

2022年11月18日

## 超配

证券分析师:

吴骏燕 S0630517120001

wjyan@longone.com.cn

证券分析师:

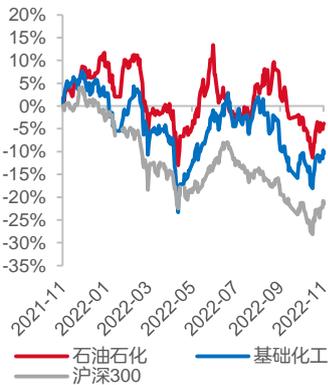
谢建斌 S0630522020001

xjb@longone.com.cn

证券分析师:

张季恺 S0630521110001

zjk@longone.com.cn



## 相关研究

- 《百年发展成就炼化辉煌，产能东扩引领低碳新格局——行业发展报告系列一：炼油行业》
- 《油价与经济周期，新材料成长之路破局》
- 《从国际石油公司半年报来看能源发展趋势——周期及资源品研究专题系列1》
- 《东边日出西边雨，欧洲化工品危机下的中国成长机会——周期及资源品研究专题系列2》

# 百年基石筑化工之母，大乙烯迈向低碳高端

——行业发展报告系列二：乙烯化工行业

## 投资要点:

- **乙烯工业经历百年淬炼，生产技术成熟且多样化，下游产品丰富，是石化产业的核心。**1920年第一家商业化乙烯装置建成，百年发展乙烯工业逐渐形成以石脑油、乙烷、煤/甲醇制法为主，裂解技术成熟多样的工艺体系。乙烯装置是其生产进步的核心，未来裂解炉的技术发展方向将逐渐转向大型化、绿色化、智能化。催化剂是实现烯烃高性能低成本规模化生产的关键，其改革也促成了乙烯下游产品的不断更新换代。
- **乙烯产能变革主要受到政策、原料价格和需求的影响，2025年前中国将引领产能增长，并由原料驱动转向技术驱动。**21世纪以来三次产能扩张（中东乙烷、美国页岩气和中国煤制乙烯）主要由原料成本驱动，“十四五”期间欧美产能逐步转移至消费地，自给率缺口促使我国产能进一步扩张。通过复盘海外三家代表性乙烯技术公司，我们认为（1）专注有竞争优势的主业发展是化工企业做大做强的通路，也是困境反转的解决方法；（2）通过技术层面渗透全球聚烯烃产业发展，是竞争日益激烈的乙烯行业的突破路径之一。因此我们认为技术、工艺进步将是未来产能的主要驱动因素，体现在我国乙烯装置技术、关键原料/催化剂逐步自主化，下游产品更贴合消费市场。
- **乙烯原料多元化已成必然趋势。**我国乙烯较大的当量缺口，以及原油高进口依存度凸显了烯烃原料多元化的重要性。原料的可获性、价格水平、生产工艺等因素，使煤/甲醇制乙烯、乙烷裂解制烯烃项目各具优势。双碳目标下，原油直接裂解制烯烃等技术已有所突破。
- **研发投入+新消费需求，烯烃产品趋于高端化。**随着我国乙烯产能扩张，下游产品也进入供应增速的阶段，低端产品同质化严重，竞争加剧。从全球格局看，中国化工品研发投入在不断加大，中国将进入化工品高附加值区。随着国内产业结构优化升级，半导体、电子电器、新能源、信息通信、航空航天等相对新兴领域发展势头良好，有望带动上游化工新材料需求持续增长。预计“十四五”末我国化工新材料消费量将达到5700万吨，自给率上升到75%，占化工行业整体比重超过10%。
- **乙烯下游值得关注的新材料：**聚乙烯是乙烯主要下游需求（占比61%），关注茂金属聚乙烯（mPE）、光伏EVA、POE、锂电池薄膜以及高端BOPET薄膜在新能源等领域的需求放量，和技术突破带来的国产替代空间。
- **结论与推荐。**乙烯产业经过百年发展进化，其传统的生产工艺业已成熟，在当前能源创新与能源安全的双重背景下，我们认为乙烯行业今后的发展方向将是原料多元化、技术低碳化以及产品高端化。着重关注两条主线：1）油价波动下，煤制烯烃以及烷制乙烯各有优势。我国煤化工具有天然资源、技术经验领先，在海外能源高企下具有明显成本优势；美国乙烷供给放量但下游乙烯裂解装置无大的新增，乙烷价格有望回归合理区间，轻烃化工有低能耗、低碳排、流程短收率高、产氢多的优势，属于国家政策鼓励工艺。2）乙烯产能的投放今后将由技术、新市场需求驱动，新材料是乙烯产能消化的重要突破途径，注重科技研发、产品更符合市场发展趋势的化工企业将更具有长远竞争力；我国大炼化在EVA已经形成突破，未来在POE等方面有望形成新的增长点。重点推荐：卫星化学、荣盛石化、恒力石化、东方盛虹、宝丰能源、万华化学等。
- **风险提示：**国内的乙烯产能过剩风险；新技术及新材料应用进展不及预期的风险。

## 正文目录

<b>1. 乙烯工业发展史 .....</b>	<b>5</b>
1.1. 乙烯发现及早期的乙烯工业发展 .....	5
1.2. 乙烯来源和生产方式 .....	6
1.2.1. 石脑油、乙烷为主要原料，蒸汽裂解为主要生产方式 .....	6
1.2.2. 生产技术成熟且多样化 .....	8
1.2.3. 装置技术是乙烯生产进步核心 .....	10
1.2.4. 催化剂是生产聚烯烃的必备成分 .....	12
<b>2. 全球乙烯产能格局 .....</b>	<b>14</b>
2.1. 全球乙烯产能演变史 .....	14
2.1.1. 20 世纪：由欧美为主逐渐形成三足鼎立格局 .....	14
2.1.2. 21 世纪：三次产能扩张及转移 .....	15
2.2. “十四五”全球乙烯产能展望 .....	20
2.2.1. 美国新建乙烯扩张趋缓，产能逐步转移 .....	20
2.2.2. 自给率缺口驱动中国产能进一步扩张 .....	22
2.3. 主要工艺技术公司发展 .....	24
<b>3. 原料多元化，技术低碳化，烯烃产品高端化 .....</b>	<b>26</b>
3.1. 乙烯原料多元化已成必然趋势 .....	26
3.1.1. 高油价下煤制烯烃具成本优势 .....	26
3.1.2. 美国乙烷供应增加，乙烷裂解仍有优势 .....	28
3.2. 乙烯生产技术愈加注重低碳化 .....	28
3.2.1. 蒸汽裂解装置节能减排 .....	29
3.2.2. 多途径直接制乙烯 .....	30
3.3. 烯烃产品步入高附加值区间 .....	31
3.3.1. 乙烯下游产品多且竞争加剧 .....	31
3.3.2. 新材料成为产业重要发展方向 .....	32
3.3.3. 乙烯下游值得关注的新材料 .....	33
<b>4. 投资建议 .....</b>	<b>39</b>
<b>5. 风险提示 .....</b>	<b>39</b>

## 图表目录

图 1 乙烯工业主要发展里程 .....	6
图 2 乙烯产业链 .....	6
图 3 乙烯蒸汽裂解工艺流程图 .....	7
图 4 MTO 工艺流程图 .....	8
图 5 乙烯裂解炉示意图 .....	10
图 6 乙烯裂解炉工作流程示意图 .....	10
图 7 聚合催化剂是聚烯烃产业中最重要的催化剂 .....	12
图 8 20 世纪世界乙烯产能变化格局 .....	15
图 9 21 世纪以来世界乙烯产能及增长 .....	15
图 10 21 世纪以来全球乙烯产能分区域占比变化 .....	16
图 11 2021 年各国乙烯产能情况 .....	16
图 12 近十年我国乙烯不同生产方式产能占比变化 .....	18
图 13 21 世纪以来我国乙烯产能及增速 .....	18
图 14 2010 年至今美国乙烷产量 .....	19
图 15 美国乙烷价格 .....	19
图 16 美国主要 NGL 管线情况 .....	19
图 17 2016-2025 年全球乙烯新增产能及需求增速 .....	20
图 18 美国乙烯产能按装置划分 .....	21
图 19 裂解乙烯装置现金成本 (美元/吨 C2) .....	21
图 20 近年我国乙烯当量自给率情况 .....	23
图 21 联合碳化物公司的发展历程 .....	25
图 22 英国帝国化学公司的发展历程 .....	25
图 23 利安德巴塞尔公司的发展历程 .....	26
图 24 我国乙烯原料发展多元化历史进程 .....	26
图 25 不同乙烯路线成本结构 .....	27
图 26 美国乙烷供需 .....	28
图 27 美国 MB 乙烷远期曲线 (\$/gallon) .....	28
图 28 Scope 系列炉管内部结构图 .....	29
图 29 RDR 反应实验版本装置图 .....	29
图 30 埃克森美孚新加坡原油直接制烯烃流程示意图 .....	30
图 31 世界乙烯下游消费占比 .....	31
图 32 我国乙烯下游消费占比 .....	31
图 33 全球化工品的投资额及增速 .....	32
图 34 全球化工品的研发投入及增速 .....	32
图 35 2021 年茂金属聚乙烯下游需求结构占比 .....	33
图 36 茂金属聚乙烯 2024 年需求预计增长 38% .....	33
图 37 2021 年茂金属聚乙烯下游需求结构占比 .....	35
图 38 茂金属聚乙烯 2024 年需求预计增长 38% .....	35
图 39 不同类别聚合物的性质区别 .....	35
图 40 我国 POE 下游消费各区域占比 .....	35
图 41 POE 与 EVA 性能对比 .....	36
图 42 未来双面组件持续放量, 占比提升 .....	36
图 43 不同类型电池市场占比变化趋势 .....	36
图 44 不同封装材料市场占比变化趋势 .....	36
图 45 我国锂电隔膜出货量近年大增 .....	37
图 46 我国锂电隔膜目前市场格局 .....	37

图 47 2016-2020 年我国光学膜市场需求量及增速 .....	38
图 48 2018-2021 年全球 MLCC 市场规模情况 .....	38
图 49 2016-2021 年我国 BOPET 产能和产量情况.....	38
图 50 2016-2021 年我国 BOPET 进出口情况.....	38
表 1 不同裂解原料的产品分布（以质量分数计%） .....	7
表 2 乙烯主要生产专利技术 .....	8
表 3 煤制烯烃主要工艺 .....	9
表 4 乙烯主要裂解炉及专利商 .....	11
表 5 齐格勒-纳塔催化剂已发展至第四代.....	13
表 6 国际企业代表性烯烃催化剂.....	13
表 7 中东地区 21 世纪以来重要乙烯项目 .....	17
表 8 2022-2025 年美国新增及预计新增乙烯投产项目 .....	21
表 9 近年海外能化巨头在华投资项目.....	22
表 10 2022 年我国预计新增乙烯产能（万吨/年） .....	23
表 11 2023-2025 年国内预计新增乙烯产能（万吨/年） .....	24
表 12 不同原料价格水平下不同路线乙烯装置烯烃现金成本对比.....	27
表 13 不同原料价格水平下不同路线乙烯装置烯烃完全成本对比.....	28
表 14 乙烯主要下游产品供需预测.....	32
表 15 国内需要重点发展的主要新材料产品 .....	33
表 16 国内目前主要生产 mPE 企业列表 .....	34
表 17 国内目前主要光伏级 EVA 量产企业 .....	35
表 18 国内目前主要具备 POE 产能企业 .....	37

# 1. 乙烯工业发展史

## 1.1. 乙烯发现及早期的乙烯工业发展

乙烯，英文全称 Ethylene，化学式为  $C_2H_4$ ，是由两个碳原子和四个氢原子组成的化合物，两个碳原子之间以碳碳双键连接。乙烯是世界上产量最大的化学产品之一，乙烯工业是石油化工产业的核心，其产品占石化产品的 75% 以上，在国民经济中占有重要的地位。

乙烯的历史也非常久远，可以追溯到 18 世纪末。1779 年荷兰化学家卡斯贝特森首先制备出乙烯。他采用的方法就是中学化学常见的乙醇与硫酸共热。在这个过程中他还发现乙烯具有易燃性，密度与空气接近，同时如果与氯气接触还能生成油状液体。当时人们只能简单测定乙烯的化学组成，对其结构并不了解，因此一度将它命名为二碳化氢。

乙烯还是一种植物激素，可以催熟果实。最初人们发现在煤气管道周围的树木落叶相对较早，后来才发现煤气中的少量乙烯有催熟作用。而成熟的果实本身就能产生乙烯要等到 1934 年由于气相色谱的出现才得到证实。

虽然焦炉煤气中含有少量乙烯，但焦炉煤气是混合物难以分离。因此在早期制备乙烯，还是要采用乙醇脱水的工艺，而乙醇的来源则是粮食发酵。在最初的生产工艺中，人们沿用硫酸作为脱水剂，后来随着催化科学的发展，后续发现将乙醇蒸汽通过氧化铝床层也能生成乙烯。乙醇脱氢法原料成本高，在经济上并不合理。这实际上和我们今天的生产流程恰恰相反，当今由于乙烯容易获得，我们通常用乙烯水化来生产乙醇。20 世纪 30 年代以前，乙烯的用量不大，因此这样落后的生产技术也可以满足当时的需求。

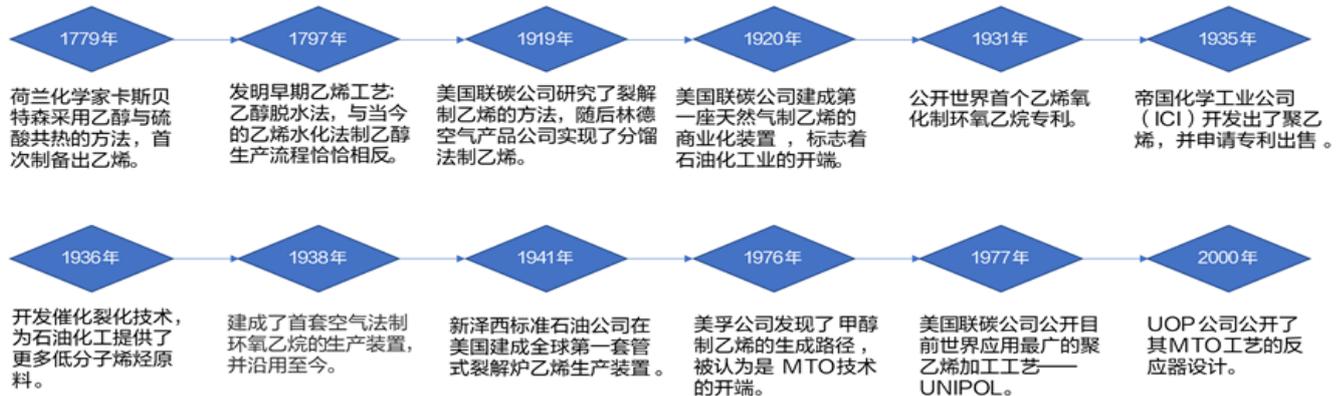
到了 20 世纪初，随着炼油工业的进步，在石油蒸馏过程中产生了大量的炼厂气。最初的炼厂气来源于石油的蒸馏，后来随着催化裂化等工艺的出现，这些工艺也会副产大量炼厂气。如何进一步利用这些炼厂气提高经济效益也成为了各个石油公司研究的课题。对于炼厂气最早的利用实际上是在 1917 年，当时美国新泽西标准石油公司利用炼厂气中的丙烯合成了异丙醇。采用的工艺是将丙烯与硫酸反应，生成硫酸酯，随后水解生成异丙醇。

实际上炼厂气中就含有少量乙烯，由于炼厂气是混合物，为了利用这一部分乙烯必须进行气体分离。1919 年林德公司利用深冷技术将炼厂气冷却为液体，然后利用各种组分沸点不同，实现了炼厂气中各成分的分离，从中提取出了少量的乙烯。

20 世纪 30 年代可以说是化学工业爆发的年代，多种重要的化学品被发现并且逐渐实现商业化。例如乙烯重要的下游生产物——聚乙烯（PE），最初就是在 1935 年，ICI 的科学家迈克尔·佩林（Michael Perrin）、约翰·佩顿（John Paton）和埃德蒙德·威廉姆斯（Edmond Williams）对福塞特和吉布森曾经的发现进行进一步的研究偶然所得。1938 年，ICI 生产了第一吨 PE。1939 年，第一套商业化 PE 制备装置建成投产。这套装置年产量可达 10 吨，并为 PE 的工业规模生产奠定了基础。

1936 年催化裂化技术的开发，为石油化工提供了更多低分子烯烃原料。1941 年新泽西标准石油公司在美国巴吞鲁日建成了全球第一套管式裂解炉（箱式炉）蒸汽裂解装置，开创了以乙烯装置为龙头的石油化工历史。

图1 乙烯工业主要发展历程



资料来源：HydrocarbonProcessing，东海证券研究所

## 1.2. 乙烯来源和生产方式

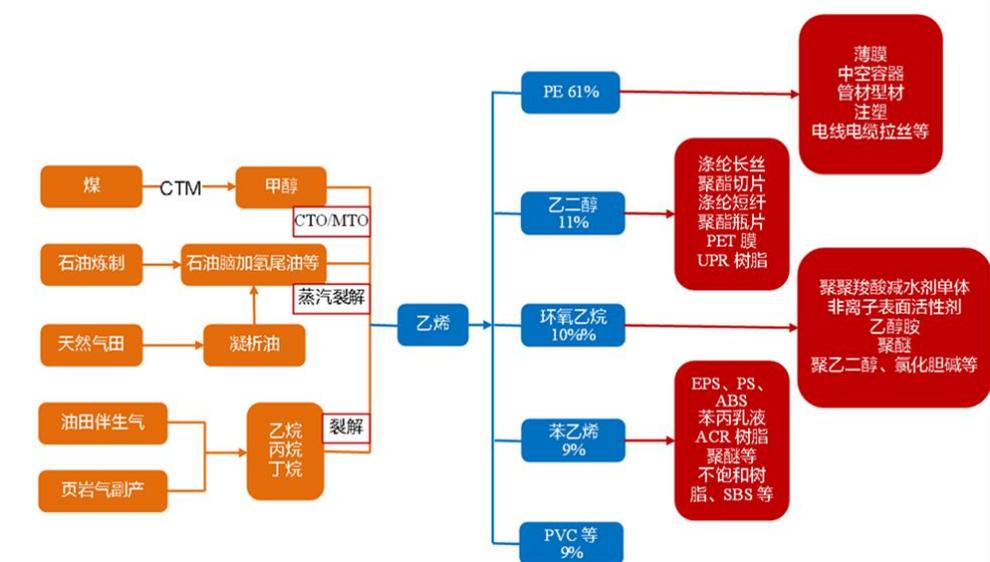
### 1.2.1. 石脑油、乙烷为主要原料，蒸汽裂解为主要生产方式

全球绝大多数的乙烯生产是通过裂解而成。蒸汽裂解乙烯是最重要的乙烯生成路径。原料包括天然气、液化石油气、轻油(石脑油)、轻柴油、重油、原油、乙烷和丙烷等。而聚乙烯、乙二醇、PVA、PVC、苯乙烯等都是重要的下游产品。

传统的乙烯的生产多是外购石脑油通过裂解而成，一般情形下生产100万吨乙烯需要330万吨的石脑油原料，同时副产近50吨丙烯、18万吨丁二烯、20万吨纯苯、以及其他芳烃混合物、异丁烯、丁烯、碳五碳十、乙烯焦油等。

以乙烷、丙烷、丁烷为原料的裂解装置中，副产的丙烯、丁二烯、纯苯的量较少。美国在2010年以后由于页岩气革命，在开发过程中带来了大量的乙烷副产，也成为了裂解乙烯的优质原料。

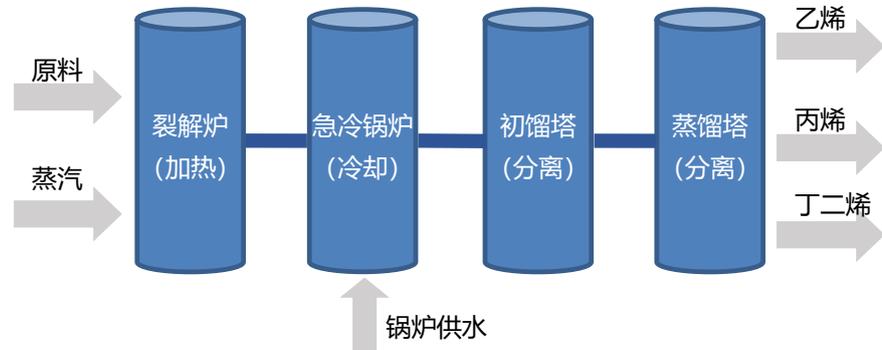
图2 乙烯产业链



资料来源：公开信息整理，东海证券研究所

乙烯蒸汽裂解通常是原料在多个平行的裂解炉中，裂解出口温度接近 850°C ( 或 1550°F )；在裂解炉中会有成千上万的化学反应，但它们通常是由碳碳键经过热分解而成，其余是碳氢键分离。

**图3 乙烯蒸汽裂解工艺流程图**



资料来源：Technip，东海证券研究所

影响裂解乙烯的副产品产量的因素主要有：

- 1、原料：含碳量多，偏重组分则对应的副产品多。
- 2、裂解深度：一种衡量原料分子被分解的程度；在裂解炉中温度达到了多少。
- 3、裂解参数：压力、裂解时间、技术、原料中所加蒸汽量等。

其中，裂解乙烯工艺中的乙烯收率与原料有着更为直接的关系：从多产乙烯、丙烯的角度，烷烃>环烷烃>单环芳烃>多环芳烃。从乙烷到柴油，相对分子量越大，乙烯、丙烯的收率越低。乙烷作为原料的双烯（乙烯+丙烯）收率在 80%左右，丙烷为原料约为 60%，石脑油为原料约为 45%。

**表1 不同裂解原料的产品分布（以质量分数计%）**

裂解组分	乙烷	丙烷	正丁烷	石脑油	常压柴油	减压渣油
氢气	8.82	2.27	1.57	1.56	0.94	0.78
甲烷	6.27	27.43	22.12	17.20	11.19	8.75
乙烯	77.73	42.01	40.00	33.62	25.92	20.49
丙烯	2.76	16.82	17.27	15.53	16.15	14.07
丁二烯	1.81	3.01	3.50	4.56	4.56	5.38
丁烷+丁烯	0.82	1.29	6.72	4.21	4.84	6.28
苯	0.87	2.47	3.02	6.74	6.03	3.73
甲苯	0.12	0.53	0.83	3.34	2.90	2.90
C8 芳烃	—	—	0.35	1.76	2.17	1.87
抽余油	0.80	3.62	2.92	6.75	7.3	10.77
重质油	—	0.53	1.70	4.70	18.00	25.00

资料来源：各公司公告，东海证券研究所



2021年2月 TechnipFMC 完成分拆计划, Technip Energies 将专注 LNG、氢气和乙烯市场, 同时在可持续化学和二氧化碳管理方面持续提升。

- CB&I: 通过与 Lummus Technology 的战略合作伙伴关系, 80 多年来, 为化工和石化行业提供专业工程、采购、制造和施工服务; 在全球为超过 120 套乙烯装置提供创新技术, 约占全球产能 40%; 已经成功地完成了 200 多个原始投资、改造和扩展的设计项目。2018 年 5 月, McDermott 与 CB&I 公司合并, 合并后 CB&I 普通股将不再在纽约证券交易所上市。
- KBR 集团: 成立于 1901 年, 目前是世界级的工程设计公司。开发了毫秒炉裂解技术, 目前各种技术应用于超过 20 套新的乙烯装置, 合计产能 1300 万吨/年。
- Linde : 世界领先的气体 and 工程公司, 1931 年应用专有的低温分离技术建成世界上第一个用低温蒸馏法从焦炉气中生成乙烯的工厂, 1960 年开始研究开发管式炉蒸汽裂解技术。应用于超过 40 套大型乙烯装置, 合计产能超过 1800 万吨/年。

各种技术在配置、处理特定原料的能力以及其他因素方面略有不同, 这些因素可能使特定技术对特定站点或工厂布局更具吸引力。“稳健性”(即以最小的问题启动并保持运行的能力)作为选择烯烃技术的重要标准。

各种技术都可以进行调整, 以在任何给定的条件下提供最佳结果。因此, 生产者建造烯烃工厂的人通常基于两个因素选择工艺或技术: 根据其特定操作条件进行定制的能力, 以及以最具竞争力的资本成本实施的能力。因此, 烯烃工厂中基于相对于其他因素(如原料成本、副产品价值和工厂规模)的技术选择, 生产成本差异化的机会很小。

煤化工路径下, 目前代表性的甲醇制烯烃技术主要包括: 由 UOP (美国公司) 和 Hydro (挪威公司) 共同开发的 UOP/Hydro MTO 工艺, 德国 Lurgi 公司的 MTP 工艺, 中国科学院大连化学物理研究所的 DMTO 工艺, 中国石化上海石油化工研究院的 SMTO 工艺, 神华集团 SHMTO 工艺, 清华大学的循环流化床甲醇制丙烯 (FMTP) 工艺等。从上述几种典型工艺的实际应用情况看, 目前我国煤制烯烃项目中所采用的工艺技术较为多样化, 国内外技术均有涉及, 但整体上以大连化物所 DMTO 技术应用推广最为广泛, 据不完全统计, 截止目前该技术已许可工业化装置 25 套, 涉及烯烃产能 1458 万吨/年, 其中投产 14 套, 烯烃产能 776 万吨/年, 市场占有率 67.9%。

**表3 煤制烯烃主要工艺**

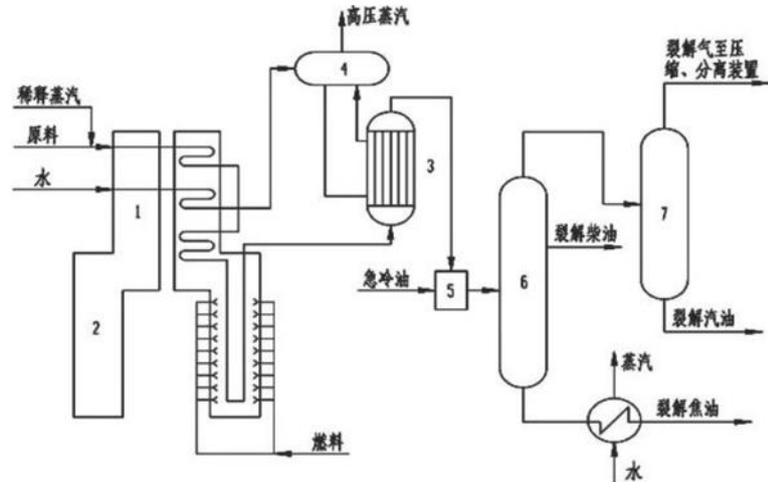
工艺名称	所属单位	双烯单耗 (甲醇) /t·t <sup>-1</sup>	双烯收率 /%	甲醇转化率 /%	反应器类型	催化剂
MTO	UOP/Hydro	3	80	>99	流化床	SAPO-34
DMTO	大连化物所	2.89	86	>99	流化床	SAPO-34
DMTO-II	大连化物所	2.67	95	99.97	流化床	SAPO-34
SMTO	中国石化集团	2.82	81	99.8	流化床	SAPO-34
SHMTO	神华集团	2.89	81	>99	流化床	SAPO-34
MTP	Lurgi 公司	3.22~3.52	65~71	>99	固定床	ZSM-5
FMTP	清华大学	3.36	68	99.5	流化床	SAPO-18/34

资料来源:《甲醇制烯烃工艺及工业化最新进展》刘勇等, 东海证券研究所

### 1.2.3.装置技术是乙烯生产进步核心

乙烯裂解炉是乙烯生产装置的核心设备，主要作用是把天然气、炼厂气、原油及石脑油等各类原材料加工成裂解气，并提供给其它乙烯装置，最终加工成乙烯、丙烯及各种副产品。乙烯裂解炉的生产能力及技术的高低，直接决定了整套乙烯装置的生产规模、产量和产品品质，因此乙烯裂解炉在乙烯生产装置乃至整套石油化工生产中都起到龙头作用。

图5 乙烯裂解炉示意图



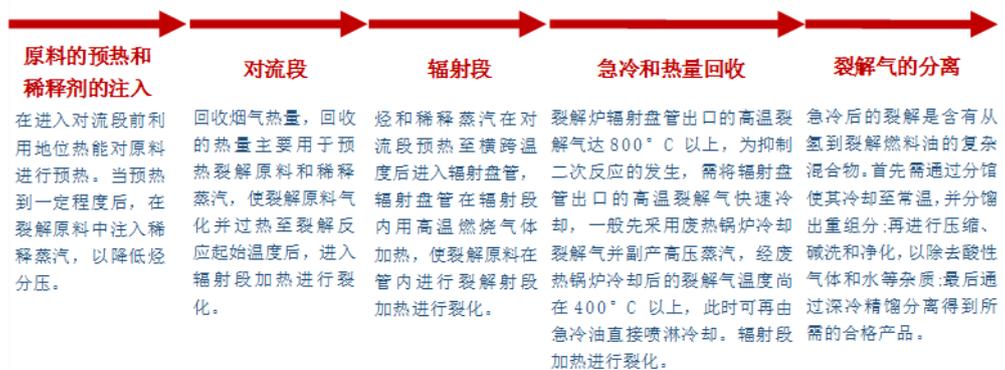
1 对流段；2 辐射段；3 急冷废锅；4 汽包；5 急冷器；6、7 分离塔

资料来源：《乙烯裂解炉技术进展》何细藕，东海证券研究所

一套乙烯裂解装置由多台裂解炉并联而成，目前世界级规模中单台裂解炉的能力一般是：液体原料（石脑油等）的乙烯能力为20万吨/年/台；气体原料裂解（乙烷等）的乙烯能力为22万吨/年/台。近年来，林德公司设计了容量超过25万吨/年的裂解炉，以满足对乙烯不断增长的需求。

乙烯装置中的裂解炉由对流段、辐射段（包括辐射炉管和燃烧器）和急冷锅炉系统三部分构成。裂解反应在辐射段炉管中发生生成乙烯和丙烯等产品。对流段回收高温烟气余热，以气化和过热原料至反应所需的横跨温度，同时预热锅炉给水和超高压蒸汽。急冷锅炉系统的作用是终止裂解二次反应并回收裂解气的高温热量以产生超高压蒸汽。

图6 乙烯裂解炉工作流程示意图



资料来源：《乙烯裂解炉技术进展》何细藕，东海证券研究所

自 1941 年第一个管式裂解炉的工业装置在美国巴图鲁日投产以来，世界各裂解炉开发商不断对裂解技术进行改造，目前全球商业化的裂解炉专利商只有美国 Lummus、S&W、KBR、德国 Linde、法国 Technip 以及中国石化，对应裂解炉炉型分别为 SRT 型裂解炉、USC 型裂解炉、毫秒裂解炉、Pyrocrack 型裂解炉、GK 型裂解炉和 CBL 型裂解炉。

**表4 乙烯主要裂解炉及专利商**

型号	专利商/初代时间	技术特点	主要优点
短停留时间炉 (SRT)	 LUMMUS TECHNOLOGY 1963	SRT 裂解炉于 1965 年开始工业化发展，先后推出了 SRT- I ~ VI 型裂解炉。SRT- III 型炉的热效率达 93.5%，SRT- VI 型炉开始，取消了高压蒸汽过热炉。	是目前世界上大型乙烯装置中应用最多的炉型。其优点是实现了高温、短停留、低烃分压裂解。
超选择性裂解炉 (USC)	 S&W STONE & WEBSTER™ A WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY 1970s	后期 USC 炉对于废热锅炉进行了升级，开始采用双程套管式，将两级废热锅炉合并为一级。改型裂解炉在中国大庆石油化工总厂以及世界上很多石油化工厂都广泛采用。	生成的产品中乙烷等副产品较少，乙烯收率较高，且反应具有良好的选择性。
GK 裂解炉	 Kinetics Technology KT 1970s	原 KTI 公司从 20 世纪 70 年代开发出 GK- I、II 型裂解炉，采用混排(入口段为双排，出口段为单排)分支变径管，双程分支变径管，而后相继开发的 GK- III ~ VI 型裂解炉改为双程分支变径管，管程减少，管长缩短，缩短停留时间。	对不同的裂解原料采用不同的炉管构形，对原料的灵活性较大。新型辐射段炉管的停留时间短，热效率高。
即超短停留时间裂解炉 (USRT)	 KBR 1960s	USRT 炉为立管式裂解炉，其辐射盘管为单程直管。针对不同用途，设置不同的裂解炉结构。裂解轻烃时，常设三级废热锅炉；裂解馏分油时，只设两级废热锅炉。	热通量大，可使原料在极短时间内加热至高温(裂解气出口温度可达 850 ~ 880℃)；且因裂解炉管是一程，没有弯头，阻力降小，烃分压低，乙烯收率比其他炉型要高。缺点是炉管多，流量不易平均分配。
Pyrocrack 裂解炉	 Linde 1960s	该裂解炉采用双辐射段、单对流段结构，针对不同的原料，Pyrocrack 裂解炉采用了 Pyrocrack4-2、Pyrocrack2-2 和 Pyrocrack1-1 型 3 种不同的炉管结构。	以选择性最高的 Pyrocrack1-1 型为例，该型号的裂解炉选择性强，停留时间也短，单组炉管处理能力最小但烯烃产量高。
CBL 裂解炉	 SINOPEC 1990s	北京化工研究院、中国石化工程建设公司、兰州化工机械研究院等多家单位，相继对其进行开发。其结构特点是对流段设置在辐射室上部的一侧，对流段顶部设置烟道和引风机。	裂解炉具有原料适用性强，裂解炉操作灵活，裂解选择性高，乙烯能耗低等技术特点。

资料来源：中国石油官网，东海证券研究所

根据企业业务的不同，国内裂解炉企业可以分为技术商和制造商等。主要技术厂商有美国 Lummus 公司、美国 S&W 公司、美国 KBR 公司、中石化等，制造商主要有惠生工程（中国）有限公司、茂名重力石化装备股份公司、中石化炼化工程（集团）股份有限公司等。这些企业占据了国内裂解炉行业 90% 以上的市场份额。

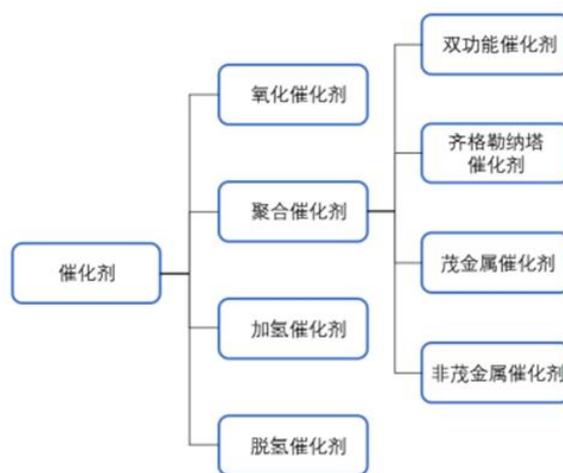
未来裂解炉的技术发展方向将逐渐转向以下几个方面：一是裂解炉的**大型化**，目前 200kt/a 的裂解炉已经开始逐步推广，随着乙烯装置经济规模的不断扩大，对于裂解炉大型化的需求依然旺盛，因此裂解炉大型化是未来的发展方向；二是裂解炉的**绿色化**，随着人类的环保意识越来越强，人们在关注技术发展的同时更加关注绿色环保，因此裂解炉的绿色化是未来的发展方向之一，主要是低 NOX 燃烧系统的应用，更高的裂解选择性技术等；三是裂解炉的**先进控制**，这对于乙烯工厂化降低劳动强度，改善劳动环境有较大帮助，同时也能够避免人为的操作失误带来的装置波动等。以裂解炉电（可再生能源发电）加热为例：

- 2022 年 7 月，壳牌和陶氏在荷兰阿姆斯特丹能源转型园区启动了一个实验装置，对蒸汽裂解炉进行电加热（E-cracking）。
- 2022 年 9 月，巴斯夫、SABIC 和林德已开始建设全球首个大型电加热蒸汽裂解炉示范装置，通过使用可再生能源而不是天然气用于裂解炉加热。与当今常用的技术相比，新技术有可能将化工行业最耗能的生产过程之一的二氧化碳排放量减少至少 90%。

#### 1.2.4. 催化剂是生产聚烯烃的必备成分

聚合催化剂是聚烯烃制备过程中的必备成分。催化剂是聚烯烃的核心，是实现烯烃高性能低成本规模化生产的关键。在石油化工行业，催化剂种类繁多，根据其性能特点可分为聚合催化剂、氧化催化剂、加氢催化剂、脱氢催化剂等。在烯烃聚合过程中，聚合催化剂发挥着不可替代的作用，如不使用催化剂，则无法实现工业化生产。因此催化剂是烯烃聚合技术的核心，聚烯烃树脂性能的改进与聚烯烃催化剂的开发也有着极为密切的关系。

图7 聚合催化剂是聚烯烃产业中最重要的催化剂



资料来源：公开资料整合，东海证券研究所

齐格勒-纳塔催化剂是最常用的聚烯烃催化剂，且已发展至第四代产品。20 世纪 50 年代，德国化学家卡尔·齐格勒（Karl-Ziegler）和意大利化学家居里奥·纳塔（Giulio-Natta）发明了用于烯烃聚合的催化剂，采用由四氯化钛和铝烷基衍生物混合物组成的催化剂，以制造高分子量，高熔点和直链聚乙烯，即 Ziegler-Natta 催化剂（Z-N 催化剂），并开拓了定向聚

合的新领域，使得合成高规整度的聚烯烃成为可能。从此，很多塑料的生产不再需要高压，减少了生产成本，并且使得生产者可以对产物结构与性质进行控制。

**表5 齐格勒-纳塔催化剂已发展至第四代**

Generation	催化体系	产率 kg/(g cat)	产物形态	工艺特点
1st (1953-1970)	$\delta$ -TiCl <sub>3</sub> AlCl <sub>3</sub> /AlEt <sub>2</sub> Cl	0.8-1.2	不规则粉末	需后处理
2nd (1953-1970)	$\delta$ -TiCl <sub>3</sub> ·R <sub>2</sub> O/AlEt <sub>2</sub> Cl	44625	颗粒	后处理落灰
3rd (1978-1980)	TiCl <sub>4</sub> /单酯	44696	颗粒形貌规则 且尺寸可调	免落灰
	/MgCl <sub>2</sub> +AlEt <sub>3</sub> /单酯			
4th (1980-)	TiCl <sub>4</sub> /双酯	20-60	球形颗粒形貌 且尺寸可调	免造粒
	/MgCl <sub>2</sub> +AlEt <sub>3</sub> /硅氧烷			

资料来源：《我国聚烯烃产业技术的现状与发展建议》吴长江，东海证券研究所

据《我国聚烯烃产业技术的现状与发展建议》一文，目前工业用催化剂主要为齐格勒-纳塔催化剂，茂金属催化剂是重要的补充，非茂单活性中心催化剂目前市场占比较小。而国际上具有代表性的工艺技术巨头在催化剂的研发和应用上也日益丰富。

**表6 国际企业代表性烯烃催化剂**

代表公司	技术名称	技术型号	应用及特点
Ineos	INcat™系列聚乙烯催化剂	INcat™S	用于单峰和多峰聚烯烃工艺路线以及CSTR（连续反应器系统），由不同分子量的Ziegler-Natta催化剂组成。
		INcat™MT	用于Innovene™S工艺，可以制造范围广泛的HDPE产品，以及用于生产双峰/多峰型HDPE产品。
		INcat™G、SDX系列；NovacatT	专用于使用C4和C6共聚单体生产LLDPE和HDPE的聚乙烯气相工艺。
		INcat™M	用于在气体和浆料工艺中生产差异化的LLDPE和HDPE产品，由特种茂金属催化剂组成。
	INcat™系列聚丙烯催化剂	INcat™P100、P200 INcat™P400、P600	用于多种气相工艺以及浆料或散浆工艺，可提供不同粒径的邻苯二甲酸酯基催化剂，最大限度地降低催化剂引入成本。 用于多种气相工艺、浆料或散浆工艺及高橡胶含量的聚合物的生产，属于非邻苯二甲酸酯高活性催化剂，可实现最佳工艺响应和广泛的产品范围。
Univation Technology	PRODIGY™		用于单个UNIPOL™PE反应器中生产双峰HDPE，是经独特设计的多组分催化剂。
	ACCLAIM™		用于单峰高密度HDPE生产，可以提供满足PE80管道、大型部件吹塑、土工膜和HDPE薄膜等应用所需的强度和性能的产品；具有更高的生产率和共聚单体的灵活性。
	XCAT™茂金属催化剂		用于生产PE树脂，该催化剂生产的产品能够实现比传统树脂更薄的规格以及更高的挤出速率，为替代传统LLDPE和低密度聚乙烯(LDPE)树脂应用提供可能。
	UCAT™系列催化剂	UCAT™-J	最先进的Ziegler-Natta催化剂之一，适用于传统LLDPE和窄分子量单峰HDPE应用。目前在全球范围内广泛用于大容量LLDPE薄膜和模塑应用。
UCAT™-B		用于生产高密度聚乙烯吹塑树脂。该催化剂针对家用和工业化学品(HIC)容器应用进行了优化。适用于各种吹塑机类型的广泛加工，且具有低气味特点。	
Lyondell Basell	PP催化剂	Avant-ZN	是Avant系列使用最广泛的催化剂。用于生产聚丙烯均聚物、无规和多相共聚物，并可用于气相、淤浆和本体技术的Ziegler-Natta催化剂。
		Avant-M	用于生产特种PP产品的茂金属催化剂。
	PE催化剂	Avant-Z	用于HDPE浆料加工技术以及LLDPE、MDPE和HDPE气相技术的Ziegler-Natta催化剂。
		Avant-C	用于各种HDPE工艺的铬催化剂。
Borealis	Borealis Sirius		专用于Borstar PP、PE加工工艺，该技术无需外部载体材料，使用非邻苯二甲酸盐供体，可生产不含邻苯二甲酸盐的产品。Sirius技术还可用于制造单中心催化剂，在生产率和整个催化剂颗粒的均匀性方面具有优势。
Lummus	CPT工艺催化剂		为共聚单体生产技术（CPT）专门开发的高选择性双键异构化催化剂以及高选择性复分解催化剂。利用该技术能够以C4生产1-丁烯及1-己烯单体，以生产PP、PE产品。

资料来源：各公司官网，东海证券研究所

## 2.全球乙烯产能格局

### 2.1.全球乙烯产能演变史

乙烯作为重要的石化产品，其产能的变化历史也反映着世界石化产业的发展，具有一定的周期属性，主要受到政策、原料价格和需求的影响。

#### 2.1.1.20 世纪：由欧美为主逐渐形成三足鼎立格局

从石化产业初期来看，拥有技术和原料的公司掌握了石化发展的领先地位，而产品需求和生产的大幅增加往往在国家发生重大事件之时，如第一次世界大战、第二次世界大战和朝鲜战争。化工的兴起在德国，而富有天然气和石油资源的美国则成为了石化的奠基者。1919年美国联合碳化物公司研究了乙烷、丙烷裂解制乙烯的方法，随后林德空气产品公司实现了从裂解气中分离乙烯，并用乙烯加工成化学产品。1923年，联合碳化物公司在西弗吉尼亚州的查尔斯顿建立了第一个以裂解乙烯为原料的石油化工厂。1936年催化裂化技术的开发，为石油化工提供了更多低分子烯烃原料。美国的乙烯消费量由1930年的14kt增加到1940年的120kt。50年代起，世界经济由战后恢复转入发展时期。随着石化产品需求和技术的不断发展，在1963年，美国已有18个石化企业，乙烯总能力达3.5Mt/a，满足了3Mt/a的需求。

西欧各国与日本，由于石油和天然气资源贫乏，裂解原料采用了价格低廉并易于运输的中东石脑油，以此为基础，建立了大型乙烯生产装置，大踏步地走上发展石油化工的道路。至此，石油化工的生产规模大幅度扩大。作为石油化工代表产品的乙烯，1980年全世界产量达到35.8Mt，创历史最高水平。

80年代，由于乙烯行业利润微薄，乙烯生产能力没有新的增加，但由于石油价格的下行，需求和生产再次复苏，1988年美国乙烯产量增加到了16.8Mt，装置开工率高于90%。

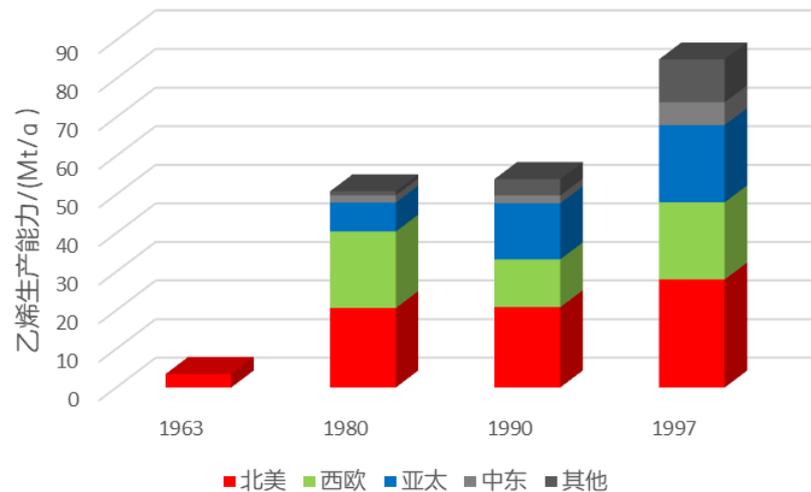
90年代，乙烯产能在地域结构发生重大变化。1981年，世界上有132个乙烯厂，其中87个（占比66%）在美国、西欧和日本，到1988年总数增加到155个，而在这些地区的公司只有74个，仅占47%。主要增长在亚太、非洲和中东地区。

非洲和中东地区成为乙烯主要产能地带并不是需求驱动，而是由于他们拥有丰富的油气资源，原料成本优势突出。中东地区更是成为了大量乙烯衍生物（如乙二醇和聚乙烯）出口地，该地区的廉价原料也为亚洲的供应增加提供了条件。到1995年，随着伊朗、卡塔尔和沙特阿拉伯一批新厂的建成投产，中东地区的乙烯生产能力以每年450万吨的数量增加。在过去的10年中，该地区的生产能力复合年增长率达到了19%，比全球乙烯需求量的增长速率快了3倍。

亚洲的乙烯需求在80-90年代大幅增长，1997年达20Mt，相较1980年的6Mt增长超过3倍，年均增长率达7.8%。

由此，世界乙烯总产能由1981年的48Mt/a增加到1998年的92Mt/a。北美、西欧和亚太所占比例分别为35.1%、23.0%和26.9%，形成了三足鼎立的格局。

图8 20世纪世界乙烯产能变化格局

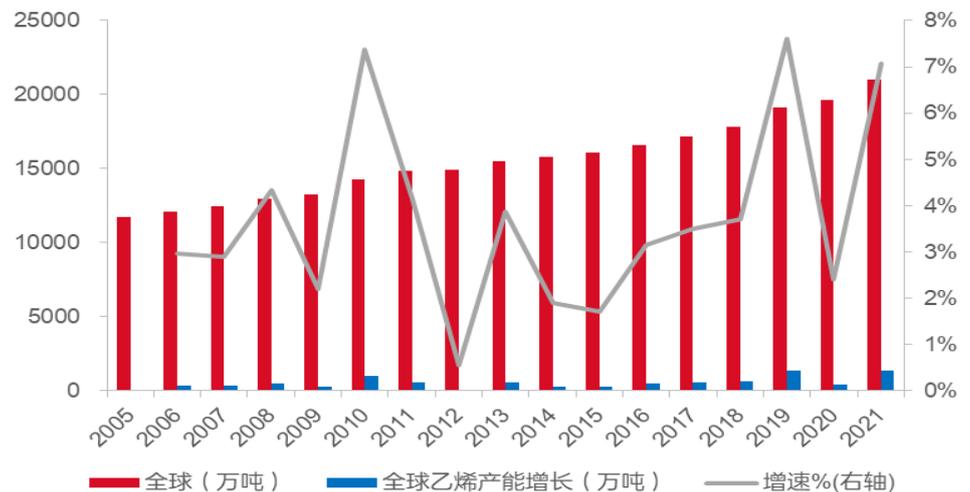


资料来源：《世界乙烯工业的回顾与展望》王红秋，东海证券研究所

### 2.1.2.21 世纪：三次产能扩张及转移

21世纪以来，全球乙烯产能主要经过三次扩张及产能地转移：随着发展中国家经济高速发展带来日益增长的化工产品需求，全球乙烯产能稳步增长，在2009-2011年乙烯经历了一段新的高峰投产期。新增产能主要是来自于中国和中东，三年总计新增乙烯产能超2200万吨。2011年后，美国的页岩气革命带来了乙烷产乙烯的投量高峰，中国则经历了煤（甲醇）制乙烯产能的提升和近三年大炼化带来的乙烯产能扩张。

图9 21世纪以来世界乙烯产能及增长

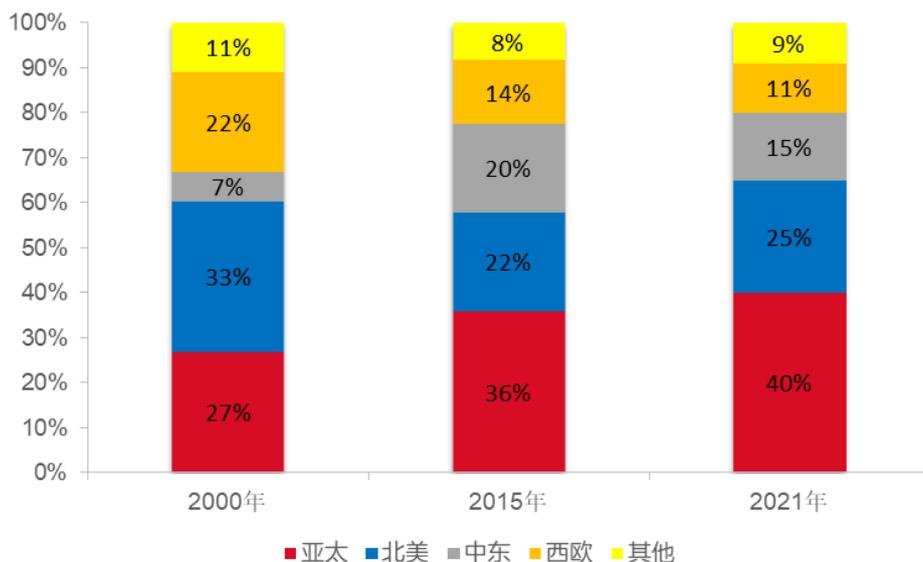


资料来源：ICIS，东海证券研究所

从整体产能来看，截至2021年，全球乙烯产能达到2.1亿吨/年，同比增长6.2%。2021年，世界乙烯装置总数约340座，乙烯装置的平均规模约为62万吨/年。

从产能分布地区和国家来看，2021年，在中国乙烯产能推动下，亚太地区乙烯总产能已升至8330万吨/年，在世界乙烯总产能的占比从2015年的36%升至40%。近年来，亚太地区乙烯产能始终保持快速增长态势，超过了欧美乙烯产能总和，其世界领先地位不断提升。

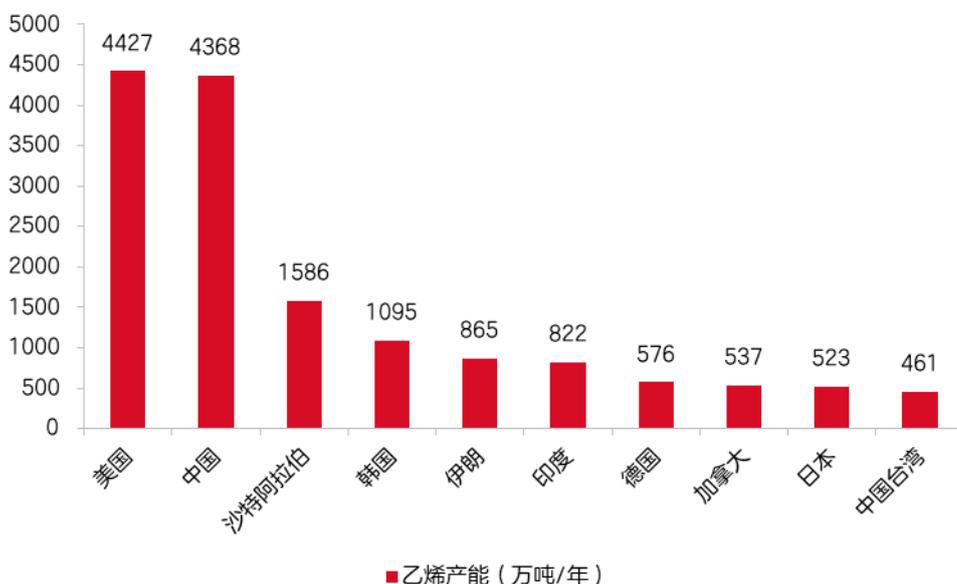
图10 21世纪以来全球乙烯产能分区域占比变化



资料来源：中石油经研院，东海证券研究所

美国、中国和沙特阿拉伯的乙烯产能仍稳居世界前三位，我国和美国的乙烯产能基本持平，差距缩小至59万吨/年。韩国乙烯产能大幅增加，正向乙烯生产大国挺进。伊朗乙烯产能跃居世界第五位。

图11 2021年各国乙烯产能情况



资料来源：隆众资讯，东海证券研究所

### 中东地区：原料成本优势驱动

中东乙烯有2/3是以乙烷和丙烷做原料，其乙烷价格长期低于美国乙烷价格，例如在2011年为0.75~1.25美元/百万英热单位，远低于当时美国约10美元/百万英热单位的乙烷价格。原料成本优势推动当地产能持续扩张，2018年海合会地区乙烯衍生物产能为3300万吨/年，占全球乙烯衍生物总产能的21%，2000年以来的年均增速达到9.8%。但由于其

油气田伴生乙烷增量放缓，近年来产能增速放缓，且新建装置中采用石脑油、轻烃等混合原料的比例显著提高。

**表7 中东地区 21 世纪以来重要乙烯项目**

投产时间	项目	所在地	乙烯产能 (万吨)	原料路线
2006	Marun PC	伊朗	110	乙烷、丙烷、丁烷
2007	Arya Sasol	伊朗	100	乙烷
2008	Jam PC	伊朗	132	乙烷、丙烷、丁烷、石脑油
2008	TKOC	科威特	85	乙烷
2008	ChevPhill Total	沙特	30	石脑油
2008	SEPC	沙特	100	乙烷、丙烷、丁烷
2009	Perto Rabigh	沙特	125	乙烷、丙烷
2009	SHARQ Total	沙特	120	乙烷、丙烷
2009	Yansab	沙特	130	乙烷、丙烷
2010	Morvoid	伊朗	50	乙烷
2010	博禄 2	阿联酋鲁韦斯	150	乙烷
2010	Kayan	沙特	132	乙烷、丙烷、丁烷
2014	博禄 3	阿联酋鲁韦斯	150	乙烷
2014	NPC	伊朗 Gachsaran	110	乙烷
2014	NPC	伊朗 Kavian	100	乙烷
2014	PCC	伊朗 Ilam	50	乙烷、LPG、石脑油
2016	Perto Rabigh	沙特 Rabigh	30	乙烷
2016	Qapco	卡塔尔	40	乙烷、丙烷
2017	Sadara	沙特朱拜勒	150	乙烷、石脑油
2019	Orpic	阿曼苏哈尔	85.9	NGL、炼油厂进料

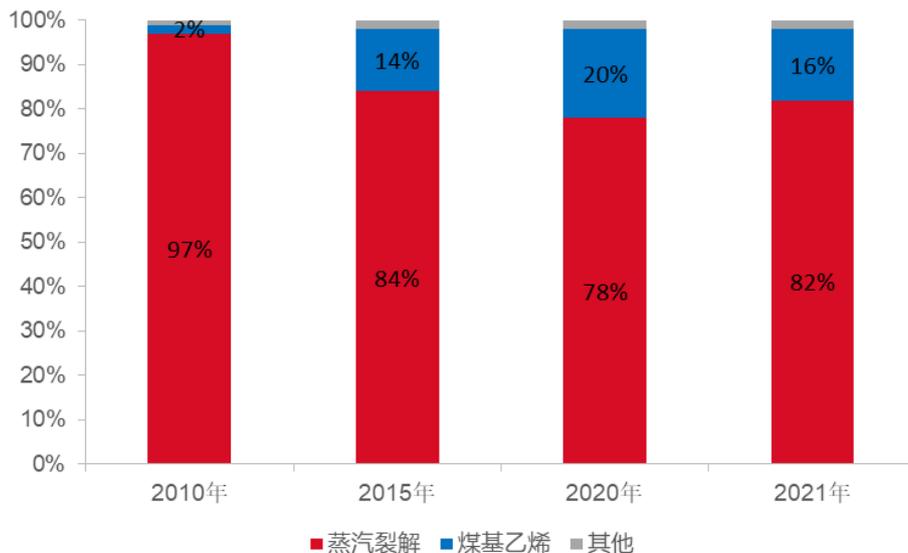
资料来源：公开信息整理，东海证券研究所

### 东北亚：以中国为代表的新兴市场需求及政策驱动

进入 21 世纪，中国乙烯产能有两轮集中投放期：2005-2006 年和 2009-2010 年，主要是由于在国内需求增长下，三桶油炼厂进行扩产。1999 年到 2008 年十年间，我国乙烯产能从 435 万吨跃升到 998.5 万吨/年，到 2009 年年底全国乙烯产能首次突破千万吨大关，达到 1177.8 万吨/年，稳居世界第二位。

2011 年后，由于油价高企，我国煤（甲醇）制乙烯产能逐步扩展，煤制乙烯产能占比有一定提升。该工艺主要是通过煤炭替代石油生产甲醇，进而转化为乙烯、丙烯等。2010 年，第 1 套煤制乙烯装置——内蒙古神华包头煤化工有限公司 60 万 t/a 煤制乙烯项目投入商业化运营，标志着我国已实现煤基甲醇制烯烃技术的工业化应用；2011 年，我国首套 20 万 t/a 甲醇制乙烯项目（中原石油化工有限公司）投产；2014—2016 年是我国煤制烯烃项目的投产高峰期。截至 2021 年底，我国煤制烯烃生产能力达到 1115 万吨/年。

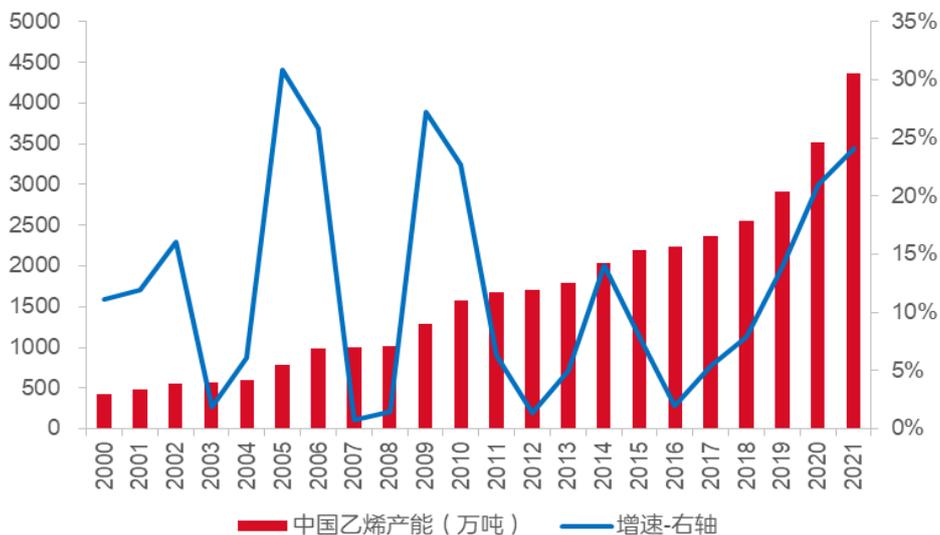
图12 近十年我国乙烯不同生产方式产能占比变化



资料来源：石油和化工规划院，东海证券研究所

随着国际油价大幅下跌，国内煤/甲醇制烯烃项目经济性明显下降，规划项目投资节奏显著放缓。而基础炼化产业尤其是炼化一体化项目盈利丰厚，行业投资热情高涨。2018年，中海油惠州二期和中海壳牌二期建成投产，拉开了国内大炼化新一轮扩能的序幕。随后，恒力石化、浙江石化、中科炼化、中化泉州等多个炼化一体化项目建成投产。此外，新浦化学、万华化学、宝来/利安德巴塞尔等多个轻烃/石脑油裂解项目顺利建成投产。

图13 21世纪以来我国乙烯产能及增速



资料来源：石油和化工规划院，东海证券研究所

受到外资、民企加快建设乙烯项目以及迫切需要缩小国内供求缺口驱动，2019年-2020年，我国乙烯产能进一步释放。2015~2020年，中国乙烯年产能已经从2200.5万吨增长至3518万吨，年均复合增长率近10%。2020年，中国占东亚地区乙烯总产能的60%，2015年至2020年几乎所有新增产能都来自中国。2021年中国乙烯生产能力4368万吨/年。

#### 北美：页岩气革命催生美国乙烯产能新释放

北美地区一直是全球乙烯的主要生产地区，由于竞争力的原因，北美的乙烯开工率在 2008 年曾经降到 80% 以下，其中在 2008-2010 年间产能减少 240 万吨。2011 年后随着美国页岩气革命带来廉价乙烷原料供应爆发式增长，推动北美乙烯产能重新进入扩张周期。

**图14 2010 年至今美国乙烷产量**

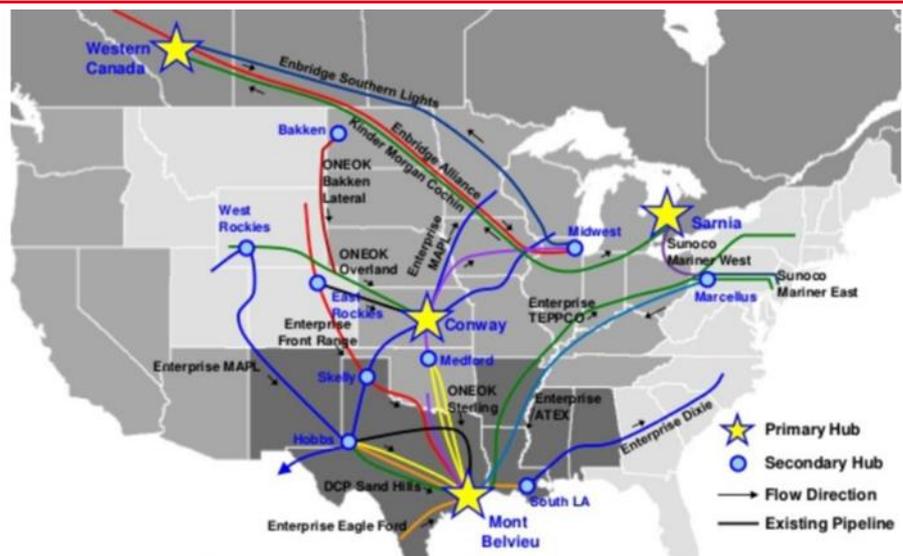

资料来源：EIA，东海证券研究所

**图15 美国乙烷价格**


资料来源：Bloomberg，东海证券研究所

在 2010 年前，美国乙烷价格处于高位，大约在 600 美元/吨的水平，而后随着页岩气革命，大量的页岩气被开采出来。由于美国天然气多以湿气为主，天然气被分离进入管网后，剩下总质量占比约 30% 的天然气凝析液 NGL 被输送至美国休斯敦地区再进行分馏，其中乙烷、丙烷占比分别接近 40% 和 30%。

北美天然气凝析液的价格并没有像过去那样随着原油价格的上涨而增加，逐步与石油脱钩，乙烷价格自此一直保持在 200 美元/吨的水平以下，具有持续的竞争优势。而美国如 Enterprise, ETP, Targa, Oneok 等中游公司不断加大投资开发 NGL 管道，使得大量的乙烷、丙烷等轻烃能够从 Eagle Ford, Bakken, Barnett 和 Marcellus 等富含天然气凝析液的气田通过星罗密布的 NGL 管道得以汇聚到美国休斯敦的化工中心。

**图16 美国主要 NGL 管线情况**


资料来源：Encana，EV Maps，东海证券研究所

2015 年到 2020 年，美国墨西哥湾沿岸新增约 1300 万吨乙烯产能，乙烯总产能达到 4000 万吨，全球产能占比超过 20%，成为全球最大的乙烯生产地。2020 年，美国的乙烯

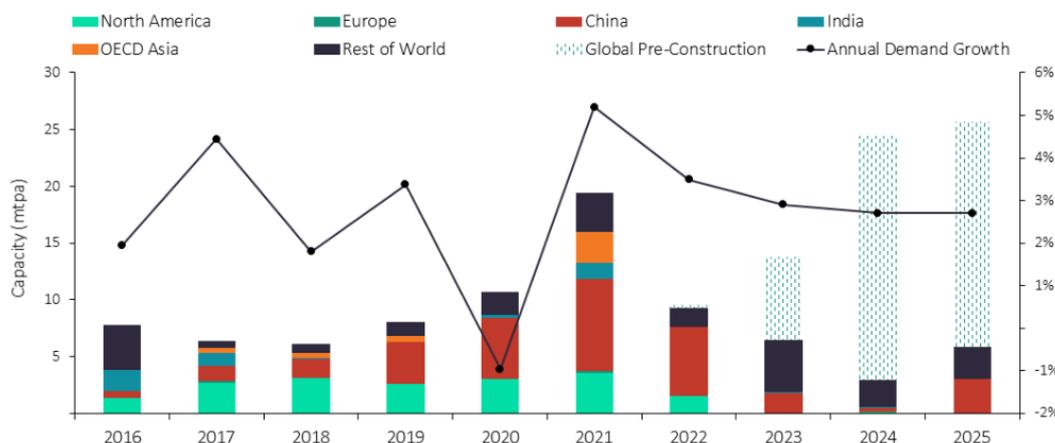
生产原料有 82%来自乙烷，而 12%来自 LPG（丙烷和丁烷），以乙烷为主的轻质化乙烯原料利用，使得美国成为仅次于中东的第二大成本竞争地区。

## 2.2. “十四五”全球乙烯产能展望

GlobalData 发布的《2025 年前全球乙烯产业前景展望》报告预测，2025 年前全球乙烯产能将出现大幅增长，有望从 2020 年的 2.0132 亿吨/年提高至 2025 年的 2.9942 亿吨/年，增幅达到 49%。

2025 年前中国将引领亚洲地区乙烯产能增长，中国将新增 3125 万吨/年的乙烯产能。GlobalData 将印度确定为乙烯新增产能第二大的国家，2025 年前将新增乙烯产能 1185 万吨/年。主要新增产能将来自霍尔迪亚石化公司的 Cuddalore 乙烯装置和 Nayara 能源公司瓦迪纳乙烯装置。这两套装置的产能均为 180 万吨/年。伊朗将是新增乙烯产能第三大国家，2025 年前将新增产能 999 万吨/年。主要新增产能将来自 Sepehr Makran Chabahar 乙烯装置，到 2024 年产能将达到 135 万吨/年。

图17 2016-2025 年全球乙烯新增产能及需求增速

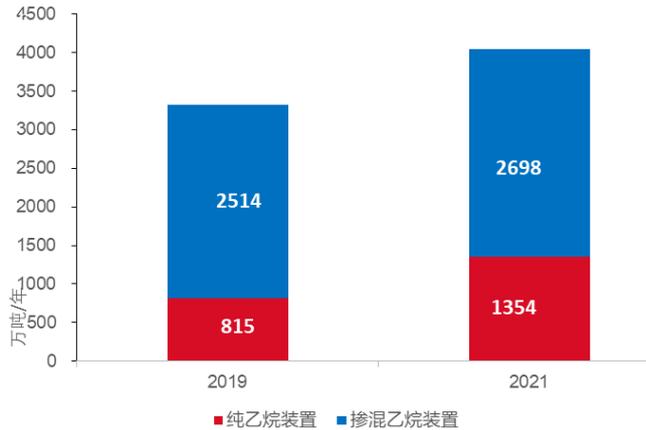


资料来源：GlobalData，东海证券研究所

### 2.2.1. 美国新建乙烯扩张趋缓，产能逐步转移

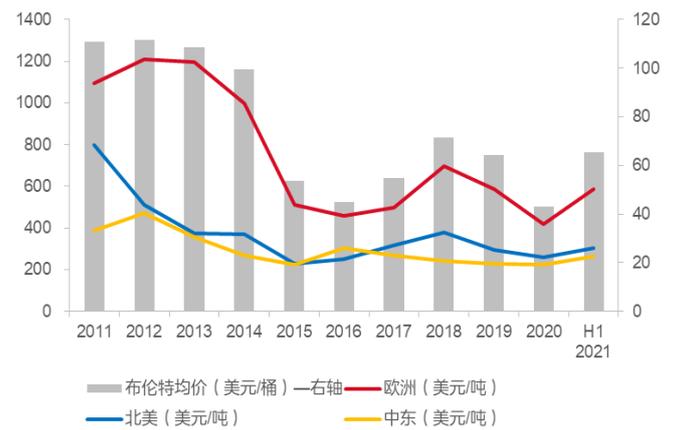
美国的能源和原料成本具有优势。美国乙烯生产主要来自乙烷，2021 年，乙烷为裂解原料的装置（包含掺混乙烷装置中以纯乙烷为原料的装置）占美国乙烯产量的 80%。据 CEFIC 计算，得益于乙烷占主导，北美裂解乙烯装置现金成本仅高于中东。

图18 美国乙烯产能按装置划分



资料来源: IHS, 东海证券研究所

图19 裂解乙烯装置现金成本 (美元/吨 C2)



资料来源: CEFIC, ICIS, 东海证券研究所

美国本土乙烯产能扩张渐缓。自2014年底以来,由于原油价格大幅下跌,加之新冠疫情导致的需求破坏,北美石化扩能投资步伐近两年有所放缓,更有甚者取消或推迟了已公布的项目:

- 泰国PTT全球化工公司(PTTGC)已再次推迟位于美国俄亥俄州贝尔蒙特的乙烯项目。由于韩国大林公司已于2020年退出该项目,项目的未来尚不确定。

- 2020年10月,美国雪佛龙菲利普斯化工公司推迟了其与美国卡塔尔石油公司在墨西哥湾沿岸的合资裂解项目的最终投资决定。该项目乙烯和高密度聚乙烯产能达200万吨/年,项目的前端工程设计已经完成。

- 台塑集团旗下的台塑石化公司(FPCC)计划2023年在路易斯安那州投产两套120万吨的乙烷裂解项目。在2019年10月,由于污染的原因,公司被罚款5000万美元,此外还被勒令整改,需实现零塑排放。该公司后续再次表示,将推迟项目建设。

根据英国专业数据分析商安迅思公司供需数据库分析,2017~2020年为美国本土乙烯的第一波扩能潮。2020年美国乙烯新增产能将达约220万吨/年的峰值并结束第一波扩能潮。第一波扩能潮令美国增加了1090万吨/年产能。预计2021~2024年的第二波扩能潮只相当于第一波的影子,新增产能将降至480万吨/年左右。从目前统计情况来看,美国未来几年乙烯投产项目多以扩建产能为主。

表8 2022-2025年美国新增及预计新增乙烯投产项目

公司	地点	产能 (万吨/年)	原料	投产时间	备注
Bayport Polymers	Port Arthur, TX	100	乙烷	2022	道达尔/诺瓦化学/北欧化工合资
Shell Chemical	Monaca, PA	150	乙烷	2022	包括150万吨乙烯、160万吨聚乙烯
Gulf Coast Growth	Portland, TX	180	乙烷	2022	由埃克森美孚/沙比克合资;包括1套乙二醇装置及2套LLDPE装置
英力士 INEOS	Alvin, TX	24	混合	2023E	扩能
美国信科	Plaquemine, LA	17	乙烷	2023E	扩能
LACC	Lake Charles, LA	40	乙烷	2025E	扩能

资料来源: 各公司官网, 东海证券研究所

产能转移在近年成为美国大多数能化巨头的选择，中国成为接棒者之一。全球化学工业正在将投资转向本地化供应，即便是大宗通用化学品，也在努力实现分子旅行最小化。美国乙烯的扩能也在遵循这一变化。

**表9 近年海外能化巨头在华投资项目**

项目名称	建设内容及规划	(预计) 投产时间	总投资	项目所在地
巴斯夫(广东)一体化基地	年产100万吨乙烯的蒸汽裂解装置和40余套中下游装置	2025年后	100亿欧元	广东湛江
沙特阿美盘锦炼化一体化项目	1500万吨/年炼油、150万吨/年乙烯、130万吨/年对二甲苯装置	2024年	>100亿美元	辽宁盘锦
中沙合资精化及原料工程项目	炼油年产能1500万吨、乙烯产能150万吨，及PX产能130万吨。	2024年	764亿人民币	辽宁盘锦
埃克森美孚惠州乙烯项目(一期)	160万吨/年乙烯裂解装置	2024年	67亿美元	广东惠州
英力士-中国石化三项协议	总产能为每年700万吨；其中，在天津新建50万吨/年高密度聚乙烯(HDPE)项目。	2023年	≈100亿美元	上海、天津等地
中海壳牌惠州三期乙烯项目	新增乙烯年产量150万吨	2021年	56亿美元	广东惠州
利安德巴赛尔-宝来合作项目	年产110万吨的乙烯裂解装置	2020年	26亿美元	辽宁盘锦

资料来源：公开信息整理，东海证券研究所

### 2.2.2. 自给率缺口驱动中国产能进一步扩张

尽管近几年我国乙烯产能迅速放量，但乙烯当量消费进口依存度依然较高，仍在50%以上。由于乙烯需要在零下100℃存储及运输，直接进口难度较大，因此乙烯的生产商多以下游衍生品的形式进行产品的销售。国内乙烯的实际市场容量一般采用“当量消费量”，当量消费量=产量+净进口量（进口量-出口量）+下游产品净进口折算量。根据国家统计局，2021年，我国乙烯产量约为2826万吨，而当量消费量达到5832万吨，当量缺口达到3006万吨左右，自给率约为48.5%。

图20 近年我国乙烯当量自给率情况



资料来源：国家统计局、中国石油和化学工业联合会，东海证券研究所

中石油经研院预测，2022年中国新增乙烯产能仍将达到565万吨/年，总产能增至4933万吨/年，将赶上或超过美国。新增产能中气基乙烯延续快速发展势头，占比达到61%，已高于油基乙烯的投产规模。

表10 2022年我国预计新增乙烯产能（万吨/年）

企业/项目	省份	原料路线	乙烯产能	聚乙烯产能	乙二醇产能	苯乙烯产能	环氧乙烷产能
东明石化	山东	轻烃裂解	100	40			
海南炼化	海南	石脑油裂解	100	60	20	17	30
广东石化	广东	石脑油裂解	120	80		80	
镇海炼化轻烃项目	浙江	轻烃裂解	100	30	80	80	15
卫星石化二期	江苏	轻烃裂解	125	40	72	60	91
<b>合计</b>			<b>565</b>	<b>250</b>	<b>172</b>	<b>237</b>	<b>136</b>

资料来源：中石油经研院，东海证券研究所

2022年后，国内乙烯产能扩张延续扩张态势，但产能增长较2020年和2021年有所放缓。2023—2025年国内仍有大量乙烯项目投产，投产概率极大的乙烯产能共计1545万吨/年。其中，油基乙烯将占绝大多数；气基乙烯新增产能面临较大不确定性，主要受限于海外乙烷供应稳定性；煤/甲醇基乙烯新增产能规模将较为有限方面，主要由于各省在“双碳”目标下陆续出台煤化工等行业产能控制政策。

表11 2023-2025 年国内预计新增乙烯产能（万吨/年）

企业/项目	企业性质	工艺路线	地点	乙烯产能	建成年份
三江化工	民营企业	轻烃裂解	浙江嘉兴	125	2023
宝丰能源三期	民营企业	煤制烯烃	宁夏银川	50	2023
中石化南港乙烯项目	国有企业	石脑油裂解	天津	120	2023
陕煤集团	国有企业	煤制烯烃	陕西榆林	100	2023
埃克森美孚乙烯项目	外资企业	原油直接制烯烃	广东惠州	160	2024
华锦石化	国有企业	石脑油裂解	辽宁盘锦	150	2024
中科炼化(二期)	国有企业	石脑油裂解	广东湛江	120	2024
山东裕龙石化	民营企业	石脑油裂解	山东烟台	300	2024
中石化岳阳石化	国有企业	石脑油裂解	湖南岳阳	150	2024
中石油广西石化	国有企业	石脑油裂解	广西钦州	120	2024
中石油大连石化	国有企业	石脑油裂解	辽宁大连	120	2024
中石油吉林石化	国有企业	石脑油裂解	吉林	80 (扩建)	2024
中石化洛阳石化	国有企业	石脑油裂解	河南洛阳	100	2025
广投石化	国有企业	轻烃裂解	广西钦州	60	未知
四川能投	国有企业	轻烃裂解	广西北海	60	未知
中石油长庆二期	国有企业	乙烷制烯烃	陕西榆林	120	2026
巴斯夫乙烯项目	外资企业	石脑油裂解	广东湛江	100	2026
神沙煤制烯烃	中外合资企业	煤制烯烃	宁夏银川	37	未知
宝丰能源内蒙古二期项目	民营企业	煤制烯烃	内蒙古鄂尔多斯	70	未知
宝丰能源内蒙古二期项目	民营企业	煤制烯烃	内蒙古鄂尔多斯	130	未知

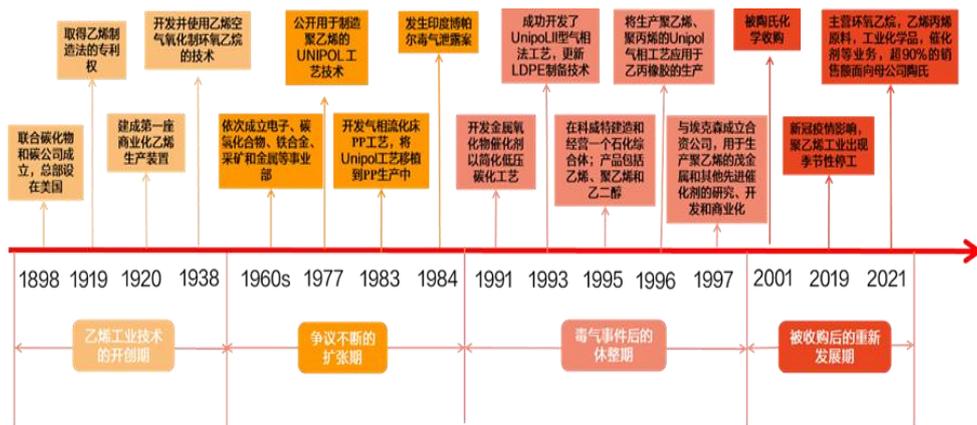
资料来源：中石油经研院、公开信息整理，东海证券研究所

## 2.3.主要工艺技术公司发展

我们选取乙烯发展史上具有代表性的三家乙烯链工艺技术持有公司，复盘其发展历程。我们认为（1）专注有竞争优势的主业发展是化工企业做大做强、也是困境反转的解决方法；（2）通过技术层面渗透全球聚烯烃产业发展，是竞争日益激烈的乙烯行业的突破路径之一。技术壁垒无法成为长期的战略优势，而技术替代却能成为未来长时间的稳定利润来源。

**美国联合碳化物：**Union Carbide 成立于 1917 年，系由联合碳化物、杜登气体产品、国民碳素等五家公司合并组成。由于该公司重视产品开发和化学工程研究，发展很快。20 年代公司发展涂料和硝化纤维的生产，1920 年研究开发了由天然气制乙烯的方法，30 年代开始生产合成橡胶和塑料，在新泽西州的匹斯卡塔威市建立美国第一座大型塑料厂。1979 年开发出气相法生产 LDPE 的 Unipol 新工艺。1984 年联碳在印度博帕尔市的农药厂甲基异氰酸酯气体泄漏，酿成重大悲剧，使联碳公司受到很大损失，公司被迫进行重大改组。之后公司进行整顿，集中力量搞好工业气体、化学品及塑料、碳制品三个核心工业。1993 年，联碳公司开发成功了 Unipol III 型气相法工艺，用低压法取代了过去的高压法生产 LDPE。2001 年，联合碳化物公司成为陶氏化学公司的全资子公司。

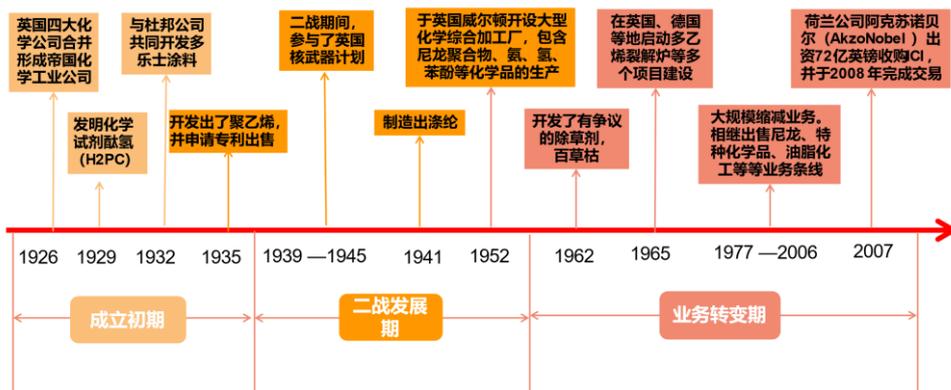
图21 联合碳化物公司的发展历程



资料来源：公司官网，东海证券研究所

**英国帝国化学：**ICI (Imperial Chemical Industries Ltd.) 1935 年第一次实验合成高压低密度聚乙烯，并于 1939 年实现了工业化生产。公司在 1977 年后进入业务规模缩减、调整阶段，相继推出尼龙、特种化学品、油脂化工等业务条线，2008 年由阿克苏诺贝尔收购后，其涂料“多乐士”品牌也成为了阿克苏诺贝尔的重点发展对象。阿克苏诺贝尔同时以 40 亿欧元的价格把 ICI 的黏合剂和电子材料业务转卖给总部在德国的汉高公司(Henkel)。

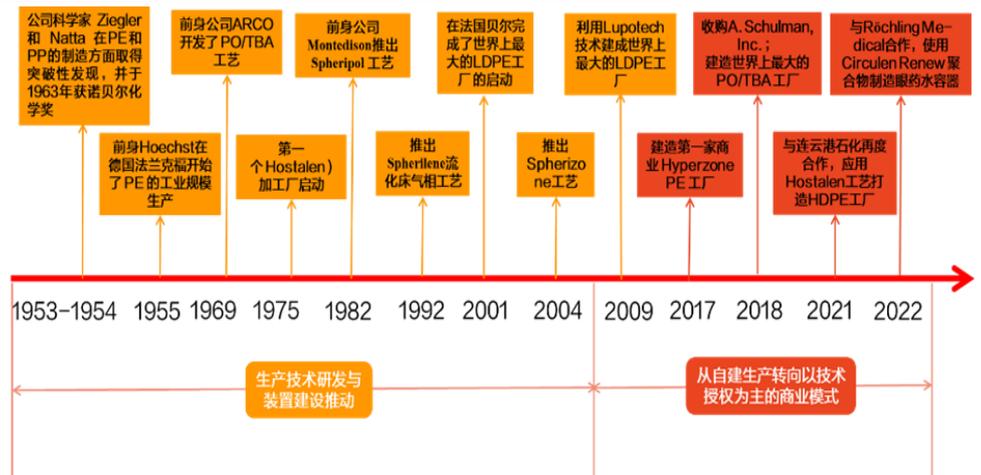
图22 英国帝国化学公司的发展历程



资料来源：公司官网，东海证券研究所

**利安德巴塞尔：**Lyonde Basell 建立于 2000 年 10 月，由 BASF 和 SHELL 各持股 50%，总部设于荷兰，是全球聚烯烃生产和技术许可的领导者。2015 年以后，利安德巴塞尔公司将盈利重心从自建生产转向以技术授权为主的模式。

图23 利安德巴塞尔公司的发展历程



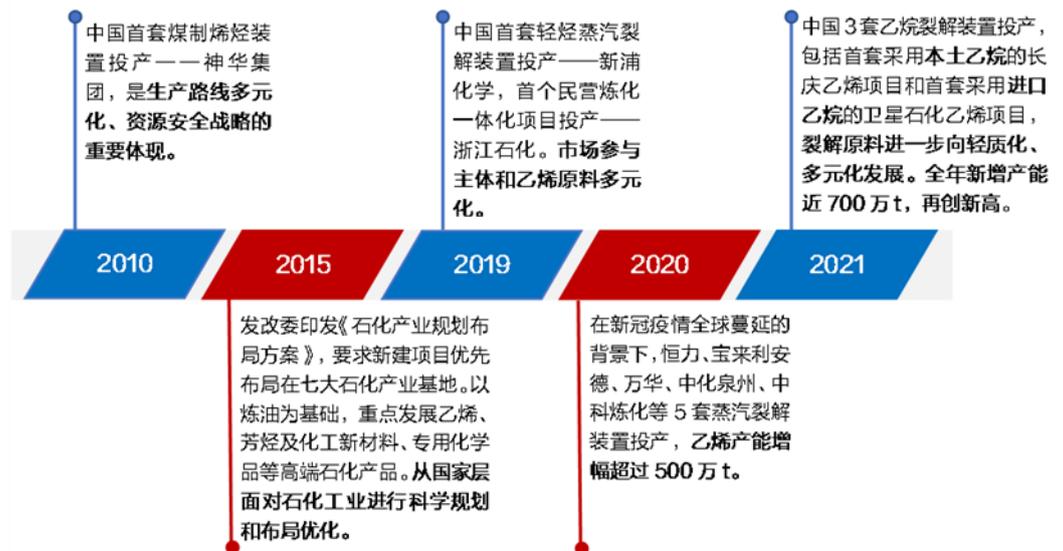
资料来源：公司官网，东海证券研究所

### 3.原料多元化，技术低碳化，烯烃产品高端化

#### 3.1.乙烯原料多元化已成必然趋势

近年来，全球乙烯原料的多元化和轻质化发展趋势明显。美国页岩气的成功开发，不仅为本国乙烯提供了廉价的原料，还影响到世界乙烯原料的变化，使得乙烯原料的选择更具多样性。我国乙烯较大的当量缺口，以及原油高进口依存度凸显了烯烃原料多元化的重要性。原料的可获性、价格水平、生产工艺等因素，使煤/甲醇制乙烯、乙烷裂解制烯烃项目各具优势。

图24 我国乙烯原料发展多元化历史进程

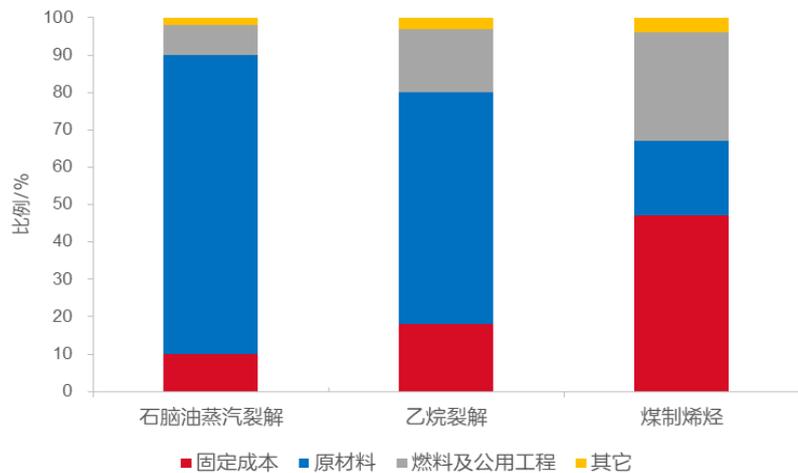


资料来源：公开资料整理，东海证券研究所

#### 3.1.1.高油价下煤制烯烃具成本优势

不同乙烯路线成本结构如下图所示，可以看出，煤制烯烃成本构成中，原材料占比仅20%左右；而石脑油蒸汽裂解原料占80%左右，乙烷裂解原料占比也达到60%以上。因此，煤制烯烃项目成本对原料价格变化并不敏感，承受市场风险的能力较强，但由于产品价格下跌无法通过原料价格对冲，对利润影响显著。

**图25 不同乙烯路线成本结构**



资料来源：《对我国乙烯原料路线多元化发展现状及趋势探讨》赵文明，东海证券研究所

煤制烯烃由于现金成本较低，在40美元/桶以下的低油价情况下仍能维持经营所需现金流，有较强的抗风险能力；但从完全成本角度，只有油价60美元/桶以上，其相对石脑油蒸汽裂解路线才具有优势；但考虑到其投资强度远高于其它路线，从投资回报能力角度考虑，当油价80美元/桶以上，其相对蒸汽裂解路线才有明显优势。

**表12 不同原料价格水平下不同路线乙烯装置烯烃现金成本对比**

石脑油蒸汽裂解		进口乙烷裂解	煤制烯烃
国际油价 (布伦特现货, 美元/bbl)	烯烃现金成本 (不含税, 元/t)	对应的美国乙烷价格 (MB 价格, 美元/t)	对应的煤炭价格 (到厂价格, 元/t)
30	2808	94	129
40	3624	198	293
50	4417	300	453
60	5233	404	617
70	6024	505	776
80	6842	610	941
90	7633	711	1100
100	8451	816	1265

资料来源：《对我国乙烯原料路线多元化发展现状及趋势探讨》赵文明，东海证券研究所

表13 不同原料价格水平下不同路线乙烯装置烯烃完全成本对比

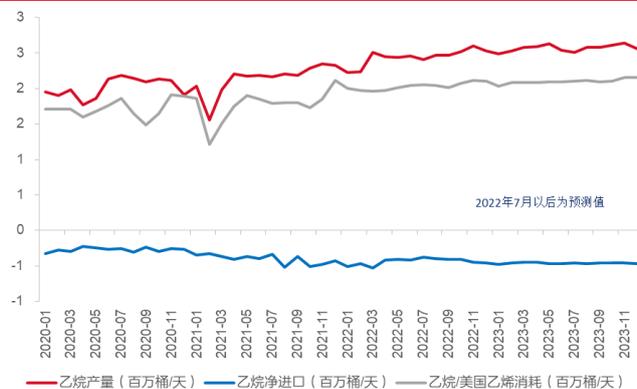
石脑油蒸汽裂解		进口乙烷裂解	煤制烯烃
国际油价 (布伦特现货, 美元/bbl)	烯烃现金成本 (不含税, 元/t)	对应的美国乙烷价格 (MB 价格, 美元/t)	对应的煤炭价格 (到厂价格, 元/t)
30	3042	95	-91
40	3858	199	73
50	4651	301	233
60	5467	405	397
70	6258	506	556
80	7076	611	721
90	7867	712	880
100	8685	817	1045

资料来源:《对我国乙烯原料路线多元化发展现状及趋势探讨》赵文明, 东海证券研究所

### 3.1.2. 美国乙烷供应增加, 乙烷裂解仍有优势

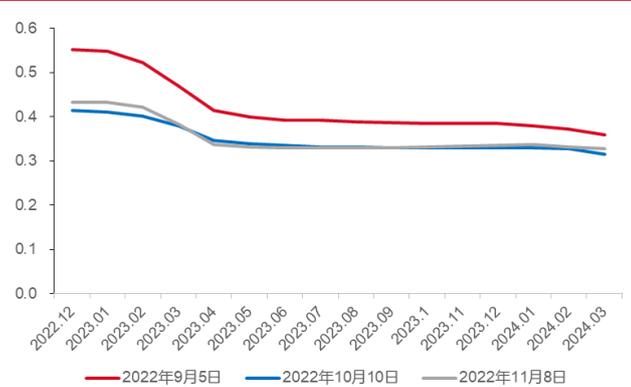
我国乙烷进口依赖度较高, 美国是我国乙烷的主要进口国。未来美国乙烷裂解装置投产项目较少, 叠加乙烷开采的稳步提升, 整体看乙烷供需偏宽松, 乙烷价格上涨空间有限。据 EIA 统计, 2021 年美国乙烷富余量约 2000 万吨, 并随着油价与天然气价格的上涨, 开采量的上升将带动未来几年乙烷产量保持快速增长。以目前约 400 美元/吨价格来看, 进口乙烷制乙烯进料成本约对应油价 60 美元/桶时石脑油裂解成本。根据美国 MB 乙烷远期曲线, 2023 年乙烷均价在 335 美元/吨, 2024 年上半年回落至 275 美元/吨, 长期进料成本将对应油价 45 美元/桶时石脑油裂解成本, 远低于目前油价。

图26 美国乙烷供需



资料来源: IEA, 东海证券研究所

图27 美国 MB 乙烷远期曲线 (\$/gallon)



资料来源: Bloomberg, 东海证券研究所

2022 年 4 月, 我国工信部等 6 部门发布《关于“十四五”推动石化化工行业高质量发展的指导意见》(以下简称“意见”), 通过一系列举措, 推进我国由石化化工大国向强国迈进。《意见》指出, 优化烯烃、芳烃原料结构, 引导烯烃原料轻质化、优化芳烃原料结构, 提高碳五、碳九等副产资源利用水平。我们认为乙烷、丙烷裂解制烯烃项目在国内仍有发展空间。

### 3.2. 乙烯生产技术愈加注重低碳化

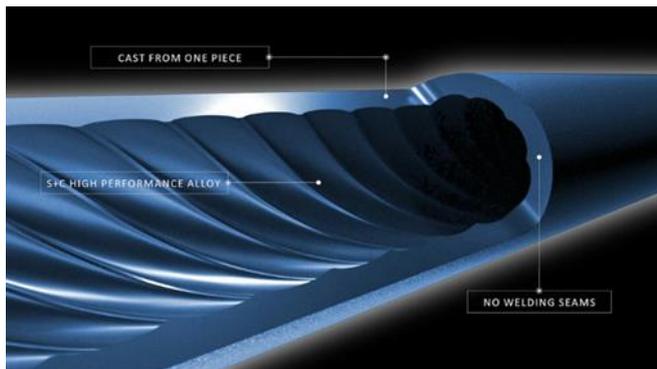
2021 年我国石化化工行业 CO<sub>2</sub> 排放量占中国 CO<sub>2</sub> 排放总量 8%左右, 其中乙烯工业占行业的 8%左右。我国确立 2030 年前实现碳达峰、2060 年前实现碳中和的目标, 这就意

味着石化化工行业低碳发展是必然选择。实现双碳目标，乙烯化工行业应从原料生产、装置更新、运营管理等多环节介入，全流程打造节能减排低碳的生产路线。

### 3.2.1. 蒸汽裂解装置节能减排

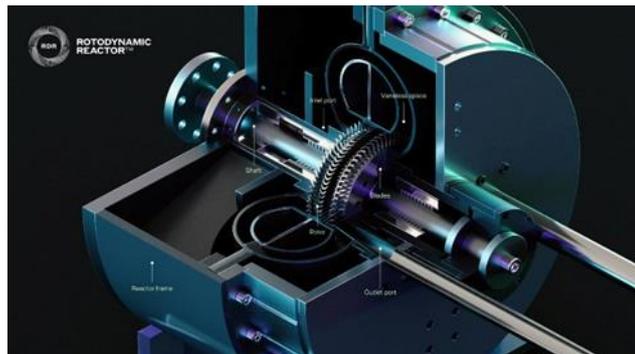
蒸汽裂解生产乙烯是我国乙烯的最主要生产路线，约占我国乙烯总产能的 84%。碳排放源主要有裂解炉燃料燃烧 CO<sub>2</sub> 排放、热力和电消耗间接排放及火炬排放等，其中燃料燃烧直接排放、热力和电消耗间接排放是最主要的两大 CO<sub>2</sub> 排放源。因此**提高裂解炉热效率、采用高效分离技术、智能化赋能以及蒸汽驱动向电力驱动转变**是蒸汽裂解装置节能减排的有效路径之一。

图28 Scope 系列炉管内部结构图



资料来源：Schmidt + Clemens 公司官网，东海证券研究所

图29 RDR 反应实验版本装置图



资料来源：Coolbrook 公司官网，东海证券研究所

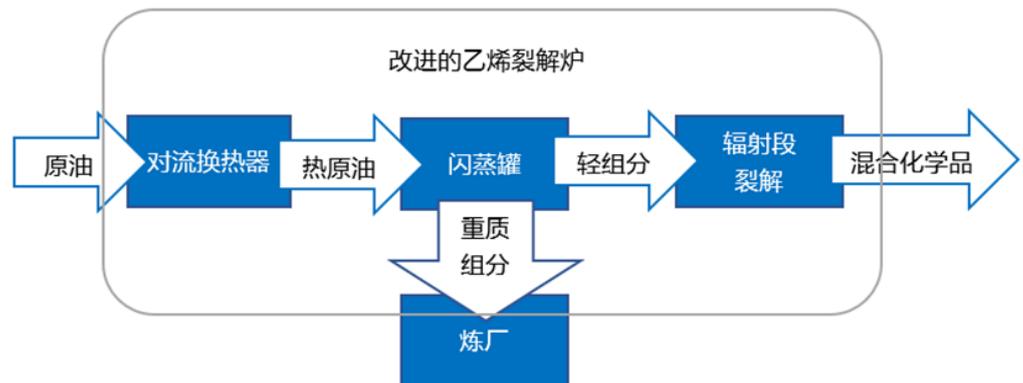
- 1、裂解炉管强化传热技术通过改变裂解炉管内部结构或材料，改变炉管内流体流动状态，强化传热，减少燃料消耗和碳排放。美国 Lummus 等公司开发的翅片管可将普通炉管热效率提高 20%~30%，已较为成熟。加拿大久保田公司开发的 MERT 系列螺旋纹管可提高 40% 以上传热效率，目前已得到广泛应用。德国 Schmidt + Clemens 公司开发的 Scope 系列炉管，使用 HT-E 合金，通过均匀环流模式，提高热效率，从而减少燃料消耗。
- 2、裂解炉管涂层技术可延长裂解炉运行周期和炉管使用寿命，大幅降低结焦速率，减少燃料气消耗。按功能可分为屏障涂层和催化涂层，屏障涂层主要起到惰性阻隔的作用，抑制结焦；催化涂层在阻隔作用的基础上，通过蒸汽气化反应，催化去除焦炭。
- 3、高效分离技术可提高裂解产物分离效率，大幅降低过程用能，是乙烯装置节能减排的重点措施之一。除采用先进回收系统（ARS）和二元/三元制冷技术等不断优化传统精馏分离过程外，科学家们也在积极探索新型分离材料。如 MAF-49、PCN-250 等都被证明具有良好的乙烯/乙烷选择性；此外，浙江大学研究的新颖氢键-有机框架材料（HOFs），是一种较好的乙烷类吸附剂。但目前这些材料仍处于实验室阶段，需持续研究，争取早日实现工业化应用。
- 4、智能控制系统通过数据辨识来建立输入变量与输出变量之间的关系模型，预测输出变量趋势并实现闭环控制，可提高装置运行平稳性和产品质量稳定性，降低装置能耗。
- 5、裂解炉电气化将成为降低乙烯裂解装置碳排放的重要路径。全球多家公司以及国内的大型石油石化公司等都在进行电加热裂解炉研究。包括长寿命和大功率电热炉设计、新型高效电热体材料技术、先进控制系统等，均需实现技术突破。此外，芬兰 Coolbrook 公司与剑桥大学合作研制了旋转动态反应器（RDR）技

术，其反应器中心是一个转速为 20,000r/min 的转子，预计将于 2025 年实现工业化。2020 年 6 月，陶氏与壳牌宣布了一项联合开发协议，旨在加速开发乙烯蒸汽裂解装置的电气化新技术。据悉，若将 EDH 与电裂解技术整合，CO<sub>2</sub> 排放可降低 40%~50%。陶氏计划通过实施该类技术，到 2050 年实现碳中和目标。

### 3.2.2.多途径直接制乙烯

**原油直接裂解制烯烃技术**可显著降低生产过程能耗和碳排放。直接蒸汽裂解主要取决于原油品质，而催化裂解的核心是催化剂。原油直接进入加氢裂化装置，脱硫并将高沸点组分转化为低沸点组分；之后经过分离，轻组分进入蒸汽裂解装置，重组分进入高苛刻度催化裂化装置。埃克森美孚公司和中国石化已经掌握这项低碳技术，埃克森美孚位于新加坡裕廊岛的 100 万吨/年乙烯装置是全球首个 COTC（原油制化学品 Crude Oil to Chemicals）项目，其创新点在于，完全绕过常规炼油过程，将原油直接供给蒸汽裂解炉，并在裂解炉对流段和辐射段之间加入一个闪蒸罐。中国石化计划利用原油蒸汽裂解直接制乙烯技术建设百万吨乙烯项目，2021 年 11 月中国石化的原油催化裂解直接制乙烯技术实现了世界首次工业化应用。

**图30 埃克森美孚新加坡原油直接制烯烃流程示意图**



资料来源：《中国化工信息》杂志，东海证券研究所

**甲烷一步法制乙烯技术**具有工艺流程短、耗能少、反应过程本身实现了温室气体零排放等优势，一直很受关注。该技术主要包括甲烷氧化偶联制乙烯（简称 OCM）和甲烷无氧一步法制乙烯、芳烃和氢气等产品两种路线，核心是催化剂，国内外许多研究机构做了大量工作，取得了一些新进展，但一直未达到期望的效果。前者报道的最新进展是 2015 年 Siluria 公司与巴西 Braskem 公司、德国林德公司及沙特阿美石油公司旗下的 SAEV 公司合作在得克萨斯州建成投运 365 吨/年的 OCM 试验装置。中国科学院大连化学物理研究所与中国石油等单位对后者进行了深入研究，开发出硅化物（氧化硅或碳化硅）晶格限域的单中心铁催化剂，但目前尚未见到中试实验报道。

**煤经合成气直接制烯烃技术**优势明显，需要持续加大研发力度。我国现已投产的煤制烯烃项目，均是先将合成气转化为甲醇，再通过 MTO 或 MTP 技术采用甲醇制烯烃，该技术路线成熟并得到大规模工业化应用，但与煤基合成气直接制烯烃技术相比，也存在技术复杂、工艺流程长、转化效率较低的不足。2019 年 9 月，大连化物所与陕西延长石油（集团）合作完成煤经合成气直接制低碳烯烃技术的工业中试试验，该技术路线摒弃了传统的高水耗和高能耗的水煤气变换制氢过程以及中间产物（如甲醇和二甲醚等）转化工艺，从原理上开创了一条低耗水（反应中没有水循环，不排放废水）进行煤经合成气一步转化的新途径。该新

工艺流程短，水耗和能耗低，技术优势明显，如果下一步工业试验取得成功，可望成为现有煤制烯烃技术的新一代替代工艺，有必要持续加大研发力度，以期早日实现工业化应用。

**废塑料生产乙烯**是将废塑料通过化学回收方法生成废塑料热解油，再经净化处理进入蒸汽裂解装置生产乙烯，进一步生产聚乙烯等下游产品，实现了塑料的闭环循环，兼具减污、减碳和节省资源的作用。Axens 公司联合 Plastic Energy 和 REPSOL 公司开发了废塑料热解-后精制-蒸汽裂解技术；SABIC 公司开发了废塑料热解-加氢-蒸汽裂解技术，已完成工业示范，生产的再生聚合物已成功应用于联合利华、梦龙等产品包装。未来的研发重点为杂质脱除与装置对原料的适应性。

**以 CO<sub>2</sub> 为原料通过还原反应生成乙烯**在降低生产排放的同时还实现了 CO<sub>2</sub> 的资源化利用。Braskem 公司于 2020 年宣布与 UIC 合作研发基于 CO<sub>2</sub> 电化学还原的乙烯生产技术。据测算，在使用可再生能源的前提下，该系统可将乙烯生产碳强度降低 20%~30%。另外，大规模具有经济效益必须建立在成熟完备的 CO<sub>2</sub> 捕集与存储技术基础上，仍需将 CO<sub>2</sub> 富集等技术作为研发重点。

**生物质原料生产乙烯**可实现源头减碳。目前第 1 代乙醇发酵法制乙烯技术已经成熟，聚合级生物乙烯生产技术 Atol® 为代表的第 2 代纤维素乙醇以及第 3 代生物微藻乙醇制乙烯技术仍在积极研发中，第 2 代和第 3 代技术的乙醇转化率与选择性、乙烯产率尚有待提高。

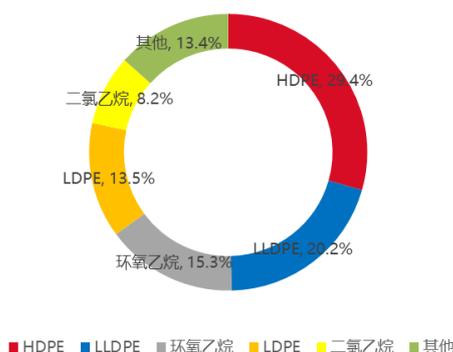
**K-COT™**。蒸汽裂解的辅助性或替代性技术，通过 KBR Orthoflow™ FCC 反应器系统和专有催化剂的组合，将低价值的烯烃、石蜡基或混合物流转化为高价值的丙烯、乙烯和芳烃。具有原料灵活性、高收率、低维护性和更高的能效。

### 3.3. 烯烃产品步入高附加值区间

#### 3.3.1. 乙烯下游产品多且竞争加剧

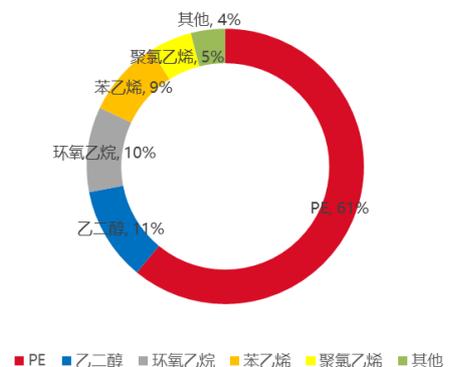
聚乙烯是乙烯消费主要下游方向。2020 年，HDPE、LLDPE、LDPE 和环氧乙烷分别占全球乙烯消费结构的 29.4%、20.2%、13.5% 和 15.3%。从国内看，聚乙烯 2020 年的占比达 61%；其次是乙二醇和环氧乙烷，在乙烯下游应用中占比分别为 11% 和 10%；苯乙烯在乙烯应用中占比为 9%，聚氯乙烯占比 5%。

图31 世界乙烯下游消费占比



资料来源：石化联合会，东海证券研究所

图32 我国乙烯下游消费占比



资料来源：石化联合会，东海证券研究所

随着我国乙烯产能扩张，下游产品也进入供应增速的阶段，低端产品同质化严重，竞争加剧。

表14 乙烯主要下游产品供需预测

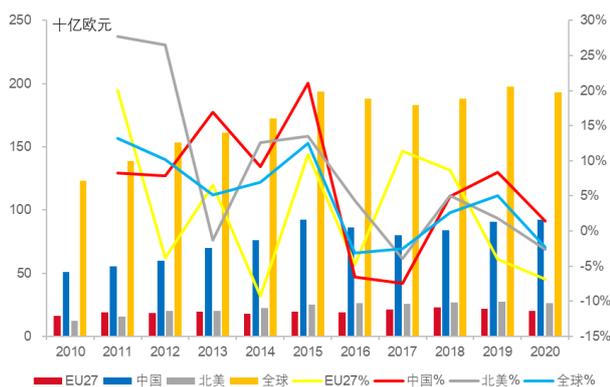
产品	供需指标	2021	2022E	2024E	2026E
苯乙烯	产能 (万吨/年)	1536.2	2200.2	2416.2	2576.2
	总需求量 (万吨)	1403.48	1630	1786	1852
聚乙烯	产能 (万吨/年)	2836	3241	4705.5	5085.5
	总需求量 (万吨)	3934.02	4457.94	5670.63	6251.24
乙二醇	产能 (万吨/年)	2081.1	2516.1	2716.1	2746.1
	总需求量 (万吨)	2050.7	2232.74	2397.39	2754.14
环氧乙烷	产能 (万吨/年)	640	782	915	975
	总需求量 (万吨)	430	460	515	550

资料来源:《中国石化市场预警报告 2022》, 东海证券研究所

### 3.3.2. 新材料成为产业重要发展方向

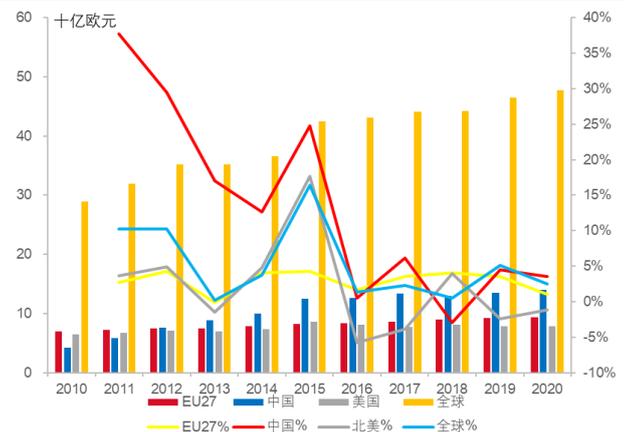
从全球格局看, 中国化工品研发投入在不断加大, 中国将进入化工品高附加值区。根据 CEFIC 数据, 在化工品研发投入方面 (R&D expenditure), 2020 年中国为 140 亿欧元, 在全球占比为 29.4%; 而 2010 年的投入仅为 43 亿欧元, 在全球占比为 14.7%。

图33 全球化工品的投资额及增速



资料来源: CEFIC, 东海证券研究所

图34 全球化工品的研发投入及增速



资料来源: CEFIC, 东海证券研究所

从国内行业发展看, 近年来, 在国家政策引领及企业技术进步等推动下, 我国化工新材料行业发展已具备一定基础。根据石化联合会数据, 2020 年, 我国化工新材料产业规模约 6500 亿元, 消费规模约 9600 亿元, 消费量约 3770 万吨, 自给率约 71%。

表15 国内需要重点发展的主要新材料产品

主要产品	国内发展技术方向
高端聚烯烃	双峰聚烯烃、超高分子聚乙烯、茂金属聚烯烃、超软聚丙烯、环烯烃共聚物
高性能膜材料	MLCC 隔膜、锂电池隔膜
可降解材料	PBAT、PBS、聚乳酸
己二腈	丁二烯法、丙烯腈法
高碳 $\alpha$ -烯烃共聚单体	POE ( 乙烯与 $\alpha$ -烯烃如 1-丁烯、1-己烯、1-辛烯等 ) 无规共聚弹性体
合成橡胶	溶聚丁苯橡胶、稀土顺丁橡胶、食品级丁基橡胶、三元乙丙橡胶
茂金属催化剂	MAO 催化剂能够精确调控其共聚单体的支链分布、分子量的分布和聚合工艺
炼油工艺	原油直接生产乙烯
高性能纤维	高伸长间位芳纶、高强高模聚酰亚胺纤维、碳纤维
高性能改性及合成材料	氢化苯乙烯丁二烯嵌段共聚物、溶液法聚苯醚树脂、聚酰亚胺
特种尼龙	长碳链尼龙品种、生物基尼龙、高温尼龙、透明尼龙

资料来源：石化联合会，东海证券研究所

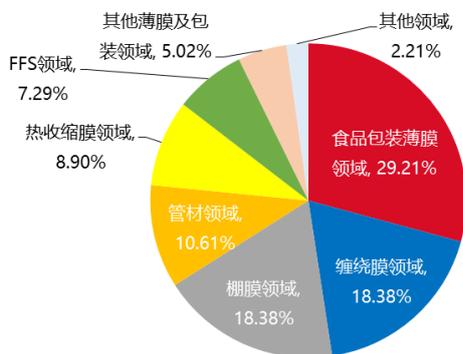
随着国内产业结构优化升级，半导体、电子电器、新能源、信息通信、航空航天等相对新兴领域发展势头良好，有望带动上游化工新材料需求持续增长。预计“十四五”末我国化工新材料消费量将达到 5700 万吨，自给率上升到 75%，占化工行业整体比重超过 10%。

### 3.3.3. 乙烯下游值得关注的新材料

#### 1) 茂金属聚乙烯-需求潜力大

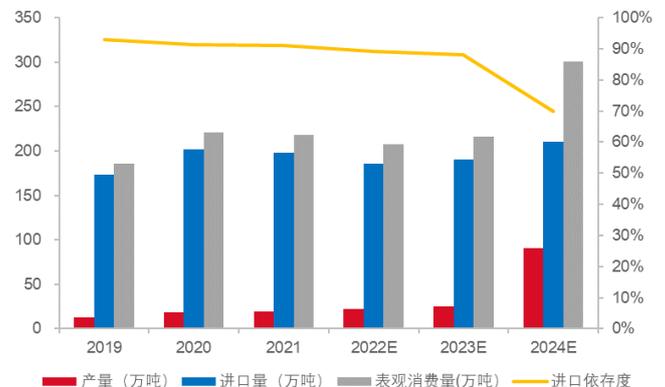
茂金属聚乙烯 ( mPE ) 由乙烯和  $\alpha$ -烯烃 ( 如 1-丁烯、1-己烯、1-辛烯 ) 共聚得到。通过单活性茂金属催化剂，可精密控制结晶结构、分子量分布、单体含量等，具有强度高、透明性好等性能优势，主要用于高端薄膜生产，以及管材、油箱等其他领域。

图35 2021 年茂金属聚乙烯下游需求结构占比



资料来源：EIA，东海证券研究所

图36 茂金属聚乙烯 2024 年需求预计增长 38%



资料来源：Bloomberg，东海证券研究所

茂金属催化剂为核心壁垒，我国 mPE 进口依存度超过 90% ( 进口主要来自埃克森美孚、陶氏、三井化学等 )。国产催化剂活性低、用量大、综合使用成本高，目前除中国石化旗下

4 家企业外，其余企业均选用进口茂金属催化剂，但进口催化剂价格高且供应受限，对 mPE 生产存在一定影响。

目前，全球茂金属聚乙烯产能约 700 万吨/年，埃克森美孚在美国和新加坡各有 130 万吨和 190 万吨产能，陶氏化学在美国和泰国分别有 60 万吨和 65 万吨产能，两家公司为目前全球最大的 mPE 生产企业。

自 2019 年开始，国内不断涌入茂金属聚烯烃新兵，但主要是两桶油阵营。2021 年，宝丰能源成为进入茂金属聚烯烃领域的唯一民营企业。后续来看，埃克森美孚（惠州）、中海油壳牌（三期）、中沙古雷、裕廊石化、广东石化、盛虹石化等国内重点聚乙烯企业都在布局 and 筹划建设茂金属聚乙烯。随着产能放量，预计需求量和国产化同步加速。

**表16 国内目前主要生产 mPE 企业列表**

生产企业	技术来源	产品类型	应用领域	备注
齐鲁石化	北京化工研究院	mLLDPE, mHDPE	薄膜、管材	国内最早、最大的 mPE 生产企业
扬子石化	UNIVATION 公司 Unipol 技术	mLLDPE	薄膜、管材	已推出 4 个牌号
茂名石化	UNIVATION 公司 Unipol 技术	mLLDPE	薄膜、管材	已推出 5 个牌号
独山子石化	UNIVATION 公司 Unipol 技术	mLLDPE, mHDPE	薄膜、管材	在原 FDPE 装置上生产
大庆石化	UNIVATION 公司 Unipol 技术	mLLDPE	薄膜、管材	在原 FDPE 装置上生产
兰州石化	石油化工研究院	mLLDPE	管材	2020 年产出管材 mPE3010，标志中国拥有了自主知识产权的气相法 mPE 生产技术
沈阳化工	UNIVATION 公司	mLLDPE	薄膜	产能 3 万吨/年
宝丰能源	双环管 HDPE		薄膜、管材	国内首家生产 mPE 民营企业

资料来源：石油和化工知识产权网，东海证券研究所

## 2) EVA-光伏料供应仍紧

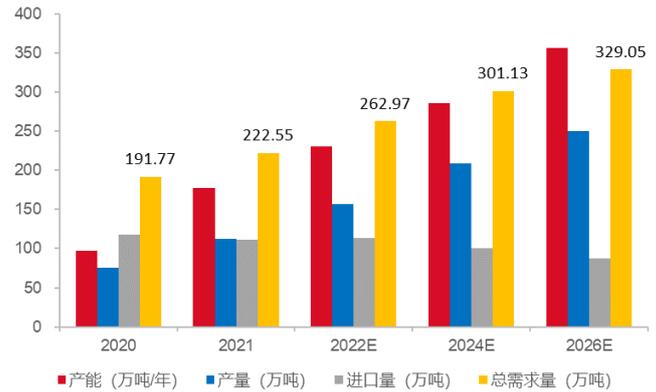
乙烯-醋酸乙烯酯共聚物(EVA)受益光伏市场需求爆发,光伏级 EVA(VA 含量 28-33%) 供不应求。尽管后续国内产能迎来阶段投产高峰,但考虑到光伏级稳产周期较长(例如斯尔邦从建成到稳定产出历时约 4 年),光伏料供需或仍维持偏紧状态。

图37 2021年茂金属聚乙烯下游需求结构占比



资料来源: CPIA, 东海证券研究所

图38 茂金属聚乙烯2024年需求预计增长38%



资料来源: 《中国石化市场预警报告 2022》, 东海证券研究所

海外光伏级 EVA 树脂有效产能约 55 万吨, 主要集中于韩华、杜邦、TPC、LG 化学等海外厂商。我国大炼化企业已在 EVA 领域有所突破, 如盛虹斯尔邦与荣盛石化均处于目前光伏级 EVA 产能第一梯队。

表17 国内目前主要光伏级 EVA 量产企业

企业名称	设计产能 (万吨/年)	后续规划
斯尔邦	20	规划 60 万吨光伏级
荣盛石化	30	计划 2*30 万吨/年 EVA/LDPE (管式), 10 万吨 EVA(釜式)
联泓新科	15	计划建设 9 万吨 VA 项目, 目前已完成安评、能评、环评等手续, 预计 2023 年上半年投产。20 万吨/年 EVA 装置第二次环评公示。
台塑宁波	7.2	12.8 万吨/年 EVA 装置预计 2025 年投产

资料来源: 各公司公告, 东海证券研究所

### 3) POE-适配 N 型电池发展趋势

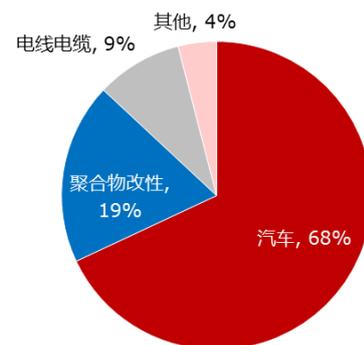
聚烯烃弹性体 (POE) 材料以乙烯、丙烯, 以及  $\alpha$ -烯烃等为原料, 采用高温溶液聚合工艺路线生产, 主要作为抗冲击改性剂及增韧剂等, 广泛用于汽车、包装、电线电缆、医疗器械及家用电器等领域。国内的 POE 材料应用尚在起步阶段, 消费结构以汽车行业为主 (零配件如: 汽车保险杠、内饰、门板等), 占据总消费量的 68%。

图39 不同类别聚合物的性质区别

	塑料PE	POP	POE	顺丁橡胶
单体	乙烯	乙烯/辛烯 (含量小于 20%)	乙烯/辛烯 (含量大于 20%)	丁二烯
弹性	无	低	高	高
常温状态	玻璃态	介于玻璃态和高弹态	高弹态	高弹态
典型应用	薄膜包装	热封材料	聚合物改性等	轮胎

资料来源: 华经产业研究院, 东海证券研究所

图40 我国 POE 下游消费各区域占比



资料来源: 隆众资讯, 东海证券研究所

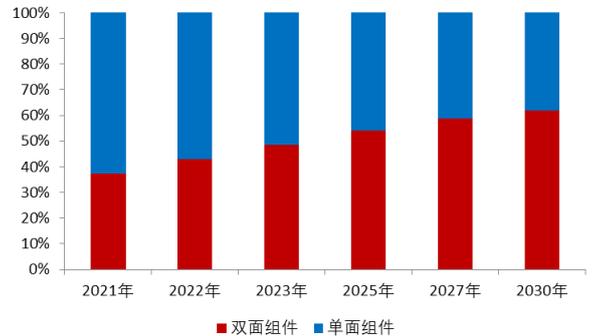
POE 因其良好的力学性能、耐紫外性能、耐老化性能及流变性能等可被作为光伏 EVA 料改性剂或单独作为封装胶膜使用。并具有更优秀的低水蒸气透过率和高体积电阻率。

图41 POE 与 EVA 性能对比

	POE胶膜	EVA胶膜
泄露电流, picoamp23°C	19	3795
绝缘强度, kV/cm	601	444
热传导性, W/m-k	0.291	0.246
透光性, %	>92%	93%
折射率	1.475	1.455
玻璃化温度%	-45	935
电阻率, ohm-cm23°C	>2.64E+16	1.32E+14
水蒸气透过率g/m2-day38°C	3.3	34
有无腐蚀性物质产生	无	有

资料来源:《聚烯烃弹性体和塑性体产品及应用现状》张腾等, 东海证券研究所

图42 未来双面组件持续放量, 占比提升



资料来源: CPIA, 东海证券研究所

双面组件的市场占比将持续提升。据中国光伏行业协会发布的《中国光伏产业发展路线图(2021年版)》, 随着下游应用端对于双面发电组件发电增益的认可, 以及受到美国豁免双面发电组件 201 关税的影响, 双面组件市场占比 2020 年上涨 7.7 个百分点至 37.4%。预计到 2023 年, 单双面组件市场占比基本相当。

未来随着在生产成本的降低及良率的提升, N 型电池(主要包括异质结电池和 TOPCon 电池)将会是电池技术的主要发展方向之一。POE 产品的阻隔性、强抗 PID 能力、无醋酸等特性使其在 N 型电池、异质结电池时具备了其他封装材料不具备的天生优势, 是目前双面组件及 N 型电池、异质结电池的主要封装胶膜。根据 CPIA 数据, 当前胶膜市场仍然以 EVA 胶膜为主, 目前 EVA(含白色 EVA)的市场占有率超过 70%。但随着技术成本发展, 预计 POE 胶膜及 EPE 共挤型胶膜渗透率将逐渐提升。

图43 不同类型电池市场占比变化趋势



资料来源:《聚烯烃弹性体和塑性体产品及应用现状》张腾等, 东海证券研究所

图44 不同封装材料市场占比变化趋势



资料来源: CPIA, 东海证券研究所

$\alpha$ -烯烃是 POE 产业链最核心壁垒, 目前全球 POE 产能仅约 110 万吨, 集中于海外厂商, 包括陶氏(46 万吨/年)、埃克森美孚、SK、三井公司等。我国已加快 POE 产品自主研发进程, 部分企业已经攻克了 POE 的生产技术, 并逐步推进工业化的量产。

表18 国内目前主要具备 POE 产能企业

企业名称	产能(万吨/年)	当前进度及投产时间
万华化学	20	1000 吨/年 POE 装置已完成中试, 预计 2024 年投产
斯尔邦	10	拟投资 2.04 亿元建设 800 吨/年 POE 中试装置
卫星化学	10	自主研发成功突破-烯烃关键技术, 已有 3 款相关专利, 中试建设中
中石化天津	10	二期计划 2023-2024 年投产
京博石化	5	1000 吨/年 POE 装置已完成中试, 预计 2025 年投产
中石化茂名	5.1	1000 吨/年 POE 装置已完成中试, 5 万吨/年 POE 项目尚处于环评公示
荣盛石化	2*20	2022.8.18 公告新材料投资计划

资料来源: 隆众资讯, 东海证券研究所

#### 4) 锂电池隔膜: 继续受益新能源车放量

隔膜技术含量较高, 成本约占锂离子电池成本的 10%-20%, 毛利率可达 50%-60%。目前市场化的锂离子电池隔膜材料主要有 PE 单层、PE 多层、PP 单层和 PP-PE-PP 三层。

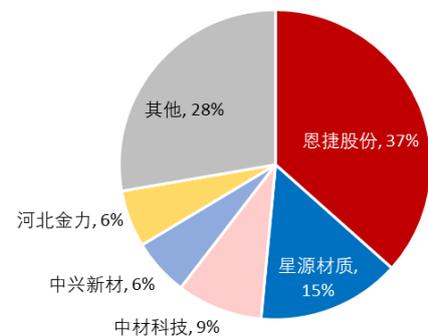
受到全球“电动化”影响, 2021 年我国锂电隔膜出货量 78 亿平方米, 同比增长 110%, 增长势头强劲。

图45 我国锂电隔膜出货量近年大增



资料来源: 北极星储能网, 东海证券研究所

图46 我国锂电隔膜目前市场格局

资料来源: 北极星储能网, 东海证券研究所  
注: 按 2022 年 Q1 出货量占比

截至 2021 年, 龙头恩捷股份、星源材质产能分别为 50、19 亿平方米。后续亦将继续加码, 均公布了超 20 亿平方米的产能布局。恒力石化旗下康辉新材料引进日本芝浦机械株式会社和青岛中科华联新材料股份有限公司的湿法锂电池隔膜生产线共 12 条, 年产能 16 亿平方米。预计最早可于 2023 年投产。

#### 5) 高端 BOPET 薄膜需求广阔

BOPET 薄膜上游为 PTA、乙二醇等原料, 下游应用广泛主要包括印刷包装、液晶显示、新能源、半导体照明等领域。其中包装印刷领域需求占比较大, 为 55.45%, 其次是其他工业和电子、电气领域, 需求占比分别为 28.47%、15.31%。

高端 BOPET 膜还可用于光学显示材料基膜，太阳能背板膜、MLCC 离型膜等领域，有望充分受益下游细分领域蓬勃发展。

光学聚酯基膜是光电子产业链前端最重要的战略材料之一，其用聚酯芯片作为主要材料。随着液晶电视、手机、平板电脑等消费需求增长，显示领域对光学膜需求不断提升。

MLCC 离型膜是 MLCC（片式多层陶瓷电容器）的配套产品。MLCC 被广泛应用在智能手机、汽车电子、可穿戴设备、5G 通信基站等众多领域。随着 MLCC 在消费电子、汽车、5G、军工业等各大应用市场的持续扩容，相应的离型膜需求也随之大幅增加。

图47 2016-2020 年我国光学膜市场需求量及增速



资料来源：华经产业研究院，东海证券研究所

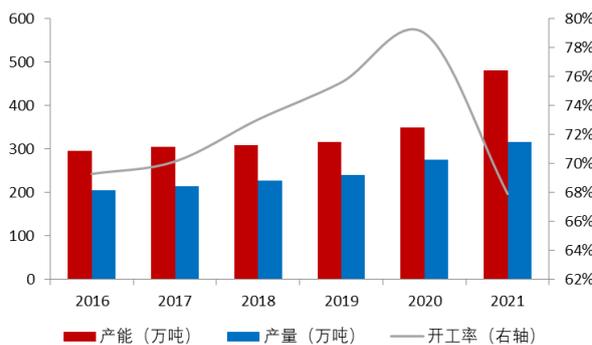
图48 2018-2021 年全球 MLCC 市场规模情况



资料来源：中国电子元件行业协会，东海证券研究所

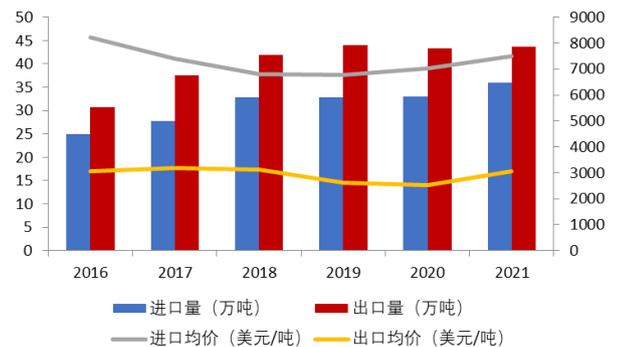
我国低端 BOPET 薄膜产能充足，高端 BOPET 薄膜进口依赖度高。2021 年我国 BOPET 产能利用率仅为 67.9%。2021 年我国 BOPET 进口量为 6.53 万吨，进口单价为 11093.07 美元/吨；出口量为 44.34 万吨，出口单价为 3051.77 美元/吨，进口单价超出口单价约 3.6 倍。

图49 2016-2021 年我国 BOPET 产能和产量情况



资料来源：隆众资讯，东海证券研究所

图50 2016-2021 年我国 BOPET 进出口情况



资料来源：隆众资讯，东海证券研究所

国外企业技术垄断。例如，光学基膜是 BOPET 行业中技术上技术壁垒最高的领域之一，因为它们必须满足高透光率、低雾度和高亮度的要求。高端光学基膜产品市场主要来自 Toray、3M、三菱和 SKC，这些公司约占国内背光模组市场份额的 70%。

高性能膜材料具有高附加值以及较强的产品竞争力，国内生产企业正积极布局高端 BOPET 薄膜。恒力石化旗下康辉新材已拥有超 20 万吨/年 BOPET 产能，且成功开发了多种高端 MLCC 离型基膜专用纳米母料，实现量产。

## 4.投资建议

乙烯产业经过百年发展进化，其传统的生产工艺业已成熟，在当前能源创新与能源安全的双重背景下，我们认为乙烯行业今后的发展方向将是原料多元化、技术低碳化以及产品高端化。着重关注两条主线：1) 油价波动下，煤制烯烃以及烷制乙烯各有优势。我国煤化工具有天然资源、技术经验领先，在海外能源高企下具有明显成本优势；美国乙烷供给放量但下游乙烯裂解装置无大的新增，乙烷价格有望回归合理区间，轻烃化工有低能耗、低碳排、流程短收率高、产氢多的优势，属于国家政策鼓励工艺。2) 乙烯产能的投放今后将由技术、新市场需求驱动，新材料是乙烯产能消化重要突破途径，注重科技研发、产品更符合市场发展趋势的化工企业将更具有长远竞争力；我国大炼化在 EVA 已经形成突破，未来在 POE 等方面有望形成新的增长点。重点推荐：卫星化学、荣盛石化、恒力石化、东方盛虹、宝丰能源、万华化学等。

## 5.风险提示

- **国内的乙烯产能过剩风险。**未来全球新增乙烯产能主要集中在中国国内，若下游化工品需求大幅低于预期，乙烯产能或在短时间内难以消化，乙烯价格或有剧烈波动，从而挤压企业利润。
- **新技术及新材料应用进展不及预期的风险。**国内多数石化化工龙头布局新材料，若其项目进展不及预期，或对企业成长性评估带来负面影响。

## 一、评级说明

	评级	说明
市场指数评级	看多	未来 6 个月内上证综指上升幅度达到或超过 20%
	看平	未来 6 个月内上证综指波动幅度在-20%—20%之间
	看空	未来 6 个月内上证综指下跌幅度达到或超过 20%
行业指数评级	超配	未来 6 个月内行业指数相对强于上证指数达到或超过 10%
	标配	未来 6 个月内行业指数相对上证指数在-10%—10%之间
	低配	未来 6 个月内行业指数相对弱于上证指数达到或超过 10%
公司股票评级	买入	未来 6 个月内股价相对强于上证指数达到或超过 15%
	增持	未来 6 个月内股价相对强于上证指数在 5%—15%之间
	中性	未来 6 个月内股价相对上证指数在-5%—5%之间
	减持	未来 6 个月内股价相对弱于上证指数 5%—15%之间
	卖出	未来 6 个月内股价相对弱于上证指数达到或超过 15%

## 二、分析师声明：

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，具备专业胜任能力，保证以专业严谨的研究方法和分析逻辑，采用合法合规的数据信息，审慎提出研究结论，独立、客观地出具本报告。

本报告中准确反映了署名分析师的个人研究观点和结论，不受任何第三方的授意或影响，其薪酬的任何组成部分无论是在过去、现在及将来，均与其在本报告中所表述的具体建议或观点无任何直接或间接的关系。

署名分析师本人及直系亲属与本报告所涉及的内容不存在任何利益关系。

## 三、免责声明：

本报告基于本公司研究所及研究人员认为合法合规的公开资料或实地调研的资料，但对这些信息的真实性、准确性和完整性不做任何保证。本报告仅反映研究人员个人出具本报告当时的分析和判断，并不代表东海证券股份有限公司，或任何其附属或联营公司的立场，本公司可能发表其他与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告。本报告可能因时间等因素的变化而变化从而导致与事实不完全一致，敬请关注本公司就同一主题所出具的相关后续研究报告及评论文章。在法律允许的情况下，本公司的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。

本报告仅供“东海证券股份有限公司”客户、员工及经本公司许可的机构与个人阅读和参考。在任何情况下，本报告中的信息和意见均不构成对任何机构和个人的投资建议，任何形式的保证证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效，本公司亦不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。本公司客户如有任何疑问应当咨询独立财务顾问并独自进行投资判断。

本报告版权归“东海证券股份有限公司”所有，未经本公司书面授权，任何人不得对本报告进行任何形式的翻版、复制、刊登、发表或者引用。

## 四、资质声明：

东海证券股份有限公司是经中国证监会核准的合法证券经营机构，已经具备证券投资咨询业务资格。我们欢迎社会监督并提醒广大投资者，参与证券相关活动应当审慎选择具有相当资质的证券经营机构，注意防范非法证券活动。

### 上海 东海证券研究所

地址：上海市浦东新区东方路1928号 东海证券大厦  
 网址：Http://www.longone.com.cn  
 电话：( 8621 ) 20333619  
 传真：( 8621 ) 50585608  
 邮编：200215

### 北京 东海证券研究所

地址：北京市西三环北路87号国际财经中心D座15F  
 网址：Http://www.longone.com.cn  
 电话：( 8610 ) 59707105  
 传真：( 8610 ) 59707100  
 邮编：100089