



2025

可持续航空、航运燃料发展报告

创业邦研究中心

2025.08

01. 可持续航空、航运燃料发展背景
02. 可持续航空燃料（SAF）市场分析
03. 绿色甲醇市场分析
04. 绿氨市场分析
05. 产业建议与投资机会

01 可持续航空、航运燃料发展背景

低碳燃料市场需求

绿色政策倒逼行业转型

绿色低碳燃料类型

航空、航运业实现净零排放，需要能量密度更高的低碳燃料

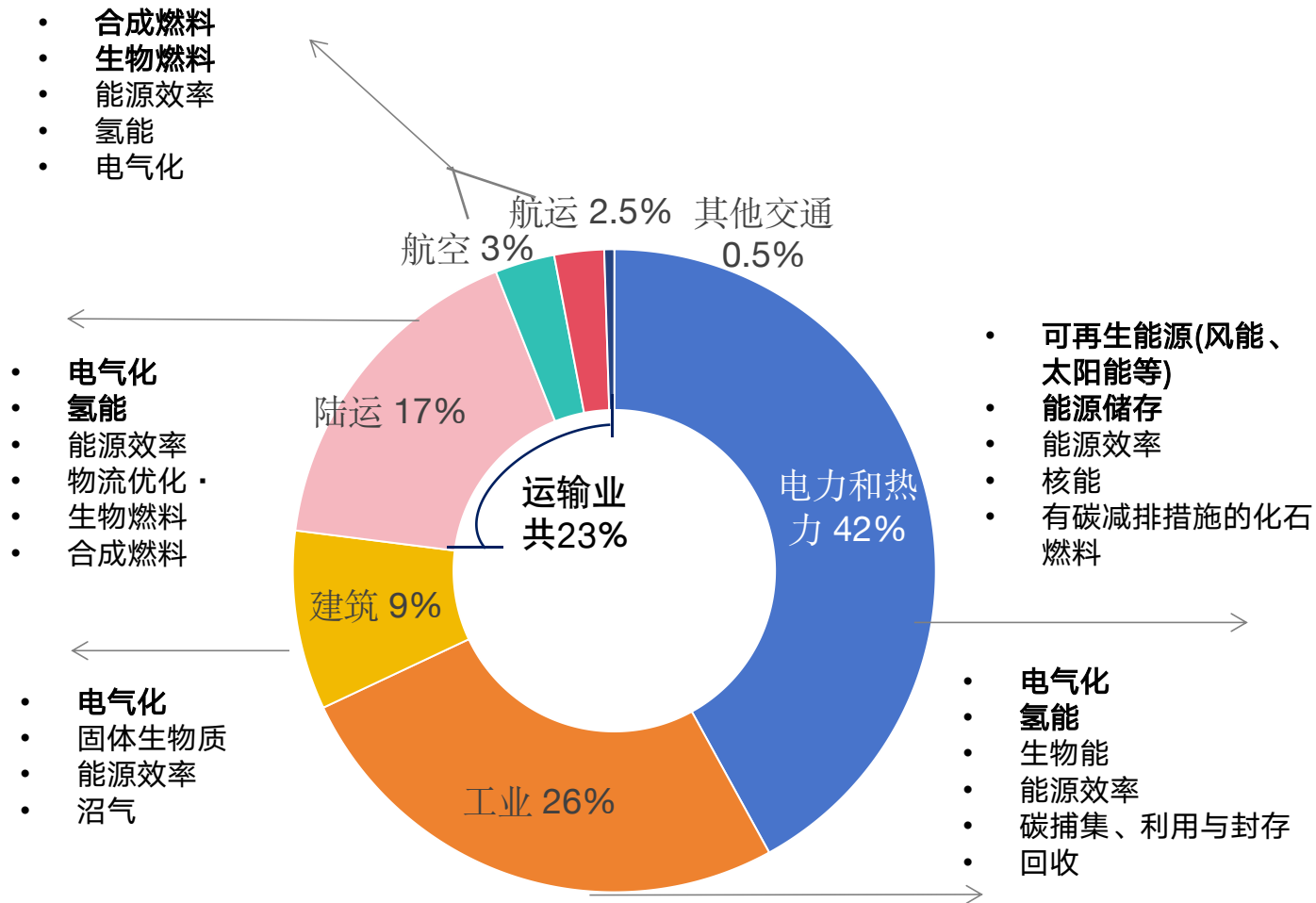
碳减排压力

- 根据航空行业团体能源转型委员会（Energy Transitions Commission）的2020年数据，全球人类产生的二氧化碳排放量中，航空业几乎占**3%**。如果不采取紧急行动，到2050年这一比例可能上升到**22%**。
- 根据联合国贸易和发展会议(UNCTAD)的统计数据显示，2023年全球航运业的温室气体排放约占全球总排放量的**2.2%**，约**83.34亿吨**。其中约99%的能源需求都由燃料油和柴油等化石燃料来满足。若不采取举措，2050年时航运业的温室气体排放量将最高增长250%。

低碳燃料需求

- 部分行业，如建筑和轻型公路运输，几乎可以完全依靠电气化来实现脱碳，这些电力来自水能、风能和太阳能等可再生能源。
- 大多数重型运输设备，航空业和航运业脱碳需要比氢能和电力**能量密度更高的低碳燃料**，包括生物燃料和合成燃料。

全球主要经济行业能源燃烧产生的二氧化碳排放情况以及各行业可用的脱碳战略



数据来源：德勤、国际能源署等相关数据，统计时间为2023-2024年

SAF是实现航空业净零排放的绿色燃料

SAF (Sustainable Aviation Fuel) 是以生物质、废弃油脂等非化石原料生产的航空燃料，全生命周期碳减排可达80%以上，是航空业实现碳中和的核心路径之一。根据国际航空运输协会 (IATA) 的预测，到2050年SAF将贡献全球民航业65%的碳减排量。

可持续能源的技术潜力

■ 最好 ■ 中等 ■ 最差

	电池发电	氢能	可再生能源
燃料生产和动力系统的效率	~60%	~25%	~15%
2050年的最大航程范围	下至100多千米, 上至1000千米	2500千米, 无上限	无上限
预计实现大规模的市场占有	大概2035-2040年		<2030
使用可再生能源减少温室气体排放的累积量 (2022-2050年)	2%-3%	8%-22%	75%-91%
2050年最终能源需求量占比	~2%	13%-32%	65%-85%

氢能和电池为动力的飞机比传统燃料动力飞机更有效率, 但只适合中短距离飞行

可再生能源进入市场较早因此对于减少温室气体排放会有更大的影响

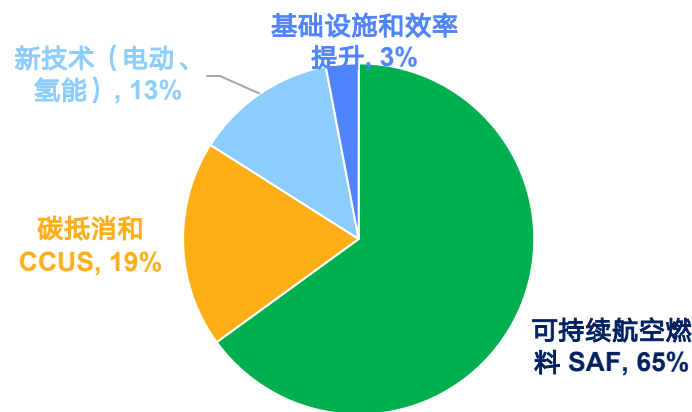
图来源: 能源转型委员会



技术

目前可持续航空燃料比煤油贵得多，通过规模化生产可以帮助降低成本。其他解决方案，如电池动力或氢燃料也正在开发中，但这些尚未得到大规模验证。

航空净零排放战略 (2050)



数据来源: IATA



环保

主要通过废弃动植物油脂、城市生活垃圾等可再生原料生产，在生命周期内可减少约80%的二氧化碳排放量。第二代SAF采用废弃物或通过碳捕集技术生产，生产过程更加可持续。SAF的硫化物和芳香族化合物含量极低，在燃烧过程中显著减少了颗粒物 (PM) 排放，改善了空气质量，减少了对健康的风险。



兼容性

SAF与传统航空煤油在分子结构上基本一致，能够直接作为一种掺混标准航空燃料，兼容现有的燃油运输、加油设施和航空发动机。

绿色甲醇、绿氨为航运业新型低碳/零碳燃料

液化天然气（LNG）是当前技术最成熟的低碳船舶燃料，但降碳减排极为有限，无法实现国际海事组织制定的减排目标。在多种零排放燃料中，考虑到燃料的安全性、合规性、经济性、碳减排潜力、与现有基础设施适配性等因素，绿色甲醇、绿氨为可行性较高的路径。

船用液体燃料属性对比

燃料	热值 (MJ/kg)	沸点 (°C)	闪点 (°C)	密度 (kg/m³)	液态能量密度 (MJ/L)	自燃点 (°C)	可燃极限 (%)	减排效果 (%)	技术成熟度	商业成熟度	环境风险
LNG	50	-162	-175	450 (液态)	22.5	650	5-15	10-30	高	高	甲烷泄露
甲醇	19.9	65	11	791 (液态)	15.7	464	6-36	10-90	较高	较高	仍有碳排
氢	120	-253	-	70.8 (液态)	8.5	585	4-75	100	低	低	无
氨	18.6	-33	-	682 (液态)	12.7	630	15-28	50-80	中	中	氮氧化物



显著降低碳排放

尽管体积能量密度较低，替代燃料在使用过程中可显著降低碳排放。甲醇相较于当前的LNG，单位碳排降低近50%；以绿氢和绿氨为例，因燃料中不含碳元素，燃烧过程均可实现零二氧化碳排放。



提升能量转化效率

传统燃料发动机采用内燃机，存在一定的热量损耗进而影响能量转换效率；而替代燃料（氢、氨、甲醇）可采用内燃机或燃料电池，以氨动力船舶为例，若采用直接供氨固体氧化物燃料电池（SOFC）动力系统即可实现化学能到电能直接转化，能量转化效率可达50-60%，较传统内燃机的转化效率提升10-20%。

数据来源：落基山研究所、云道资本



结合各燃料性质特点及技术与商业的成熟度来看：

- 绿色/低碳甲醇，中短期内较为理想的替代燃油燃料；
- 液氢与绿氨，有望成为未来主要的船用清洁燃料。



02 可持续航空燃料（SAF）市场分析

市场前景与政策要求

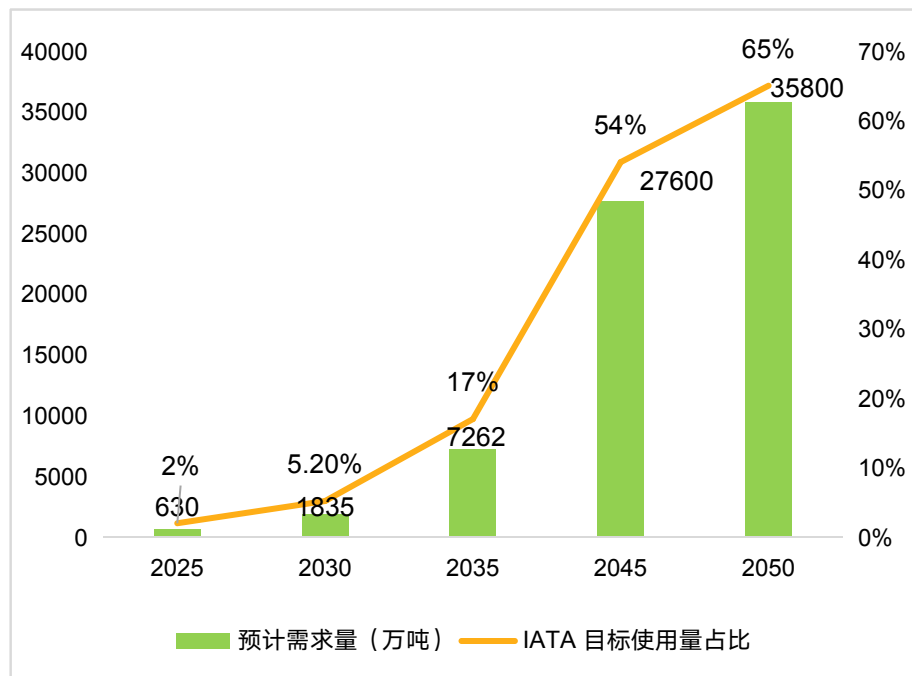
技术路线与成本分析

市场布局与代表项目

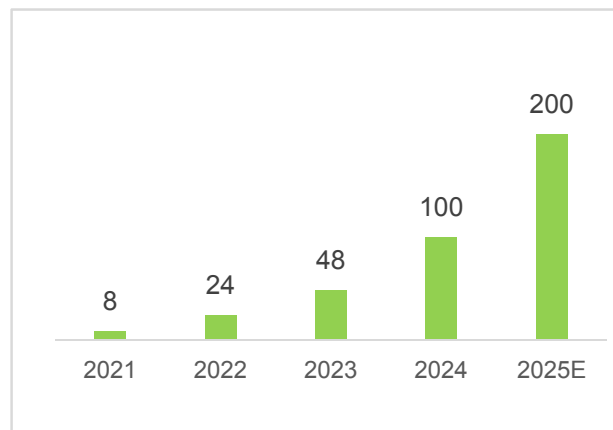
SAF：万亿级市场空间亟待爆发，到2030年市场缺口达680万吨

- SAF市场前景巨大。国际航空运输协会（IATA）预计2030年全球SAF需求1835万吨(市场规模约1260亿元)，超60家航空公司已承诺到2030年使用10%的SAF（对应约1300万吨需求）；2035年全球SAF需求达7262万吨（4986亿元）；2050年全球SAF需求达3.58亿吨（超过7万亿人民币），承担65%航空业减排任务。
- 当前SAF全球供给紧缺。虽然SAF产量近4年强劲增长，得益于政策支持、企业承诺扩大以及早期采用者的投资。根据IATA数据，2025年产量预计将增长到200万吨（同比增长100%），但仅占航空燃料使用量的0.7%。

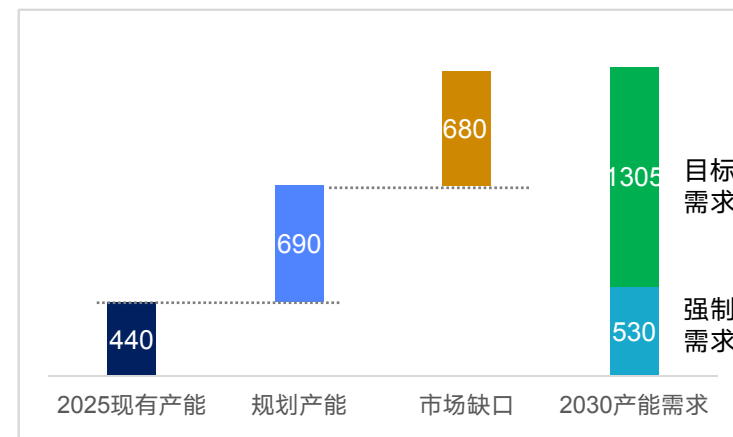
全球SAF市场需求（万吨）



全球SAF市场产量（万吨）



到2030年全球SAF产能爬坡（万吨）



到2030年SAF市场缺口达680万吨！

- 截至2025年1月，SAF全球产能达到440万吨，在已确认的项目和新炼油厂投产后，产能预计再增加690万吨。根据已公布的政策和航司计划，到2030年市场需求1800多万吨，因此SAF市场存在680万吨缺口。

数据来源：IATA等相关数据

欧美亚各国出台强制掺混令，SAF需求增量明确

在全球层面，约有44项SAF政策已经被采纳或正在考虑中，覆盖了超过65%的航空燃料使用。其中欧盟、挪威等地的政策推行力度较大。

国家/区域	SAF政策与目标
欧盟	2025年：2%的SAF混合目标（约90万吨）；2030年：目标6%的SAF混合比例（280万吨）；2050年：目标70%的SAF混合比例（3600万吨）；合成燃料（PtL）：2030年1.2%（30-60万吨），2035年5%（240万吨），2050年35%（1800万吨）的目标，等待成员国批准。
英国	2025年：2%的SAF混合目标（24万吨）；2030年：目标10%的SAF混合比例（130万吨）；2040年：目标22%的SAF混合比例（310万吨）；合成燃料（PtL）：2028年0.2%，2030年0.5%（约6万吨），2040年3.5%的目标（约50万吨）；HEFA上限：2030年的71%，2040年的35%；
德国	合成燃料（PtL）：2026年0.5%，2028年1%，2030年2%的目标。
挪威	2023年：2%的SAF混合目标；2030年：目标达到30%的SAF混合比例。
美国	45Z税收抵免：每加仑0.35美元的税收抵免；截止到2030年目标为900万吨；2022年通货膨胀削减法案（Inflation Reduction Act 2022）从2025年1月开始实施。
加拿大	2028年起掺混1%的SAF，到2030年提高到3%（约50万吨）。
巴西	预计2027年总排放量减少1%，到2037年提高到10%（对应800-900万吨需求）。
日本	2030年：10%的SAF混合目标（约100万吨）；2023年5月引入，提出了SAF生产的豁免和投资提议。
印度	2027年1%（10万吨），2028年2%（20万吨），2030年5%（仅限国际航班，60万吨）的SAF混合目标。
印度尼西亚	2027年1%的混合开始，到2030年提高到2.5%（约20万吨），到2050年提高到30%（约290万吨）。
马来西亚	2023年：1%的SAF混合目标；2050年：目标达到47%的SAF混合比例（约260万吨）。
新加坡	2026年：1%的SAF混合目标（5万吨）；2030年：目标达到3-5%的SAF混合比例（15-20万吨）。
韩国	2027年：1%的SAF混合目标，相当于约7万吨。
土耳其	国际混合要求：2025-26年1%，2030年5%，对应30万吨SAF需求。
智利	到2050年在其国内和国际航班中实现50%的SAF掺混，相当于约100万吨SAF需求。

技术路线：HEFA最成熟，FT、PtL前景大

目前加氢酯和脂肪酸（HEFA）路线是商业化程度最高，约占98%产能，但原料依赖废弃食用油等有限资源，可能在2030年后引发供应缺口。生物质气化+费托合成（G+FT）、电转液（PtL）等技术路线有望在未来发挥更重要的作用。

SAF主要技术路线分析

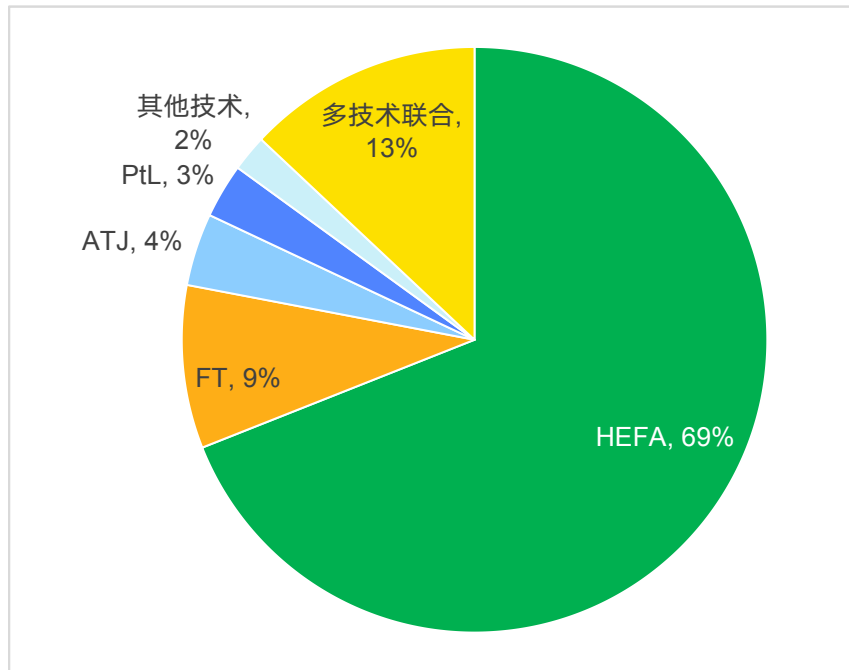
技术路径	原料供应	工艺	生产成本	预计2030年市场占比	碳减排强度（含生命周期）	技术成熟度	政策适配性
HEFA加氢酯和脂肪酸	废弃油脂等，中国潜在年产能200-500万吨，但收集成本高、供应链分散	加氢处理	1.2-1.5万元/吨，每加仑4-11美元	80%（美国市场占比约66%）	废弃油脂:80%~90%；大豆:55%~65%	唯一商业化路线，工艺稳定	符合ASTM标准，短期主流
ATJ醇制烃	依赖粮食/非粮生物质或炼钢尾气制乙醇，常用原料包括玉米和甘蔗	醇脱水、烯烃低聚、加氢	美国基于玉米成本约每加仑4-9美元，结合CCS的成本为每加仑5-9美元	10%（美国市场占比约23%）	玉米:15%~50%；玉米+碳捕集封存:55%~90%	非粮乙醇技术未成熟，粮食乙醇存在伦理争议	需突破乙醇供应链瓶颈，美国玉米成本低，中国原料成本高
FT费托合成	农林废弃物、城市垃圾等	合成气转化为液体烃	1.3万元/吨，规模化后将降低	5%	采用特定原料时最高100%	技术成熟，原料丰富，但规模化应用处于示范阶段	需突破原料预处理和系统集成瓶颈
PtL电转液	绿氢（电解水）+CO ₂ （空气捕集或工业排放），原料无限	电解水制氢，与二氧化碳合成燃料	成本高，约6-20美元/加仑（绿氢占80%-90%成本），技术成熟化将大幅降低	5%（美国市场占比约8.6%）	采用直接空气捕集二氧化碳和清洁氢时，可达100%	试验阶段，依赖绿氢和碳捕集技术	符合欧盟REFUEL法案等长期脱碳目标
GTJ气化合成	沼气、天然气或合成气，需高效气化设备	合成气转化为液体燃料	初期投资高，运营成本低	较少	减排67%-94%（依赖原料）	气化技术成熟，但合成气发酵处于研发阶段	需政策支持生物质气化

数据来源：波音和CSIRO联合发布的《可持续航空燃料（SAF）现状报告》、美国谷物协会等相关数据

国内布局：集中在原料供应地，如江苏、广东、四川、内蒙古等地

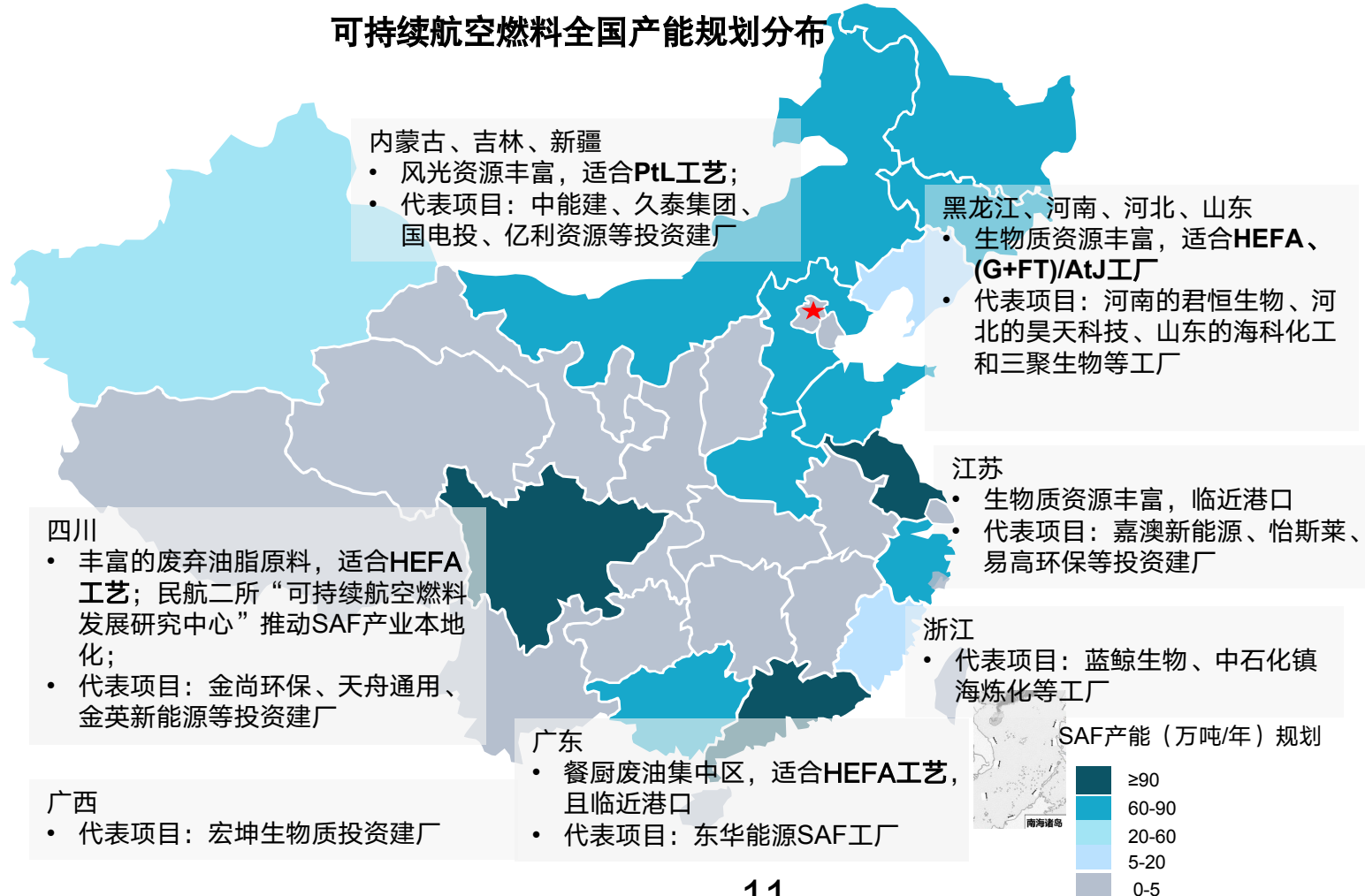
- 截至2025H1，中国SAF项目已累计达45项(含规划、在建和建成项目)，项目规模超过950万吨/年。
- 从项目产能来看，规划产能最多前5的省份依次是江苏、广东、四川、内蒙古、河南等地，在原料供应、地理位置等方面具有一定优势。

可持续航空燃料市场中各技术路线占比（预计2030年）



数据来源：创业邦研究中心

可持续航空燃料全国产能规划分布



SAF代表项目

主要统计非HEFA规划项目，项目投资以国央企和能源企业为主。

企业	SAF规划年产能	生产工艺	项目所在地	代表项目进度
国电投 (和国泰航空合作)	50万吨绿色航煤	类似PtL	新疆塔城地区托里县、黑龙江齐齐哈尔	塔城项目：2023年7月签约，一期规划年产10万吨绿色航油，预计2027年投入运营；齐齐哈尔项目：2023年底启动建设，规划年产40万吨绿色航煤和40万吨绿色甲醇，主体工程在建设阶段。
山西国际能源	35万吨绿色航空煤油	PtL	内蒙古通辽扎鲁特旗鲁北产业园	2024年5月签约
正泰新能源	2万吨绿色航空煤油	PtL+FT	吉林松原市	2024年5月，正泰新能源风光绿氢制25万吨绿色甲醇及2万吨绿色航空煤油一体化项目（化工端）完成备案，计划竣工时间2026年9月。
中能建	百万吨级绿色航油	PtL、G+FT	吉林白城市、黑龙江双鸭山、新疆克拉玛依、内蒙古通辽等	白城项目：规划年产30万吨绿色航油和30万吨绿色甲醇，2023年11月签约；双鸭山项目：年产20万吨绿色甲醇、30万吨绿色航油，一期工程（年产10万吨绿色航油）于2024年10月正式开工。克拉玛依项目：年产10万吨绿色航煤项目、年产1万吨绿氢项目、1GW风光新能源项目
亿利资源	30万吨航油	PtL+FT	内蒙古阿拉善	100万亩锁边林带+3.5GW立体生态风光氢治沙+30万吨可持续航油项目，处于建设后期
吉电股份	30万吨绿色航油	PtL	吉林四平、白城大安等	大安制绿氨项目已经全面开工建设
岚泽能源	百万吨SAF	FT	河北保定、四川泸州、新疆克拉玛依等	保定曲阳县20万吨绿色航煤项目，拟投资50亿元；泸州20万吨SAF项目；新疆克拉玛依生物质耦合绿氢年产30万吨绿色航煤项目
首钢朗泽	生物乙醇1.万吨	AtJ	唐山曹妃甸区	已开工建设，每年生产无水乙醇1.5万吨、蛋白饲料750吨、生物沼气200万标准立方米
内蒙古久泰集团	10万吨绿色航空煤油	甲醇制喷气燃料	内蒙古鄂尔多斯	采用霍尼韦尔UOP eFining™工艺技术，2024年6月签约
吉林龙源新能源	9.2万吨SAF	PtL+FT	吉林双辽市	计划2025年12月开工，2027年10月竣工

数据来源：企业官网及公开报道，创业邦研究中心整理

03 绿色甲醇市场分析

基础概念与产业链分析

技术路线与成本分析

市场应用前景

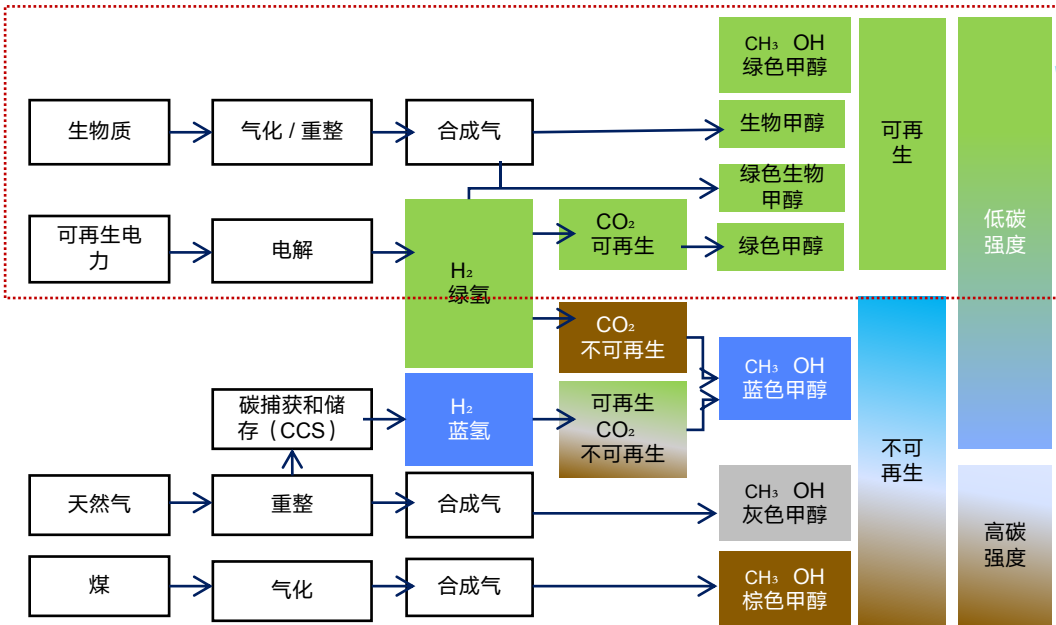
市场布局与代表项目



绿甲醇：原料和能源都来自可再生能源

目前国际上并无明确通用的绿色甲醇标准界定，已有的定义由欧盟制定，所需原料来源必须全部符合可再生能源标准。

甲醇的主要生产路线



可再生的CO₂：通过生物源和直接空气捕集(DAC)

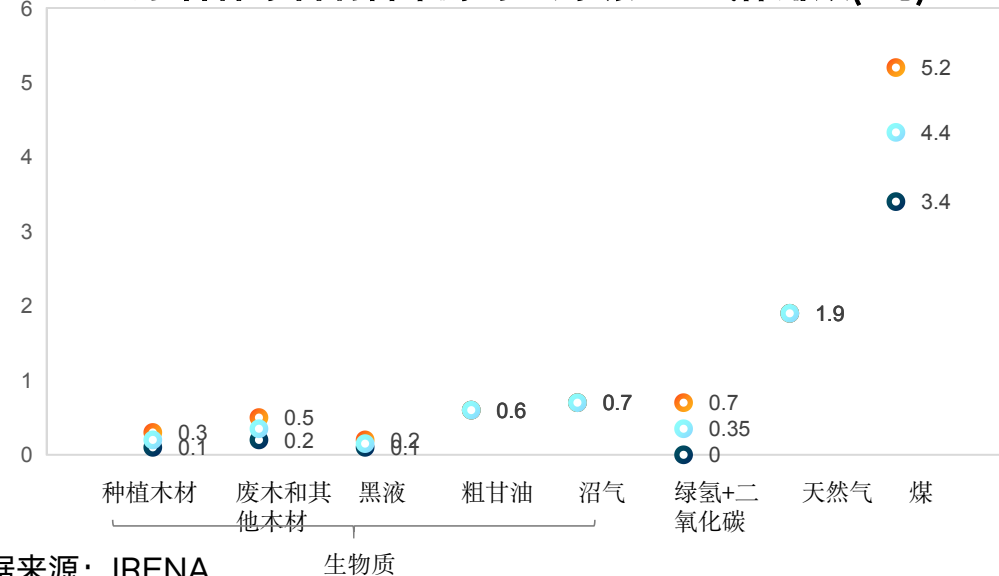
不可再生的CO₂：来自化石燃料、工业

国际可再生能源署（IRENA）建议按生产过程中碳排放强度由高到低将工业上生产的甲醇分为四种类型，分别为棕色甲醇、灰色甲醇、蓝色甲醇和绿色甲醇，对应于生产甲醇的原材料分别是煤、天然气、蓝氢和二氧化碳（或绿氢和不可再生二氧化碳）及生物质/可再生二氧化碳和绿氢。

两种途径生产绿色甲醇：

- 生物质循环利用制甲醇（生物甲醇Bio-methanol），生物质原料包括：林业和农业废弃物及副产品、垃圾填埋场产生的沼气、污水和制浆造纸业的黑液。
- 绿电制绿氢再制甲醇（生物电子甲醇Bio-e-methanol / 电子甲醇E-methanol），从可再生资源捕获（如通过DAC 捕获）的CO₂ 以及绿氢（可再生能源发电生产的氢气）中获得。

基于各种原料制备甲醇的全周期温室气体排放(/吨)



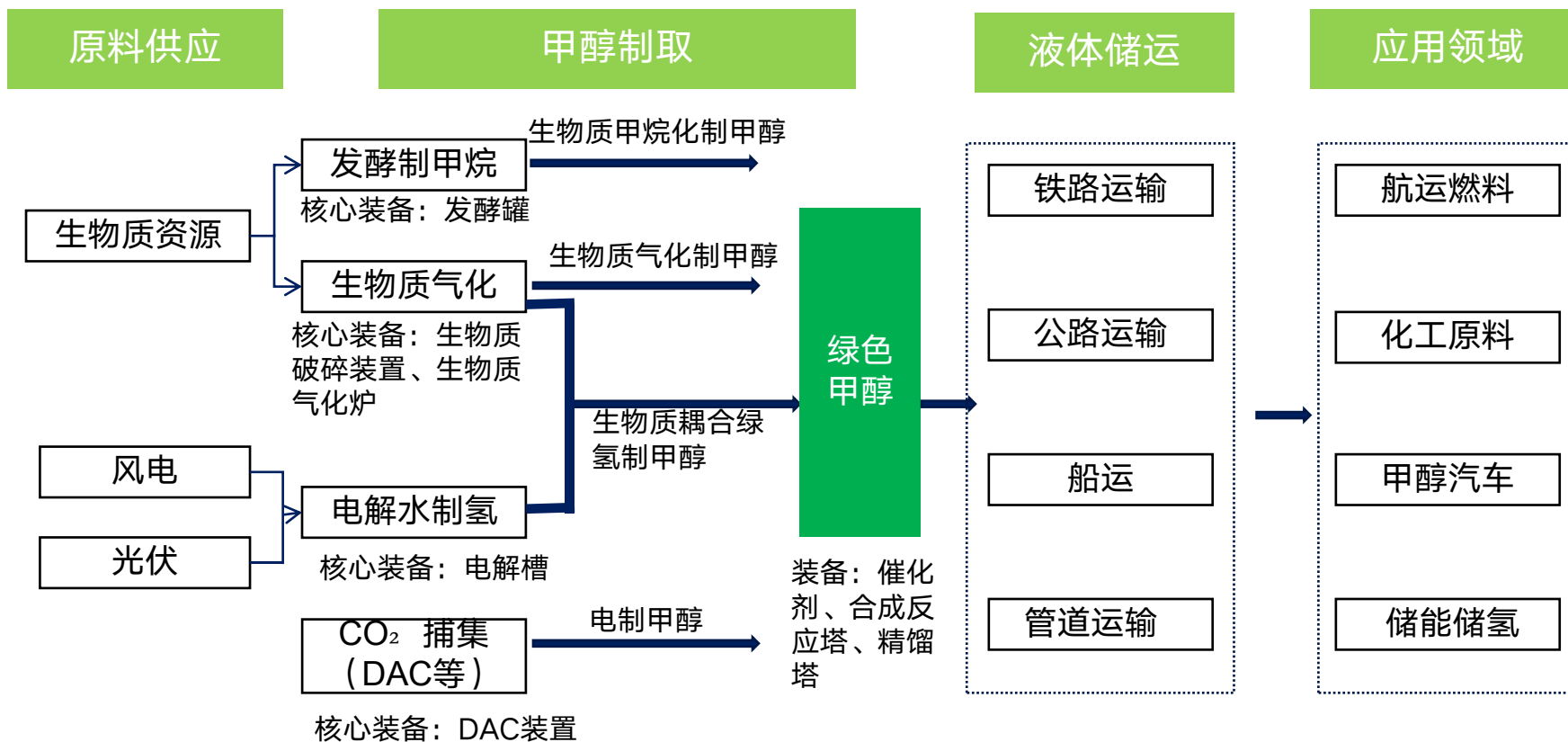
数据来源：IRENA

基于生物质、捕获二氧化碳和绿氢制备的绿色甲醇具有较低的碳排放强度，仅为0-0.7吨/吨，而棕色/黑色甲醇的碳排放量高达3.4-5.2吨/吨。

绿色甲醇产业链

绿色甲醇的产业链主要包括制备、储运和应用三个环节。制备原材料涉及生物质、二氧化碳和绿氢。绿色甲醇以常温常压下的液体形式储存，运输方式分为铁路、公路、船运和管道运输。下游应用领域包括船舶燃料、汽车燃料、化工原料和储能储氢载体。

绿色甲醇产业链



- 生物质气化: 常压生物质气化发电或制燃气及加压流化床煤气化技术相对成熟, 国外在运行的生物质气化基本都采用流化床。
- 电解水制氢: 国内碱液电解水制氢 (ALK) 较成熟, 质子交换膜电解制氢 (PEM)、阴离子交换膜电解水制氢 (AEM) 快速发展。
- 可再生碳源: 目前以生物质气化为, 直接空气捕集(DAC)、生物质能碳捕集与利用技术正在研发中试阶段。

技术路线：短期以生物甲醇为主，长期电制甲醇将占主导

目前绿醇的主要生产路线是生物质气化、生物质耦合绿氢路线，未来随着绿氢成本下降和CO₂ 捕获技术突破，电制甲醇将成为主流。

绿色甲醇技术路线

项目	电制甲醇（e-甲醇）	生物甲烷路线（生物甲醇）	生物质气化路线（生物甲醇）	生物质耦合绿氢路线（生物甲醇）
占地情况	风光绿电电站会占用一定规模的土地，但主要集中于人口密度低、风光资源丰富地区，影响有限	沼气发酵反应过程缓慢，需较大的土地	生物质气化制取甲醇以热化学方法为主，效率较高，对土地面积要求较小	占用一定面积的土地，投资金额较高
原料问题	需解决绿氢与可再生二氧化碳的输配问题	沼气项目规模小，无法实现甲醇的规模化生产	农林秸秆、城市废物为主，原料较为充足，运输距离较短	绿氢和农林秸秆、城市废物为主，原料较为充足，运输距离较短
技术应用	电解水技术日趋成熟，逐步实现绿氢规模化制备；DAC/生物质碳捕技术面临成本高昂、规模小等痛点	餐厨与城市垃圾技术成熟，但废物难处理；农林秸秆效率低、碳氢比例需调节	在国外已有工业化应用案例，但建成装置少，国内尚无大型装置应用案例	国内个别示范项目，尚未大规模应用案例
碳源	生物质/DAC	餐厨垃圾、农林废物等	农林废物、城市有机垃圾等	农林废物、城市有机垃圾等
废物排放	少	废水处理难度大	较容易处理	较容易处理
技术瓶颈	绿氢电解与储运、可再生二氧化碳的捕集	沼液与废渣的处理	气化炉设备的大型化	绿氢电解与储运、气化炉设备大型化
国内生产成本	电价以 0.3 元/kWh 计算，目前约 4500-4600 元/吨（氢气成本占 82%，灰CO ₂ 占9%），DAC成本更高；未来有望降低至2100-2200 元/吨	目前3500-4200元/吨，远期不具备发展优势	目前3000-4000元/吨，受生物质资源分布和供应季节影响，成本下降空间和产能增长空间较为有限，远期2300元/吨	目前3500-4000元/吨，远期来看有一定盈利空间，预计1900-2000元/吨

数据来源：企业访谈，创业邦研究中心整理

绿色甲醇在建项目（部分）

目前电制甲醇成本较高，多以生物质耦合绿氢、无绿氢耦合来制备生物质甲醇和少量电制甲醇，总体上生物质制甲醇仍处于技术示范阶段。

路线	企业	地点	项目名称	产能（万吨/年）	项目简介
电制甲醇	中车山东风电	新疆	奇台智慧能源装备产业园项目	45	总投资116.4亿元，2023年5月开工
	国家电投	甘肃	镇原县制氢制甲醇及重卡一体科技园项目	30	制氢、制醇一体化项目计划总投资30亿元
生物质制甲醇，无绿氢耦合	隆基生物能源	河南	许昌隆基生物能源有限公司年产12万吨绿色甲醇项目	12	总投资20亿元，每年可处理绿色生物质资源约60万吨
	中集安瑞科	广东	湛江绿色甲醇工厂	20	年产5万吨绿色甲醇预计2025年第四季度正式投产
生物质耦合绿氢制甲醇	绿色氢链	内蒙古	年产30万吨生物质甲醇项目	30	总投资10亿元，预计2025年底投产
	金风科技	内蒙古	兴安盟风电耦合制50万吨绿色甲醇项目	50	预计2026年实现首产
	上海电气集团	吉林	洮南市风电耦合生物质绿色甲醇一体化示范项目	25	2024年3月30日开工
	华谊集团	上海	上海10万吨级绿色甲醇项目	10	计划在2025年12月底中交
	中能建	黑龙江	双鸭山百万吨绿色甲醇生产基地项目（一期）	30	总投资100亿元
	中能建投	吉林	通榆绿色氢氨醇一体化项目	30	总投资65亿元，计划于2027年9月投入运营
	岚泽能源	江苏	岚泽能源年产30万吨绿色甲醇项目	30	总投资22.5亿元，2023年11月开工
	中国天楹	黑龙江	天楹安达绿色甲醇项目	62	总投资169.5亿元，绿氢装置规模10万吨/年
	中广核风电	内蒙古	兴安盟200万千瓦风电制氢制甲醇一体化项目	40	年消耗生物质用量为50万吨
	元蝗能源	内蒙古	鄂尔多斯年产70万吨绿色甲醇示范项目	70	2024年12月18日开工
			乌拉特中旗年产100万吨绿色甲醇项目	100	一期建设50万吨/年绿色甲醇生产装置
	吉道能源	内蒙古	年产33.75万吨绿色合成甲醇项目	33.75	总投资24.8亿元，达产后年产值可达22.7亿元
	中化学悦达	江苏	年产100万吨绿色甲醇项目	100	总投资110亿元，首期规模为20万吨/年，计划2025年6月建成投产
	国能中电集团	吉林	农安风光生物质气碳中和循环利用项目	6	建设年产1.5亿标准立方米的综合制氢装置



04 绿氨市场分析

基础概念与产业链分析

成本分析与市场前景

全球与中国市场布局

绿氨定义

绿氨由电解水制取的绿氢与空分装置捕获的氮气经合成工艺而得。全球范围内尚未形成绿氨的统一标准。从衡量标准来看，碳排放强度指标和制备能源来源是关键考量因素，“绿氨”的定义可概括为由可再生能源制氢为原料制备的合成氨。

合成氨的分类（根据制氢过程中碳排放量的不同）

类型	定义
灰氢	使用传统化石能源（天然气和煤）制成。
蓝氢	氢由化石燃料提炼而来，但在提炼过程采用碳捕捉和封存技术（CCS）。
蓝绿氢	甲烷热解过程将甲烷（CH ₄ ）分解为氢和碳，使用绿电将该过程中回收到的氢气做为原料制氢。
绿氢	通过风能、太阳能等可再生能源发电所产生的绿电电解水产生氢气，再由空气中的氮气和氢气合成氨。

不同地区绿氨的标准

地区	定义	二氧化碳当量阈值 (kgCO ₂ e/kgNH ₃)
国际绿氢组织 (GH2)	“绿氨”：由绿氢制成绿氨	0.3
国际可再生能源署 (IRENA)	“可再生氨”：利用可再生电力生产的氢气和从空气中净化的氮气生产的。	0.3
欧盟	“可再生氨”（RFNBO）：将基于可再生能源的电力送入电解槽产生气态可再生氢，再由可再生氢生产的氨。	/(按绿氢标准折算约为 0.6kg CO ₂ e/kg NH ₃)
日本	“低碳氨”：生产链（含制氢过程）的碳排放强度低于阈值。	0.84
中国	《关于组织开展绿色液体燃料技术攻关和产业化试点的通知》中，“可再生氨”指以可再生能源制氢、氮气为原料，通过催化合成生产绿氨。	/

数据来源：IRENA等公开资料

绿氨的优势



“零碳”能源

- 绿氨生产工艺过程几乎实现零碳排，减排效果非常明显，可使合成氨生产的碳强度降低85%以上，是未来重要的清洁能源之一，也是全球交通运输业未来实现碳中和的主要手段之一。



工艺成熟

- 氨作为一种主要的化工产品，已在非船用市场上得到广泛的大量应用。全球合成氨工业技术非常成熟，液氨储运配套比较完善，作为跨长时空的零碳燃料和储能形式。

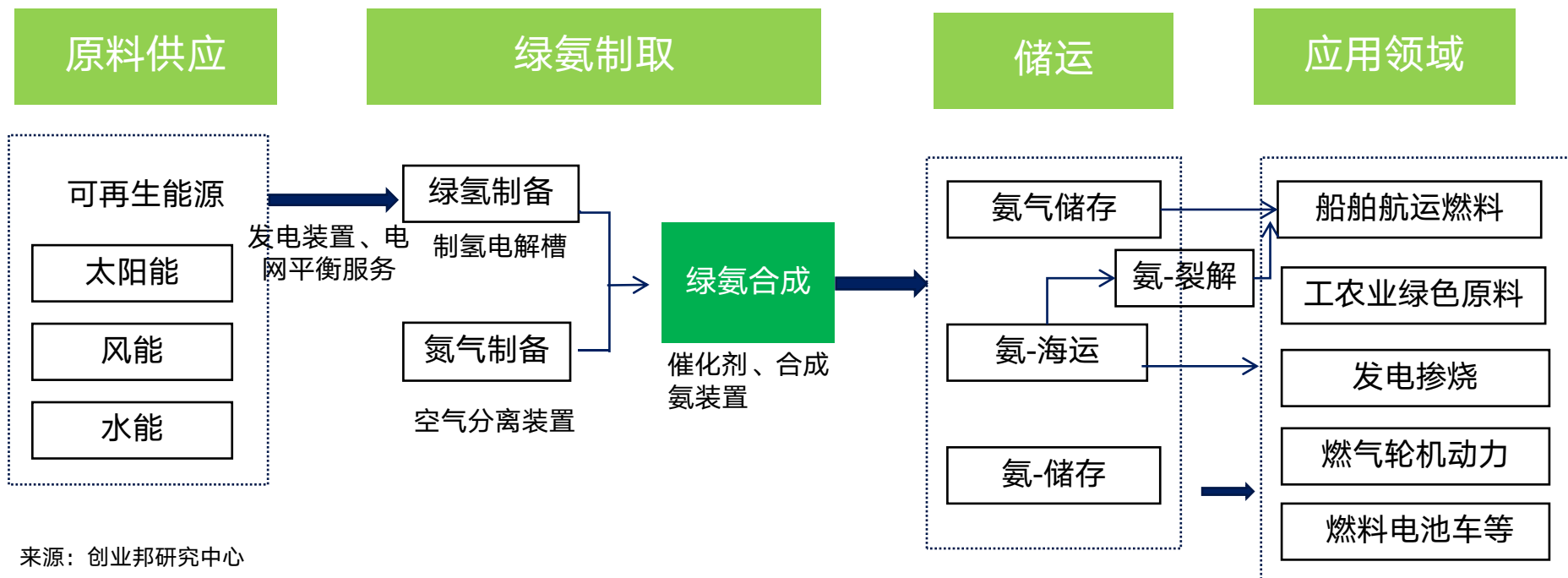
不同原料制取氨的碳排放情况

原料路线	原料消耗	碳排放 / t CO ₂ · (t 产品) ⁻¹
煤	1.4~1.5t 原料煤 + 1.1~1.2t 动力煤	3.0~3.2
天然气	1050~1150 m ³	1.6~1.8
绿氢	10000~10560 kWh	<0.1

绿氨产业链

- 绿氨生产主要包括绿氢制备、氮气制备和合成氨三个单元。其中空气分离制备氮气和氨合成工艺技术成熟，完全可以采用现有产业技术。
- 绿氢制备：碱性电解槽（ALK）技术较成熟，已商业化；质子交换膜（PEM）电解槽的使用寿命普遍低于6万小时，在示范应用阶段。
- 合成氨工艺：传统的哈伯-博世法是目前唯一实现产业化路线，缺点是能耗较高（ $>9 \text{ MWh/t NH}_3$ ）且对设备集成与运行稳定性要求较高。电化学直接合成氨、光催化/生物催化制氨等新兴技术目前在实验阶段。

绿氨产业链



绿氨产业目前处于快速成长期，技术不断迭代更新，但绿氨产业发展还面临两大关键挑战：

- 可再生风光资源的波动特性与合成氨的连续稳定生产模式不匹配；
- 受制于电力成本、储能技术，目前绿氨生产成本仍然较高。

绿氨代表项目（部分）

目前我国布局绿氨项目的主体以国央企、新能源企业为主，与政府紧密合作建设绿氨项目，打通绿电下游产业链，解决氢能消纳问题。

企业	项目名称	绿氨产能（万吨/年）	项目状况
远景科技	内蒙古赤峰152万吨/年零碳氢氨项目一期	32	已投产
中国能建	内蒙古乌拉特中旗绿电制氢制氨综合示范项目	6	已投产
宝丰能源	宁夏宁东能源化工基地绿氢制绿氨项目	10	已投产
国家电投	吉林大安风光制氢合成氨一体化示范项目	18	已投产
水木明拓	内蒙古包头达茂旗国际氢能冶金化工产业示范区绿氢项目	60+60	2023年7月开工，建设阶段
国家电投、清华海峡研究院	内蒙古包头达茂旗风光制氢与绿色及活化工一体化绿氢项目	10	开工建设
国家电投、中铁集团	河北张家口风光制氢合成氨绿氢项目	50	建设中
三峡集团	新疆新和光伏制氢、氢制合成氨一体化项目	14	2024年3月签约
三一重工	内蒙古乌拉特中旗甘其毛都口岸加工园区风光氢储氨一体化示范项目	15	建设中，预计2025年底前投产
国家能源集团	内蒙古阿拉善百万千瓦风光氢氨一体化示范项目	14+50	一期建设中
中国天楹	内蒙古通辽风光储氢氨一体化零碳项目	45	2024年12月开工建设
远景科技	内蒙古通辽风光制氢氨一体化项目	60	2023年8月备案
中国能建	吉林松原氢能产业园氢氨一体化项目	20+40	一期预计2025下半年投产
中广核	科右前旗风储制氢制氨一体化示范项目	—	2025年5月启动建设
深能集团	内蒙古鄂托克旗风光制氢一体化绿氢项目	15	2023年6月开工建设
广东能源集团、浙江运达风电	陕西府谷县绿电制氢合成氨项目	20	2024年5月备案
冀中新能源	内蒙古四子王旗风光储氢氨一体化示范项目	50	2024年7月启动



05 产业建议与投资机会

产业发展建议

投资机会与创新企业推荐

产业发展建议

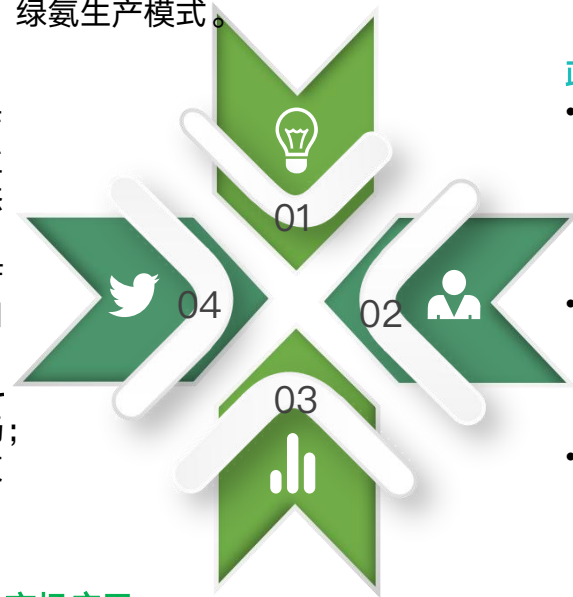
当前SAF、绿色甲醇和绿氨产业正处于规模化发展的关键窗口期，技术突破、政策协同与产业链深度融合成为破局关键。通过原料多元化技术创新、国际国内政策标准衔接、以及“原料-技术-政策-市场”全链条生态构建，有望突破成本与资源瓶颈，加速形成万亿级绿色能源市场。

技术创新

- 支持“产学研用”协同攻关，重点突破生物质高效气化、电解槽降本、碳源多元化等技术，构建本土化关键技术与核心装备体系；
- 在工艺创新方向，推进新型催化剂、低温低压合成方法以及柔性工艺等技术的发展，以更好地适应高比例可再生能源供电生产；
- 在模式创新方面，除了传统的集中式发展模式外，积极探索并因地制宜地实践分布式SAF、绿色甲醇、绿氨生产模式。

产业协同

- 加强产业链协同，推动SAF、绿色甲醇和绿氨产业链上下游企业协同发展，包括原材料供应、生产加工、下游消纳等环节，形成完整的产业生态体系；
- 促进区域合作，鼓励不同地区根据资源禀赋和产业基础打造区域特色产业集群，实现优势互补和资源共享，形成“生产-储运-消费”闭环；
- 促进国际合作，推动与欧盟、新加坡的绿色燃料标准认证体系及其国际互认衔接，共建全球市场；加强与国际企业和研究机构的合作，引进先进技术和项目经验，提升我国绿色燃料国际竞争力。



政策支持

- 建立认证体系，国内设立SAF强制掺混比例和SAF自主认证体系，建立统一的绿色甲醇（如甲醇燃料船舶规范和绿氨认证标准，通过完善自主市场和标准体系带动行业发展；
- 完善市场激励，配套财政补贴与激励机制，如碳交易市场、绿色金融支持、消费端激励等，鼓励技术进步和产能扩张；
- 健全原料供应链，建立全国统一废弃油脂回收标准，建立农林废弃物收储运网络。

市场应用

- 拓展应用场景，鼓励绿色甲醇和绿氨在交通、电力、储能等领域的应用，形成多元化市场需求；
- 完善基础设施，加快绿色甲醇和绿氨加注站、储运设施等基础设施建设，保障市场供应和便利性。

刘疏桐
道兰环能
创始人



与欧美相比，国内生物燃料产业面临国内外双重竞争，亟需内需拉动。国内市场潜力巨大，规模有望比肩欧洲，但成本分担、补贴等政策需明确，若借鉴欧洲推行强制调配（如设定添加比例）并配套补贴与激励机制，将有效推动市场发展。

创新方向和投资机会

从竞争格局看，国央企与能源电力企业凭借资金与资源优势主导产能布局，而初创企业则通过新技术路线开辟差异化赛道。未来创新方向如下：

领域	创新方向	投资机会
SAF	HEFA路线已成熟，ATJ路线在国内无明显成本优势，G+FT、PtL等新路线发展空间较大	重点关注高校/科研院所技术成果转化而来的G+FT、PtL新路线企业，关注其技术可行性与科研资源支撑、整体成本预估以及团队商业化能力
绿甲醇	<p>短期生物甲醇具有成本优势，长期绿电制甲醇将成为主要供应者</p> <ul style="list-style-type: none"> • 生物质气化：聚焦气化炉大型化与工业化落地； • 绿氢制备：ALK较成熟，PEM渗透率逐步提升，AEM正在快速发展，SOEC在初期示范阶段； • CO₂捕集：碳源多元化，关注直接空气捕集（DAC）与生物质能碳捕集/利用（BECCS/BECCU）技术； • 甲醇合成：工艺耦合、系统集成、绿色节能是未来趋势 	<p>重点关注在生物质气化、电解制氢、甲醇合成具有核心技术/工艺壁垒的企业</p> <ul style="list-style-type: none"> • 生物质气化：开发大型流化床生物质气化炉和层状炉排气化炉； • 绿氢制备：PEM与AEM聚焦降本，从膜电极到系统集成方向提高电解槽寿命和效率；SOEC材料稳定性提升； • CO₂捕集：开发新型固态吸附材料降低DAC成本，生物质能碳捕集/利用与生物质气化耦合； • 甲醇合成：关注铜基、锌基等高效催化剂，甲醇装置大型与反应器工艺优化
绿氨	<ul style="list-style-type: none"> • 氮气制备：工艺成熟； • 绿氢制备：关注波动电源大规模柔性制氢设备、氢能长时空储运技术以及大容量低成本电储能技术； • 氨合成：低碳化与柔性化改造，重点关注基于光催化、电化学、等离子体等新型合成氨工艺 	<p>重点关注绿氢制备（如PEM、AEM）、新型合成氨工艺技术企业，关注其技术可行性、整体成本优势以及团队商业化能力</p>

曾颖哲
线性资本
合伙人



SAF 赛道兼具政策确定性与技术创新性，费托合成（FT）路线因原料灵活、分布式潜力成为优选，需突破成本、原料稳定性等技术瓶颈与上下游产业协同行业难点，实现“可负担的 ESG”（绿色溢价 ≤20%）。



成立于2007年，是国际创新生态智库及科技服务机构，致力于为高成长企业、金融机构、产业大公司、政府园区提供全方位的数据研究、创业加速、产业创新咨询等服务。在过去的18年间，创业邦搭建了国内先进的科技公司数据库以及线下社群，持续为大企业及地方政府提供产业创新研究、咨询及连接服务。创业邦在全球CVC、独角兽、人工智能等新兴行业持续深耕，持续推出相关领域季度及年度研究报告，并打造了强大的生态网络及深入的研究咨询服务能力。



睿兽分析是创业邦旗下创新及科技企业投资价值数据分析平台，凭借18年来积累的数据资源，提供新兴科技公司、高新技术企业、专精特新、海外科技公司、上市企业、创投支持企业、VC/PE机构、基金、二级市场、海外独角兽等多维数据，并提供相关产业图谱、垂直赛道的深度分析报告。



感谢

THANKS

