

总第 8910 期  
2026 年 1 月 6 日  
星期二 今日 4 版

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

新浪微博 <http://weibo.com/kexuebao>



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

国务院印发  
《固体废物综合治理行动计划》

据新华社电 日前，国务院印发《固体废物综合治理行动计划》(以下简称《行动计划》)。

《行动计划》以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入贯彻党的二十大和二十届历次全会精神，完整准确全面贯彻新发展理念，按照减量化、资源化、无害化的原则，坚持系统推进和重点攻坚，加快补齐短板弱项，紧盯重点领域、重点地区、重点问题，深入开展专项整治，严格落实闭环管理，构建源头减量、过程管控、末端利用和全链条无害化管理的固体废物治理体系，优先治理与群众生活、安全生产密切相关的固体废物，加快完善综合治理长效机制，坚决遏制固体废物增长势头。

《行动计划》提出，到 2030 年，重点领域固体废物专项整治取得明显成效，固体废物历史堆存量得到有效管控，非法倾倒处置高发态势得到遏制，大宗固体废弃物年综合利用量达到 45 亿吨，主要再生资源年循环利

用量达到 5.1 亿吨，固体废物综合治能力显著提升。

《行动计划》聚焦工业、城镇、农林等主要产废领域，按照全链条综合治理的思路，进一步明确各环节治理任务，推动源头管控和减量、规范收集转运和贮存、提升资源化利用水平，增强无害化治理能力，部署开展非法倾倒处置固体废物、生活垃圾填埋场环境污染隐患、建筑垃圾、历史遗留固体废物堆存场所、磷石膏等重点领域专项整治，严格落实全过程监管和执法督察，完善法规标准和技术体系，加强政策保障。

《行动计划》要求，各地区各部门在党中央集中统一领导下，结合实际抓好贯彻落实。地方各级政府切实履行主体责任，完善工作机制，细化目标任务，确保落地见效。各有关部门按照职责分工，落实重点任务，形成工作合力。坚持“谁污染、谁治理”，压实固体废物污染主体的防治责任。

# 甲醇制烯烃：三代技术铺路，智能迭代加速

■本报记者 孙丹宁

在内蒙古鄂尔多斯市，纵横的管道与高耸的塔罐构成一座“钢铁森林”。这里矗立着全球领先的甲醇制烯烃第三代技术(DMTO-Ⅲ)装置，将黑色的煤炭转化为聚烯烃产品。

“十四五”期间，这项技术实现关键突破与规模化应用，单套装置产能超百万吨，原料消耗显著降低，新增许可 5 套，新增投产 400 万吨/年，将“煤炭由燃料向原料”的绿色变革从蓝图进一步推向现实。截至目前，甲醇制烯烃(DMTO)系列技术已成功签约 36 套技术实施许可合同，产能超 2400 万吨/年，其中 20 套装置已投产运行。

“40 多年前，我们就踏上甲醇制烯烃的技术研发之路。”中国工程院院士、中国科学院大连化学物理研究所(以下简称大连化物所)所长刘中民表示，“我们始终坚持‘开发一代、转化一代、前瞻一代’的战略路径，从未停止技术创新。”

## 三代技术迭代传递

能源是维持社会运转的“血液”，更是支撑我们日常生活的基石。以煤为主的化石资源禀赋决定了煤炭在我国能源消费结构中的主体地位不会在短期内改变。而甲醇制烯烃技术正是煤炭清洁利用的一个重要方向。“十四五”期间，该技术取得新突破——DMTO-Ⅲ 技术采用新一代催化剂和创新工艺，单套装置年处理甲醇能力达 360 万吨，甲醇消耗显著降低，推动煤化工产业向大型化、低碳化迈进。

这一飞跃，源于大连化物所从上世纪 80 年代开始的技术“长征”。当时，利用煤炭合成甲醇的第一步技术已相对成熟，但从甲醇到被誉为“工业粮食”的烯烃仍是世界性难题。

为了保障国家能源安全，大连化物所迅速调动以研究员陈国权和梁娟为组长的两个研究小组进行联合攻关。

1995 年，刘中民接任团队负责人，带领研究集体持续推动技术向工业应用迈进。团队与神华集团达成合作意向，在内蒙古包头建设一个百万吨级工业装置，成为煤制烯烃工业化的首个“实践者”。2011 年 1 月，DMTO 技术正式进入商业化运营阶段。由此，我国率先实现甲醇制烯烃核心技术与工业应用“零”的突破。

首次转化成功后，刘中民团队在 DMTO 技术方面不断升级，世界首套 DMTO-Ⅱ 工业示范装置也开车成功。

在完成阶段性任务后，刘中民曾想



世界首套甲醇制烯烃工业化装置。

大连化物所供图

过 DMTO 技术是否还有必要继续走下去。在该技术获得“国家技术发明奖一等奖”的那一刻，这个问题有了答案。这不仅是至高的荣誉，更是国家对煤化工方向的认可。“国家需要的方向，我们必须坚持下去。”刘中民这样想。

带着这份信念，团队将目标定为开发出性能更优化的催化剂，在工程上设计适应新催化剂反应要求的新型反应器和再生器。

通过创新分子筛合成方法，DMTO-Ⅲ 实现了对 SAPO 分子筛晶相、酸性和形貌的协同调控，同时结合催化剂制备工艺的创新，开发出了烯烃收率高、焦炭产率低、操作窗口宽、微量杂质少的新一代 DMTO 催化剂。

“煤制烯烃就像一个接力棒，前辈在接力赛的时候把棒传给了我，寄予了很大希望，我是中间的传承者，只能带领大家继续前行。”刘中民比喻道。

## 从燃料到原料的“蜕变”

技术升级后，转化的落点之一选在了鄂尔多斯。该市肩负着建设国家重要能源和战略资源基地的重任，简单的“挖煤卖煤”发挥不出内蒙古优质能源资源的真正价值。

“鄂尔多斯是著名的煤炭城市，全市含煤面积占比 70%，产量也十分稳定，而它需要的是推动资源由‘燃料型’向‘原料型’转变、产品由‘一般加工’向‘高端制造’转变。”大连化物所研究员叶茂说。

宝丰能源公司正是看中这些，选择和大连化物所携手在这里“安营扎寨”，开展煤制烯烃项目建设。

为了让 DMTO-Ⅲ 装置顺利落地，

2023 年以来团队多次前往项目现场，对操作数据进行深入研究，提出改进措施，进行系列能量优化，实现了 DMTO 与烯烃分离单元之间的高效耦合。

2025 年，全球单厂规模最大的煤制烯烃项目全面投产，3 套装置均采用 DMTO-Ⅲ 技术，年产能超 300 万吨。

在这里，煤炭替代石油经过一系列工艺，转化为烯烃产品，最终在下游环节加工转化为塑料用品、箱包服饰、航空航天材料等。在我国加快经济社会发展全面绿色转型的背景下，传统能源基地的煤炭不再仅作为燃料使用，而是以更环保的方式开辟出“煤头化尾”的更广阔升值空间。

“DMTO 技术引领并支撑了我国煤制烯烃产业的快速发展，对于缓解石油供应紧缺问题、保障能源安全和石化产业链安全稳定具有重要意义。与煤炭燃烧等传统利用方式相比，DMTO 技术的万元产值二氧化碳排放可降低约一半，是实现煤炭清洁高效利用的重要探索方向。”刘中民说。

## 智能时代的“一步跨越”

当人工智能的春风吹进传统化工领域，一场深刻影响技术发展的变革正在酝酿。

“化工生产过程长期受制于‘逐级放大’的研发瓶颈。”刘中民以 DMTO 技术为例说，“一项技术从实验室走向工厂，往往需要数十年的时间。但是，现在时代不一样了，发展智能化工，推动技术研发‘从实验室一步到工厂’，已成为全球化工领域竞相争夺的科技制高点。因此，我们更希望构建突破逐级放大瓶颈的化学工程

新方法体系，打造‘实验室小试—虚拟工厂—实际工厂’的全新研发范式。”

在这一愿景驱动下，团队和企业合作，突破数据稀缺、跨专业交叉领域学习等难点，建立了数据库，实现了技术领域的优势互补。

2024 年 3 月，刘中民、叶茂团队研发的首款智能化工大模型，在华为“昇思人工智能框架峰会”上亮相。这个基于昇腾人工智能平台开发的大模型，能够实现对 DMTO 等工艺知识的智能检索与工艺流程的自主优化，为缩短研发周期提供了技术可能。

到 2025 年 11 月，智能化工大模型已升级至 3.0 版本，并在百余家企业投入使用。

“过去靠经验，现在靠算法。”大连化物所研究员周吉彬道出了行业变迁。基于智能工业大模型开发的智能体可进行设备故障诊断，提升生产运行稳定性。面对行业数字化转型中的数据孤岛，标准不一等挑战，大连化物所创新性地提出“1+1+N”人工智能石化工新范式，以全链条大数据中心为基础、行业大模型为桥梁、智能体为应用载体，构建新的“人工智能+化工”生态。

目前，大连化物所已建成我国首个石油化工全链条大数据中心，开发了化工行业首个智能体标准化开发框架平台，为推动我国从“化工制造”迈向“化工智造”提供了强有力的技术支撑。

与此同时，大连化物所还联合雪浪云共同研发 DMTO 装置优化调控平台，构建了以机理和数据模型为核心，智能化工大模型为支撑的协同优化调控体系。

“我们希望打造‘大模型 + 小模型’协同优化机制。”叶茂介绍，“其中，小模型主要聚焦于关键变量的趋势预测，并对操作变量进行优化形成定量结果；大模型则基于历史经验进行定性分析与决策，提供全局性的决策支持。两者协同联动，使平台兼备动态稳定性与高效响应速度，能在复杂工况下保持高效、低碳、经济的最佳运行状态，推动 DMTO 装置由‘经验驱动’迈向‘智能驱动’。”

“我们正站在变革的起点。”刘中民说，“我们的目标不仅是加速创新，更要实现成果‘从实验室一步跨入工厂’的梦想。”



# 全球首座海底海水淡化厂有望今年启用



本报讯 近日，挪威初创公司 Flocean 宣布将在今年启用全球首座商业规模的海底海水淡化厂，有望降低海水淡化成本和能耗。

随着人口增长、气候变化以及数据

中心和制造业飞速发展，全球用水需求快速上升。与此同时，干旱、森林砍伐和过度灌溉等导致淡水资源越来越稀缺。海水淡化是解决上述问题的途径之一。

目前，陆上海水淡化厂提供的淡水约占全球淡水供应量的 1%，超 3 亿人依靠其满足日常生活需求。规模最大的海水淡化厂位于中东地区，当地水资源匮乏，能源较为廉价，因此使该技术更具必要性和可行性。

目前，海水淡化主要采用反渗透技术，利用仅容水分子通过的带有微小孔洞的膜，过滤掉海水中的盐分和其他杂质。该方法中海水必须加压才能通过过

滤器，而这一过程需要消耗大量能量。

为了解决海水淡化成本高和能耗大的问题，Flocean 将反渗透舱置于深海中，利用静水压，即上方所有海水的重量，推动海水通过过滤膜，分离盐分，然后将淡水泵回陆地。

Flocean 称，与传统海水淡化厂相比，海底海水淡化厂能耗降低 40% 至 50%。此外，一旦进入有光区(水面以下 200 米区域)以下，海水更干净。这意味着海水在进入过滤装置前无需预处理。

过去一年，Flocean 一直在挪威最大的海上供应基地 524 米深的水域进行海水淡化试验。其名为 Flocean One 的商业设施正在同一地点建设，将于今年第二季度投入运营，初期每天可产生 1000 立方米淡水。之后，可通过增加更多海水淡化舱的方式逐步扩大产能。

“对我们来说，最大的挑战在于实现完美协调。我们需要客户支持、政府许可，还需要强大的金融合作伙伴。” Flocean 创始人兼首席执行官 Alexander Fuglesang 说。

## 联合国通过决议 纪念“糖丸爷爷”

本报讯(记者高雅丽)1 月 4 日，记者从中国科协获悉，经第四十三届联合国教科文组织大会审议通过，中国科协推荐的顾方舟诞辰 100 周年纪念活动被正式纳入联合国教科文组织 2026—2027 年可参与的周年纪念活动清单。这是继刘徽诞辰周年纪念活动后，中国又一次在联合国教科文组织成功申办以科学家诞辰为主题的周年纪念活动，已得到柬埔寨、法国、意大利和泰国的大力支持。

1957 年，顾方舟临危受命，开展脊髓灰质炎的研究工作，从那时起，战胜脊髓灰质炎成为他毕生事业。顾方舟在中国首次分离出脊髓灰质炎病毒，并成功研制出脊髓灰质炎糖丸疫苗，为中国消灭脊髓灰质炎的伟大工程作出了重要贡献，人们亲切地称他为“糖丸爷爷”。

为了观察疫苗对人体是否安全，顾方舟以身试药，义无反顾地喝下了小小一瓶疫苗溶液，甚至让自己未满周岁的儿子作为首个儿童试验者。2000 年，经世界卫生组织证实，中国正式

成为无脊髓灰质炎国家，当时 74 岁的顾方舟作为代表在报告书上郑重签下了自己的名字。他对脊髓灰质炎疫苗的研发和推广，为全球消灭脊髓灰质炎事业提供了宝贵经验，极大鼓舞了世界各国的信心。

2019 年 1 月 2 日凌晨，92 岁的顾方舟与世长辞。在生命的最后时光，他仍然心系国家的卫生事业。研究所的工作人员探望他时，他紧紧握着后辈的手留下遗言：“我一生做了一件事，值得，值得。孩子们快快长大，报效祖国。”

据悉，此次顾方舟诞辰 100 周年纪念活动拟于 2026—2027 年在中国、法国、意大利等地联合举办，并邀请全球多个国家和地区的医学家、病毒学家、公共卫生领域专家等共同参与。活动的举办有利于传承和弘扬顾方舟胸怀家国、造福人类的崇高科学精神，彰显中国科学家的全球担当，促进全球公共卫生领域交流互鉴，为推动全人类的健康事业发展注入不竭动力。

## “人造太阳”实验证实 托卡马克密度自由区存在

本报讯(记者王敏)记者从中国科学院合肥物质科学研究院获悉，有“人造太阳”之称的全超导托卡马克核聚变实验装置(EAST)，基于边界等离子体与壁相互作用自组织(PWSO)理论，实验证实了托卡马克密度自由区的存在。这一创新性工作为了解密度极限提供了重要线索，并为托卡马克高密度运行提供了重要物理依据。相关研究成果近日发表于《科学进展》。

对于未来聚变堆，高密度运行是提高聚变能经济性的必然选择。“密度极限”是上世纪末发现的纯经验定标，接近密度极限的托卡马克运行将引发等离子体破裂，巨大的能量会瞬间释放到装置内壁，影响装置的安全运行。国际聚变界完善了跨装置的经验定标，并在芯部弹丸注入等特定条件下实现了超密度极限运行，逐步明

确触发密度极限的物理过程发生于

边界区域，但对其中的物理机制并不十分清楚。

为此，研究团队发展了 PWSO 理论模型，指出了边界辐射在密度极限触发中的关键作用，并解析出辐射不稳定性的边界；揭示了密度极限的触发机理，预测了密度极限之外的密度自由区。

在实验中，研究团队依托 EAST 全金属壁运行环境，利用电子回旋共振加热和预充气协同启动等方法降低边界杂质溅射，主动延迟了密度极限和等离子体破裂的发生；通过控制靶板的物理条件，降低了靶板杂质主导的物理溅射，控制等离子体突破了密度极限，引导等离子体进入新的密度自由区。实验结果与 PWSO 理论预测高度吻合，首次证实了托卡马克密度自由区的存在。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1126/sciadv.adz3040>

## 新模型实现强对流天气 提前 4 小时预报

本报讯(记者高雅丽)国家卫星气象中心(国家空间天气监测预警中心)研究员王劲松联合哈尔滨工业大学(深圳)、香港科技大学、中国气象局广州热带海洋气象研究所等单位的科研人员，研发出基于风云气象卫星数据的深度扩散模型(DDMS)。该模型将对流云演变过程中呈现的随机运动趋势建模为一种物理扩散过程，利用风云四号 A 星过去两小时的红外亮温序列，预测未来 4 小时对流云的时空演变。在此基础上，结合深度语义分割模型，对预测得到的卫星序列开展对流云的自动识别与空间定位，精准刻画对流云的生成与发展过程。基于风云四号卫星数据，DDMS 实现了对我国及周边区域约 2000 万平方千米区域、未来 4 小时内每 15 分钟一次的高分辨率对流预报，在不同空间尺度(4000 米至 4.8 万米)和不同季节均表现出稳定的预报能力，不仅在短时预报中表现优异，在两小时至 4 小时的较长时效预报中仍然保持较高的可信度。

该研究基于风云四号卫星数据和 DDMS 进行了探索，不仅为强对流天气临近预报提供了新的技术范式，还展现出多方面的发展潜力。

研究团队利用风云四号系列卫星大范围、无缝隙的监测优势，获取长时

效数据，从海量卫星数据中提取并预测对流云团的复杂随机运动，为提升预报精度，团队引入近年来在图像生成领域表现卓越的扩散模型，提出面向卫星数据的 DDMS。该模型将对流云演变过程中呈现的随机运动趋势建模为一种物理扩散过程，利用风云四号 A 星过去两小时的红外亮温序列，预测未来 4 小时对流云的时空演变。在此基础上，结合深度语义分割模型，对预测得到的卫星序列开展对流云的自动识别与空间定位，精准刻画对流云的生成与发展过程。基于风云四号卫星数据，DDMS 实现了对我国及周边区域约 2000 万平方千米区域、未来 4 小时内每 15 分钟一次的高分辨率对流预报，在不同空间尺度(4000 米至 4.8 万米)和不同季节均表现出稳定的预报能力，不仅在短时预报中表现优异，在两小时至 4 小时的较长时效预报中仍然保持较高的可信度。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1073/pnas.2517520122>