

新潮工业硅原料系列专题二：石油焦介绍

一、石油焦是目前工业硅生产的主要还原剂之一

石油焦因其灰分低、价格适中、来源广泛等优点，得到工业硅行业的青睐，目前已成为被最广泛使用的碳质还原剂之一。

石油焦是延迟焦化装置的原料油在高温下裂解生产轻质油品时的副产物，是石油在提炼过程中产生的一种可再利用的“废料”，是黑色或暗灰色坚硬固体石油产品，带有金属光泽，呈多孔性，碳氢化合物，含碳 90%到 97%，含氢 1.5 到 8%，还含有氮、氯、硫及重金属化合物。

正是石油焦高含碳量的特性，使其具备优质碳质还原剂的潜质。而合适的碳质还原剂不但要为反应提供必须的碳量，炉料中炭质还原剂是电流通过炉料的主体导体，在生产过程中可通过改变还原剂的种类、用量、配比和粒度来改变炉料电阻的大小，以调整电极在炉膛里的插入深度，控制电炉的生产过程；可靠的碳质还原剂还可以通过选用不同种类的还原剂和调整它们之间的配比来控制工业硅产品的质量和品级。

为了保证生产过程的正常进行，获得符合要求的工业硅产品，并取得较低的电耗和较好的技术经济指标，根据碳还原氧化物的碳热反应的特点和过程，工业硅生产用炭质还原剂必须符合纯度高、灰分低、化学反应活性好、比电阻高、高温条件下不易发生石墨化、粒度适宜、有一定的机械强度、来源广泛、价格低廉。

图表 1：常见碳质还原剂的技术特点

名称	固定碳/%	灰分/%	挥发分/%	反应性(1100℃)/%	电阻率(900℃)/(μΩ/m)	S/%
木炭	65~75	≤6	25~30	96~99	5000~6000	≤0.08
石油焦	84~90	≤0.5	10~16	40~48	980~1080	≤0.5~3.0
烟煤	50~60	≤4	45~38	72~86	2200~3600	≤0.2~1.0

资料来源：《石油焦在工业硅生产中的应用》，新潮期货研究所

石油焦作为工业硅还原剂的最大优点是灰分低，可以用于生产高品级的工业硅，来源广泛，价格一般。因此石油焦已成为工业硅生产的主要还原剂。

另一方面，根据常见石油焦的技术指标，石油焦比电阻低、导电性强、高温条件下石墨化程度高。单纯利用石油焦作为生产工业硅的还原剂炉面结壳严重，影响炉料的透气性，刺火严重，炉况不易控制。因此生产工业硅时，经常掺配一定数量的木片或木屑增加炉料比电阻。而且石油焦还由于化学活性差，还原性差，经常需要和化学活性和还原性较好的低灰分硅煤甚至木炭搭配使用，以利炉况顺利进行。

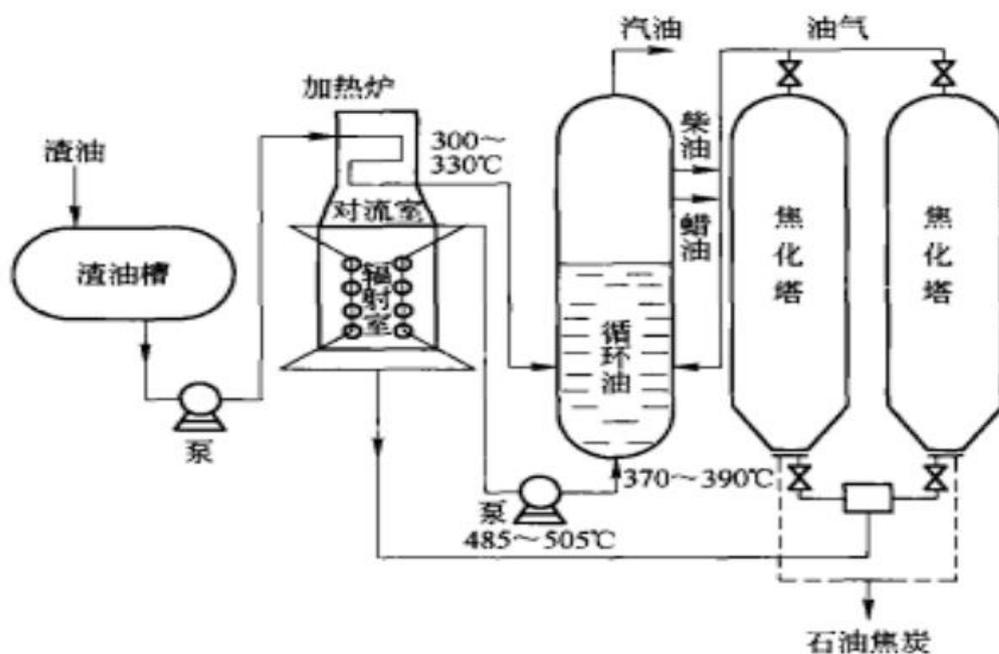
在生产有机硅用 421 等牌号工业硅时，下游基本会对一些微量元素要求严格，而通常石油焦中含钒和镍量较高，会使得有机硅烷转化率和选择性降低。因此在生产有机硅用化工级工业硅时，需要控制使用石油焦作还原剂的比例。而在生产多晶硅工程中，对工业硅提纯时硼、磷、钛不易去除，故同样用对石油焦的使用做出限制。

二、石油焦主要生产工艺为延迟焦化

目前石油焦主要通过延迟焦化工艺获得，焦化工艺主要包括以下 4 个工艺：

- 加热：减压渣油进入原料缓冲罐预热，预热后的原油进入分馏塔底换热，然后经热油泵打进加热炉，加热到焦化反应所需的温度（500℃），然后进入焦炭塔，进行焦化反应。
- 裂解缩合：焦化原料进入焦炭塔，发生裂解反应、缩合反应，分别将渣油转化为气体、轻质油、焦炭。
- 分馏：油气进入从焦炭塔顶进入分馏塔，与原料油进行换热，经过分馏得到气体、汽油、柴油和蜡油。分馏塔底循环油和原料（减压油）再进行焦化反应。
- 出焦：塔内焦炭用蒸汽去除轻质组分后注水冷却，最后将焦块从底部清出。

图表 2：石油焦延迟焦化工艺流程



资料来源：五道口供应链研究院，新湖期货研究所

从生产工艺上来看，炼厂将经减压渣油经延迟焦化装置在高温下裂解来生成石油焦。目前从行业现状来看，延迟焦化是生产石油焦的唯一装置。延迟焦化的原料主要有减压渣油以及其他重质组分油。石油焦是炼油过程中的副产品，它的质量受原油性质的影响，其数量也取决于原油一次加工能力和炼油企业二次加工装置配套状况。

三、石油焦的供给受炼厂开工影响

由于石油焦供给端受原油炼化影响，且延迟焦化装置开工率变化对石油焦供应面形成至关重要影响，其开工率取决于炼厂的产销及检修情况，因此石油焦往往以产定销。

近五年以来的国内石油焦产量出现宽幅震荡。2018年至2019年，国内石油焦产量持续上涨；2020年因疫情影响，炼厂开工率下降，压制了石油焦的产量，2021年疫情影响减弱，下游需求受出口刺激，石油焦产量再度走高。2022年疫情影响加重，且原油高位导致炼厂开工下降，石油焦产量2665万吨，同比下降4.41%。根据卓创数据推测，预计2023国内石油焦产量2750万吨左右，同比增幅3.35%。

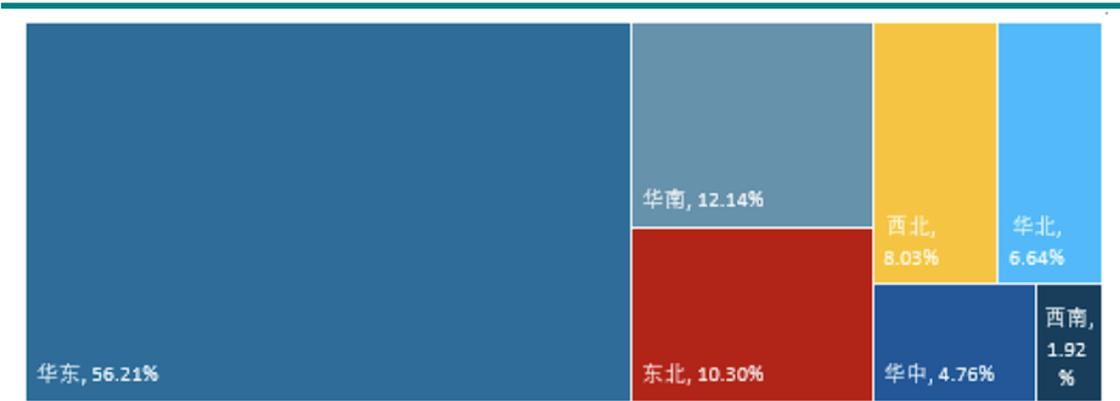
图表 3：国内石油焦产量及增速



资料来源：卓创资讯，新湖期货研究所

从产地分布上来看，石油焦产地划分有一定的特殊性，中国石油焦的生产区域依旧主要分布在北方地区。2020年至2022年，随着新建以及淘汰产能变化，中国石油焦的生产区域比例再次发生变化，华东地区石油焦生产供应量继续占据首位。2022年具体分布为：华东地区 56.21%，华南地区 12.14%，东北地区 10.30%，西北地区 8.03%，华北地区 6.64%，华中地区 4.76%，西南地区 1.92%。

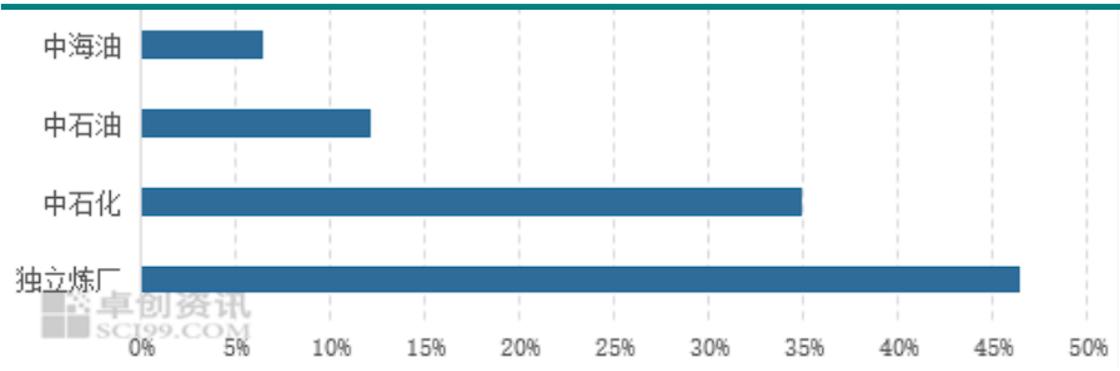
图表 4：国内石油焦供给区域分布



资料来源：卓创资讯，新湖期货研究所

而从石油焦市场各集团产能占比来看，伴随着新增产能变化，主营单位及地炼产能变化趋势也跟随调整。2022年独立炼厂占比在 46.43%，中石化产能在 34.95%左右，中石油产能在 12.16%，中海油产能在 6.46%。目前独立炼厂延迟焦化装置产能继续占据首位，中石化产能位居第二。

图表 5：国内石油焦各企业产能分布

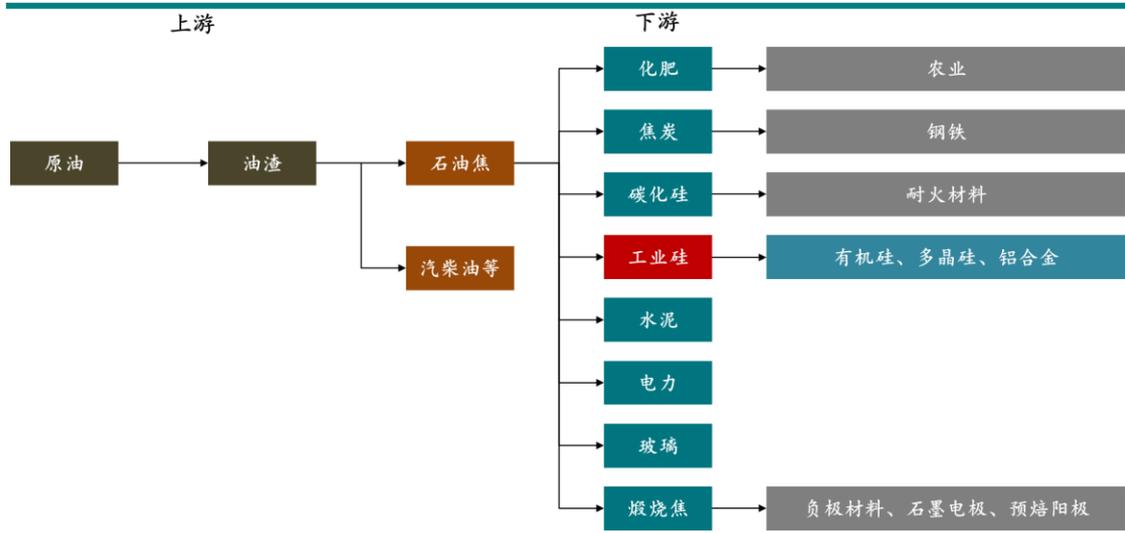


资料来源：卓创资讯，新湖期货研究所

四、石油焦下游用途广泛

从石油焦产业链来看，其主要用来制作电极，在下游的应用，基本按照硫分高低来区分，低硫焦主要用来生产石墨电极、锂电负极、高端预焙阳极，中硫焦主要用来生产普通预焙阳极，高硫焦主要用作燃料和还原剂，其中包含工业硅用的碳质还原剂。

图表 6：石油焦主要产业链



资料来源：百川营孚，新潮期货研究所

根据中石化对普通石油焦的标准划分，石油焦分为 1 号、2 号和 3 号，每个牌号又分为 A 焦和 B 焦两类，规定 1 号焦硫分不大于 0.5%（A 焦）及 0.8%（B 焦），2 号焦为不大于 1.0%（A 焦）及 1.5%（B 焦），3 号焦为不大于 2.0%（A 焦）及 3.0%（B 焦），4 号焦硫分不大于 5%（A 焦）及 7%（B 焦），5 号焦硫分不大于 9%。目前工业硅生产多使用 5 号高硫焦。

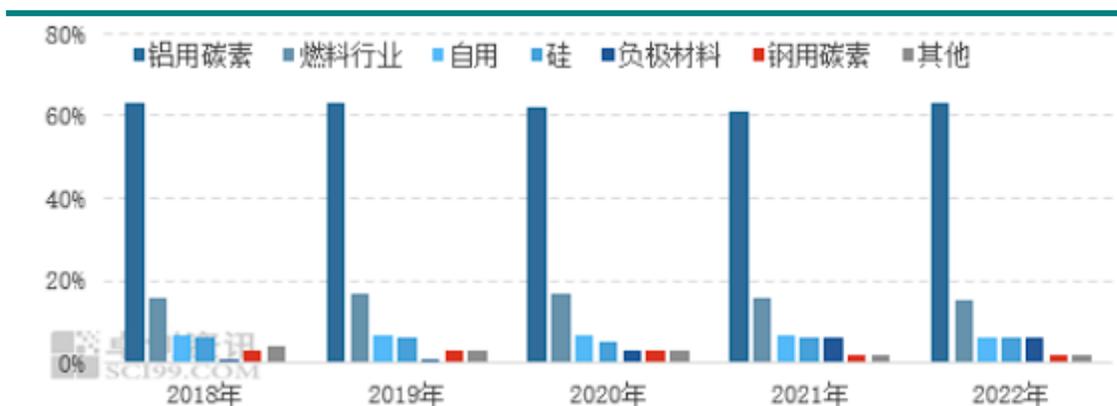
图表 7：普通石油焦（生焦）的技术要求和试验方法

项目	质量指标						
	1号	2A	2B	2C	3A	3B	3C
硫含量（质量分数）% 不大于	0.5	1.0	1.5	1.5	2.0	2.5	3.0
挥发分（质量分数）% 不大于	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
灰分（质量分数）% 不大于	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.5	0.5
总水分（质量分数）%	报告						
真密度（煅烧1300℃，5h） g/cm ³ 不小于	2.05	—	—	—	—	—	—
粉焦量（质量分数）% 不大于	35	报告	报告	报告	—	—	—
微量元素含量（ $\mu\text{g/g}$ ） 不大于				—	—	—	—
硅	300	300	报告	—	—	—	—
钒	150	300	报告	—	—	—	—
铁	250	300	报告	—	—	—	—
钙	200	300	报告	—	—	—	—
镍	150	250	报告	—	—	—	—
钠	100	200	报告	—	—	—	—
氮含量（质量分数）/%	报告	—	—	—	—	—	—

资料来源：中国石油化工股份有限公司，新湖期货研究所

2022年石油焦消费结构按行业分，电解铝仍占首位，比例在63%。第二大消费行业为燃料行业，占比15%。其他方面，自用占6%，负极材料占6%，硅行业占6%，钢用碳素占2%，其他占2%。

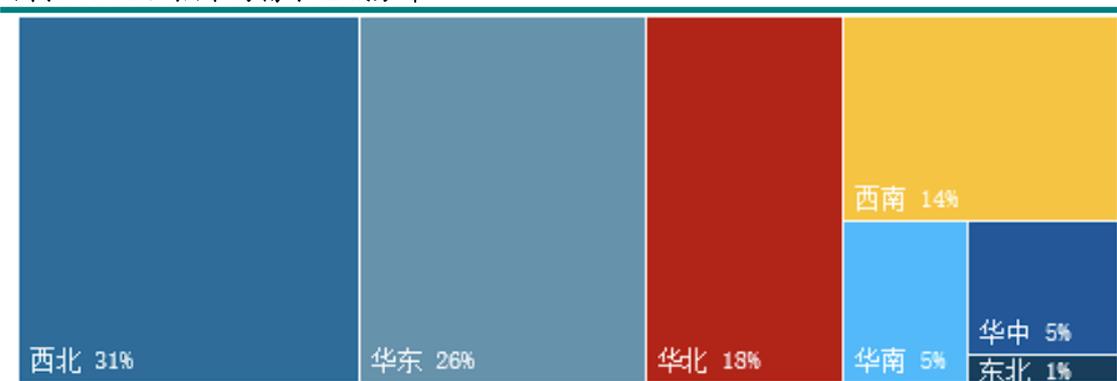
图表 8：石油焦下游需求比例



资料来源：卓创资讯，新湖期货研究所

石油焦主要下游需求群体为电解铝行业，其次是燃料及负极材料行业。根据以上产业的分布，石油焦的下游消费区域主要集中在西部的西北、西南区域，中部的华北、华中区域，东部地区主要是华东区域。

图表 9：石油焦下游需求区域分布



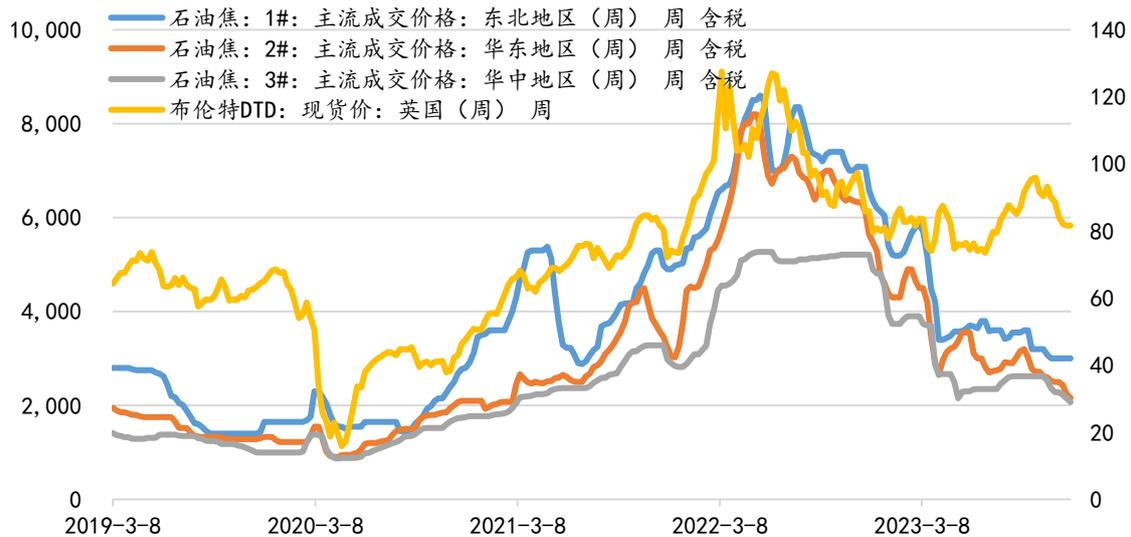
资料来源：卓创资讯，新湖期货研究所

五、石油焦价格主要受资深自身关系主导

目前国内大部分石油焦是经过炼厂延迟焦化装置生产出来的，少量来自煤焦油深加工的副产品，这些业务仅仅是石化产业链环节中的一个小分支。而炼化企业一般优先考虑化工品和成品油的定价，对石油焦的市场及定价不够重视。

市场主要根据其硫含量、灰分等指标进行分级，这些指标也是决定石油焦下游消费方向的关键指标。目前生产企业定价基本参考自身销售情况、市场价格和产品品质，同时也会参考原油价格，但不会将其作为定价的核心依据。因为原油价格的变化与石油焦价格的涨跌虽然存在一定的关联，但其关联性有限。

图表 10：国内石油焦价格与布伦特原油价格



资料来源: Mysteel, 新潮期货研究所

根据近5年石油焦与布伦特原油价格的对比分析,两者有一定相关度,在80%以下。油价在一定情况下,会对石油焦价格形成一定支撑,但当石油焦自身的商品属性因素变化较大时,两者之间价格则更倾向于各自的价格变化决定因素。

石油焦目前无期货上市,但大连商品交易所上市计划,对于石油焦作为期货品种上市。如果石油焦实现了统一的标准而成功期货上市,行业内可能会出现规范现货定价的动力,这可能会冲击石油焦贸易环节,但更有利于实现石油焦市场的规范化发展。

新潮期货黑色组

姜秋宇

执业资格号: F3007164

投资咨询资格号: Z0011553

审核人: 李明玉

免责声明

本报告由新潮期货股份有限公司(以下简称新潮期货,投资咨询业务许可证号32090000)提供,无意针对或打算违反任何地区、国家、城市或其他法律管辖区域内的法律法规。除非另有说明,所有本报告的版权属于新潮期货。未经新潮期货事先书面授权许可,任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发布。如引用、刊发,须注明出处为新潮期货股份有限公司,且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。本报告的信息均来源于公开资料和/或调研资料,所载的全部内容及其观点公正,但不保证其内容的准确性和完整性。投资者不应单纯依靠本报告而取代个人的独立判断。本报告所载内容反映的是新潮期货在最初发表本报告日期当日的判断,新潮期货可发出其他与本报告所载内容不一致或有不同结论的报告,但新潮期货没有义务和责任去及时更新本报告涉及的内容并通知更新情况。新潮期货不对因投资者使用本报告而导致的损失负任何责任。新潮期货不需要采取任何行动以确保本报告涉及的内容适合于投资者,新潮期货建议投资者独自进行投资判断。本报告并不构成投资、法律、会计、税务建议或担保任何内容适合投资者,本报告不构成给予投资者投资咨

询建议。研究报告全部内容不代表协会观点，仅供交流使用，不构成任何投资建议。