

煤基碳材料技术开发思路及产品市场分析

陈 凡 (中国神华煤制油化工有限公司鄂尔多斯煤制油分公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017209)

摘要: 煤液化沥青是煤经直接液化后的副产品, 是生产多品种、高价值、特色化煤基碳材料的优质原料, 煤液化沥青的高值化利用成为提升项目效益的重要因素。利用煤液化沥青芳香度高、易聚合交联的特性, 开发针状焦、高性能碳纤维、超级活性炭、储能电池负极等高端碳材料, 符合我国现代煤化工产业“高端化、多元化、低碳化”发展的方向, 有利于构建更高价值的产业链集群, 提升项目整体经济效益。

关键词: 煤液化沥青; 碳材料; 针状焦; 负极

煤直接液化是将原料煤与供氢溶剂制备成油煤浆, 在高温、高压、催化剂、氢气环境下进行反应生成液化油, 在分馏部分将液化油和油渣进行分离, 分馏塔底得到的减底渣油即是煤液化沥青^[1]。对煤直接液化副产沥青进行充分研究, 根据原料品质、可依托技术、市场环境空间等因素, 从提高煤炭综合利用效能和价值的角度, 充分发挥煤液化副产沥青原料本质特点, 高起点、多路径、分阶段开发煤基碳材料, 打造差异化、多元化、高值化发展煤基碳材料产业链。

1 总体开发思路

煤液化沥青是区别于石油沥青、煤沥青之外的沥青新品种, 具有独特的组成结构和物性特点, 需创新产业发展路径、培育拓展产品市场。规划按照“组成-性质-用途”的思路, 结合技术研发进展和市场环境空间, 根据原料特点确定产品方案, 形成具有自身特色的煤基碳材料产业链。根据原料组成确定碳材料产品方向, 按照原料分级分质利用思路, 开发思路如下:

①煤液化沥青(合格品)灰含量较高, 不脱灰产品用于超硬质沥青、道路沥青改性剂以及焦煤添加剂产品; ②通过超临界萃取预处理的方式对煤液化沥青进行脱灰和窄馏分切割, 产品用于生产沥青焦产品, 面向通用负极材料市场, 面向储能材料市场, 部分作为导热炭粘结剂产品外售^[2]; ③对部分超临界萃取后的产品通过过滤方式进行精制, 获得超低灰分优质原料, 向下游发展针状焦、碳纤维等高端碳材料产品, 滤渣部分作为优质冶金焦添加剂; ④超临界萃取萃余物, 由于热量较高, 作为燃料使用。

2 主要产品市场分析

2.1 针状焦

针状焦是由多环芳烃化合物脱除杂质和原生喹啉不溶物后经液相炭化制得。针状焦是炭素材料中的优质品种, 具有低热膨胀系数、低空隙度、低硫、低灰

分、低金属含量、高导电率及易石墨化等一系列优点, 其石墨化制品化学稳定性好, 耐腐蚀、导热率高、低温和高温时机械强度良好^[3]。根据原料路线的不同, 针状焦分为油系(以石油渣油为原料)和煤系(以煤焦油沥青及其馏分为原料)两种, 其生产方法(原料不同)和性能存在一定差异。

2.1.1 产能产量

2018-2022年国内针状焦产能开始迅速扩张, 由2018年的64万t增长到2022年的272万t, 其中油系占比56%、煤系占比44%。中国针状焦产能分布最集中区域为华东、东北、华北地区, 分别占比45%、21%、18%。油系针状焦产能主要分布山东、辽宁。煤系针状焦主要分布山西、河南等省份。截止2022年底, 国内生产针状焦企业共28家。

2.1.2 消费量

2022年, 我国针状焦表观消费量为142.1万t, 同比增长8.49%。针状焦下游主要应用于石墨电极和锂电负极材料。随着“双碳”政策对电炉钢的影响, 预计未来超高功率石墨电极市场占有率将逐步提高, 相应的在该领域针状焦的需求也会同步提高。在新能源行业的锂电负极材料方面, 目前国内负极材料用针状焦生焦比例较大, 约占总量70%左右, 企业采购生焦进行自行煅烧, 另外有30%左右采购煅烧后熟焦。在未来新能源政策利好背景下, 锂电负极材料正值产能扩张期, 因此针状焦需求增量将主要来自负极材料市场。预计到2025年, 国内针状焦表观消费量有望突破200万t。

2.1.3 进出口贸易

近些年, 我国针状焦主要进口国家和地区主要为英、日、韩等国家。由图1可见, 我国针状焦进口国集中度较高。2022年我国针状焦进口量排名前三的国家和地区合计进口量17.08万t, 占总进口量78%。

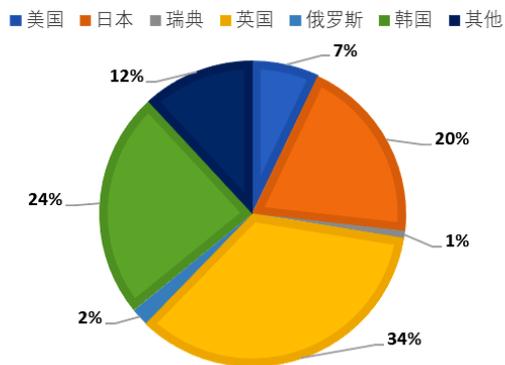


图1 2022年国内针状焦进口国家和地区分布

2.1.4 供需平衡

2019年开始国内针状焦企业大规模扩产，目前市场已处于供过于求，预计2023-2025年针状焦行业仍维持供过于求状态。随着国内技术的发展，煤系与进口质量逐步减小，进口量有望逐步下降。我国针状焦供需平衡数据及预测见表1：

表1 2022年我国针状焦供需平衡现状及预测

(单位：万 t/a, 万 t)

| 年份 | 产能 | 产量 | 表观消费量 | 净进口 |
|---------------------|--------|--------|--------|-------|
| 2018 | 64.00 | 35.50 | 54.51 | 19.01 |
| 2019 | 105.00 | 50.39 | 76.98 | 26.59 |
| 2020 | 156.00 | 54.83 | 67.99 | 13.16 |
| 2021 | 229.00 | 108.39 | 130.94 | 22.55 |
| 2022 | 272.00 | 120.30 | 142.06 | 21.76 |
| 近五年年均增长率(%) | 44 | 36 | 27 | 3 |
| 2023-2025年均增长率预测(%) | 3 | 8 | 12 | -6 |
| 2025E | 300 | 150 | 200 | 18 |

2.1.5 价格分析

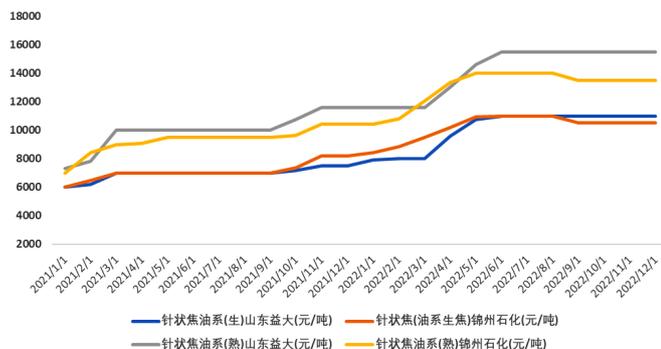


图2 2021-2022年国内针状焦价格走势情况(单位：元/t)

2021年针状焦生焦和熟焦均价分别为6974元/t和9900元/t。自2021年以来锂电池相关产业快速发展，对焦类材料需求持续旺盛推动其价格继续上涨。2022年针状焦生焦和熟焦均价分别为10000元/t和14000元/t。随着针状焦产能的陆续释放，针状焦价格可能有所回落，

生焦和熟焦价格有望稳定在8000元/t和10000元/t左右。

2.2 负极材料

负极材料是锂离子和电子的载体，在电池充电过程中起着能量的储存与释放的作用，主要可分为天然石墨、人造石墨和以硅基负极为代表的新型负极材料，目前市场主要以人造石墨负极材料为主。在本方案研究中，所产负极材料主要面向下游储能用负极材料市场。

2.2.1 产能产量

国内负极材料产能2018-2022年年均复合增长率为45%，2022年产能达155.4万t/a，2022年国内负极材料产量为105.9万t，同比增长61%，主要受国内动力电池和储能锂电池出货量增长带动。2022年一线厂商贝特瑞、上海杉杉和江西紫宸(璞泰来)包揽产能行业前三，三家企业产能占比总计达到43.8%。凯金能源、尚太科技及中科星城负极材料产能规模分列第四名至第六名。

2.2.2 消费量

受锂电池下游新能源汽车市场和储能电池市场规模的增长驱动，国内负极材料总需求量逐年提升。2019-2022年，国内负极材料需求量从33万t增长到119万t，年均复合增长率达53.35%。未来受新能源汽车影响，预计2025年实际需求有望达298万t。

2.2.3 供需平衡

未来随着负极材料在建项目产能逐步释放，行业总体将呈现供过于求的局面。负极材料与其他材料不同，属于高能耗行业，因此部分省市已经通过能耗双控等措施暂停石墨化和负极材料项目的审批，从而抑制行业过快无序扩张。我国负极材料供需平衡数据及预测如下表：

表2 2022年我国负极材料供需平衡现状及预测

(单位：万 t/a, 万 t)

| 年份 | 产能 | 产量 | 需求量 | 净出口 |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|
| 2018 | 35 | 21 | 19 | 29 |
| 2019 | 51 | 38 | 33 | 26 |
| 2020 | 60 | 41 | 40 | 29 |
| 2021 | 79 | 66 | 73 | 40 |
| 2022 | 155 | 106 | 119 | 42 |
| 近五年年均增长率(%) | 45 | 51 | 58 | 10 |
| 2023-2025年均增长率预测(%) | 35 | 36 | 36 | 8 |
| 2025E | 380 | 266 | 298 | 53 |

2.2.4 价格分析

2021年，随着新能源汽车和锂电储能市场的需求增长，年底负极材料价格涨至53000元/t，同比增加20%。2022年上半年负极材料价格持续小幅上升，最高价格达55000元/t。自2022年下半年开始负极材料

市场需求放缓,同时,叠加负极行业企业扩建产能进入释放期,负极材料价格开始进入下行区间,2022年底回落至53000元/t。未来三年负极材料市场预计将保持供过于求的状态,价格呈波动下行趋势,市场均价有望稳定在48000元/t,且价格受市场短期供需关系影响波动较大。本开发思路产品主要用于储能负极材料,价格大概在35000元/t左右。

2.3 改质沥青

2.3.1 概述

改质沥青作为粘结剂,主要用于炭素行业,一般是以中温煤沥青为原料,经过热聚合反应,提高沥青中的重组分,析出小分子气体,在热聚合过程中沥青中原有的甲苯不溶物一部分转化族组成更重的喹啉不溶物,这部分物质可提高炭素强度,甲苯可溶物的一部分转化为 β 树脂, β 树脂含量达到16%以上,煤沥青黏结性显著提高,产品得到改质。

2.3.2 市场分析

改质沥青主要用于生产预焙阳极和石墨电极。近年来,中国预焙阳极产能及产量逐年增加,2021年预焙阳极有效产能达到2909万t,产量2098万t,已成为世界最大预焙阳极生产国。按照1t预焙阳极消耗0.17t计算,2021年在预焙阳极方面,改质沥青消耗量约为357万t。中国也是全球最大的石墨电极供应国,2019年总产量达到80.1万t,2020年受行业亏损和疫情影响,产量略有下降,同比下降4.4%。2021年产量达100.9万t,按照1t石墨电极改质沥青消耗量0.25t计算,改质沥青消耗沥青约为25万t。

未来电解铝行业、钢铁行业产量的逐步停滞增长,改质沥青的消耗量会随着电弧炉应用的增加而小幅增长,而锂电产业发展对石墨电极需求的拉动将成为改质沥青消耗量增长的主要驱动力。

2.4 包覆沥青

2.4.1 概述

包覆沥青是一种石墨材料表面改性处理剂,经炭化后得到无定形碳包覆层,修饰石墨中的孔洞、沟槽、裂纹等缺陷,提高材料的电化学可逆容量和循环性能。从产业链来看,包覆沥青上游主要是沥青等大宗化工产品,下游主要是作为负极包覆材料用于锂电池负极材的生产和加工。

2.4.2 市场分析

随着我国新能源汽车产业的高速发展,2016年我国包覆沥青产量为1.34万t,2021年产量增长至8.83万t。

虽然国内规划包覆沥青项目较多,但真正进入该市场的企业相对较少,并且行业龙头企业的生产经验较为丰富,先发优势较强。目前,主要供应企业有信德新材、辽宁奥亿达、辽宁鸿宇、新疆中碳、大连明强、辽宁润兴等。其中信德新材是国内最大的包覆沥青供应商,2021年该公司包覆材料收入规模达3.31亿元,国内市场占比约25.5%。

目前工艺条件下,石墨类负极材料一般都需要进行包覆。受负极材料市场需求的影响,2021年我国包覆沥青需求大幅增长。包覆材料的性能在一定程度上决定了锂电池在新能源汽车、电子产品等领域应用的深度和广度。未来随着锂电池行业的快速发展,我国包覆沥青需求仍将保持较快的增长速度。

据统计2020年我国包覆沥青均价为15625元/t,2021年均价为15520元/t,随着国内负极材料需求递增,国内包覆沥青供给趋紧,产业价格呈明显上升态势。目前负极材料包覆沥青的添加比例在8%~15%之间,按照目前已有专利技术,如未来采用硅基负极或钠电硬碳负极,添加量硅基负极预计在20%以上,有望成为包覆沥青需求量增长的新动力。

3 结语

煤液化沥青主要由重质油、沥青烯、前沥青烯、四氢呋喃不溶物等组成,在碳材料产品制备应用上具有独特的优势。其中重质油由分子结构相对简单的脂肪烃和芳香烃组成;沥青烯部分是以缩合芳香结构或部分加氢饱和的氢化芳香结构为主体的复杂的芳香烃类结构,含较多支链;前沥青烯芳香缩合更高,支链结构较少;四氢呋喃不溶物即为固相组分,该部分对液化沥青的加工利用极为不利,需脱除后才能实现煤液化沥青的高附加值利用^[4]。通过组成分析可以确定,煤液化沥青下游应以预处理脱灰脱固为龙头,按照结构组成进行切割,物尽其用,延伸下游碳材料产业链。

参考文献:

- [1] 吴秀章,舒歌平,李克健,等.煤炭直接液化工艺与工程[M].北京:科学出版社,2015.
- [2] 刘朋飞,张永奇,房倚天,等.神华煤直接液化残渣超临界溶剂萃取研究[J].燃料化学学报,2012,40(7):776-781.
- [3] 郭少青.煤系针状焦原料预处理技术进展[J].炭素技术,2011,30(3):40-43.
- [4] 谷小会.煤直接液化残渣的性质及利用现状[J].洁净煤技术,2012,18(3):63-66.