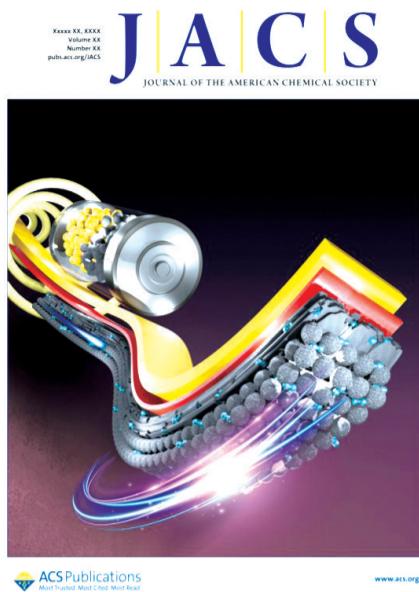


## 中国科大在水系氢氯电池研究领域取得重要进展

**本报讯** 近日,中国科大化学与材料科学学院陈维教授课题组在《美国化学会志》期刊上发表研究型论文,并被编辑选为封面文章(如图)。论文成功受到氢氯燃料电池优点的启发,进而将其设计为可充电氢氯电池。通过分级多孔碳正极的构建和磷酸基抗冻电解液的使用,电池可在宽温区范围(40℃至-70℃)内成功限制氯气的挥发,并激发其高的充放电平台和高比容量。在室温下电池最大可达到 $4.19 \text{ mAh cm}^{-2}$ 的高放电面容量,并在充电容量 $3 \text{ mAh cm}^{-2}$ 下稳定循环500圈。在超低温条件下,电池仍然能够维持与室温相同的放电平台,在-40℃条件下电池能够提供 $273 \text{ mAh g}^{-1}$ 的高可逆比容量,展现出良好的电化学性能。

得益于氢气无污染和来源丰富的特点,氢燃料电池是一种很有前途的能源技术,其中氢-氯燃料电池由于 $\text{Cl}_2/\text{Cl}^-$ 氧化还原电对快速的电化学动力学而具有明显的优势。因此,若将其设计为二次电池,氢氯电池可更大程度地发挥 $\text{Cl}_2/\text{Cl}^-$ 电对的快速动力学、高氧化还原电位和高比容量的优势。鉴于以上优点,氯基电池对于新型水系电池的发展有着很大的应用前景。然而,挥发性的氯气在充电过程中不能被保留,导致电池的库仑效率低和可逆性差。目前还缺乏构建在不同温度下均具有高性能和适用性的水



系氯基电池的研究。

本工作在前期探究发现,由于缺乏氯气强亲和性位点,传统的吸附型正极难以将氯气固定,进而导致正极低的可逆性。通过设计具有丰富微/介孔多孔碳和具有三维大孔结

构的碳毡所组成的分级多孔碳结构,电池可以有效地将充电产生的氯气限制在正极,进而实现可逆的氢氯电池。电池在低倍率下仍能维持较高的库伦效率,证明了其对氯气良好的限制作用。在 $3 \text{ mAh cm}^{-2}$ 的充电面容量下,氢氯电池可以稳定循环500圈,展现出良好的电化学性能。除此之外,电池在超低温下仍能良好运行,在-70℃下仍可以保持1.1 V的放电电压和 $282 \text{ mAh g}^{-1}$ 的高比容量,体现出氢氯电池在超低温下应用的前景。通过X射线光电子能谱等表征手段结合第一性原理计算,揭示了 $\text{Cl}_2/\text{Cl}^-$ 反应发生的同时伴随着C-Cl键的可逆形成/断裂,增强了氯气正极的可逆性。这项工作为宽温区水性氯基电池和高能量密度氢气电池的设计提供了新的方向。

近年来,陈维课题组致力于大规模储能电池的研究和应用开发,已在可充电氢气电池储能体系,金属离子电池储能体系等研究方向取得了一系列重要的阶段性成果。

中国科大化学与材料科学学院的硕士研究生谢泽辉和博士后朱正新、刘再春为论文的共同第一作者,中国科大化学与材料科学学院、合肥微尺度物质科学国家研究中心的陈维教授为该论文的通讯作者。

(化学与材料科学学院 合肥微尺度物质科学国家研究中心)

**本报讯** 发生在泥盆纪晚期弗拉斯阶(Frasnian)-法门阶(Famennian)之交(约372 Ma)的F-F生物灭绝事件是地球迄今以来的五大生物灭绝事件之一,该事件导致了约80%的海洋无脊椎动物的灭绝。近期,中国科大肖益林教授的研究团队与中国科学院南京地质古生物研究所及合肥工业大学合作,对华南桂林地区两个典型的晚泥盆世海相碳酸盐剖面(杨堤剖面和垌村剖面)进行了系统的Li-C-Sr同位素研究,并以此揭示了生物灭绝事件的发生机制,研究成果发表于《地球与行星变化》。

样品的分析结果表明碳酸盐C同位素在F-F事件界限附近呈现明显的正漂移,牙形石 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值在生物灭绝相关层位附近并无明显变化,暗示当时的海水并不存在明显的Sr同位素组成的波动。对Li同位素来说,尽管垌村剖面的Li同位素信号受到了较为明显的成岩改造,但杨堤剖面的样品很大程度上保留了原始的海水信号。由此,本研究提出了在F-F界限前后海水 $\delta^7\text{Li}$ 值经历了从 $11.8 \pm 1.4\text{‰}$ 到 $13.8 \pm 1.4\text{‰}$ 的快速升高和恢复过程,整个过程发生在0.4 Ma以内的研究结论。结合海水Li同位素盒子模型与蒙特卡洛模拟,本研究认为泥盆纪相比当前海水值(~31‰)较低的 $\delta^7\text{Li}$ 值主要是由于较低的河流水 $\delta^7\text{Li}$ 值和海洋沉积过程中较小的Li同位素分馏导致的,而大陆风化向不一致风化的转变是导致海水 $\delta^7\text{Li}$ 值正漂移的根本原因。

伴随着海水 $\delta^7\text{Li}$ 值的变化,生物多样性发生了明显的降低,说明以海水 $\delta^7\text{Li}$ 值波动为代表的地表环境变化与生物灭绝事件之间可能存在一定的因果关系。综合对比后,本研究提出大陆风化类型的转变是由全球快速变冷导致的,泥盆纪晚期的全球变冷也得到了两个剖面的牙形石O同位素记录的支持。

除了对地表Li循环的影响,全球变冷同样对海洋环境产生了重要影响,其减弱了海水分层,有利于底层海水的上涌,使表层海水的初级生产力提高,最终导致了大量有机碳的埋藏,形成全球范围内广泛出现的Kellwasser页岩,并使碳酸盐的C同位素呈现明显的正漂移。此外,全球快速变冷会对生物圈产生致命影响,那些对温度变化适应能力差的物种经历了大尺度的灭绝,而这种选择性的物种灭绝也是F-F生物灭绝的主要特征。总的来说,本研究表明由于地球轨道变化导致的全球快速变冷是泥盆纪晚期F-F生物灭绝的主要原因。

本文第一作者为中国科大特任研究员王洋洋,通讯作者为中国科大肖益林教授和中国科学院南京地质古生物研究所陈波研究员。

(地球和空间科学学院)

## 科研简讯

近日,中国科大熊宇杰教授/高超副教授研究团队创制一种包含生物-非生物杂化能量模块的人工光合细胞,显著增强具有生物活性的多种辅因子的再生能力,为可编辑的人工光合细胞提供一个更通用的平台。这种人工光合细胞可以通过与多样化的还原酶耦合来实现可编辑能力,实现可定制化的二氧化碳转化,研究成果发表于《自然·通讯》。

近日,中国科大无膜细胞器与细胞动力学教育部重点实验室、合肥微尺度物质科学国家研究中心、生命科学与医学部王朝教授课题组和黄成栋教授课题组合作在《自然·通讯》上在线发表研究论文,详细阐释E-cadherin-AnkG复合物组装的分子机制及其在细胞侧膜极性维持的功能。

## 中国科大研发用于柔性3D显示手性圆偏振发光材料

**本报讯** 近日,中国科大庄涛研究员课题组和俞书宏院士团队成功研发出可打印的手性圆偏振发光材料并展示了材料在柔性3D图像显示方面的应用,有望为3D智能交互的实现提供新途径。相关研究成果日前发表于《科学·进展》。

手性是自然界中一种重要的几何构象,能够显著影响物质性能。手性科学对化学、物理和生物学等学科的发展起到巨大推动作用。近年来,精准构筑新型手性功能结构并实现其在多领域的实际应用成为研究重点。例如,手性圆偏振发光材料在3D显示、自旋电子学、量子计算、信息安全以及生物检测与治疗等领域都有着不可或缺的应用潜力。

传统的3D显示通过线性偏振复用方法实现:分别向左眼与右眼呈现具有偏振状态的图像,为观看者呈现3D效果。然而,该技术存在观察视角受限和对比度差的问题。具有特殊光学性质的圆偏振光在减少感知失真、提高对比

度方面具有巨大潜力,为开发和优化3D显示技术提供可能性。

通过将圆偏振发光特性材料印刷在柔性基底表面,可大规模制造高性能的柔性全彩3D显示面板。而目前的圆偏振发光材料难以兼具可加工性能和高圆偏振发光特性,因此尚未实现基于圆偏振发光特性的柔性3D显示器件。

在该工作中,研究人员基于设计的限域螺旋共组装策略,将具有强圆偏振发光特性的手性前驱体材料封装到聚合物壳层中,从而制备一系列发光颜色可调的圆偏振发光特性光子涂料。这些光子涂料的最大发光不对称因子高达1.6(用于评估圆偏振发光性能,理论最大绝对值为2),具有可加工性和高光学性能,为后续应用奠定良好基础。

研究人员利用点胶打印技术,成功实现了该类圆偏振发光涂料在多种基底上的图案定制,并通过喷墨打印展示了米级尺度规模的圆偏振发光特性涂布。进一步优化打印技术后,

研究人员在柔性基底上精准构建了全彩像素点阵列,从而构筑柔性3D显示面板。在这些面板上,每个像素单元由左旋和右旋的红、绿、蓝三原色像素点组成,能够稳定地发出圆偏振光。通过向左眼和右眼呈现具有正交圆偏振状态的不同图像,促使观察者在脑海中形成3D立体显示效果。

研究人员还提出将柔性3D显示面板整合到可穿戴设备(如智能手表)中的概念化设计,以期为虚拟现实、医学成像和科学可视化等领域提供新思路。

审稿人评价称:“这项工作有可能重塑多个行业,并改变人类与视觉信息之间的感知和交互方式。”

中国科大化学系博士生张铭江与郭启为共同第一作者。庄涛研究员和俞书宏院士为共同通讯作者。

(化学与材料科学学院 合肥微尺度物质科学国家研究中心)

## 中国科大定量揭示锂氧气电池质-电耦合机理

**本报讯** 近日,中国科大工程科学学院特任教授谈鹏团队在《先进能源材料》期刊上发表论文,相关研究工作将提升对于锂氧气电池多孔电极中伴随微观结构变化的电化学与传质耦合机理的科学认识,为新一代电极设计提供指导。

锂氧气电池因极高的理论能量密度而具有极大的发展潜力。过氧化锂作为固体放电产物,一方面堵塞电极孔隙,阻碍低浓度氧气在多孔电极中扩散;另一方面,钝化电极表面,造成电子转移受阻。然而,明确电池失效的根本原因仍具有挑战性。受限于表征技术和均质模型,目前对于多孔电极内部电化学和传质耦合机理还缺乏定量认识。

为排除孔连通和分布不均匀性造成的干扰,研究团队设计并构建一种传输通道阵列排布且定向可控的多孔电极,允许活性物定

向传输。因此,通道单元的活性物质传输路径、通量,电化学反应界面和产物储存空间都可以定量。针对通道单元,构建了非均质的三维瞬态模型,以反映整个电极中电势场和浓度场的时空分布细节。

联合实验和仿真结果表明,多孔电极的传输通道尺寸达到临界值( $r_1$ 和 $r_2$ ,  $r_2 > r_1$ )时,将影响锂氧气电池的工作机制:当通道单元内径低于 $r_1$ 时,氧气传输作为电化学性能的主要控制因素,其耗尽导致了低放电容量。当内径处于 $r_1$ 和 $r_2$ 之间时,电子传输的影响逐渐显著,粒径分布发生逆转;氧气侧的局部响应电流受电子传输限制,隔膜侧的局部响应电流受氧气传输限制。当内径超过 $r_2$ ,放电结束时,全电极范围的膜状过氧化锂沉积至极限厚度,电池失效归因于电子转

移能力丧失。

此外,该项工作首次定量分析超氧根的分布和扩散特性。在过氧化锂膜未沉积到极限厚度时,超氧根遵循氧气分布特点,从氧气侧扩散到隔膜侧。当氧气侧的过氧化锂率先达到极限厚度时,超氧根的浓度分布和扩散方向发生逆转,由低氧区向高氧区扩散。

研究人员表示,经过实验验证,相关结论对于无序孔电极具有普适性和启发性意义。对于微孔电极,提升氧气在电解液中的溶解度和扩散速率是强化电化学性能的有效方式;而对于大孔电极,应通过电极修饰、催化剂设计等途径提升过氧化锂膜电导率并降低其沉积率,以缓解固-液界面钝化。

我校工程科学学院热科学和能源工程系特任教授谈鹏为该论文通讯作者,博士研究生张卓君为第一作者。(热科学和能源工程系)

## 中国科大发现基于原子氢的氢治疗新策略

**本报讯** 近日,中国科大江俊教授和王育才教授团队利用电子-质子共掺杂策略向 $\text{WO}_3$ 晶格中引入高还原性的原子氢,首次证明了生物还原性更强的原子氢能够实现氢气所不具备的广谱活性氧和氮物种清除能力,相关成果在线发表于《国家科学评论》。

活性氧和氮物种(RONS)的过度表达与癌症、阿尔茨海默病和慢性糖尿病溃疡等多种慢性疾病的发生和发展密切相关。氢疗法作为一种新兴的、前景广阔的通用型治疗手段,主要利用氢气分子选择性地消除活性氧和氮物种,维持细胞内氧化还原稳态,进而达到治疗相关慢性疾病的目地。从热力学

和化学动力学的角度来看,生物还原性更强的原子氢有望提供优于传统氢气的广谱活性氧和氮物种清除能力。

然而,开发一种集高效的原子氢储存、可控释放、广谱活性氧和氮物种清除和生物降解性于一体的先进氢治疗平台是一项巨大的技术挑战。

此次工作中,研究进一步发现氢钨青铜相 $\text{H}_{0.53}\text{WO}_3$ (HWO)是一种非常理想的原子氢载体,其显著特征包括相对稳定的原子氢储存、温度依赖的原子氢释放以及pH响应的生物降解性。在慢性创面溃疡疾病模型中,固态原子氢由于其卓越的广谱活性

氧和氮物种清除能力,重塑糖尿病伤口微环境、减少炎症,进而促进胶原积累、血管新生,有效加速慢性伤口的愈合。

研究人员介绍,该研究极大扩展氢治疗材料的基本类别,并为研究更多物理形式的氢作为有效的活性氧和氮物种清除剂用于临床疾病治疗铺平了道路。

中国科大未来技术学院博士生罗蔓、生命科学与医学部博士后汪沁、化学与材料科学学院硕士生赵刚为该论文共同第一作者,精准智能化学重点实验室朱青副研究员、生命科学与医学部王育才教授为本文共同通讯作者。(化学与材料科学学院)