

THERMAL ENERGY TECHNOLOGY

2026年3月

# 热能情报

双月刊



主办单位：中瑞天新（北京）科技有限公司





# CONTENTS

## 目录

### 国家利好政策的推动

推动热泵行业高质量发展行动方案.....4

### 技术的不断发展

【碳捕集与催化】天津大学、莫纳什大学 Paul Webley、墨尔本大学团队：新型空气制合成气技术，实现碳负排放新突破合作..... 9

中国首创：微生物利用二氧化碳制饲料蛋白成功试产.....17



## 新技术简介

关键技术自主可控，我国液氢制取领域取得新突破..... 19

日本科学家颠覆热力学定律：量子系统实现超卡诺效率能量转换..... 21

## 技术的应用

煤电机组，有了超级“储热宝”.....25

我国首个量产生物甲醇项目今日投产.....27

### 《热能情报》

双月刊，汇集政策变化、技术进展，案例研究等篇章，简单简洁，旨在收集整理，搬运行业内的技术资料 and 情报，为致力于这个领域的技术管理人员服务。





## 推动热泵行业高质量发展行动方案

为全面贯彻党的二十大和二十届二中、三中全会精神，认真落实党中央、国务院决策部署，推动热泵行业高质量发展，助力重点领域节能降碳，培育绿色低碳产业增长点，制定本行动方案。

### 一、总体要求

热泵是一种高效能量转换装置，通过消耗少量电力将低品位热能转化为高品位热能，可有效解决生产生活用热需求，提高能源利用效率。推动热泵行业高质量发展，有助于推进重点领域节能降碳，

培育绿色低碳产业增长点，为积极稳妥推进碳达峰碳中和、加紧经济社会发展全面绿色转型提供有力支撑。

经过各方共同努力，力争到 2030 年，热泵生产制造和技术研发能力不断增强，重点热泵产品能效水平提升 20%以上，大功率高温热泵、高效压缩机、新型制冷剂等核心技术取得突破，热泵建筑应用面积和热泵机组装机容量持续增长，热泵产业高质量发展水平显著提升，国际竞争优势不断扩大。

### 二、因地制宜加大热泵推广应用

（一）统筹推进建筑领域应用。鼓励在寒冷和夏热冬冷地区推广应用空气源热泵。因地制宜推动中深层地源、地表水源热泵规模化应用，满足建筑采暖和制冷需求。加强清洁取暖供应保障，支持选用地源、水源、空气源、余热源等类型热泵替代燃煤锅炉和散煤燃烧。在学校、医院、宾馆、办公楼等公共建筑领域推广应用热泵热水器等设备，鼓励有条件的居住建筑安装使用热泵热水器，替代燃气、电直热等热水装置。空气源热泵机组性能不低于国家标准《热泵和冷水机组能效限定值及能效等级》的能效要求，逐步减少电辅热装置使用。热水器等设备，鼓励有条件的居住建筑安装使用热泵热水器，替代燃气、电直热等热水装置。

空气源热泵机组性能不低于国家标准《热泵和冷水机组能效限定值及能效等级》的能效要求，逐步减少电辅热装置使用。

（二）积极推进工业领域应用。鼓励有条件的企业、工业园区等使用热泵装置回收工业废水、废气等余热资源制备高温蒸汽。结合行业特点拓展热泵应用场景，用于石油化工业蒸馏、精炼、分解、聚合等工序供热，纺织印染行业染色、印花、定型等环节高温加热，食品加工行业烘焙、烤制、蒸煮等加工环节供热，造纸、医药等行业纸浆及药物材料加热烘干，建材行业陶瓷制品烤制等。

（三）扩大农业、交通运输等其他领域应用范围。加强热泵在农业设施中的应用，鼓励有条件的地区建设热泵烤房替代经营性炉灶及农业燃煤设施，用于农副产品、烟叶、药材、木材等烘干，减少散煤使用。拓展热泵在交通运输领域应用场景，推动使用热泵解决综合交通枢纽、轨道交通场段等交通基础设施及配套建筑供暖需求，鼓励地铁列车、高速列车等利用热泵空调替代单冷空调和电取暖设备。推动将热泵技术用于电动汽车智能热管理，提高动力电池能量利用效率，提升汽车续航能力。

（四）开展存量低效热泵更新改造。对投运 10 年以上的热泵设备开展全面诊断和综合评估，依法依规淘汰落后低效热泵设备。积极推进存量低效热泵设备更新改造，通过更换压缩机、换热器、控制装置等关键零部件，优化管道布局及输配系统，提高末端散热装置匹配度等方式，提升热泵系统能效水平。推动热泵与既有热源集成应用，结合供热管网建设、可再生能源消纳等一体推进热泵系统改造建设。支持资源循环利用企业开展废旧热泵处置，提高废旧热泵回收处理和加工利用能力。



### 三、推动热泵产业提质升级

(五) 优化热泵设计和生产制造。推动热泵生产制造企业应用虚拟仿真、人机工程等技术，提升热泵整机和关键部件设计水平，推动热泵产品小型化和易安装化，为用户提供一体化定制式供热、制冷方案。通过工艺创新、部件集成、智能生产等方式，提高生产效率和制造水平，进一步提升热泵产品性能和能效，拓展热泵产品应用领域。实施热泵生产线绿色化、数字化、智能化改造，减少生产过程中的能源资源消耗和碳排放，降低产品碳足迹。

(六) 提升绿色低碳制冷剂产品供给。引导热泵生产企业加快淘汰含氢氯氟烃（HCFCs）制冷剂，限控氢氟碳化物（HFCs）使用。加大自然工质、氢氟烯烃（HFOs）等新型低增温潜势（GWP）制冷剂及其应用技术的自主研发力度，提高新型制冷剂与热泵系统的匹配度。严格控制热泵生产制造和使用过程中制冷剂的泄漏和排放。积极推动制冷剂回收再利用和无害化处理。

(七) 提高运行维护专业化水平。推进热泵智能化运维管理，加强热泵运行效率、能耗等数据监测分析，优化热泵运行调控能力，着力提升低负荷工况运行性能。引导热泵生产企业由设备供给商向系统集成商转变，健全安装、运维队伍与服务体系，切实提高热泵稳定高效运行水平。充分发挥行业协会、研究机构等专业化力量，编制热泵应用案例和服务指南，开展面向企业和用户的政策宣介、业务培训和技术指导，提升从业人员专业素养，增强热泵安装与使用单位管理能力。

(八) 加强先进适用技术研发应用。加大冷热同源热泵、跨临界二氧化碳热泵、大功率高温热泵等研发力度，推动多级循环及大变压比压缩机、低成本高效膨胀装置、新型换热器

等关键装置研发取得重要突破。加快热泵低噪声、大容量、高效、高效除霜等关键技术攻关。鼓励热泵与太阳能、蓄热多能互补应用。支持热泵相关领域国家级科技创新平台基地建设，构建产学研用协同创新体系，打通热泵技术研发、成果转化、产业应用路径。

#### 四、完善支撑保障体系

（九）加强热泵安装使用建设保障。支持将热泵技术应用纳入地方供热规划。做好与热泵发展相关的余热资源、地热资源、水资源、土地资源、配电网容量等评估，优化完善相关资源开发利用工作流程，防止对水资源等造成污染和损害，禁止抽取难以更新的地下水用于需要取水的地热能开发利用项目。视情预留能源站用地、热力管网用地、电网容量等热泵安装应用条件。加快提升配电网综合承载能力和柔性智能调控能力，满足冬季热泵大规模用电需求。加强低品位热源供给匹配，探索推进局域性余热共享网络、跨季节储热设施等建设，提高热泵余热利用能力。

（十）强化综合性政策支持。发挥好政府投资带动放大效应，充分发挥货币、信贷等金融政策导向作用，引导金融机构加大信贷支持，结合大规模设备更新和消费品以旧换新，积极支持热泵推广应用、更新改造等。落实好现行相关税收优惠政策。鼓励相关单位选用列入《绿色技术推广目录》《国家重点推广的低碳技术目录》《国家工业和信息化领域节能降碳技术装备推荐目录》等的高效热泵技术和产品。研究将热泵相关项目纳入绿色低碳先进技术示范项目支持方向。

（十一）发挥标准引领和支撑作用。实施好《热泵和冷水机组能效限定值及能效等级》《热泵热水机（器）能效限定值及能效等级》《可再生能源建筑应用工程评价标准》等国家标准。



开展建筑采暖和生活热水设备能效评价方法研究，探索建立统一的建筑采暖和生活热水设备能效标识体系。完善热泵绿色低碳设计、生产、测评、安装、运行维护、回收拆解等全链条标准体系。推动建筑领域热泵应用标准研究，明确不同建筑气候区热泵性能系数，加快提升热泵性能要求。研究制定高温蒸汽热泵、自然工质制冷剂热泵等相关技术标准。推动热泵产品碳足迹管理体系建设。扩大热泵产品能效标识覆盖范围，研究在能效标识上增加制冷剂增温潜势（GWP）等信息。

（十二）深化热泵领域国际合作。充分发挥我国热泵产业资源、技术、品牌优势，推动建立国际热泵产业合作平台，支撑全球能效提升和电气化转型。推动规范国际热泵产品定义分类、热泵能效标准及测试方法和标识认证等国际互认。鼓励热泵企业积极参与国际标准制定等。利用全球能效大会、《联合国气候变化框架公约》缔

约方会议、《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》缔约方会议等平台，推广我国优秀热泵技术和应用实践案例。

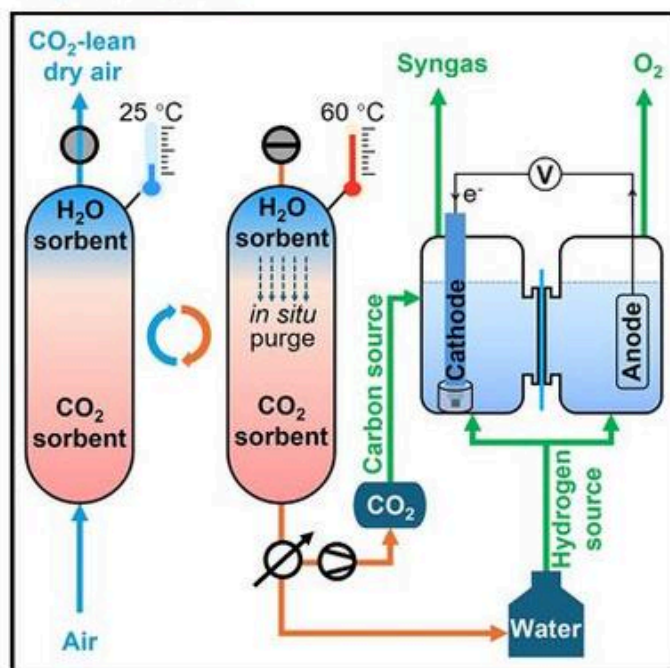
国家发展改革委会同科技部、工业和信息化部、财政部、自然资源部、生态环境部、住房城乡建设部、交通运输部、农业农村部、市场监管总局、国家能源局等有关部门加强统筹协调，完善政策措施，共同推动本方案实施。鼓励各地区结合实际出台热泵产业支持政策，积极推动热泵项目建设。充分发挥市场监管体系和节能监管体系作用，加强热泵产品质量、能效水平监管。推动建立热泵生产者责任延伸制度，提高产品安全性和可靠性，有效落实生产企业资源环境责任。充分发挥行业协会等作用，建立供需对接渠道，加强行业自律管理，规范企业市场行为。依托全国生态日、全国节能宣传周等重要平台，广泛深入宣传热泵应用实践，提升社会认知度和认可度，为热泵产业发展和产品推广营造良好氛围。

## 【碳捕集与催化】天津大学、莫纳什大学 Paul Webley、墨尔本大学团队：新型空气制合成气技术，实现碳负排放新突破合作

合成气（氢气和一氧化碳的混合物）是化工行业的关键原料，但目前其生产严重依赖化石燃料，伴随巨额碳排放。墨尔本大学Gang Kevin Li教授、天津大学丁辉教授和莫纳什大学Paul Webley教授领导的联合团队上发表了最新研究成果，联合开发了一种全新的“空气制合成气”技术，仅以空气为原料，成功实现了从直接空气捕获（DAC）到电催化转化的全流程集成。该技术采用创新的双吸附层柱体设计，同步捕获空气中的CO<sub>2</sub>和水分；通过低温蒸汽purge技术，在60°C和低压下高效解吸CO<sub>2</sub>；最后利用镓基液态金属催化剂，将捕获的CO<sub>2</sub>和水高效电解转化为合成气。该技术全过程能耗仅为56.4 MJ/kg，为未来碳负排放和可再生能源储存提供了全新的技术方案。

## Syngas production from the air

## Graphical abstract



## Highlights

- A double-layered sorption configuration for the direct air capture of CO<sub>2</sub> and water
- Release adsorbed CO<sub>2</sub> from solid amine sorbents through *in situ* vapor purge at 60 °C
- Use moisture as a promoter for CO<sub>2</sub> desorption and a feedstock for H<sub>2</sub> production
- Gallium-catalyzed syngas production using CO<sub>2</sub> and water captured from the air

## Authors

Yongqiang Wang, Jining Guo, Longbing Qu, Paul Webley, Hui Ding, Gang Kevin Li

## Correspondence

paul.webley@monash.edu (P.W.),  
dinghui@tju.edu.cn (H.D.),  
li.g@unimelb.edu.au (G.K.L.)

## In brief

Syngas is an important feedstock in the chemical industry. Finding renewable carbon sources for syngas production is a promising approach to address the significant greenhouse gas emissions associated with the use of fossil-based syngas and derived chemicals. Herein, we developed an integrated process to employ air as a sustainable feedstock for syngas production. The process captures CO<sub>2</sub> and water concurrently from the air in a double-layered adsorption column and converts the captured molecules into syngas using a liquid-metal-based electrolyzer.

## 源头创新

首次实现直接从空气中捕获CO<sub>2</sub>和水蒸气，并高效转化为合成气（H<sub>2</sub>+CO），全程仅以空气为唯一原料。

## 节能突破

采用蒸汽辅助变温真空摆动吸附（VPTVSA）新技术，CO<sub>2</sub>解吸温度降至60°C，再生能耗降低40%。

## 高效转化

镓（Ga）基液态金属电催化系统实现94%-100%的法拉第效率，可灵活调控合成气组成（H<sub>2</sub>/CO比例）。

## 碳负排放

每立方米空气可生产0.341克合成气，全流程能耗仅56.4 MJ/kg<sub>s<sub>y</sub>n<sub>g</sub>as</sub>，为碳中和提供新技术路径。

随着全球碳中和目标的推进，寻找替代化石原料的可持续碳源和氢源已成为科研界和产业界的焦点。大气中蕴含着取之不尽的CO<sub>2</sub>（约400 ppm）和水蒸气（湿度可变），是理想的碳氢来源。然而，从如此低浓度的空气中高效捕获CO<sub>2</sub>并经济地转化为化学品，一直面临着能耗高、效率低的巨大挑战。

传统的直接空气捕获（DAC）技术再生温度高（通常>100°C），且需要大量额外水资源用于蒸汽解吸，这与许多可再生能源丰富但水资源匮乏地区的条件相矛盾。

墨尔本大学Gang Kevin Li教授天津大学丁辉教授和莫纳什大学Paul Webley教授领导的联合团队上发表了最新研究成果，报道了一种集成式、低能耗的“空气制合成气”工艺，成功将DAC与电催化还原（CO<sub>2</sub>RR）过程耦合，仅以空气为原料生产出合成气。



## 技术原理与创新设计

该技术的核心在于三大创新环节的紧密耦合：

### 1. 双吸附层捕获：同步获取CO<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>O

研发团队设计了一个填充有两种吸附剂的吸附柱：

上层

填充硅胶，专门高效捕获空气中的水分。

下层

填充PEI浸渍的HP20树脂（胺基吸附剂），负责捕获CO<sub>2</sub>。

这种设计允许在单一设备中同时捕获后续反应所需的两种原料，简化了流程，降低了成本。

### 2. 蒸汽辅助变温真空摆动吸附（VPTVSA）：低温再生的关键

这是本研究最大的创新点之一。传统的TVSA过程需要高温（>100°C）来解吸被捕获的CO<sub>2</sub>，能耗巨大。

本研究开发的VPTVSA过程巧妙地利用了上层硅胶在低压和低温（仅60°C）下释放出的水蒸气，作为purge气体吹扫下层的胺基吸附剂。水蒸气的引入极大地降低了CO<sub>2</sub>在吸附剂表面的分压，从而在低温下打破了吸附平衡，驱动CO<sub>2</sub>脱附。

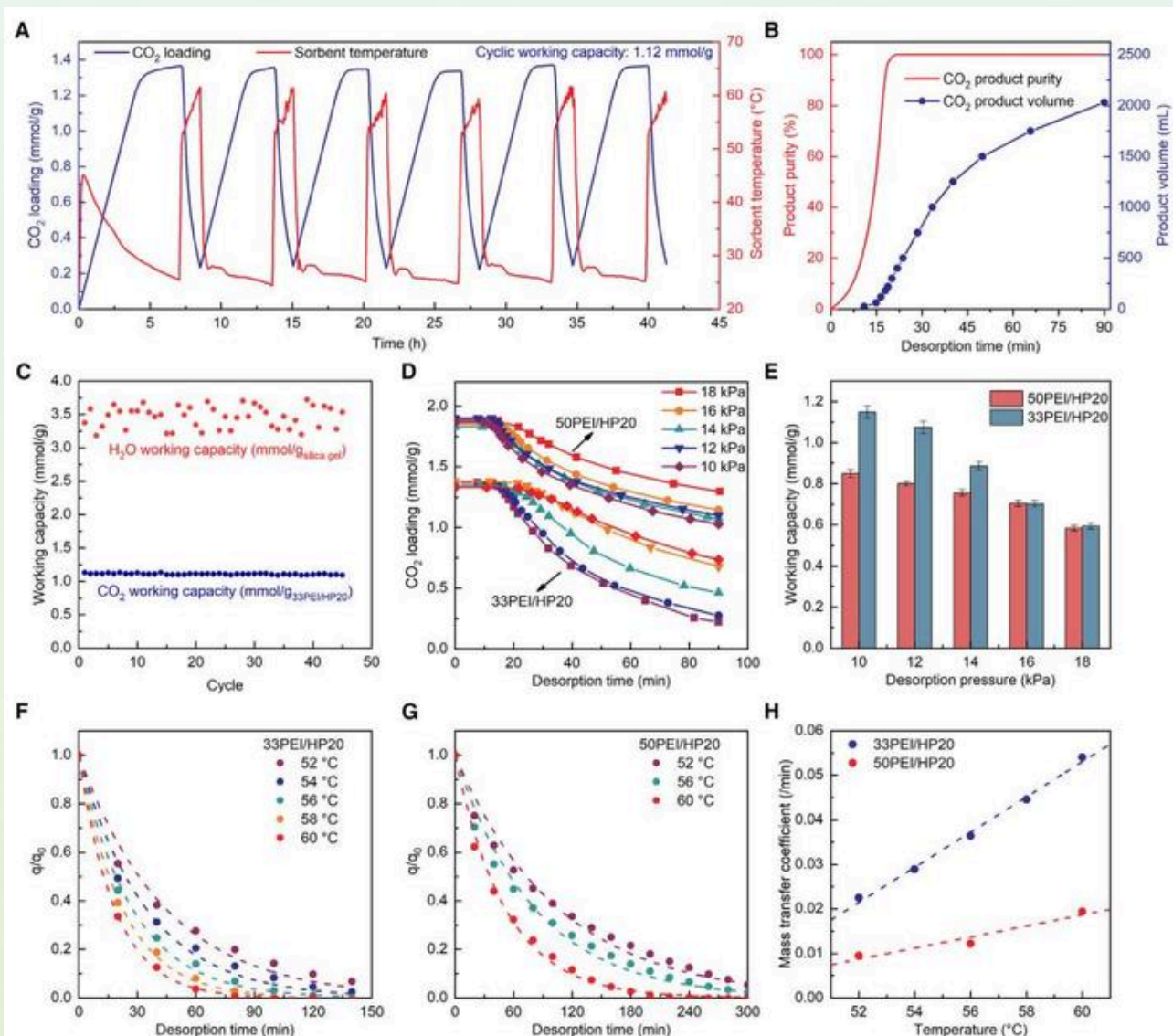
### 结果表明

结果表明，采用33% PEI负载的吸附剂（33PEI/HP20）在60°C、10 kPa的条件下，工作容量可达1.12 mmol/g，能够释放近80%的被吸附CO<sub>2</sub>，且在此温和条件下运行45个循环后性能依然稳定。

### 3. 镓基液态金属电催化：高效合成气制备

捕获得到的高纯度CO<sub>2</sub>和水被导入电解池。研发团队选用了液态金属镓（Ga）作为催化电极，其优势在于：

对CO生成具有高选择性，并能通过调节电位灵活控制H<sub>2</sub>/CO的比例（合成气的关键参数）。





该系统在40°C下运行，在-1.0 V至-1.4 V (vs. RHE) 的宽电位窗口内，合成气 (CO+H<sub>2</sub>) 的法拉第效率始终保持在94%以上，最高可达100%。

性能与能耗：技术经济性的关键

团队对全过程进行了详细的能耗与焓分析：

DAC部分 (VPTVSA) 能耗为

15.3 MJ/kg<sub>s<sub>y</sub>n<sub>g</sub>a<sub>s</sub></sub>。其中，使用12.5%硅胶体积分数的优化配置，其焓耗低至1.62 MJ/kgCO<sub>2</sub>，远低于传统TVSA过程的2.0-3.2 MJ/kgCO<sub>2</sub>。

电催化部分 (CO<sub>2</sub>RR) 在3V槽压下，能耗为

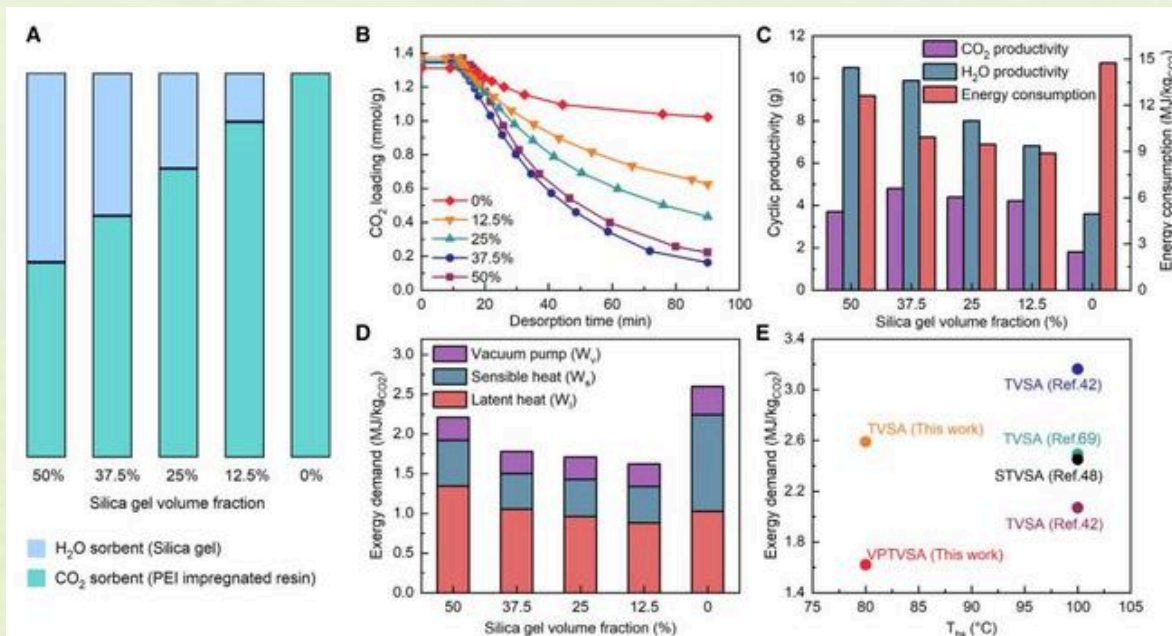
41.1 MJ/kg<sub>s<sub>y</sub>n<sub>g</sub>a<sub>s</sub></sub>。

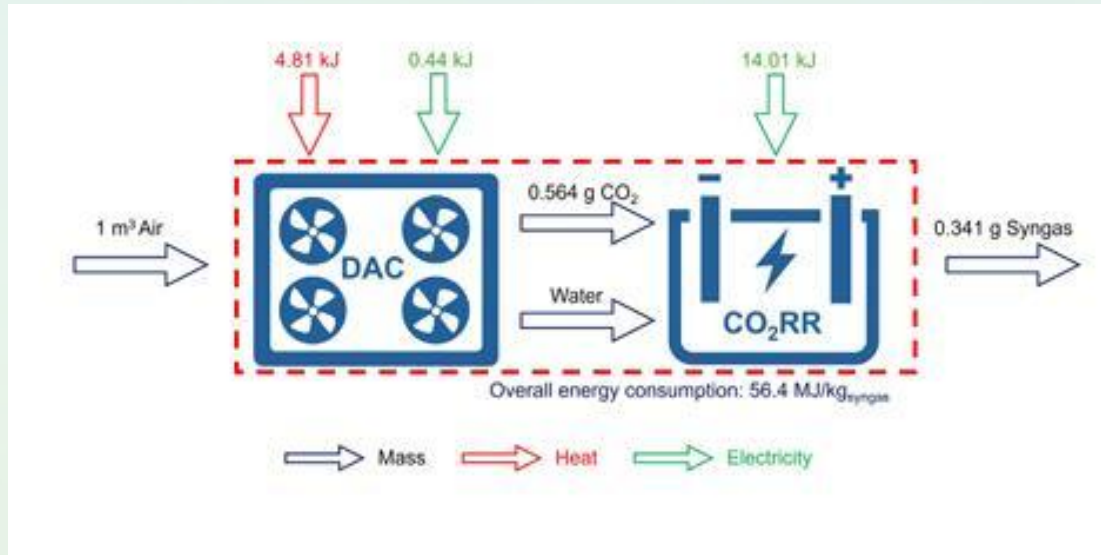
综合能耗

56.4 MJ/kg<sub>s<sub>y</sub>n<sub>g</sub>a<sub>s</sub></sub>。

产率

每立方米空气可生产0.341克合成气。





## 结论与展望

该研究首次成功演示了从空气中直接捕获CO<sub>2</sub>和水并转化为合成气的完整、集成化工艺。其创新性的VPTVSA过程解决了固体胺吸附剂再生能耗高的核心痛点，而高效的Ga基电解系统则保证了最终产品的高选择性和灵活性。这项技术预示着一一条通往“碳负排放”的全新路径：利用可再生能源（如太阳能、风能）驱动整个系统，从空气中捕获CO<sub>2</sub>并转化为有用的化学品和燃料，从而实现碳的循环利用，甚至减少大气中的碳浓度。

未来，研究团队计划进一步优化电解槽性能以降低电耗，并探索将合成气直接转化为甲醇或其他高价值液体燃料，从而更好地与现有的化工基础设施和能源体系相融合。

Wang, Y., Guo, J., Qu, L., Webley, P., Ding, H., & Li, G. K. (2025). Syngas production from the air. *Chem Catalysis*, 101254.



张永良介绍，该设备于2021年由清华大学波浪能团队研发而成，是国际上首个气动式波浪能发电装置原型机，于当年在南海海域运行一年，期间曾经遭遇过“暹芭”台风仍保持完好无损，抗台性能得到验证，实测平均效率11.9%，比国际同业的效率提升了67.6%。

“2022年测试结束后，装备转而运到青岛海域进行持续性测试，为我们后期产品研发提供数据支撑，目前该设备每天发电量最高达720度。”张永良说。

随后，研发团队在第一代装置基础上研制100千瓦气动式波浪能发电装置“华清号”。“采用气压传动技术，这是国内首个能在台风环境下正常发电的气动式波浪能装置，平均效率在30千瓦装置的基础上又取得较大幅度提升。”

“我们目前正在与中国海洋工程研究院（青岛）进行第三代百千瓦级双气室气动式波浪能发电装置的研发，并于今年8月份，获批能源领域首台（套）重大技术装备，计划最早于明年年初建成。”张永良介绍，第三代设备额定输出功率为100千瓦，一小时发电量达100度，年发电量最高达30万度。

## 中国首创：微生物利用二氧化碳制饲料蛋白成功试产

近日，我国首套以二氧化碳为碳源的微生物发酵酵母蛋白工业化装置试生产取得圆满成功。这标志着该技术实现了从实验室到工业化应用的关键突破，为解决饲料蛋白资源短缺、保障粮食安全及推动绿色低碳发展开辟了全新路径。

该项目位于内蒙古自治区，采用吉态来博（北京）生物科技发展有限公司的工艺技术，由河北建投集团下属武川县蒙天风能有限公司投资建设，中科合成油技术股份有限公司运营。项目设计年产量为百吨酵母蛋白。经过各方通力合作，项目一次性开车成功。



该示范项目创新性地利用煤化工排放的二氧化碳尾气作为主要原料，通过生物发酵技术，高效转化为营养丰富、安全可靠、适口性良好的酵母蛋白。生产全过程安全、环保、可控，所有工艺参数和产品指标均达到或超越设计要求，发酵速率和耐波动性均达到国际先进水平，为大规模工业化生产积累了宝贵的数据和经验，奠定了工业化大生产坚实的技术基础。

该技术已验证其显著的成本优势，探索出一条技术与绿色兼具，资源节约、环境友好的新型蛋白质生产路径。它将有力助推我国降低对豆粕、鱼粉等传统蛋白原料的进口依赖，构建自主可控、高效循环的蛋白质饲料供应链，从根本上减轻对土地密集型作物（如大豆）和海洋资源（如鱼粉）的依赖，并且为传统煤化工、天然气化工和钢铁产业的绿色高质量发展提供全新动力。

值得一提的是，农业农村部已于2025年6月20日正式批准吉态来博（北京）生物科技发展公司研发的该微生物酵母蛋白作为新饲料原料。随着本次工业化示范项目试生产的成功，技术方将与产业合作伙伴通力合作，全面启动微生物固碳制蛋白大型工厂的建设步伐，助力国家粮食安全战略和‘双碳’目标，也为全球发展绿色低碳经济、实现可持续发展贡献新的智慧和方案。



## 关键技术自主可控，我国液氢制取领域取得新突破

IT之家消息，据科技日报今日报道，中国科学院理化技术研究所研制的5吨/天液氢制取装备的核心设备在安徽阜阳民用液氢工厂实现示范应用，已连续稳定运行超过168小时。这标志着我国具备了大规模高效液氢工厂的自主研发能力，为氢能商业化提供了坚实的技术支撑。

经第三方测试和专家现场见证，此次研制的高速重载氢气透平膨胀机最高绝热效率达83.52%，高效正仲氢转化及换热一体化换热器最高换热效能达96.77%。

中国科学院理化技术研究所已实现5吨/天氢制取装备的关键技术和核心设备的自主可控，装备液化能力达到5.27吨/天，生产每千克液氢能耗为11.8千瓦时。

# 我国液氢制取技术产业化应用获新突破

科技日报 2025-09-24 15:18

科技日报记者 陆成宽

我国液氢技术产业化应用迈出关键一步！记者24日从中国科学院理化技术研究所获悉，该所研制的5吨/天液氢制取装备的核心设备在安徽阜阳民用液氢工厂实现示范应用，已连续稳定运行超过168小时。这标志着我国具备了大规模高效液氢工厂的自主研发能力，为氢能商业化提供了坚实的技术支撑。



高速重载氢气透平膨胀机

除了该项技术，据IT之家此前报道，中国航天科技集团六院北京航天试验技术研究所、航天氢能科技有限公司联合研制的国产首套氢克劳德循环5吨/天氢液化系统已于2024年11月顺利完成72小时可靠性测试，稳定产出液氢。

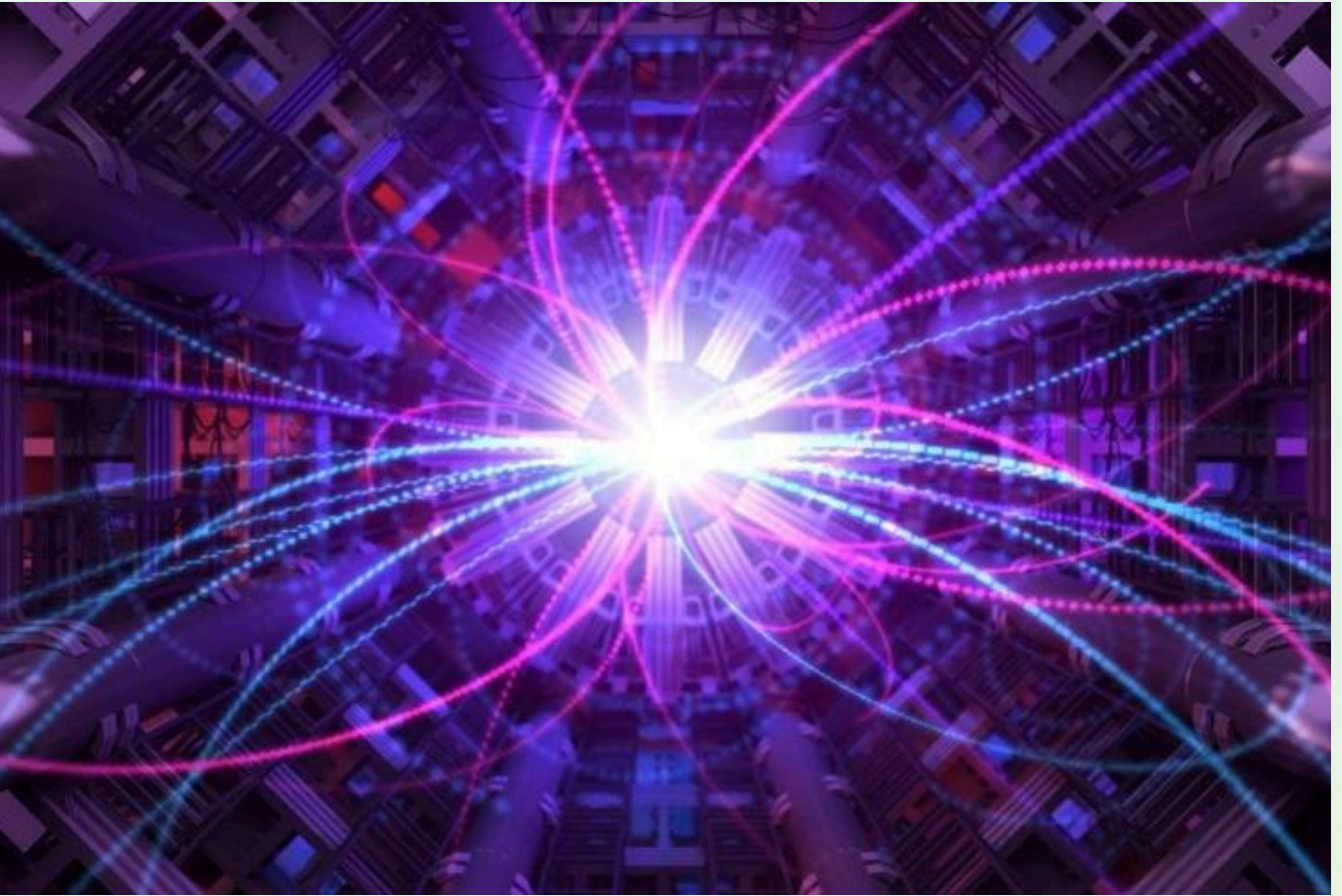
## 日本科学家颠覆热力学定律：量子系统实现超卡诺效率能量转换

日本东京科学大学研究团队利用非热量子态成功突破了困扰物理学界两个世纪的卡诺效率极限，在废热转电能技术上取得革命性突破。这一成果不仅挑战了经典热力学的基本假设，更为未来电子设备和量子计算系统的能效提升开辟了全新路径。

传统热力学理论认为，任何热机从高温热源向低温热汇转移热量时产生的功，其效率都不能超过卡诺循环所设定的理论上限。这一由法国工程师萨迪·卡诺于1824年提出的效率极限，已成为所有热能转换技术必须遵循的铁律。然而，东京科学大学物理系教授藤泽俊正领导的研究小组通过巧妙运用量子力学原理，成功绕过了这一看似不可逾越的障碍。

研究团队的核心创新在于利用Tomonaga-Luttinger液体这一特殊的一维电子系统。与传统材料中的电子在加热后会迅速达到热平衡不同，这种量子液体中的电子即使在引入热量后也能保持非热平衡态。这种独特的量子特性使得系统能够维持高能电子分布，而不会像经典系统那样将能量均匀分散到所有可能的状态中。

量子非平衡态的能量转换优势



实验设计展现了量子物理学在实际应用中的巧妙运用。研究人员首先利用量子点接触晶体管产生废热，然后将这些热量注入到Tomonaga-Luttinger液体中。由于该液体的非热化特性，注入的能量以非平衡态的形式被保存下来，随后通过几微米距离传输到量子点热机进行能量转换。

实验结果令人震惊：与使用传统热源相比，这种非常规热源产生了显著更高的电压输出，整体转换效率远超经典热力学理论预测的上限。更重要的是，该系统不仅突破了卡诺效率，还超越了库兹涅佐夫-阿尔伯恩效率，后者描述的是传统热机在最大功率输出条件下能够实现的理论效率。

研究团队进一步开发了基于二元费米分布的理论模型来描述这种非热电子态。该模型成功解释了为什么量子系统能够实现如此高的能量转换效率，为这一突破提供了坚实的理论基础。藤泽教授解释说：“我们的结果鼓励将Tomonaga-Luttinger液体作为非热能资源用于新的能量收集设计。”

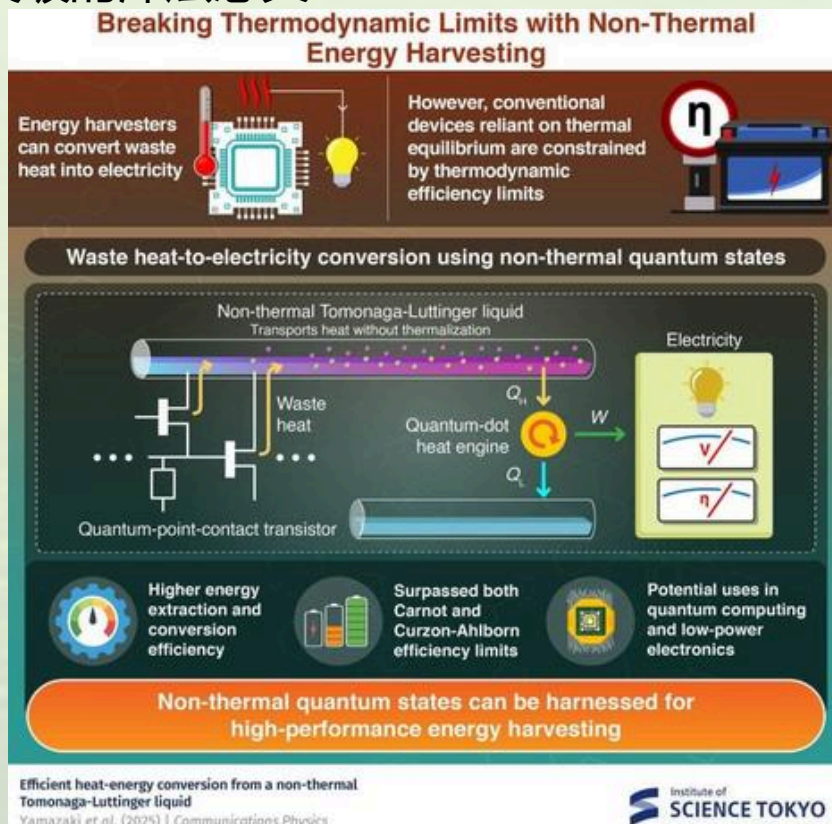
## 技术应用前景与挑战

这一发现的实际应用价值巨大。现代电子设备从智能手机到超级计算机，以及工业设施和发电站，都会产生大量废热。传统的热电转换技术由于受到热力学极限的束缚，只能回收其中很小一部分能量。新技术的出现为大幅提高能量回收效率提供了可能。

在量子计算领域，这一突破尤其具有革命性意义。量子计算机在运行过程中会产生显著的热量，而当前的冷却技术不仅耗能巨大，还限制了量子系统的规模化应用。如果能够利用新技术将这些废热高效转换为电能，不仅可以降低运营成本，还能提高系统的整体能效。

然而，从实验室概念验证到实际应用仍面临诸多挑战。首先是材料制备的难度：制造高质量的一维Tomonaga-Luttinger液体需要极其精密的纳米加工技术和超低温环境。其次是规模化生产的问题：目前的实验仅在微米尺度上进行，如何将这一技术扩展到宏观器件仍是未知数。

## 理论突破的深层意义





该信息图描绘了使用 TL 液体的新型能量收集技术的简化图。在实践中实施这一战略有助于将电子设备产生的废热转化为可用电力。图片来源：东京科学研究所

这项研究的意义远超出技术应用本身，它从根本上挑战了我们对热力学第二定律的理解。经典热力学建立在系统最终会达到热平衡的假设之上，而量子系统的非热化特性为我们提供了一个全新的视角来思考能量转换过程。

量子力学与热力学的这种结合开启了一个全新的研究领域。科学家们开始意识到，在量子尺度上，许多经典物理学的基本假设可能不再适用。这不仅为能量技术带来了新的可能性，也为我们理解物质的基本性质提供了新的途径。

研究团队的发现还揭示了量子相干性在宏观现象中的重要作用。传统观点认为，量子效应只在极低温和极小尺度下才显著，但这项研究表明，在适当设计的系统中，量子特性可以在相对较大的尺度上产生实际的技术优势。

双击编

从更广阔的科学史角度来看，这一发现可能标志着我们对自然界基本规律认识的一个重要转折点。正如19世纪末量子力学的诞生颠覆了经典物理学一样，量子热力学的发展可能会为21世纪的能源技术革命奠定基础。

未来的研究方向将集中在如何在室温环境下维持这种非热量子态，以及如何将这一原理应用到更大规模的能量系统中。随着材料科学和纳米技术的进步，我们有理由相信，这种突破性的能量转换技术最终将从实验室走向实际应用，为人类社会的可持续发展做出重要贡献。

## 煤电机组，有了超级“储热宝”（探一线）



国家能源集团安徽公司宿州电厂熔盐储能项目现场

辑文字

清晨，在国家能源集团安徽公司宿州电厂，熔盐储能项目工作人员紧盯负荷曲线，控制机组在稳定发电的同时，将富余的能量“存起来”。大屏上显示的实时数据不断刷新，一股股高温蒸汽悄然流入巨型储罐。用电高峰期，被“存起来”的热能又会及时释放，替代机组为附近的工业园区提供稳定热能。

这是由国家能源集团新能源技术研究院自主研发、国家能源集团安徽公司宿州电厂建设的“煤电+熔盐”储能项目。该项目打破了传统煤电“以热定电”限制，让煤电机组解锁灵活调峰“超能力”。



随着新能源占比不断提高、电力系统调峰压力持续加大，煤电成为非常重要的灵活性调峰电源。煤电机组往往还承担着为工厂供热的任务，这就导致了一个痛点——想灵活调峰就得减供热，想保供热就没法深度参与电网调节。”国家能源集团新能源技术研究院储能技术研究中心负责人金翼说。

破解两难的关键，正是此次投产的巨型“储热宝”——熔盐储热装置。

金翼介绍，熔融态液体盐具有高沸点、低黏度、低蒸汽压力和高体积热的优势。熔盐储热装置依托熔盐的这种特性，可储存3600吉焦热量。其工作机制围绕“闲时储热、忙时供热”展开：在电网电力富余或机组处于低负荷“闲暇”状态时，装置会通过机组抽汽蓄热，将热量传递至高温熔盐罐中进行储存，提前把“热能”储备起来；当电网需求升级，需要煤电机组深度参与调峰、专注调整发电量时，熔盐储热装置便会释放储存的热量，承接原本由机组承担的供热任务。

从技术构想变为现实，离不开多项关键核心技术的突破。“整个项目从理论研究到系统落地，几乎没有同等规模的成熟经验可借鉴，我们自主研发攻克了从储热设计到控制的全链条技术。”国家能源集团新能源技术研究院储能技术研究中心储热专业总工程师丁涛说。

“项目投运后，每年可提升新能源消纳能力1.28亿度，可增加供热能力220万吨，较原有最大供热能力提高73%，可满足当地40多家企业的用热需求。”国家能源集团安徽公司宿州电厂熔盐储能项目主管廖世伟说。

《人民日报》(2025年11月08日 07版)

## 我国首个量产生物甲醇项目今日投产

记者（12月16日）从中集集团获悉，我国首个量产生物甲醇项目全线贯通，正式投产。这标志着我国在清洁燃料领域完成从氢能到先进液体燃料的战略延伸，为全球航运业提供切实可行的深度脱碳方案。

这种生物质甲醇到底是怎么生产出来的？

总台央视记者 古峻岭：我手里拿的这清澈如水的液体，就是高纯度的生物甲醇。你能想象吗？它的原料就是我身旁这些堆积如山的树皮、秸秆等生物质废弃物。它的纯度高达





走进厂区，记者看到全流程封闭生产线高耸林立，项目首期年产5万吨绿色甲醇，是国内首个量产生物质甲醇项目。

总台央视记者 古峻岭：我身后这个蓝灰相间的巨型装置，就是甲醇生产线最关键核心的部分——气化岛。大量的树皮、秸秆等生物质的废弃物就是在这里进行上千度的高温气化，得到生产甲醇所需要的一氧化碳和氢气。在这个装置的内部还有一个“超级吸尘器”，可以将这个生产过程中产生的灰尘过滤掉99%以上，剩余的残渣还能够用于水泥等工业原料的生产。

项目已构建了华南首个绿色甲醇“产-储-运-用”供应链生态：在湛江港深水码头布局30000m<sup>3</sup>的甲醇成品罐以及专用装卸泊位，实现“产-储-运”1小时闭环；已构建大湾区船舶加注“当日达”网络，是国内绿色甲醇出口新加坡等国际港口距离最近的布局点，同时极大地降低了运送甲醇的碳足迹，真正实现端到端的绿色低碳。

中集绿能低碳科技有限公司总工程师 任健：绿色甲醇目前是碳减排潜力最大，最具竞争力的航运业替代可持续性的燃料。与常规的煤炭、石油等传统化石燃料相比，绿色甲醇全生命周期的碳排放量可以降低85%以上。



