

新形势下绿色化学品与煤化工产业融合 产业发展前景分析

汇报人：杨铮

单 位：石油和化学工业规划院·新能源发展研究中心

日 期：2024-4-19



石油和化学工业规划院
China National Petroleum & Chemical Planning Institute



石油和化学工业规划院
China National Petroleum & Chemical Planning Institute

CONTENTS

1. 概述
2. 绿氨
3. 绿醇
4. 绿色航煤





石油和化学工业规划院
China National Petroleum & Chemical Planning Institute

/01

绿氢化工



《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》

统筹推进氢能“制储输用”全链条发展；推进可再生能源制氢等低碳前沿技术攻关。加强氢能生产、储存、应用关键技术研发、示范和规模化应用。

《2030年前碳达峰行动方案》

积极扩大氢能等新能源、清洁能源在交通运输领域应用。大力推广新能源汽车，推广氢燃料等重型货运车辆。

《氢能产业发展中长期规划
(2021-2035年)》

合理布局制氢设施：探索在氢能应用规模较大的地区设立制氢基地。
稳步构建储运体系：构建高密度、轻量化、低成本、多元化的储运体系。
有序推进交通领域示范应用：重点推进中重型车辆在矿区、港口、工业园区应用。
合理布局发电领域多元应用：因地制宜布局氢燃料电池分布式热电联供设施。
逐步探索工业领域替代应用：探索清洁低碳氢能在合成氨、甲醇、炼化、煤制油气等行业替代化石能源的示范。

《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。

氢能市场现状



石油和化学工业规划院
China National Petroleum & Chemical Planning Institute

- 我国氢气集中在化工行业和钢铁联合制焦行业中，作为原料气和燃烧尾气燃烧。
- 我国高纯氢主要用于电子、半导体、精细化工、医药中间体、冶金、玻璃、食品、航天、新能源等行业。

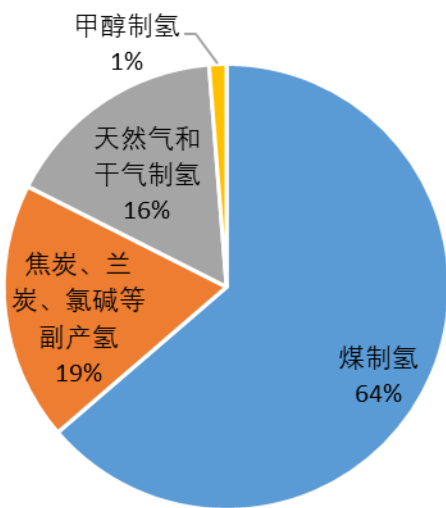
4600 万吨
氢气产能

3600 万吨
氢产量和消费量

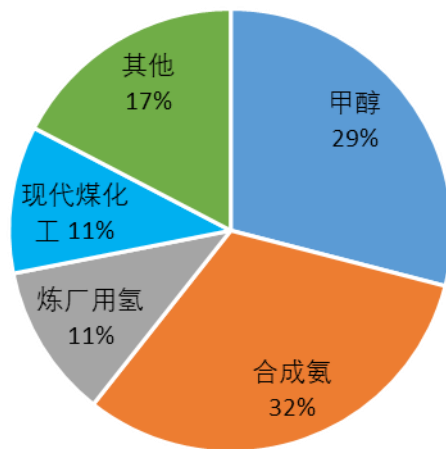
25~30 万吨
高纯氢产销量

1~2 万吨
电解制氢产量

~1 万吨
氢能汽车消费



我国氢气来源情况

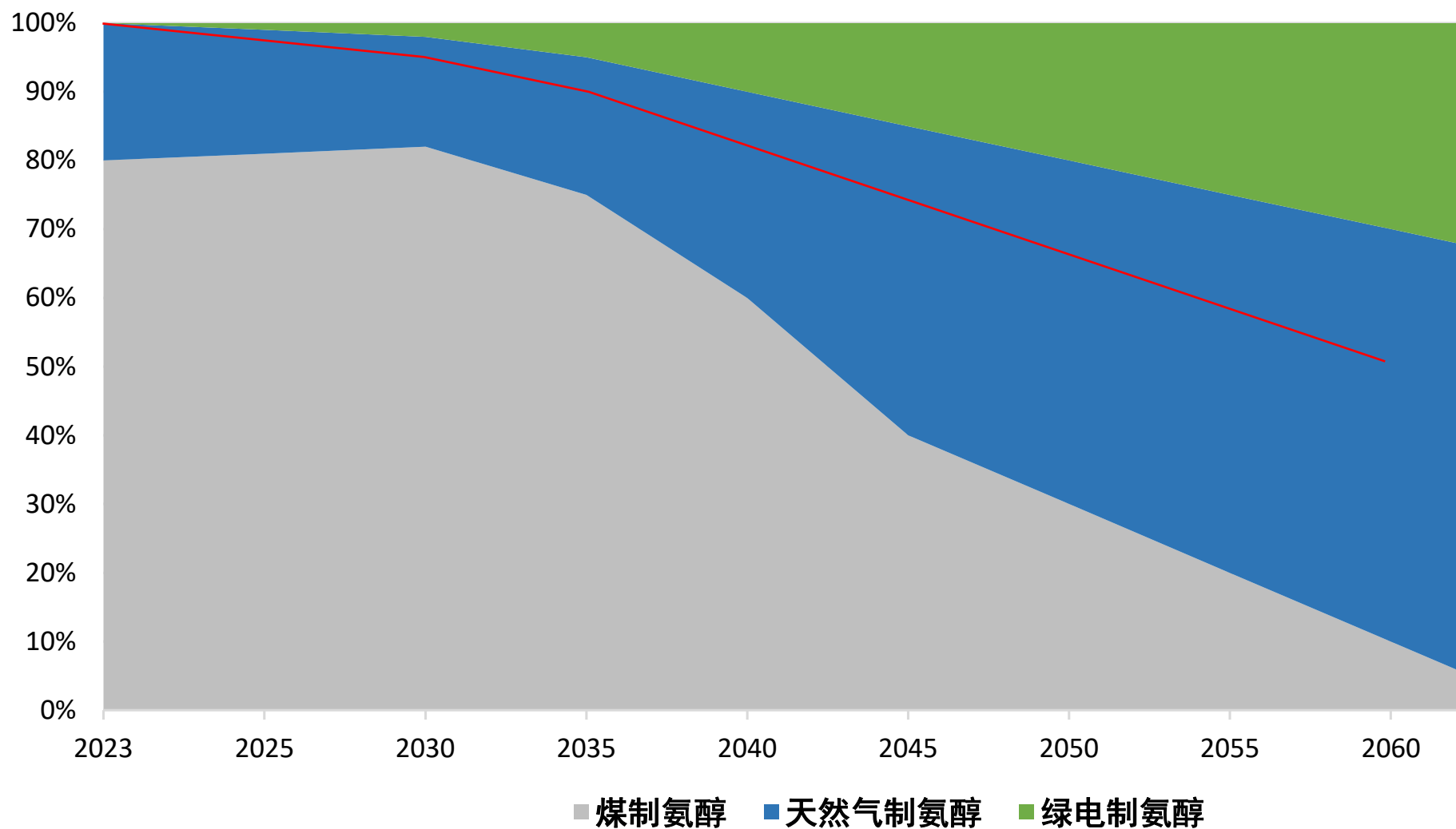


我国氢气下游需求情况

绿氢化工前景预测



石油和化学工业规划院
China National Petroleum & Chemical Planning Institute



1. 国内碳达峰对化工行业节能降碳的政策要求
2. 绿色化学品在欧盟等碳税强约束政策下的高溢价市场价格预期
3. 煤炭深加工、炼化企业为何要关注绿色化学品

我国石化化工重点子行业的二氧化碳排放量约为9.9亿吨，其中直接排放约6.9亿吨，间接排放约3.0亿吨

甲醇 2.1亿吨

合成氨 2.0亿吨

欧美率先对化学品碳排放进行要求



石油和化学工业规划院
China National Petroleum & Chemical Planning Institute

欧盟碳边境调节机制（CBAM）政策最新版本 2022年12月18日发布

1. 设计逻辑：防止高碳排放转移，造成欧盟碳排放泄露，抢占气候治理的话语权
2. 征收方式：谁进口收谁的税
3. 征收时间：2026年开始征税，征收过渡期为2023年10月1日-2025年12月31日
4. 涉及行业：水泥、钢铁、铝、电力、**氢、氨、化肥、有机化学品（待进入）**。
5. 免费配额削减：进口商需要提交的进口产品信息，包括产品进口量、进口国、产品所含碳排放、间接排放以及产品在原产国支付的碳价。若无法提供符合要求的碳排放数据将以欧盟内部同类产品生产商中碳排放最高的10%的平均碳排放作为默认标准

CBAM立法的时间线



欧美率先对化学品碳排放进行要求



- 1. 升级时间：2032年，完全取消相关行业获得的碳排放免费配额
- 2. 2022年我国向欧盟出口有机化学品总额超过1000亿欧元
- 3. 消极影响：削弱我国化学品生产竞争力、打乱我国政策标准出台节奏
- 4. 积极影响：倒逼产业升级、绿色化学品产业快速发展
西部地区依托绿电、绿氢资源与成本优势
未来能源结构：数字化+电、气、碳的耦合（区块链）

产业竞争力重置

国家和地区	出口额/万亿元	占比/%	类别	2022年1到5月 出口欧盟/亿元
东盟	3.12	14.4	有机化学品	586.2
欧盟	3.34	15.4	铝及其制品	171.4
美国	3.72	17.1	塑料及其制品	435.4
日本	1.07	4.9	钢铁	173.0
韩国	0.96	4.4	肥料	35.5

全球能源减排导致绿色燃料需求爆发



石油和化学工业规划院
China National Petroleum & Chemical Planning Institute

国际海事组织（IMO）要求国际航运提出新要求，在2008年基准上，温室气体排放总量2030年降低40%、2050年降低70%。

《欧盟排放交易体系（EU ETS）指令》
海运行业纳入，2024、2025、2026航运公司
缴纳40%、70%、100%比例碳排放配额

《欧盟海运燃料（FuelEU Maritime）条例》
GHG比2020年下降2% (2025)、 6% (2030)、
31% (2040)、 80% (2060)



全球能源减排导致绿色燃料需求爆发



石油和化学工业规划院
China National Petroleum & Chemical Planning Institute

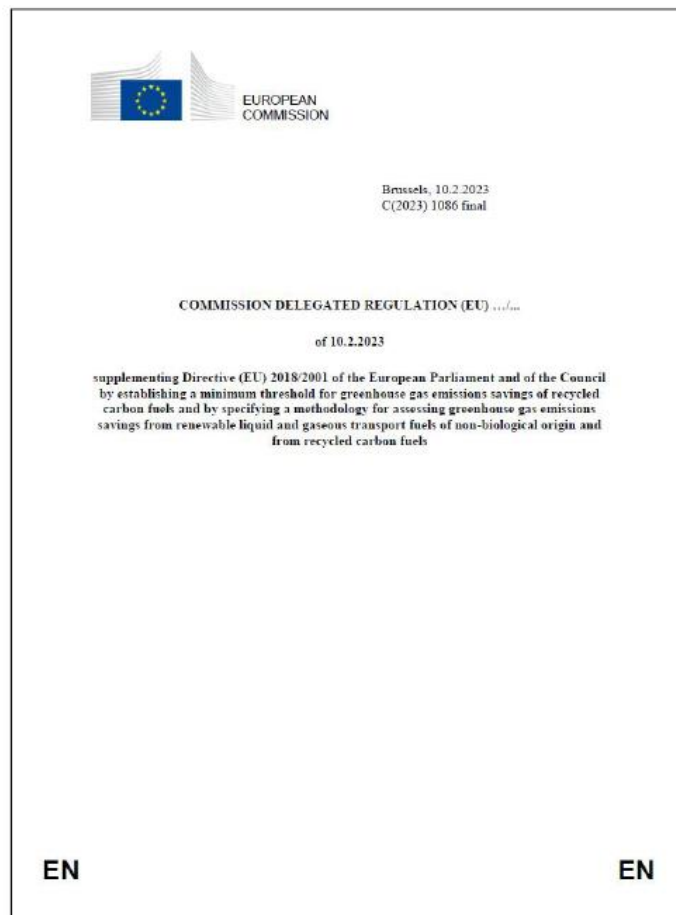
欧盟《可再生能源指令RED III》

可再生甲醇：生物质甲醇、工业碳+电制甲醇

GHG满足32.9/28.2 g/MJ

可再生航煤：油脂加氢（Hydroprocessed esters and fatty acids, HEFA）、气化-费托合成（Gasification/FischerTropsch）、醇制油（Alcohol-to-Jet）和合成燃料（Power-to-Liquid）技术

SAF 的LCA GHG约24 ~ 78 克CO₂e/MJ





石油和化学工业规划院
China National Petroleum & Chemical Planning Institute

/02

绿色合成氨

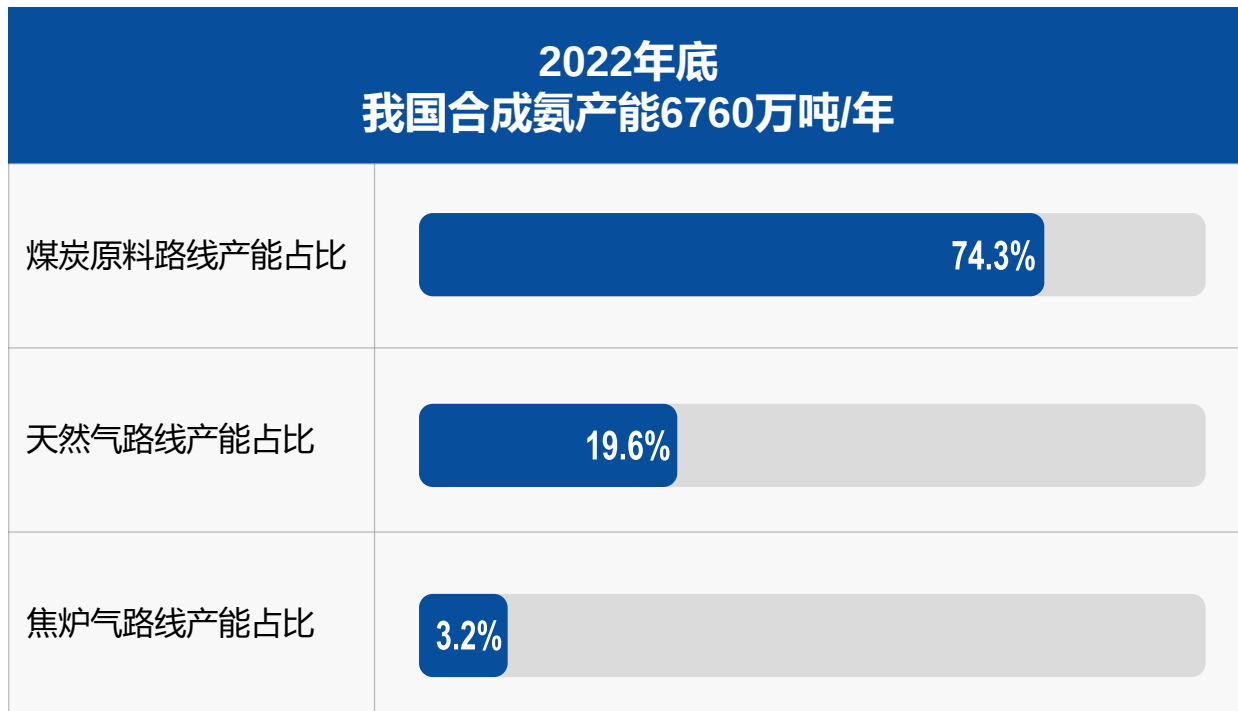


绿氨



石油和化学工业规划院
China National Petroleum & Chemical Planning Institute

• 现状



2022年合成氨产量6101万吨，净出口量886万吨，表观消费量5215万吨，主要用于化肥生产、化工原料（己内酰胺、丙烯腈等）、烟气脱硝等工业领域



在全球可持续发展愿景下，绿氨掺混发电、船舶脱碳燃料、储运氢载体未来可能成为快速发展的氨下游新兴消费市场。美国、欧盟、日韩等发达国家均开始布局绿氨项目，部分国家将绿氨上升为国家未来能源战略的组成部分

绿氨



石油和化学工业规划院
China National Petroleum & Chemical Planning Institute

• 现状



ExxonMobil



日本计划到2030年用氨与燃煤混烧，替代燃煤发电站20%的煤炭供应，2050年实现纯氨发电，并在中东、澳大利亚等国家和地区建造海外绿氨生产基地

美国能源部支持了17个绿氨项目，旨在将可再生能源转化为能源密度高的碳中性液体燃料

欧盟已将氨作为氢贸易主要技术路线之一，开始布局绿氢合成氨基础设施，开展绿氢制氨在交通及工业领域应用的示范研究

BP、道达尔、埃克森美孚、巴斯夫在内的多家企业已在全球布局超过40个绿氨项目，规划总产能超过1500万吨/年，主要集中分布在可再生资源丰富和“零碳”承诺响应程度较高的国家，例如挪威、丹麦等欧盟国家，澳大利亚，智利等。

但这些项目的实施进展也具有较大不确定性

绿氨



石油和化学工业规划院
China National Petroleum & Chemical Planning Institute

• 现状

国家能源、国电投、远景能源、吉电股份、中国氢能、明拓集团为代表的
能源集团开始积极投资布局风光电氢氨一体化项目

内蒙古在2021和2022年连续备案多批绿氨项目，成为目前

国内最大的绿氨项目集中地

2023年初内蒙古能源局公布的15个符合实施条件的绿氨项目下游用于生产
合成氨的规模折氨量

约为150万吨/年

目前全国已经规划可再生能源制氢项目产能

超过400万吨/年

大部分都计划用于工业生产合成氨、甲醇以及化工厂灰氢替代
按照绿氨50%用于合成氨，则绿氨产能

将达到1000万吨/年



需要注意的是，规划产能大部分处于前期谋划阶段，对相关方案尚缺乏深入研究，
项目的决策和建设进度存在较大不确定性

• 问题

绿氨项目当前经济性不甚理想

以典型的30万吨/年绿氨项目为例	
工艺方案	碱性电解水制氢、中压储氢、空分制氮冰机和压缩机采取电驱和汽驱混合方案 传统中低压氨合成
电解水制氢规模	10万Nm³/h
建设投资	24亿元
项目总投资	26亿元

以蒙西地区风光电基地为例			
绿电价格 (含合理收益)	0.2元/kWh		
绿氨		灰氨（煤制合成氨）	
成本	3400元/吨	成本	1960元/吨
考虑合理收益 时售价	3700元/吨	考虑合理收益 时售价	2400元/吨

在没有市场绿色产品额外溢价的情况下，获取较低成本的可再生能源电力、通过碳排放交易或CCER机制获得补偿收入以及争取政策补贴，是保障绿氨项目具有财务可行性的关键

发展建议



1. 加快绿氨新兴领域应用示范。绿氨是绿氢进行下游转化的最主要绿色产品
2. 当前绿氨下游能顺利进行高溢价价格传导的消费领域有限，主要作为工业和船用燃料，未来高端化工和出口化学品用绿氨应用潜力大
3. 加快推进绿氨在燃煤掺氨发电、船舶脱碳燃料、氨氢燃料电池等新兴领域的应用示范工作，打通绿色价值传导通道，从而加快绿色能源产业发展进程





石油和化学工业规划院
China National Petroleum & Chemical Planning Institute

/03

绿色甲醇



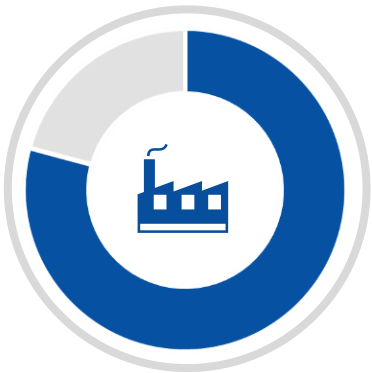
• 现状

截至2022年底，我国甲醇产能突破亿吨大关，达到10041万吨/年，同比增长3.1%，近五年我国甲醇产能持续增长，2018-2022年产能年均增长率为4.6%

79.2%

2022年

以煤为原料的甲醇产能为7948万吨/年



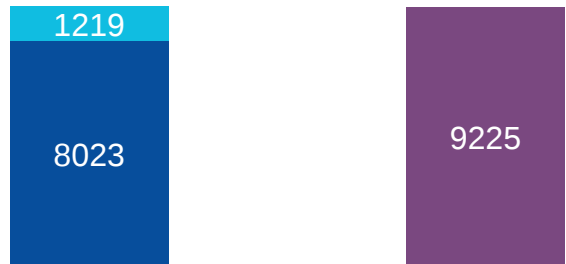
12.5%

2022年

焦炉气原料路线甲醇



2022年我国甲醇生产、进口及表观消费情况



■ 产量/吨 ■ 进口量/吨 ■ 表观消费量/吨

甲醇主要应用领域

甲醇制烯烃	醋酸
甲醇燃料	甲基叔丁基醚
甲醛	二甲醚

绿醇



石油和化学工业规划院
China National Petroleum & Chemical Planning Institute

• 现状

绿色甲醇的产能主要集中在欧洲、北美、东亚等地区

国内目前尚无投产的商业化绿醇项目

但煤化工耦合绿氢制甲醇、工业尾气二氧化碳捕集加氢制甲醇等

多元化低碳甲醇路线已初具规模

国内二氧化碳（工业尾气捕集）加氢路线

是利用工业尾气中捕集的二氧化碳

与电解氢或工业副产氢相结合生产甲醇

该类项目国内建设及规划规模相对较小

产能合计约21万吨/年

**吉利控股集团和河南省顺成集团共同投资建设的
10万吨级二氧化碳加氢制甲醇项目**



通过综合利用顺成集团富氢、富甲烷的焦炉气和从工业尾气中捕集的二氧化碳合成低碳甲醇，作为车用燃料为吉利远程重卡提供动力

**江苏斯尔邦石化有限公司建设的
年产10万吨的二氧化碳制绿色甲醇项目**

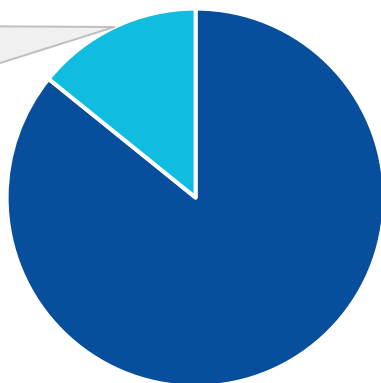


以炼化排放CO₂及现有PDH装置副产氢气为原料，生产低碳甲醇

• 现状

目前总产能约148万吨/年

127万吨/年
煤化工耦合
绿氢路线



未来我国仍有多个低碳甲醇项目签约及开工，
预计国内规划项目全部投产后，
我国低碳甲醇产能达到

450万吨/年

国内低碳甲醇以煤化工耦合绿氢和二氧化碳（工业尾气捕集）加氢两种技术路线为主

建成及在建项目总产能约148万吨/年

煤化工耦合绿氢路线是将电解水制氢与煤气化相结合，通过绿氢的补入减少煤气的变换量从而减少二氧化碳排放强度。

该路线建成及在建项目有4项

合计相当于低碳甲醇产能约127万吨/年

• 问题

目前我国绿醇产业发展仍处于研究和规划

生物质气化技术装备尚未成熟，处理规模较小

绿电、绿醇项目属于跨电力和化工的一体化项目

前期研究中存在行业间管理标准、

评价惯例等不一致的问题

适应于可再生能源波动性的负荷可调的化工

生产装置及相关控制技术有待进一步开发

对可再生能源波动性的消纳方式

尚未形成成熟解决方案

制氢电力负荷是否联网、接入方式及其对电价的影响

尚无明确统一政策



- 发展建议

绿醇应用建议先以低碳甲醇过渡

低碳甲醇是以来自烟气和工业尾气捕集的碳源和可再生能源制取的绿氢或工业副产氢为原料生产的甲醇作为绿色甲醇的过渡路线

低碳甲醇路径一方面**有助于企业以较低成本实现渐进式绿色转型**

另一方面也能**加快相关工艺的应用及技术迭代，更好地适应未来绿色甲醇的大规模生产**

加快完善绿色产品产业体系

加快制定相关产品评价标准，并积极参与国际相关标准制订

研究通过建立绿色产品独有市场、CCER机制、碳排放权交易等途径**探索实现绿色产品价值的利益机制**

采取相关财税政策支持绿氢、绿醇、绿氨相关生产技术基础研究、应用研究、装备开发及首台套应用等

积极开展绿氢、绿醇、绿氨长输管道布局研究



石油和化学工业规划院
China National Petroleum & Chemical Planning Institute

/04

绿色航煤



绿色航煤



石油和化学工业规划院
China National Petroleum & Chemical Planning Institute

• 现状

绿色航空燃料
一般是指SAF
(Sustainable Aviation Fuel)
可持续航空燃料



其组分从含8个碳原子的分子
到含16个碳原子的分子不等



生产SAF的原料包括废
油脂、农林废弃物、城
市废弃物以及非粮食作
物等，还可以通过把氢
气和捕获来的CO₂加以
合成的方法来生产



与目前主要在用的航空燃料相比，
可减少80%甚至更多的CO₂排放

- 现状

中国具备SAF实际产能的企业有两家，包括中石化镇海炼化分公司和张家港易高环保投资有限公司
在运营产能和规划产能总计约
15万吨/年



中石化镇海炼化分公司已建成**10万吨/年**

SAF/生物柴油/生物石脑油装置，该生物航煤装置全系列
产品（生物航煤、生物柴油、生物石脑油）已经通过国际
可持续生物材料圆桌RSB三个系列认证

与欧美市场类似，生产生物柴油（尤其是烃基生物柴油，HVO）的企业一般也都具备转产SAF的能力，可以根据市场需求调整产品线

• 现状



主要路线

目前HEFA工艺是生产SAF是最主要的生产技术路线，大约占全球市场份额95%。在欧洲各主要生产商已有产能和公开的新产能中，主要以HEFA路线为主

目前国际上被广泛认可的SAF工艺路线是
ASTM标准认定的9条路线，
其中包括ASTM D7566认定的技术路线7条
及ASTMD1655认定的技术路线2条



其他路线

新产能中，包含部分G+FT、AtJ和PtL路线。
美国市场的产能更多以AtJ路线为主



预测2030年，HEFA工艺是生产SAF仍是最主要的生产技术路线，大约占据全球市场份额88%，G+FT工艺将占据更大市场份额，相比2023年提升6%

• 问题



原料保障问题

SAF潜在的原料	
废弃食用油脂	农业废弃物
林业剩余物	城市有机固体废弃物
工业废气制乙醇	
其中废弃物利用路径中建立相应的收集储运系统极为重要，是提供稳定可靠原料的根本前提	



产品和企业审定问题

目前SAF相关生产技术尚未成熟，企业审定时间较长。如2014年中国民航局向中国石化镇海炼化颁发1号生物航油CTSOA证件前，基于CTSO-2C701对生物航油进行了历时约两年的审查



应用推广问题

SAF具有“即用性”的特点，能够在不改变现有飞机结构特点下直接替换航空燃油，未来一段时间内是我国航空业实现“双碳”目标要求最有效、最可行的方案，但目前我国民航业尚无相关明确目标或强制性要求，SAF的国内应用仍然处于试验/试飞阶段

• 问题



经济性问题

与目前主要在用的航空燃料（主要由石油炼制而成）相比

绿色航空燃料可减少80%甚至更多的CO₂排放

目前我国石油路线航空煤油从炼油到航空业燃烧全过程

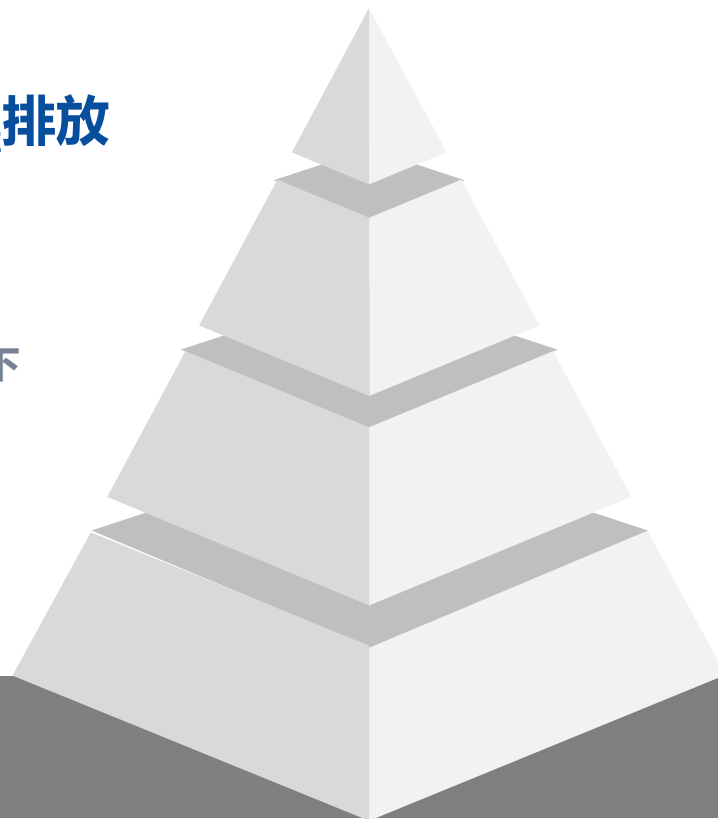
碳排放约为3.5吨CO₂/吨航油

以此计算绿色航空燃料相较石油路线航空燃料在欧洲碳价下

约可获得1800元/吨减碳溢价

在我国碳价下

可获得280元/吨减碳溢价



当前以HEFA为主的技术路线的绿色航空燃料成本较高,售价远高于传统航油价格+减碳溢价

这也是绿色航空燃料至今仍很难大规模应用的原因之一

• 发展建议

中国SAF供需市场还处于初期阶段

受疫情影响我国航空业受到很大影响，2022年成为低谷，

2023年民航业各项指标快速恢复

“十五五”期间预计我国SAF市场将呈现较快增长但仍不及欧美发展程度，
SAF产业发展将兼顾国内航空业减碳需求和对外出口需求

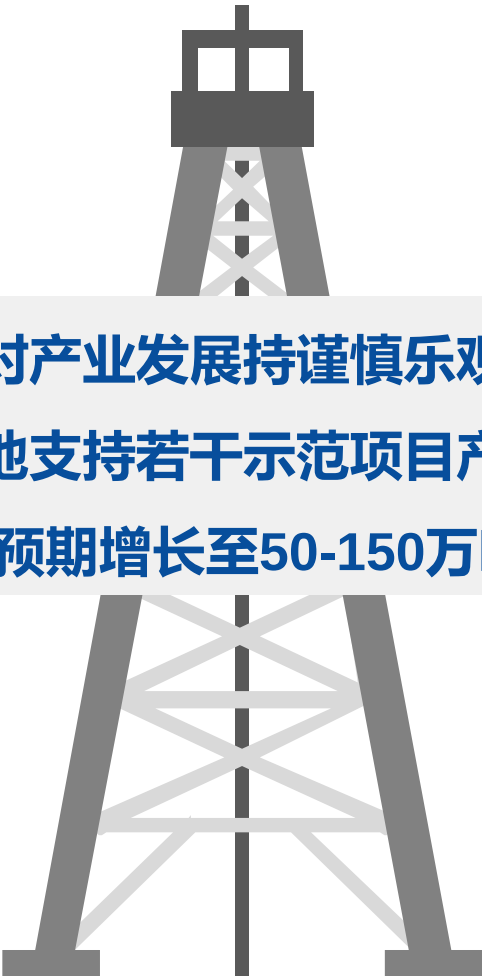
预计2030年前我国航空燃料消费总量还将继续增加

达到6000万吨，2023年至2030年的复合年均增长率（CAGR）将为8%

如果中国航空业与IATA的SAF使用目标（5.2%）保持一致，

预计到2030年，中国的SAF需求量将达到300万吨/年

目前我国仍未提出明确的使用目标，这一需求潜力的不确定性较大



**建议对产业发展持谨慎乐观态度
有选择地支持若干示范项目产能建设
产能预期增长至50-150万吨/年**

• 发展建议

结合生物柴油
煤基费托合成等装置能力，
适度建设新示范装置

围绕SAF不同技术路线
布局产业示范项目
加快SAF相关催化剂
产品验证等技术体系建设

加强原料收集半径和
装置经济规模之间相互关系
的研究，探索科学经济的
产业布局模式

与民航规划、民航业碳达峰
实施方案等政策加强衔接

协调推动SAF消费相关的利用
比例目标、减碳目标等政策，
明确稳定需求
以促进产业健康发展

加快相关产品标准修订，
适应各类SAF技术路线，
明确审定流程

对符合首台套等相关政策的
示范项目予以财税方面的支持

积极参与SAF相关
国际相关标准及
认证体系的建设



欢迎交流

杨 铮 能源化工处

新能源发展研究中心 副主任

15810177958 (微信同号)



石油和化学工业规划院

China National Petroleum & Chemical Planning Institute