视觉中国供图

67.2%

该方法消除了传统合成后步骤，显著增强了MOF纳米粒子的分散能力，以及界面相容性，并且在合成的混合基质膜中，ZIF-8的质量百分数达到了67.2%，而通常MOF的添加量极限的质量百分数在20%左右。

向生物共生现象学习 造出高效分离膜助力碳捕集

◎本报记者 李丽云

气体，作为“看不见摸不着”的存在，却在很大程度上影响着人类赖以生存的环境与气候。科学家们致力于对气体资源进行研究和利用，而这首先需要对气体进行分离和纯化。膜法分离就是深入研究气体的有效手段之一。那能不能找到一种成本较低、效率较高且可持续使用的环保膜法分离技术呢？

科技日报记者2月26日从哈尔滨工业大学获悉，近日，中国化工学会分子辨识分离工程专委会委员、哈尔滨工业大学教授邵路带领课题组在这一领域有了新突破。团队提出一种简单易操作的新方法合成制备了可实现高效碳捕集的气体分离膜。相关研究成果以《面向可持续碳捕集的超高MOF含量混合基质膜的生物共生系统启发合成》为题，发表于《美国国家科学院院刊》上。邵路为唯一通讯作者，论文第一作者为哈尔滨工业大学化工与化学学院博士生赫彝姗。

实现“双碳”目标的关键技术

二氧化碳是主要的温室气体。最新调查研究显示，全球二氧化碳浓度每年都在超标排放，到本世纪末大气中的二氧化碳含量预计将达到750ppm（百万分比浓度）。

二氧化碳浓度的变化，将导致地球气温上升，进而带来一系列毁灭性灾难（如海平面上升，暴雨、暴雪等降水变化）。“这就和人类生病发烧一样可怕。”邵路说，“根据政府间气候变化专门委员会（IPCC）第六次评估报告，全球温度较工业化之前上升了1.5℃，已经濒临地球能够承受的极限了。”

2020年9月22日，在第七十五届联合国大会上，我国提出“双碳”战略，即中国力争2030年前实现碳达峰，2060年前实现碳中和，这是我国作为世界大国对全世界人民做出的庄严承诺。

“双碳”目标的难点在于，人类生产生活都会产生二氧化碳，如何在保障人民生活质量和国家经济发展的同时，实现“碳的零排放”呢？现阶段最好的方法是将产生的二氧化碳利用起来，“变废为宝”。

碳捕集技术就是将二氧化碳“抓起来”“提出来”的技术。高效的碳捕获技术是减少碳排放和二氧化碳进一步催化转化的前提和基础，是实现“双碳”目标的关键技术，膜法分离就是其中之一。

邵路向科技日报记者介绍，膜法分离气体是指利用不同性质的气体在驱动力的作用下透过膜的速率不同，将气体进行有效的分离、浓缩和富集，其优势在于成本相对较低，分离过程中无相变，可连续操作，能源效率较高，无二次污染。

“薄薄的一片膜，就像筛子一样，把气体分子分开来，很神奇吧！”邵路形象地比喻自己的研究内容。

受生物共生启发构筑高效分离膜

气体渗透通量和选择性是衡量膜气体分离性能的两个重要参数。气体渗透通量代表了气体透过的速率，要求快；选择性代表着气体分离效率，要求高。然而，快和高之间往往此消彼长，也就是说，高渗透率通常伴随着低选择性，反之亦然。同时实现高速和高效，是设计膜材料的初衷，高性能的膜材料是实现高效气体分离的前提和基础。

以聚合物材料为基质，将纳米填料分散其中制备的混合基质膜，是具有实际应用前景的分离膜之一。具有超高通气性的自具微孔聚合物（PIM-1，polymers of intrinsic microporosity-1）和具有可调控孔径的金属有机框架（MOF）纳米材料组成的混合基质膜，是该领域的“新宠”，而充分发挥二者结构优势的前提在于解决纳米粒子团聚和界面相容性差的问题。

邵路说：“我当年在新加坡获得博士学位后回国，就是想用自己学到的膜技术为祖国服务。我们团队近20年积累了丰富的气体分离膜研究经验，之前也成功制备过很多基于其他聚合物膜的混合基质膜，但对于PIM-1材料中MOF的原位加入或者生成却一直未能成功，究其原因是PIM-1的溶剂通常为有机溶剂，而MOF在有机溶剂中的常温合成鲜有报道。但PIM-1本身具有很好的气体分离性能，在此基础上进行进一步研究，一定可以制备出更高性能的分离膜。”

邵路3年前把这个问题交给其指导的博士生赫彝姗，让她思考如何能解决PIM中高含量MOF填充的问题。经过系列探索研究，受到根瘤菌与豆类作物根部共生形成根瘤的自然界共生现象启发，邵路团队终于成功开发出沸石咪唑骨架ZIF-8（ZIF，Zeolitic Imidazolate Frameworks）在PIM-1聚合物中共生生长的方法，避免了ZIF-8预先合成、干燥、再重新分散的步骤，而是利用氯仿、水的混合溶剂体系，一步即可把ZIF-8“嵌入”到PIM-1基质中，借此实现多孔纳米粒子的高添加量，并保证了纳米粒子和聚合物之间的良好界面相容性。

该方法消除了传统合成后步骤，显著增强了MOF纳米粒子的分散能力，以及界面相容性，并且在合成的混合基质膜中，ZIF-8的质量百分数达到了67.2%，而通常MOF的添加量极限的质量百分数在20%左右。如此高的MOF含量也导致了分离机理的改变，利用实验技术和密度泛函理论模拟手段，证明该方法提高了二氧化碳的溶解系数，这与其他工作中报道的金属有机框架促进气体扩散的方法有着显著不同，也是气体通量与选择性得以同时提高的奥秘。

提供研究通用“工具箱”

邵路表示，该方法同时提高了二氧化碳的渗透性和选择性，即使在长期测试中也保持优越的碳捕获性能。在超高MOF负载量的情况下，机械强度也可保持不变。这种由共生现象启发的全新策略，或可为下一代混合基质膜研究指明方向，可充分发挥金属有机框架和聚合物的分离性能优势。

更重要的是，这种共生的方法具有很强的通用性，适用于不同纳米粒子和聚合物的组合。这种方法更像是提供了一个通用的工具箱，材料组合的变换，可能会呈现更惊人的性能。“我们提出的这种简单又普适的方法，就像数学中的公式，接下来就是代入不同的数去运算的工作了，通过不同材料组合的尝试，还有新材料的开发和发展，很可能构建出下一代用于可持续气体分离的高性能混合基质膜，也打开了基于金属有机框架的复合材料的制造新思路。”邵路表示。

“膜法气体分离是我自读博士以来一直研究的科研课题。”邵路表示，该团队研究的新型气体分离膜实现了超高的气体分离性能，并且这种方法简单易操作，具有巨大的应用潜力。希望能尽快推进“膜”法“上天”，为“双碳”目标的达成提供先进的技术支持。

尺寸更小、功耗更低、可靠性更高——

第五代信号继电器厦门下线

◎本报记者 符晓波

用于接通和断开电路并发布控制指令的信号继电器在工业和民用领域应用广泛。没有它，日常工作生活中的智能家居、工厂设备、机械汽车等都无法运行。日前，业内尺寸最小、线圈功耗最低的第五代信号继电器在厦门研发成功并实现量产。该产品由厦门本土企业研发，拥有自主知识产权。

据悉，第五代信号继电器采用微处理器直接驱动，与此前第四代信号继电器相比，不仅线圈功耗降幅超64%，体积也缩小约40%，将获得更广泛的应用空间，也更加符合低碳减排的绿色要求，将助推电子设备的绿色发展。

新一代继电器体积更小、更节能

信号继电器是自动控制系统和远程控制电路中常用的器件，用于接通和断开电路，并向设备发布控制命令和反映设备状态。随着全球数字化、网络化、信息化的快速发展，电信领域、无线通信、宽带输送接入需求的增长，信号继电器的应用几乎无处不在。

记者从研发企业了解到，新一代信号继电器相比此前几代产品最大的特点在于其拥有更小尺寸、更低功耗、更高可靠性，其各项优异特性可满足当前产业升级对信号继电器的更高要求，符合越来越多的精细化的应用要求。

相较于第四代信号继电器，第五代信号继电器面积占用降低34%，单只产品重量仅有0.5克左右。得益于灵敏小巧的结构，其作业时间和声音也都大幅度减小，更加满足现代工业整机小型化的需求，可用于更多智能化场景。

在性能和能耗方面，新一代信号继电器摒弃了目前绝大部分继电器所需要的三极管等中间驱动元器件，采用微处理直接驱动，更加简化电路设计，进一步节约了整机空间和器件成本；此外，这款信号继电器还拥有分叉动触点结构、高机械寿命次数可达1亿次以上等特点，其线圈功耗锐减至50毫瓦甚至30毫瓦，相较上一代产品降幅超过64%，能减少整机发热，实现电子设备的节能环保绿色发展，同时进一步提升产品可靠性。

厦门宏发电声股份有限公司董事长兼总裁郭满金介绍，第五代信号继电器于2020年初正式立项进行开发。在产品开发之初，研发团队就以市场需求为导向，聚焦行业高端。目前，第五代信号继电器已在厂实现量产，稳产后，年产量将超亿只，主要面向5G通信、工业检测设备、超声医疗设备、视频监控等国家重点扶持发展的领域。

产业升级下的继电器迭代

作为自动控制、机电一体化中最重要的控制器件之一，信号继电器已历经四代的发展。随着通信设备内部安装板空间不断缩小，信号继电器的发展也呈现小型化趋势。而随着智能通信系统复杂程度和节能降耗要求的不断提高，相关产业对信号继电器的可靠性和绿色环保要求也越来越高。从产品迭代特征可以看出，每一代信号继电器都在体积的小型化及性能参数方面得到提升。

0.5克

相较于第四代信号继电器，第五代信号继电器面积占用降低34%，单只产品重量仅有0.5克左右。得益于灵敏小巧的结构，其作业时间和声音也都大幅度减小，更加满足现代工业整机小型化的需求，可用于更多智能化场景。

根据国内外权威标准，信号继电器代际划分主要依据是产品外形尺寸以及线圈功耗。其中四代产品分别于20世纪60年代、80年代、90年代及2000年初陆续推出。信号继电器在发展到第四代以后，由于技术瓶颈，长时间没有更新换代。

以日本优秀的信号继电器制造商松下为例，第三代信号继电器到第四代信号继电器，其产品体积缩小了40%，但线圈功耗等均未能实现下降。国际上其他优秀信号继电器制造商如欧姆龙、富士通、泰科等均有类似情况。

参数显示，此次中国企业研发的第五代信号继电器产品体积较日本松下第四代产品缩小约61%，且线圈功耗下降了70%以上，其各项性能指标的提升远大于第三代升级至第四代的幅度。郭满金表示，此次第五代信号继电器的成功研发攻克了行业多年技术难点和壁垒，并通过国际相关认证。下一步，企业将推动主持制定全球第五代信号继电器的标准。

应用方面，业内人士展望，第五代信号继电器问世将推动全球多行业领域快速发展，加快产业迭代步伐。例如，未来智能家居中的监控设备将进一步减小摄像头体积；医院彩超体检的设备，有望提升成像精度，同时缩短检查时间，提升检查效率。

成果播报

我国量子计算云平台上线两大国产量子编程软件

科技日报讯（**童娅** 记者**吴长锋**）记者2月28日从合肥高新区了解到，中国科学院量子信息与量子科技创新研究院量子计算云平台（以下简称量子计算云平台）日前成功部署两大全新国产量子编程软件——isQ-Core、青果（Quingo）。这意味着在科大国盾量子技术股份有限公司等多个国内顶尖团队的共同努力下，国产量子计算软硬件结合迈出重要一步。

我国“九章”“祖冲之号”“祖冲之二号”等量子计算原型机相继问世，量子计算机高效运行和广泛使用离不开强大的硬件系统，也离不开汇编语言、操作系统等软件的配套支撑。量子软件须满足量子计算底层物理原理和算法逻辑，具有较强专业性。本次在国内引起关注的两大国产量子编程软件，分别由中国科学院软件研究所团队、国防科技大学团队主导研发。

据介绍，isQ-Core量子编程语言及其编译器由中国科学院软件研究所及北京中科弧光量子软件技术有限公司技术团队联合开发，具有简洁、易用、高效、扩展性强、可靠性高等特点，能为量子计算用户提供许多便利。

青果由国防科技大学计算机学院QUANTA团队联合华东师范大学软件学院程序理论团队等提出，并以其为基础，设计实现了首个全面的量子—经典异构编程框架；同时，通过引入一种全新的量子操作的时序描述机制，使用户可以灵活、高效地控制量子操作的时序。目前，已有多个国内外计算机软硬件团队参与开发青果语言生态。

据了解，由国盾量子提供相关部署服务的两款软件都已成功部署至量子计算云平台。该云平台是目前国内硬件规模最大的量子计算云平台，并将引入“祖冲之二号”（66量子比特）的计算能力。此前，量子计算云平台上线了“祖冲之二号”同款汇编语言——QCIS指令集，大幅提升了用户在云平台实验室中对12比特超导量子计算原型机的操控能力。

中国科学院软件研究所团队表示，量子计算软硬件的结合，将为更多不同行业人士进行量子计算相关理论研究和应用探索提供便利。未来，isQ-Core将持续升级，增加、完善更多功能，与我国量子计算硬件协同发展。

多流多节点模型准确识别碳足迹空间转移

科技日报讯（记者**王健高** 通讯员**刘佳 李俊杰**）2月22日，记者从中国科学院青岛生物能源与过程研究所获悉，该研究所谢克昌院士、田亚峻研究员带领泛能源大数据与战略研究中心取得的最新关于识别我国省际煤电产业链碳足迹空间转移的研究，日前发表在国际期刊《清洁生产杂志》上。

田亚峻介绍，科研团队采用最新提出的GIS-LCA方法，以我国煤电产业链为对象，构建了以中国行政省区为空间节点、电煤和煤电为基础流的多流多节点模型，准确识别了碳足迹的空间转移。

在“双碳”战略下，开展基于空间的碳足迹研究对于精细识别隐含碳的空间转移、碳的溯源、明晰碳排放责任非常重要，对于确保产业链供应链安全、从全国一盘棋的角度处理好发展和减排的关系、整体和局部的关系等意义重大。

田亚峻表示，该研究以2016年数据为例，发现电煤流在运输阶段造成了约1.2亿吨CO_2eq的省际碳足迹（主要是煤炭开采阶段的温室气体排放）转移，其中约8.1%在输电阶段又发生了二次转移。煤电流在输电阶段造成了约6亿吨CO_2eq的省际碳足迹（主要是煤炭发电阶段的温室气体排放）转移，约占煤炭发电碳排放总量的15%。

碳足迹溯源揭示出，随电煤流转移到北京的碳足迹中约70%来自山西，从而准确地识别了山西能源对北京的贡献程度；电煤流碳足迹在二次转移中出现了“回流”到原产煤省，以及两产煤省“互流”的现象，暗示煤电相互博弈的复杂局面等。

仅凭一部手机大湾区施工物资实现“无人购”

◎本报记者 龙跃梅 通讯员 李建国

收银员不见了踪影，顾客进出超市、选择商品、结算付款全过程自助式服务，只需一部手机通通搞定，这是近年来日益普及的“无人超市”的购物景象。而这样的景象，最近出现在了广州新能源汽车产业园项目中。

填写电子领料单、获取清单二维码、扫码出入库房、自助领料机领料……2月22日，在项目机电智慧建造基地内，技术人员仅凭一部手机，就自助完成了出入库领取施工物资的全过程，如同出入“无人超市”购物一样。

项目机电智慧建造基地总建筑面积近4000平方米，是粤港澳大湾区首个项目机电智慧建造基地，配备了全自动管道套丝生产线、全自动管道压槽生产线、全自动风管生产线、全自动螺旋风管生产线、CNC数控加工中心、全自动配电箱生产线、智能焊接生产线等7条生产线和智慧仓储功能，基地距离项目主体建筑不足10米，可实现材料生产预制、智慧仓储和现场施工的无缝对接。

“以前我们的材料员比施工员还忙，每天微信运动都在3万步以上，不是在发料，就是在去发料的路上。”项目机电工程项目经理王博介绍，搭建智慧建造基地后，项目材料员人数锐减，材料员再也无须全天值守库房发料。

基地带来的好处远不止此。项目指挥长陆杰表示，项目计划在今年上半年全面完工，有了机电智慧建造基地，项目60%以上的机电安装材料，均可直接使用现场加工的预制成品，避免了材料的来回周转，仅春节7天假期里，就完成了1个月的施工任务。

中建三局第一建设安装有限公司党委副书记、执行总经理张俊表示，项目机电智慧建造基地只是该公司创新变革的一个缩影，围绕智慧建造抢抓新发展机遇，该公司着力打造了一座科研基地和10多个智能数字工厂，并牵头组建了“数字科技产业联盟”，建立行业生态圈，集聚全产业链资源，让行业加速迈向智能时代。