

石油石化

线性 α -烯烃，为乙烯赋能

α -烯烃是提升聚烯烃品质的关键原料

线性 α -烯烃 (linear alpha olefin, LAO) 是指双键位于分子链端部的直链单烯烃，常用于聚乙烯、润滑油、洗涤剂、油田化学品等领域。其中聚乙烯是 α -烯烃最大的应用下游， α -烯烃用作 HDPE 的共聚单体时，其平均含量为 1%-2%；生产 LLDPE 的共聚单体时，其平均含量为 8%-10%；用于 POE 时 α -烯烃含量在 20%-30%。

生产 HDPE 或 LLDPE 时，加入 1-己烯能使 PE 的支化度得到显著提高，共聚物的结晶度、熔点和密度均较低，柔韧性和抗撕裂性均较好，1-己烯共聚制得的 LLDPE 与 1-丁烯共聚制得的 LLDPE 相比，拉伸强度、抗冲击强度、抗撕裂性和耐用性均明显优越，可作为高档专用 PE 树脂，制出高韧高强且厚度更薄的 LLDPE；对于 POE 而言，乙烯/1-辛烯共聚弹性体性能最好。

国内 α -烯烃消费数量与品质均有较大提升空间

用于聚乙烯共聚单体的 α -烯烃主要包括 C4/C6/C8 三种，与海外对比：

- 1、中国 α -烯烃消费总量偏低，根据 2020 年欧盟统计局数据，中国化工品消费总量占全球总量的 45%，是全球最大的化工品消费市场，但在 α -烯烃领域，2019 年中国 α -烯烃消费仅占全球的 13%，仍具有很大的成长空间；
- 2、中国 α -烯烃消费结构偏低端，对比欧美的 α -烯烃消费结构，2019 年我国以 C4 产品为主，占比达到 81%，C6 为 5%，C8 仅为 0.3%，而美国 C4 消费占比仅为 17%，C6 占比 22%，C8 占比 19%。

α -烯烃市场前景广阔，国产化进程加速

未来中国 LLDPE/HDPE/POE 产量均有较高增速，叠加聚乙烯产品品质提升，1-己烯、1-辛烯具有广阔的市场空间，假设中国 α -烯烃消费转变为类似于美国的消费结构，我们预计 2025 年对应的 C6 需求 45 万吨、C8 需求 39 万吨；同时高碳 α -烯烃相对于 1-丁烯具有较高溢价。

广阔的市场空间及高附加值，吸引国内企业纷纷布局高碳 α -烯烃尤其是 1-辛烯，中石油、中石化、民营炼化、卫星等企业加大对 1-辛烯的研发力度，国产化进程有望加快。

风险提示：产能投放不及预期风险；市场需求转弱风险；市场价格波动风险；文中部分测算是基于 2019 年国内外 α -烯烃市场数据，可能与最新情况有所偏差，仅供参考；测算具有一定主观性，仅供参考。

证券研究报告

2023 年 01 月 29 日

投资评级

行业评级 强于大市(维持评级)

上次评级 强于大市

作者

张樨樨 分析师
 SAC 执业证书编号：S1110517120003
 zhangxixi@tfzq.com

行业走势图



资料来源：聚源数据

相关报告

- 1 《石油石化-行业专题研究:后能源危机周期，资本开支链条有哪些投资机会？》 2023-01-08
- 2 《石油石化-行业专题研究:油服专题：全球 Capex 回升，油服行业拐点有望出现》 2022-11-21
- 3 《石油石化-行业深度研究:原油深度：供给冲击为主导，油价预计高位震荡》 2022-11-18

内容目录

1. α-烯烃是中国聚烯烃产业高端化的关键原料	4
1.1. α -烯烃分类及消费结构	4
1.2. 聚乙烯共聚单体从1-丁烯向1-己烯、1-辛烯转变大势所趋	4
1.3. 国内 α -烯烃市场潜力大	5
1.3.1. 中国 α -烯烃消费总量偏低	5
1.3.2. 中国 α -烯烃消费结构偏低端	6
1.3.3. POE是 α -烯烃新兴增长点	6
2. 工艺路线复杂，高技术壁垒	7
2.1. 几种生产工艺	7
2.1.1. 蜡裂解法	7
2.1.2. 高碳醇脱氢（植物油法）	7
2.1.3. 费托合成	7
2.1.4. 混合C4分离法	8
2.2. 乙烯齐聚工艺	8
2.2.1. 非选择性	8
2.2.2. 选择性齐聚	10
2.2.3. 乙烯四聚难点	11
3. 高碳 α -烯烃国产化进展加速	12
3.1. 国内市场前景测算	12
3.2. 国内产能规划	12
3.3. 高碳 α -烯烃具有较高溢价	13
4. 风险提示	14

图表目录

图1: 2019年全球 α -烯烃消费结构:	4
图2: 2019年 α -烯烃产能分布	5
图3: 2019年 α -烯烃需求分布	5
图4: 2019年各区域 α -烯烃消费结构对比: %	6
图5: 乙烯非选择性齐聚工艺比较:	8
图6: 非选择性齐聚产品结构:	9
图7: 乙烯齐聚工艺流程	9
图8: 乙烯齐聚反应机理	10
图9: 异构化及歧化机理	10
图10: 乙烯四聚: 金属环化催化反应机理	11
图11: 1-丁烯价格: 元/吨	14
 表1: 不同种类 α -烯烃应用领域	4
表2: 国内POE进展及规划: 万吨/年, 2023年1月	7

表 3: 乙烯四聚产品结构: %.....	11
表 4: α -烯烃需求测算.....	12
表 5: 国内高碳 α -烯烃产能及规划: 万吨.....	13

1. α - 烯烃是中国聚烯烃产业高端化的关键原料

1.1. α - 烯烃分类及消费结构

线性 α - 烯烃 (linear alpha olefin, LAO) 是指双键位于分子链端部的直链单烯烃，在工业生产中通常指代 C4+ 的高碳直链端烯烃。

大部分已商业化的 LAO 装置主要生产全馏分 α - 烯烃，产品碳数分布范围在 C4~C30+，全馏分 α - 烯烃可以满足多种下游市场。

C4~C8 的 LAO 中的 1- 丁烯、1- 己烯和 1- 辛烯常作为高密度聚乙烯 (HDPE)、线性低密度聚乙烯 (LLDPE) 和聚烯烃弹性体 (POE) 的共聚单体。

C8~C12 的 LAO，如 1- 辛烯、1- 癸烯和 1- 十二烯，可以用于合成高级合成润滑油聚 α - 烯烃 (PAO) 以及烷基苯等；C12~C16 的 LAO 多用于洗涤剂、香料的生产或三次采油。

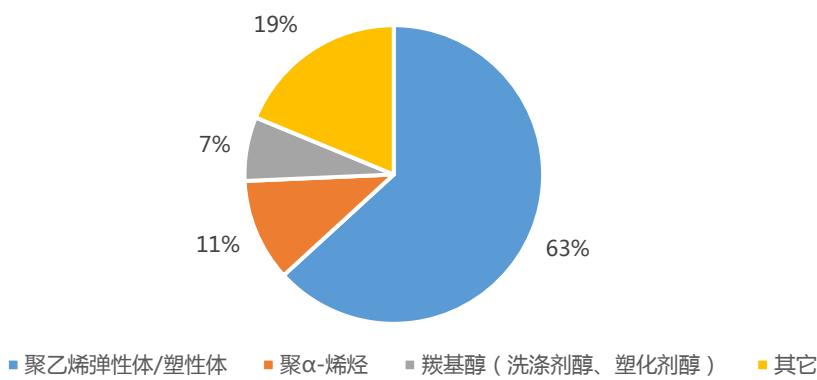
表 1：不同种类 α - 烯烃应用领域

C4-C8	聚烯烃共聚单体
C6-C8	低分子量脂肪酸、硫醇等
C6-C10	增塑剂用醇
C8-C12	聚 α - 烯烃 (PAO) 、润滑油和胺类添加剂
C10-C16	洗涤剂用醇、非离子型表面活性剂、油田化学品
C16-C18	油田化学品、润滑油添加剂、表面活性剂
C20-C30+	油田化学品、蜡流变改性剂

资料来源：《 α - 烯烃的生产技术与应用进展》芦鹏曾等，天风证券研究所

从 2019 年的全球消费结构来看，聚乙烯弹性体和塑性体是 LAO 最大的消费下游，占比达到 63%；聚 α - 烯烃 PAO 占比达到 11%；羧基醇占比 7%。

图 1：2019 年全球 α - 烯烃消费结构：



资料来源：IHS，天风证券研究所

1.2. 聚乙烯共聚单体从 1- 丁烯向 1- 己烯、1- 辛烯转变大势所趋

聚乙烯是 α - 烯烃最大的应用下游，自 1977 年美国 UCC 公司采用乙烯和 α - 烯烃共聚生产聚乙烯以来，各大公司纷纷积极开展此类研究，目前已经工业化的共聚单体有 1- 丁烯、1- 己烯、1- 辛烯等。通常 α - 烯烃用作 HDPE 的共聚单体时，其平均含量为 1%-2%；生产 LLDPE 的共聚单体时，其平均含量为 8%-10%。

随着聚乙烯中共聚单体 α -烯烃含量的增加，聚乙烯产品从高密度聚乙烯 (HDPE) 到线型低密度聚乙烯 (LLDPE)，到聚烯烃塑性体 (POP)，再到 POE，密度从高到低，材料性能从热塑性塑料过渡到热塑性弹性体。

生产 HDPE 或 LLDPE 时，加入 1-己烯能使 PE 的支化度得到显著提高，共聚物的结晶度、熔点和密度均较低，因此柔韧性和抗撕裂性均较好，1-己烯共聚制得的 LLDPE 与 1-丁烯共聚制得的 LLDPE 相比，拉伸强度、抗冲击强度、抗撕裂性和耐用性均明显优越，可作为高档专用 PE 树脂，制出高韧高强且厚度更薄的 LLDPE，特别适用于大型中空吹塑容器、管材、包装薄膜材料和农用覆盖膜等。根据高艳《国内 1-己烯共聚聚乙烯市场现状及技术分析》中描述，国外 LLDPE 和 HDPE 的共聚单体从 1-丁烯向 1-己烯、1-辛烯等高碳素 LAO 转变的趋势愈发明显。

我国聚乙烯行业快速发展，产能不断扩大，但产品大多集中在少数几个通用料上，同质化较为严重，LLDPE 的主要问题是低端产品过剩，高性能、多功能专用牌号的产品短缺，因此，使用高碳 α -烯烃生产聚乙烯是突破我国 PE 发展瓶颈的关键因素。

1.3. 国内 α -烯烃市场潜力大

1.3.1. 中国 α -烯烃消费总量偏低

2019 年，全球线性 α -烯烃的产能为 803.2 万吨/年，消费量为 590.9 万吨。北美是全球最大的线性 α -烯烃生产地，2019 年产能达到 353.6 万吨/年，占全球总产能 44%；西欧地区线性 α -烯烃的产能为 72.7 万吨/年，约占世界总生产能力的 9.1%；中东地区线性 α -烯烃的产能为 121.1 万吨/年，约占世界总生产能力的 15.1%；中国大陆线性 α -烯烃的产能为 97 万吨/年，约占世界总生产能力的 12%。

α -烯烃的生产多集中在少数企业手中：2019 年，北美 Chevron Phillips、INEOS、Shell 三家企业合计产能达到 310 万吨，占北美产能的 88%；比利时 INEOS 产能 34 万吨，占西欧产能的 47%；2019 年，中国中石油、中石化、中海油三家合计产能占国内 1-丁烯总产能的 77%。

从需求端来看，2019 年，北美是全球最大的 α -烯烃消费地，占全球 36%，西欧占全球的 16%，而中国 α -烯烃消费仅占全球的 13%。

根据 2020 年欧盟统计局数据，中国化工品消费总量达到 1.547 万亿欧元，占全球总量的 45%，是全球最大的化工品消费市场，与化工体量相比，中国的 α -烯烃具有很大的成长空间。

图 2：2019 年 α -烯烃产能分布

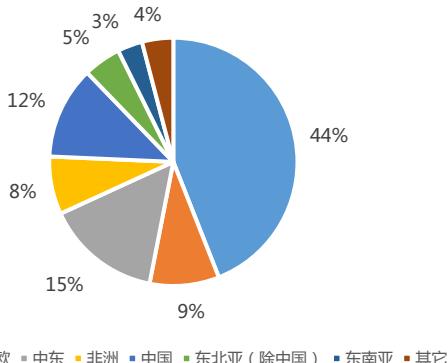
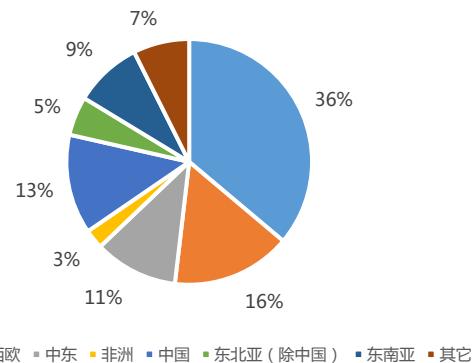


图 3：2019 年 α -烯烃需求分布



资料来源：《世界线性 α -烯烃的供需现状及发展前景》谭捷等，天风证券研究所

资料来源：《世界线性 α -烯烃的供需现状及发展前景》谭捷等，IHS，天风证券研究所

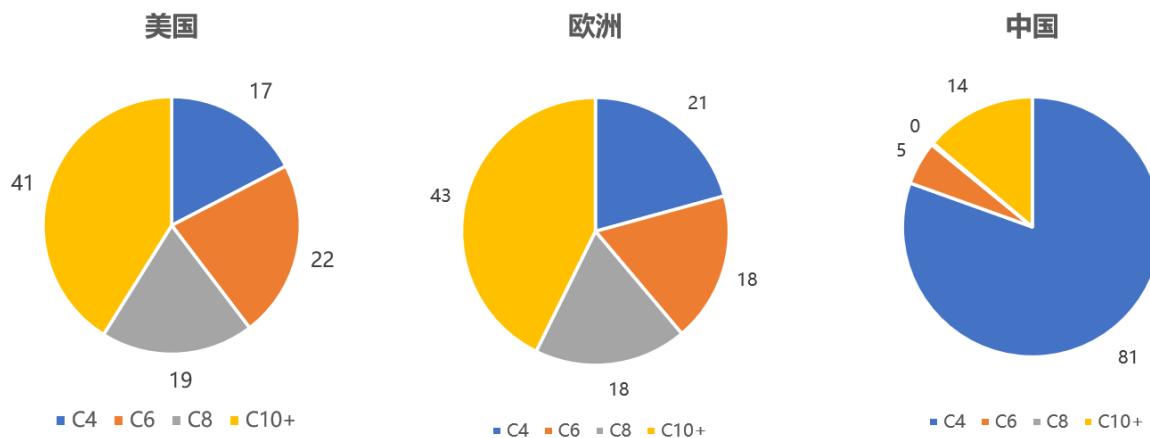
1.3.2. 中国 α -烯烃消费结构偏低端

对比欧美的 α -烯烃消费结构，2019 年我国以 C4 产品为主，占比达到 81%，C6 为 5%，C8 仅为 0.3%。

而全球发达国家采用 1-己烯(C6)和 1-辛烯(C8)作为共聚单体替代 1-丁烯(C4)生产线型 PE 树脂，已成为线型 PE 今后的发展趋势，线型 PE 开发的新产品中 90% 是 1-己烯共聚的牌号。2019 年美国 C6 消费占比 22%，C8 占比 19%；欧洲 C6 消费占比 18%，C8 占比 18%。

面对国际、国内产能过剩，我们认为，国内 PE 产品要顺应高端化、差异化、专业化的发展趋势，需要对产品结构进行调整，产品结构的调整有利于驱动对 α -烯烃共聚单体（尤其是 1-己烯和 1-辛烯）的需求，对于促进高碳 α -烯烃（尤其是 1-辛烯）的国产化及产业发展会有显著的推动作用。

图 4：2019 年各区域 α -烯烃消费结构对比：%



资料来源：IHS，天风证券研究所

1.3.3. POE 是 α -烯烃新兴增长点

POE 是指乙烯与 α -烯烃（1-丁烯、1-己烯、1-辛烯等）的无规共聚物弹性体，通常所说的 POE 主要是指 α -烯烃质量分数大于 20% 的乙烯/ α -烯烃共聚弹性体。

工业应用中乙烯/1-辛烯共聚弹性体性能最好，通常辛烯含量介于 20%-30%，结晶度小于 25%。POE 中，共聚单体含量增加，聚合物密度、硬度、熔融温度均降低，耐热性能下降。根据 CNCIC 2018 年数据，从终端应用来看，国内市场以汽车行业为主，占比达到 50%，发泡占比 9%，电线电缆 8%，工业包装占比 18%，食品包装 5%。

得益于光伏电池 TOPcon 的快速发展，而 POE 的优势主要在于材料性能好，抗 PID 性能优异、电阻率高、水汽阻隔率大、耐低温耐黄变，与 N 型 TOPCon 有更好的适配性，主要的 N 型组件公司都较早探索或导入纯 POE 胶膜或含 POE 成分的胶膜作为封装材料，POE 的需求量有望快速提高。

当前我国 POE 全部依赖进口，但国内已有多家企业攻关 POE 技术，其中万华化学于 2021 年完成中试，茂名石化、东方盛虹于 2022 年 9 月份中试成功，除此之外，浙石化、卫星石化、惠生工程、天津石化等都有规划 POE 产能，POE 的国产化进程有望加快，据不完全统计，国内已有清晰规划的 POE 产能已超过 200 万吨。

按照 20% 的 α -烯烃含量估算，POE 对 α -烯烃需求量超过 40 万吨，是 α -烯烃需求的重要增长点。

表 2：国内 POE 进展及规划：万吨/年，2023 年 1 月

	现有产能	规划产能	阶段
万华化学		2*20	完成中试
茂名石化	0.1	5	2022 年 9 月中试成功
东方盛虹	0.08	30	2022 年 9 月 800 吨/年 POE 中试成功
浙石化		2*20	
卫星石化		-	POE 中试装置正在定制过程中
惠生工程		10	
天津石化		10	
大庆石化		-	推进立项
东华			与中化合作，推进技术研发
湛江中捷精创		10	完成节能报告审查
东华/中国化学			POE 项目已完成中试工艺包和项目选址工作
鼎际得		2*20	2022 年 12 月公告
兰州石化		10	2022 年 12 月环评公示
中能新材		10	

资料来源：各公司公告，中化新网，专塑视界等，天风证券研究所

2. 工艺路线复杂，高技术壁垒

2.1. 几种生产工艺

石油馏分和催化裂化产物中，虽然都含有 α -烯烃，但异构体多、组成复杂，分离难度高，经过多年的发展，蜡裂解法、高碳醇脱氢、费托合成、混合 C4 分离法、乙烯齐聚法成为世界上生产 α -烯烃的主要工艺，其中 **乙烯齐聚法应用最为广泛**。

2.1.1. 蜡裂解法

工业上 α -烯烃生产最早是采用蜡裂解工艺，工艺流程是将原料蜡加热熔化后与水蒸气混合，经预热炉气化并预热后，进入裂解炉在 400~600 $^{\circ}\text{C}$ 下进行裂解，裂解产物急冷后得到的液相产物，然后将液相产物进行分离，得到烯烃产物，液相残蜡循环裂解。但由于原料资源短缺以及产品收率低和质量差等方面的问题，导致蜡裂解工艺逐渐被乙烯齐聚工艺所取代，目前国外的蜡裂解装置已全部停止运行。

2.1.2. 高碳醇脱氢（植物油法）

α -烯烃的高碳醇原料可以由生物质催化生成，随着人们环保意识的增强，通过生物质这种绿色、可再生的资源作为生产 LAO 的原料逐渐成为可能。脂肪醇经脱水生成 α -烯烃，其产品的碳数取决于原料的碳数，而天然植物油绝大多数为 C12~C18 范围的脂肪酸甘油三酯，因此，得到的 α -烯烃碳数一般为 C12~C18。

2.1.3. 费托合成

费托合成的工业化最早由南非 Sasol 公司实现，在煤炭间接液化的过程中利用其中的关键技术（费托合成技术）生产出富含 α -烯烃的中间产品，通过选择加氢、精馏分离等步骤，最终得到高纯 α -烯烃。

煤基合成油粗产品组分复杂，含有正构烷烃、醇等多种有机化合物，如若分离 α -烯烃还必须脱除含氧有机物等杂质，分离烯烃和烷烃的工艺方法包括溶剂吸收、萃取精馏、低温

萃取、吸附分离及膜分离等。各种工艺在烯烃和烷烃分离方面都有一定的效果，但由于烯烃和烷烃混合体系的特殊性，现有的分离工艺都存在一定的不足，多数技术都处于研究阶段。

2.1.4. 混合 C4 分离法

该方法来自热裂解装置或者催化裂化装置，利用萃取法脱除丁二烯、化学法脱除异丁烯后，用精馏或催化萃取生产高纯 1- 丁烯；当采用催化裂化的 C4 馏分作原料时，先脱除丁二烯后，经脱硫、脱水、加氢脱除二烯烃和炔后，再经二聚脱除残余的异丁烯，最终精馏制得高纯 1- 丁烯。混合 C4 分离法只能生产单一的 1- 丁烯产品，无法满足其他产品的生产需求。

2.2. 乙烯齐聚工艺

乙烯齐聚是以乙烯为原料，在催化剂作用下，经齐聚反应制备 α -烯烃的工艺，是全球 α -烯烃最主流的工艺路线，占整个 LAO 生产总量的 95% 以上，工业化生产细分为两大类：

1、非选择性齐聚：该工艺对特定的产品选择性差，得到的产品为全分布的乙烯齐聚物，产物是 C4~C30+ 的偶数碳 LAO，多组分呈现正态分布，且进一步分离得到高纯度 α -烯烃需要消耗大量的能量。

2、选择性齐聚：该工艺得到的产品是某一种或几种乙烯齐聚物，Phillips 乙烯选择性三聚工艺的得到的 1-己烯的纯度高达 90%。

2.2.1. 非选择性

乙烯非选择性齐聚法工艺种类繁多，主要有美国 Chevron Phillip 公司的 Ziegler 一步法、英国 BP Amoco 公司的 Ziegler 两步法，荷兰 Shell 公司的 SHOP 工艺、日本出光石化的 Idemitsu 工艺、美国 UOP 公司与 Union Carbide 公司合作开发的 linear-1 技术、沙特阿拉伯 Sabic 公司的 α -Sabin 技术、法国石油研究院的 Alpha Select 技术等。

各家在催化剂选择及反应条件控制方面有较大区别：催化剂可分为烷基铝催化剂和过渡金属络合物催化剂两大类，包括铬系催化剂、镍系催化剂、铁系催化剂、钯系催化剂、钛系催化剂等。

综合对比来看，Chevron 以三乙基铝为催化剂，工艺路线简单，但烯烃产物需要进行较为复杂的精馏过程以及反应需要使用易燃的烷基铝化合物，燃爆的危险性较大。BP Amoco 工艺灵活性较高，且更适合于 1-辛烯的生产，但过程较为复杂。Shell 公司 SHOP 工艺的过程最为复杂，但其灵活性高，且产品范围宽、经济性强，所使用的催化剂也较前两种更为安全。

图 5：乙烯非选择性齐聚工艺比较：

项目	Chevron	BP Amoco	Shell	Idemitsu
反应步骤	①链增长链置换	①链增长②链置换	①齐聚②异构化③歧化	①齐聚
反应温度/℃	①21	①21②16	①80~120②80~140 ③80~140	120
反应压力/MPa	①21	①21②16	①6.8~16②0.35~1.7③0.35~1.7	6.4
齐聚催化剂	Al(CH ₃ CH ₂) ₃	Al(CH ₃ CH ₂) ₃	镍络合物、MgO、MoO ₃ 、Re ₂ O ₃ /Al ₂ O ₃	ZrH ₄
齐聚催化剂活性/[g·(g·h) ⁻¹]	260	3	1 000	1 800
有无催化剂回收	无	有	有	无
齐聚反应器	管式反应器	搅拌槽	搅拌槽	搅拌槽
反应装置复杂程度	简单	复杂	复杂	简单

资料来源：《乙烯齐聚工艺—从非选择性齐聚到选择性齐聚》吴昊，天风证券研究所

图 6：非选择性齐聚产品结构：

工艺产品	Chevron	B P Amoco	Shell	Idemitsu
C ₄	14	12	7~14	14.9
C ₆ ~C ₁₀	41	54	25~41	42.8
C ₁₂ ~C ₁₄	19	25	15~18	28.0
C ₁₆ ~C ₁₈	12	7	11~15	11.0
C ₂₀	14	2	14~42	14.3

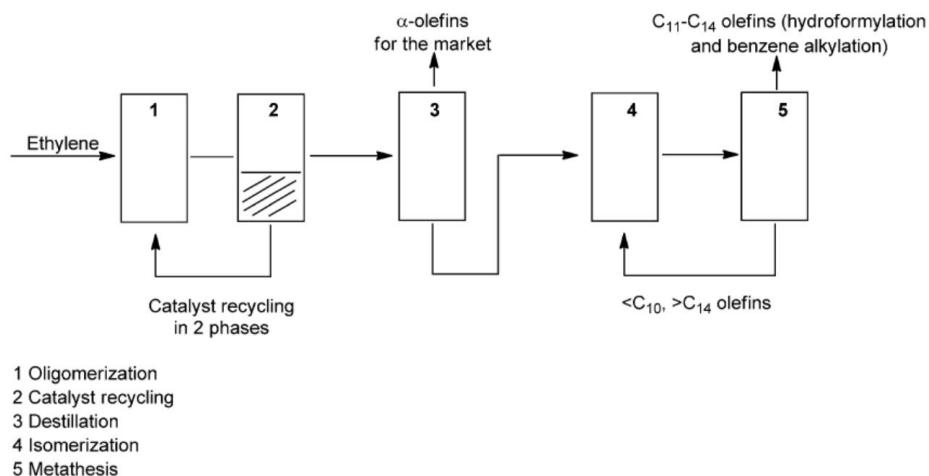
资料来源：《乙烯齐聚工艺—从非选择性齐聚到选择性齐聚》吴昊，天风证券研究所

SHOP 工艺是较为先进的乙烯非选择性齐聚生产线性 α - 烯烃的技术，SHOP 法采用镍-膦催化体系下，经过以下反应步骤：

- 1、齐聚反应：在 90-100°C，100-110Bar 压力作用下，乙烯发生齐聚反应生成 C4-C40 的 α - 烯烃混合物；
- 2、分离：将 C6-C18 从混合体系中分离，并进一步分馏成单独的化合物，可作为共聚单体用于聚乙烯生产，或转化为合成润滑剂、增塑剂醇等；
- 3、异构化：其余偏轻或偏重的 α - 烯烃在固体金属钾催化剂上进行双键异构，得到内烯烃；
- 4、歧化反应：上述内烯烃混合物通过铝载钼酸盐催化剂，进行歧化反应，主要目标产物为 C11-C14 的烯烃，最终用于洗涤剂醇，或转化为洗涤剂烷基酯。

该工艺路线长，但操作条件相对温和，产品的分布可灵活选择，产品纯度高，线性率可达 99%，其中 α - 烯烃质量分数高于 98%，产品碳数范围较宽，可满足不同的市场需求。

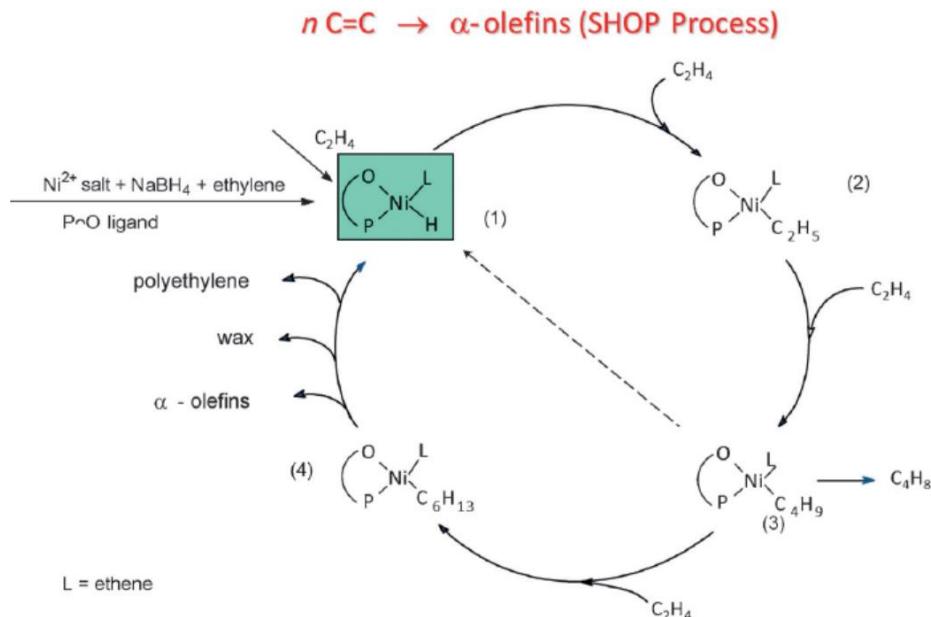
图 7：乙烯齐聚工艺流程



资料来源：《Oligomerization of Ethylene to α -Olefins: Discovery and Development of the Shell Higher Olefin Process(SHOP)》

Wilhelm Keim 等，天风证券研究所

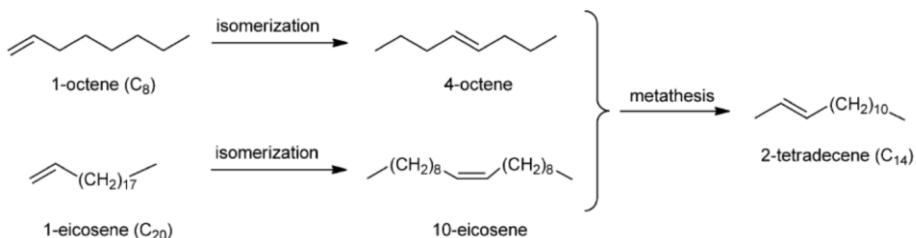
图 8：乙烯齐聚反应机理



资料来源：《Oligomerization of Ethylene to α-Olefins: Discovery and Development of the Shell Higher Olefin Process(SHOP)》

Wilhelm Keim 等，天风证券研究所

图 9：异构化及歧化机理



资料来源：《Oligomerization of Ethylene to α-Olefins: Discovery and Development of the Shell Higher Olefin Process(SHOP)》

Wilhelm Keim 等，天风证券研究所

2.2.2. 选择性齐聚

选择性乙烯齐聚工艺主要包括乙烯三聚生产 1-己烯和乙烯四聚制备 1-辛烯。

乙烯三聚以 Phillips、出光、Amoco 公司为代表，采用铬系催化剂，反应温度 95-120℃，压力 4-7MPa，可实现 C6-C10 收率 72%-98% 不等。

国内由中国石化于 2007 年实现工业化，已成为国内 1-己烯产品的主要生产工艺。中石化的锆催化剂催化乙烯三聚制备 1-己烯的方法选择性达到 90% 以上，中石油的乙烯三聚合成 1-己烯工艺可实现 1-己烯选择性达到 92% 左右。

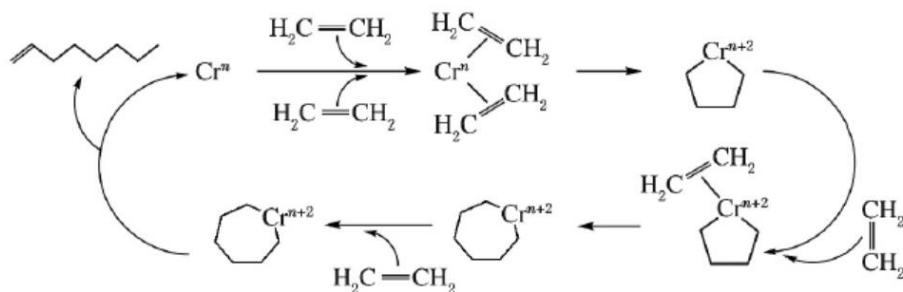
乙烯四聚工艺技术较先进，四聚是指在工艺中产生至少 30% 的 1-辛烯，三聚是指产生多于 70% 的 1-己烯，全球来看，Sasol 公司实现了工业化生产，目前国内企业对 1-辛烯领域加速布局。

催化剂：乙烯四聚所用的催化剂主要是具有双膦配体的铬类催化剂体系，研究人员试图合成不同类型的配体结构以及尝试在配体的 N, P 原子上连接各种取代基，以改变配体的配位环境来提高催化剂的性能。

助催化剂：乙烯选择性四聚常用的助催化剂为甲基铝氧烷 MAO，此外还有改性甲基铝氧烷 (MMAO)、硅胶负载的甲基铝氧烷 (MAO-silica)、乙基铝氧烷 (EO) 等。其中 MMAO 效果最佳，其次是 MAO、EO。

目前被广泛接受的基于 PNP 结构配体的铬催化剂体系选择性催化乙烯四聚的反应机理是金属环化催化反应机理和双金属催化反应机理，金属环化催化反应机理由 Manyik 等提出，其选择性主要由不同大小金属环的稳定性来控制，首先 2 分子乙烯在铬的活性中心上配位，氧化加成偶联生成含有铬的五元杂环中间体，然后两分子乙烯进一步插入生成更大的九元环，最后生成的九元环发生解离得到 1-辛烯。

图 10：乙烯四聚：金属环化催化反应机理



资料来源：《乙烯齐聚工艺—从非选择性齐聚到选择性齐聚》吴昊，天风证券研究所

根据 sosal 专利显示，1-辛烯产率可高达 66.7wt%，同时副产 11 wt% 1-己烯，C10-C30 为 14.8 wt%。

表 3：乙烯四聚产品结构：%

产物	质量分数
1-己烯	11
1-辛烯	66.7
C6 环状物	4.7
C10-C30	14.8

资料来源：国家知识产权局，沙索技术有限公司，天风证券研究所

2.2.3. 乙烯四聚难点

1、催化剂在高温下稳定性差且选择性很低：较高的反应温度容易使得选择性从 1-辛烯转向 1-己烯，从而降低 1-辛烯产率。

2、现最有效的助催化剂 MAO 的价格昂贵且用量较大：采用 MAO 作助催化剂，铬系、铁系、镍系等现有催化剂体系均表现出较好的活性和选择性，尤其是在铬系和铁系催化体系中，MAO 的优势更加突出。但 MAO 产品价格昂贵，通常 MAO 与主催化剂的用量比可以达到 500-2000，较高的用量及昂贵价格，大幅度增加了 α -烯烃的生产成本。

3、反应黏釜：乙烯四聚产物中容易产生大量的高聚物，高聚物难以溶解在溶剂中，会沉积在反应器表面，导致反应黏釜，这不但会在产物输送过程中堵塞输送管路，严重时还会造成装置停车与检修。此外，大量高聚物的存在也给后续产物的分离增加了能耗和成本，

因此副产高聚物的问题成为齐聚反应工业化的主要障碍。特别是当聚合温度小于 80℃时，聚合物从反应器中的溶液中沉淀出来，增加了反应器或下游设备结垢的风险。

3. 高碳 α - 烯烃国产化进展加速

3.1. 国内市场前景测算

测算假设：

1、LLDPE 中平均掺入 9% 的 α - 烯烃；HDPE 平均掺入 1.5% α - 烯烃。

2、假设万华 POE 在 2024 年实现国产化，产量 20 万吨；2025 年考虑其它装置投产，国内 POE 总产量达到 50 万吨。

3、聚 α - 烯烃、洗涤剂等其它消费领域对 α - 烯烃需求维持 3.5% 的增速。

测算结果表明，2022 年国内对 α - 烯烃的需求量有望达到 132 万吨，且未来几年得益于 POE 及聚乙烯产业的发展，预计 2025 年国内 α - 烯烃需求量有望达到 205 万吨，2021-2025 年均增速 13%。

2019 年，我国以 α - 烯烃消费仍以 C4 产品为主，占比达到 81%，C6 为 5%，C8 仅为 0.3%；而美国聚烯烃产品质量偏高端，2019 年美国 C4 消费占比仅 17%、C6 消费占比 22%，C8 占比 19%，假设随着中国聚乙烯品质的升级， α - 烯烃消费转变成类似于美国的消费结构，则 2025 年对应的 C6 需求 45 万吨、C8 需求 39 万吨，高碳 α - 烯烃具有广阔的成长空间。

表 4： α - 烯烃需求测算

	2018	2019	2020	2021	2022E	2023E	2024E	2025E
LLDPE 产量	633	736	820	976	1017	1071	1470	1601
HDPE 产量	677	769	917	1021	1163	1334	1579	1694
POE 产量	0	0	0	0	0	0	20	50
PE/POE α - 烯烃需求	67	78	88	103	109	116	160	180
其它领域	14	16	18	22	23	24	25	25
总消费量	81	94	106	125	132	140	185	205

资料来源：卓创资讯，天风证券研究所。备注：POE 产量为我们参考公司公告及类似项目建设周期预测

3.2. 国内产能规划

1-辛烯资源已被全部被海外掌控，全球仅少数企业具备 1-辛烯生产能力，国内企业资源获取难度大，随着 POE 产业的发展及国内聚乙烯品质升级的需要，国内企业纷纷加快布局高碳 α - 烯烃产能，主要包括中石油、中石化、民营炼化等企业。国内现有 1-己烯产能 12.5 万吨/年，主要集中在中石油、中石化两家手中。

表 5：国内高碳 α -烯烃产能及规划：万吨

公司	在运产能	中试产能	规划产能	种类	备注
茂名石化	2 万吨			1-己烯	已投产
燕山石化	5 万吨			1-己烯	自主研发的乙烯三聚技术
独山子石化	2 万吨			1-己烯	2015 年投产
兰州石化长庆	3 万吨			丁烯-1/己烯-1 灵活切换装置	2021 年 8 月投产
大庆石化	5000 吨			1-己烯	2010 年投产
卫星化学	1000 吨	10 万吨		中试 700 吨 1-辛烯、300 吨 1-己烯	2022 年 6 月连云港石化 1000 吨/年 α -烯烃工业试验装置项目环境影响评价一次公示
浙石化	1300 吨	35 万吨		1000 吨/年 1-己烯和 300 吨/年 1-辛烯	
大庆石化	2500 吨 1-辛烯中试			1-己烯 5000 吨/年、1-辛烯 2500 吨/年、癸烯 1300 吨/年+1-己烯 2500 吨/年灵活切换	
古雷炼化		5 万吨		1-己烯	福建古雷 150 万吨/年乙烯及下游
天津石化		20 万吨		LAO(α -烯烃)装置	天津南港 120 万吨/年乙烯及下游高端新材料产业集群项目
中海壳牌		规划			2020 年签约，2022 年 5 月核准前公示
斯尔邦		20 万吨		α -烯烃	
中捷精创		5 万吨		α -烯烃	2022 年 11 月 17 日节能报告审查

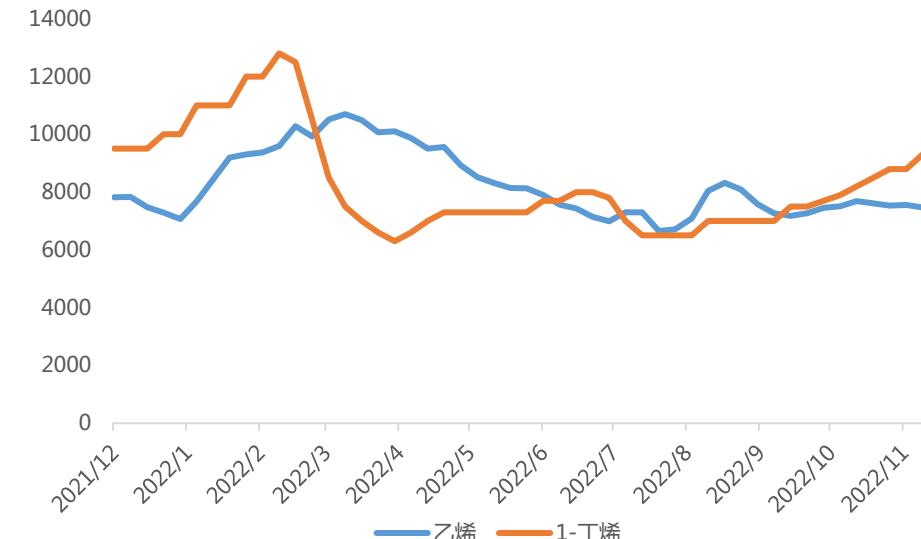
资料来源：中华人民共和国海关总署广东分署，连云港徐圩新区官网，独山子在线官微等，天风证券研究所

3.3. 高碳 α -烯烃具有较高溢价

国内 1-丁烯主要来源是乙烯装置及炼厂催化裂解装置副产 C4 馏分和乙烯二聚工艺，异丁烯合成 MTBE 技术开发成功后，C4 分离法成为 1-丁烯的主要生产方式，乙烯二聚工艺被少数装置采用，由于成本较高，近年来关停较多，国内 1-丁烯与乙烯价格相关度不高。

2022 年 1 月 7 日至 2022 年 12 月 2 日，1-丁烯均价在 8213 元/吨左右；2022 年四季度，10 月 7 日-12 月 2 日，均价 8244 元/吨，而高碳 α -烯烃相对于 1-丁烯有明显的溢价，2022 年 10 月 7 日-12 月 2 日 1-己烯均价 20500 元/吨。

图 11：1-丁烯价格：元/吨



资料来源：Wind, 天风证券研究所

4. 风险提示

- 1、产能投放不及预期风险： α -烯烃技术壁垒高，催化剂、工艺及产物分离均存在较高难度，或存在产能投放进度不及预期风险
- 2、市场需求转弱风险：海外需求衰退，烯烃、润滑油等产品表观消费量下滑，或造成 α -烯烃消费不及预期。
- 3、市场价格波动风险：高碳 α -烯烃市场流通量小，随着国内POE等新产能的投放，下游需求大幅增长，若 α -烯烃扩能节奏不能匹配下游需求，或造成价格波动风险。
- 4、由于 α -烯烃市场小众，文中部分测算是基于2019年国内外 α -烯烃市场数据，可能与最新情况有所偏差，仅供参考。
- 5、测算具有一定主观性，仅供参考。

分析师声明

本报告署名分析师在此声明：我们具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，本报告所表述的所有观点均准确地反映了我们对标的证券和发行人的个人看法。我们所得报酬的任何部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体投资建议或观点有直接或间接联系。

一般声明

除非另有规定，本报告中的所有材料版权均属天风证券股份有限公司（已获中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）及其附属机构（以下统称“天风证券”）。未经天风证券事先书面授权，不得以任何方式修改、发送或者复制本报告及其所包含的材料、内容。所有本报告中使用的商标、服务标识及标记均为天风证券的商标、服务标识及标记。

本报告是机密的，仅供我们的客户使用，天风证券不因收件人收到本报告而视其为天风证券的客户。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但天风证券对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告中的信息、意见等均仅供客户参考，不构成所述证券买卖的出价或征价邀请或要约。该等信息、意见并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。客户应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专家的意见。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，天风证券及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告出具日的观点和判断。该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。过往的表现亦不应作为日后表现的预示和担保。在不同时期，天风证券可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。

天风证券的销售人员、交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。天风证券没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。天风证券的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

特别声明

在法律许可的情况下，天风证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。因此，投资者应当考虑到天风证券及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突，投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

投资评级声明

类别	说明	评级	体系
股票投资评级	自报告日后的 6 个月内，相对同期沪深 300 指数的涨跌幅	买入	预期股价相对收益 20%以上
		增持	预期股价相对收益 10%-20%
		持有	预期股价相对收益-10%-10%
		卖出	预期股价相对收益-10%以下
行业投资评级	自报告日后的 6 个月内，相对同期沪深 300 指数的涨跌幅	强于大市	预期行业指数涨幅 5%以上
		中性	预期行业指数涨幅-5%-5%
		弱于大市	预期行业指数涨幅-5%以下

天风证券研究

北京	海口	上海	深圳
北京市西城区佟麟阁路 36 号	海南省海口市美兰区国兴大道 3 号互联网金融大厦	上海市虹口区北外滩国际客运中心 6 号楼 4 层	深圳市福田区益田路 5033 号平安金融中心 71 楼
邮编：100031	A 栋 23 层 2301 房	邮编：200086	邮编：518000
邮箱：research@tfzq.com	邮编：570102	电话：(8621)-65055515	电话：(86755)-23915663
	电话：(0898)-65365390	传真：(8621)-61069806	传真：(86755)-82571995
	邮箱：research@tfzq.com	邮箱：research@tfzq.com	邮箱：research@tfzq.com