

认识成品油系列：汽油解读一

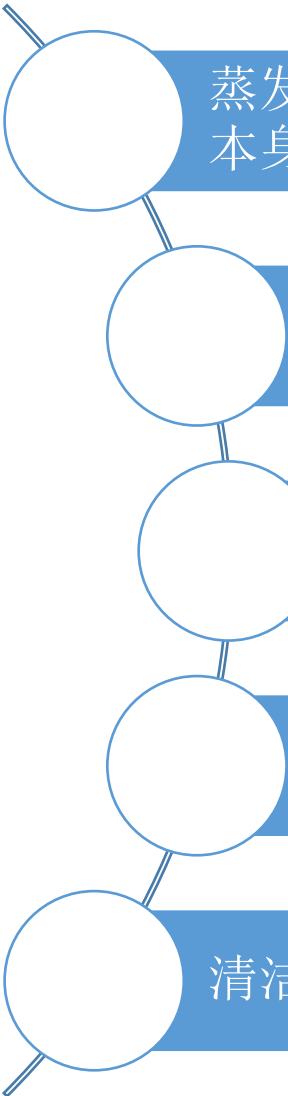
 中信建投期货有限公司
CHINA FUTURES CO.,LTD.

欢迎朋友们关注CFC能化研究公众号

研究员：董丹丹
期货交易咨询从业信息：Z0017387
报告时间：2023年5月19日

期货交易咨询业务资格：证监许可〔2011〕1461号

- 汽油，是从石油里分馏、裂解出来的具有挥发性、可燃性的烃类混合物液体，可用作燃料。外观为透明液体，可燃，馏程为 30°C 至 220°C ，主要成分为C5~C12脂肪烃和环烷烃，以及一定量芳香烃，汽油具有较高的辛烷值（抗爆震燃烧性能），并按辛烷值的高低分为90号、92号、95号等牌号。
- 成品油中最重要的油品之一：美国需求最大的成品油，中国需求第二大的成品油。
- 炼油工业170年历程中，几乎所有二次加工装置的目标产品。
- 与化工紧紧联系在一起的成品油：芳烃与汽油。



挥发性：汽油在发动机气缸内，必须要迅速气化并与空气形成均匀的可燃混合气，这主要是由汽油的本身挥发性所决定，反映挥发性的主要指标是馏程和饱和蒸气压。

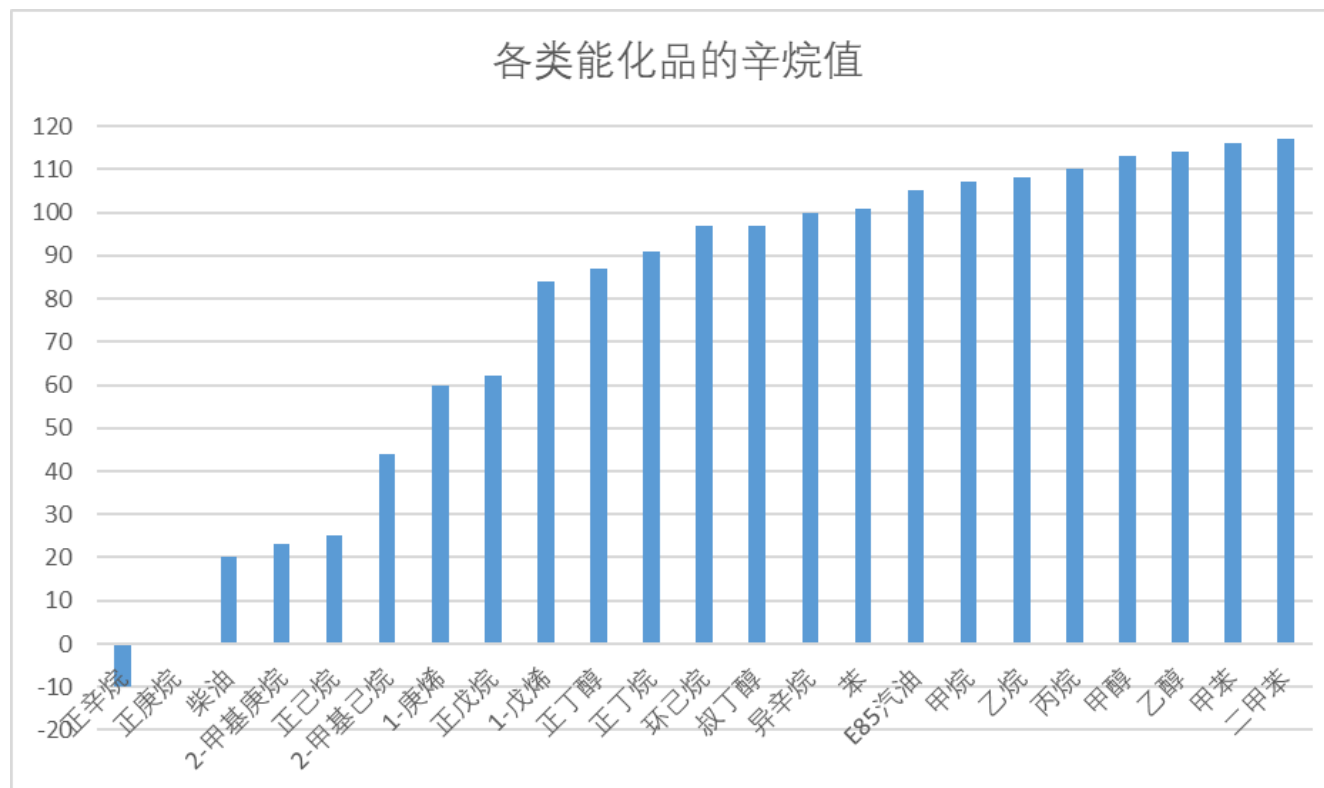
安定性：汽油在常温和液相条件下抵抗氧化的能力称为汽油的氧化安定性，简称安定性。评定汽油安定性的指标分为碘值、实际胶质、诱导期。

抗爆性：衡量燃料是否易于发生爆震的性质称为抗爆性，汽油抗爆性通过辛烷值（RON）表示。

腐蚀性：汽油腐蚀性由硫及含硫化合物、有机酸、水溶性酸或碱有关。

清洁性：汽油常常含有机杂质和水分，车用汽油中应严格控制这两类杂质的含量。

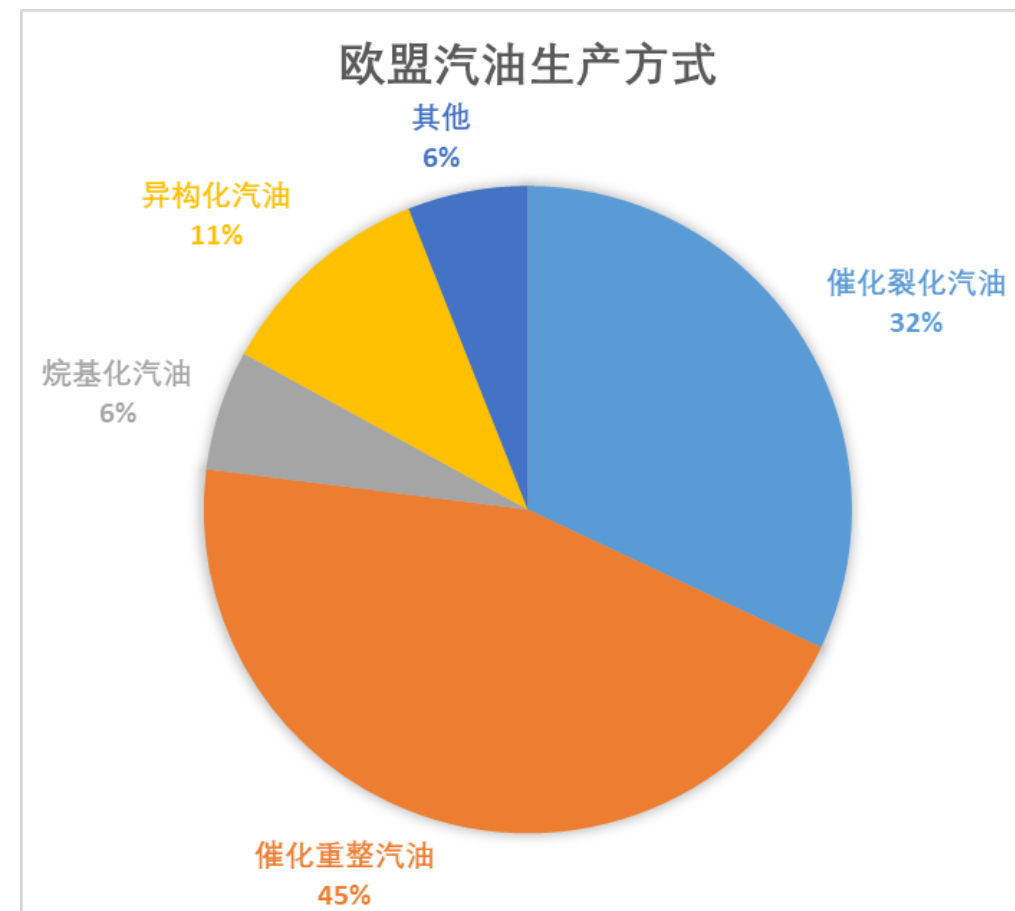
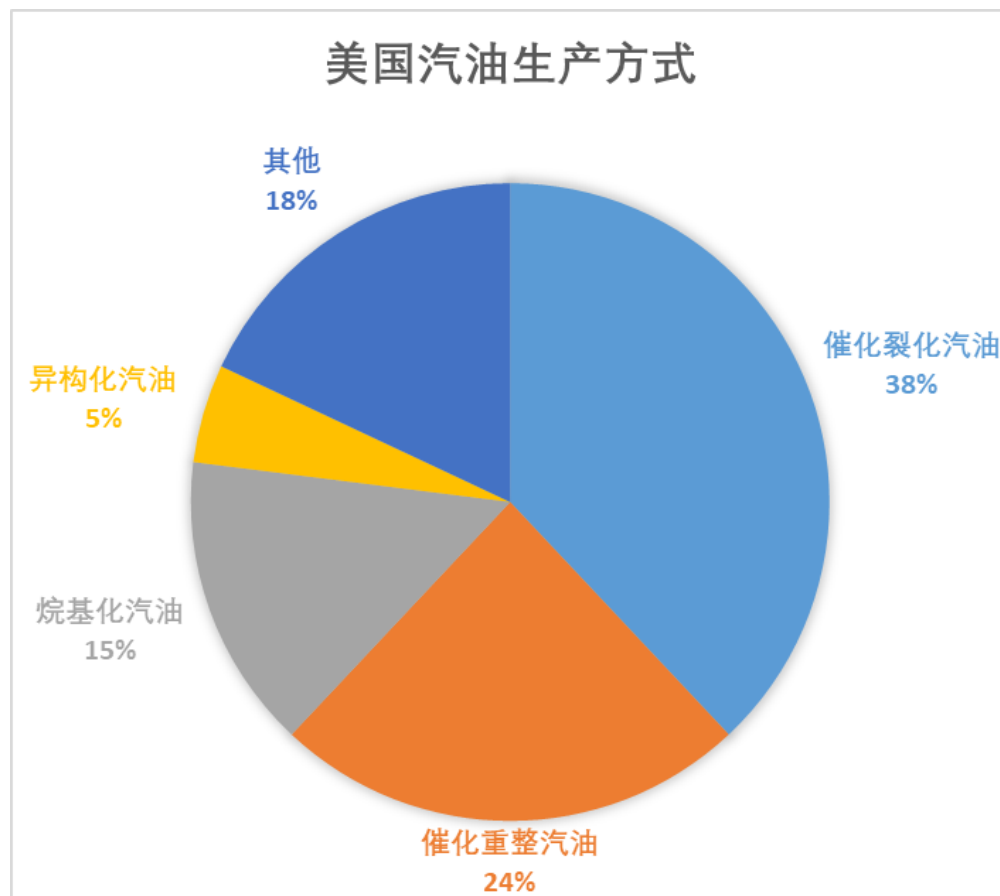
- 辛烷值（英语：**Octane Number**）：是交通工具所使用燃料的抗爆震程度之量测指标。辛烷值越高表示抗爆震能力越好。燃烧正庚烷的震爆情形最严重，定义其辛烷值为0。异辛烷(2,2,4-三甲基戊烷)的辛烷值定义为100。辛烷值可为负，也可以超过100。当某种汽油之震爆性与90%异辛烷和10%正庚烷之混合物之震爆性相当时，其辛烷值定为90。如环戊烷的辛烷值为85，表示燃烧环戊烷时与燃烧85%异辛烷和15%正庚烷之混合物之震爆性相当。



- 什么是发动机的压缩比？压缩比就是汽缸压缩前的体积与压缩之后的油气混合气体体积的一个比值，详细一点说就是汽缸内活塞处在下止点时汽缸的最大容积与活塞处于上止点时汽缸容积的比值。
- 按照发动机的压缩比，一般压缩比越大的车所需要的汽油标号越高：通常92号汽油——适用于发动机压缩比在8.6-9.9之间的汽车；95号汽油——适用于发动机压缩比在10.0-11.5之间的汽车；98号汽油——适用于发动机压缩比在11.6以上的汽车。按照汽车使用说明书的要求加油，能经济又充分发挥发动机的效率。
- 高压压缩比发动机的优点：高压压缩比发动机大扭矩、功率大。高压压缩比发动机具有更好的动力和更强劲的爆发力。

生产汽油的几种方式？

- 根据制造过程可分为直馏汽油、热裂化汽油、催化裂化汽油、重整汽油、焦化汽油、叠合汽油、加氢裂化汽油、裂解汽油和烷基化汽油、合成汽油等。



- 我国约80%的汽油和30%的柴油来自催化裂化，催化裂化是我国运输燃料生产的主要技术。——2014年催化基础国家重点实验室学委会副主任。

项目	催化汽油	重整汽油	异构化油	加氢石脑油	MTBE	重整抽余油	备注
海南炼化	44.83%	42.56%	6.60%	2.00%	4.01%		中石化
青岛炼化	57.72%	30.76%			5.00%	6.52%	中石化
福建炼化	62.60%	29.50%			7.90%		合资
广西石化	24.70%	45.74%		4.31%		25.25%	中石油

- 流化催化裂化（Fluid catalytic cracking）：是石油精炼厂中最重要的转化工艺之一。被广泛用于将石油原油中高沸点、高分子量的烃类组分转化为更有价值的汽油、烯烃气体和其他产品。石油烃类的裂化最初都是通过热裂化（thermal cracking）完成；如今热裂化已几乎全部被催化裂化所取代，催化裂化具有更高的经济价值。
- FCC的原材料重质瓦斯油（heavy gas oil）或重质减压瓦斯油（heavy vacuum gas oil, HVGO）。
- FCC的主产品是汽油、柴油、油浆、液体丙烯、液化气。
- FCC的演化：重油催化裂化技术residue fluid catalytic cracking (RFCC)、深度催化裂解工艺（DCC工艺，以多产丙烯为主）等。
- 2019年全球总炼油能力约为49.07亿吨/年，其中催化裂化能力约9.2亿吨/年，FCC占一次加工能力比例为18.74%。

中国的催化裂化发展历史是怎样的？

- 上世纪60年代，随着大庆油田的开发建设，原油供给不足的问题得到逐步缓解，但当时国内的炼油能力和炼油技术都不过关，不能进行有效深度加工，汽油和柴油产率只能达到30%多。1915年美国研发出了催化裂化技术，俗话说“催化一响，黄金万两”，然而，这类装置对中国是层层封锁。
- 1965年5月5日，位于抚顺石油二厂南端的60万吨/年流化催化裂化装置一次投产成功，中国催化裂化工程技术奠基人陈俊武带动我国炼油技术一举跨越20年，接近当时世界先进水平。
- 2019底，我国炼油加工能力达到8.6亿吨/年。据初步统计，全国共有180余套催化裂化装置在运行，催化加工能力达到2.16亿吨/年。催化能力占一次加工能力比例为25.12%。

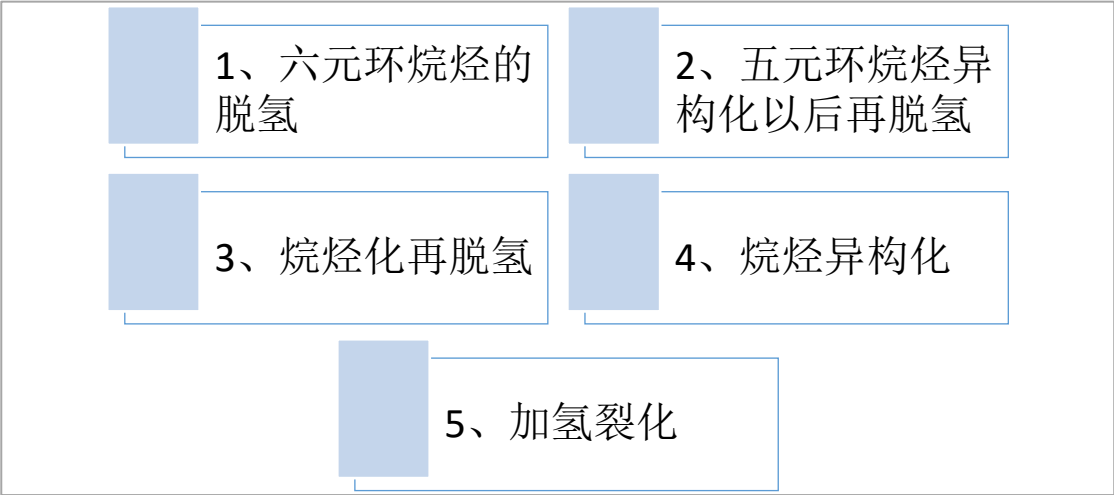
项目	设计者 (w,%)	标定值 (w,%)
进料		
减压渣油/ (t.h ⁻¹)	330.20	218.87
减压蜡油/ (t.h ⁻¹)	87.78	201.11
合计/ (t.h ⁻¹)	418.00	418.98
产品		
干气	2.49	3.07
液化石油气	16.56	17.17
汽油	32.30	39.42
柴油	32.86	22.95
油浆	5.78	7.17
焦炭	9.71	9.91
损失	0.30	0.31
总液体收率	81.72	79.54

轻烃		3.67	333.83	337.50	S= 0.41%	CCR= 13.75%	Ni+V= 105.1	350	H ₂ S	0.12%	0.39	去脱硫
									干气	3.08%	10.29	去脱硫
									LPG	14.80%	49.96	去双脱
									汽油	42.50%	145.00	
									柴油	23.50%	78.45	
									油浆	7.00%	23.37	燃料油
									烧焦	9.00%	30.04	
										100.0%	337.50	

两家中国炼厂的催化裂化装置收率

工艺名称	目的	产品	应用
热裂化	把含碳原子数多的且高相对分子质量的烃类裂化为碳原子数少的低相对分子质量的烃类，同事伴有脱氢、环化、聚合和缩合等反应	热裂化气、裂化汽油、煤油、燃料油和石油焦	热裂化汽油辛烷值较低，只有50；安定性不好，有恶臭，热裂化已经逐步被催化裂化取代。
加氢裂化	是催化裂化技术的改进，在临氢条件下进行催化裂化，可抑制催化裂化时发生的脱氢缩合反应，避免焦炭的生成。	产品产率可以用不同操作条件控制，或以生产汽油为主，或以生产低冰点喷气燃料、低凝点柴油为主，或用于生产润滑油原料。	汽油通常需再经催化重整才能成为高辛烷值汽油。设备投资和加工费用高，应用不如催化裂化广泛。

- **催化重整（英语：Catalytic reforming）**：是将原油中蒸馏的炼油厂石脑油（辛烷值通常较低）转换为高辛烷值的重整油（是高辛烷值汽油的增值调和料）的一种化学过程。在加热及催化剂的作用下原料中的烃类重新调整结构，低辛烷值的直链烃转为带支链的链烷（异构烷烃）和环烷烃，部分脱氢生成高辛烷值的芳烃。
- 催化重整的脱氢过程还生产大量的副产物氢气，可供其他炼油过程，如加氢裂化。副反应是加氢裂化反应，生成低分子量的烃，如甲烷、乙烷、丙烷、丁烷。
- 重整油中的芳烃含量高达（w,%）30-60%，有的甚至高达70%，比催化裂化汽油中的芳烃含量高得多，中美两国用催化重整制得的芳烃占芳烃总量的三分之二左右。
- 重整生成油可直接用作汽油的调和组分，也可以经过芳烃抽提以提取苯、甲苯、二甲苯。

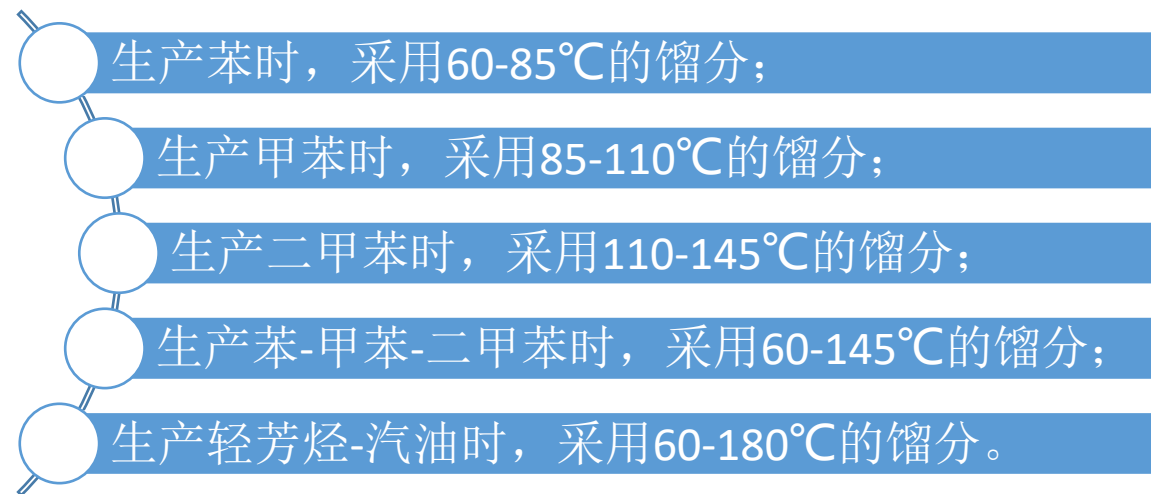


性 质	大庆油	性 质	大庆油
密度（20° C）/g.cm ⁻³	0.7892	干点/° C	182
收率/%	85.5	族组成	
流程/° C		w(烷烃) /%	35.2
初馏点/° C	52	w(环烷烃) /%	0.5
w=10%	69	W(芳烃) /%	64.2
w=50%	110	其中W(苯) /%	18.0
w=90%	149		

中国催化重整汽油典型组成和性质

资料来源：公司公告，中信建投期货

- 原料油的馏程与化学组成有关，适宜的组成可以增加理想产品的收率。



- 拓宽重整原料是我国发展催化重整技术的重要前提：重整装置和乙烯裂解的原料都是石脑油，中质原油的直馏石脑油收率较低，大庆原油仅8%。

直馏石脑油

裂解汽油的萃
余油

柴油加氢处理
的汽油

加氢裂解的汽
油

加氢后的焦化
石脑油

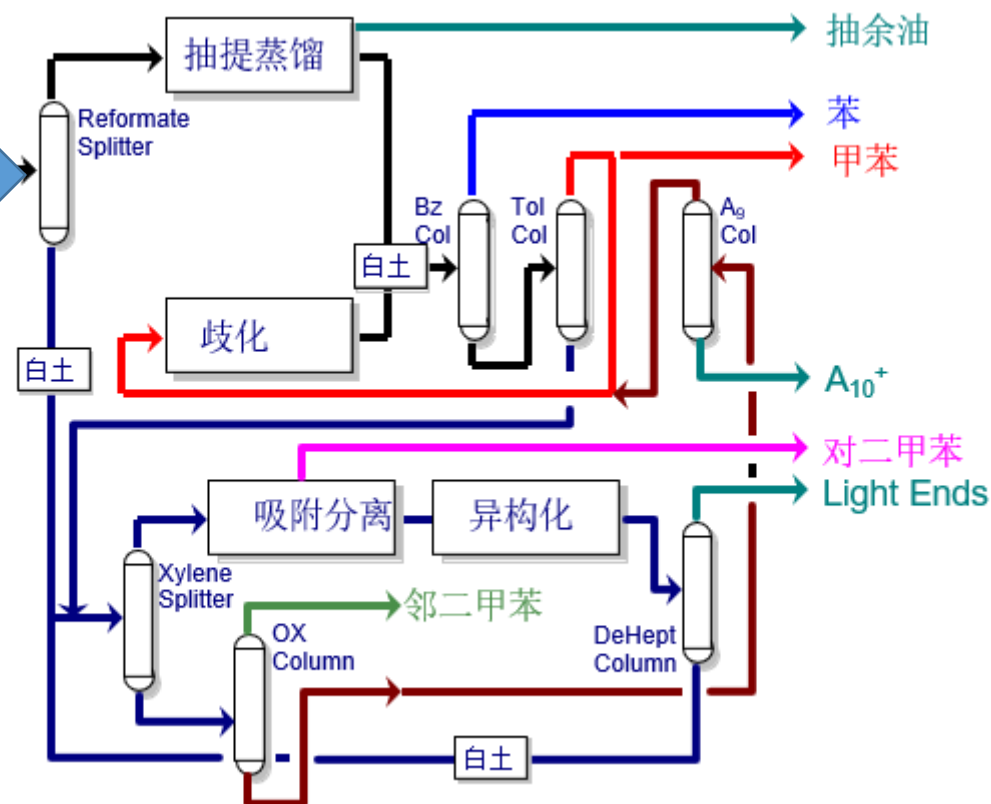
二次加工石脑油作为重整原料很不理想，必须进行深度加氢精制，除去杂质后才可以用作重整原料。



芳烴聯合裝置

- 芳烃抽提----苯、甲苯与非芳分离
- 芳烃分馏 ---- 切出**C8** 芳烃 (**C8 A**) 或邻二甲苯
- 歧化----**C7**、**C9**芳烃转化为苯、二甲苯
- **PX**分离 (吸附) ---- 将**PX**与其他同分异构体分离
- 异构化 ---- 将其他**C8** 芳烃同分异构体转化成**PX**

高辛烷值汽油的掺和油料



- **延迟焦化：**炼油厂提高轻质油收率和生产石油焦的主要加工装置。它将减压渣油、常压渣油、减粘渣油、重质原油、重质燃料油和煤焦油等重质低价值油品，经深度热裂化反应转化为高价值的液体和气体产品，同时生成石油焦。

原料：是重油、渣油、甚至是沥青。

产物：气体、汽油、柴油、蜡油和焦炭。

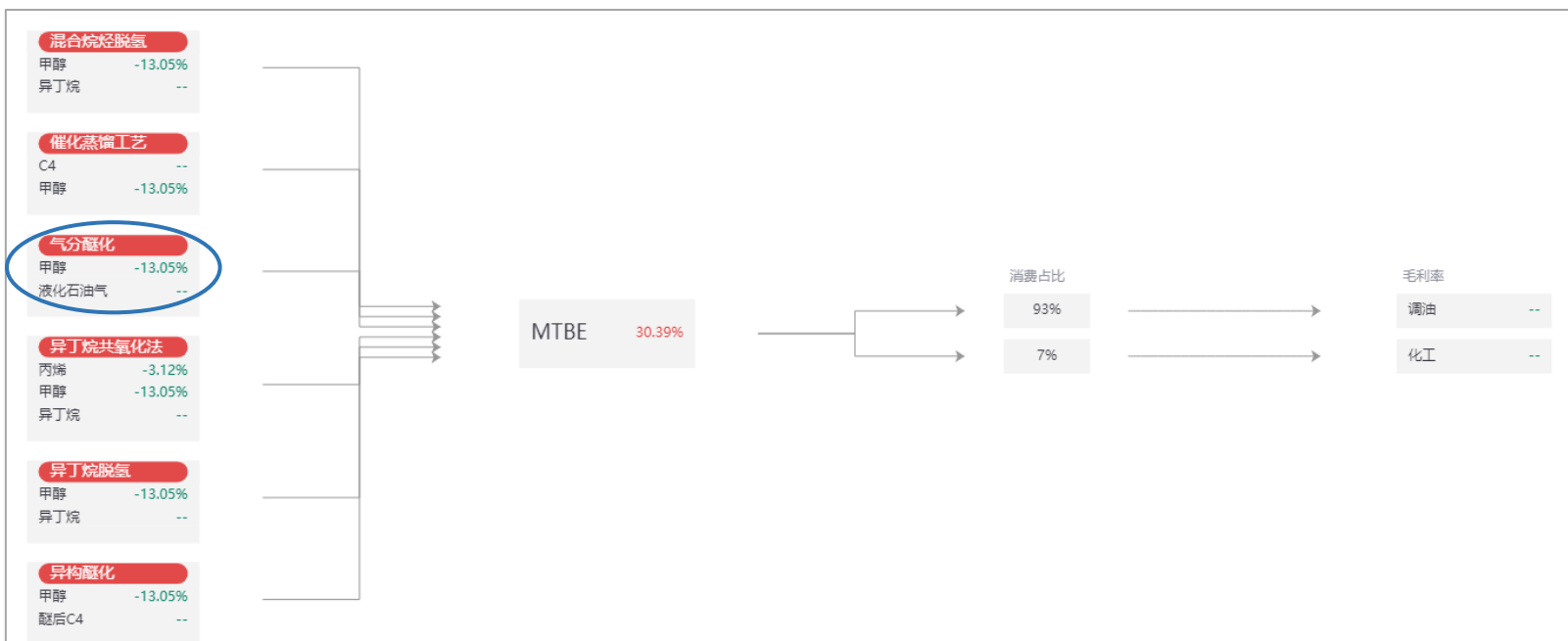
- **国产渣油的焦化收率：**气体收率为7.0-10%，粗汽油收率为8.2-16.0%，柴油收率为22.0-28.66%，蜡油收率为23.0-33.0%，焦炭收率为15.0-24.6%，外甩油为1-3.0%。
- **焦化汽油和焦化柴油是延迟焦化的主要产品，但其质量较差。**焦化汽油的辛烷值很低，一般为51～64（MON）。两种成品油的烯烃含量高，硫、氮、氧等杂质含量高，安定性差，只能作半成品或中间产品，经过精制处理后，才能作为汽油和柴油的调和组分。

- **什么叫烷基化？**——烷基化是烷基由一个分子转移到另一个分子的过程。近现代产业中，在整个炼油过程中，烷基化可以将分子按照需要重组，增加产量，对油品应用是非常重要的环节。
- **烷基化油的三个步骤：**将裂解，聚合和烷基化相结合的过程可以将原油的70%转变为汽油产物。
 - 1、精炼厂使用裂解加工，将高分子量的烃类转变成小分子量易挥发的产物。
 - 2、聚合反应将小分子的气态烃类转变成液态的可用于汽油的烃类。
 - 3、烷基化反应将小分子烯烃和侧链烷烃转变成更大的具有高辛烷值的侧链烷烃。
- **烷基化汽油的实际生产：**烷基化油的另一个名字就是异辛烷。

烷基化的原料是异丁烷和丁烯，在一定的温度和压力下，用浓硫酸或氢氟酸作催化剂，异丁烷和丁烯发生加成反应生成异辛烷。异辛烷辛烷值高、敏感性小，具有理想的挥发性和清洁燃烧性，是非常理想的汽油调和组分。

MTBE与烷基化油：LPG为原料，汽油为目标产品

- 烷基化油的直接上游为醚后碳四，反应原理为醚后碳四的丁烯组分与异丁烷组分进行烷基化反应产生烷基化油，产一吨烷基化油一般需求1.25吨醚后碳四，副产0.25吨民用气。而从最初原料上看，烷基化油原料主要是涉及原油炼化副产的液化气。因此原油价格对烷基化油有显著影响。然由于烷基化油原料结构相对单一，醚后碳四供应低于需求，原料成本对于烷基化油的影响更为直接，醚后碳四与烷基化油价格相关性超过95%。
- 丁烷：四碳烷烃，分为正丁烷和异丁烷两种同分异构体。混合丁烷为二者的混合物，比例无限制。正丁烷用作溶剂、制冷剂和有机合成原料；油田气、湿天然气和裂化气中都含有正丁烷，经分离而得。异丁烷主要存在于天然气、炼厂气和裂解气中，经物理从分离等获得，亦可由正丁烷经异构化制得。异丁烷主要脱氢生成异丁烯，制取**MTBE**；也可与正丁烯反应，制取异辛烷。两者均用于调和汽油。



- 紧供需关系使得近年来上游催化裂化和石脑油制乙烯（副产裂解 C4）开工率较高，下游 MTBE 和异辛烷开工率则始终维持低位。
- 2022年我国MTBE产量1350万吨，烷基化油产量1250万吨，对应2022年我国汽油的总产量1.454亿吨的汽油产量，两者的比例仅为9.28%和8.6%。

我国汽油标准不断提升：标准与各类汽油的指标比较

汽油标准	国V		国VIA		国VIB	
辛烷值	89/92/95	98	89/92/95	98	89/92/95	98
苯含量（体积分数）	1%	1%	0.80%	0.80%	0.80%	0.80%
芳烃含量（体积分数）	40%	40%	35%	35%	35%	35%
烯烃含量（体积分数）	24%	24%	18%	15%	15%	15%
氧含量（质量分数）	2.70%	2.70%	2.70%	2.70%	2.70%	2.70%
执行时间	2017年1月		2019年1月		2023年1月	

	国VIB	烷基化油	MTBE	芳构化油	催化汽油	重整汽油	轻石脑油
辛烷值	89/92/95/98	93-96	110	83-86	93	104	79
硫(ppm)	≤10	≤10	≤10	≤10	250	<1	<1
苯(V/V)	≤0.8%	0	0	0	0.8%		0.75%
芳烃(V/V)	≤35%	0	0	≤10	20.4%	86%	2.3%
烯烃(V/V)	≤15%	0	0	0	28%	1%	1.5%

资料来源：《车用汽油》，网络公开信息，中信建投期货

• 叠合汽油

叠合反应：两个或两个以上的烯烃分子在一定的温度和压力下结合成较大的烯烃分子的反应，叫做叠合反应。

叠合工艺：以炼厂气中的烯烃为原料，在催化剂作用下通过叠合反应，生产高辛烷值汽油组分或石油化工原料等的过程叫做叠合工艺，也叫催化叠合。非选择性叠合生产高辛烷值汽油调和组分，选择性叠合生产特定产品或高辛烷值汽油组分。

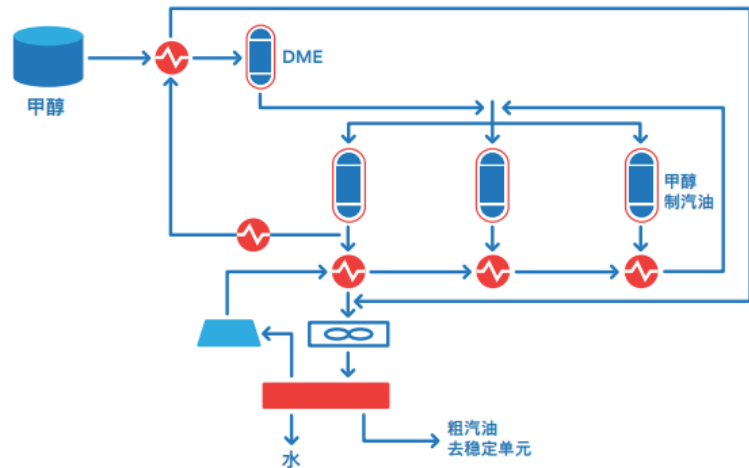
叠合原料和产品：原料分别是丙烯和丁烯，产成品是己烯和辛烯。

• 异构化汽油

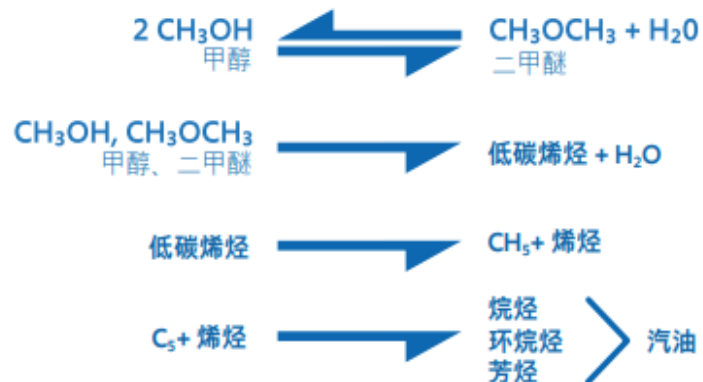
异构化工艺：将在一定的反应条件和有催化剂存在下，把正构烷烃转化为异构烷烃的过程成为异构化反应。

异构化的原料和产品：典型原料是碳五、碳六馏分，如直馏石脑油、重整拔头油、轻重整生成油、轻加氢裂化产物和抽余油。

MTG 反应单元工艺流程



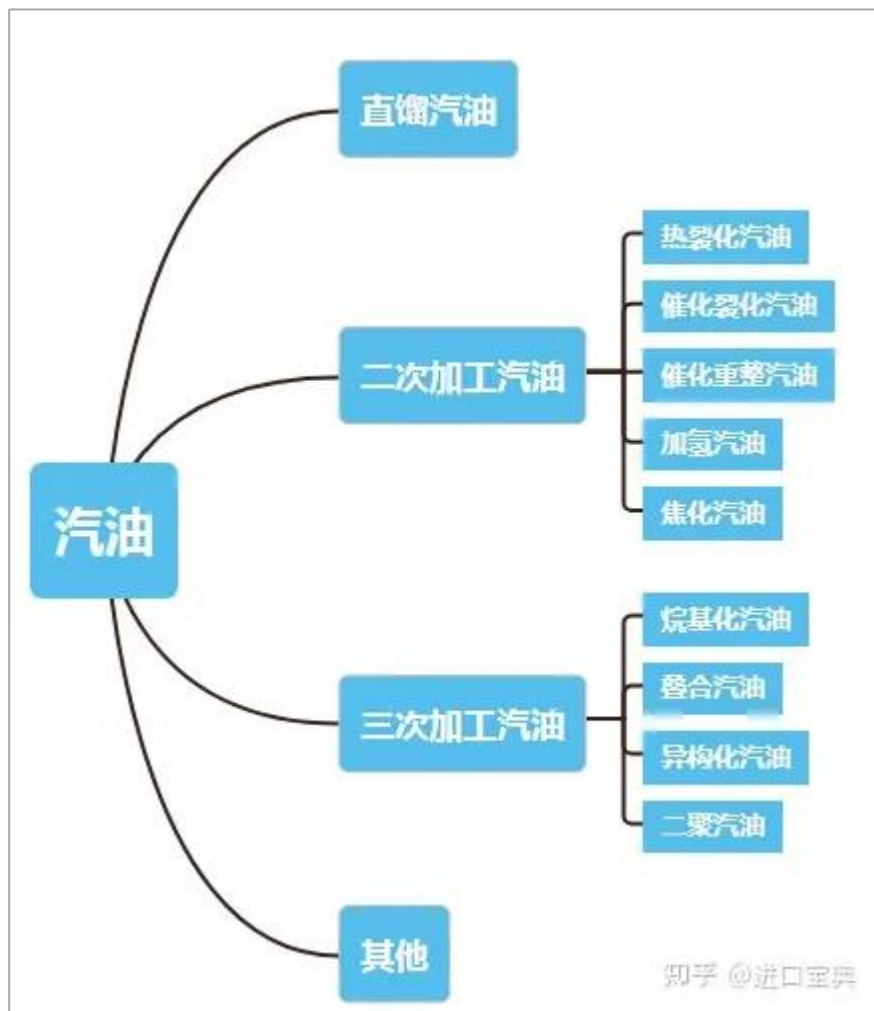
MTG 反应路径



MTG 汽油特性 / 组分

研究法辛烷值, RON	92
马达法辛烷值, MON	82
平均辛烷值 (RON+MON)/2	87
蒸汽压 RVP (psi) ¹	9
T (50) F	201
T (90) F	320
烷烃, vol%	53
烯烃, vol%	12
环烷烃, vol%	9
芳烃, vol%	26
苯, vol%	0.3
硫	无

- **甲醇制汽油(MTG):** MTG 工艺不仅通常是新工厂的首选，它还能够为您的甲醇生产提供增加值的方法。MTG 工艺以甲醇作为中间产品，非常适合以天然气为原料、采用我们的专有 ATR（自热转化）等蒸汽转化技术来生产合成气。
- **合成气制汽油(STG):** 在 STG 工艺中，甲醇、二甲醚(DME)以及汽油的合成分两步：首先将合成气送入含氧化合物（甲醇/DME）反应器，然后在汽油反应器中将含氧化合物转化成汽油。STG 工艺非常适合煤、石油焦或生物质等原料。这些原料使用一种基于气化的工艺来制备合成气（H₂、CO 和 CO₂ 的混合物），其中 H₂: CO 约等于 1。



一、炼油开工率的提升和下降将影响几乎所有化工供应的增减。

二、催化重整汽油与芳烃有原料的争夺。

三、烷基化汽油和MTBE的生产与几乎所有的二次化工都有关联，原料就是炼厂气，C4面临化工和油品的竞争。

四、叠合反应的原料是丙烯和丁烯，异构化的原料也是C4、C5、C6。

五、合成汽油与甲醇、合成气（合成气主要由一氧化碳、二氧化碳和氢气组成，可由煤炭制得，也可以天然气作原料制取）联系在了一起。

尚待探究的：1、各类生产方式的产量及转化历史，2、各类生产方式的利润跟踪与对比，3、中国的汽油需求是否见顶？4、中美汽油炼厂生产与调油商调和比例各是多少？等等

本报告观点和信息仅供符合证监会适当性管理规定的期货交易者参考，据此操作、责任自负。中信建投期货有限公司（下称“中信建投”）不因任何订阅或接收本报告的行为而将订阅人视为中信建投的客户。

本报告发布内容如涉及或属于系列解读，则交易者若使用所载资料，有可能会因缺乏对完整内容的了解而对其中假设依据、研究依据、结论等内容产生误解。提请交易者参阅中信建投已发布的完整系列报告，仔细阅读其所附各项声明、数据来源及风险提示，关注相关的分析、预测能够成立的关键假设条件，关注研究依据和研究结论的目标价格及时间周期，并准确理解研究逻辑。

中信建投对本报告所载资料的准确性、可靠性、时效性及完整性不作任何明示或暗示的保证。本报告中的资料、意见等仅代表报告发布之时的判断，相关研究观点可能依据中信建投后续发布的报告在不发布通知的情形下作出更改。

中信建投的销售人员、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不一致的市场评论和/或观点。本报告发布内容并非交易决策服务，在任何情形下都不构成对接收本报告内容交易者的任何交易建议，交易者应充分了解各类交易风险并谨慎考虑本报告发布内容是否符合自身特定状况，自主做出交易决策并自行承担交易风险。交易者根据本报告内容做出的任何决策与中信建投或相关作者无关。

本报告发布的内容仅为中信建投所有。未经中信建投事先书面许可，任何机构和/或个人不得以任何形式对本报告进行翻版、复制和刊发，如需引用、转发等，需注明出处为“中信建投期货”，且不得对本报告进行任何增删或修改。亦不得从未经中信建投书面授权的任何机构、个人或其运营的媒体平台接收、翻版、复制或引用本报告发布的全部或部分内容。版权所有，违者必究。

致 谢 !



欢迎朋友们关注CFC能化研究公众号

