

专论与评述

氢能战略背景下中国绿色氢基燃料 发展研究

熊文杰, 涂远东*, 曹圆媛, 赖力

(江苏省战略与发展研究中心能源资源研究所, 江苏南京 210036)

摘要: 氢能已纳入国家能源体系, 其规模化发展势在必行, 可再生能源制氢与储运全链条布局正加速推进。绿色燃料作为可再生能源的关键载体, 是推动能源结构深度转型的重要支撑。在氢能战略赋能下, 以绿氢与生物质为原料的绿色甲醇、合成氨、可持续航空燃料等绿色燃料产业, 将进入多元化发展的战略机遇期。当前, 我国正从政策引导与产业孵化等多维度, 积极推动新能源在非电领域的多元化利用。通过系统梳理氢能与绿色燃料产业发展现状, 围绕优化资源配置、筑牢创新基础、深化开放合作等方面提出建议, 以期为推动我国能源结构转型、构建具有全球竞争力的绿色氢基燃料产业体系提供决策参考。

关键词: 双碳; 氢能; 绿色燃料; 以绿制绿

中图分类号: F403.6; F410; F416.2

文献标志码: A

文章编号: 0253-4320(2026)06-0001-07

DOI: 10.16606/j.cnki.issn0253-4320.2026.06.001

Prospects for China's green hydrogen-based fuel industry from the perspective of hydrogen strategy

XIONG Wen-jie, TU Yuan-dong*, CAO Yuan-yuan, LAI Li

(Energy Resources Institute, Jiangsu Strategy and Development Research Center, Nanjing 210036, China)

Abstract: Hydrogen has been integrated into the national energy system, and its large-scale development is imperative. The full-chain layout of renewable energy-based hydrogen production and storage & transportation is being accelerated. As a key carrier of renewable energy, green fuels serve as an important pillar for the deep transformation of the energy structure. Empowered by the national hydrogen strategy, the green fuel industries—including green methanol, synthetic ammonia, and sustainable aviation fuels derived from green hydrogen and biomass—are entering a strategic period of diversified development. Currently, China is promoting diversified non-electric utilization of new energy through policy guidance, industrial incubation and other measures. This paper reviews the current development of the hydrogen and green fuel industries, and proposes policy recommendations concerning the optimization of resource allocation, the strengthening of innovation foundations, and the deepening of opening-up and cooperation. It aims to provide decision-making support for advancing the energy transition and building a global green hydrogen-based fuel industrial system.

Key words: dual carbon; hydrogen energy; green fuels; green-to-green production

在全球能源转型与双碳目标的双重驱动下, 氢能已成为各国抢占能源革命制高点的核心赛道。我国将氢能纳入国家能源体系管理, 通过顶层设计与试点示范并行, 推动氢能产业从萌芽期迈向规模化发展的关键阶段, 为绿色燃料产业的迭代升级提供了历史性机遇。当前, 我国氢能产业已初步构建起“制储输用”全链条发展雏形, 可再生能源制氢产能占全球比例超 50%, 成为该领域的引领者^[1]。从技术层面看, 我国已初步掌握电解水制氢、燃料电池等核心工艺, 柔性制氢、液态有机储氢等关键技术持续

突破, 推动绿氢成本较 2020 年下降近 50%。但同时面临制氢成本偏高、储运基础设施不足、应用场景待拓展等现实挑战, 亟需通过战略引导实现系统性突破。《氢能产业发展中长期规划(2021—2035 年)》明确了氢能是未来国家能源体系的重要组成部分, 中国氢能产业将分阶段稳步推进^[2]。这一系列目标的落地, 将为绿色燃料产业提供清晰发展路径。

依托氢能战略的强力赋能, 我国绿色氢基燃料产业将迎来多元拓展黄金期。日前, 国家能源局

收稿日期: 2025-11-20; 修回日期: 2026-04-16

基金项目: 江苏省卓越博士后计划项目(2024ZB832)

作者简介: 熊文杰(1996-), 男, 助理研究员, 博士, 研究方向为能源资源经济、产业低碳转型等, xiongwj@jsdrc.org.cn; 涂远东(1974-), 男, 副研究员, 硕士, 研究方向为经济形势、能源资源、低碳转型等, tuyd@jsdrc.org.cn。

《关于促进新能源集成融合发展的指导意见》明确指出,要积极推动新能源多元化非电利用,着力提升风光氢储协同发展水平,稳步建设绿色氢氨醇综合产业基地,为绿色氢基燃料的发展提供了政策支持。短期内,绿色甲醇、绿氨等氢基燃料将借助国际航运、化工领域的刚性需求实现规模化应用;中长期来看,氢能在交通、工业、能源存储等领域的渗透,将构建起多场景、全链条绿色燃料应用生态。氢能战略背景下发展绿色氢基燃料是我国实现双碳目标的关键支撑,更是提升能源安全水平的核心抓手。立足我国氢能产业发展现状与战略目标,本文分析了绿色燃料产业发展前景与制约因素并提出了针对性发展建议,为推动我国能源结构转型、打造全球绿色氢

基燃料产业高地提供参考。

1 中国氢能发展概况

1.1 政策体系

《中华人民共和国能源法》明确将氢能纳入能源管理体系,成为与电力并列的二次能源,明确“积极有序推进氢能开发利用”的法律定位,是国家能源体系重要部分。国家能源局《中国氢能发展报告(2025)》提出,氢能是支撑能源结构转型的“战略性新兴产业载体”,需在工业脱碳、交通替代、电力调峰等领域形成规模化应用^[3]。“十四五”以来,国家多部门陆续出台系列政策(表 1),旨在推动氢能产业健康发展。

表 1 中国氢能领域相关政策

发布时间	政策名称	主要内容
2025. 7	绿色金融支持项目目录(2025年版)	采用先进适用绿色技术和装备对船舶实施的升级改造、技术改造活动。包括但不限于船用发动机应用甲醇、氨动力等能源的技术改造或发动机更新活动。
2024. 12	加快工业领域清洁低碳氨应用实施方案	到 2027 年,清洁低碳氨在冶金、合成氨、合成甲醇、炼化等行业实现规模化应用,在工业绿色微电网、船舶、航空、轨道交通等领域实现示范应用。
2024. 11	中华人民共和国能源法	自 2025 年 1 月 1 日起施行,氢能首次被明确纳入能源管理体系。提出要积极有序推进氢能开发利用,促进氢能产业高质量发展。
2024. 8	关于加快经济社会发展全面绿色转型的意见	因地制宜开发生物质能、地热能、海洋能等新能源,推进氢能“制储输用”全链条发展;完善充(换)电站、加氢(醇)站、岸电等基础设施网络,加快建设城市智慧交通管理系统;建立健全氢能“制储输用”标准。
2023. 10	关于促进炼油行业绿色创新高质量发展的指导意见	推动炼油行业与可再生能源融合发展,鼓励企业大力发展可再生能源制氢。支持建设绿氢炼化示范工程,推进绿氢替代,逐步降低行业煤制氢用量。
2022. 8	科技支撑碳达峰碳中和实施方案(2022—2030 年)	研发可再生能源高效低成本制氢技术、大规模物理储氢和化学储氢技术、大规模及长距离管道输氢技术、氢安全技术等;探索研发新型制氢和储氢技术;前沿和颠覆性低碳技术中提到新型绿色氢能技术,研究基于合成生物学、太阳能直接制氢等绿氢制备技术。
2022. 4	关于“十四五”推动石化化工行业高质量发展的指导意见	鼓励石化化工企业因地制宜、合理有序开发利用“绿氢”,推进炼化、煤化工与“绿电”“绿氢”等产业耦合示范。
2022. 3	氢能产业发展中长期规划(2021—2035 年)	到 2025 年初步建立以工业副产氢和可再生能源制氢就近利用为主的氢能供应体系。到 2030 年实现可再生能源制氢广泛应用,有力支撑碳达峰目标实现。到 2035 年可再生能源制氢在终端能源消费中的比重明显提升,对能源绿色转型发展起到重要支撑作用。
2021. 2	关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见	提升可再生能源利用比例,大力推动风电、光伏发电发展,因地制宜发展水能、地热能、海洋能、氢能、生物质能、光热发电。
2020. 9	关于扩大战略性新兴产业投资培育壮大新增长点增长极的指导意见	加快突破风光水储互补、先进燃料电池、高效储能与海洋能发电等新能源电力技术瓶颈,建设智能电网、微电网、分布式能源、新型储能、制氢加氢设施、燃料电池系统等基础设施网络。

1.2 氢能发展现状

中国是全球最大的氢气生产国,2024 年氢气产量超 3 800 万 t,约占全球总产量的 1/3。从制氢方

式看,现阶段化石能源制氢为主。我国煤制氢占氢能总产量 60%左右,天然气制氢、工业副产氢、可再生能源制氢等产量次之。从消费领域来看,氢能的

应用范畴涵盖交通、建筑、电力、工业等多个关键领域。2024年,我国氢气消费总量约为3 650万t,在制甲醇与合成氨方面的氢气消费量占据前二(图1)。在炼化和煤化工领域的氢气消费占比不足30%,而交通、供热、冶金等其他领域的氢气消费占比则不足20%。不难看出,我国氢能需求逐年攀升,应用场景持续拓展。

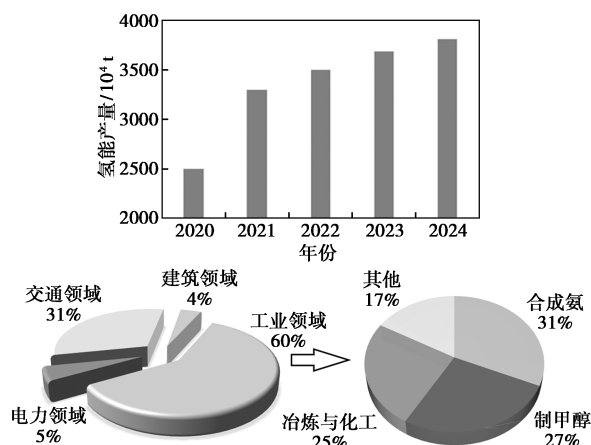


图1 中国2020—2024年氢能产量及主要应用领域

随着“双碳”目标的稳步推进,我国可再生能源制氢发展势头愈发强劲,绿氢产业正迎来规模化提速的关键阶段^[4]。目前全国范围内累计规划建设的新能源电解水制绿氢项目已超600个,绿氢累计产量可达50万t/a。在氢能发展政策推动下,交通、电力等重点领域有望迎来发展契机,为氢能及其关联产业规模化应用注入强劲动力。

2 中国绿色燃料发展概况

2.1 发展绿色燃料的意义

绿色燃料是可再生能源与氢能规模化应用的有效载体与安全解决方案。在3060目标框架下,氢能作为清洁能源体系的关键组成,其规模化落地核心瓶颈集中于储运环节:气态储氢需35~70 MPa高压,液氢储氢需-253℃低温,还面临氢气泄漏、设备氢脆腐蚀等安全风险,制约跨区域调配与终端场景适配^[5]。绿色燃料通过化学转化,如绿氢与CO₂、氮气合成绿色甲醇、合成氨,或生物质与绿氢协同转化为液体或稳定化合物形态,从根本上破解储运难题:一方面,液体储运无需特殊高压/低温设备,很大程度上规避泄漏风险,可直接依托现有油气储运管网、储罐等基础设施,大幅降低改造成本;另一方面,终端兼容性强——绿色甲醇可直接适配化工合成、船舶动力装置等使用终端,可持续航空燃料无需改装

航空发动机即可投入使用,绿氨则能作为工业原料与能源载体双重角色^[6]。

绿色燃料是优化能源结构、保障能源安全与实现低碳转型的战略选择。我国能源结构长期呈现“富煤贫油少气”特征,2023年我国原油、天然气对外依存度分别达71.2%和45%,以化石能源为主的消费结构制约可持续发展进程。国务院《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》与《2030年前碳达峰行动方案》均明确将绿色燃料列为能源转型关键路径,要求到2030年非化石能源消费比重达25%,2060年提升至80%以上。绿色燃料正是衔接可再生能源与终端消费的核心纽带。我国可再生能源资源禀赋优越,仅南方五省区新能源装机已突破2.57亿kW,约为2020年的4.5倍,全国风光年发电量超1×10⁴亿kWh,大量绿电面临“消纳难”问题。通过构建“绿电-绿氢-绿色燃料”的转化闭环,发展氢能、生物质能为基础的多元化绿色燃料体系,能有效克服对化石能源的依赖。

2.2 绿色燃料技术路线和产业链图谱

绿色燃料主要包含绿色甲醇、绿氨、绿甲烷和可持续航空燃料等类别,它们具有显著共性^[7]。从燃料使用情况看,均是基于化石燃料制备获取,虽成本低廉但碳排放强度大。随着双碳战略持续推进,燃料的发展路径逐步呈现出从棕、灰到蓝再到绿的演进方向。通过可持续能源中的绿电、绿氢,结合碳捕集、生物质等技术手段生产的绿色甲醇、绿氨、绿色甲烷等^[8],已在相关领域实现对传统高碳能源或原料的有效替代,为能源结构转型和绿色发展提供有力支撑(图2)。

绿色甲醇:甲醇生产原料来源广泛。当前甲醇生产仍依赖化石燃料,而来自可再生能源的甲醇占比极低,尚不足1%。从碳排放强度看,通过煤气化或天然气重整生产甲醇,碳排放强度较大(棕色、灰色甲醇),而从再生资源中获取的甲醇被视为低碳型甲醇(蓝色、绿色甲醇)^[9]。绿色甲醇对于碳源有一定要求,适合布局在风光资源丰富且碳源丰富地区,由可持续碳源与绿氢通过催化加氢生成(反应式:CO₂+3H₂→CH₃OH+H₂O, ΔH=-49.2 kJ/mol)。绿色甲醇的低碳特性,可作为绿色化工原料或交通燃料等。目前,金风科技、上海电气、大庆炼化等企业已在绿色甲醇领域布局示范工程。

绿色合成氨:从生产方式看,目前合成氨生产主要来自化石燃料(棕氨和灰氨),例如天然气、煤炭、

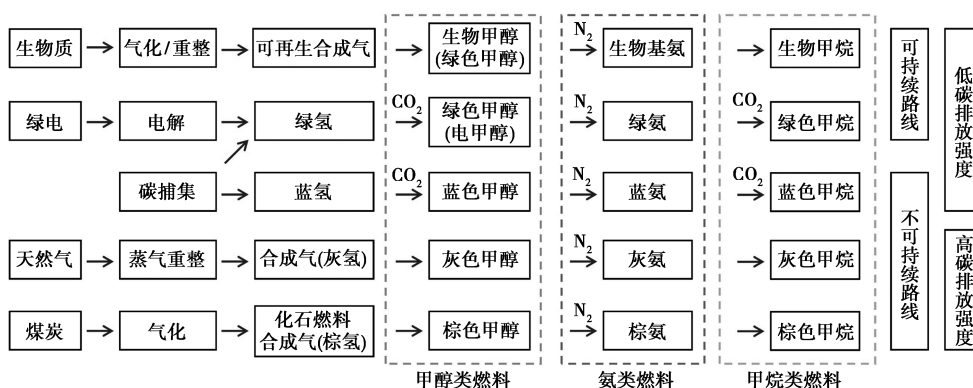


图 2 绿色燃料技术路线图

石脑油等, 而将碳捕集与化石燃料(蓝氢)结合生产的合成氨被认为是蓝氨, 能有效降低碳排放^[10]。绿氨项目适合布局在风光资源丰富、生物质等碳资源缺乏地区。通过电解水制氢及从空气中分离获得的氮气合成绿氨, 整个使用过程可实现净零排放, 由哈伯-博施反应(Haber-Bosch)制得(反应式: $3\text{H}_2 + \text{N}_2 \longrightarrow 2\text{NH}_3, \Delta H = -91.8 \text{ kJ/mol}$), 主要用于化工原料和能源载体。氨是一种优良的储氢材料, 作为无碳能源载体, 其易液化且氢含量高, 在储能和能源调峰等方面展现应用潜力。目前, 国家电投、远景能源等已布局多个绿氨项目, 为我国绿氨产业发展起积极助推作用。

绿色甲烷: 甲烷是天然气主要成分, 与其他烃类燃料相比, 被视为更清洁的能源。与甲醇和氨类似, 目前大多数甲烷来自化石燃料(灰色、棕色甲烷), 成本低但碳排放强度较高。目前, CO_2 加氢制甲烷路线已得到广泛研究。绿色甲烷通过萨巴蒂尔反应(Sabatier)由 CO_2 与绿氢合成制得(反应式: $4\text{H}_2 + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}, \Delta H = -165 \text{ kJ/mol}$), 可替代天然气用于发电或交通等领域。目前, 我国绿色甲烷项目在黑龙江安达、吉林辽源、安徽蚌埠等地已有相关项目布局。

可持续航空燃料: 主要通过生物质或甲醇路线制备, 一是将动植物油、废油或脂肪等通过加氢脱氧、异构化、裂化和分馏等流程加工提炼制备; 二是通过甲醇-烯烃-航煤的间接路线和甲醇-航煤直接路线得到, 其中绿色甲醇扮演重要角色^[11-12]。当前, 嘉澳环保、君恒生物等龙头企业在该领域已有产业布局, 主要用于出口。国内政策主要以鼓励发展为主, 尚未对其产能和民航应用作强制规定。不同绿色燃料的物性对比见表 2。

表 2 不同绿色燃料的物性对比

燃料类型	热值/ (MJ· kg ⁻¹)	沸点/ ℃	闪点/ ℃	体积能量 密度/ (kWh·m ⁻³)	燃点/ ℃	泄漏 毒性	刺激性 气味
绿氢	120.0	-253	—	3.2	585	无	无
绿色甲醇	19.9	65	11	4610.0	464	低毒	无
绿色合成氨	18.6	-33	—	3530.0	630	高毒	强烈
绿色甲烷	50.0	-162	-175	33.0	650	较低	无
可持续航空 燃料	42.8	>150	38	9170.0	425	较低	无

绿色燃料通过可持续能源与原料转化制得(图 3), 其中氢能是串联起绿色燃料生产的关键纽带。从物性角度看(表 2), 绿氨具有强烈刺激性气味, 且挥发性较强并带有毒性, 运输过程中存在泄露风险。热值方面, 绿色甲烷和可持续航空燃料热值较高, 绿色甲醇和绿氨次之。体积能量密度方面, 液态绿色燃料(绿色甲醇、绿氨、可持续航油)的能量密度是气态燃料(绿色、绿色甲烷)的 100 倍以上, 凸显液体储能的明显优势。从产业链看, 从绿电到绿氢再到多种绿色燃料合成, 氢能支撑起整个绿色

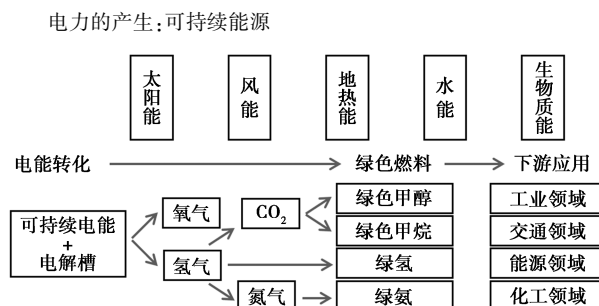


图 3 绿色燃料产业链图谱

体系,这些绿色燃料最终流向工业、交通、能源、化工等下游领域实现应用。

2.3 我国绿色燃料发展情况分析

从政策层面看,我国绿色燃料相关政策体系正逐步构建。国家发展改革委、国家能源局已将绿色甲醇、绿氨等绿色燃料纳入《绿色低碳转型产业指导目录》。11月12日,国家能源局发布《关于促进新能源集成融合发展的指导意见》,提出规划建设绿色氢氨醇、可持续航空燃料等氢基能源产业。工信部通过《关于“十四五”推动石化化工行业高质量发展的指导意见》,引导石化化工行业应用可再生能源制氢生产绿色氨醇。各地政府陆续出台政策,通过简化绿色燃料项目审批流程、引导社会资本投

入,为绿色燃料全产业链发展提供保障。

从地域分布看,我国绿色燃料项目呈现区域性集聚特征。“三北”地区凭借丰富风光及生物质资源成为布局重点,为绿氢、绿醇、绿氨等绿色燃料生产提供保障。国家能源局公示的绿色液体燃料技术攻关和产业化第一批9个试点项目中^[13],分布于东北三省及内蒙古和江苏(表3),例如吉电股份大安风光制绿氢合成氨一体化项目,利用吉林西部充沛风光资源电解水制氢合成绿氨等。在可持续航空燃料方面,国内已形成具备规模化案例:连云港嘉澳新能源有限公司以地沟油为原料,投产50万t/a可持续航空燃料项目,助力民航业脱碳进程,其沿海港口的地域优势也为其绿色出海提供保障。

表3 中国部分省份/自治区绿色燃料建设项目情况

序号	绿色燃料类型	项目名称	实施单位	地点
1	燃料乙醇	国投生物3万t/a纤维素燃料乙醇项目	国投先进生物质燃料(海伦)有限公司	黑龙江
2	绿色甲醇	洮南市风电耦合生物质绿色甲醇一体化项目	上海电气绿源科技(吉林)有限公司	吉林
3	绿色甲醇	金风科技绿氢制50万t绿色甲醇项目(一期25万t/a)	金风绿能化工(兴安盟)有限公司,兴安盟汇科能源有限公司	内蒙古
4	绿色甲醇	安达市天楹风光储氢氨醇一体化项目一期	安达市天楹新能源有限公司	黑龙江
5	绿色甲醇	辽宁华电调兵山45万kW风电制氢耦合绿色甲醇一体化项目	调兵山市华电清洁能源有限公司	辽宁
6	绿色甲醇	岚泽大丰港年产30万t/a绿色甲醇项目	江苏岚泽能源科技有限公司	江苏
7	绿氨	远景零碳技术(赤峰)有限公司152万t/a零碳氢氨项目(P1期30万t/a合成氨)	远景零碳技术(赤峰)有限公司	内蒙古
8	绿氨	中能建松原氢能产业园(绿色氢氨醇一体化)项目	能建绿色氢氨新能源(松原)有限公司	吉林
9	绿氨	大安风光制绿氢合成氨一体化项目	国家电投集团大安吉电绿氢能源有限公司	吉林
10	绿色甲烷	万豪能源生物甲烷液化及碳捕集项目	万豪能源设备有限公司	安徽
11	绿色甲烷	安达市天楹15万t/a绿色LNG项目	安达市天楹绿色甲烷科技有限公司	黑龙江
12	可持续航空燃料	20万t/a SAF可持续去碳化航油原料生产项目	优科能源(江苏)有限公司	江苏
13	可持续航空燃料	100万t/a废弃油脂转化生物质能源项目(一期50万t/a)	连云港嘉澳新能源有限公司	江苏

从产业联动看,绿色燃料产业与能源、交通、化工等领域密切相关。能源领域,可再生能源发电企业与绿色燃料生产企业合作,为燃料生产提供绿电保障;化工领域,传统化工企业依托既有技术与设施,转型参与绿色甲醇、绿氨生产。交通领域,航运业推广绿色甲醇、绿氨、绿色LNG等作为船用燃料,航空业探索可持续航空燃料应用以应对国际航线的绿色燃料使用要求。产业链上下游关联性强,构建“绿电-绿氢-绿色燃料-终端应用”产业生态,有助于促进绿色燃料从生产到消费各环节高效衔接,推动产业规模化、市场化发展。

3 绿色能源的发展机遇与挑战

政策赋能助推产业发展新机遇。在双碳目标引领下,国家与地方政府积极推动氢能及绿色燃料发展。国家层面,《中华人民共和国能源法》明确赋予氢能合法能源地位;地方层面,多个省级行政区将其纳入政府工作报告。国家能源局公示绿色液体燃料试点项目,从政策规划、资金补贴到项目试点,全方位助力绿色燃料产业发展。系列政策举措为绿色燃料发展提供广阔空间,有助于推动上下游产业链的协同发展,促进绿色氢氨醇等关键产品从实验室走

向大规模生产应用,为构建绿色燃料产业体系、抢占未来能源发展高地提供支撑。

应用场景拓宽推动市场潜力释放。从建设项目情况看,以生物质、绿氢为基础的燃料乙醇、绿色甲醇、绿氨等绿色燃料项目开工建设,产业落地步伐加快。我国绿色燃料呈现海陆空多领域布局:陆上,生物质制乙醇项目已实现市场化供应;海上,绿色甲醇用于航运,内河及近海氢燃料船舶已实现商业化;空中,可持续航空燃料与普通燃料的掺混已逐步开始民航应用。随着应用场景不断深化,未来绿色燃料对打破传统能源依赖具有重要作用。工业领域,钢铁、化工等行业推行绿氢掺混替代传统化石能源;交通领域,扩大甲醇、绿氨等燃料电池汽车应用范围;电力领域,利用绿色燃料的储能特性参与电网调峰。

技术瓶颈与成本挑战并存。绿色燃料产业迎来发展机遇,但在技术、成本等多方面仍待突破。制氢端,绿氢生产成本显著高于灰氢,约为其 3~6 倍,其中电费占比超 70%,是成本高企的核心因素;在储运端,绿氢低密度、高压、易泄漏的特性,难以满足大规模跨区域输送需求。秸秆、地沟油等生物质原料的收储运体系尚未完善,可再生碳源分散,易导致制造端出现“吃不饱”困境;在绿色燃料转化环节,反应工艺优化、原料转化率等成为关键问题。以生物质技术制可持续航空燃料产业为例,该技术虽已实现商业化落地,但部分关键转化路径仍停留在实验室阶段,如提升废油转化效率、秸秆直接转化等方向缺乏大规模工业化验证,技术迭代速度难以匹配产业规模化发展需求。

区域发展不平衡且市场需求缺乏稳定预期。我国三北地区拥有丰富风光资源,具备大规模发展绿氢、绿色燃料先天优势。然而,这些地区产业结构相对单一,对绿色燃料消化能力有限,使得产能难以充分释放。东部沿海经济发达,工业、交通等领域对绿色燃料需求旺盛,却受限于资源匮乏、绿色燃料自给不足、依赖外部供应等问题。另一方面,市场缺乏对绿色燃料长效需求引导机制与稳定政策预期。绿色燃料虽已在船舶动力、航空燃料及化工绿色制造等领域初步探索应用,但多为试点示范,尚未形成规模化、常态化的市场需求,下游用户或因绿色燃料成本较高、供应不稳定等问题导致替代积极性低。

4 对发展绿色燃料产业的展望与建议

绿色氢基燃料是氢能转化的关键下游载体,对

能源体系重构和发展绿色生产力有重要影响。在目前的初步发展阶段,面临技术、成本、市场等方面产业发展瓶颈,建议聚焦顶层设计统筹、加强关键技术攻关、深化国际合作交流等方面,保障绿色燃料产业高质量发展。

4.1 强化顶层设计统筹,优化产业资源配置

(1) 锚定规划引领,明确发展路径。《能源法》已将氢能纳入能源管理体系,建议将绿色燃料发展纳入国家“十五五”能源、化工等相关产业专项规划,绘制中长期发展路线图。逐步强化绿色燃料在交通、工业领域渗透率,同步细化不同技术路线的产能布局,确保绿色燃料产业发展有章可循。

(2) 优化空间布局,构建联动格局。绿色燃料项目应因地制宜、合理布局,杜绝同质化“一拥而上”。依托风光可再生能源基础,生物质匮乏地区重点发展绿氨产业,生物质富集地区则聚焦绿色甲醇、绿色甲烷及可持续航空燃料等产业。做好我国西部风光基地、北部生物质富集区与东部工业集群、交通枢纽等消费市场统筹,构建“西制东输、北产南用”产业发展格局。推动绿色燃料跨区域输送管网建设,避免“产销错配”问题。

(3) 强化金融协同,夯实保障支撑。推动财政贴息与绿色信贷联动,对符合《绿色低碳转型产业指导目录》的项目实施差异化贴息政策,降低企业融资成本。建立绿色议价机制,推动产品纳入 CCER 交易,弥补成本差距。对符合条件的生产企业落实税收优惠政策,扶持绿色燃料加注设施建设。

4.2 攻坚关键技术瓶颈,筑牢产业创新根基

(1) 强化企业创新主体地位,组建产学研用联合体。构建以企业为主体、以产业为导向、以需求为牵引的科技成果转化应用体系,联合高校、科研院所攻关绿色燃料产业核心技术,重点突破绿氢电解效率、生物质热解催化、合成燃料低碳工艺等“卡脖子”环节。加强制氢、催化、储运等领域专业技术人才培养。

(2) 加快中试与示范平台建设,加速成果转化落地。统筹布局国家绿色燃料技术中试基地,聚焦绿氢制氨、生物质制醇、制航煤等关键工艺,鼓励技术从实验室小试向产业化迈进。建设绿色燃料应用示范区,加快成熟经验推广,破解“技术开花、产业结果难”问题。

(3) 加大政策补链强链力度。针对绿色燃料产业各环节技术经济性问题,出台专项政策支持补链强链,加快基于“绿电-绿氢-绿色燃料”联产技术体

系建设,突破可再生资源就地转化的技术瓶颈,稳定市场预期。

(4)拓展高耗能领域应用场景。瞄准化工、炼钢、交通等重点高碳行业减碳需求,推动绿色氢氨醇替代传统化石原料、可持续航空燃料适配航空运输、绿氢冶金助力钢铁脱碳,逐步降低对传统化石能源依赖。

4.3 深化国际合作交流,提升规则话语权

双碳目标下全球减碳共识持续强化,搭建与国际间多边合作机制至关重要。

(1)主动参与国际规则制定,抢占产业发展主动权。积极参与国际海事组织海运燃料低碳标准制定、国际标准化组织绿色燃料认证体系建设,推动和参与绿色燃料“绿色出海”规则制定。

(2)主动融入全球产业链,拓展国际合作。以共建“一带一路”为抓手,加强绿色燃料领域合作。推动氢能装备、燃料合成装置、储运设施等优势产品“走出去”,依托生物质转化、绿氢制备等成熟技术,打造绿色燃料合作生态圈。

(3)构建标准认证体系,推动国际互认。加快国内绿色燃料标准认证体系建设,制定绿色燃料碳标识、开展碳足迹核算、进行碳减排量评估等相关认证规范,同步细化工业替代燃料、交通动力燃料等领域的应用技术要求。主动对接欧盟、美国、日韩等主要经济体的标准体系,通过多边合作机制推动关键标准互认,破解绿色燃料在国际贸易中的壁垒。

参考文献

- [1] 龚茗,左思特,伍贤萍,等.“双碳”背景下推动氢能产业高质量发展的思考和对策[J].中国国情国力,2025,(2):29-34.
- [2] 魏凤,窦路遥,王贵宾,等.供应链视角下我国氢能产业创新布局与对策研究[J].中国工程科学,2025,27(2):230-240.
- [3] 孟翔宇,陈铭韵,顾阿伦,等.“双碳”目标下中国氢能发展战略[J].天然气工业,2022,42(4):156-179.
- [4] 彭永伦.氢能在能源革命中的重要作用[J].能源与节能,2025,(2):13-17.
- [5] 赵云龙,王运峰,林荷程.可持续绿色燃料发展路径思考与重点产业项目布局建议[J].四川化工,2025,28(4):60-62.
- [6] 于佳玉,林益楷,费奕儒,等.低碳背景下的绿色燃料发展之路[J].国际石油经济,2025,33(7):82-91.
- [7] 杨晓宇.绿色液体燃料:“十五五”千亿黄金赛道加速铺就[J].中国石油和化工,2025,(10):18-19.
- [8] 王丁冉,李博,鲁仰辉,等.生物质绿色甲醇制备技术和产业化进展[J].洁净煤技术,2025,31(9):33-49.
- [9] 张中亮,李剑,马宗虎,等.生物燃气制绿色甲醇技术路线探析及模型构建[J].石油与天然气化工,2024,53(6):56-61.
- [10] 刘书贤,杨霞,李文霄,等.绿氢制取与燃料电池利用技术研究进展[J].能源化工,2025,46(1):1-10.
- [11] 沙廉栋,林今,余志鹏,等.从绿氢到可持续航空煤油:化工灵活性对技术经济性的影响[J].洁净煤技术,2025,31(3):138-147.
- [12] 张晓濛,贾志勇,陈渤,等.“双碳”背景下可持续航空煤油的研究现状与展望[J].现代化工,2024,44(5):1-6.
- [13] 国家能源局综合司,关于公示绿色液体燃料技术攻关和产业化试点项目(第一批)的通知[EB/OL].[2025-08-07].<http://www.nea.gov.cn/20250807/5c6cfb8ff4aa4d4abd44d7644732de46/c.html>. ■

大连化物所破解储氢难题

近期,中国科学院大连化学物理研究所科研团队成功研发了以氢气和金属为电极的气-固氢负离子原型电池(简称“气固电池”),通过“氢电共储”模式,为常温常压高效储氢提供了原型验证。

该电池以氢气、金属镁分别为正负极活性物质,可实现充氢放电、充电放氢,同步完成电化学储能与氢气储放。实验数据显示,电池能量利用效率达93.9%,较

传统热储氢提升1/3。科研团队还成功堆叠电池组点亮LED灯泡,验证了电池实用性。

该研究成果摆脱了传统储氢需高压或深冷等极端条件,为困扰氢能利用半个多世纪的储氢难题提供全新技术路线,有望推动新型储氢技术落地,助力氢能产业高质量发展。(中国科学院大连化学物理研究所)