒸发和蒸汽升腾通道构筑，实现了“少即是多”的蒸发效果，高效提升界面蒸发利用效率，利用有限的材料用量实现了 $3.45 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ 的蒸发速率，展现出轻量化与高蒸发性能的良好平衡。以上报告的四种三维构型蒸发器为设计综合利用海水资源的高效太阳能蒸发器提供了新的思路。

A07-15

凝胶基界面蒸发材料的结构调控及性能研究

朱亮亮¹

1. 南京工业大学

太阳能驱动光热界面水蒸发技术正在成为一种直接从各种水源中产生清洁水的可持续方法。在众多的界面蒸发光热转换材料中，水凝胶因能量损失小、蒸发焓低以及充足的毛细管力等备受关注。然而，水凝胶的快速水合作用会导致给水供应和光热能量输入之间的不匹配，严重降低了太阳能利用效率。更糟糕的是，在某些情况下，水被封装在水凝胶的封闭内孔中，抑制了蒸汽的产生和逃逸。本报告通过调节水凝胶材料组成和结构，赋予水凝胶光热响应性能，使水在水凝胶基质中可发生“吸入-呼出”循环从而在水凝胶表面产生动态微水膜，匹配水供应和光热能量输入之间关系，提升界面蒸发效率。同时赋予了凝胶蒸发器精确光跟踪性能，确保全天最大限度地吸收太阳光以消除非垂直光照产生的能量损耗问题；此外，利用自愈合作用力，以微流控技术构筑可定制结构和功能微凝胶颗粒组装体界面蒸发器，相较于传统块状凝胶，组装体在光吸收、水传输、热管理以及耐盐性等方面有明显提升，通过耦合功能微颗粒实现可编程多功能功能组装体的构筑（如结构色、荧光及光催化性）。该项工作不仅为高性能、多功能太阳能蒸发器的设计带来新的灵感，而且促进了微流控技术在高效构建多功能、可持续能源转换材料。

A07-16

吸湿凝胶在干旱地区的空气制水与能源应用

杨林¹

1. 重庆大学

水既是生命之源，也是理想的清洁能源载体，需求量巨大。在干旱地区，地表水资源匮乏，然而空气中的水密度有 $10\sim 35 \text{ g m}^{-3}$ ，含量丰富，但难于获取。传统商业硅胶、氯化钙等吸水材料的吸水量不足，脱水能耗高，难以满足直接从低湿度空气中大量捕获水的紧迫需求。开发吸湿凝胶，实现在极端环境（低湿、高原、沙漠等地区）下高效稳定地捕获空气水，并通过太阳能蒸发冷凝该水分子是获取水资源的国际前沿研究方向，获得了科学界的广泛关注。因此，充分开发和利用空气水资源，并将空气中的水分子直接转化为液态水，应用于植物生长、畜牧用水、饮用水、环境除湿、新能源等领域，已成为国家经济社会发展的重大战略部署。

实验方面，通过金属（Ni、Fe、Co、Mn 和 Cu）中电子空轨道与乙醇胺中 N、O 原子的孤对电子配位，合成了金属基吸湿凝胶，凝胶由直径为 5 nm 的纳米颗粒组成。结果表明，Ni 基吸湿凝胶在 40% RH 下的吸水量达 0.92 g g^{-1} ，并且在 40°C 的环境下能够实现完全脱附，60 次循环吸脱附后，仍能保持较高的吸水性能。在高湿度环境，凝胶的吸水量 $>5 \text{ g g}^{-1}$ ，亲水性较高，接触角为 11° 。

机理方面，在凝胶捕获空气中水分子的进程里，存在快速的表面吸附和缓慢的体相传输这两个阶段。表面吸附包含单层化学吸附（吸附焓变 $>60 \text{ kJ mol}^{-1}$ ）与多层物理吸附（吸附焓变 $<40 \text{ kJ mol}^{-1}$ ），其中物理吸附为凝胶的主要捕水方式。针对双电层湿气发电界面，凝胶吸湿后形成高含水量区域，构建从干区到湿区的平面电场，外接负载时，双电层中的阳离子通过外电路向干区迁移，形成电流。

装置方面，结合吸湿凝胶与太阳能电池，设计出一款无源空气集水装置（ $20 \times 20 \times 40 \text{ cm}^3$ ）。将空气水作为水源，在自然环境中，实现了每小时 4 毫升的稳定产水量，且收集到的水质符合世界卫生组织

规定的饮用水标准。利用凝胶和导电碳纸设计了一款具有湿差发电功能的电力产生装置。单个发电装置能够输出 533.2 mV 的电压，短路电流约 10 μ A，多个装置串联后可提高电压至 2.3 V，点亮 LED 小灯，为小型电子设备供电提供了新的可能。

A07-17

基于盐晶调控的 Janus 界面蒸发材料设计与双产性能研究

穆晓江 1，苗蕾 1，赵海兰 1，何凤美 1

1. 广西大学

随着全球淡水资源日益紧张，太阳能界面蒸发技术作为一种绿色、低能耗的水处理手段受到广泛关注。然而，在处理高盐度水体过程中，盐分在蒸发器表面不受控结晶常导致蒸发效率下降、通道堵塞等问题，严重限制了该技术的持续运行和资源回收能力。本研究设计了一种具有 Janus 结构的半球形太阳能蒸发器，通过引入亚铁氰化钾 ($K_4[Fe(CN)_6]$) 调控 NaCl 结晶行为，有效抑制其(200)晶面的生长活性，诱导形成枝状晶体，降低盐晶间和界面间的收集阻力（约下降两个数量级），实现盐分的重力自脱附，避免蒸发器表面盐结块问题。所设计的 AKPE-6 蒸发器在 1 kW m⁻² 太阳照射下对 20 wt% 盐水处理时，蒸发速率达 1.10 kg m⁻² h⁻¹，盐分收集效率达 54.30%。该装置兼具高吸光性（吸收率达 90% 以上）与热-蒸发面分离的结构优势，不仅提升了蒸发效率，也实现了纯水与盐的协同产出。该研究为构建零液排、资源回收型太阳能蒸发系统提供了新思路。

A07-18

基于纺织材料/结构的光热界面蒸发材料的设计及其在水处理领域的应用

高婷婷 1

1. 东华大学

太阳能驱动的光热界面蒸发技术作为一种资源清洁且环境友好的水处理方法，能够有效缓解全球淡水资源短缺问题，具有广阔的应用前景，因而受到多学科领域的广泛关注。近年来，通过优化光热界面蒸发材料的结构设计、改进光/热管理及调控水态等手段，其蒸发性能显著提升。然而，高昂的材料成本、复杂的制备工艺以及在复杂真实水体中的稳定性不足，仍是阻碍该技术实用化的关键难题。针对上述挑战，本研究以低成本碳基材料和纺织材料为基础，创新应用纺织成型技术，成功制备了一系列兼具高性价比和稳定高效的光热界面蒸发材料。这些材料不仅实现了长效太阳能驱动的高盐水体淡化，还通过多功能化设计及改进，结合多级废水净化装置的构建，达成了对多种复杂水体的多级净化处理。

A07-19

基于温敏凝胶的太阳能界面水蒸发与收集应用研究

周建华 1，龙洋 1，张智翔 1

1. 桂林电子科技大学

以太阳能为驱动力的水蒸发和水收集是当前缓解缺水的一种有效途径，利用光热材料吸收太阳能并将其转换为热能，以此来提高蒸发器或水收集器的温度，从而实现水的快速蒸发和水的净化和收集。与传统的水收集技术相比，太阳能驱动水收集技术大大地减少了化石能源的消耗，洁净水通常是通过蒸发然后冷凝的方式收集的。然而，由于水的蒸发焓很高，这一过程需要大量的能量输入，而且随后的冷凝步骤既复杂又低效。因此，在自然辐照条件下高效收集淡水仍然是一项重大挑战。

我们通过调控丙烯酰胺与 MoS₂ 的配比，筛选出具有最大水蒸发速率的复合凝胶配比，在此基础上，

采用仿多孔生物基材料为基体，将合适比例的丙烯酰胺和 MoS₂ 一同聚合在多孔生物基网络中，合理设计蒸发器结构。尝试添加不同含量的 AM 单体、不同 MoS₂ 含量来调节 PDEAAm 复合凝胶的溶胀率，水收集率。制备一种具有机械性能良好、高溶胀率、高水收集率的复合凝胶。具有去除金属离子和有机染料的能力。控制 AM、MoS₂ 加入 PDEAAm 凝胶的含量得到最大水释放率为 11.76 kg m⁻² h⁻¹，设计凝胶为内置漏斗中空结构得到最佳的水释放量为 33.40 kg m⁻² h⁻¹，在 30 次循环测试后仍能保持较高的水释放量。

A07-20

以界面调控为核心的蒸发-反应耦合系统构建：材料、机制与应用探索

陆依 1

1. 南京林业大学

界面蒸发技术因其高效、节能的特性，在清洁水生产和环境治理领域展现出巨大潜力。然而，如何打破传统蒸发-分离/反应体系间的界面与能量利用壁垒，实现多功能协同，仍是亟需解决的科学难题。本汇报以界面蒸发为核心驱动机制，跨学科融合气固界面光与离子交换分离催化，构建了多种创新型界面蒸发材料体系，赋能能源与多重环境应用。其中，基于 GO-CTF 纳米复合材料的光热-光催化协同水凝胶系统通过界面水分子状态调控与气固界面构建，显著降低了蒸发焓并提升了电子传输与反应动力学，突破了传统液固光催化界面中的传质和载流子复合限制。该水凝胶系统在 1 个太阳光照射下实现了 4.7 kg m⁻² h⁻¹ 的蒸发速率和 1961 μmol·g⁻¹ h⁻¹ 的光催化产氢性能，并在户外连续运行 30 天，保持 5.5 L m⁻² day⁻¹ 的稳定淡水产出。此外，通过 Li⁺插层调控蛭石层间距与表面电荷密度，构筑了 Li⁺-插层蛭石@CNTs 气凝胶，实现了界面光热蒸发与放射性 Cs⁺选择性捕获的协同功能。结合 DFT 与 MD 模拟，揭示了 Cs⁺-Li⁺交换过程中低水合能、高极化性和层间稳定俘获等微观机制。在 1 个太阳光的照射下，该系统实现了 3.3kg m⁻² h⁻¹ 的蒸发速率，并在真实海水中实现高效 Cs⁺去除，展现了可持续海水淡化与放射性修复能力。本研究通过将界面蒸发技术与离子分离/光催化反应深度融合，建立了全新的界面调控-多功能协同平台，为发展多尺度、多功能一体化水处理与清洁能源转换系统提供了新思路，推动了界面蒸发技术在能源、环境等交叉学科领域的应用边界。

A07-21

太阳能水电联产性能及优化

王佳韵 1

1. 上海理工大学

太阳能水电联产技术通过整合光热转换、水输运及能量回收模块，实现高效水生产与绿色电能协同输出。而针对目前功能性材料低效，性能稳定性差，实际效率低的关键瓶颈，开展高效功能性材料的研制与分析具有重要意义。本研究提出了一种新型高效的凝胶-盐复合材料，通过在三维多孔凝胶网络结构中整合光热转化、快速输水和离子选择性传输功能，实现高效水-电协同生产。其自组装特性赋予材料高度可调性，同时光热组分和吸湿盐的引入显著提升光热转换效率(>90%)和水分吸附能力(2.5g/g)，实现了高达 1.6 kg/kg 的循环取水量。结合离子梯度发电机制，利用蒸发界面盐度差驱动离子定向迁移，实现高效输出持续电能(功率密度达~3 W·m⁻²)。下一步将继续优化智能响应材料(pH/温度敏感水凝胶)和 Janus 结构设计，提升取水-发电性能和循环稳定性，并推动水电联产材料的产业化应用。

A07-22

生物质衍生材料驱动的太阳能高效界面转化与存储

庞亚俊 1

1. 浙江农林大学

太阳能作为一种具有广泛前景的可持续能源，以其可再生性、环保性和全球分布的特点，为缓解当前严峻的能源与环境挑战提供了有效途径。与此同时，资源丰富且环境友好的生物质材料及其加工剩余物和废弃物，通过精心设计的多功能生物质衍生复合材料，可实现太阳能的综合高效利用，开创双赢局面。本报告首先探讨了利用生物质衍生光热材料模拟太阳能驱动的水循环过程，通过吸收光能并转化为热能，实现界面加热蒸发水分，从而获取淡水资源。其次，受植物蒸腾作用与自然光合作用协同过程的启发，我们将生物质衍生材料的光热界面效应与光化学催化技术相结合，同步实现淡水资源的获取与水体有机物的降解。再者，我们不仅成功实现了太阳能向热能和化学能的转化，还通过优化生物质衍生材料界面蒸发器的设计，有效收集和回收了太阳能界面蒸发过程中产生的电能与资源。此外，借助新型能源存储装置，我们实现了太阳能向电能的有效存储，显著提升了太阳能利用的可持续性。综上所述，本报告充分展示了生物质衍生材料在太阳能高效转化与存储领域的巨大潜力，为未来太阳能的综合利用提供了一定的理论与实践基础。以上相关研究成果已发表在 *Energy & Environmental Science*、*Advanced Materials*、*Small*、*Energy & Environmental Materials* 等高水平期刊上。

A07-23

高性能光热调控材料

张如范 1

1. 清华大学

开发高性能、低能耗的光热调控技术对于实现高效的建筑节能和人体户外热管理具有重要的意义。主动式的电致变色技术和被动式的辐射制冷技术是两类备受关注并且具有明显优势和重要应用前景的光热调控技术。目前，电致变色技术和辐射制冷技术要想实现大规模应用，还需要解决材料的结构控制、降低成本、批量制备、克服性能短板、多功能化等多方面的问题。本团队近年来在高性能电致变色材料和辐射制冷材料的研究方面开展了大量工作，制备了一系列的高性能光热调控材料，并探索了它们在建筑节能、汽车节能和人体热管理方面的应用潜力。

A07-24

光热-水电联产系统的构筑及其能质管理优化

刘越 1, 徐楚佳 1, 陈伟凡 1

1. 南昌大学

光热界面蒸发-水电联产系统是一种基于太阳能驱动的协同技术，通过界面热定位同步实现淡水生产与余热/离子流/化学梯度能发电，兼具能源高效转化与环境友好特性。近年来，本团队聚焦器件的功能基团-孔隙结构-润湿性梯度对能质传输的调控机制、以及多维异质结材料的光热转化效率提升及形态结构精准设计等核心问题，取得了一系列成果：

①我们研制了一种可自排盐的柔性碳基气凝胶蒸发器，证实了碳基材料与所载纳米铈钨青铜之间的协同光热增强效应 (Carbon, 2022, 195, 263-271)；②通过引入天然纤维素构建了杂化水凝胶负载铈钨青铜的新体系，提出了一种调节水凝胶高度控制水-热分布进而优化能质传输结构的通用方案，提升蒸发效率的同时还获得了全方位的净水功能 (Chem. Eng. J, 2024, 486, 150398)；③设计了组织/微结构可调的铈钨青铜/硫化铜纳米异质结，通过缩短载流子迁移距离并增强非辐射复合，进而显著提升热输出能力 (Small Methods, 2023, 7(9), 2300558)；④进一步地，通过集成热电模块与电化学脱盐系统构建水电联产器件，实现了高效水-盐分离和稳定发电 (Chem. Eng. J, 2024, 498, 155763)；⑤提出了仿生叶片润湿性-供水角度的协同调控

策略，为解决蒸发系统的供水-传热平衡问题提供了新思路（Nano Energy, 2025, 138, 110903）。

除此之外，我们还探索了多种纳米材料在热致变色智能窗、降温涂料领域中的应用，为建筑节能与城市热岛效应治理提供了解决方案（Appl. Energ., 2024, 353, 122051; Small, 2023, 19(22), 2205833; Prog. Org. Coat., 2023, 184, 107878; ACS Sustainable Chem. Eng., 2021, 9(36), 12385-12393; Inorg. Chem., 2022, 61(1), 693-699）。

A07-25

高低异质结光催化电荷迁移及近红外光响应

李喜宝 1, 熊杰 1, 万一阳 1, 周英棠 2, 邓芳 1, 罗一丹 1, 张也 3, 韩露 4, 朱永法 5

1. 南昌航空大学
2. 浙江海洋大学
3. 南华大学
4. 辽宁科技大学
5. 清华大学

以光催化剂的微观结构设计及构建、表界面功能增益调控为突破点，开展了催化剂微结构的可控构筑新方法及其调控机制研究，系统研究了界面耦合和氧空位修饰的纳米高低异质结（high-low heterojunction）光催化剂的微观结构、电子结构、功函、表界面特性和缺陷结构，建立了催化剂微观结构、缺陷特征、表界面化学性质与催化剂电子结构、催化特性和氧化还原活性之间的本征联系，揭示了费米能级、电荷传输层、界面耦合、极化和空位浓度对高低异质结载流子分离效率、H₂O 分子等的吸附与活化和光催化性能的影响机制。实现了由传统 I 型异质结界面电荷无序迁移向高低异质结界面电荷定向迁移转变，并提高了材料的近红外光吸收和响应，解决了传统 I 型异质结光生载流子易复合及氧化还原电势同时降低的难题。

A07-26

基于等离激元金属/聚合物 Janus 结构的太阳能界面蒸发与光热电转换

蒋妮娜 1

1. 华侨大学化工学院

具有等离激元特性的金属纳米晶是一类典型的光热转换材料。对于单一组分等离激元金属纳米晶（例如金、银）来说，它们在太阳光谱中往往呈现窄带吸收。通过等离激元金属纳米晶的聚集可以有效拓宽其光吸收带宽。由于等离激元金属纳米晶体的光热转换效率随自身尺寸的增大而减小，因此等离激元金属纳米晶的聚集不可避免地带来了光热转换效率的降低。为了解决等离激元金属纳米晶的光吸收带宽与光热转换效率的调控矛盾，我们首先通过合成金银钯三元金属纳米晶，从而实现可见区宽带光吸收与高光热转化效率。在此基础上，我们将此三元金属纳米晶与聚苯乙烯微球相结合构建出 Janus 纳微米结构，并将此 Janus 纳微结构负载于供水体表面以构建新型二维太阳能蒸发器。Janus 纳微结构作为光吸收体和隔热体，在提供微米尺度内的热局域的同时，通过聚苯乙烯的近场散射增强了三元金属纳米晶的光吸收。由于光吸收体、隔热体和供水体的协同作用，在 1 个太阳照明下，蒸发器在纯水中表现出 99.1% 的太阳能-水蒸气转换效率和 3.04 kg m⁻² h⁻¹ 的蒸发速率。此外，我们还制备了表面负载金银钯三元金属纳米晶的 Janus 光热膜，从而考察金属纳米晶在宏观聚合物基底表面的取向排列对其光吸收、光热转换以及热传导性能的影响。将此 Janus 光热膜与商业热电片集成可实现了在太阳光照下对小尺寸热电表面的热集中，并同时减少在空气中的热损失。在自然光照下，结合了此 Janus 光热膜的太阳能光-热-电转换器实现了 404 mV 的开路电压和 1.3 W m⁻² 的最大输出功率。最后，我们提出并构建了基于太阳能界面蒸发器与光热电转换器的双输入水电联产系统。在此水电联产系统中，太阳能界面蒸发器与光热电转换器在同步吸收太阳光进行光热转换的同时，还能有效利用蒸汽焓与传导废热。在一个太阳光照射下和 3.5 wt% NaCl 溶液中，此水电联产系统表现出

3.68 kg m⁻² h⁻¹ 的蒸发速率, 104.28%的太阳能-水蒸气转换效率以及 1.55 W m⁻² 最大输出功率。

A07-27

蒸发界面结构对水蒸发的促进作用研究

张明鑫¹

1. 海南大学

随着全球淡水和化石能源短缺加剧, 太阳能界面蒸发技术因其零能耗、模块化和低成本优势, 成为淡水提取领域的研究热点。通过合理设计蒸发材料结构能够大幅增加水簇蒸发比例, 降低界面能耗(水活化), 提升蒸发速率。传统的设计方案中, 大家普遍采用大块凝胶网络同时满足水“活化”和水传输的功能, 这种耦合设计策略给材料制备/合成带来了极大的挑战。为此, 我们创造性地设计了一种简易的界面喷涂策略, 将具有高效率的水“活化”功能的纳米凝胶喷剂, 喷涂在具有快速水传输能力的基底材料上, 大面积、批量化地制备了高效率的水蒸发材料。这种模块化的功能组装设计方案, 实现了水“活化”和水传输结构和功能的解耦设计, 大幅度地简化了水蒸发材料的设计思路。这种分级结构设计成功将输水通道(基材层)与活化界面(纳米凝胶)的空间解耦, 界面水蒸发速率提升幅度最高可达 297%。普通的廉价无纺布材料, 经过喷涂该纳米喷剂后, 在一个太阳光辐照强度下, 其界面蒸发速率可大幅提升至 3.26 kg m⁻² h⁻¹。本研究强调了界面结构, 而非本体结构对水活化过程的关键促进作用, 将启发更多高性能蒸发材料的设计。

A07-28

三维太阳能蒸发器用于高效脱盐与盐分收集

李晨蔚¹

1. 山东第一医科大学

淡水资源短缺问题已成为全球最严峻的挑战之一。尽管传统海水淡化技术为缓解水资源压力提供了一种可行的解决方案, 但浓盐废水的排放对生态环境造成了严重的威胁。近年来, 太阳能驱动界面蒸发技术因其环保、高效等优势, 被广泛认为是最具潜力的淡水生产技术之一。然而, 传统太阳能蒸发器在海水淡化过程中面临盐分结晶的问题。沉积在蒸发器表面的盐结晶不仅降低太阳光吸收率, 还阻碍了盐水供应, 最终导致蒸发性能显著下降, 大幅缩短了蒸发器的使用寿命。因此, 传统太阳能蒸发器通常需要在稳定蒸发与盐积累之间做出权衡。突破这一限制, 实现高浓度盐水连续脱盐过程中的长期高效稳定蒸发, 是下一代蒸发器设计的关键目标。

针对以上挑战, 我们受红树林盐分泌及盐水运输机制启发, 提出了一种具有外部光热层和内部供水通道的仿生太阳能蒸发器(BSE)。外部光热层可实现有效阳光吸收、快速蒸汽扩散及均匀表面盐结晶; 内部供水通道则保障盐水高效输送并及时供应至结晶表面进行持续蒸发。该设计不仅能够最大限度减少光热材料消耗, 同时改善盐水输送效率, 使蒸发器表面形成多孔盐晶体, 从而实现从近饱和盐水中连续有效蒸发与盐收集。在 25 wt% 盐水条件下, BSE 展现出卓越的蒸发性能(3.98 kg m⁻² h⁻¹)、高效的盐分收集能力(1.27 kg m⁻² h⁻¹)、长期耐久性(连续运行 7 天)以及零液体排放脱盐特性。户外测试显示, BSE 可实现 3.50 kg m⁻² h⁻¹ 的创纪录淡水产率。此外, BSE 能够将多种受污染水源净化为符合世界卫生组织标准的淡水。与传统太阳能蒸发器相比, BSE 突破了稳定蒸发与盐积累之间的长期权衡, 实现了在高浓度盐水条件下的高效稳定的脱盐和盐分收集。更重要的是, 通过将 BSE 的设计理念扩展至其他太阳能海水淡化系统, 验证了其广泛适用性。本研究提出了一种通用型太阳能蒸发器设计方案, 为下一代适用于高浓度盐水连续脱盐的高效稳定蒸发器提供了关键设计思路。

口头报告

A07-01

Super hygroscopic materials for sustainable atmospheric water harvestingXueping Zhang¹

1. Donghua University

We developed an integrated strategy to synthesis salt-based stable super moisture-sorbent sponge by using the chelation of LiCl and dopamine (DA), and the simultaneous polymerization of DA on melamine sponge (PMS). The as-prepared LiCl/PMS/CNTs showed high water uptake, reaching 1.26 and 1.81 g g⁻¹ at 15% and 30% RH, respectively, and no salt leakage was observed during the water absorption process. Remarkable daily water production of 3.47 kg kg⁻¹ day⁻¹ in an arid environment (30% RH) was achieved. Moreover, a dual-function system was successfully constructed by combining the LiCl/PMS/CNTs with a thermoelectric module to fully utilize the heat generated from the SAWH process, which can realize the simultaneous production of fresh water and electricity. The maximum output power density is up to 35.4 and 454.4 mW m⁻² during the water absorption and desorption process, respectively.

A07-02

Fibrous Materials for Solar-Driven Steam and Electricity GenerationCan Ge¹

1. Soochow University

Solar-driven steam generation (SSG) systems, which enable sustainable clean water desalination and purification through photothermal conversion, have been extensively studied. Integrating solar-driven electricity generation (SEG)-including hydroelectricity, saline electricity, moisture electricity, and thermoelectricity-during the evaporation process offers an effective approach to comprehensive energy utilization. Fibrous materials, renowned for their outstanding processability, flexibility, robustness, lightweight nature, portability, and scalability, have garnered significant attention in the field of solar-driven steam and electricity generation (SSEG). These materials can be engineered to excel in critical processes such as water harvesting, proton dissociation, ion separation, and charge accumulation. To date, SSEG has made remarkable progress due to extensive research efforts focused on advanced materials, structural designs, techniques, and mechanistic studies. Hence, we propose to summarize developments of fibrous materials-based SSEG and reveal insights into principles of water-electricity cogeneration. The proposed prospective analyses and insights will be pivotal in driving practical development.

A07-03

多级太阳能界面蒸发装置的大规模应用研究：光学，热力学及水输运管理刘尚¹, 林蒙¹

1. 南方科技大学

由于不同的材料开发和结构设计，实验室规模（毫米级，mm²）的太阳能界面蒸发（Solar Interfacial Evaporation, SIE）性能已被显著提升。然而将这些材料和结构应用于实际的大规模（米级，m²）SIE 蒸发器仍面临诸多挑战，包括材料可扩展性、不可控的热损失以及水输运分布不均匀等。解决以上问题对于提升米级 SIE 蒸发器的蒸发性能至关重要，其被认为是工业级海水淡化系统最小的可扩展单元。本研究提出

了一个有效面积为 1 m^2 的太阳能多级界面蒸发 (Solar Multi-Stage Interfacial Evaporation, SMIE) 装置, 旨在打破 SIE 蒸发器扩展应用的关键限制, 提升米级 SIE 蒸发器的蒸发性能, 提供进一步的优化方案, 其特点在于: (i) 基于喷涂制备可扩展的铜基金属有机框架材料 (Cu-CAT-1 MOF) 或炭黑吸收层, 以实现高太阳能吸收率; (ii) 采用具有优化隔热性能的倒置多级结构, 最大限度减少能量损耗; (iii) 优化水输运通道结构, 以确保均匀供水。在 1 个太阳光 (1 kW m^{-2}) 强度下, 实验室规模的 SMIE 装置 (面积为 100 cm^2) 的淡水生产速率为 $5.45\text{ kg m}^{-2}\text{ h}^{-1}$, 处理 $3.5\text{ wt\%}$ 模拟海水时的淡水生产速率为 $3.9\text{ kg m}^{-2}\text{ h}^{-1}$ 。 1 m^2 SMIE 装置在室外真实条件下的淡水生产速率为 $3.5\text{ L m}^{-2}\text{ h}^{-1}$ ($32\text{ L m}^{-2}\text{ day}^{-1}$), 蒸发效率为 345% 。凸显了该装置在实际应用中的可扩展性和高效性。经过技术经济性分析指出, 降低 SMIE 装置的材料成本, 尤其是光热层和透气疏水膜, 对于提高经济可行性至关重要。本研究填补了实验室创新与实际应用之间的空白, 为 SIE 技术大规模工业应用提供了一种可行的解决方案。

A07-04

仿生光热膜的设计及盐湖提锂性能研究

张慎祥¹

1. 苏州大学

近年来纳滤膜分离技术具有锂镁分离效率高的优势, 在盐湖提锂技术得到了广泛关注。但是在实际分离过程中由于卤水的渗透压非常高, 通常在预处理阶段用大量淡水将高浓度卤水稀释 $10\text{-}20$ 倍后再进行分离, 还需要采用加热蒸发或高压反渗透等方式进一步浓缩以获得固体锂产品。本研究受泌盐植物红树林选择性离子吸收和盐分分泌过程的启发, 我们利用离子分离膜和太阳能蒸发器的协同作用, 直接从盐湖卤水中提取氯化锂。我们以聚酰胺膜作为离子筛分层 (根) 来实现 $\text{Li}^+/\text{Mg}^{2+}$ 分离, 利用亲水的聚醚砜微滤膜提供水的传输通道以快速的传输水 (茎), 采用具有高光热转换效应的聚苯胺纳米纤维阵列作为光热层以实现水的快速蒸发 (叶)。当处理 $\text{LiCl}/\text{MgCl}_2$ 混合溶液时, 水和 Li^+ 在毛细管力的作用下透过聚酰胺膜到达光热层, 而 Mg^{2+} 被聚酰胺离子分离膜的截留。随着水的不断蒸发, Li^+ 在蒸发器表面不断富集, 并且可以在蒸发器的表面以 LiCl 的形式结晶出来。该研究工作将界面蒸发和膜分离相结合, 利用清洁能源直接驱动膜分离提供新的研究思路。

A07-05

$\text{TiO}_2/\text{Ag}_{2.3}\text{Se}$ 复合材料的设计及其光热电协同催化效应研究

王潇漾¹, 练梦洁¹, 高杰², 周建华², 穆晓江¹, 苗蕾¹

1. 广西大学

2. 桂林电子科技大学

在日益严峻的能源安全危机背景下, 高效能源利用及多场协同催化已引起广泛关注。探究光-热-电协同催化的微观机制对于提升催化性能至关重要。为此, 我们设计并合成了基于硒化银 ($\text{Ag}_{2.3}\text{Se}$) 的光-热-电催化剂, 以探索其协同催化增强机制。值得注意的是, 该复合样品在光-热-电协同催化条件下实现了 93% 的降解效率, 显著高于单一光催化 (41%) 与热电催化 (13%) 效率之和, 从而展现出 “ $1 + 1 > 2$ ” 的协同增强效应。为揭示其内在机制, 我们研究了光热条件下催化剂内部的电子分布与转移。本工作揭示了驱动光-热-电协同催化的相互作用机制, 为通过多场协同催化实现高效能量应用提供了见解。

A07-06

局域场强化的多尺度吸附调控与光热驱动的战略元素提取研究

于桢¹

1. 香港城市大学

随着全球对锂、铀、硼等战略性元素需求的急剧增长，开发高效、低成本的资源提取技术成为研究热点。海水作为战略性元素的巨大储库，其低浓度和复杂离子环境对传统提取方法提出了挑战。本研究提出了一种局域场强化的多尺度吸附调控策略，结合光热界面蒸发技术，实现了海水中战略性元素的高效选择性提取。本研究设计了多种具有多级孔道结构和表面功能化的光热吸附材料，通过微观尺度上的孔径梯度分布和分子水平上的配位基团修饰，实现了对目标离子（锂、铀、硼、铯等）的高选择性捕获。在宏观尺度上，利用光热界面蒸发产生的局部场效应，显著增强了离子提取动力学。实验结果表明：光热界面蒸发体系可使锂、铀等元素的吸附容量提升至传统方法的 2.3 倍以上，离子选择性系数较传统吸附剂提高 40%。此外，通过模块化设计实现了吸附-脱附-富集的一体化流程，为海水资源提取提供了节能、可持续的新策略。本研究为战略性元素的绿色提取提供了多尺度调控新思路，兼具基础创新性与应用潜力，对缓解能源关键材料的供给压力具有重要意义。

A07-07

MXene 基纳米复合材料及其光热转换应用

范向前 1

1. 中北大学

太阳能是一种清洁可再生能源，对解决世界能源消耗问题具有重要意义，利用光热材料收集太阳光并将其转换成热量，是最有效的太阳能利用技术。MXene 作为新型的二维材料，由于其较高的内在光热效应和良好的物理化学特性而成为一种优异的光热转换材料。然而，MXene 光热材料也存在一些问题，如单片层吸光性能较弱，化学稳定性差等。基于此，通过材料和结构设计，制备了系列 MXene 基复合光热材料，提出“多级杂化”策略，提高了单片层 MXene 的吸光性能和化学稳定性，通过与凝胶基体结合改善了 MXene 的机械性能。同时，对复合光热材料的光热转换性能和机理进行了深入探讨，并构建了可穿戴器件和海水淡化蒸发器。

A07-08

双功能碳基复合材料在太阳能驱动有机污水净化中的应用研究

苏丽芬 1

1. 安徽大学

水资源短缺和水污染是世界上大多数国家面临的挑战，太阳能界面蒸发是一种环境友好、高效的淡水生产技术。然而，当水中含有四环素（TC）和双酚 A（BPA）等复杂难降解污染物时，光热材料被污染导致净水产率低，甚至失效。本研究设计了一种碳基复合材料作为光热协同光催化材料，利用太阳能驱动水蒸发和光催化协同降解有机污染物。由于碳材料出色的太阳能吸收，加速体系中光生电子-空穴对的分离，促进有机污染物的降解和淡水的生产。因此，碳基复合材料具有优异的太阳能吸收和亲水性，太阳能蒸发效率高达 94%。同时，由于光热和光催化降解的协同作用，有机污染物（亚甲基蓝、TC 和 BPA）的降解效率均在 99% 以上。本研究为有机废水的环境友好处理提供了一种新的解决方案。

A07-09

光热转换膜中试级制备技术研发及性能标准化测试体系构建

杨扬 1, 李兆魁 1, 王栩杉 1

1. 自然资源部天津海水淡化与综合利用研究所

光热转换膜在新能源、海水淡化等领域具有广阔应用前景，而中试级制备技术研发是推动其从实验室成果迈向产业化应用的关键环节。目前，已攻克 500 mm 幅宽卷对卷连续制备技术，日产能达 150 平米，并建成年产能 30 万平米生产线一条，为光热转换膜在海水淡化、卤水浓缩等领域提供材料保障。同时，致力于构建性能标准化测试体系，立项领域内首个行业标准，统一测试方法与评价标准，确保不同研发团队、生产企业的光热转换膜性能数据具有可比性与可靠性，加速行业技术迭代升级，助力光热转换膜产业高质量发展。

A07-10

柔性 MOFs 基光热转换材料的制备及其太阳能驱动界面蒸发性能研究

王维科¹

1. 陕西科技大学

随着工业化、城市化的快速发展和人类生活水平的提高，全球淡水资源需求急剧增加。为此，如何在当下能源短缺的大背景下实现清洁水的获取，逐渐成为全球各国面临的问题和挑战。近年来，界面太阳能水蒸发（ISSG）技术，利用充足、无污染的太阳能作为能量来源，在空气-水界面处使用光热材料转化的热驱动水蒸发，经过冷凝后获取清洁水，不仅可以有效实现海水淡化和污水净化，而且相较于传统技术，具有低热损失、高效水蒸发和零污染的优势，从而得到了越来越多的关注和研究。其中，光热材料作为影响 ISSG 性能的关键部分，成为开发高性能 ISSG 装置首要应对的挑战。金属有机框架材料（MOFs）凭借自身大比表面积、丰富孔径结构和易于调控的特性，通过后修饰和处理方法的不同，可以获得具有与碳基材料、金属纳米粒子材料和半导体材料一样的光热性能，因此，在 ISSG 领域中展现出巨大的优势和潜力。特别是将 MOFs 与柔性基底复合制备的柔性 MOFs 基光热材料，克服了 MOFs 以粉末形式存在的不足，同时极大的提高了复合光热材料的结构稳定性以及运输便捷性。基于此，本工作根据 MOFs 自身的特性，以 MOFs 主要通过三种策略作为光热材料为出发点，先后制备了三种应用于 ISSG 的柔性 MOFs 基光热材料并研究了它们各自的光热转化机制、光热性能、水蒸发性能、阻盐性能、海水淡化和污水净化能力。主要研究内容和结论如下：

（1）为了研究不同制备方法对同一 MOFs 衍生复合光热材料的影响，以聚酯纤维织物为基底，分别通过磁控溅射技术和原子层沉积技术在聚酯纤维织物表面包覆 Cu 层和 Al₂O₃ 层，为 Cu-BTC 的进一步生长提供反应或结合位点，接着在表面包覆具有出色光吸收和良好稳定性的聚吡咯（PPy），用于增加 Cu-BTC 水中的稳定性和复合材料的光热性能。得益于多级结构、PPy 和 Cu-BTC 的协同光热作用，两种复合光热材料（PPy@Cu₃(BTC)₂/Cu textile, PCCT 和 PPy@Cu₃(BTC)₂/Al₂O₃ textile, PCAT）在全太阳光谱具有 93.98 % 和 92.58 % 的光吸收能力。此外，PCCT 和 PCAT 表面丰富的含氧官能团不仅赋予了两者的出色亲水性，有利于提高水蒸发性能以及获得良好的阻盐性能，而且具有降低蒸发焓的作用。在 1 个太阳下，PCCT 的蒸发速率和光热转换效率可以达到 1.56 kg m⁻² h⁻¹ 和 86.92 %，而 PCAT 可以达到 1.53 kg m⁻² h⁻¹ 和 85.03 %。而且，PCCT 和 PCAT 也具有良好的污水净化能力。

（2）以废弃卸妆棉（facial tissue, FT）为基底，制备 Ni-CAT 基复合光热材料（Ni-CAT@PDA@FT, NPFT）。得益于 FT 表面包覆的聚多巴胺（PDA），促使 Ni-CAT 牢固结合在 PDA@FT（PFT）表面的同时，利用 Ni-CAT 和 PDA 在光热、光催化方面展现的协同作用，赋予了 NPFT 出色的光吸收、水蒸发、光催化降解有机物和良好的污水净化能力。在 250-2500 nm 范围内具有 96.41 % 的光吸收能力，在 1 个太阳下具有 2.08 kg m⁻² h⁻¹ 的蒸发速率。同时，NPFT 表面丰富的含氧官能团和多级结构，赋予了 NPFT 出色的亲水性和阻盐性能，此外，通过形成中间水具有降低蒸发焓的作用。特别是以废弃卸妆棉为柔性基底，做到了废物再利用，符合人类社会的可持续发展目标，也为研究同类光热材料提供了思路 and 材料借鉴。

（3）以泡沫镍为基底，在表面原位生长 Co-MOF 纳米阵列，接着通过表面沉积 TiO₂ 和巧妙的调控阶梯式碳化温度和时间，制备兼具柔性、多级纳米阵列的 MOFs 衍生多孔碳光热复合材料（carbonized TiO₂@Co-MOF@NF, CTCNF）。得益于 TiO₂ 的包覆和惰性气氛下的碳化，CTCNF 获得了具有 TiO₂ 包覆的多孔碳纳米阵列多级结构，利用碳基材料、金属纳米粒子材料和半导体材料的协同光热效应以及多级结构的共同作用，在全太阳光谱具有 93.65 % 的光吸收能力。此外，在含氧官能团和多级结构形成的毛细孔

径共同作用下, CTCNF 具有出色的亲水性和降低蒸发焓的作用, 在 1 个太阳下获得了 $3.60 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ 的蒸发性能。而且, CTCNF 具有良好的污水净化和发电能力。特别是基于蒸发器自身的结构特性以及结合蒸发装置的巧妙设计, 在 1 个太阳下获得了 151.15 mV 的开路电压。

总的来说, 本工作开发了三种蒸发性能依次增强的柔性 MOFs 基光热材料, 同时, 不断丰富它们的功能, 为高性能、多功能一体化光热复合材料开发提供思路, 有利于提高 ISSG 的实际应用潜力。

A07-11

神经递质介导黑色素聚合物合成及太阳能界面水蒸发研究

谢益骏 1, 石彦虎 1, 张恒 1, 阚国毓 1

1. 上海大学

本报告针对黑色素基光热材料在太阳能驱动界面蒸发中的性能瓶颈, 提出了一种基于单体设计与金属离子/纳米颗粒掺杂的协同优化策略。首先, 通过调控黑色素前驱体, 多巴胺 (DA) 与去甲肾上腺素 (NE) 等单体的聚合配比, 以及原位引入碳量子点 (CQDs), 构建了聚合物内电子受体-给体 (D-A) 体系, 实现了能隙降低和近红外 I/II 区光吸收性能的协同提升。利用飞秒瞬态吸收光谱 (fs-TA) 和密度泛函理论 (DFT) 计算, 我们系统解析了 D-A 调控对能带结构和载流子动力学的影响机制。其次, 针对黑色素材料在长周期淡水制备中易受盐分与生物污染的制约, 本工作在聚去甲肾上腺素 (PNE) 基体中引入 Cu^{2+} 、 Fe^{3+} 等金属离子, 借助自由基的杀菌作用与表面亲水化改性, 显著增强了材料的抗盐结晶能力和抗生物膜形成性能。实验结果表明, 新型复合材料在细菌环境中能连续蒸发稳定运行 15 天以上, 蒸发速率与蒸发效率分别达 $2.21 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 和 97.4%, 同时对大肠杆菌及金黄色葡萄球菌的抑制率均超 99%。该研究为黑色素光热材料的结构设计与功能化改性提供了理论依据与技术路线, 有望推动高效、持久的太阳能界面蒸发技术发展。

A07-12

Thermal management system research based on radiative cooling and phase change latent heat

Qingyuan Du1

1. South University of Science and Technology

Outdoor electronics are simultaneously subject to constant solar radiation and instantaneous thermal shock, thus urgently requiring effective thermal management. However, commonly adopted radiative cooling has an issue of low cooling power and phase change temperature control technology suffers from materials leakage, which cannot meet the increasing demands for outdoor electronics. To address these problems, a leakage-proof wrapped cooler that integrates radiative cooling and latent heat storage is proposed to achieve sub-ambient cooling and efficient thermal-shock resistance. The wrapped cooler is designed by directly wrapping paraffin wax (PW) phase change material (PCM) within a hexagonal boron nitride/polydimethylsiloxane (h-BN/PDMS) coating, possessing leakage-proof property during force and thermal shock. The wrapped cooler can achieve an average sub-ambient temperature drop of $4.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ under direct sunlight. Moreover, a maximum temperature drop of $35.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ can be achieved for the heater covered with the wrapped cooler when experiencing 2000 W m^{-2} thermal shock, mainly due to the temperature-pinning effect of PCM and the high thermal conductivity of h-BN/PDMS coating. The wrapped cooler that integrates radiative cooling with latent heat storage provides an effective way for protecting outdoor electronics from solar radiation and thermal-shock damage, thereby advancing passive thermal management technologies towards practical applications.

A07-13

太阳能蒸发装置窗口光热特性及性能优化研究

李士腾 1, 林蒙 1

1. 南方科技大学

为解决全球水资源短缺问题并改善离网水生产,本研究通过优化光学窗口材料的设计来提高倒置式太阳能蒸发器的性能。通过结合数值模拟与实验方法,系统地研究了包括气凝胶、有机玻璃和高透玻璃在内的各种光学窗口材料的光热特性,以指导它们在不同工况下的合理设计。研究表明,气凝胶具有高太阳光透过率和超低热导率,在高级数和高太阳辐照度工况下显著提高了蒸发性能。然而,在单级和低太阳辐照度工况下(1 sun),其性能优势减弱,蒸发速率仅比其它材料高出不足 $0.1 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ 。在高太阳辐照度下,气凝胶与其他材料的性能差距缩小,有机玻璃成为一种兼具经济效益和机械稳定性的替代材料,同时还能保持高效率。对光学窗口厚度优化的实验表明,6 mm 厚气凝胶覆盖的蒸发装置在 1 sun 工况下实现了 $6.25 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ 的蒸发速率。这些结果凸显了光学窗口材料光热特性在提高太阳能蒸发器效率中的关键作用,为开发高性能、可持续的水净化装置提供了指导。

A07-14

基于盐晶体蒸发器的太阳能浓盐水蒸发处理研究

于杰¹, 徐震原¹

1. 上海交通大学

海水淡化是解决淡水资源短缺问题的重要途径,但现有海水淡化技术在产出淡水的同时会伴随产出大量浓盐水副产品,浓盐水与淡水的体积比高达 1.5:1。实现盐-水完全分离的零液体排放处理是浓盐水无害化处理的最终目标。太阳能界面蒸发技术为浓盐水的零液体排放处理提供了绿色、高效的新途径,但在处理实际浓盐水时,盐水浓度升高后会在蒸发器表面快速结晶,盐结晶对于光吸收、溶液输运和蒸汽扩散过程均会产生不利影响,使得高效的蒸发过程难以维持。因此,以往研究通常将盐结晶视为蒸发过程的抑制因素并致力于避免结晶形成,但这些策略更加难以实现盐-水完全分离的处理目标。

本工作将传统毛细芯蒸发器内的受限蒸发结晶转化为开放空间内的非受限蒸发结晶,通过利用盐晶体的自放大爬行和风化特性,使得盐结晶自组装形成分层多孔盐晶体蒸发器。在太阳能加热下,盐晶体在加热基底表面快速铺展,形成小颗粒晶体层(晶体粒径约 $10 - 50 \mu\text{m}$)并增大蒸发面积。随后,小颗粒晶体不断积累,位于表层的晶体在风化作用下持续合并为大颗粒晶体,形成外侧大颗粒晶体层(晶体粒径约 $100 - 400 \mu\text{m}$),最终形成内层厚度稳定、外层厚度不断增加的分层多孔盐晶体蒸发器。盐晶体蒸发器的内侧小颗粒晶体层能够产生较大毛细力,从而促进浓盐水输运;外侧大颗粒晶体层依靠其大孔结构促进蒸汽扩散过程;同时,气-液界面被限制在毛细力更强、厚度稳定的内层晶体,保证从加热面到蒸发面的稳定热量输运。盐晶体蒸发器内热量输运、盐水泵送和蒸汽扩散的同时实现保证了高效、稳定的浓盐水蒸发结晶过程。基于盐晶体蒸发器,本工作在处理 27.3 wt% 的浓缩海水时实现了 $18.78 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ 的蒸发速率(1000 W m^{-2} 辐照强度工况)和盐-水完全分离,在 240 小时(10 天)的长周期测试过程中维持稳定蒸发。在户外实地测试条件下,本工作使用 50 个蒸发器的阵列装置实现了 $38.11 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ 的高蒸发速率,展示了盐晶体蒸发器在实际工况下用于浓盐水盐-水完全分离处理的适用性。本工作为太阳能界面蒸发过程中盐结晶和蒸发的相互影响提供了新的理解,为浓盐水零液体排放处理提供了可持续的新方案。

闪报

A07-01

Hydrophilic polystyrene porous skeleton prepared via high internal phase emulsion template for efficient solar-driven interfacial evaporationMaoning Li¹, Haoyang Sun¹, Jing Zhao¹, Qingyuan Du¹, Meng Yang¹, Tiancheng Xiong¹, Yu Nan², Zhi Zhang²,
Dandan Li¹, Dazhi Sun¹

1. Southern University of Science and Technology

2. Nanke Materials Co., Ltd, Shenzhen, Guangdong 518000, China

Solar-driven interfacial evaporation enables the recovery of clean water resources from seawater and waste water. However, evaporators that simultaneously exhibit good mechanical properties, excellent processability, and outstanding evaporation performance remains a major challenge. In this work, we have developed a solar driven interfacial evaporator by creating a porous hydrophilic polystyrene (H-PS)/multi-walled carbon nanotube (MWCNT) composite using a high internal phase emulsion (HIPE) templating method, then coated with black paint for efficient photothermal conversion. The H-PS composite can be molded into large, integrated structures and easily processed into various shapes, which exhibits a compressive strength of 4.60 MPa at a strain of 80 %. The hydrophilic porous skeleton facilitates rapid water transport through capillary action and exhibits a low thermal conductivity of $0.193 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ for reducing the heat loss. In the evaporator, a highly efficient light-absorbing hierarchical structure is constructed on the skeleton through the synergistic interaction of MWCNT and black paint, achieving an absorbance of 95.9 % across the 250 to 2500 nm wavelength range. In such design, the evaporator receives a high evaporation rate of $3.07 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ for pure water and $3.01 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ for seawater under 1 sun illumination, demonstrating a promising candidate for the mass production and practical application of efficient solar-driven interfacial evaporators.

A07-02

Optimizing channel diameter in chitosan evaporators for enhanced thermal localization and excellent salt resistance in high-salinity solar desalination

Jiaonan Cai¹

1. Donghua University

Amidst growing interest in harnessing the resource potential of salt lakes, interfacial evaporation has emerged as a pivotal process for the efficient concentration of high brine. Traditional evaporators, however, face challenges such as salt deposition and inadequate evaporation rates that fail to align with practical processing demands. This study introduces an innovative hydrogel evaporator designed to bolster resource recovery through enhanced evaporation efficiency. By adjusting the concentration of the base material, the internal channel dimensions were optimized to increase water transport and minimize heat loss, especially under high salinity conditions. The evaporator exhibited an impressive pure water evaporation rate of $5.86 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ and sustained a comparable rate of $6.29 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ in a 20 wt% brine solution for 8 h, without any salt crystallization. These results underscored the evaporator's potential as an environmentally efficient solution for sustainable water treatment and resource recovery from salt lakes, marking a significant contribution to the evolution of desalination technology in the pursuit of sustainable resource management and environmental sustainability.

A07-03

基于马兰戈尼效应的仿生叶脉三维太阳能光热界面蒸发器的高效蒸发和耐盐性能

张智翔¹

1. 桂林电子科技大学

界面太阳能蒸汽发生器 (ISSG) 成本低、能效高且环保, 是一种前景广阔的海水淡化技术。然而, 盐结晶仍然是实际应用中的一大挑战。本研究受叶脉结构的启发, 提出了一种新型仿生物蒸发器, 将棉线网络与酸化多壁碳纳米管 (MWCNT) /聚乙烯醇 (PVA) 复合水凝胶相结合。在一次太阳照射下, 蒸发器的蒸发率达到 $5.71 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, 而马兰戈尼效应的存在使蒸发器能够在 3.5 wt% 的盐水中连续运行 16 小时而不结晶。在模拟昼夜循环 (8 小时光照/16 小时黑暗) 和 7 wt% 盐水条件下进行的长期测试表明, 该蒸发器在

25 天内性能稳定。在冬季条件下,可生产出 23 毫升符合世界卫生组织标准的淡水。这项工作为可持续太阳能海水淡化提供了一个结合结构设计和界面工程的综合解决方案。

A07-04

酞式-给体-受体聚合物的吸收拓宽和非辐射跃迁增强,实现高效的太阳能水蒸发和热电发电

刘成¹, 谢兰¹, 郑强¹

1. 贵州大学

有机光热材料因其结构的多样性、灵活性和溶解性而受到越来越多的关注。然而,它们的能量转化效率受到吸收光谱狭窄和辐射跃迁的限制。在本研究中,我们证明了一种新的酞式-给体-受体(Q-D-A)策略可以有效地减小带隙,扩大吸收范围并提高主链共平面性。在此基础上,设计并合成了酞式共轭聚合物 PAQM-TBz。通过将 p-AQM 单元插入到 D-A 聚合物主链中,得到的 Q-D-A 聚合物 PAQM-TBz。与 D-A 对应聚合物 P2T-TBz 相比,具有更宽的吸收、更好的主链共面性、更强的膜结晶度和更强的链间聚集性。理论计算和实验数据进一步证实了 PAQM-TBz 的高效非辐射跃迁。因此,在 0.8 W cm^{-2} 的 808 nm 激光辐照下,PAQM-TBz 光热转换效率达到 80.6%,明显高于 P2T-TBz 的 43.1%,同时也表现出优异的抗光漂白性能。基于 PAQM-TBz 的界面蒸发装置在 1 个标准太阳光下的水蒸发速率为 $1.41 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$,蒸发效率达 97.3%,是现有有机光热材料中蒸发效率的最高值。此外,基于 PAQM-TBz 的热电器件在 1 个标准太阳光下可提供高达 126.1 mV 的电压,这是有机光热材料的最高电压值之一。值得注意的是,基于 PAQM-TBz 的太阳能蒸发和热电联产装置的集成器件实现了较高的性能。该研究策略为增强光捕获管理的光热聚合物设计提供了新的方法,为开发高效的优质有机光热材料开辟了新的道路。

墙报

A07-P01

高内相乳液模板法制备多孔聚苯乙烯用于高效太阳能界面蒸发

李茂宁¹, 孙浩洋¹, 赵静¹, 杜清源¹, 杨猛¹, 熊天成¹, 南玉², 张至², 李丹丹¹, 孙大陟¹

1. 南方科技大学

2. 南科新材料有限公司

太阳能驱动的界面蒸发能够从海水和废水中回收清洁水资源。然而,同时具有良好机械性能、优异加工性能和出色蒸发性能的蒸发器仍然是一项重大挑战。在这项工作中,我们采用高内相乳液(HIPE)模板法制作了一种多孔亲水性聚苯乙烯(H-PS)/多壁碳纳米管(MWCNT)复合材料,然后涂上黑色涂料以实现高效光热转换,从而开发出了一种溶剂驱动的界面蒸发器。H-PS 复合材料可模塑成大型一体化结构,并易于加工成各种形状,在应变为 80%时的抗压强度为 4.60 MPa。

亲水性多孔骨架可通过毛细作用促进水的快速传输,并具有 $0.193 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 的低导热率,可减少热量损失。在蒸发器中,通过 MWCNT 和黑色涂料的协同作用,在骨架上构建了高效的光吸收分层结构,在 250 至 2500 纳米波长范围内的吸收率达到 95.9%。在这样的设计中,蒸发器的蒸发率很高,纯水的蒸发率为 $3.07 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$,海水的蒸发率为 $3.01 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 。这为高效太阳能驱动界面蒸发器的批量生产和实际应用提供了可能。

A07-P02

Synergistic Optical and Thermal Management for Solar Water and Electricity Co-generation via a

Front-Side Coupling StrategyShang Liu¹, Meng Lin¹

1. Southern University of science and technology

Co-generation of freshwater and electricity from solar energy offers a sustainable pathway to address pressing global challenges of water scarcity and rising energy demands. Here, we present a high-performance solar water-electricity co-generator employing a front-side coupling (FSC) strategy. By applying a thin water film with controlled thickness to the front surface of photovoltaic (PV) cells, our design enables synergistic optical and thermal regulation, enhancing both electricity conversion and water evaporation. The water film functions as a cooling layer, reducing the PV cell temperature and boosting electricity generation efficiency, while also serving as an anti-reflective coating and an absorber of infrared (IR) radiation to maximize solar energy utilization. Using a current loss model and external quantum efficiency (EQE) analysis, we optimized the water film thickness to be 2 mm, achieving an evaporation rate of $4.27 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ and a solar electricity conversion of 19.1% under 1 sun conditions with a 9-stage evaporator. Our co-generator demonstrated stable performance in simulated seawater over 52 hours, maintaining an average evaporation rate of $3.95 \pm 0.36 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ and a PV efficiency of $18.75 \pm 1.43\%$ without crystallization. Outdoor testing, conducted over an 8-hour period under real solar irradiation averaging 564.04 W m^{-2} , further validated the FSC strategy's effectiveness, demonstrating an average relative enhancement of 18% in the evaporation rate and 46% in solar electricity conversion efficiency over the back-side coupling (BSC) strategy. These findings highlight the potential of the FSC strategy to advance scalable, efficient, and integrated solar-driven solutions for water and energy needs.

A07-P03**Salt-resistant Hydrogel Interface Evaporator with Reduced Enthalpy of Water Evaporation for Desalination and Black Liquor Purification**Xiaofa Wang^{1, 2}, Mengke Zhao¹, Long Liang¹, Tongqi Yuan², Ting Wu¹, Guigan Fang¹

1. Institute of Chemical Industry of Forest Products, Chinese Academy of Forestry

2. Beijing Forestry University

Freshwater scarcity has seriously affected the sustainable development of human societies. Therefore, it has become a research hotspot to explore the technology of preparing clean desalinated water for human and industrial use. In recent years, the technology of using solar energy to produce desalinated water has been developed as an effective way to produce clean fresh water at low cost, and the complex porous structure of hydrogel materials can be used for water transportation and thermal insulation for solar energy interfacial evaporation. However, it is still challenging to develop a hydrogel with excellent thermal management, salt resistance, and efficient water evaporation as an interfacial evaporator.

In this study, poly (vinyl alcohol) (PVA) was used to form a hydrogel network by chemical cross-linking, and cellulose nanocrystals (CNCs) were bonded with the PVA gel network through hydrogen bonding, which not only improved the mechanical properties of the hydrogel network, but also allowed for denser pores to be formed by the hydrogel. The PVA/CNC/RGO composite hydrogel interfacial evaporation material (PCR) prepared by uniformly distributing reduced graphene oxide (RGO) in the PVA/CNC hydrogel network contains a large number of hydrophilic groups, and the hydrogel polymer network in the PCR captures water molecules through electrostatic interactions and hydrogen bonding, which regulates the hydrogen bonding network and intermolecular forces within the hydrogel, thus regulating the state of water. The hydrogel polymer network in the PCR captures water molecules through electrostatic interaction and hydrogen bonding, and regulates the hydrogen

bonding network and intermolecular forces within the hydrogel, thus regulating the state and phase transition behavior of water, and thus lowering the enthalpy of evaporation. The PCR has excellent spectral absorption in the spectral range of 250-2500 nm (94%). The PCR also achieves self-cleaning of salts and highly efficient evaporation rates, with the PCR achieving an evaporation rate of $1.83 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ (3.5 wt%) for the seawater simulated solution under one sun (1 kW m^{-2}) irradiation and maintaining a stable evaporation performance of $1.82 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ (3.5 wt%) under a high salinity environment with a salinity of 20. The stable evaporation performance of $1.82 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ was maintained at high salinity of 20 wt%, and the removal rate of major metal ions therein was >99%. It is worth noting that the PCR is also able to purify the black liquor generated from pulp and paper, with an evaporation rate of $1.88 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. And PCR on black liquor BOD, COD removal rate of up to 99.9%, breaking the traditional evaporator easy salt crystallization deactivation and difficult to deal with the technical bottleneck of highly polluted wastewater, this work for the development of solar energy-driven high-efficiency salt-resistant water treatment technology to provide a new material design strategies.

A07-P04

High efficiency wastewater evaporator based on solar interfacial evaporation technology coupled with adsorption process

Liping Fang¹, Hairong Yu¹

1. Southwest Minzu University

Once the adsorbent is selected, increasing its specific surface area or adding functional groups has long been regarded as the primary approach to enhance adsorption performance. However, such strategies are often constrained by complex engineering procedures or high costs in practical applications. This study proposes an innovative strategy to enhance the adsorption capacity of heavy metal ions (e.g., Pb^{2+}) in wastewater. By integrating the surface-driven interfacial evaporation (SDIE) technology with the adsorption method, a double-layer hydrogel evaporator was designed and constructed through in-situ polymerization coating of polyaniline on cellulose composite hydrogel surfaces to achieve synergistic optimization of photothermal evaporation and Pb^{2+} adsorption. The as-prepared evaporator exhibits an evaporation rate of $2.72 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ under 1 solar illumination and maintains an evaporation efficiency exceeding 60% even under extreme conditions such as high salinity (25 wt%), strong acid/base environments ($\text{pH}=3-11$), and high Pb^{2+} concentration (400 ppm). The introduction of SDIE technology establishes a dual temperature-concentration gradient field within the system, increasing the Pb^{2+} adsorption capacity from 38.67 to 83.54 mg/g (an enhancement of 216%). Mechanism analysis indicates that the SDIE technology effectively overcomes the bottleneck of diffusion limitation in traditional adsorption process by optimizing the adsorption kinetics and enhancing the ion mass transfer efficiency. This study provides fundamental insights and technical blueprints for developing advanced water treatment systems capable of simultaneous water purification and heavy metal recovery, offering significant implications for sustainable wastewater remediation technologies.

A07-P05

氧化石墨烯光热膜同步实现太阳能界面蒸发与水电联产

朱彦梅¹, 吕荣宾¹

1. 西南民族大学

氧化石墨烯 (GO) 基薄膜在太阳能界面蒸发领域展现出以下优势: (1) 原料来源广泛, 易于实现低

成本制备；(2) 具有宽光谱吸收能力，可实现高效太阳光捕获；(3) 具备出色的亲水特性，丰富的含氧官能团使其能够通过毛细作用与表面张力效应高效输运水分，从而优化蒸发性能。然而，仅依靠 GO 膜本身很难实现光热转换性能、蒸发性能及长期稳定性的协同优化。此外，在蒸发过程中，太阳能吸收体与水之间的温度梯度会引发不可避免的热量耗散，导致整体蒸发效能下降。基于此，为提升 GO 基薄膜在界面蒸发系统中的蒸发效能，提出以下两种优化策略。

(1) 构建具有金属-酚网络 (MPN) 的 GO 复合膜：采用静置沉积策略，将锌离子 (Zn^{2+}) 和单宁酸 (TA) 作为双功能交联剂引入 GO，成功构建 MPN。该结构不仅通过光散射效应增强了宽谱光捕获能力，同时实现了层间距的精准调控，显著促进了水分子传输。在 1 个太阳照度下，GO-Zn-TA₈₀ 复合薄膜表现出良好的蒸发速率 ($\sim 1.74 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) 和光热转换效率 (92.11%)。此外，基于氢键、 π - π 堆积及金属配位等多重相互作用，复合膜在极端环境 (强酸、强碱和高盐) 中展现出优异的稳定性，蒸发速率稳定在 $1.4 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ 以上。这种环保、低成本的蒸发器易于实现大面积生产，在太阳能淡化领域具有良好的应用前景。

(2) 构建基于塞贝克效应的热电联产系统 (TCS)：采用静置沉积法，将 Zn^{2+} 和羧基化碳纳米管 (SWCNTs-COOH) 作为双功能交联剂引入 GO，通过调节 SWCNTs-COOH 的含量，可以精确调控光热膜的光捕获效应和层间微纳结构，从而实现光学和蒸发特性的协同增强。在 1 个太阳照度下，GO-Zn-CNT40 复合薄膜表现出较快的蒸发速率 ($\sim 1.77 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) 和优异的光热转换效率 (92.47%)。此外，通过将此光热膜与可持续的热电模块相结合，开发出了一种基于塞贝克效应的热电联产系统 (TCS)，在户外测试中，该系统每天可生产 4.3 L m^{-2} 淡水，最大电压可达 57 mV，为偏远地区的淡水和电力供应提供了一种潜在的解决方案。

A07-P06

Surface Water Evaporators Mimicking River Transport: Bridging Water-Energy Conflict for Crystallization-Free Hypersaline Desalination

Lu Wang¹

1. Shaanxi University of Science and Technology

Solar interfacial evaporation (SIE) represents a promising solution for sustainable freshwater generation, yet it faces a fundamental challenge in balancing heat localization and salt rejection rooted in inherent water-energy conflicts. Inspired by the evaporation of terrestrial surface water, we present a biomimetic surface water evaporator engineered with an asymmetric hydrophilic (ZnO-CuS)/hydrophobic (carbon cloth) heterointerface, achieving concurrent optimization of water transport, thermal confinement, and salt discharge. This architecture constructs a confined water layer channel (20~60 μm) on the hydrophobic surface to mimic river-inspired transport, which not only concentrates evaporation at the gas-liquid interface, achieving 92.2% solar-to-vapor efficiency and an evaporation rate of $2.82 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ under 1 sun by minimizing parasitic heat dissipation, but also enables crystallization-free operation in hypersaline brine (20 wt% NaCl) over 8 hours via unidirectional flow-driven solute expulsion. Crucially, the ZnO-CuS nano-heterostructure can realize the synergistic degradation of organic pollutants through the in-situ redox reaction, realizing the first holistic integration of "water-energy-salt-pollutant" linkage management on a single platform, and provides an innovative paradigm for the sustainable purification of complex water bodies.

A07-P07

An Extremely Salt-Resistant Hydrogel-Based Solar Evaporator for Stable Saturated Brine Desalination

Jingjing Jin¹

1. Shaanxi University of Science and Technology

Hydrogel-based solar evaporators are widely concerned because of their excellent evaporation performance due to the “water activation” effect by reducing the evaporation enthalpy. However, the current challenge is the trade-off between a high evaporation rate and salt tolerance. Here, a 3D chitosan-based hydrogel evaporator with a directional vertical channel structure using a one-pot in situ strategy and directional freezing method, is innovatively designed. Owing to its vertical channel structure, salt ions can quickly return, while steam can overflow without obstruction, allowing the evaporator to achieve a high evaporation rate and exceptional salt resistance, simultaneously. Consequently, an extremely salt-resistant system is achieved, even in saturated brine (salinity of 26.47 wt.%), with no salt crystals accumulating after continuous over 8 h of evaporation and an excellent evaporation rate of $2.83 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ under one sun illumination. This is the best reported salt-resistant hydrogel-based evaporation system. With the record-high salt resistance, this work improves the practicality of hydrogel evaporators for high-salinity desalination.

A07-P08

基于激光诱导石墨烯的界面蒸发相关研究

黄智健¹, 魏于钧¹, 张静¹, 陈鹏辉¹, 余树东¹

1. 中山大学

界面太阳能蒸汽发生 (ISSG) 为实现高效清洁水生产提供了一种环境友好型解决方案。纤维素纸作为一种绿色可持续基底材料, 已在 ISSG 领域获得广泛应用, 但传统方法将其转化为光热材料仍存在工艺复杂的问题, 本研究通过激光雕刻技术构建纤维素纸基太阳能蒸发器: 以硝酸钴和明胶为前驱体配制复合涂层, 在纤维素纸表面进行预处理后, 结合激光直写技术实现钴掺杂石墨烯的原位一步制备。纤维素纸固有的多孔纤维骨架与明胶涂层的协同作用, 使得激光雕刻后形成具有优异毛细性能的三维多孔石墨烯结构, 在 1 个太阳光照强度下, 该纸基蒸发器可实现优秀的蒸发速率和蒸发效率, 并展现出优异的海水淡化性能。所开发的蒸发器在海水淡化与废水处理领域具有显著应用潜力, 为淡水生产提供了实用化技术路径。

A07-P09

Plant stem-inspired biomimetic design of hydrogel skin-fiber bundle evaporator for dynamic solar treatment and resource re-utilization of high-salinity dye wastewater

Yuxin Yang¹, Yanfei Ya¹, Jun Li¹, Jiechun Lai¹, Changkun Liu¹

1. Shenzhen University

The combination of solar-driven interfacial evaporation (SDIE) and photocatalytic degradation is a promising green technology for comprehensive treatment of high-salinity dye wastewater to reduce environmental pollution and enhance resource re-utilization. Inspired by the compositional structure of the plant stems, we prepared a hydrogel skin-fiber bundle photocatalytic solar evaporator (G-RSC) with a weeping willow morphology by coating the cotton rope with hydrogel which incorporated reduced graphene oxide (rGO) and graphitic carbon nitride (g-C₃N₄). In addition, the photothermal and photocatalysis functions of G-RSC are biomimetic of the photosynthesis of the plant stems. Due to the advantages of the dual water supply and the unique evaporation configuration, the G-RSC displayed an evaporation rate of $2.55 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ under primary solar radiation (1 kW m^{-2}). The evaporator photocatalytically degraded more than 95% of Rhodamine B, Methylene Blue and other dyes in dynamic fluid-flow mode. It was interesting to discover that the photothermal and photocatalytic functions mutually strengthened each other. The evaporation rate and dye degradation rate of G-RSC remained stable, and

no salt crystals appeared on the surface during the 8-hour evaporation process for 7 days, indicating the evaporator's practical utility. Furthermore, the concentrated brine finally derived from G-RSC can be re-utilized in the new batch of the dyeing process to effectively promote dyeing. Finite element simulations showed that the different evaporation rates at various places inside the evaporator were influenced by the internal structure of the evaporation system and the external environment, while the evaporative transportation of water drove the mass transfer diffusion of dyes. The photocatalytic solar evaporator reported in this study offers theoretical support for solar treatment and resource reuse of high-salinity dye wastewater.

A07-P10

当离子筛遇上水凝胶：从微环境调控到协同太阳能脱盐和锂离子选择性吸附

黄新绒¹, 李小可¹

1. 成都理工大学

针对液态锂资源高效提取的迫切需求, 吸附法作为关键解决方案形成了以钛系、铝系和锰系为核心的无机吸附体系。钛系、铝系相较于锰系的吸附容量较低, 然而锰系离子筛虽具有较高 Li^+ 选择性和优秀的理论容量优势, 但其反应时酸引起的歧化反应会导致锰的溶损, 造成环境风险。本研究通过构建负载尖晶石型 $\text{H}_{1.6}\text{Mn}_{1.6}\text{O}_4$ 的明胶/丙烯酰胺双网络水凝胶蒸发器 (HMO/Gel@AM), 提出“光热-吸附协同策略”, 突破了传统吸附法吸附容量低、再生能耗高、溶损污染环境等缺点和太阳能驱动界面蒸发 (SDIE) 技术盐结晶堵塞的局限性。该材料通过共价-物理交联策略构建三维梯度多孔结构, 实现淡化水与 Li^+ 选择性吸附的协同增效。首先是光热-吸附协同, HMO/Gel@AM 具有 95.4% 光吸收率与 $2.37 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ 蒸发速率驱动界面蒸发, 同步提升锂吸附动力学; 其次是微环境-结构协同, 基于 DFT 的机理研究表明: 羧基/羟基动态调节局部 pH 并弱配位锚定 Mn ($-\text{COO}^-$ 、 $-\text{OH} \leftrightarrow \text{Mn}$), 抑制 HMO 在 Li^+/H^+ 交换中的 $\text{Mn}^{3+}/\text{Mn}^{4+}$ 溶出 (溶损率 0.19%, 降幅 6 倍), 并与晶格锰形成弱配位键以增强结构稳定性; 最后该水凝胶蒸发器具有脱盐-抗污效果, 自清洁排盐机制能够保障高盐卤水 (10–15 wt% NaCl) 能够连续运行 15 天, 且户外蒸发-冷凝原型大装置在 15 天内的户外实测中, 在自然光照 ($0.76\text{--}0.91 \text{ kW m}^{-2}$) 下实现 13.94 kg m^{-2} 淡水产出 (TDS < 500 mg/L) 与 $10.2\text{--}13.8 \text{ mg g}^{-1}$ 锂回收, 为近零能耗、环境友好的锂资源化与海水淡化提供了创新解决方案。该工作基于光热-吸附协同策略, 为可持续资源提取提供了新方案。

A07-P11

用于持续海水淡化的分布式封装相变材料的太阳能界面蒸发水凝胶

陈潜¹, 李小可¹

1. 成都理工大学

本研究通过单批次光反应法制备了一种用于持续海水淡化的太阳能界面蒸发水凝胶, 该水凝胶将相变材料 (硫酸钠十水合物, SSD) 分布封装在由海藻酸钠 (SA) 和聚丙烯酰胺 (PAM) 构成的三维多孔双网络水凝胶中, 防止其在相变过程中发生泄漏。水凝胶因其独特的内部结构可以促进水分运输, 调控不同状态的水分含量, 降低水的蒸发焓, 从而大大提高了蒸发效率。并添加主要成分为碳纳米颗粒的中国墨水 (CI) 作为太阳光吸收剂, 在全光谱范围内可实现大于 95% 的光吸收率。

研究中采用扫描电子显微镜 (SEM)、能量色散 X 射线映射 (EDX)、旋转流变仪、X 射线粉末衍射 (XRD)、热分析仪 (TGA)、差示扫描量热仪 (DSC)、接触角测量仪和共聚焦拉曼光谱仪等技术对水凝胶的结构、性能和光热转换能力进行了全面表征, 并通过模拟太阳光的氙灯实验评估了其蒸发性能。结果表明, 该水凝胶具有双网络多孔结构, 孔径约 50 微米, SSD 颗粒均匀分布于孔壁, 展现出良好的机械性能和弹性。

在 1 个太阳光照下, 水凝胶的蒸发速率达到 $2.72 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, 效率为 92.8%, 且在无光照条件下仍能维持 $1.25 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ 的蒸发速率。在户外真实实验中, 该水凝胶相比于没有添加相变材料的墨水水凝胶, 其淡水总产量提高 16.8%。除此之外, 该水凝胶对不同盐度的海水均表现出优异的脱盐性能, 能使总溶解固体 (TDS) 降低 2-3 个数量级, 达到饮用水标准, 并在强酸碱环境下保持稳定的蒸发性能。在不稳定的光照条件下连续稳定运行, 大大提高了太阳能的利用效率。本研究为提高太阳能蒸发器整体蒸发效率, 实现高效、连续的太阳能界面蒸发提供了一种新的解决办法。

A07-P12

功能化淀粉基生物质水凝胶材料用于可持续的大气水收集以及土壤修复

夏俊¹, 李小可¹

1. 成都理工大学

随着全球水资源短缺问题的日益严峻, 全球荒漠化面积已达 3600 万平方公里, 我国荒漠化土地占国土面积 27.2%, 土壤荒漠化的问题日趋严重。但是, 水在自然环境中却是一种非常丰富的资源, 地球上的水资源储量约为 1.4×10^{18} 立方米。尽管有如此丰富的储备, 可利用的水资源仍然非常有限, 大部分可利用的淡水资源存在于地下、地表或空中。传统治理方法存在水资源依赖性强、成本高等局限性, 在干旱地区的使用效果并不明显。空气取水技术因其在干旱地区中自主获取大气水的应用潜力而受到学者们的广泛关注。

为进一步探索生物质材料在空气取水领域的应用潜力, 我们开发了一种兼具高效吸湿性、光热响应性和循环稳定性的新型空气取水材料。使用明胶 (GELATIN) 耦合淀粉 (TAPIOCA) 为骨架, 制备了一种互穿聚合物网络水凝胶, 可用于荒漠化土壤修复。在 25°C 条件下, 相对湿度分别为 30%、60% 和 90% 时, 水凝胶的饱和含水量能达到 0.9、2.4 和 5.2 g g^{-1} 。在户外实验下, 一个昼夜循环收集到的水约为 1.44 L kg^{-1} , 室外集水装置的 AWH 效率为 89%。通过简单的太阳能盆栽装置将水凝胶用于荒漠化的土壤修复, 水凝胶在夜间捕获大气水, 在白天释放吸附的水, 并且在没有液体水供应的情况下灌溉植物。在整个生长阶段, 所接收的淡水能维持植物的萌发、生长和存活率。本工作强调了基于生物质材料的吸湿为解决土壤荒漠化以及水资源循环利用提供创新解决方案。

A07-P13

少即是多——太阳能界面光蒸发中的热对流调控新方法, 以更少材料实现更高效率

李金池¹, 李小可¹

1. 成都理工大学材料与化学化工学院

全球水资源短缺问题日益严峻, 界面太阳能蒸汽生成 (ISSG) 技术凭借其高效能量转换和环境友好性为可持续淡水生产提供了新的可能性。迄今为止, 已经开发了多种光热材料来提高蒸发性能, 并且基于这些材料特性, 学者们还设计了具有不同结构的蒸发器。然而, 这些策略的实施似乎已达到瓶颈, 它们的优化或组合难以进一步提高蒸发率或效率。实际上, 提高蒸发率的最直接方法是通过在材料表面上方加强热对流, 这解释了为什么吹风机可以快速吹干头发。本报告首先通过 COMSOL 模拟深入探究了合理的结构设计对于界面热分布和热对流的影响。然后结合木薯淀粉/聚乙烯醇基底与碳纳米管修饰的铅基金属-有机框架 (MOF801@CNT) 光吸收剂, 设计了一种环形三维结构蒸发器, 验证了界面热对流在强化蒸发性能方面的关键作用。研究发现, 移除蒸发器中心的“蒸发死区”后可优化界面热分布和热对流, 从而显著提升蒸发性能。实验结果有力验证了模拟结论, 经结构优化后的蒸发器速率达到 $3.47 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, 比传统设计高出 66%, 同时材料使用量减少了 12.7%。为探究其在实际应用中的潜力, 搭建了相应的户外实验装置。在自然光下该装置每天可收集淡水约 5.073 kg。通过使用更少材料的同时达到更高的蒸发率, 这种方法为 ISSG 领域提供了兼具高效能、低成本与可扩展性的创新解决方案, 为有效的太阳能脱盐提供了新的视角。

A07-P14**一种用于海水淡化的内部水含量分布可调节的水凝胶蒸发器**王瑶瑶¹, 孟桂花¹

1. 石河子大学

Interfacial solar evaporation represents a promising strategy to address global water scarcity. However, designing evaporators capable of maintaining optimal surface wettability to minimize heat loss while achieving high-efficiency clean water production remains a critical challenge. Here, we design a temperature-responsive hydrogel evaporator based on N-isopropylacrylamide (NIPAm), with a Lower Critical Solution Temperature (LCST), acrylamide (Am), and in situ polymerized polypyrrole (Ppy). The evaporator dynamically regulates water distribution via hydrophilic-lower hydrophilicity transition: the sunlight-exposed region becomes lower hydrophilicity ($>LCST$) to reduce heat loss, while the submerged region stays hydrophilic ($<LCST$) to ensure water supply. This synergy enables an evaporation rate of $3.48 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ and 91.8% efficiency under 1 sun illumination (1 kW m^{-2}). More importantly, the evaporator shows exceptional salt tolerance, maintaining about $3.14 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ (90% of the initial rate) over 25 cycles in 12.5 wt% brine without salt crystallization. This work proposes a novel strategy for sustainable solar desalination by enabling high-efficiency and stable performance under realistic operating conditions.

A07-P15**Salt-Resistant Composite Aerogel with Sponge-Templated 3D Interconnected Superhydrophilic Channels for Rapid Evaporation**Yong Bai¹, Fang Li¹

1. Donghua University

Solar-driven interfacial evaporation (SDIE) offers an economically viable and sustainable solution for seawater desalination. However, simultaneously achieving a high evaporation rate and long-term salt resistance remains a critical challenge. Herein, a composite aerogel-based interfacial evaporator (PCPG) is presented, fabricated by attaching a hydrophilic gel matrix to a polyurethane sponge framework via a spatial confinement strategy. This innovative design optimizes pathways for water transport and salt ion diffusion: capillary action ensures continuous water supply, while three-dimensionally interconnected channels significantly enhance the back-diffusion of salt ions. Within the hydrated gel network, hydrophilic groups effectively activate water molecules, altering their state and substantially reducing the enthalpy of evaporation. Furthermore, the side surfaces of this 3D evaporator spontaneously harvest additional energy from the ambient environment, enabling an exceptional evaporation rate of $6.13 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ under one-sun illumination. Remarkably, the PCPG maintains a high evaporation rate of $5.21 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ even after continuous operation for 10 hours in simulated brine with a salinity of 20 wt%, demonstrating outstanding salt resistance. Additionally, the multicomponent polymeric cross-linked network significantly enhances the aerogel's mechanical robustness and long-term stability under harsh conditions. This work provides novel insights into the development of efficient and stable composite aerogel-based interfacial evaporators.

A07-P16**基于动态粘附与导热网络协同增强的 PAM-AA/TA/BN 水凝胶用于高效太阳能电池冷却**

陈俊良¹

1. 桂林电子科技大学

随着电子设备集成化发展，热管理已成为制约其性能与可靠性的关键瓶颈。受哺乳动物排汗机制启发，水凝胶基蒸发冷却技术通过相变传热实现高效散热，展现出显著的冷却适应性。然而，传统水凝胶在实际应用中面临三大核心挑战：（1）界面接触热阻导致传热效率低下；（2）动态条件下粘附失效；（3）水分流失引发的机械变形与界面分离。本研究创新性地开发了一种兼具高导热（0.5355 W/(m K)）与强粘附的双功能复合水凝胶。该材料以丙烯酰胺-丙烯酸共聚物为基质，通过羧基/酰胺基氢键网络实现水分调控；引入单宁酸构建儿茶酚为主的动态粘附界面；同时利用氮化硼构建三维导热通路。应用于多晶硅太阳能电池时，在 1 kW m^{-2} 辐照下实现 19°C 的温降，对应光电转换效率提升 1.25%，为电子设备的热管理提供了革命性的解决方案。这项研究不仅解决了蒸发冷却技术的工程化难题，更为实现电子设备的节能增效与碳中和目标提供了新范式。

A07-P17

应变调控对 $\lambda\text{-Ti}_3\text{O}_5$ 电子结构的影响杨蕊¹，闫海乐¹，杨波¹，左良¹

1. 东北大学材料科学与工程学院材料各向异性与织构重点实验室

平带电子结构因其高联合态密度特性，在光热转换领域展现出重要应用前景。然而，现有平带材料仍普遍存在色散较强的问题，严重制约光热转换效率。当前研究基于第一性原理计算，采取不同应变方式对晶胞的电子结构进行调控，从而获得色散更弱的平带。这些关键科学问题的研究有望推动新一代高效光热器件的设计与制备。

在本研究中，我们基于密度泛函理论的 DFT 计算，通过晶格应变工程调控 $\lambda\text{-Ti}_3\text{O}_5$ 电子结构，系统揭示了 Ti-Ti 二聚体键长与平带色散的构效关系。具体而言：（1）调控晶胞参数：在保持晶胞体积恒定下，对晶格参数（a、b、c、 β ）施加 $\pm 1\%$ - $\pm 3\%$ 单轴应变，发现 β 角拉伸 3% 时，平带区域带宽由 0.310 eV 减小至 0.295 eV（降幅约 4.84%），同时 Ti2-Ti5 二聚体键长从 2.725 Å 缩短至 2.678 Å（减小约 1.72%），键长减小，导致库伦相互作用增强，排斥力变大，平带色散变更弱，从而实现平带色散弱化。我们的研究揭示了 Ti2-Ti5 二聚体与 $\lambda\text{-Ti}_3\text{O}_5$ 平带的相关性。（2）二聚体特异性响应：通过对比 Ti1-Ti2 与 Ti2-Ti5 二聚体键长的应变（ $\pm 10\%$ 幅度）效应，发现 Ti1-Ti2 键长改变对平带结构的调制灵敏度更高——其键长缩减 10% 可使平带展宽从 0.310 eV 增大到 0.480 eV（增大 54.84%），而 Ti2-Ti5 相同应变下增大为 0.359 Å，提升 15.8%，表明 Ti1-Ti2 二聚体是平带工程的“敏感开关”。本研究建立了 $\lambda\text{-Ti}_3\text{O}_5$ 体系中 Ti-Ti 二聚体几何敏感度与平带特性的定量关联模型，为光热材料设计提供了理论设计。

A07-P18

通过双峰多孔结构凝胶实现高效的太阳蒸发

唐若兰¹，陈万骐¹，杨波¹，张博¹，闫海乐¹，李松¹，左良¹

1. 东北大学

太阳能驱动的界面蒸发技术因其环保和可持续优势，成为缓解全球水资源短缺问题的重要解决方案。从 2D 到 3D 结构的太阳能蒸发器设计被认为是突破太阳能—蒸汽效率理论极限的关键方向。然而，3D 太阳能蒸发器面临着耐盐性差和流体输送高度不足的关键挑战。

目前，多孔水凝胶材料的开发为提高 3D 太阳能蒸发器供水能力提供了新思路。近年来，研究者们通过引入亲水性物质以及定向冷冻技术等方式，构建出具有一定结构导向性的水凝胶系统来增强供水性能。

然而，单一尺度的孔径设计，往往导致供水能力与储水能力难以兼顾。因此，如何构建兼具快速供水与稳定储水能力的双尺度孔道结构，是当前蒸发材料结构设计面临的关键问题之一。

针对这一关键矛盾，本研究创新性地提出一种基于 PVP 诱导相分离的双峰多孔结构策略，通过精确调控 PVP 含量，在 PVA 水凝胶中构建了 2 μm （输送水）和 72 μm （储水）的双峰孔结构，在显著提升了毛细供水高度和速率的同时，还构建了盐度梯度驱动盐回流通道。将该双峰结构与平带 $\lambda\text{-Ti}_3\text{O}_5$ 光热材料协同，通过定向冷冻技术形成竖直排列的流体通道，进一步加强水运输。得益于这种多尺度孔道设计，该蒸发器在 1 个太阳光照下达到 $8.03 \pm 0.1 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ 的蒸发速率和 216.3% 的表观效率，并在 15 wt.% 盐水中保持 100 小时无盐结晶的稳定运行。这项工作为高效、耐盐的高架 3D 太阳能蒸发器的结构设计提供了重要的见解。

A07-P19

Al 掺杂 Ti_4O_7 的太阳光吸收性能高温稳定性研究

吕沛泽¹, 孙文钊¹, 杨波¹, 闫海乐¹, 左良¹

1. 东北大学材料科学与工程学院

Ti_4O_7 作为一种具有优异光热转换性能的金属氧化物，因其宽光谱吸收能力和环境友好性，在太阳能驱动水蒸发领域得到广泛关注。然而， Ti_4O_7 作为一种亚氧化物在高温含氧环境中易被快速氧化为 TiO_2 ，进而导致光吸收性能显著退化，严重制约其在聚光太阳能热发电（CSP）等高温光热转换领域的应用。目前已有研究表明，Al 元素掺杂可以通过优先形成致密氧化膜和抑制氧迁移等机制来有效提升材料的抗高温氧化性能。因此，系统研究 Al 掺杂 Ti_4O_7 的高温氧化行为及其太阳光吸收能力高温稳定性是十分必要的。

本研究采用氢气还原法成功合成了一系列 Al 掺杂的 Ti_4O_7 材料，其中 Al 掺杂浓度分别为 3 at.%、6 at.% 和 10 at.%。通过在 1050°C，氢气流量 0.5 L/min 的环境下对不同配比的纳米 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 与纳米锐钛矿型 TiO_2 混合粉末还原退火处理 1 h 制得。为进一步探究 Al 掺杂 Ti_4O_7 的抗氧化性能及太阳光吸收性能高温稳定性，对样品进行多组不同温度和时间氧化退火处理，并结合紫外可见光近红外（UV/Vis/NIR）光谱分析其光吸收性能演变规律。实验结果表明氧化会诱导反射光谱特征改变，反射波谷随氧化程度加剧从可见光区向近红外区迁移，可见光区的反射率则会随之显著上升。值得注意的是，Al 掺杂 10 at.% 的 Ti_4O_7 经过 400°C，10 h 的氧化退火处理后仍保持 95.8% 的太阳光吸收率，高于未掺杂样品的 92.2%，性能衰减幅度仅为后者的 26.4%。该结果证明 Al 掺杂能够有效的提升 Ti_4O_7 的抗氧化性和太阳光吸收性能高温稳定性，具有可持续和实际应用的潜力，为高温光热转换材料的选择提供了一种新方向。

A07-P20

3D-printed flower-inspired evaporator for simultaneous solar seawater desalination and hydrogen production

Meng Xia¹, Juanxiu Xiao¹

1. Hainan University

Solar-driven interfacial evaporation offers an eco-friendly way to tackle freshwater scarcity. However, solar evaporators face challenging conditions in practical applications, requiring consideration of salt accumulation, durability, and cost issues. Here, a biomimetic hydrogel evaporator (PDA-BTO/CPSS-FH) was developed by integrating polydopamine-BaTiO₃/CuPbSbS₃ (PDA-BTO/CPSS) with a 3D-printed PAAc-PEGDA flower-shaped hydrogel (FH). Benefiting from unique divergent water supply channels and the Marangoni effect, the resulting PDA-BTO/CPSS-FH evaporator achieves an impressive evaporation rate of 2.71 $\text{kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ in 3.5 wt% brine solution at one-sun irradiation, surpassing most reported 3D printed evaporators. The long-term durability test indicated that even in a highly concentrated 7.0 wt% brine, the evaporation rate maintains 2.51 $\text{kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ for over

100 hours, with salt formation confined to the periphery of the evaporator. Additionally, the enhanced photocatalytic activity enabled by the piezoelectric properties of the low-cost BTO/CPSS heterostructure facilitates high hydrogen evolution rates of $240.96 \mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ in collected fresh water and $226.32 \mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ in natural seawater. This work presents a design approach for multifunctional “all-in-one” solar evaporators, highlighting their potential for freshwater and clean energy production, with promising applications in addressing global water and energy challenges.

A07-P21

具有锥形阵列结构的太阳能光热水凝胶蒸发效率研究

吕邦赫¹, 杨波¹

1. 东北大学

淡水资源短缺与分布不均已成为全球性挑战。太阳能驱动界面蒸发 (SSD) 作为一种绿色海水淡化技术受到广泛关注, 其中界面阵列设计可有效增大蒸发表面积、提升蒸发效率。然而, 现有基于铣削或 3D 打印技术制备的阵列蒸发器 (如圆柱、圆锥、金字塔) 常受限于复杂的工艺和高昂成本, 且不同阵列几何形貌 (形状、高度、排布密度) 对蒸发性能的影响机制尚需系统研究。

本研究提出一种基于溶胶凝胶化学法的低成本、简易化制备策略。利用 PVA(0599 型)与 $\lambda\text{-Ti}_3\text{O}_5$ 粉末混合制得预聚物溶液, 结合复合铝合金-橡胶模具, 成功制备了具有不同几何形貌 (平板、圆柱、圆锥、半球) 的阵列蒸发器。通过严格控制单一变量, 系统探究了阵列形状、锥体高度 (0 mm, 5 mm, 10 mm, 15 mm) 及排布密度 (0×0 , 4×4 , 5×5 , 8×8) 在标准太阳辐照度 (1 kW m^{-2}) 下的蒸发性能。实验结果表明: 半球形阵列 (蒸发速率: $1.54 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$)、15 mm 高锥形阵列 ($1.57 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) 及 8×8 高密度排布阵列 ($1.73 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) 展现出最优蒸发性能。性能差异归因于阵列几何形貌差异显著影响了界面蒸发面积、光捕获-抗反射能力、马兰戈尼效应强度以及水蒸气逸散效率。此外, 为期两天 (累计 16 小时) 的户外高盐卤水蒸发测试表明, 所制备蒸发器平均蒸发速率达 $1.33 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, 且运行过程中无盐析出, 展现了良好的实际应用潜力与抗盐稳定性。

本研究发展的溶胶凝胶-模具成型法显著降低了高性能阵列蒸发器的制备难度与成本, 并深入揭示了阵列几何形貌对界面蒸发过程的多维度影响机制, 为推进太阳能界面蒸发技术的实用化海水淡化进程提供了有效新途径。

A07-P22

超声波处理碳纳米管水凝胶界面蒸发器件性能的影响

刘佳滢¹

1. 汕头大学

太阳能驱动界面蒸发技术因其高效利用太阳能进行海水淡化和污水净化而备受关注。水凝胶基蒸发器因其优异的水传输和光热转换能力成为研究热点。本研究聚焦于超声波处理在碳纳米管 (CNT) 水凝胶制备过程中的关键作用及其对最终界面蒸发性能的影响。通过在 CNT 水凝胶前驱体溶液聚合过程中引入一定参数的超声波辐照, 系统研究了超声波处理对水凝胶微观结构、亲水性、光吸收特性及水传输行为的调控效应。研究表明, 超声波处理显著优化了 CNT 在水凝胶网络中的分散均匀性, 有效减少了 CNT 团聚, 并促进了水凝胶内部形成更贯通、更有利于毛细输水的多孔网络结构。这种由超声诱导的结构优化, 一方面增强了水凝胶的光热转换效率, 另一方面显著降低了水分子在凝胶内部的传输阻力。最终, 经超声波处理的 CNT 水凝胶蒸发器件展现出卓越的界面蒸发性能, 其水蒸发速率较未经超声处理的对照组器件获得显著提升。本工作明确揭示了制备过程中引入超声波处理是提升碳纳米管水凝胶蒸发器蒸发性能的有效途径。

效策略，其关键在于优化微观结构和改善输水能力，为高性能太阳能水净化器件的设计提供了新的思路。

A07-P23

Organic Cocrystal Engineering: Design, Synthesis and Photothermal Application

Rui Shi¹, Hui Jiang^{1, 2}

1. Tianjin University

2. The International Joint Institute of Tianjin University

Photothermal technology has become one of the research hotspots in the energy field since it can directly utilize solar energy to drive thermal effects (such as seawater desalination, thermoelectric conversion, photothermal catalysis, etc.). The main problems in the photothermal conversion process include high cost, complex preparation process, etc. Therefore, designing and synthesizing high-performance photothermal materials for commercial applications is imperative. Organic cocrystals can effectively drive the absorption or emission spectra of cocrystals to extend to the near-infrared region, and there are other advantages due to their strong charge transfer interaction. They have become an effective strategy for achieving high-performance photothermal materials. This study designed and synthesized organic cocrystals with pentacyclic fused compounds as donor materials and tetracyanoquinodimethane as acceptor materials. The relationship between cocrystal structure and photothermal properties was investigated, and the near-infrared photothermal conversion efficiency of 31.86% was achieved. When organic cocrystals are applied in photo-thermo-electric conversion and combined with thermoelectric devices, an output voltage of 0.162 V and an output power density of 4.08 W m^{-2} can be generated after one solar exposure. Its performance is superior to that of traditional photothermal conversion materials. This research can develop its potential applications in combined water-electricity generation and provide a theoretical basis and technical references for promoting its development to a higher level in the photothermal field.

A07-P24

λ - Ti_3O_5 氧化诱导的相转变与性能演变探究

孙文钊¹, 吕沛泽¹, 杨波¹, 闫海乐¹, 左良¹

1. 东北大学材料科学与工程学院

金属性 Magneli 相 λ - Ti_3O_5 由于 Ti-Ti 二聚体诱导的费米能级附近的平带结构，表现出高达 96.4% 的高太阳光吸收率，在光催化制氢、太阳能驱动界面水蒸发等方面引起广泛关注。然而， λ - Ti_3O_5 对太阳光的高吸收体现在可见光区域内，而在紫外区和近红外区域的吸收相对一般。有研究表明，通过在含 Ti^{3+} 的颗粒核上退火氧化，控制含 Ti^{4+} 的壳的生长，光学性能可以得到调节。因此，为进一步提高 λ - Ti_3O_5 的吸收率，系统研究 λ - Ti_3O_5 的高温氧化行为及其太阳光吸收能力变化值得进一步研究。

本研究采用氢气高温还原法以纳米锐钛矿 TiO_2 粉末为原料，成功制备出纯度 99% 以上的 λ - Ti_3O_5 材料。对 λ - Ti_3O_5 粉末在不同温度（100、200、300、400℃）下进行 2 h 退火氧化处理，得到不同氧化程度的 λ - $\text{Ti}_3\text{O}_5/\text{TiO}_2$ 粉末。通过使用 X 射线衍射（XRD）、X 射线光电子能谱（XPS）、扫描电子显微镜（SEM）、透射电子显微镜（TEM）和紫外可见近红外分光光度计对其进行表征。实验结果表明，制备所得的 λ - Ti_3O_5 粉末的光吸收率为 96.41%，与文献一致。在 100 和 200℃ 下进行退火氧化 2 h， λ - Ti_3O_5 会发生微量相变，产生 β - Ti_3O_5 ，光吸收率并未发生大的变化；在 400℃ 进行退火氧化，会产生明显的 TiO_2 ，同时光吸收率明显降低，而在 300℃ 进行退火氧化，可见光波段的反射率有所上升，但并不明显，近红外波段的反射率有明显下降，整体的光吸收率相比未退火氧化的 λ - Ti_3O_5 进一步提高，达到了 97.42%，证明在 λ - Ti_3O_5 表面氧

化产生 TiO_2 可以进一步改善 $\lambda\text{-Ti}_3\text{O}_5$ 的太阳光吸收率。

A07-P25

有机共晶材料的设计合成与光热应用研究

师瑞¹, 姜辉^{1,2}

1. 天津大学

2. 天津大学福州国际联合学院

光热技术因其可直接利用太阳能驱动热效应或化学反应（如海水淡化、热电转换、光热催化等），成为能源领域的研究热点之一。光热转换过程中现存的主要问题包括材料成本高、制备工艺复杂等，因此设计、合成新型光热材料势在必行。其中，有机共晶因其强电荷转移相互作用，可有效驱动共晶的吸收或发射光谱扩展到近红外区域等优点，成为一种实现高性能光热材料的有效策略。本研究以有机共晶为载体，以五环稠合化合物作为给体材料，四氰二甲基对苯醌为受体材料设计合成有机共晶，研究共晶结构与光热性能之间的关系，具有 31.86% 的近红外光热转换效率。将有机共晶应用于光热电转换中，与热电器件相结合，经过一个太阳光照可产生 0.162 V 的输出电压和 4.08 W m^{-2} 输出功率密度，其性能优于传统的光热转换材料。本研究可发展其在水电联产中的潜在应用，推动其在该领域向更高层次发展提供理论依据和技术参考。

A07-P26

具有侧向通道的三维螺旋蒸发器用于高效太阳能驱动水净化

赵麟¹, 于中振¹, 李晓锋¹

1. 北京化工大学

界面光热蒸发器因其环保无污染的特性及无需额外能源输入的优势，为应对淡水短缺危机提供了一种极具前景的淡水获取方法。其中，三维结构蒸发器通过增大蒸发面积并从环境中汲取热量，可显著提升蒸发性能。然而，对于多数三维蒸发器而言，内部蒸汽难以有效逸出的问题限制了其蒸发性能的充分发挥。为此，本研究提出一种创新的结构设计策略：将光热性能优异的聚吡咯（PPy）负载在棉纤维无纺布上，构筑成三维螺旋结构蒸发器（PCNF），并引入侧向通道以促进内部蒸汽快速逸出。PPy 层赋予蒸发器优异的光热性能和化学稳定性。三维螺旋结构显著增大了蒸发面积，并能从环境中汲取能量，激活侧面蒸发。而侧向开口的通道则有效解决了三维结构内部蒸汽积聚的问题，确保蒸汽高效逸出，并最终促进内表面蒸发，从而显著提升整体蒸发性能。得益于这一创新性设计，PCNF 蒸发器在 1 个太阳光照下实现了高达 $3.26 \text{ kg m}^{-2}\text{h}^{-1}$ 的蒸发速率和 138% 的能量效率。作为三维织物基蒸发器，其独特的仿生根部结构还能从土壤和沙土中高效汲取并净化水，蒸发速率可达 $2.9 \text{ kg m}^{-2}\text{h}^{-1}$ ，在干旱地区展现出巨大的实际应用价值。此外，PCNF 蒸发器在处理盐水和多种废水时展现出卓越的稳定性和可重复使用性，为实现环境可持续性和资源高效利用提供了新的途径。

A07-P27

通过定向冷冻铸造和盐析增强坚固耐用的防污复合水凝胶，可实现高效的太阳能蒸发

李舒苗¹, 李晓锋¹

1. 北京化工大学

通过定向冷冻铸造和盐析工艺成功构建了由聚乙烯醇、海藻酸钠和 MXene 组成的坚固且防污的水凝胶基太阳能蒸发器。定向冷冻有助于形成垂直排列的、相互连接的通道，径向排列的通道有利于水快速地向蒸发器表面输送，而优化的盐析过程促进聚合物链的交联，创造一个海绵状多孔结构，提高力学性能，如高弹性和卓越的柔韧性。设计的水凝胶蒸发器同时具备快速的水传输能力及优异的力学性能。并且，在全太阳光谱中实现了超过 96% 的光吸收，在一个模拟太阳光强照射下，蒸发率可达 $2.53 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ，能源效率达到 93%。此外，其独特的互连多孔结构增强了耐盐性，即使在脱盐高浓度盐水时也具有出色的抗盐能力，保证了长期运行时的稳定性能。这些优异的特性使水凝胶蒸发器适用于海水淡化和废水净化的实际应用。

A07-P28

制备具有特定微观和宏观中心对称几何形状的墨汁水凝胶蒸发器，以响应不同的太阳入射角实现水的高效蒸发

房晓阳¹，李晓锋¹

1. 北京化工大学

水凝胶作为海水淡化的优异材料，可以改变水分子团簇的结构，从而大大提高蒸发速率。我们利用海藻酸钠与钙离子快速交联的特性，将在水中易分散的传统中国墨水包裹形成凝胶基蒸发器。为了进一步提高蒸发器的蒸发速率，通过冷冻技术构建径向通道，由于冰晶的挤压作用和 PDMS 的塑形作用，所制备的蒸发器呈现出海胆状的内部和外部高度中心对称的几何形状，然后进行冷冻干燥和交联以保持结构。海胆型蒸发器是利用反向模板法对光滑蒸发器表面进行修饰后得到的。该方法制备的蒸发器具有众多多级孔道，促进了水在太阳旋转时从不同入射角下的快速输送，克服了水凝胶因供水不足而导致的结构收缩，并且保证蒸发速率不受影响。此外，海胆型水凝胶的放射状通道打破了传统的盐水连续集中在蒸发速率最高的同一区域的限制。结果表明，海胆型海藻酸钙凝胶基蒸发器在 1 次太阳照射下的水分蒸发速率为 $3.52 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ，比未进行表面图案化修饰的蒸发器蒸发速率提高了 45.5%，并且可以做到不受太阳入射角影响的连续蒸发。

A07-P29

基于蒸发界面结构设计的 3D 打印高效耐盐太阳能蒸发器

杨何¹，彭美文¹，江林¹

1. 苏州大学

淡水资源短缺日益严峻，已成为制约人类社会可持续发展的关键挑战之一。太阳能界面蒸发技术通过将绿色可持续的太阳能转化为热能，驱动盐水在蒸发界面发生相变以获取淡水，为解决这一难题提供了新途径。然而，现有太阳能蒸发器在快速蒸发过程中会导致蒸发界面盐浓度升高，若不能及时转移浓盐水，一旦超过饱和浓度就会引发盐分沉积。界面盐结晶不仅会降低太阳能吸收效率，还会堵塞蒸发界面微观结构，进而削弱水分传输能力并阻碍水蒸气溢出，最终导致蒸发速率和产水速率下降。因此，界面盐沉积问题已成为制约太阳能蒸发器发展的主要瓶颈。

针对这一问题，本研究首先利用 3D 打印技术通过调控微观结构设计了多级多孔石墨基蒸发器。明确其微观结构、传质通量和抗盐性能之间的构效关系后，实现了高蒸发速率下对不同浓度盐水的稳定淡化，解决了蒸发器耐盐速率低的问题。接着，设计三维蒸发界面并结合局域表面等离子共振效应，制备出具有高效热质蒸发界面的三维表面等离子共振蒸发器。这一设计同时达成高传质通量和高太阳能利用能力，解决了蒸发器产水性能低的问题。然后，利用传质特性不同的材料，设计并制备出具有异构蒸发界面的太阳能蒸发器，实现了对高浓盐水的高效水盐联产，为新型水盐联产蒸发器的设计提供了新思路。最后，

还利用 3D 打印技术构建了可用于有机废水的催化-产水双功能蒸发器、具有锂提取功能的离子分离蒸发器和可实现全天候盐水淡化的电热蒸发器，为太阳能蒸发器的应用开辟了更广阔的前景。

A07-P30

基于多功能水凝胶纳米复合材料的空气取水耦合光催化制氢性能研究

师进文¹, 杨玮洁¹, 程诚¹, 司凌飞¹, 崔元永¹, 剡雪丽¹, 刘茂昌¹, 敬登伟¹, 郭烈锦¹

1. 西安交通大学

随着全球能源危机与淡水短缺的加剧,发展低碳可持续制氢技术成为研究焦点。光催化制氢技术(PHE)因可直接利用太阳能驱动水分解而备受关注,但传统 PHE 系统依赖液态水(如纯水、海水或废水)作为反应物,受限于水源地理分布,尤其在干旱地区难以实际应用。尽管基于空气取水(AWH)的制氢技术为无液态水供应场景提供了新思路,但现有空气取水耦合光催化制氢体系常因吸湿能力不足、存在界面阻力或光催化剂失活导致水-氢转化效率低下。更关键的是,大多数光催化体系严重依赖牺牲剂(如乙二醇、三乙醇胺等)来促进氧化反应,这种方法不仅增加了操作成本,而且从根本上损害了系统的可持续性。

针对上述挑战,本研究开发了一种多功能吸湿-光催化水凝胶纳米复合材料突破上述瓶颈:(1)材料设计:构建 LiCl 嵌入的聚丙烯酰胺和丙烯酸-2-羟乙基酯交联的三维网络水凝胶,实现高效水分捕获(4.49 g g^{-1})与盐分稳定封装;(2)界面工程优化:在 $\text{SrTiO}_3:\text{Al}$ (STO) 光催化剂表面引入导电 TiO_x 纳米层,显著提升电荷分离效率并降低气-固界面质子传输势垒;(3)水-能协同机制:通过将光催化组分与吸湿水凝胶进行集成,实现原位水分定向迁移与太阳能驱动水分解的同步进行,光催化制氢效率达到 $1.88 \text{ mmol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ 。实验表明,该系统在自然昼夜循环下无需外部能源输入即可达到 2.70 mmol g^{-1} 的日间产氢量。本研究为干旱地区分散式清洁燃料生产提供了自主化技术原型,标志着能源-水系统管理从资源依赖向环境自适应的范式革新,对推动双碳目标下可再生能源技术的普适化应用具有重要战略意义。

A07-P31

基于金属表面等离子激元的光谱调控策略及应用

方诗琦¹

1. 南京大学现工院

光子既是能量的基本载体,也是信息传输的关键媒介。光谱调控在实现高效能量转换与信息显示的隐匿中发挥着至关重要的作用。金属纳米颗粒因其独特的局域表面等离子激元共振(LSPR)效应,在入射光频率与其表面自由电子的集体振荡频率匹配时,会与光发生强相互作用,从而在特定波段产生显著的共振吸收峰。通过调控金属纳米结构中颗粒的尺寸、形貌与排列密度等参数,可灵活调节其光谱响应特性。

本报告所介绍的研究内容,正是通过精心设计金属基纳米结构,利用 LSPR 效应在能源领域实现了高效的能量利用;同时,在信息技术领域实现了多波段兼容隐身,展现出广阔的应用前景。

A07-P32

D-p hybridization induced intermediate band in CrN co-doped TiO_2 towards efficient photothermal conversion

Xin Hu¹

1. Dalian Institute of Chemical Physics

Solar-to-heat conversion represents a promising approach for widespread applications. Most previous efforts have focused on designing materials with broad-spectrum absorption to maximize the utilization of the full solar

spectrum, while the importance of tuning electronic structure, particularly the defect states towards enhancing intrinsic photothermal conversion has been less emphasized. Herein, we reported that the d-p hybridization induced by CrN co-doped TiO₂ can introduce a delocalized intermediate band, serve as efficient recombination sites and achieve a high photothermal internal efficiency of 92.5 % for 365 nm and 97.9 % for Xe lamp irradiation surpassing the single-doped counterparts. Experimental characterizations together with theoretical simulations reveal that the Cr 3d - N 2p hybridization breaks spin polarization, utilizes the favorable localization of Cr 3d orbitals to regulate the energy position (E_{trap}) and forms delocalized π , π^* bonds sparse in space, all of which are favorable for e-h recombination. Furthermore, the high photothermal performance of CrN-TiO₂ could lead to a remarkable solar steam generation rate of 1.64 kg m⁻² h⁻¹ (2D) and 4.59 kg m⁻² h⁻¹ (3D) under one sun irradiation, demonstrating potential for real-world seawater desalination and waste water purification applications.

A07-P33

通过氢键网络和溶剂化结构的动态调节实现协同的光热海水淡化和水中有机污染物催化降解

伍敬¹, 于明源¹, 殷光¹

1. 北京化工大学

为实现海水/盐水的同步高效连续光热蒸发与水中有机污染物的催化降解, 我们开发设计了一种新型双层膜流动床水净化系统。上层膜由细菌纤维素、碳纳米管和羟基碳酸钴纳米棒构成, 负责光热水蒸发以及污染物催化降解。下层膜由细菌纤维素和羟基碳酸钴纳米棒构成, 浸入水中以实现快速水传输和降解污染物。利用细菌纤维素和羟基碳酸钴丰富的表面-OH 基团, 可以调节膜内的氢键网络, 增加弱结合水的比例, 从而降低水的蒸发焓, 提高光热水蒸发效率。催化过程中产生的 SO_4^{2-} 和 HSO_5^- 阴离子能够优先吸附于蒸发表面, 调节 Na^+ 的溶剂结构, 阻碍 Na^+ 的脱溶剂化, 从而抑制 NaCl 的成核与生长, 增强抗盐性能。在高级氧化过程中, 合成的羟基碳酸钴纳米棒能够加速自由基的生成, 进而有效降解多种有机污染物。该流动床水净化系统在 1 个太阳光照条件下, 展现出 1.81 kg m⁻² h⁻¹ 的水蒸发速率。在处理含 25 wt% NaCl 和 50 ppm 环丙沙星的高浓盐水时, 仍能实现高达 1.88 kg m⁻² h⁻¹ 的水蒸发速率, 同时环丙沙星降解率达 94%。此研究为设计新型光热水净化系统提供了新的思路。

A07-P34

3D 打印界面蒸发材料及其液体输运性质研究

彭美文¹, 江林¹

1. 苏州大学

近年来, 3D 打印技术在界面蒸发材料领域展现出独特优势, 其通过精准调控多级孔道结构, 显著提升了液体输运效率与蒸发性能。发展新型多级孔道组装策略, 揭示多级孔道结构中液体输运性质调控规律, 并建立相应的高性能界面蒸发材料设计新原理具有十分重要的科学意义。

我们将光热材料(如碳基复合材料、等离激元材料)进行微纳尺度和宏观尺度组装, 以构筑具有优异液体输运、太阳能利用率和机械性能的 3D 打印界面蒸发材料, 并应用于太阳能海水淡化和资源提取领域。在微观尺度将光热材料通过冷冻铸造诱导自组装和基底表面组装构筑成微纳多级孔结构, 并在宏观尺度利用 3D 打印将微纳多级孔结构进一步组装成厘米级以上的陷光结构和支架结构等, 实现优化的传输特性、蒸发效率和太阳能转化效率。此外, 我们聚焦 3D 打印界面蒸发材料的液体输运机制, 通过仿生结构(如分形网络、梯度孔隙)优化毛细力驱动下的液体输运路径和速度。未来研究中将进一步探索多物理场耦合下的跨尺度输运模型, 并拓展低成本环保材料的打印体系, 为工业级界面蒸发系统开发提供理论支撑与技

术路径。

A07-P35

高效淡水生产与光催化制氢双功能材料的设计与性能研究

蔡瑞芸¹, 景艳菊¹, 李吉焱¹, 李安¹

1. 兰州理工大学

为应对全球淡水资源短缺挑战, 太阳能驱动界面蒸发 (SDIE) 技术展现出巨大潜力。SDIE 通过收集光能并转化为热能, 在气-液界面处实现水的局部加热蒸发与冷凝产水。与传统需要加热整个水体的技术相比, SDIE 具有卓越的光热转换效率。本研究设计了一种基于呼吸图案法 (BF) 的新型复合光热膜蒸发器 (PMMA/AgNPs), 旨在实现高效、稳定、耐盐的淡水生产, 并探索光催化制氢功能。该蒸发器实现了宽带太阳能吸收 (>87%) 和出色的光热转换效率 (~95%), 并展现出优异的稳定性: 连续运行 10 个周期后, 效率仍保持在 90% 以上; 在 15% 浓盐水中, 蒸发速率可维持初始速率的 93%, 有效抗盐沉积; 对海水中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等关键金属离子的去除率大于 99%, 产水符合世界卫生组织 (WHO) 饮用水标准。此外, PMMA/AgNPs 材料展现出显著的光催化制氢潜力, 为开发多功能 SDIE 系统开辟了新路径。该蒸发器兼具成本低廉、环境友好和易于放大生产等优势, 是海水淡化、污水处理等应用的理想候选技术。

A07-P36

磺酸基改性共轭微孔聚合物气凝胶用于高效太阳能界面蒸发与重金属去除

景艳菊¹, 孙寒雪¹, 李吉焱¹, 李安¹

1. 兰州理工大学

随着全球淡水资源日益紧张和环境污染问题的加剧, 太阳能驱动的界面蒸发 (Solar-Driven Interfacial Evaporation, SDIE) 作为一种可持续且高效的水淡化与净化技术, 受到广泛关注。该技术对光热材料提出了多方面的性能需求, 包括高效的太阳光吸收能力、优异的水传输性能以及良好的污染物去除能力。本研究中, 我们通过 Sonogashira-Hagihara 偶联反应, 以 1,3,5-三乙炔基苯为炔代单体, 分别与两种芳香族二溴单体构建了三维网络结构的共轭微孔聚合物 (Conjugated Microporous Polymers, CMPs) 气凝胶。通过调控二溴单体的结构, 有效调节了 CMPs 的微观结构和物理性能, 获得了具有中空管状形貌、高比表面积的气凝胶材料。进一步对所得 CMPs 材料进行磺化处理 (命名为 CMPA-s 和 CMPB-s), 引入磺酸基团显著提升了材料亲水性和静电吸附能力, 同时保持了极低的热导率。通过喷墨法沉积光热层后, 磺化气凝胶展现出优异的宽波段光吸收与光热转换性能。在 1 kW m^{-2} 太阳光照条件下, CMPA-s 与 CMPB-s 的蒸发速率分别达到 1.507 和 $1.514 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, 对应的光热转换效率高达 95.74% 和 97.9%。此外, 该气凝胶材料在极端 pH 值 (2–12) 和高盐浓度 (5–15 wt% NaCl) 环境中表现出优异的结构稳定性与持续高效的蒸发性能。引入的磺酸基还赋予材料对 Pb^{2+} 离子的高度选择性, 其中 CMPA-s 在模拟含多种共存金属离子的废水中展现出优异的铅离子去除能力。本研究提出了一种结构可调、功能多元的磺化共轭微孔聚合物气凝胶, 兼具高效太阳能蒸发与重金属去除功能, 展现出强大的蒸发性能、耐盐能力及环境适应性, 为太阳能界面蒸发技术中的光热材料设计提供了新策略和新思路。

A07-P37

硒化钒阴极催化剂的合成及其在长寿命锂氧电池中的应用

吴文强¹, 周慧敏¹, 王潇漾¹, 苗蕾¹

1. 广西大学

过渡金属硒化物因其优异的导电性和可调的能带结构，在能源存储和电催化领域备受关注。然而，其合成工艺复杂、产率低、副产物生成率高等因素，严重限制了其在锂氧电池中的应用研究。本文采用简便的封管结合球磨法，成功制备了纳米级二维硒化钒材料，并将其用作锂氧电池的阴极催化剂。该催化剂在 200 mA/g 的电流密度下实现了 16000 mAh/g 的放电比容量，并在 500 mAh/g 的恒定容量下稳定循环超过 19000 小时。即使在空气湿度高于 50 wt.% 的条件下，该电池仍能稳定循环 1100 小时，展现出对过氧化锂优异的储存与分解能力。

A07-P38

Sn-Cu 氧化物电催化剂的氨氧化性能研究申跃¹, 贺烨¹, 王潇漾¹, 穆晓江¹, 苗蕾¹

1. 广西大学物理科学与工程技术学院

氨电氧化制氢作为实现氨氢混合燃料的一种有效路径，因其零碳排放优点而受到广泛关注。然而，长期以来缺乏高效的电催化剂，以及阳极氨氧化反应（AOR）动力学缓慢，严重限制了该体系的制氢效率。因此，本工作采用溶剂热法构建了 $\text{SnO}_2\text{-Cu}_2\text{O}$ 异质结构，作为 AOR 催化剂展现出优异的电催化性能。在 10 mA/cm² 电流密度下仅需 1.39 V 的电位，且在 100 mA/cm² 时对应电位为 1.56 V。同时，该材料在 1.52 V 电位下可稳定运行 50 小时。此外，该催化剂对析氧反应（OER）表现出较低活性，在 1.60 V 下电流密度仅为 18.9 mA/cm²，表现出优异的选择性和稳定性。

A07-P39

 $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{@CuO/NF}$ 异质结构设计及其氨氧化行为贺烨¹, 申跃¹, 王潇漾¹, 苗蕾¹

1. 广西大学物理科学与工程技术学院

近年来氨氢燃料作为新兴清洁能源技术备受关注，氨作为可再生氢载体的作用越来越重要，开发经济高效的氨氧化反应（AOR）电催化剂至关重要。为了提高 AOR 效率，采用水热法合成了一种 $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{@CuO/NF}$ 异质结构的电催化剂。所得纳米催化剂显示出优异的 AOR 活性（在 1.6V vs. RHE 下为 200 mA cm⁻²）和稳定性（在 100 mA cm⁻² 下为 27.2 h）。结构表征结果（XRD、SEM、TEM 和 XPS）表明， Cr_2O_3 与 CuO 之间形成紧密接触，有利于界面电子调控和活性位点暴露。进一步机理研究表明，Cr 的引入增强了金属中心的电子调控能力，有效促进 NH_3 吸附和活化，从而提升整体反应效率。本研究为提升氨基燃料电池性能与开发高效阳极催化剂提供了实验依据和材料设计方向。