

降低能耗 “催化”消除“碳足迹”

□ 科普时报记者 翟玉梅

催化是自然界和工业生产中一种普遍存在的重要现象。古有酿酒造酒，今有氨合成，催化具有加速化学反应而不影响化学平衡的特性。

当前，全球经济社会发展面临传统化石资源逐渐枯竭、能源和化工过程原料多样化、碳减排等挑战，催化科学优势尤为突出。面向中国2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和这一目标，催化如何发挥支撑作用，又可以解决哪些重大科技问题？科普时报记者日前采访了主要从事低碳能源化工基础和应用的天津大学副校长巩金龙。

记者：在您看来，要从源头上实现节能减排，催化如何发挥作用？

巩金龙：在工业生产中，催化技术对于实现节能减排发挥着关键作用，主要体现在提高反应效率、减少废物和副产物、支持清洁能源的开发、促进环境友好型工艺的发展。

从科学本质上讲，催化剂通过降低反应活化能加速化学反应，因此能够使原本需要高温高压等苛刻条件才能进行的化学反应，在更温和的条件下就可以顺利进行，从而显著降低能源消耗。

在加速目标反应的同时，催化剂能够抑制其他副反应，进而通过提高反应的选择性，帮助更多的原料转化为目标产品，减少副产物和废物的生成，这不仅节省了原料，而且减少了废物处理的成本和环境影响。

催化剂在清洁能源开发中发挥着重要作用，特别是在促进可再生能源的转化、储存和利用方面，可用于电解水制氢和电催化二氧化碳还原等反应，促进电化学能源存储和转换；催化剂在光

催化反应中能够将太阳能转化为化学能，实现人工光合作用；催化剂在生物质能源转化过程中可促进生物质的气化、合成气的制备等反应。通过这些方式，催化剂可以提高清洁能源技术的效率、降低能源生产的成本，并减少对有限资源的依赖，从而推动清洁能源的发展和广泛应用。

催化技术的发展促进了更多环境友好型工艺的应用：在化工生产中采用催化过程可以减少对有害溶剂的使用；在一些工业过程中可以帮助减少有害物质的排放，汽车尾气处理中的三元催化器就能显著减少有害气体的排放。

记者：请为我们介绍一下我国催化研究和应用成果。

巩金龙：在基础研究方面，我国科学家提出了包括纳米限域催化、单原子催化等催化新概念。纳米限域催化通过借助微至“毫末”的纳米尺度的空间，以及界面限域效应对催化体系电子能态进行调变，实现催化性能的精准调控。

在应用研究方面，结合我国能源“多煤少油缺气”的特点，科学家在煤化工、石油化工等领域取得了多项突破性进展，如中国科学院大连化学物理研究所研制的甲醇制烯烃技术、中科合成油技术股份有限公司研制的煤制油技术。

记者：工业生产是碳排放大户，催化如何最大程度消除整个化学制造过程的“碳足迹”？

巩金龙：“双碳”目标的提出，让催化肩负起新使命，不仅为我国催化科学的发展带来了前所未有的机遇，同时也对催化“脱碳”作用的研究提出了新的



图为烷烃脱氢装置。（受访者供图）

更高的要求。

为了实现碳减排目标，催化过程需要更高的效率和更低的能耗：通过开发更高活性、更高选择性及更稳定的催化剂，降低催化反应所需的温度和压力，从源头减少碳排放；通过优化反应工程，如合理设计反应器结构、改善传质过程、提高反应选择性等手段，可以减少能源浪费，提高催化过程效率；研发可循环使用的催化剂，延长催化剂的寿命，减少催化剂的使用量，从而减少对资源的依赖，同时降低废弃物的生成。

随着化石能源的逐步替代，催化

科学需要支持可再生能源，如太阳能、风能、生物质能源的有效转化和利用，这包括开发新型催化材料和技术，以提高可再生能源转化的效率和经济性。同时，催化科学需要应对如何有效地捕获和转化二氧化碳等温室气体的挑战，重点研究包括开发能够高效转化二氧化碳为有用化学品或燃料的催化剂。

在研发新的催化技术时，需要进行全面的系统性研究和全生命周期评估，确保新技术在整个生命周期中都对环境友好，符合“双碳”目标。

以氨为载体突破储氢瓶颈

□ 江莉龙

3月1日，上市企业海泰新能发布公告称，拟对全资子公司增资9600万元，主要用于康保—曹妃甸氢气长输管道项目建设。张家口生产的“绿氢”将通过管道源源不断输送到唐山市，用于交通、氢冶金、工业用氢等领域。

氢气是自然界中最小的分子，单位体积产生的能量极为有限，通常采用35—70Mpa(压强单位)的高压气态形式储存，需要消耗大量能量，且易燃易爆，一旦泄露就会存在巨大的安全隐患。因此，氢气的储运是制约氢能产业发展的“痛点”，亟需发展安全、高效、低成本，且大容量的储氢新途径。

氨是关系国计民生的基础化工原料，作为储氢介质具有能量密度高、储运成本低、终端无碳排放、安全性高、产业基础成熟的优势。世界各国已陆续启动氢能相关规划和示范，我国于2022年先后将氨作为新型储能载体和燃料，首次列入国家发展实施方案中。

作为能源“桥梁”，氨可将传统的合成氨工业、氨能源及可再生能源产业相融合，贯通传统化工产业和新能源产业，走出一条符合我国能源结构特点的“可再生能源电力制氨—氨液态储氢—安全低成本运氨—无碳用氨或氨”的全链条“零碳”绿色能源循环特色经济路线，为

氢能源产业开拓一条无碳化的能源生产及利用新模式。

可再生能源光伏、风电和水电具有季节性和波动性的特点，导致存在大量“弃风、弃光和弃水”现象。针对这些问题，在源头可利用西北、西南的大量“三弃”可再生能源电力，建设绿色合成氨厂，将电能转化为氨的化学能。

氨既可以作为基础化工原料，也可以通过管道、公路、铁路和水运运输至终端用能场所，实现能源消纳与区域再分配。作为能源，氨可通过氨分解反应转化为氢能、通过氨—氢燃料电池、进入氨内燃机或燃气轮机燃烧这几种主要方式进入应用路径。

通过氨分解反应转化为氢能，应用于加氢站和氢能动力载具等场景。国内首个氨现场制氢加氢一体化示范站于2022年8月示范运行，以氨作为储氢载体可灵活调整产能，实现氢气的现产现用，解决高密度储运氢气的安全性问题，加氢成本可从现有高压气态储氢加氢站每公斤60—80元降至40元以下，为氢能产业发展提供安全经济且稳定的氢能供应链。

通过氨—氢燃料电池甚至直接氨燃料电池转化为电能，用于分布式或固定式发电和备用电源等场景。直接氨燃料电池可让氨进入燃

料电池直接发电，但尚处于实验室阶段，亟待技术突破。氨—氢燃料电池通过耦合氨制氢和氢燃料电池技术，已处于初步商业化应用阶段。2022年2月，国内首台氨—氢燃料电池发电站正式交付，为福建龙岩一经常性离网基站提供不间断的电力保障。2023年1月，我国首辆氨—氢燃料电池客车于福州启动。相较于汽柴油内燃机，氨—氢燃料电池具有零碳排放、高安全性、低燃料成本、无噪音等优势，为通信基站、数据中心、海岛、高山等场景的应急备电、离网供电及热电联供，提供安全、清洁、高效的解决方案，还可为车用船用动力系统、军用电站或动力系统等领域提供新型清洁能源系统。

1822年，氨发动机的概念就已被提出，1905年第一台氨发动机诞生。近年来，由于碳排放等环保政策，以氨替代化石燃料的热机技术再次蓬勃发展，有望提供大功率动力或大规模供电。

发展氨—氢能源革新技术，打造一条具有全自主知识产权且不依赖国外能源的自主绿色能源产业链，对保障国家能源安全、建设能源强国具有重要意义。

(作者系福州大学化工学院院长、化肥催化剂国家工程研究中心主任)

集装箱船可捕获自身排放的二氧化碳

科普时报讯(实习生王雨珂)近日，国际科学杂志《新科学家》发表了一篇关于“海上集装箱船测试捕获自身二氧化碳排放系统”的文章，表明航运业为减少二氧化碳排放量，正在使用更清洁的燃料。

最近，一艘名为“苏尼翁商人”号的240米长集装箱船，在波斯湾巡航时完成了船载碳捕集系统测试，正试图通过在船上捕获和储存二氧化碳来减少对气候的影响。

航运业排放的二氧化碳约占全球总量的3%。为减少二氧化碳排放量，航运业正在使用更清洁的燃料，用气泡润滑船体以提高燃油效率，甚至重新使用风帆，另一种尝试是捕获船舶排放的废气并将其储存在船上，以便用于吸收二氧化碳的化学吸附剂充电。

伦敦大学学院建筑环境学博士特里斯坦·史密斯说，一些现有系统仅仅为了捕获一半的二氧化碳排放，就增加了1/3的燃料使用量。塞浦路斯海洋与海事研究所的科学家乔治·马鲁帕斯说，每吨燃料燃烧会产生约3吨二氧化碳。当它被收集和储存时，增加的质量会影响船舶的稳定性并降低燃油效率。

英国初创公司Seabound首席技术官说，小规模测试每天捕获约一吨二氧化碳，这只是船舶总排放量的一小部分，全尺寸系统将能捕获船舶二氧化碳排放量的95%。在船上，废气循环通过氧化钙吸附剂与二氧化碳反应生成固体碳酸钙卵石，然后将吸附剂再充电，直到鹅卵石被卸载到港口进行永久储存。这意味着，每捕获一吨二氧化碳，船上就必须装载一罐吸附剂。

Seabound首席技术官表示，公司的目标是到2030年为1000艘船进行碳捕集改造。