



## 阅读提示

甲醇作为全球最重要的基础化工原料之一,在能源、化工及交通领域占据重要地位。2024年,全球甲醇产能达1.77亿吨/年,我国占比58%。与传统化石基甲醇不同,绿色甲醇通过可再生能源制备,具备全生命周期低碳排放特性。在全球气候变化加剧、能源结构转型及技术进步提速的大背景下,绿色甲醇作为甲醇新的生产工艺路线,以其清洁、低碳的特性,成为推动交通、航运等行业脱碳转型的重要力量。

本版文字除署名外由中石化(上海)石油化工研究院有限公司盛依依提供



## 产品名片

## 什么是绿色甲醇?

当前国际上对绿色甲醇尚未有明确定义。根据国际可再生能源署(IRENA)分类,可将甲醇按生产原料来源分为棕色甲醇、灰色甲醇、蓝色甲醇和绿色甲醇。

当生产甲醇的原料(氢气和二氧化碳)和能源均为可再生时,合成的甲醇可以认定为绿色甲醇,即可再生甲醇。其中可再生氢气指可再生能源制取氢,包括清洁电力电解水制氢、绿色生物质

制氢等;可再生的二氧化碳指生物质来源二氧化碳(BECCS)或直接空气捕集二氧化碳(DAC)。欧盟则在《可再生能源指令RED III》中规定,允许在2041年之前使用来自工业源捕集的二氧化碳,之后碳源必须为可持续来源(BECCS和DAC),且全生命周期碳排放不超过28.2 gCO<sub>2</sub>eq/MJ(克二氧化碳当量/兆焦耳,表示每产生1兆焦耳能量所排放的温室气体总量)。

## 绿色甲醇制备路线有哪些?

根据原料的来源,绿色甲醇主要分为二氧化碳与可再生能源制取的绿氢制甲醇(也可称为电制甲醇)和生物质制甲醇两大类。其中,生物质制甲醇又可以分为生物质气化制甲醇和生物质发酵制甲醇。

## ● 二氧化碳与绿氢制甲醇

二氧化碳与绿氢制甲醇是利用可再生能源电解水制绿氢,再以捕集的二氧化碳为原料,通过二氧化碳加氢制取甲醇,可分为直接加氢和间接加氢两条路线。

直接加氢是二氧化碳通过一步加氢制甲醇,该路线存在热力学平衡限制,二氧化碳平衡转化率在20%左右,反应条件温和,甲醇选择性较低,通常在70%~80%。

间接加氢是二氧化碳先经过逆水煤气变换(RWGS)制一氧化碳,一氧化碳

再进一步加氢制甲醇。间接加氢路线可突破热力学平衡限制,显著提高二氧化碳转化率和甲醇收率,但需要较高的反应温度,且工艺流程更加复杂。冰岛碳循环公司(CRI)最早实现二氧化碳直接加氢制甲醇的商业化应用,国内中国科学院大连化学物理研究所(直接法)、中国科学院上海高等研究院(直接法)、西南化工研究院(间接法)等已完成千吨级工业示范。当前,该技术主要面临二氧化碳捕集、绿氢制备及储运成本高等问题。

## ● 生物质气化制甲醇

生物质气化制甲醇技术是将秸秆、木屑、玉米芯、稻壳、稻草和城市固体废物等生物质气化,然后通过变换和脱碳得到碳氢比一定的合成气来制备甲醇。

我国拥有丰富的生物质资源,可以高效利用这些生物质资源制甲醇,但在

生物质气化项目中,生物质原料的大规模和稳定供应是项目成功的关键,目前暂未实现大规模工业化应用。如何获得组成稳定、惰性气体含量低的高品质合成气是目前甲醇项目面临的主要问题,同时还要开发焦油处理、废水处理等配套技术。

的二氧化碳、硫化氢、水蒸气等,目前脱硫技术还有较大提升空间;甲烷-水蒸气重整与甲烷-二氧化碳重整的反应还需要在催化剂、反应速率等方面提升。2024年10月,中国石油大庆炼化公司生物质天然气制绿色甲醇项目获得了我国首张发酵工艺ISCC证书。

## 绿色甲醇应用前景

绿色甲醇作为低碳能源载体,凭借其可替代化石燃料、易于储存、与现有化工和能源基础设施兼容等优势,正在成为全球能源转型的关键方向之一。

## (1)道路交通领域

甲醇汽车已进入规模化应用阶段,成为陆路交通减碳的重要突破口。我国吉利汽车作为行业先行者,已投入运营超过6万台甲醇乘用车与商用车,累计行驶里程突破200亿公里。相较传统燃油车,甲醇燃料能够减少二氧化碳、颗粒物等污染物排放,在缓解城市空气污染的同时,又能降低石油对外依存度。随着加注网络完善和政策支持加码,甲醇汽车有望在公共交通、物流运输等领域扩大普及,尤其在长途货运和工程机械等领域具有显著优势。

## (2)航运领域

航运业是二氧化碳等温室气体的排放大户,也是当前绿色甲醇最大的下游应用领域。根据《2023年IMO船舶温室气体减排战略》,到2030年采用零/近零温室气体排放的替代技术、燃料/能源使用占比至少达到5%,力争10%的目标,届时绿色甲醇年需求在2130万~4260万吨。据克拉克森数据统计,截至2025年2月全球已投入运营的甲醇燃料船舶50艘次,新船订单数量250艘次。甲

醇作为常温液态燃料,可直接利用现有港口储运设施(仅需改造常规储罐),大幅降低船舶改造和运营成本。

## (3)航空领域

与航运领域类似,国际航空碳减排政策正倒逼航空公司寻求化石燃油替代品。欧盟ReFuelEU法规明确规定,2025年起所有航班必须混用2%可替代航空燃料(SAF),2030年这一占比提升至6%。绿色甲醇通过进一步加工可实现可持续航空燃料的生产,当前霍尼韦尔已实现该技术的商业化应用。据麦肯锡预测,到2030年,强制规定的可持续航空燃料全年需求量约为450万吨;若考虑航空公司自愿承诺的使用量,到2030年全球可持续航空燃料年需求量将超过2000万吨。

## (4)化工领域

在化工领域,绿色甲醇正从能源载体拓展为低碳原料。其可作为传统化石基甲醇的替代品,用于合成醋酸、烯烃等化学品,并进一步制备乙烯-醋酸乙烯共聚物(EVA)、聚烯烃等材料,减少产品全生命周期碳排放。若结合碳捕捉技术,还能将工业排放的二氧化碳转化为甲醇原料,形成“捕集-再利用”闭环。欧盟碳边境税(CBAM)等政策也将进一步刺激绿色甲醇在化工领域的渗透。



中安联合甲醇装置。赵天奇 摄

## 行业资讯

## “绿色甲醇联盟及服务平台”成立

日前,为推动绿色甲醇加注从产业规划迈向生态共建,“绿色甲醇联盟及服务平台”在天津揭牌成立。16家企业代表共同签署合作协议。

“绿色甲醇联盟及服务平台”由天津市投资促进局、港航管理局、天津海事局、中国(天津)自由贸易试验区政策与产业发展局、天津港保税区管委会、河北区人民政府、中国船级社共同发起筹建。通过构建系统性规则、整合全产业链资源,打通绿色甲醇上下游环节,推动供需精准匹配、标准互认和高效交易,助力形成规范活跃的现货交易市场,有效解决行业供需失衡、价格不透明等问题。

联盟成立后,将充分利用天津资源禀赋,依托国家支持天津滨海新区高质量发展政策和自贸试验区先行先试的优势,全力推动北方首单船舶绿色甲醇燃料加注业务在天津港落地。

同时,积极筹建绿色甲醇现货交易市场,加快产业要素集聚,努力将天津打造成为国际航运低碳燃料加注和贸易中心。

## 国内首艘甲醇燃油双燃料集装箱船交付

日前,国内首艘16000TEU甲醇燃油双燃料集装箱船“中远海运洋浦”轮,在上海长兴岛交付。该船的成功交付实现了大型甲醇双燃料集装箱船建造领域“国内船东第一单、国内船厂交付第一艘、国产甲醇主机第一次实船应用”三个历史性突破。

该船总长366米,型宽51米,最大集装箱量达16136标箱。配备了1.1万立方米超大甲醇储存舱,投入远东至美东航线运营后,可支持航线单程航行无须中途加注燃料。该船

搭载了中国船舶集团自主研制国产首台(套)甲醇双燃料主机、甲醇双燃料船用锅炉,以及国内首次应用于集装箱船的甲醇发电机组,双燃料系统可根据航线需求自由切换燃料模式。

在绿色低碳指标上,该船创造多项行业纪录:燃油模式及甲醇模式能耗指标全球领先;船舶能效设计指数(EEDI)达到PhaseIII标准,单船每年可减少约12万吨二氧化碳排放,相当于种植670万棵树的碳汇效应。

## 行业资讯

## 国内首艘甲醇燃油双燃料集装箱船交付

近日,在山东港口青岛港前湾港区109泊位,“大源油8”轮成功为国际巨轮“HMM VANCOUVER”精准加注1300吨B24生物燃料油,标志着我国北方港口首单国际航行船舶生物燃料油加注业务落地山东港口。

作为“即用型绿色船舶燃料”,B24船用生物燃料油由24%废弃原料提炼的可持续生物柴油与76%传统低硫燃料油科学混兑而成,在保证强劲动力的同时可降低约20%碳排放。随着全球环保意识不断增强,自2024年起,生物

## 我国北方港口首单生物燃料油加注落地青岛港

燃料加注需求呈井喷式增长,成为众多航运公司践行绿色发展理念、降低碳排放的首选方案。

此次B24生物燃料油加注业务在山东港口的落地,填补了我国北方港口生物燃料油加注的空白,提升了我国清洁船舶燃料供应网络的完整性,也将为青岛自贸区建设绿色低碳高质量发展示范区、提升青岛国际航运中心核心竞争力注入强劲动能,助力港航业整体发展更加环保、更可持续。

(素材来源:央视新闻 光明网等)

## 国内外绿色甲醇产业现状

目前绿色甲醇产业处于导入期,全球产能规划布局增长迅速,主要集中于欧洲、中国等地区和国家。据甲醇协会(MI)与芬兰GENA Solutions Oy合作开发的可再生甲醇数据库显示,截至2025年2月,该数据库跟踪全球210个可再生甲醇项目,到2030年预计总产能为3570万吨/年,其中电制甲醇预计总产能为1940万吨/年、生物制甲醇项目总产能为1630万吨/年,参与企业包括HIF

Global、OCI Global、Orsted等。

我国绿色甲醇产业方面,据相关数据统计,2023年底规划产能约1140万吨/年。而到2024年底,规划产能已经超过了5000万吨/年,呈现强劲的发展势头。相关数据显示,截至2024年底,国内已开工、备案、获批的绿色甲醇产能超过1500万吨/年,参与企业有易高环保、中能建、中车山东风电、中化学赛鼎绿能科技、明阳绿色化工等。

## 我国绿色甲醇产业发展的关键挑战

## 一是生产成本居高不下。

绿色甲醇制备技术路线(如生物质气化制醇、电解水制绿氢耦合碳捕集等)仍存在显著经济性瓶颈。生物质气化制醇因原料收集成本高、气化效率低,成本较传统煤制甲醇高出30%~50%;绿氢路线中,电解槽设备成本和电力成本成为主要制约,需绿电电价降至0.2元/千瓦时以下才具备经济性。此外,我国碳价仅为70~80元/吨,不足以抵消绿色甲醇与传统甲醇的成本差距,导致企业缺乏转型动力。

## 二是基础设施与供应链配套不足。

针对甲醇在道路交通领域的应用,甲醇加注站数量仅为传统加油站的1/200,且集中在贵州、山西等试点区域,跨区域联网尚未实现;在航运领域,全球仅有十多个具备甲醇加注能力的港口,国内仅上海港和青岛港两个港口。此外,甲醇长距离运输依赖铁路和公路,成本占比在15%~30%,规模化管道输送技术尚未成熟。

三是标准体系与认证机制不完善。欧盟对绿色甲醇的定义严苛,仅认可生物质制甲醇或绿氢、可再生二氧化碳制甲醇,而我国尚未建立统一认证标准,缺乏权威认证机构,导致企业面临出口认证周期长、成本高等难题。

四是政策激励机制尚未形成系统化支撑。欧盟通过法规、标准、市场三位一体机制,系统性支撑绿色甲醇发展。我国虽确立甲醇替代燃料战略地位,但税收优惠欠缺、碳积分交易机制滞后,难以支撑绿色甲醇50%以上的溢价,导致企业应用推广面临经济性瓶颈。

## 中国石化发展绿色甲醇产业对策建议

中国石化在绿色甲醇领域已具备一定布局基础,但面对欧盟等国际市场的系统性政策支撑与产业生态优势,还需从技术创新、全产业链整合、应用场景拓展等维度加速战略转型,形成“制备-储运-应用”闭环生态。

一是以核心技术突破降本增效,消除产业规模化瓶颈。依托现有氢能产业链优势,重点发展电解水制绿氢技术,并耦合二氧化碳捕集技术,推动“绿氢+二氧化碳制甲醇”路线模式。

二是打造全产业链生态闭环,拓展多维价值场景。上游建立“生物质+绿氢与二氧化碳”双轨原料体系,形成稳定供应链;中游可依托现有加能站网络,布局完善甲醇储运与加注网络;应用端可突破交通燃料单一场景,打造“交通燃料+化工原料+绿氢载体”三位一体布局。