

“剧毒废气”变废为宝！离场电催化技术“登场”

■本报见习记者 孙丹宁

硫化氢是一种剧毒化合物，但同时又是重要资源，通常伴生或副产于天然气开采、炼油行业和煤化工过程。

如何变废为宝？近日，中国科学院院士、中国科学院大连化学物理研究所研究员李灿团队成功研发出离场电催化技术，有望替代工业现行的克劳斯技术，不仅在室温、常压下实现硫化氢全分解制氢和硫磺，还能在天然气开采、炼油行业和煤化工过程中实现硫化氢的消除和资源化利用，并成为低成本制绿氢的一条新路径。相关成果发表于《环境科学与技术》。

审稿人认为，离场电催化技术代表了分解硫化氢制氢和硫磺领域的重大进展，提供了一条可与当前克劳斯技术竞争的有前景、原创性的新路径。

“剧毒废气”的难题

硫化氢是一种常见化合物，标准状况下是一种易燃的酸性气体，无色，低浓度时有臭鸡蛋气味，浓度极低时便有硫磺味，有剧毒。据不完全统计，我国每年的硫化氢处理量约为80亿立方米，全球每年的硫化氢处理量达700亿立方米。

如何安全、高效地处理这一庞大数量的剧毒气体，是天然气开采、炼油行业、煤化工等工业领域长期面临的难题，也是具有百年历史的重要研究课题。目前，世界范围内大多采用克劳斯工艺对工业中的硫化氢进行处理，即通过将硫化氢氧化成硫磺和水从而实现消除。

“克劳斯工艺通常需要高温高压的反应

「精准感知」助力野生东北虎、东北豹数量实现双增

天地空一体化监测系统不仅是一套监测系统，还是依托国家级网络集团优势，探索适合国家公园信息化建设的一条路径和一套解决方案。专业化的信息网络运营、精准高效的监测系统和智慧化管理，为国家公园管理能力的现代化奠定了坚实基础。

柔性电致变色，为五彩世界赋能

■本报记者 田瑞颖

汽车进入隧道，坐在主驾的崔彦斌摘下墨镜，2分钟后车辆驶出，他又戴上了墨镜。在吐槽一摘一戴的“麻烦”时，他萌生了一个念头：能不能研发一种贴在车窗上的膜，可以根据光线和角度自动切换颜色？

偶然发现得来的灵感，再加上多年攻关，中国科学院过程工程研究所研究员崔彦斌团队终于研发出这种神奇的“膜”，并进入了科研成果转化阶段。

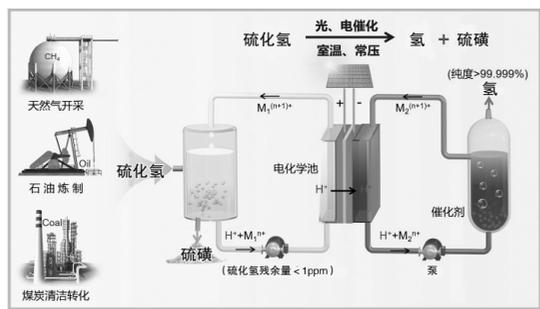
为五彩世界赋能

从窗户到眼镜，从汽车玻璃到飞机调光窗，电致变色材料的应用，正在走进生活的各个角落。

电致变色材料代替传统静态窗户，能够改变玻璃的颜色与透明度，大幅提升用户的使用体验。那么，电致变色材料是如何实现变色功能的？

崔彦斌告诉《中国科学报》，在外界电压的作用下，电致变色材料对光的会产生不同的“回应”。这种材料在电场或电流的作用下，光学性质会发生持续可逆变化，使材料呈现出不同的颜色。

而柔性电致变色器件具有体积小、重量轻、可弯曲等优点，在可穿戴设备、曲面显示



电子介导驱动的离场电催化全分解硫化氢制氢和硫磺。中国科学院大连化学物理研究所供图

条件，且难以一次完全消除硫化氢，其产生的尾气仍有大量含硫化合物，排放后仍会危害环境，因此还需要进行多次处理。”李灿介绍说，“虽然这一过程回收了硫磺，但非常宝贵的氢资源却以水分的形式流失，这在一定程度上造成了资源的损失。”

这一传统工艺的不足，激励研发团队不断探索，以期能找到替代克劳斯工艺过程的新技术。

离场电催化“登场”

工业领域另一种处理硫化氢的方式逐步发展起来，那就是将硫化氢进行分解，并生成氢气和硫磺。

仍存在很大挑战。”李灿告诉《中国科学报》。经过多年深耕，该团队终于研发出一项新技术——电子介导驱动的离场电催化。

据介绍，该技术利用电子介导对硫化氢之间的化学势差，将原本发生在电极表面的硫化氢氧化生成硫磺的过程转移到外部反应器中进行，并采用同样的策略利用另一电子介导的价态变化，在电极外的反应器中将氢质子还原生成氢气。

通过这一新策略，可以把硫化氢的化学转化和电极表面的电荷交换巧妙解耦，这样氧化反应(硫磺生成)和还原反应(放氢过程)可以在电化学池外的反应器中分别独立进行，推动了其工业过程的放大。

李灿将这一策略命名为电子介导驱动

过去，人们曾尝试采用高温热分解的方法处理硫化氢，但硫化氢的转化率较低，经济效益很差。

李灿团队自2003年起就致力于采用非常规技术进行硫化氢分解反应的研究，先后采用光催化、电催化、光电催化等技术探索了硫化氢分解制氢和硫磺，在原理上验证了非常规技术路线的可行性。

“但在工程方面实现硫化氢分解反应的规模化、连续化等

仍存很大挑战。”李灿告诉《中国科学报》。经过多年深耕，该团队终于研发出一项新技术——电子介导驱动的离场电催化。

通过这一新策略，可以把硫化氢的化学转化和电极表面的电荷交换巧妙解耦，这样氧化反应(硫磺生成)和还原反应(放氢过程)可以在电化学池外的反应器中分别独立进行，推动了其工业过程的放大。

李灿将这一策略命名为电子介导驱动

的离场电催化。

大于99.9999%的转化率

研发团队同期开展了放大实验，完成了100升硫化氢/天的小规模技术验证和长周期运行实验。采用该技术，硫化氢转化率大于99.9999%，含硫污染物排放低于1ppm(百万分之一)，氢气纯度不低于99.9999%。

这种创新的电子介导驱动的离场电催化技术，能够在温和条件下将硫化氢分解为氢气和硫磺。这不仅避免了传统克劳斯工艺的问题，解决了电化学技术放大的工程难题，还实现了硫化氢的资源化利用，为氢能的开发提供了一条新路径。

该技术先后共申请17项专利、7项授权，组成了完整的专利包，形成了具有我国自主知识产权的原创性技术，具有可观的应用前景和净经济效益，天然气开采、石油炼制、煤化工领域的多家企业正在筹划将该技术转化落地。

当然，李灿团队的目标不止于此。目前，该团队已与相关企业达成合作，开展10万立方米/年硫化氢分解制氢和硫磺项目的工业侧线试验。这一项目的成功实施将对硫化氢处理行业产生深远影响，通过硫化氢分解制氢推动制氢行业的产能升级。此外，该项目通过硫化氢的高效吸收和转化，减少环境污染，符合日益严格的环保标准，为天然气开采、石油炼化和煤炭加工利用等工业生产的可持续发展注入新活力。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1021/acs.est.4c00312>

发现·进展

中国科学院海洋研究所

设计出防腐蚀的波浪能捕获结构

本报讯(记者廖洋 通讯员王敏)近日,中国科学院海洋研究所海洋环境下波浪能捕获与腐蚀防护结合方面取得新进展。他们用基于摆动折纸结构的摩擦纳米发电机(TENG)收集水波能量,并作为独立电源为金属提供电化学阴极保护。相关研究成果发表于《先进科学》。

TENG的研究为各种能量收集提供了新策略。海洋环境蕴含着丰富的水波能量,其捕获和收集成为当前的研究热点。基于此,研究团队设计了一个TENG器件作为独立电源用于收集水波能量,并应用于金属腐蚀防护,以缓解海洋环境下严重的金属腐蚀。

研究团队设计制造了一种摆动装置来驱动折纸结构收集水波能量,可以在有限空间内有效增加TENG摩擦层间的表面接触面积。在摆动体底部,他们还设计了放置重物的摆动结构作为驱动装置,可在水波的惯性作用下驱动摆动折纸结构TENG往复摆动实现水波能量收集。

研究团队将这种摆动折纸结构TENG应用于水波环境中,可为小型观测设备供电,同时将其应用于阴极保护系统,展现出优异的防腐性能。该成果为海洋环境中的水波能量收集和自供电金属腐蚀防护提供了新思路。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1002/adv.202401578>

复旦大学

社会衰弱增加“运动认知风险综合征”发病风险

本报讯(见习记者江庆龄)近日,复旦大学人类表型组研究院教授王笑峰、金力团队根据多种社会因素评估了社会衰弱状态,并首次发现社会衰弱增加了运动认知风险综合征(MCR)的发病风险,该评估方式可在社区及医院用于识别MCR风险较高的个体。相关研究发表于《阿尔茨海默病与痴呆》。

MCR是痴呆的早期危险因素,识别可改变的MCR风险因素以实施早期和有效的预防策略异常重要。社会衰弱是指在生命周期中,个体面临失去或已经失去满足一种或多种基本社会需求的社会资源、社会行为、社会活动和自我管理能力的。

研究团队将社会因素整合成一个简单易测的社会衰弱量表,发现并验证了社会衰弱增加MCR的发病风险。团队将研究人群分为不同亚组,在不同亚组中均发现社会衰弱与MCR之间存在显著关系,表明这种关联独立于社会经济状况、生活方式、慢性病及心理健康等因素。

团队进一步分析发现,除了“不与他人聊天”,其他组均与MCR的发生风险增加相关,包括外出减少、感觉对家庭或朋友没有帮助、很少探望家人或朋友等。结果提示,抑制个人的社会衰弱,即增强个人与家庭成员、亲朋好友的互动往来,可能是早期预防MCR及后续痴呆发生的有效策略。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1002/alz.13696>

华南农业大学等

农田氮肥投入的碳足迹研究获进展

本报讯(记者朱汉斌)近日,华南农业大学资源环境学院与岭南现代农业科学与技术广东省实验室教授章家恩团队合作,首次在全球尺度上进行数据整合分析,对小麦、玉米和水稻3种主要农作物生产过程的氮肥投入开展全生命周期评估,定量分析农作物生产过程中氮肥投入的碳足迹。相关成果发表于《全球变化生物学》。

随着全球人口和粮食需求的持续增长,化肥施用成为保障农作物产量和全球粮食安全的重要手段。小麦、玉米和水稻种植面积占全球农用地面积的47%,其氮肥用量高达52.5TgN,达到全球农业氮肥用量的一半以上。然而,关于全球尺度上农田氮肥投入的碳足迹定量分析仍然缺乏,导致农业氮肥投入造成的温室效应尚不清楚。

为此,研究人员通过整合全球数据,对上述3种主要农作物生产过程的氮肥投入开展全生命周期评估,量化氮肥投入后直接和间接产生的碳固定和碳排放量,定量分析农作物氮肥投入的碳足迹,并预测其在未来不同情境下的变化趋势。

研究结果表明,2019年粮食生产过程氮肥施用产生的净碳排放量为7.4GtCO₂当量,其中,肥料生产的起始阶段、农业生产阶段和农产品收获后阶段的贡献比例分别为2%、11%和87%。全球洲际尺度分析表明,尽管亚洲是最大的谷类粮食生产区域,但北美洲在农产品收获后阶段的碳足迹最高,为2.5GtCO₂当量,其碳足迹总贡献比例达到38%。对不同情境下农业生产的碳足迹进行预测,结果发现,在不提升氮肥利用效率的情况下,到2100年满足全球粮食需求的农业氮肥投入将产生21.2GtCO₂当量的碳排放。

该研究提出,若综合考虑采取提升氮肥利用效率、改进生产技术、减少食物损失和改善全球民众生活习惯等方面措施,2100年全球粮食作物氮肥投入的碳足迹可降至5.6GtCO₂当量。该研究结果为提升农业生产和农产品消费如何助力“双碳”目标提供了依据。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1111/gcb.17277>

智能农业生产机器人斩获德国iF设计奖



ANTOBOT智能农业生产机器人产品效果图。郭涵供图

本报讯(记者朱汉斌 通讯员陈凡辰)近日,德国iF设计奖2024年度颁奖典礼在德国柏林举行,共有来自全球72个国家的10807个参赛作品角逐本次大赛。其中,华南农业大学工程学院副教授郭涵和杨文武团队的项目——ANTOBOT智能农业生产机器人以360分的高分斩获德国iF设计奖。

本次iF设计奖从产品理念、形式、功能、差异化和影响力5个维度对作品进行综合评价,获奖分数线为260分,而ANTOBOT智能农业生产机器人各维度得分均超过70分,总分超过获奖分数线100分。“这意味着评委对我们研究梯田农

业问题社会意义和解决方案的认可,尤其是对产品功能定义和实现方式的肯定。”郭涵表示。

据介绍,梯田机械化作业的最大难题在于崎岖的地形地貌。为此,团队创新性地提出了基于无人机转运农业机器人的作业方式。转运无人机充当“快递员”,对丘陵山地进行勘察规划后,根据不同田块的生产需求“送货上门”,吊装和转运机器人到目标田块进行生产作业,以此解决机器人的田间转运难题。不同田块上的多台机器人还能互相配合,实现机器人集群协同作业,大大提高了生产效率。

“机器人在农业上的应用探索

是目前研究的热点方向,也是解决丘陵山地农业机械化、智能化问题的最优途径之一。”杨文武表示,与大中型农业机械不同,ANTOBOT智能农业生产机器人的机身小巧,可以在小田块上灵活转向通行。同时,该机器人采用了模块化设计,集多种功能于一身,通过切换模块既可以实现一机多用,又降低了整体的生产和维护成本。

目前,ANTOBOT智能农业生产机器人已进入中试阶段,预计将在2026年上市,为梯田地区的农业生产提供重要解决方案。杨文武表示,未来会继续优化和改进方案,争取早日实现量产和推广应用。



透明固态电解质。受访者供图

供种子资金、商业顾问、创业教育,产业资源对接、投融资服务、孵化空间等概念验证服务,对早期项目进行筛选和扶持,推动具有市场潜力的基础研究从实验室走向市场应用。

“我们对这项技术及其广阔的市场前景很有信心,下一步将通过不断研发探索,丰富颜色种类,改善自然光照强度、创新防窥方式,为世界增添五彩缤纷的体验。”崔彦斌说。

器、节能及自适应伪装等领域有广泛的应用前景。

崔彦斌隐隐觉得,这个有趣的项目可能有很大的市场需求。他进一步调研后发现,这项技术还可以拓展到更多的应用场景。

“随着人们对节能减排要求的提高,各式各样的建筑都需要降低能耗、减少碳排放方面实现突破,节能减排、低碳环保也成为柔性电致变色技术的核心要求之一。”崔彦斌说。

以传统的窗户为例,要想调节光线、改善室内环境,就需要安装窗帘,不仅要手动调节,还难以满足节能减排的需求。如果将柔性电致变色材料应用到建筑的窗户中,不仅可以实现自动调光、遮光、隔热,还将大幅减少建筑的能源消耗。

通过技术论证,崔彦斌团队坚定了继续开拓的决心。从着手准备这个项目,到调研、找材料,再到一次次实验和不断优化,他们将精力投入到漫长的柔性电致变色材料的研发中。

面向市场需求

谈起材料研发在技术上面临的3座“大山”,崔彦斌十分感慨。

一是由于柔性电致变色材料响应时间很

长,而应用场景需要快速切换,这就要求必须缩短材料的响应时间;二是需要延长材料的使用寿命,满足高频次切换需求;三是要解决材料封装的难题。

经过多年探索,他们终于成功研发出柔性电致变色材料技术,并通过关键技术攻关,使该技术进入成果转化阶段。

“目前,市场上主要是刚性电致变色材料,响应时间通常在分钟级别。而我们研发的材料基本可以实现2秒响应及5000次以上的切换。我们的下一步目标是提高材料的稳定性,实现透明、着色态之间切换1万次以上的稳定循环,这才是市场需要的柔性电致变色材料。”崔彦斌说。

他还透露,团队同时在开发全固态柔性电致变色器件,以避免电致变色器件因“漏液”导致的性能衰减。目前,相关技术路线已被打通,并在实验室实现了全固态柔性电致变色器件的制备。

随着技术不断成熟,为了更快地实现柔性电致变色材料市场化,崔彦斌团队还参加了由中国科学院科技创新发展中心与中关村科学城管委会指导和支持的2021年“CAS概念验证计划”。

中科智工场相关负责人表示,“CAS概念验证计划”自2020年启动以来,通过提