

石化化工行业原料低碳化发展研究

石油化工处 副处长 龚华俊

2022.9



石油和化学工业规划院

China National Petroleum & Chemical Planning Institute

CONTENTS

1. 不同原料加工过程碳排强度
2. 主要石化原料供需形势
3. 重点领域原料低碳化路径



研究对象



碳排放主要来源
互相可替代性较强
主要研究对象

化石能源：煤、石油、天然
气、轻烃

生物质

可再生能源：绿氢

循环回收材料：塑料、橡胶、
化纤回收

低碳发展方向

碳排放主要来自加工过程分
解、能耗等，不重点研究

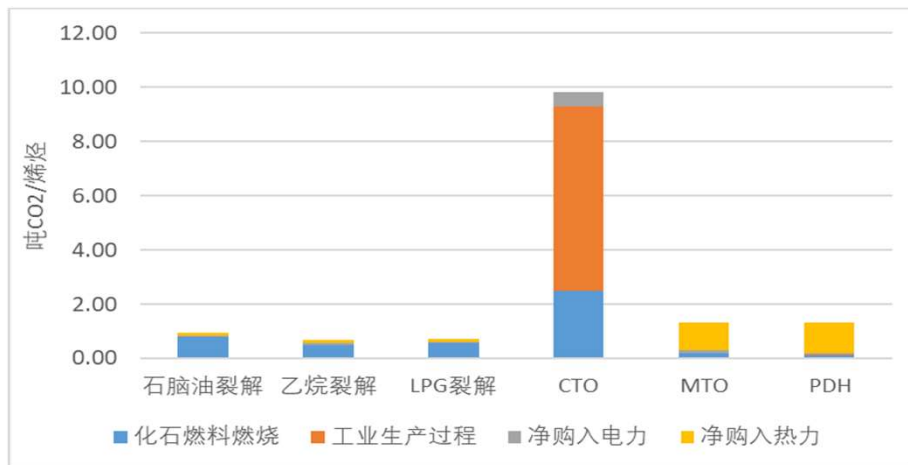
化学矿：磷、硫、氯、氟、
硅、锂、钾.....

石化化工
行业

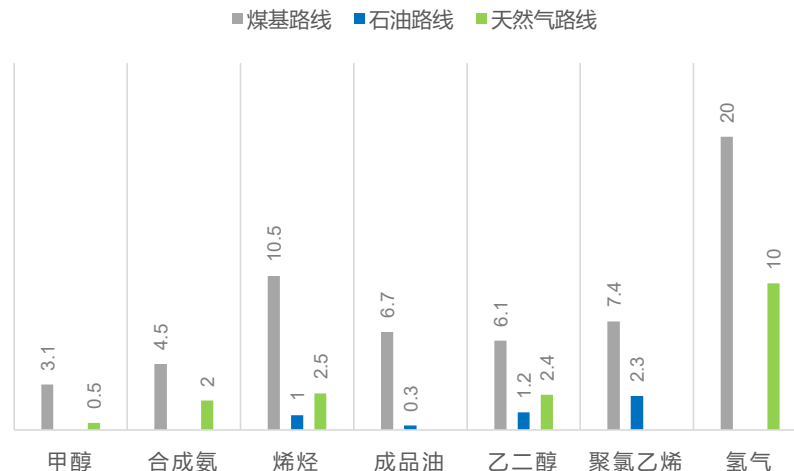
不同原料碳排放差异显著



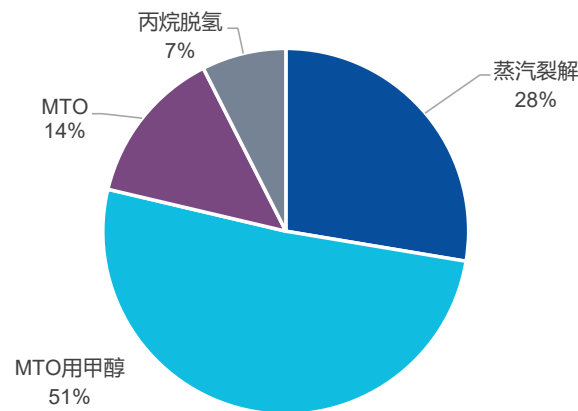
- 不同原料同一产品的碳排放强度有差异
 - 碳氢比不同
 - 物质形态不同
 - 加工流程不同
- 典型领域：炼油、烯烃、煤化工、乙炔化工



不同工艺路线吨烯烃(乙烯+丙烯)CO₂排放情况



不同原料相同产品碳排放强度 (单位: t CO₂/t)



烯烃行业不同路线碳排放占比

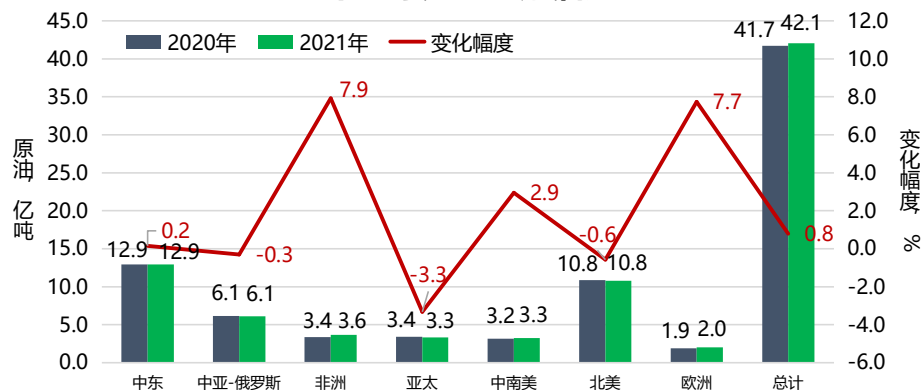
CONTENTS

1. 不同原料加工过程碳排强度
- 2. 主要石化原料供需形势**
3. 重点领域原料低碳化路径

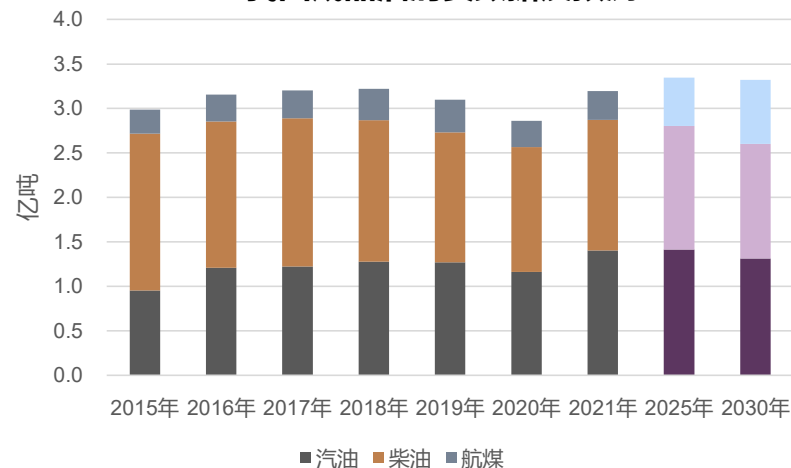


原油：对外依存度仍将维持高位，原料属性日益增强

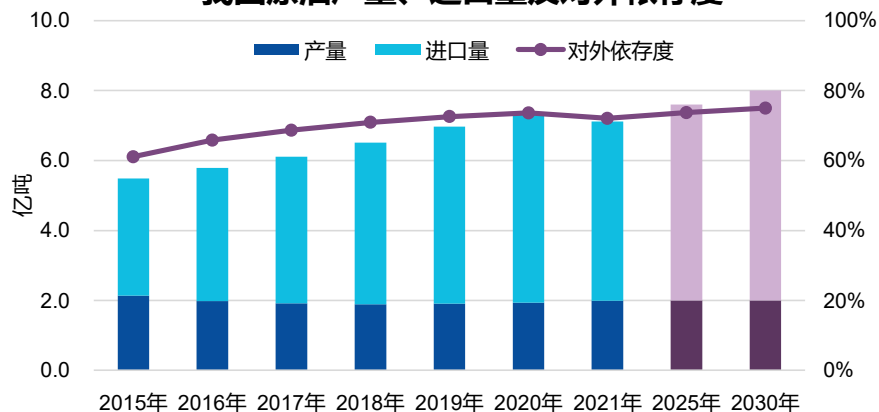
2021年全球分地区原油产量



我国成品油消费数据及预测



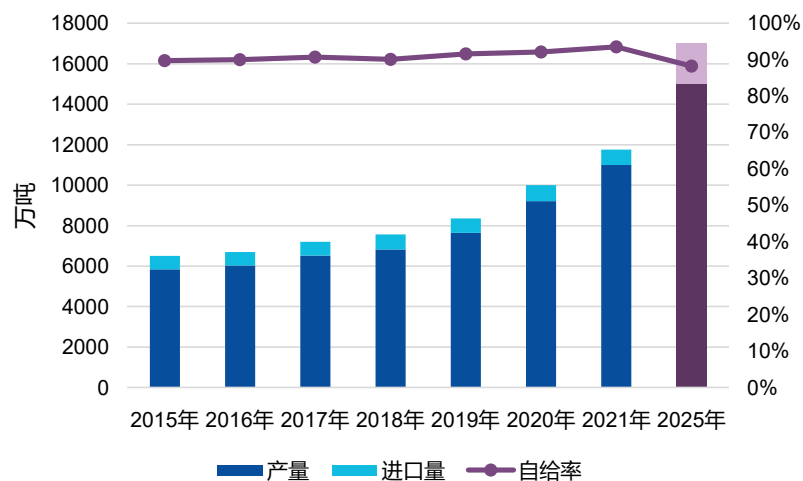
我国原油产量、进口量及对外依存度



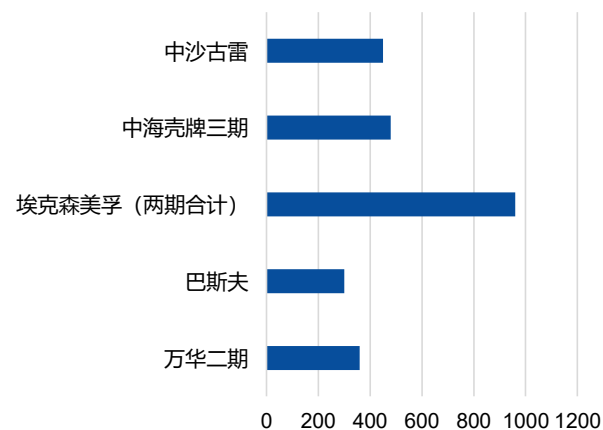
- 全球原油供应宽松，国内原油供应稳定在2亿吨/年
- 2025年前炼化一体化集中投产，原油对外依存度将达到75%左右
- 成品油需求2025年达峰，烯烃、芳烃等消费需求仍将增长
- 原油消费仍会增长，但能源属性逐渐淡化，原料属性不断增强
- 长期来看原油仍将是我国石化化工行业经济可行的主要原料

石脑油：总体供应保持宽松，价格相对稳定

- 石脑油是我国乙烯、芳烃工业的主要原料，2021年我国石脑油用于化工轻油消费量1.18亿吨，其中约62%用于乙烯原料，38%用于芳烃原料。
- 全球原油供应总体宽松，成品油消费量增速放缓，石脑油供应量将不断增长。
- 未来石脑油供应和需求增长基本匹配，价格将维持相对稳定，是我国新建独立乙烯项目的首选原料。



我国石脑油供需情况及预测

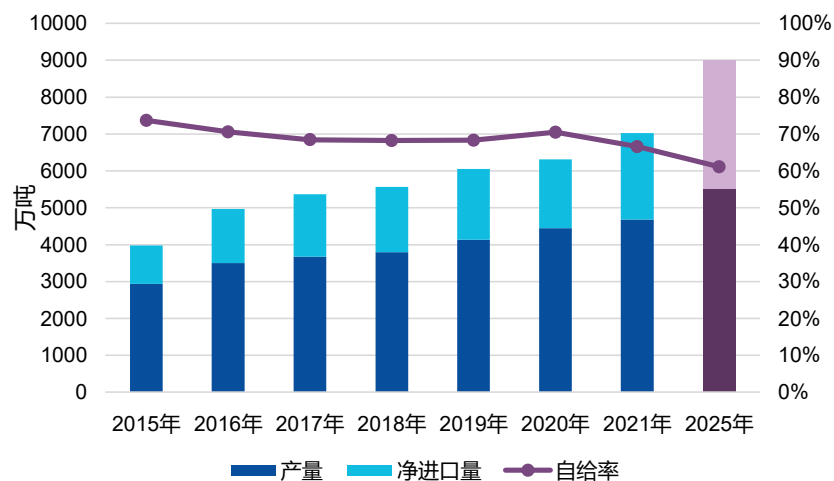


拟在建乙烯项目新增石脑油进口量（万吨）

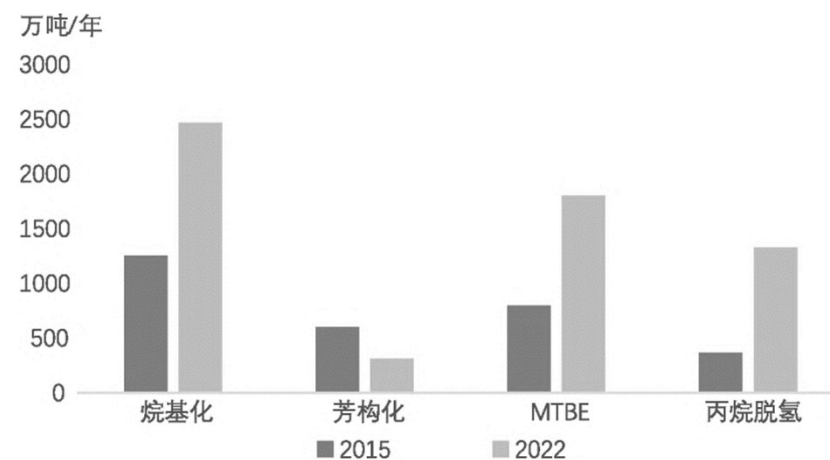
液化气：供应增速不及需求，价格进入上涨区间



- 液化气是我国石化原料的重要组成，液化气加工能力超过7000万吨/年，其中烷基化、异构化、丙烷脱氢、混烷脱氢以及蒸汽裂解占全部能力的90%，并且PDH和蒸汽裂解产能还在快速增加。
- 2021年国内液化气产量约4680万吨，表观消费量7025万吨，约50%用作化工用途。到2025年，国内液化气消费量超过9000万吨，化工用途占比将进一步提升，而自给率将下降至60%左右。
- 2021年以来，液化气消费增长快于供应增长约3个百分点，未来国际市场液化气持续高位运行可能性较大，液化气与化工品的价差将进一步降低。



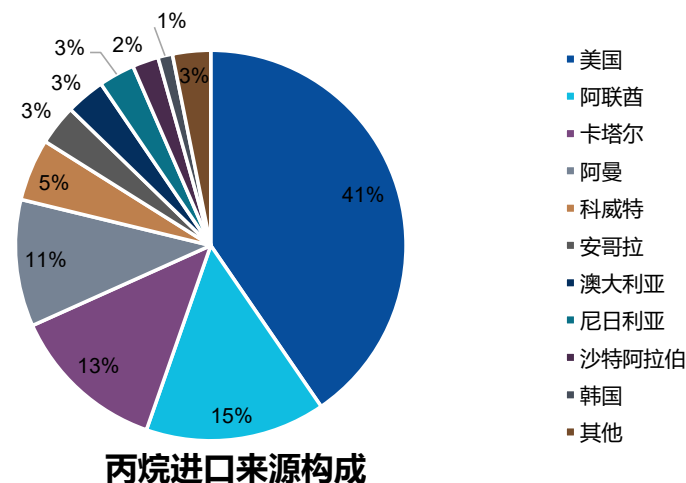
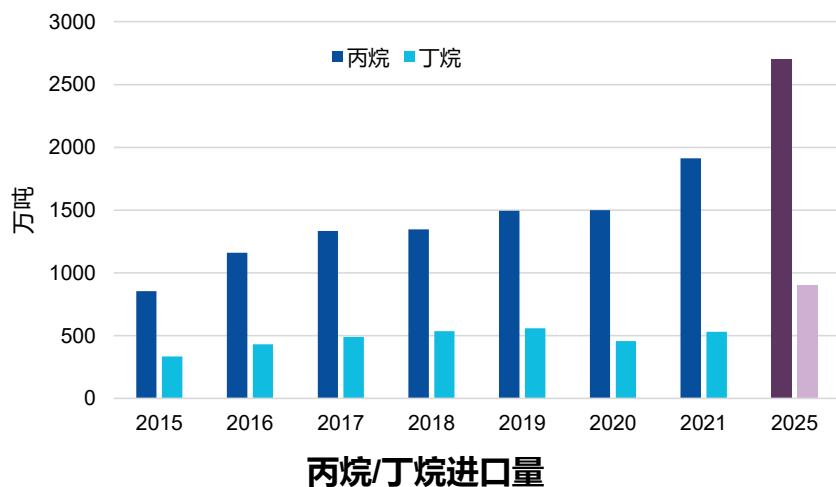
我国液化气供需情况



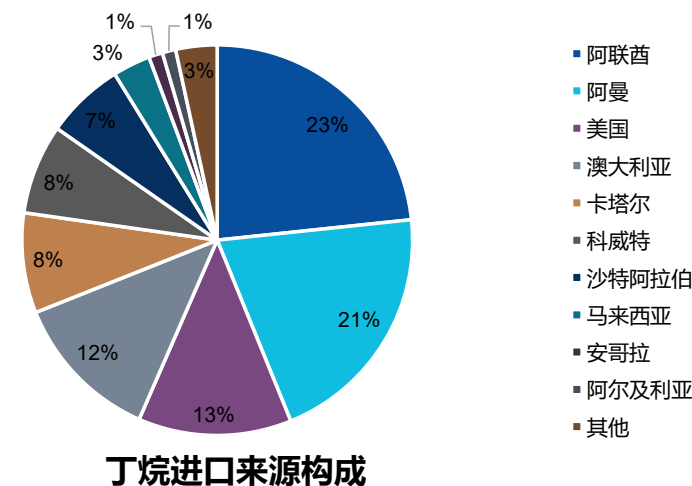
注：中石化经济技术研究院

主要液化气深加工装置能力

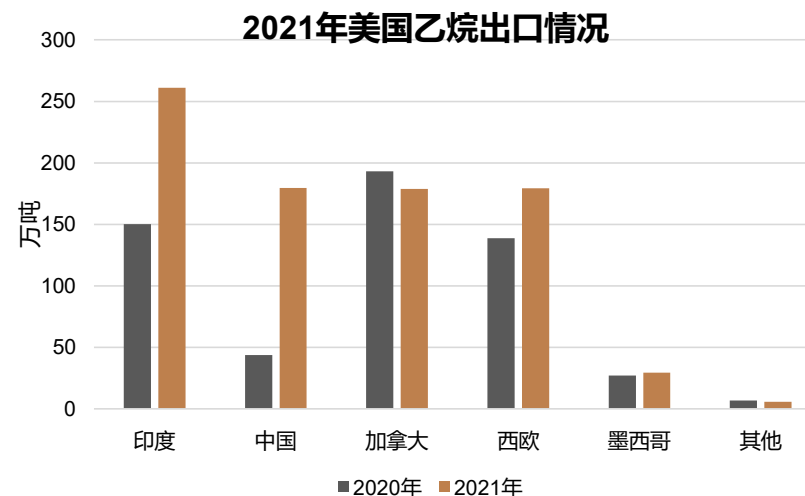
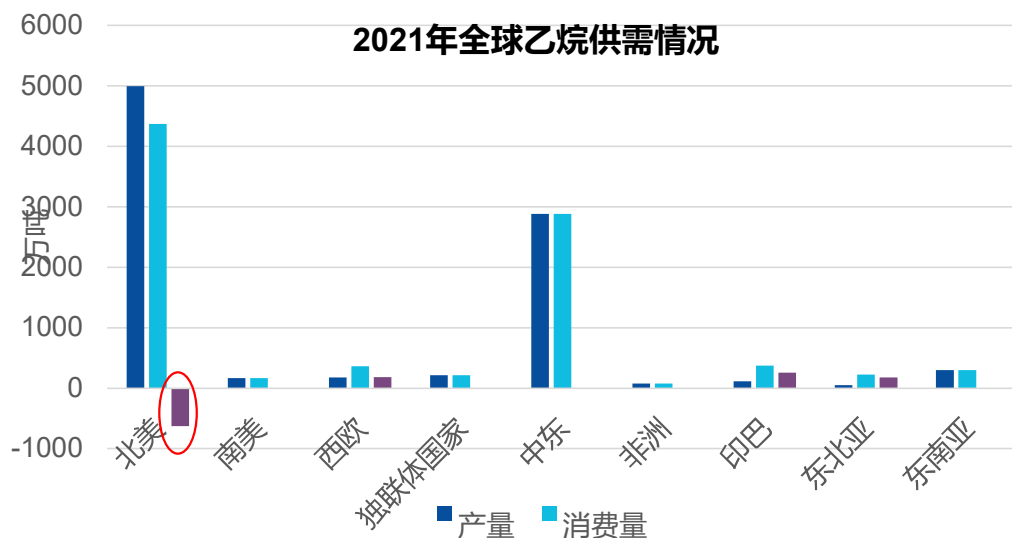
丙烷进口风险较大，丁烷供应趋于宽松



- 分品种来看，PDH项目带动了丙烷刚性需求（大部分PDH依赖进口丙烷），全球供应趋紧，价格风险较大。
- 随着丙烷进口量大幅增长，与丙烷搭配销售的丁烷进口量也将提升。
- 丁烷总体供应宽松，且相对丙烷进口来源较多，可作为裂解原料的补充或BDO等产品的原料。



乙烷：美国是唯一的大规模出口国



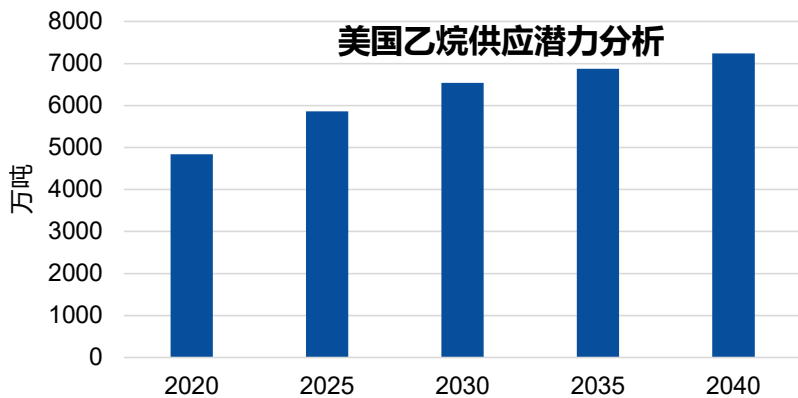
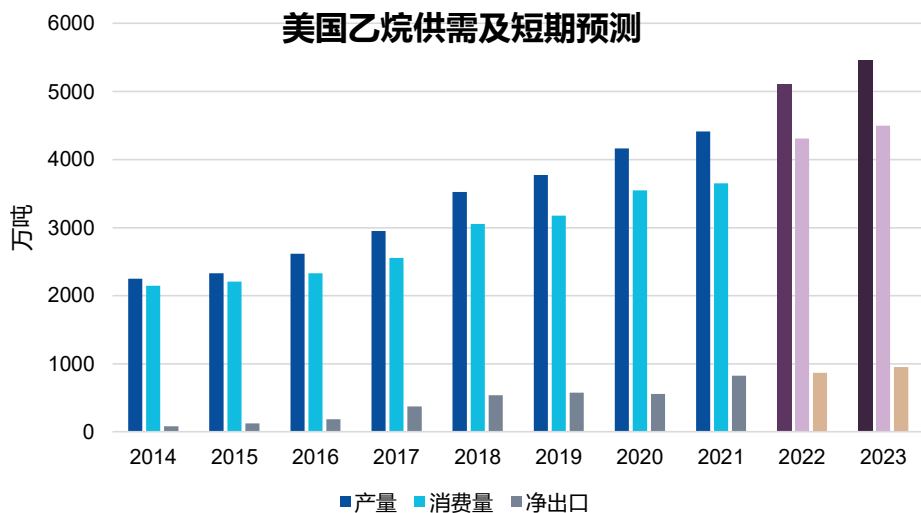
美国是世界上唯一大规模出口乙烷的国家。

- 美国通过管道向加拿大出口乙烷，自2018年以来出口量稳定在180-190万吨左右。
- 美国向英国、挪威、瑞典等国家出口乙烷，保持连年增长趋势，2021年达到179万吨。
- 美国对印度乙烷出口量保持快速增长，2021年达到261万吨，成为美国最大的乙烷出口目的国。
- 美国自2019年开始对我国出口乙烷，2021年随着卫星石化项目建成投产，出口量大幅增长，达到180万吨。

美国乙烷出口增长情况

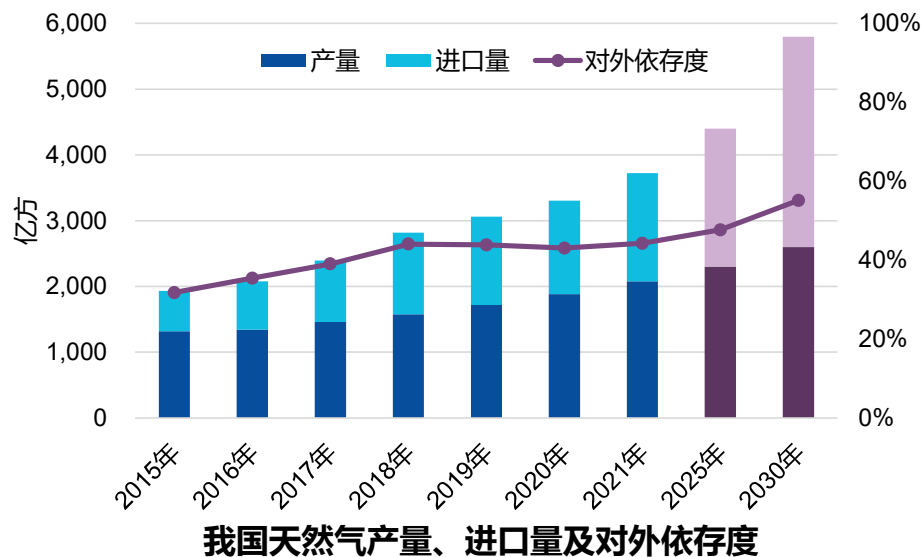
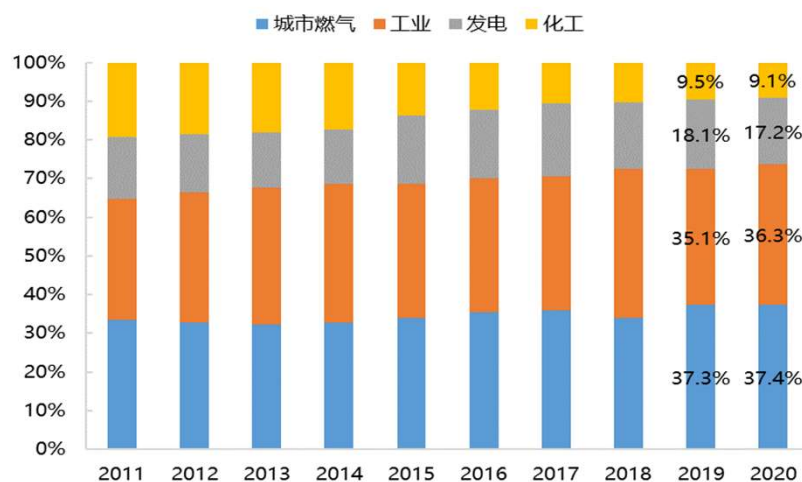
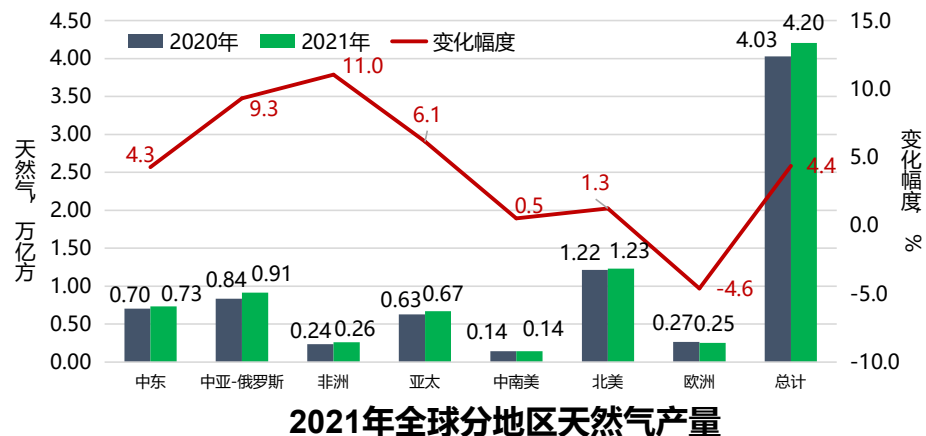


乙烷：美国乙烷供应仍有增长潜力



- 从2015年的2330万吨增长到2021年的4165万吨，2015-2021年均增长率达到11.2%。
- EIA预测2022-2023年美国乙烷产量还将保持快速增长，预计将达到5100万吨和5400万吨。根据美国页岩气产量长期预测，2030年美国乙烷产量可达6500万吨。
- 利用进口乙烷资源，适度布局乙烷裂解项目有利于乙烯行业节能降碳，但乙烷来源只能依赖美国，供应和价格有较大风险，不宜大规模推广。

天然气：消费量还有较大增长，燃料仍是主要用途

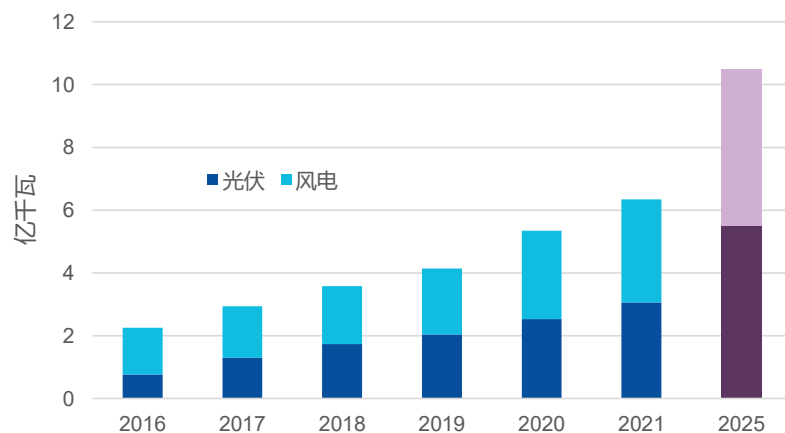


- 国内天然气供应2100亿方，预计有500亿方供应增长潜力。
- 天然气是我国碳达峰过程中的重要能源，随着2030年碳达峰政策推进，天然气消费将稳定增长，对外依存度将从目前的45%进一步上升到55%。
- 城市燃气、工业、发电仍将是天然气的主要消费领域，由于供应和价格问题，化工用气仍将维持在较低水平。

可再生能源：既是能源、也是原料



- 可再生能源已经成为我国能源体系的重要组成
- 2021年我国可再生能源利用总量达到7.5亿吨标准煤，占一次能源消费总量的14.2%
 - 2021年我国可再生能源装机容量突破10亿千瓦，占全国电力装机容量的44.8%
 - 常规水电、抽水蓄能、风电、太阳能发电、生物质发电等装机容量均居世界第一
 - 可再生能源发电量2.48万亿千瓦时，占全部发电量的29.7%



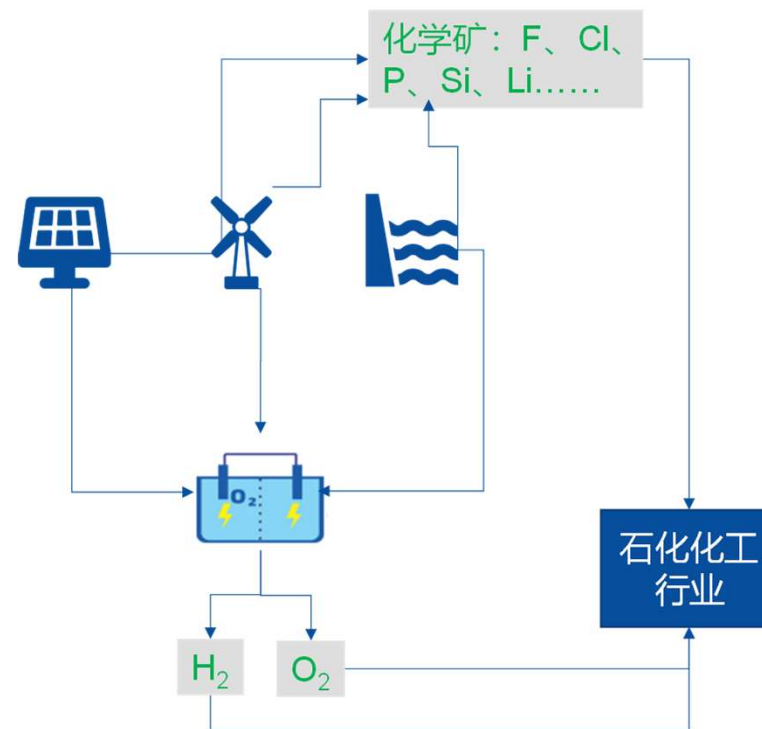
我国风电、光伏装机容量及预测

能源

- 用作化学矿加工或提高石化化工行业电气化率，降低II类碳排放

原料

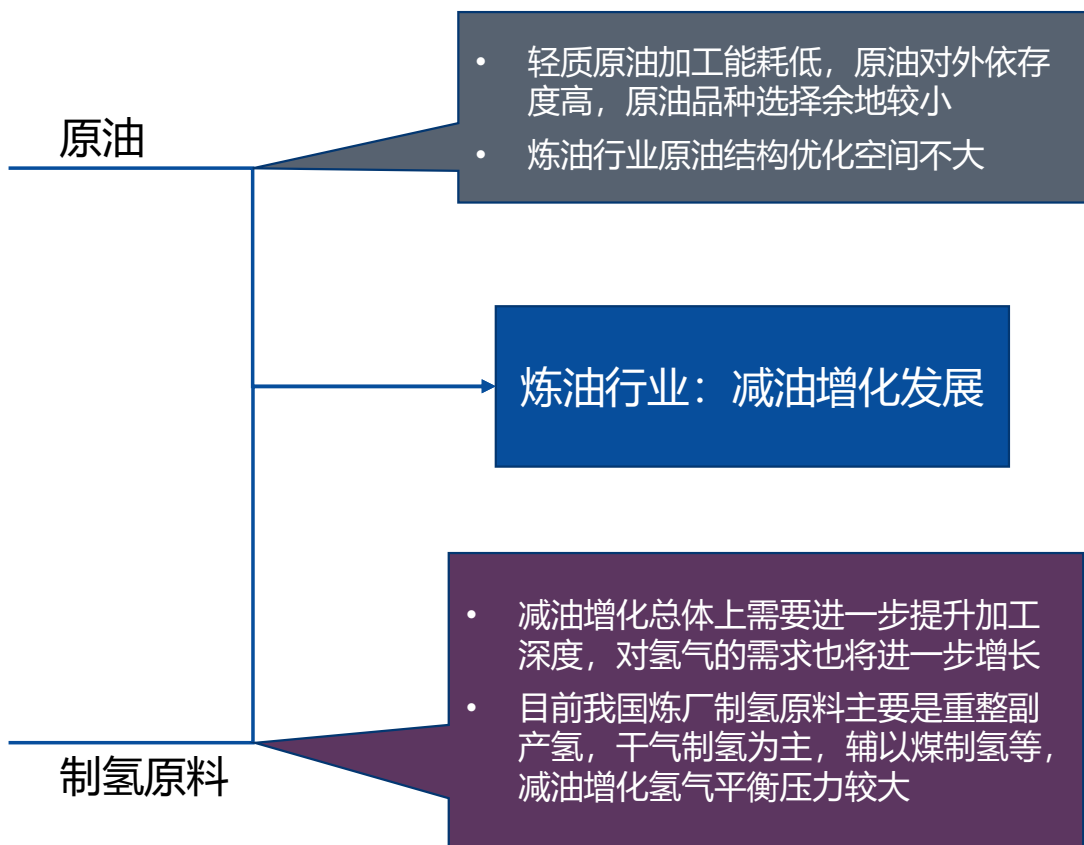
- 生产绿氢、绿氧用于石化行业加氢或生产绿醇、绿氨等化学品，以原料用途减少化石能源消费，助力石化化工行业碳减排



CONTENTS

1. 不同原料加工过程碳排强度
2. 主要石化原料供需形势
3. **重点领域原料低碳化路径**





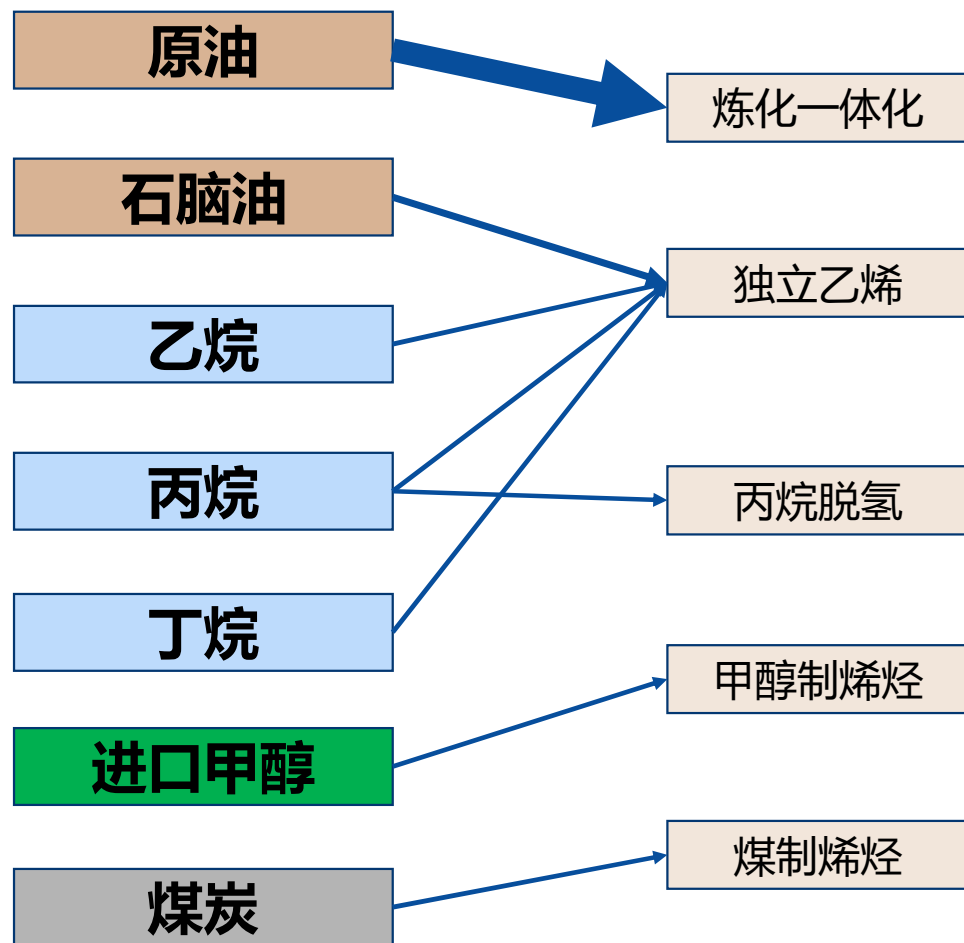
近期：低碳原料+内部优化

- 低碳原料
 - 天然气制氢，碳排放强度为煤制氢的1/2
- 内部优化
 - 加强炼油与烯烃、芳烃等副产氢装置的全厂氢平衡优化，尽可能降低氢作为燃料燃烧的比例，提高炼厂副产氢气利用效率
 - 加强大型石化基地内跨企业氢气共享，丙烷脱氢、乙烷裂解、氯碱等富氢企业可与就近的炼厂进行氢气和燃料整合优化

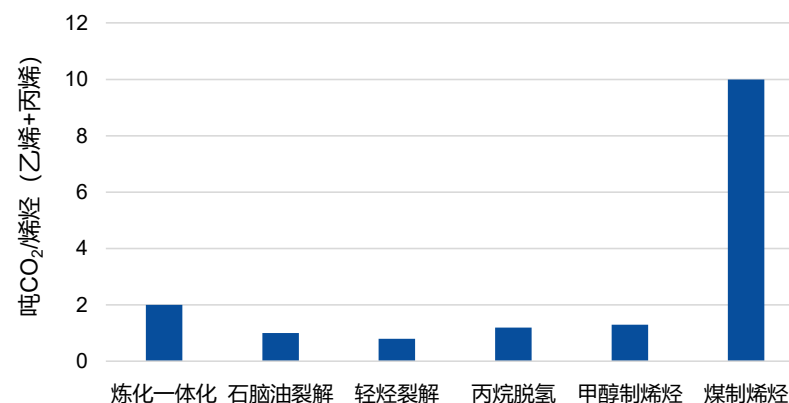
远期：绿氢替代

- 可再生能源较为丰富的西部地区炼厂，可率先建设绿电、绿氢系统，降低制氢系统碳排放
 - 中石化塔河炼化绿氢项目：300兆瓦光伏发电、2万吨/年电解水制氢，21万标立方储氢球罐。预计每年可减少二氧化碳排放48.5万吨
- 沿海地区海上风电、海上光伏制氢；进口海外低碳绿氨，裂解制氢
- 核能制氢

烯烃行业



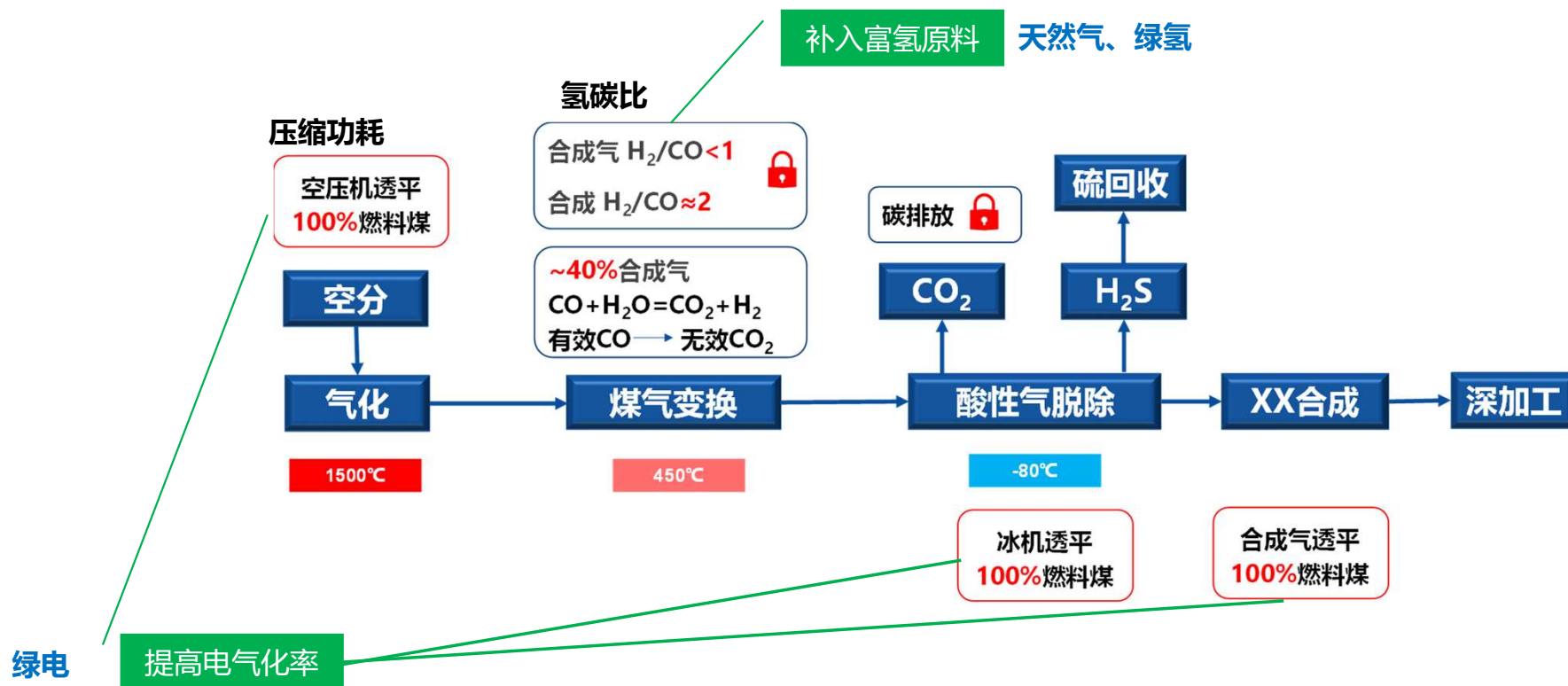
碳排放强度



- 采用轻质原料生产烯烃，不仅产品自身碳排放强度较低，而且副产氢利用可进一步降低行业总体碳排放。
- 乙烷原料保障风险，液化气价格风险。从实现石化产业链健康发展和适应全社会“双碳”发展要求等角度出发，炼化一体化制烯烃仍是我国烯烃供应的主力。
- 独立乙烯企业易选用石脑油为主，丁烷为辅的原料方案。中石油等有资源条件的企业，可适度布局乙烷原料为主的乙烯项目。

煤化工碳排放主要来源

- 低氢碳比：下游合成氢碳比要求2.0左右，**有效C** (CO) 转化为**无效C** (CO₂)
- 过程能耗高：压缩机驱动、加热炉燃烧、燃煤锅炉燃烧等

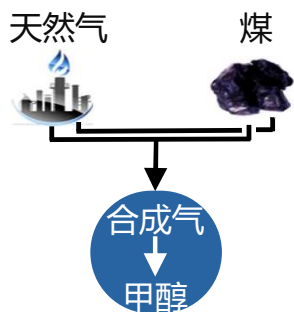


煤化工：多能互补减碳



通过补入低碳富氢原料，大幅降低CH变换负荷，提高碳元素利用效率，降低碳排放。

① 煤气联合

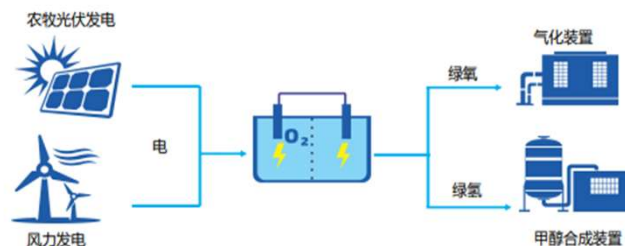


煤气联合与煤制甲醇碳排放量对比 (单位: 万t/a)

排放源	煤气联合甲醇	煤制甲醇	减排幅度
工艺装置	117	422	72%
动力站	168	298	49%
合计	285	720	60%

② 与绿色能源融合发展

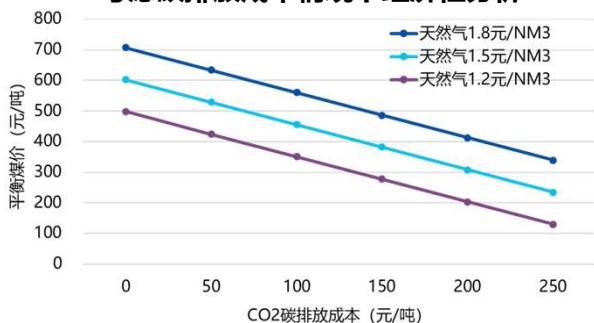
新能源发电 → 电解水制氢 → 绿氢/绿氧直供化工装置 → 实现碳中和



需要关注的主要问题

- 绿色能源生产成本
 - 绿电成本
 - 电解水制氢成本
- 新能源不稳定性与化工连续生产的矛盾
 - 电网平衡能力
 - 储氢、储电

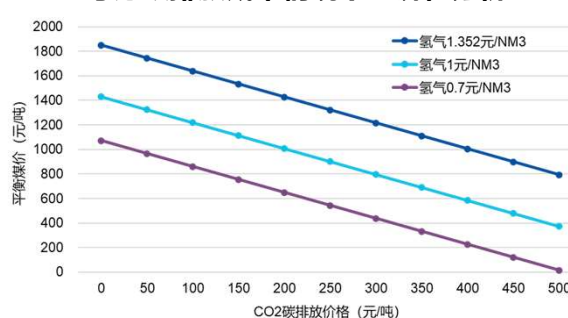
考虑碳排放成本情境下经济性分析



- CO₂排放成本上升时，煤气互补路线将越来越有竞争力
- 同时拥有煤、气资源的企业或地区可考虑发展

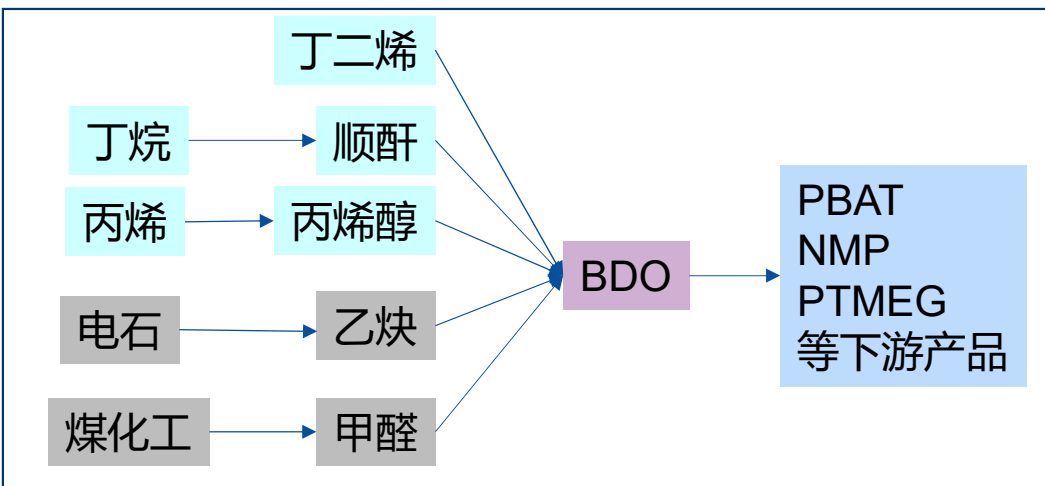
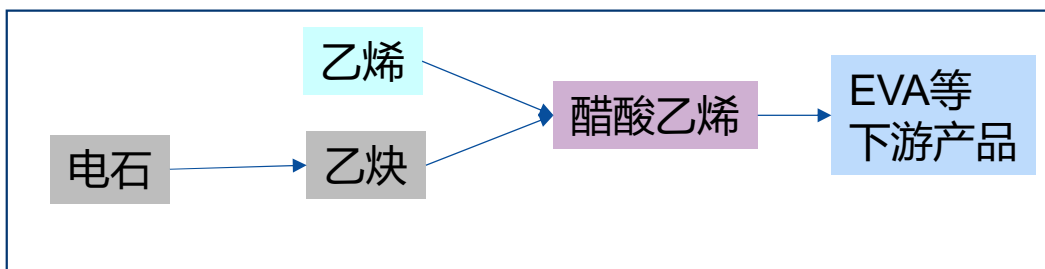
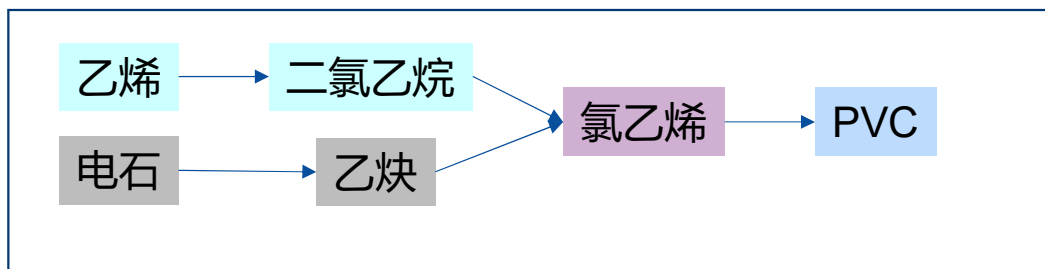
石油和化学工业规划院

考虑碳排放成本情境下经济性分析



- 近期大规模发展经济性较差，可作为部分减碳
- 远期碳中和方案考虑

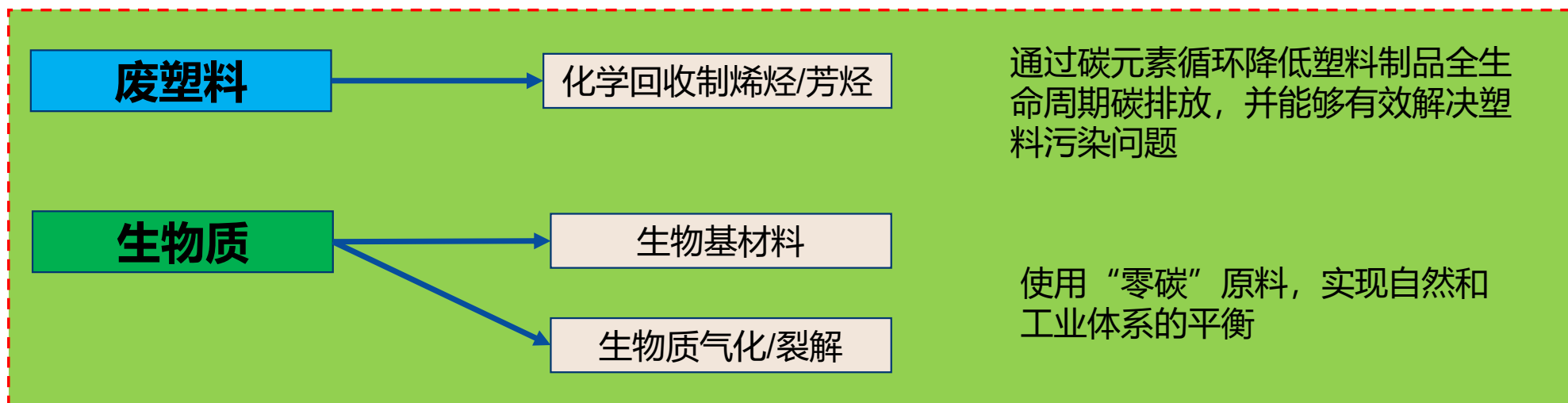
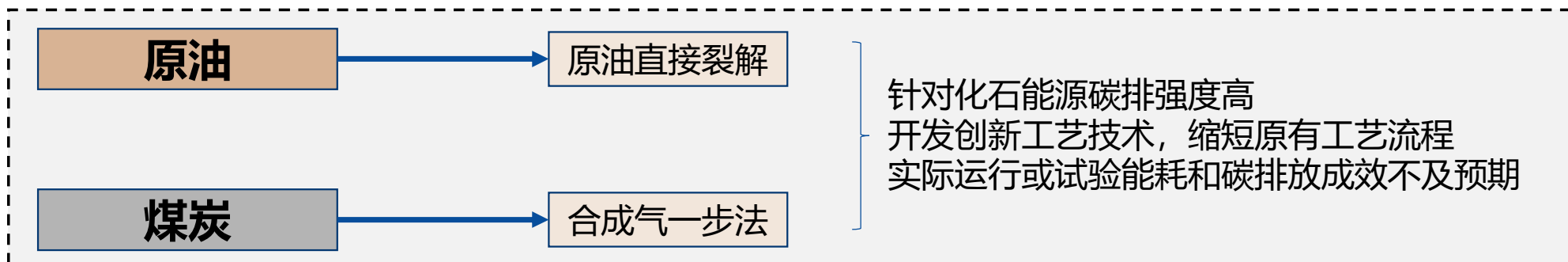
乙炔化工：多原料竞争，取舍？



过去： 乙烯供应紧张，乙炔化工成为我国独有化工门类

- **PVC**
 - 从产品生产全流程分析，电石法PVC的碳排放强度约为乙炔法的3倍，面临汞污染约束的挑战
 - 乙烯法产品质量更好，可用于医用、供水管材等高端应用领域，不消耗氯碱副产的氢气
- **醋酸乙烯**
 - 电石法醋酸乙烯排放强度比乙烯法高60%
 - EVA等下游领域要求使用乙烯法醋酸乙烯
- **BDO**
 - 丙烯法
 - 丙烯经经丙烯醇中间产品生产BDO
 - 丙烯供应宽松，BDO成为丙烯产业链延伸选择之一
 - 正丁烷法
 - 随着丙烷进口，正丁烷进口量随之增长
 - 正丁烷BDO氢耗高，但PDH副产大量氢，与PDH项目有较好的协同互补性
 - 丁二烯法
 - 乙烯发展带动丁二烯供大于求，价格将处于低位
- **未来：** 烯烃告别短缺，新路线新技术重新焕发活力，现有电石及下游企业，新进入者，统筹碳排和竞争，判断方向

新技术带来新原料



总结



- 液化气、乙烷、天然气等低碳原料能显著降低石化化工行业的碳排放，但从量和价两个方面均难以保障产业链供应链安全。煤炭作为兜底能源仍将与原油、石脑油、轻烃、天然气等低碳原料共同推进石化化工产业发展。
- 石化原料的低碳化需通过多种原料、多种能源的融合、协同实现石化原料低碳化。同时，需要对未来的产业布局和技术创新前瞻性规划，如在西南地区布局低碳、零碳原料基地；创新开发生物基材料、塑料化学回收等新技术，拓展新方向、新领域。

1

多能融合

• 多种原料

- 原油、轻烃、天然气、煤炭
- 甲醇、液氨（进口）

• 多种能源

- 化石能源
- 可再生能源（风能、太阳能、水能、生物质能）
- 核能、地热能、海洋能（潜在的化工原料/能源）

多种原料+多种能源融合

2

多线布局

• 产业布局

- 生物质原料、水能禀赋优势地区（西南）
- 太阳能、风能禀赋优势地区（西北）

• 创新布局

- 生物基材料（聚酰胺、聚氨酯、生物基降解材料等）
- 塑料化学循环

欢迎探讨交流，谢谢！

龚华俊

石油化工处 副处长

010-64283134

13167347661

gonghuajun@npcpi.com



石油和化学工业规划院

China National Petroleum & Chemical Planning Institute