



## 能源化工 | 专题报告

## 国联期货芳烃产业链专题报告

2023 年 8 月 4 日

## 国联期货研究所

## 研究所

交易咨询业务资格编号

证监许可[2011]1773 号

## 分析师：

林菁

从业资格证号：F03109650

投资咨询号：Z0018461

联系人：丁家吉

从业资格证号：F03117223

## 相关研究报告：

《国联期货 2023 年苯乙烯  
半年度展望》

## 芳烃与调油系列专题报告（一）

## ➤ 美国汽油调油的结构

美国夏季是调油需求的高峰期。政府在夏季对汽油的标准比冬季更严格。2011 年页岩油革命以来，美国调油工艺中 FCC 汽油占比下降约 5 个百分点，重整汽油、烷基化汽油和异构化汽油占比较为稳定。直馏汽油的占比相对其他工艺提升最快，这与美国轻质油产量大幅增加、直馏汽油供应量对应提升相关联。

## ➤ 美国芳烃组分紧缺的原因

美国本土原油结构轻质化后，轻质油的产量占比自 2015 年约 83% 增长至 2023 年约 91%，重质油的产量占比自 2015 年约 8.5% 下滑至 2023 年约 3%。用于催化重整的轻质原油含芳烃量低、杂质少，经催化重整得到的高辛烷值芳烃组分含量远不及重质原油。美国炼厂在能源转型大背景下，环保要求趋严和经济性不佳，近几年产能处于长期的清退状态。

## ➤ 甲苯调油需求常态化影响

我们认为美国炼厂为了避免未来供应链出现新的问题，预计未来将全年保持调油组分进口需求为高峰期作储备，并且长期维持高负荷的催化重整开工率。北美调油的季节性波动行情未来或难以再现。北美和亚洲的甲苯调油价值持续在历史高位水平。调油的经济性驱动甲苯的成本提升，纯苯和 PX 价格则提升幅度较小，美国和韩国的甲苯歧化价差趋势向下收敛。歧化装置亏损或导致 2023 年美国纯苯产量减量约 6%，韩国纯苯产量减量约 3.7%。

# 目录

一、辛烷值解析： .....	- 4 -
1.1 辛烷值的定义与标识法 .....	- 4 -
1.2 调油辛烷值价差的使用方法 .....	- 5 -
二、美国芳烃调油常态化解析： .....	- 7 -
2.1 美国调油的结构介绍 .....	- 7 -
2.2 美国芳烃组分紧缺的原因 .....	- 9 -
2.3 芳烃调油需求常态化 .....	- 14 -
三、甲苯调油与歧化的经济性分析： .....	- 16 -
3.1 调油价差 VS 歧化价差 .....	- 16 -
3.2 甲苯歧化亏损对纯苯产量的影响 .....	- 18 -

# 图表目录

表 1: 我国各阶段汽油技术要求与标号对应的辛烷值 .....	- 5 -
表 2: 常见的调油组分或燃料的辛烷值和理化性质 .....	- 5 -
图 1: 美国、中国和欧盟的传统汽油调和工艺占比 (%) .....	- 7 -
图 2: 甲苯美韩价差季节性分析 (美元/吨) .....	- 9 -
图 3: 美国催化裂化装置月度投料量 (千桶/天) .....	- 10 -
图 4: 美国炼油厂芳烃年度日产能 (万桶/天) .....	- 10 -
图 5: 美国轻质油月度日产量 (千桶/天) .....	- 11 -
图 6: 美国轻质油和重质油产量占比趋势 (%) .....	- 11 -
图 7: 美国重质油月度进口占比季节性分析 (%) .....	- 11 -
图 8: 美国炼厂常减压炼能和运行家数 (万桶/天) (家) .....	- 12 -
图 9: 美国炼厂开工率季节性分析 (%) .....	- 13 -
图 10: 美国汽油调和组分月度日均进口量 (千桶/天) .....	- 15 -
图 11: 美国炼厂汽油调和组分月度净投入量 (千桶) .....	- 15 -
图 12: MX 美韩价差季节性分析 (美元/吨) .....	- 16 -
图 13: 美国汽油裂解价差季节性分析 (美元/吨) .....	- 16 -
图 14: 甲苯歧化装置工艺流程图 .....	- 17 -
图 15: 美国甲苯调油辛烷值价差 (美分/加仑) .....	- 18 -
图 16: 亚洲甲苯调油辛烷值价差 (美元/吨) .....	- 18 -
图 17: 美国甲苯歧化价差 (美元/吨) .....	- 18 -
图 18: 韩国甲苯歧化价差 (美元/吨) .....	- 18 -
图 19: 韩国、美国、中国纯苯生产工艺占比 (%) .....	- 19 -

## 一、辛烷值解析：

### 1.1 辛烷值的定义与标识法

辛烷值是衡量燃油抗爆震性能的指标，是汽油中含有的抗爆震剂的度量。它对于汽车引擎的性能和燃料质量至关重要，高辛烷值能确保汽油在燃烧的过程中，能够均匀稳定地燃烧，且不会引起爆震或引擎故障。爆震不仅会有异响，还可能伴随着活塞、连杆、曲轴的变形和磨损，导致动力下降。

辛烷值的测定方法常见分为“研究法（RON）”和“马达法（MON）”。研究法辛烷值（Research Octane Number, RON）是指使用标准发动机在特定的进气温度和较低的发动机转速（ $(600 \pm 6)$  r/min）条件下，比较待测样剂与标准燃料的爆震强度得到的抗爆性能的数字指标，被多数国家和地区直接作为市场销售的车用汽油标号数值。目前我国汽油分为多种标号，常见的有 92#、95# 和 98# 等，即是用研究法辛烷值标号。日本汽油主要分为高辛烷值和普通两种，其中高辛烷值的辛烷值在 96 以上，普通的辛烷值在 89 以上，也是用研究法辛烷值标号。

马达法辛烷值（Motor Octane Number, MON）指使用标准发动机，在较高的混合气温度（ $149 \pm 1$ ）℃ 和较高的发动机转速（ $(900 \pm 9)$  r/min）的苛刻条件下，通过比较待测样剂与标准燃料的爆震强度得到的抗爆性能的数字指标。马达法相当于使用了一个更高压缩比的发动机进行测试，模拟了高负荷和高温条件下发动机的情况，更贴近于发动机实际使用情况。

除研究法和马达法外，部分地区还使用二者的加权指标以衡量辛烷值，例如抗爆指数（Anti-Knock Index, AKI），是采用研究法辛烷值和马达法辛烷值的平均值，也称为 PON（Pump Octane Number）。美国汽油标号多采用抗爆指数，常见的有 87#（在 Regular 定义内）、89#（在 Mid-grade 定义内）、91# 和 93#（在 Premium 定义内）等，不同公司出品的汽油可能会有不同的名称，但通常会在标号处标注汽油标号定值方法。

美国普遍使用的汽油定值方法“MINIMUM OCTANE RATING（RON+MON）/2 METHOD”，对应辛烷指数公式“ $(1-K) * RON + K * MON$ ”中，K 取值 0.5。

世界上多数地区和国家，以研究法直接为汽油标号。欧洲地区、中国、新马泰地区、日本、越南等区域均以 RON 法为车用汽油标号。我国自 2014 年以来对车用汽油抗爆性的

技术要求如下：

**表1：我国各阶段汽油技术要求与标号对应的辛烷值**

阶段（年代）	技术要求				
第Ⅳ阶段 (2014 年)	汽油标号	90#	93#	97#	
	RON≥	90	93	97	
	AKI≥	85	88	/	
第Ⅴ阶段 (2017 年)	汽油标号	89#	92#	95#	98#
	RON≥	89	92	95	98
	AKI≥	84	87	90	93
第ⅥA 阶段 (2019 年)	汽油标号	89#	92#	95#	98#
	RON≥	89	92	95	98
	AKI≥	84	87	90	93
第ⅥB 阶段 (2023 年)	汽油标号	89#	92#	95#	98#
	RON≥	89	92	95	98
	AKI≥	84	87	90	93

来源：国联期货研究所 《汽油标准及汽油辛烷值标准物质研究进展》

常见的调油组分或燃料的辛烷值和理化性质如下：

**表2：常见的调油组分或燃料的辛烷值和理化性质**

	甲苯	二甲苯	MTBE	烷基化油	乙醇	乙苯
含氧量 (%)	0	0	18.2	0	34.8	0
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	0.872	0.86	0.74	0.69	0.79	0.868
辛烷值 RON	120	117	110	98	113	98
雷氏蒸气压 (psi)	3.8	3.8	8	4.35	15	4
下游消费 结构	调油 (44.8%)； 歧化 (39.6%)； 其他化工用途 (15.6%)	PX (70%)； 调油 (24%)； 溶剂/OX (6%)	调油 (93%)； 化工 (7%)	调油 (100%)	调油 (34.5%)； 化工及药用 (28.2%)； 白酒及食品 (21.6%)； 其他 (15.7%)	苯乙烯 (95%)； 调油 (5%)

来源：国联期货研究所 卓创 红桃3 《高强化汽油机条件下乙醇汽油辛烷值的调合效应》

其中 MTBE、甲苯、二甲苯、烷基化油具有较高辛烷值和较低的 RPV（雷士蒸气压），适合作为调油组分。而乙醇燃料因其含氧量高、挥发性强，在美国汽油中可添加的比例有限。乙苯辛烷值较小，且密度较大，一般作为调油组分的补充料。

## 1.2 调油辛烷值价差的使用方法

日常工业生产中，炼厂直接通过常减压装置直馏生产出的汽油往往难以达到成品汽油的标准要求。故经济活动中存在对高辛烷值化工品的调油需求——将符合各国法规、

行规要求的化工品掺混进半成品汽油中，使最终调和制成的混合汽油达到零售商品汽油的抗爆性要求。

处于夏季出行旺季时，加油站对高辛烷值汽油的需求增长，高辛烷值汽油价格相对于低辛烷值汽油价格走高。此时炼厂的调油利润对应走扩，进而增加对调油组分的采购需求，推高调油组分的价格。

观察调油组分的调油辛烷值性价比，与生产下游化工品的性价比的强弱，即可观察相关化工品供给面的边际变化。

以芳烃产业链的纯苯和甲苯为例，甲苯处于聚酯生产链条的中游环节，前端的石脑油经过催化重整或裂解工艺，可以产出纯苯、甲苯、混二甲苯（邻、间、对）等副产品。同时将甲苯投入歧化装置后，通过吸附分离的方法可以增产出对二甲苯和纯苯。

纯苯不能直接用来调油，而甲苯则是常用的调油组分，故调油需求和甲苯辛烷值性价比若走强、甲苯更多地投向调油，则将导致歧化装置生产的纯苯减少。

我们采用“甲苯的调油辛烷值价差”来衡量甲苯调油性价比的水平。以计算亚洲地区的甲苯调油性价比为例，我们使用具有代表性的“新加坡 97 号汽油和新加坡 92 号汽油价格之差”，测算出单位辛烷值的市场价格。然后用“韩国甲苯与新加坡 97 号汽油价格之差”除以“甲苯与新加坡 97 号汽油的 RON 法辛烷值之差”（RON 法的甲苯辛烷值为 120），测算出甲苯辛烷值高出汽油的部分所对应的单位价格，可称为“单位甲苯的调油价值”。计算公式如下：

$$\frac{97 \text{ 号汽油价格} - 92 \text{ 号汽油价格}}{97 - 92} - \frac{\text{甲苯韩国FOB价} - 97 \text{ 号汽油价格}}{120 - 97}$$

若油价对应的单位辛烷值市场价格大于“单位甲苯的调油价值”，则说明甲苯调油有利可图，否则炼厂会因甲苯经济性较差、选择其他组分。基于上述逻辑，我们将“单位辛烷值的市场价格”与“单位甲苯的调油价值”作差，该差值即“甲苯的调油辛烷值价差”。当差值为正且偏离 0 值时，说明甲苯调油的经济性在走好，更多的甲苯会被投入调油池，推高甲苯的价格。若纯苯和二甲苯的价格未能同步走高，则甲苯歧化利润将走低。

## 二、美国芳烃调油常态化解析：

### 2.1 美国汽油调油的结构介绍

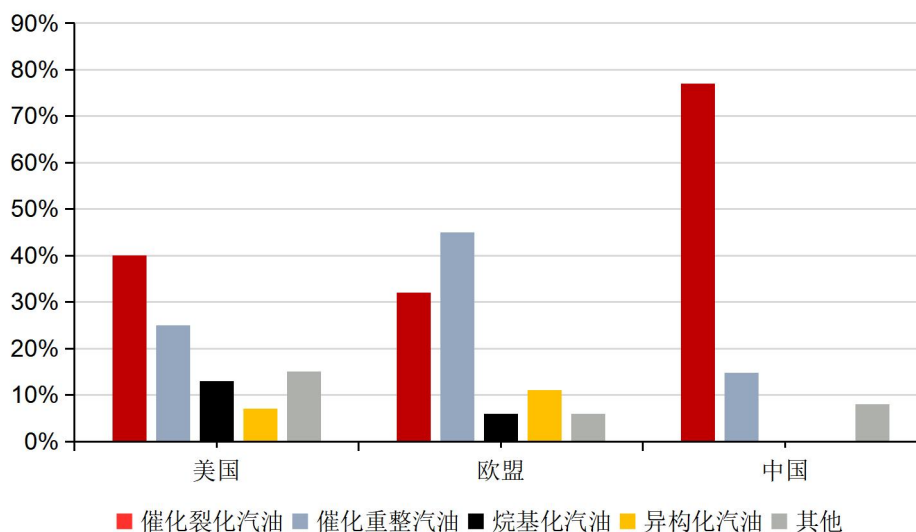
美国的调油需求呈现季节性特征，夏季是汽油消费的高峰期，一般（4月-7月）是美国调油的高峰。除了消费需求提振价格外，美国政府在夏季对汽油的标准比冬季更严格，使得夏季汽油的生产成本更高。

具体来说，美国汽油调油标准主要看辛烷值和雷德蒸汽压（RVP）。大气压力随位置不同而变化，在海平面上约为14.7磅/平方英寸（psi）。在温度超过华氏100度时，汽油的RVP必须远低于14.7 psi。否则，燃油可能会在油箱和储气罐中产生压力，破坏箱内较轻的部件，且蒸发的气体最终会进入大气造成空气污染。因此，美国环境保护署（EPA）规定夏季汽油的RVP最高不得超过9 psi，在某些地区甚至不得超过7 psi。2021年开始实行的美国EPA新规对夏季汽油标准进行了调整，EPA取消了对调和后的汽油中芳烃含量的测试要求。同时将RVP限制从夏季级规格的7.8psi降低到7.4psi。

而在冬季由于气温较低，RVP的要求得到放宽。根据RBOB期货合约的RVP标准，当年十月至次年三月的汽油RVP规定不高于13.5 psi，其中在当年十二月至次年二月最寒冷的天气里被放宽至15 psi。因此，高辛烷值且低RVP的汽油组分在夏季的需求比冬季有明显提升。

根据公开信息整理，美国、中国和欧盟的传统汽油调和工艺占比如下：

图1：美国、中国和欧盟的传统汽油调和工艺占比（%）



来源：国联期货研究所 EIA 同花顺 ifind



根据EIA的炼厂产能数据测算，2022年度美国调油工艺中FCC（催化裂化）汽油占比最高约40%，催化重整汽油占比约25%、烷基化汽油（包括丁烷汽油）占比约13%、异构化汽油占比约7%、其他（包含直馏汽油）占比约15%。纵观2011年美国页岩油革命以来美国调油工艺占比的变化，FCC汽油占比下降约5个百分点，重整汽油、烷基化汽油和异构化汽油占比较为稳定。故直馏汽油的占比相对其他工艺提升最快，这与页岩油革命后美国轻质油产量大幅增加、直馏汽油供应量对应提升相关联。

其中，FCC汽油由催化裂化工艺制得，烯烃含量较高，需要与其他低烯烃含量、辛烷值高的调油组分进行调和。过去，美国炼厂通过进口俄罗斯的VGO（减压馏分油）掺兑渣油作为二次加工原料。FCC汽油的辛烷值（RON法）约为88，RVP约为6 psi。

催化重整汽油是石脑油在加氢和催化剂的作用下，石脑油烃类分子重新排列后，转化出的包含芳烃的高辛烷值油。重整油的RVP为2.5-4 psi，辛烷值（RON法）约为95。

烷基化油是炼厂二次加工中将低分子量烯烃（主要是丙烯和丁烯）与异丁烷结合，生产的烷基化合物，具有辛烷值高（RON约98）、RVP低（4 psi）、不含芳烃和烯烃、低硫等特点，但成本较其他汽油较高。异构化汽油是在催化剂和氢气存在下，将辛烷值较低的正戊烷、正己烷转换为辛烷值较高的异戊烷和异己烷的过程，正构烷烃在异构化后，可提高汽油的辛烷值。直馏汽油是原油直接分馏得到的汽油组分，加工过程最简单成本也低，但辛烷值低（RON约65）、RVP高（12 psi）。

值得注意的是，上述工艺中的催化裂化汽油、直馏汽油等均需要再加入相关组分调和后，兼顾性能和环保要求，才能作为合格的成品汽油。美国常用的调油组分有：乙醇燃料、甲苯、二甲苯、丁烷（烷基化油）、乙苯、异丙苯等。

其中，美国通过纯苯与当地廉价的乙烯或丙烯进行反应，生成乙苯或异丙苯用于调油，不过乙苯和异丙苯的辛烷值相对其他组分较低，使用比例并不高。乙醇燃料在美国已普遍使用，乙醇燃料取自甘蔗等粮食作物、供应量充足、辛烷值高（RON 113）、价格较汽油低，但乙醇蒸汽压高，一般美国乙醇汽油的添加量不超过10%。

页岩革命后，美国盛产天然气凝析液，丁烷包含其中。美国丁烷价格低廉但RVP高（约50 psi），所以一般在冬季多用（掺混比例约5%）、在夏季则添加比例受限（掺混比例不超过2%）。因此，美国在夏季主要使用大量低RVP、高辛烷值的甲苯、二甲苯等芳烃组分投入汽油。



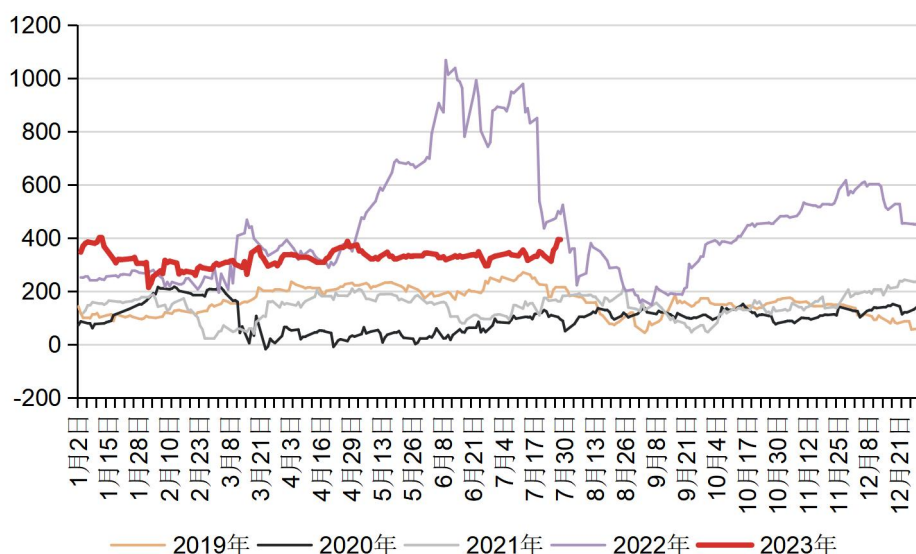
## 2.2 美国芳烃组分紧缺的原因

上一节我们梳理了美国调油工艺和调油组分的内容，本节将对美国长期缺乏芳烃调油组分的原因展开讨论。

我们以甲苯为例，美国本土的芳烃调油组分供不应求，需要从韩国、欧洲等地进口。

从下图2中可以发现，芳烃美亚价差于2022年较其他年份呈现了最强的季节性特征。

图2：甲苯美韩价差季节性分析（美元/吨）



来源：国联期货研究所 钢联隆众

首先，2022年美亚芳烃价差在夏季大幅走扩的诱因是美国制裁俄罗斯油品出口。前文提及，美国FCC汽油需要进口VGO（减压馏分油）作为加工原料，VGO的投入量占催化裂化投料量大约在6%-10%。过去来自俄罗斯的进口量占VGO总进口量大约在40%-60%，2022年3月后，美国下达俄油禁令，俄罗斯VGO供料中断，短时间内美国炼厂无法找到合适的替代渠道。而4月后正是美国夏季汽油生产的高峰时间，FCC汽油作为占比最大的工艺，其用料受阻直接导致当年美国汽油陷入严重紧缺。

解决夏季FCC汽油用料中断的方法，无非是寻找其他高辛烷值、低RVP的调油料（以芳烃为主）替代使用。而获取更多的芳烃组分，则需要提高催化重整的产能，但美国的重整炼能长期处于清退状态，且在2020年后大量关停流失。重整开工率提升得再高，总量低也无济于事。故2022年的夏天美国本土芳烃组分价格大幅上涨，并向外大量进口甲苯等调油料。我们可以发现2022年4-8月美国的FCC汽油投料量处于近五年的高位水平，强劲的用油需求和突发性的供应短缺，推动了2022年季节性的调油大行情。

图 3：美国催化裂化装置月度投料量（千桶/天）

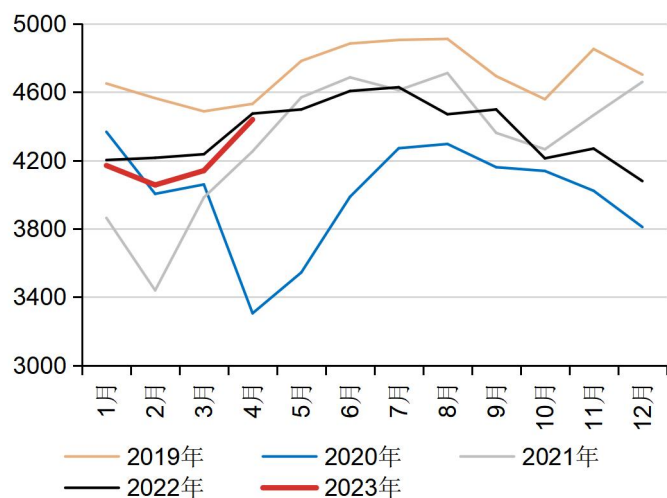
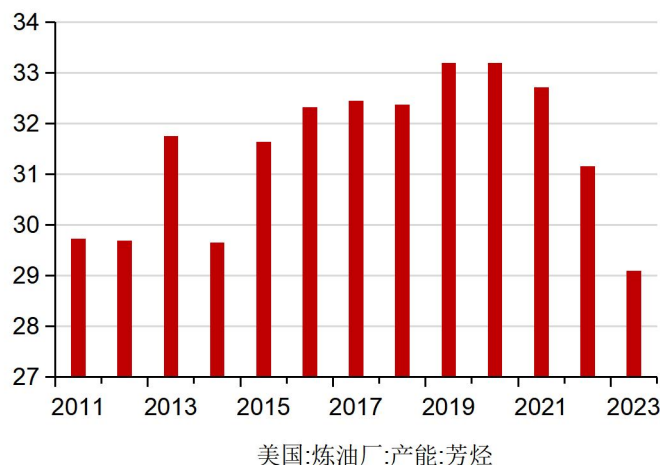


图 4：美国炼油厂芳烃年度日产能（万桶/天）



来源：国联期货研究所 同花顺 ifind EIA

其次，2022 年美亚芳烃价差在夏季大幅走扩的背后，是美国长期缺乏高辛烷值重质芳烃的顽疾，也是美国长周期能源转型政策与现实供需的矛盾。我们认为，美国缺乏芳烃组分的深层原因有三：

#### （1）美国页岩油革命后产油轻质化，导致可产芳烃量减少：

2011 年页岩油革命后，美国一跃成为世界第一大产油国，截至 2021 年末，美国占全球产量约 18.45%，较 2011 年增长了 9 个百分点。在产量跃升的同时，美国产油的 API 度也在逐年增长，即原油的结构呈现轻质化趋势。根据公开信息整理，美湾炼厂加工的原油自 2011 年至 2018 年，平均 API 度从 28.2 度上升到了 32.6 度。

根据 EIA 官方的定义，重质油的 API 度  $\leq 27$ ，轻质油的 API 度  $\geq 35$ ，而中质油的 API 度处于 27-35 之间。

从 EIA 官方依据 API 度划分的原油日产量数据中，可以发现自 2015 年有分项数据以来，美国轻质油的日产量从约 740 万桶/天，增长至约 1100 万桶/天。轻质油的产量占比自 2015 年约 83% 增长至 2023 年约 91%，重质油的产量占比自 2015 年约 8.5% 下滑至 2023 年约 3%。

图 5：美国轻质油月度日产量（千桶/天）

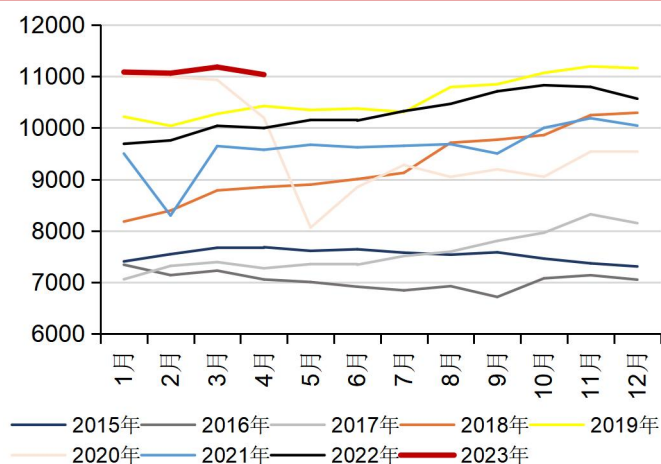
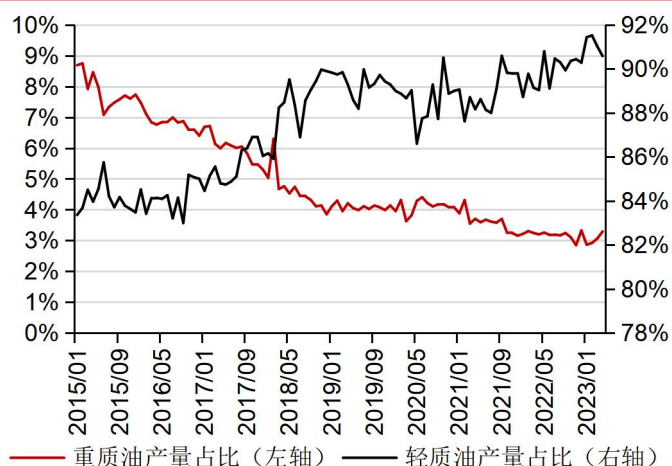


图 6：美国轻质油和重质油产量占比趋势（%）

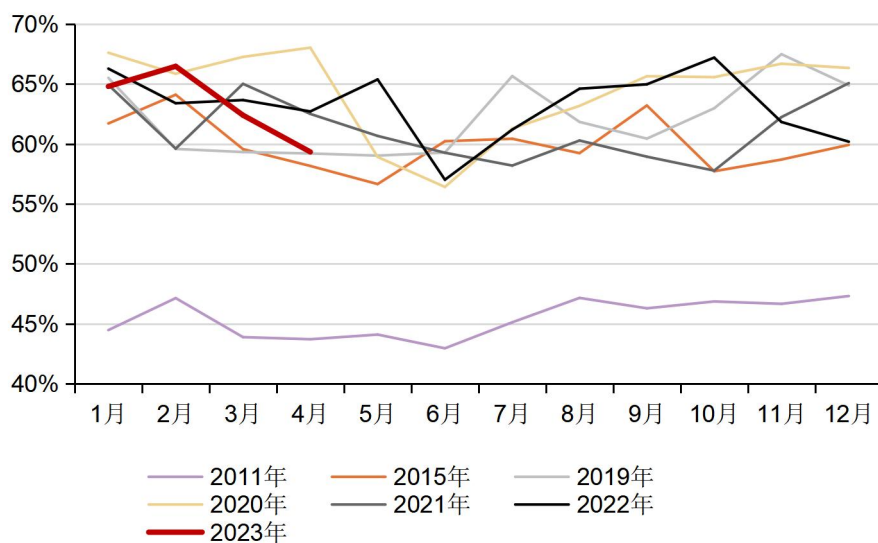


来源：国联期货研究所 EIA

在生产日渐轻质化的同时，美国进口原油则向重质化趋势发展。根据 EIA 官方数据，2011 年页岩油革命开始时美国进口重质油占比约为 44%，到 2015 年重质油进口占比跃升至约 60%-70%后，稳定在该区间小幅波动。

究其原因，是美国本土原油结构轻质化后，用于催化重整的轻质原油含烷烃量高、含芳烃量低、杂质少、易挥发，经催化重整得到的芳烃组分含量远不及重质原油。故美国炼厂需要增加重质油进口、替换本土轻质油作为重整装置的原料，以满足本国对芳烃组分的需求。从图 7 中也可以发现 2022 年 5-6 月，由于缺乏 FCC 调油料，美国进口重质油用于重整产芳烃的需求提升，当期进口比例达到了历史最高水平。

图 7：美国重质油月度进口占比季节性分析（%）

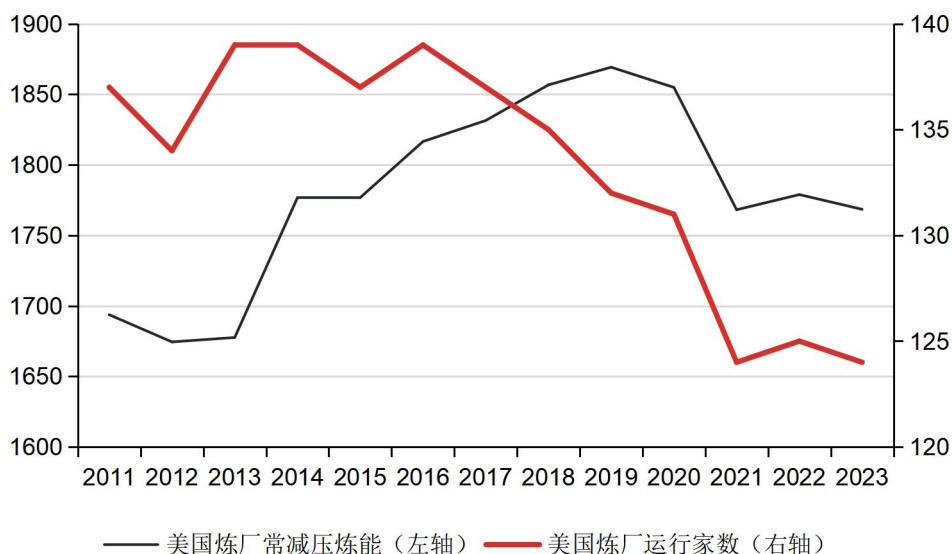


来源：国联期货研究所 EIA

## (2) 美国炼能长期清退，老装置流失：

根据 EIA 的数据，2011 年以来，美国炼厂在运行家数由最高 139 家缩减至 2023 年剩余 124 家；美国炼厂常减压蒸馏炼能由 2011 年约 1694 万桶/天，提升至 2019 年最高点约 1869 万桶/天后快速回落，2023 年美国炼能预计约 1768 万桶/天，已经低于 2014 年的水平。

图 8：美国炼厂常减压炼能和运行家数（万桶/天）（家）



来源：国联期货研究所 EIA 同花顺 ifind

2019 年后美国炼能加速清退的原因，一是 2018 年全球经济周期下行，油价自 2018 年三季度后大幅下跌。在经历 2020 年新冠疫情后成品油需求大幅萎缩。美国本土炼厂装置多数在上世纪 80 年代前投建，装置老化带来较高的成本，及炼油利润下滑使得许多炼厂萌生退意。2019 年，位于宾夕法尼亚州费城的 33.5 万桶/天的 PES 炼油厂发生重大爆炸事故后永久关停。近年来又流失了多家大炼厂，EIA 数据显示，2020 年至 2021 年间，美国约有 100 万桶/天的炼油产能消失。

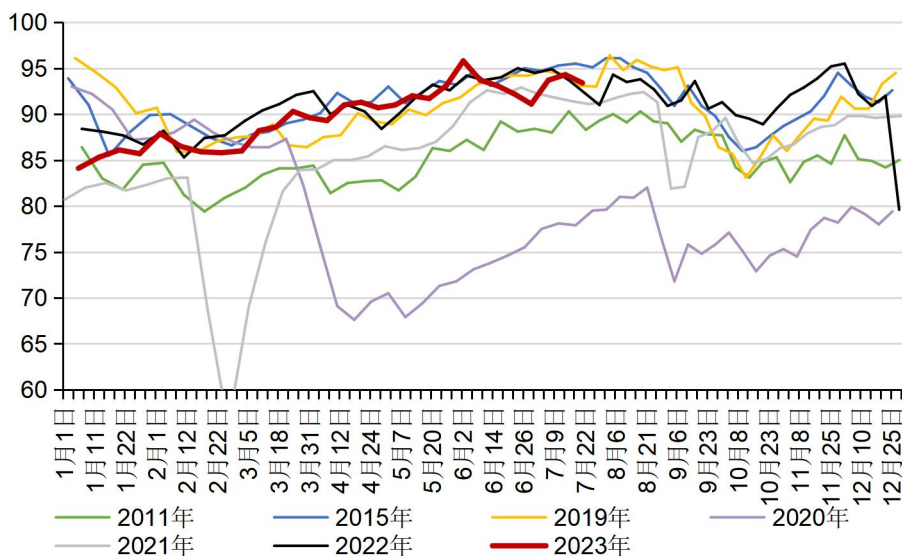
原因二是政策导向因素，2016 年全球主要国家达成《巴黎协议》后，全球快速推进新能源转型政策落地。2021 年亚、美、欧主要国家均制定了碳中和、碳达峰的目标，美国传统能源开采冶炼行业可获得的资本投入大幅减少，失去资金流支持、低碳环保政策变相提高了产油的成本，有退出意愿的炼厂进一步增多。

实际上，美国炼厂开工率近几年除 2020 年疫情影响生产外，均保持在历史的较高水平，炼厂几乎开到了最大负荷，能够提升的空间很小。即使保持高开工率，但美国本土炼能总量的萎缩，使得占比稳定在 24%-25% 的催化重整产能同步萎缩，这一现



状与美国缺乏 VGO 等重质料后，对芳烃组分的需求大幅增长产生了矛盾。

图 9：美国炼厂开工率季节性分析 (%)



来源：国联期货研究所 EIA WIND

### (3) 生物燃料政策助推传统炼能流失、转型：

美国生物燃料政策旨在成品油中规定可再生燃料的掺混比例，2007 年美国环保署 EPA 建立了 RINs 体系以强制完成全美可再生燃料在原油中的添加配额。RINs 是一串数字编码，在厂家每生产一批次的生物燃料后伴随该产品生成。RIN 会一直在贸易流通环节伴随该批次的生物燃料，随所有权转让而转让，直到其与汽油掺混调配后才会被剥离出来。剥离后的 RIN 可以放到市场上公开交易。

美国政府和 EPA 每年会根据政府制定的环保目标，和每年全美汽柴油总进口和产量制定未来几年的 RVO 目标（可再生数量义务）。炼厂、汽柴油进口商和调油商是 RVO 目标的义务方，EPA 根据各义务方每年非可再生燃料的产量或进口量来规定其 RVO 的义务量。假设炼厂对外销售成品油时，EPA 如检测到其产品的可再生燃料掺混比例未达要求，则炼厂需提供足额的 RINs 以达到合规要求。

常用的生物燃料如乙醇，虽然也具有较高的辛烷值（RON 约 113），但挥发性较高、蒸气压较大，乙醇在高温燃烧下 RVP 约为 15-18 psi，无法替代传统的芳烃调油组分。既要使保证汽油性能，又要达标环保要求，这无疑额外增加了炼厂的成本。

随着美国政府环保政策逐年趋严，全美的 RVO 完成规模也逐年递增。2023 年 6 月 EPA 发布了未来三年的生物燃料掺混规定，将 2023 年掺混量定为 209.4 亿加仑、2024 年定为 215.4 亿加仑、2025 年定为 223.3 亿加仑。RVO 规模的提高，即需求驱动

RINs 价格持续上涨，RINs 由 2019 年-2020 年约 0.1 美元/加仑的低点上涨至 2023 年约 1.54 美元/加仑，处于历史高位水平。

高标准的环保要求和价格高昂 RINs，是近几年美国炼厂产能清退的原因之一，而 RINs 价格的增长也吸引了部分炼厂向生产可再生燃料、生物柴油转型。例如马拉松公司于 2020 年 4 月永久关闭的马丁内斯炼厂（原产 16.1 万桶/日）改造为生产 4.8 万桶/日可再生燃料厂；菲利普斯 66 公司将其设计加工能力为 12.02 万桶/日的罗德奥炼厂改造成全球最大可再生燃料厂，可年产 6.8 亿加仑可再生柴油、汽油和航空燃料。这些炼厂转型还具有融资优势、生产可再生燃料的州政府补贴等政策支持。

综合上述三小节，美国近年来芳烃组分的紧缺首先在于原料油的轻质化，使得催化重整产出的芳烃和其他重质化工品减少；其次在于美国炼厂在能源转型大背景下，环保要求趋严和经济性不佳，近几年产能处于长期的清退状态，催化重整的总产能规模在萎缩，即美国本土的芳烃收率和可生产能力均呈现下降趋势。

## 2.3 芳烃调油需求常态化

所谓常态化，即美国炼厂对芳烃调油组分的备货需求的季节性特征被抹平。从“2.2 美国芳烃组分紧缺的原因”的图 2 季节性分析中可以发现，甲苯美韩价差在 2023 年上半年走势发生了较大的变化。尤其是在 1-2 月严寒时节，美韩价差反而处在高位。4 月进入传统夏季备货节点后，美韩价差在 1-3 月的基础上并未出现季节性走强，而是维持平稳运行。

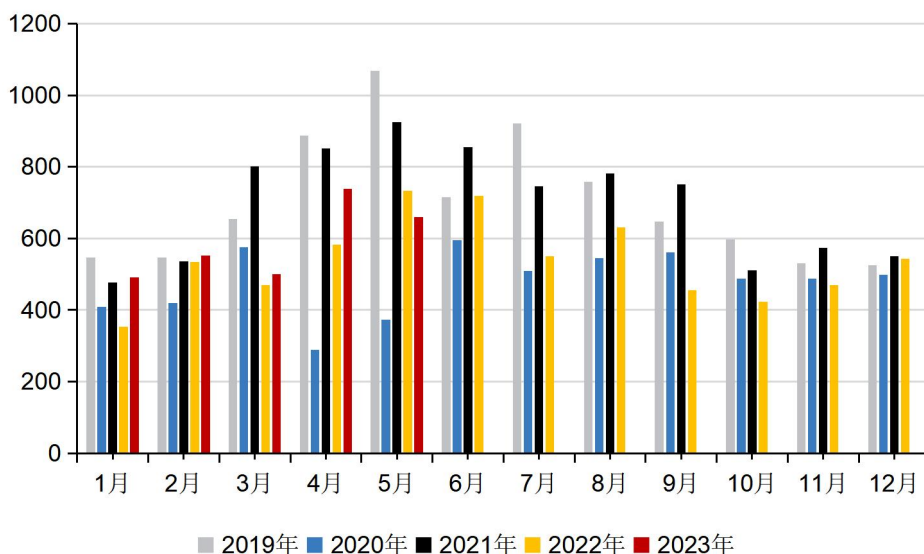
经过去年的突发行情后，北美炼厂为了抹平夏季的季节性波动，在 2022 年下半年将产能负荷提升到 95% 的历史同期高位，以生产并储备更多芳烃组分，并在 2023 年初展开了提前备货的计划。

EIA 数据显示，2023 年美国芳烃年产能预计较 2022 年减少 2.07 万桶/天，下滑至 2011 年以来的历史最低水平。在芳烃产能大幅收缩的背景下，美国炼厂自 2022 年 12 月开始明显提高了汽油调和组分的净投入量和进口量。从图 10 和图 11 中可以观察到，2023 年 1-2 月美国汽油调和组分的进口量超过了近 4 年同期水平，而全美炼厂汽油调和组分的净投入



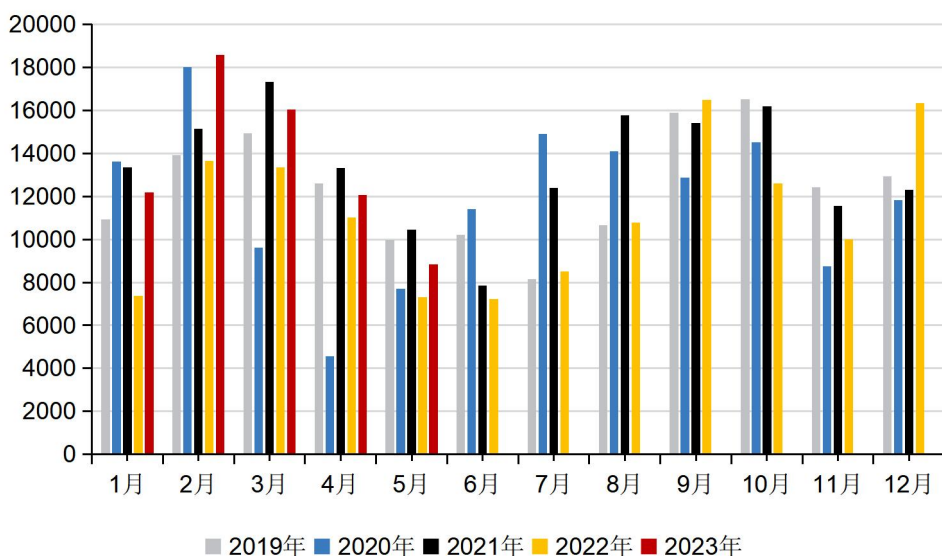
量和进口量在 2023 年 1-5 月均较 2022 年同期大幅增长。

图 10: 美国汽油调和组分月度日均进口量 (千桶/天)



来源: 国联期货研究所 EIA 同花顺 ifind

图 11: 美国炼厂汽油调和组分月度净投入量 (千桶)



来源: 国联期货研究所 EIA 同花顺 ifind

与调油相关的其他芳烃组分，例如混二甲苯（MX）2023 年上半年的美亚价差同样呈现了严冬走扩、旺季走平的走势。在调油组分价格的传导下，美国汽油裂解价差也出现了相同的规律。展望未来，我们认为在全球炼能东移、美国传统能源长期清退、环保要求趋严的周期之下，美国炼厂重整与芳烃产能仍将持续流失。为了避免未来供应链出现新的问题，预计美国炼厂将在全年保持调油组分进口需求为高峰期作储备，并且长期维

持高负荷的催化重整开工率。北美调油的季节性波动行情未来或难以再现。

图 12: MX 美韩价差季节性分析 (美元/吨)

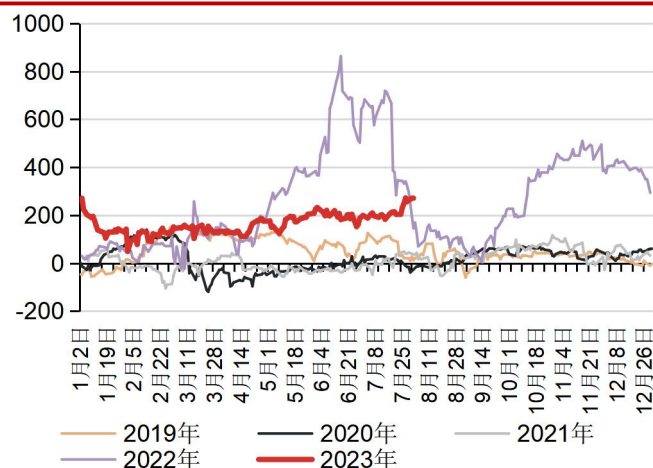
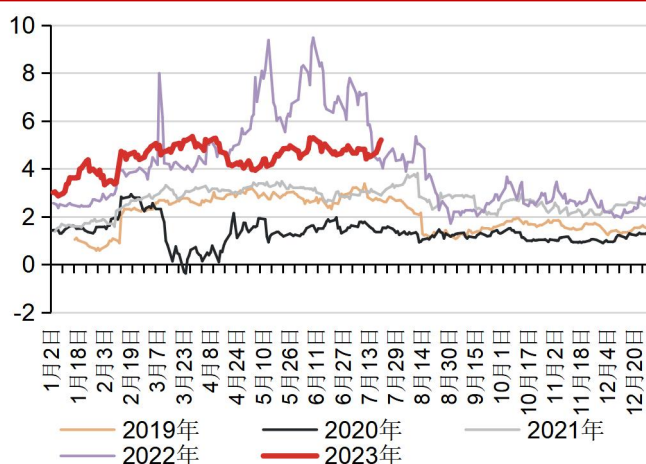


图 13: 美国汽油裂解价差季节性分析 (美元/吨)



来源：国联期货研究所 钢联 隆众

因此，在长期进口需求增长的预期下，我们预计美亚芳烃价差相较往年，在2023年三季度出现明显回落的可能性较低，而四季度价差是否会走扩，将主要受到全球化工供给端的驱动，即美国和亚洲芳烃一体化装置的检修情况、甲苯歧化装置的恢复进度等因素。

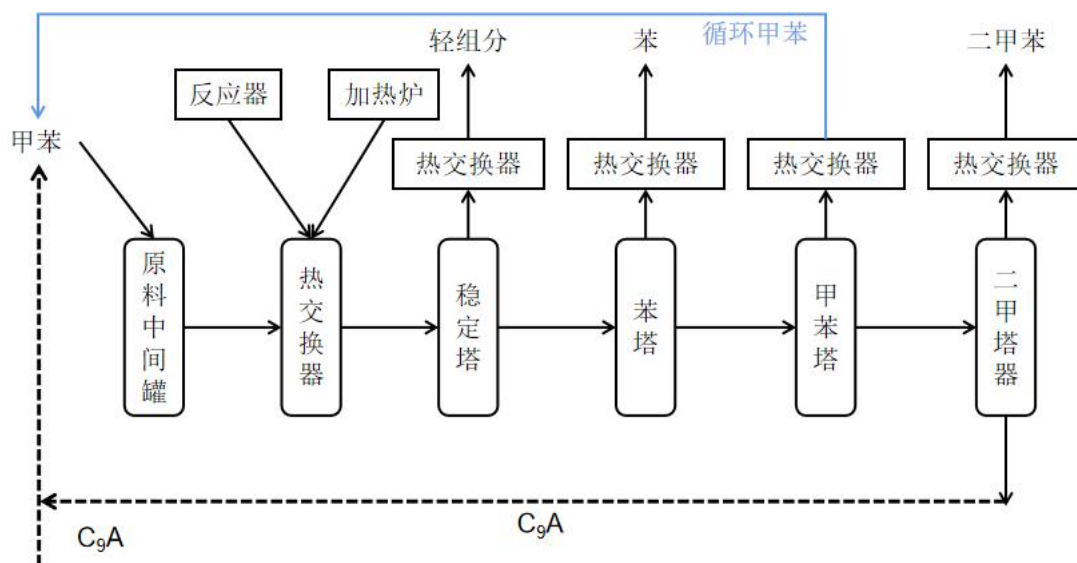
### 三、甲苯调油与歧化的经济性分析：

#### 3.1 调油价差 VS 歧化价差

根据卓创资讯，甲苯的下游消费结构中调油用途占比最高，占约44.8%；歧化用途占约39.6%；其他用途占约15.6%。

甲苯投向调油或是歧化的比例，会根据二者现时的经济性而变化。甲苯在催化剂（一般采用硅铝催化剂）作用下，使一个甲苯分子中的甲基转移到另一个甲苯分子上而生成一个苯分子和一个二甲苯分子，这种反应称作歧化反应。甲苯歧化工艺的生产流程图如下：

图 14：甲苯歧化装置工艺流程图



来源：国联期货研究所《对二甲苯生产工艺研究进展》（曾丹丹等，2016）

根据《对二甲苯生产技术研究进展及发展趋势》（于政锡等，2020）文中介绍，美国歧化工艺中具有代表性的是UOP公司于1997年推出甲苯选择性歧化工艺PX-Plus。在该工艺下，产物中纯苯/对二甲苯的摩尔比为1.37。我们根据甲苯的摩尔质量（92.15 g/mol）、对二甲苯的摩尔质量（106.17 g/mol）及纯苯的摩尔质量（78.11 g/mol）进行换算，可以得到美国甲苯歧化工艺的质量收率约为35%的对二甲苯和65%的纯苯。

如此，我们用上述的权重和美国的甲苯、对二甲苯、纯苯价格，可以测算出美国的甲苯歧化价差。并用相同的方法论，我们可以得到韩国的甲苯歧化价差。

另根据“1.2 调油辛烷值价差的使用方法”小节中的方法论，我们分别测算了美国和亚洲的甲苯调油辛烷值价差，其中美国调油的辛烷值价格参考了美国93号汽油和87号汽油的价差。

对比图15-图18可以发现，2023年上半年调油季节性行情被抹平后，北美和亚洲的甲苯调油辛烷值价差持续保持在近5年的高位水平。调油的经济性更强驱动甲苯歧化工艺的成本提升，投入化工用途的纯苯和对二甲苯价格则提升幅度较小，因此美国和韩国的甲苯歧化价差上半年趋势向下收敛，歧化装置的利润当前处于亏损。

图 15: 美国甲苯调油辛烷值价差 (美分/加仑)

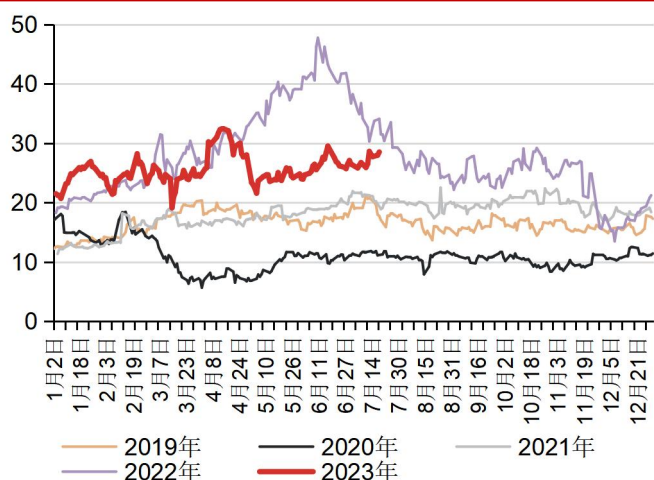
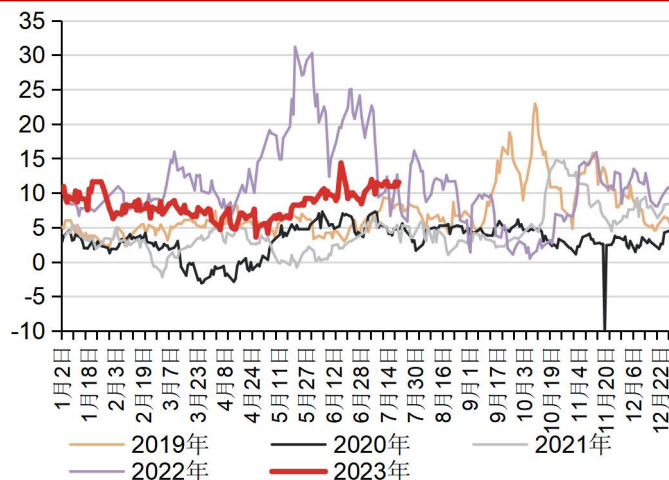


图 16: 亚洲甲苯调油辛烷值价差 (美元/吨)



来源: 国联期货研究所 钢联 隆众

图 17: 美国甲苯歧化价差 (美元/吨)

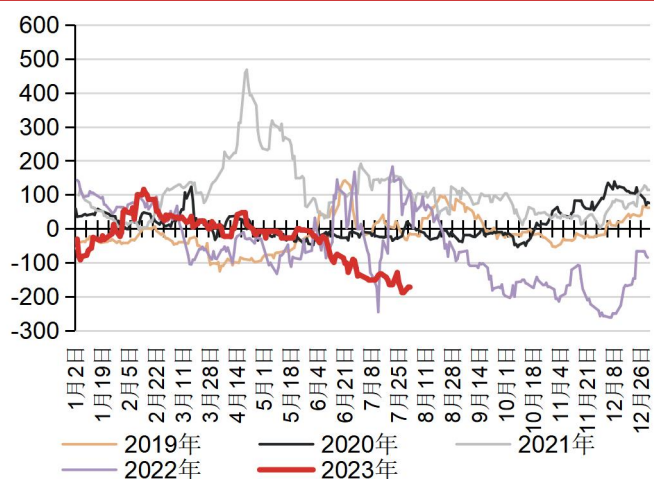
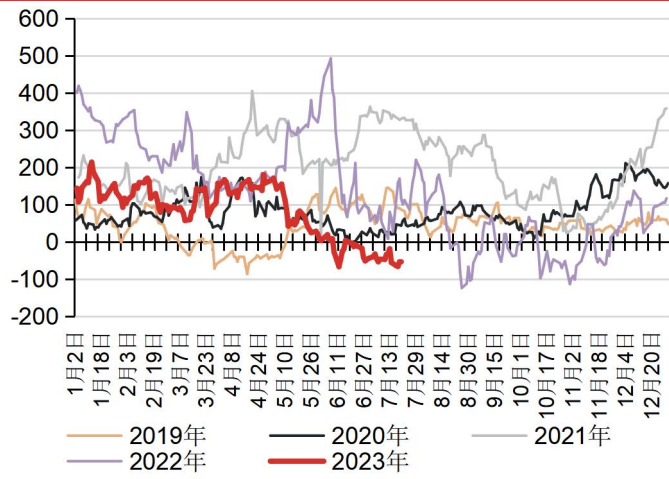


图 18: 韩国甲苯歧化价差 (美元/吨)

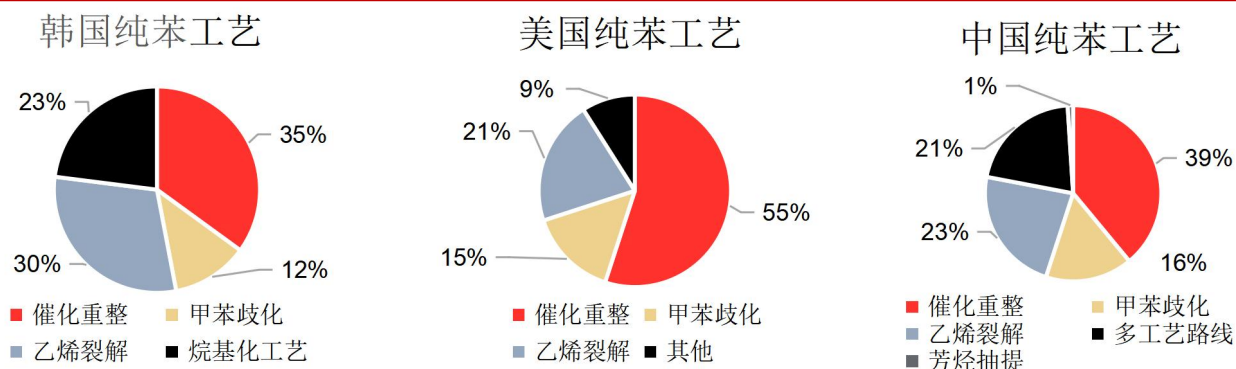


来源: 国联期货研究所 钢联 隆众

### 3.2 甲苯歧化亏损对纯苯产量的影响

根据隆众资讯、卓创资讯,截至2023年6月末,我国纯苯总产能约2210万吨/年,甲苯歧化装置产能约362万吨/年,占比约16%。根据公开信息整理,当前韩国纯苯总产能约750万吨/年,甲苯歧化装置产能约88万吨/年,占比约12%。美国纯苯总产能约在970万吨/年,甲苯歧化装置产能约146万吨/年,占比约15%。

图 19：韩国、美国、中国纯苯生产工艺占比（%）



来源：国联期货研究所 卓创 红桃3

2022年下半年因甲苯调油价值大幅走强，高昂的甲苯价格使美国甲苯歧化利润大幅亏损，美国共有约111万吨/年的歧化装置因经济性原因停检至今，在调油淡季的冬季也未重启。时至2023年8月，美国甲苯调油价值仍处近5年同期高位水平，甲苯歧化价差处于近5年同期最低水平。深度亏损之下，美国歧化装置今年重启的可能性越来越小，预计今年美国甲苯歧化装置产量仅约30-32万吨（假设美国剩余的甲苯歧化装置保持90%的开工率），较去年减少约30-36万吨。纯苯减量占美国2022年的纯苯产量约6%。

受亚洲甲苯调油价值处于高位水平，及美韩价差走扩影响，韩国甲苯歧化价差于二季度快速下滑。因歧化利润亏损，韩国GS集团一套甲苯歧化装置因经济性恶化，计划自2023年八月初开始停检10-20天，此前负荷约为五成，该装置的纯苯产能约为50万吨。假设韩国下半年歧化装置因长期亏损而选择长停且剩余装置降负至五成，或将带来纯苯减量约19万吨。纯苯减量占韩国2022年的纯苯产量约3.7%。



## 联系方式

国联期货研究所无锡总部

地址：无锡市金融一街8号国联金融大厦6楼(214121)

电话：0510-82758631

传真：0510-82757630

国联期货研究所上海总部

地址：上海市浦东新区滨江大道999号高维大厦9楼（200135）

电话：021-60201600

传真：021-60201600

## 免责声明

本报告中信息均来源于公开资料，我公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。

报告中的内容和意见仅供参考，并不构成对所述期货操作的依据。由于报告在撰写时融入了研究员个人的观点和见解以及分析方法，如与国联期货发布的其他信息有不一致及有不同的结论，未免发生疑问，本报告所载的观点并不代表国联期货公司的立场，所以请谨慎参考。我公司及其研究员对使用本报告及其内容所引发的任何直接或间接损失概不负责。

本报告所提供资料、分析及预测只是反映国联期货公司在本报告所载明日期的判断，可随时修改，毋需提前通知。

本报告版权归国联期货所有。未经书面许可，任何机构和个人不得进行任何形式的复制和发布。如遵循原文本意的引用，需注明引自“国联期货公司”，并保留我公司的一切权利。

**期市有风险 投资需谨慎**