

# 中国科学报

CHINA SCIENCE DAILY

中国科学院主管 中国科学报社出版 国内统一连续出版物号 CN 11-0084 代号 1-82



主办:中国科学院 中国工程院 国家自然科学基金委员会 中国科学技术协会

总第 8711 期 2025 年 3 月 18 日 星期二 今日 4 版

新浪微博 <http://weibo.com/kexuebao>

科学网 [www.sciencenet.cn](http://www.sciencenet.cn)

## 先应用再发论文,这项研究为何这么干

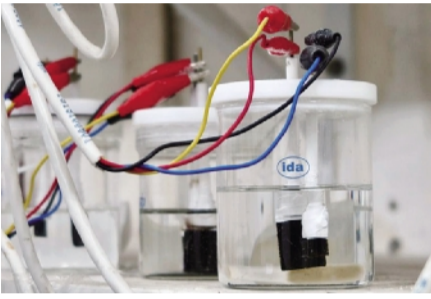
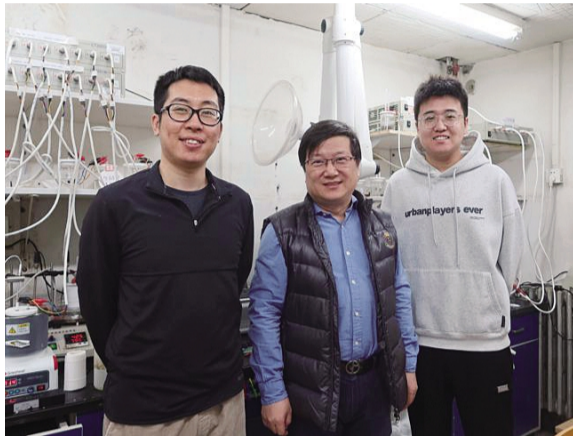
■本报实习生 赵婉婷 记者 胡珺琦

“你听说过吗?我们去年落地的全球首个500千瓦电解海水制氢装置上《新闻联播》了。”北京化工大学教授孙晓明在接受《中国科学报》采访时难掩自豪。

6年来,孙晓明团队一直瞄准海水制氢技术发展研究。最近,他们联合香港城市大学教授刘彬团队等在《自然》发表重要成果。该成果破解了利用可再生资源实现海水制氢的难题,首次实现了电解海水制氢设备抗波动1万小时的稳定运行。

与一般论文发表的路径不同,这项技术早在2022年就走出了实验室,实现了商用。

值得一提的是,该论文从投递到确定发表仅用时4个月。顺利登上顶刊并不是技术走向应用的开始,而是团队成果产业化的一份“高分答卷”。



▲在波动供电中,运行了1.5万小时的电解槽实验装置。  
▲周道金(左一)、孙晓明(左二)和沙琪昊在实验室。  
赵婉婷/摄

### 超1.5万小时稳定运行

在孙晓明团队的实验室,密密麻麻的导线与透明软管遍布实验台,它们与大大小小的电解槽相连,共同组成电解装置。通电通水后,电解槽的阴极产氢气、阳极产氧气。

新成果就诞生在这“杂乱”的环境中。在电解海水时,阳极在氧化电位下工作容易发生过度氧化,并受到海水腐蚀,而阴极处于还原电位,受到的影响相对较小。因此,过去主要聚焦于阳极材料的改良,却忽略了对阴极的研究。

此外,制氢需要大量电力支撑。光伏、风电本是理想的绿色能源,然而太阳能、风能是波动的,天黑或无风时就无法为设备供电,长此以往会引起电解设备频繁启动和关闭。

孙晓明团队注意到,如果利用这种波动的电力制氢,一旦设备停工,阴极就会经历长时间放电,从而受到不可逆的氧化损伤。此外,停工时海水中的氯化物阴离子,如氯离子,也会加剧对阴极的腐蚀。

“目前,大多数研究使用稳定电流评价电极的性能,而针对波动供电情况下阴极失效的问题还没有对策。”孙晓明解释说,在现有技术条件下,无法真正将可再生能源物尽其用。

“用最廉价的水和电,制最经济的氢,是我们的初衷。”于是,孙晓明团队基于过去开发的抗海水腐蚀的磷酸盐电极材料体系,将NiCoP-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>设计为电解阴极,并在实验室模拟电解设备供电的启停。

他们为电解装置设定了“昼夜交替”模式,即12小时停工、12小时开工,并使用0.5安培每平方厘米的高电流密度。结果显示,这一电解体系既抗氧化损伤,又抗腐蚀,且能长时间稳定运行。

NiCoP-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>究竟是如何解决阴极损耗问题的?

论文第一作者、孙晓明团队的研究生沙琪昊介绍,这一材料以超疏水性金属钠阵列列为基底,经磷化处理后,再包覆Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>薄层。其中,磷

化物在放电过程中会形成致密的磷酸盐保护膜,也被称为钝化层,不仅能抵御氯离子的腐蚀,还能抵抗停工时电流的氧化。而Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>作为碱性环境中稳定的金属氧化物,进一步丰富了钝化层,阻挡溶解氧的氧化进攻。此外,钝化层在经历放电后可以动态复原,从而恢复性能。

这些层层防护措施,实现了在启停工况下对阴极的长时间保护。

为进一步测试材料的耐久性和抗腐蚀性,团队设置了更高的电流密度、反应温度和启停工频率,阴极的稳定性依然出色。

孙晓明透露,2024年8月论文投稿到《自然》后,审稿人强烈推荐发表,并评价道:“终于有人关注到阴极损耗的问题,并给出很好的解决方案。这是一项具有开创性的工作,未来一定会被高度引用。”

至论文上线,实验室的测试装置已稳定运行超过1.5万小时,也就是600多天。“这样‘皮实’的催化剂,给制绿氢这件事增添了新希望。”孙晓明说。

### 老老实实接受工厂批评

2008年,孙晓明到北京化工大学组建课题组。起初他从事“老本行”,研究纳米材料,但后来他逐渐意识到纳米合成、分离领域更多的是方法学的探索。

从2011年开始,孙晓明便将纳米合成技术与电解性能提升结合在一起展开研究。他认为,电化学领域具有更广泛的应用价值。

然而,不了解行业情形的他,屡屡碰壁。8年前,当孙晓明找到电解槽器件生产厂家,试图推销自己研发的水滑石电极材料时,听到的却是工程师和工人们的吐槽:“这个材料我们尝试过,温度一高电极就溶解了,我们怎么敢用?”

原来,在实验室阶段,科研人员往往采用常温和低电流的温和条件,却没有考虑工厂实际生产

使用的是高密度电流,温度高达60℃至80℃。于是,团队唯一的应对办法就是在实验室创造更苛刻的工业条件,改进电极,使其更耐用。

2019年前后,孙晓明团队的副教授尹允赴美国访学,在与国外同行探讨后发现,如果将国内团队开发的电解纯水体系应用到海水电解中,效果会大大优于国际上现有的体系。

正是这次无心插“电”,让孙晓明团队意识到,海水制氢的路线值得一试。

然而,孙晓明团队合成了用于海水制氢的磷酸盐、硫化物体系,满怀信心去推广,却再次碰壁。因为将海水淡化后再进行电解的技术路径已颇为成熟,厂商质疑道:“海水淡化处理后再产氢也不复杂,干嘛费劲用海水电解的新设备?”

回想当时的窘境,孙晓明告诉《中国科学报》:“科研团队以创新为第一要素,而企业以稳定生产为第一要素。如果新技术会给生产带来不确定性,企业就会排斥;相反,如果新技术能帮助稳定生产,企业就会很喜欢。”

因此,孙晓明决心研发工厂真正能用的技术,不与生产脱节。“我们老老实实听取工厂的批评意见,在批评中改进,成长。”

团队成员、北京化工大学化学学院副教授周道金说:“以往电解制氢研究的电流密度是10或20毫安每平方米,我们就提高到工业级的500毫安,别人的研究在室温下累积达到200小时,我们就用更高的温度,努力延长反应时间。”

最新论文成果正是在这种坚持下诞生的。对团队来说,即使不考虑工厂生产情况,在实验室用“温和”的反应条件也能发不错的论文。但是,能够将可再生能源利用起来、实打实运行1万小时产氢,意味着工厂不需要担心阴极的损耗,不需要在产氢时频繁清理和更换电解槽部件,也意味着制氢成本大幅降低。这样才有可能从产业层面引领可持续制氢的技术迭代。

(下转第2版)

## 水稻如何感知病毒入侵? 科学家揭示核心机制

本报讯(记者温才妃)福建农林大学教授李毅联合多个实验室的研究人员,首次揭示了水稻如何感知病毒入侵并激活抗病毒免疫反应的核心机制。近日,相关研究成果发表于《自然》。

水稻是全球一半以上人口的主粮作物,其健康生长直接关系到粮食安全。然而,病毒病害是威胁水稻产量和质量的重要因素之一。长期以来,科学家致力于研究水稻如何抵御病毒侵害。虽然在病毒鉴定、致病机理解析以及植物抗病毒机制等方面取得了诸多突破,但水稻等禾本科植物细胞如何识别病毒入侵并启动免疫防御的分子机制仍不清楚。

研究发现,水稻体内存在一种名为RBRL

(RING1-IBR-RING2型的泛素连接酶)的蛋白,不仅能够识别水稻条纹病毒的外壳蛋白,还能识别水稻矮缩病毒的外壳蛋白P2。这一发现表明,RBRL在水稻抗病毒免疫系统中充当“前哨”角色,能够广谱感知不同类型的病毒入侵。

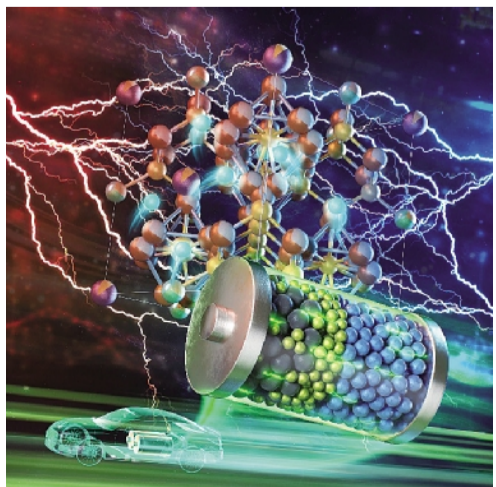
进一步研究显示,水稻条纹病毒的外壳蛋白能够诱导RBRL的表达增加,并激活其泛素连接酶活性。RBRL随后介导茉莉酸信号通路抑制因子NINJA3的泛素化降解,从而激活水稻的茉莉酸信号通路,增强植物的抗病毒能力。

这一系统性研究为水稻抗病毒育种提供了多种可能的应用策略——利用RBRL广谱识别

特性开发抗病毒种质资源;通过精细调控茉莉酸信号通路提高基础抗性;优化RNA干扰与活性氧防御系统,实现更高效的病害防控。

据悉,该研究不仅在基础科学层面揭示了水稻抗病毒免疫的核心机制,还为抗病育种提供了切实可行的技术支持。通过优化RBRL蛋白功能,增强茉莉酸信号通路活性,以及强化RNA干扰与活性氧协同防御能力,未来有望培育出更具抗病能力的水稻新品种,从而减少病毒病害带来的农业损失,提高粮食生产稳定性。

相关论文信息:  
<https://doi.org/10.1038/s41586-025-08706-8>



锂离子电导率硫银钴型固态电解质示意图。  
中国科学院大连化学物理研究所供图

## 新型固态电解质性能更优异

本报讯(记者孙丹宁)近日,中国科学院大连化学物理研究所研究员吴忠帅、副研究员石浩东团队开发出新型高离子电导率硫银钴型固态电解质,为宽温域、高容量、长寿命的全固态锂离子电池的开发奠定了基础。相关成果发表于《美国化学会能源快报》。

全固态电池因能量密度高和安全性优异受到广泛关注。开发具有良好的界面稳定性和高离子电导率的固态电解质,是实现高正电压和高能量密度适应性全固态电池商业化的基础。目前,仅有少数几种固态电解质可在室温下实现超过10毫西/厘米的离子电导率。因此,需要开发具有优异离子电导率和高稳定性的固态电解质,以研制具有优异电化学性能的全固态锂离子电池。

研究团队通过多阳离子掺杂和取代策略,开发出一种新型高熵硫化物固态电解质LGSS-SI。得益于较低的锂离子迁移活化能,该电解质展现出优异的离子电导率——冷压后,离子电导率达12.7毫西/厘米;热压后,离子电导率进一步提升至32.2毫西/厘米。研究发现,基于LGSSSI电解质的全固态锂离子电池,在超高正电压和较宽温度范围内,均展现出优异的循环性能。

该电解质与多种正负极材料均具有良好的界面兼容性,有望为下一代高能量密度全固态电池的商业化应用提供材料支撑。  
相关论文信息:  
<https://doi.org/10.1021/acscenergylett.4c03115>

## 赓续“两弹一星”精神,做老百姓用得起的好药

■叶阳

我至今仍清晰地记得,第一次参观中国科学院与“两弹一星”纪念馆时内心的震撼与激荡。在那简陋的实验室里,陈列着早期的天平、计算机、打字机、游标卡尺等设备。我仿佛看到了老一辈科学家没有条件创造条件做科研,夙兴夜寐、呕心沥血,一心只为保障国家安全、推动科技发展。他们身上所展现出的“两弹一星”精神,不仅是一座历史的丰碑,也是当代科研工作者的前行、攻坚克难的动力源泉。

中国科学院上海药物研究所(以下简称上海药物所)自1932年建所以来,同样走过了一条从零开始的艰苦奋斗之路。以赵承焱先生为代表的上海药物所老一辈科学家们,白手起家,从搭建化学实验室开始,积极布局学科发展方向,为上海药物所的发展奠定了坚实基础。

“国家急需、民生相关”始终是上海药物所科研工作的原动力,“新药研发国家战略科技力量领头羊”“国家重大急难任务的突击队”则是上海药物所的两大大自定位。从建所早期对麻黄碱、常山抗疟有效成分的研究,到新中国成立初期承担青霉素结晶、普鲁卡因生产工艺、氯霉素新合成法、抗生素研究等一系列科研攻关任务;从参与抗疟、抗血吸虫病等任务,到21世纪投身防治SARS、禽流感、新冠疫情等重大公共卫生任务,上海药物所始终积极响应国家号召,科研攻关与服务国家同频共振。

作为一家以“药”命名的研究所,赵承焱先生立下的“寻找治疗疾病的新药,为人民解除病痛”的建所宗旨,至今仍指引着上海药物所前行的方向。

2003年搬迁至上海浦东张江高科技园区后,上海药物所开启了从基础研究向原创新药研发全链条的战略转型,系统构建了药理学评价、药物代谢研究、药物安全性评价、药物递送系统等达到国际规范的综合药物研发技术平台,着力打造建制化研发新范式。目前,上海药物所已成功研发100余种新药并投入生产,创制出一批在国内外具有广泛影响力的创新药物。

正如上海药物所所长、中国科学院院士高怡生所说,“一代人有一代人的责任”。

新药研发是一个典型的系统工程,具有周期长、风险高、投资大的特点,涵盖化学、生物、医学、材料等多学科,涉及基础研究、候选药物开发、临床试验等多个环节。如今,上海药物所拥有先进的科研设备、完备的技术条件。面对复杂疾病和新药研发的新态势,唯有继承和发扬“两弹一星”精神,高效整合新药研发力量,



上海药物所研制的抗疟药蒿甲醚,1987年获国家正式批准生产和出口,1995年被世界卫生组织列入世界“基本药品目录”。  
上海药物所供图

找准惠民的“真问题”,发挥体制化、建制化优势,才能取得真正的新药创新突破。

抢占新药研发科技制高点,是新形势下上海药物所的新挑战,也是新机遇。围绕这一核心任务,上海药物所聚焦新药研发全链条,围绕新靶点、新机制、新方法、新技术、新实体,开展药学基础及应用基础研究,重视临床驱动的复杂性慢病、新发突发传染病及危重罕见病新药研发源头创新。同时,上海药物所致力于推进三大融合创新——化学与生物学双轮驱动,强化多学科交叉;直面人工智能与生物医药应用场景,构建智能药物研发新模式;联动院内外创新网络,构建开放协同的创新生态。

学习“两弹一星”精神,就是要做到国家至上、科技报国,而生物医药的最终目标是守护人民健康。随着牛栏湖研发园区的建成,上海药物所将持续优化平台建设,加速汇聚各方创新要素,依托重大科技任务,组织跨学科团队协同攻关,力求缩短新药研发周期、降低成本,提高新药研发成功率,推动中国原研药研发实现从“跟跑”到“领跑”的跨越。我们将以实际行动践行健康中国战略,勇担科技力量应有的使命,做更多老百姓用得起的好药,为全球健康事业提供“中国方案”!

(作者系中国科学院上海药物研究所党委书记、副所长,本报见习记者江庆龄采访整理)

### 所长书记谈 “两弹一星”精神



3月14日,全球首艘具有碳捕集功能的海上浮式生产储卸油船——新加坡籍“卓越”轮(AGOCO FPSO)在位于浙江舟山的东海绿华山锚地提前完成全部海试任务,出境服役。

该“绿色海上炼油厂”由一艘2013年下水的超大型油轮改建而成,中国船企仅用24个月就完成了全部施工任务,创下同类船舶最快改建纪录。新的“卓越”轮集生产、储油、卸油等功能于一体,船长333米、宽60米,船体上半部分为油气加工厂房,下半部分是油气存储舱,日产原油量可达12万桶。图片来源:视觉中国

## 吃紧、混乱! 美加征关税影响科学仪器供应



本报讯 特朗普政府日前宣布,对从墨西哥和加拿大进口的商品征收25%的关税,并将中国进口商品的关税从10%提高到20%。据《科学报》报道,美国针对3个最大贸易伙伴征收关税,不仅会提高美国商品成本,还会通过抬升科学设备的价格对该国研究人员造成打击。

美国波士顿大学都会学院的 Canan Gunes Corlu 表示,这3个国家在科学仪器及实验室设备制造领域均占据重要地位,此举恐将提高实验室的运营成本。“美国研究机构的科学家已经面临联邦资金的不确定性,现在更是雪上加霜。这种双重压力将实质性影响某些领域的研究进程。”

美国实验室在多个层面依赖这些国家的制造商。例如,中国企业不仅生产玻璃器皿、质谱仪等成品设备,还供应组装设备的单个组件,尤其是电气组件;墨西哥则是移液管吸头等塑料耗材的主要供应商。美国哈佛商学院的 Willy Shih 表示:“许多

零部件可能来自美国,然后运往墨西哥进行组装,而这些组装后的产品在运回美国时将面临关税壁垒。”

与此同时,加拿大聚集着DNA测序仪、细胞计数器、核磁共振成像仪、计算机断层扫描仪等尖端医疗研究设备的制造商。到目前為止,美国是加拿大此类仪器的最大进口国。

关税也令美国设备销售商陷入混乱。Shih 说,一些公司试图暂时消化成本,而另一些公司可能会将这些成本转嫁给消费者,或将生产转移到美国及其他未被新关税政策覆盖的国家。但这需要数年时间,并非一朝一夕就能完成。

美国阿瑞斯科学仪器有限公司目前已放缓运营速度,决定暂停人员招聘并削减研发投入。公司首席执行官 Drew Kevoorkian 说,鉴于研究机构已经根据科研拨款和间接费用的变化重新调整支出计划,“我们预计这将对实验室设备市场产生重大影响”。

美国医院协会等组织已提请特朗普政府豁免“在美国医院、诊所和其他环境中提供安全、有效护理所必需的”医疗和药品加成关税。Corlu 表示,一些提供科学设备的公司也试图获得豁免。值得关注的是,特朗普政府正考虑对欧洲贸易伙伴加征关税,此举可能对研究型实验室造成新一轮冲击。(王方)