

低温煤焦油分级提质过程中关键组分分离及资源化利用研究

上官国青 苏 醒

新疆广汇煤炭清洁炼化有限责任公司 新疆 哈密 839000

摘 要：低温煤焦油分级提质的核心在于实现关键组分高效分离与资源化高效转化，通过优化分级工艺参数、完善分离技术实操流程、规范资源化利用路径，解决分级提质过程中组分分离不彻底、资源利用率偏低、产物附加值不足的实际问题。分级提质过程聚焦酚类、烷烃类、沥青质等关键组分的分离实操，融入量化公式，明确工艺参数与分离效果、资源转化率的关联关系。经实操验证，优化后的分离及资源化利用方案可有效提升关键组分分离纯度与资源利用率，降低提质过程能耗与污染物排放，为低温煤焦油分级提质工程落地提供可操作、可复制的技术支撑。

关键词：低温煤焦油；分级提质；关键组分分离；资源化利用

引言：低温煤焦油作为煤低温干馏的主要产物，组分复杂且含有多种高附加值关键组分，其分级提质与资源化利用是提升煤资源综合利用水平的重要路径。当前低温煤焦油分级提质过程中，普遍存在关键组分分离精度不足、工艺参数适配性差、资源化利用方式单一等问题，导致资源浪费严重、提质产物附加值偏低，难以满足工业生产的实际需求。基于此，结合低温煤焦油实际组分特性与分级提质工程运行工况，重点阐述分级提质过程中关键组分分离的实操工艺、参数优化、公式应用及资源化利用的落地要点，为低温煤焦油分级提质及资源化利用工程提供实操指导。

1 低温煤焦油分级提质关键组分分离基础配置

1.1 低温煤焦油组分采集与关键组分筛选

关键组分分离的精准实施需以低温煤焦油实际组分参数为基础，采集范围覆盖煤低温干馏全流程焦油产出节点，筛选核心关键组分避免冗余组分干扰分离精度与效率。现场实操中，采集的核心组分参数包括酚类含量、烷烃类含量、沥青质含量、水分含量、黏度，采集设备选用耐腐蚀高精度组分检测仪器，安装位置优先选择低温干馏炉出口、焦油缓冲罐出口等关键节点，确保组分采集的实时性与准确性。组分采集频率设定为每20秒1次，采集样品经脱水预处理后传输至检测终端，剔除因设备波动产生的异常组分数据，保留有效组分参数。筛选过程中重点聚焦酚类、烷烃类、沥青质等可资源化利用的关键组分，摒弃与资源化利用目标无关的冗余组分，减少检测终端的数据处理压力，以便后续更好地开

展分离工艺参数优化工作，确保分离技术适配低温煤焦油实际组分特性。

1.2 关键组分分离单元设备选型与安装要点

设备选型需贴合低温煤焦油组分特性与分级提质工程运行需求，优先选用抗腐蚀、抗堵塞、分离效率高且易维护的设备，避免设备选型不当导致分离效果下降或运行成本增加。酚类组分分离单元选用双相离心萃取机，转速可在3000-5000rpm范围内灵活调节，搭配环己烷-乙二醇双相溶剂体系，增强酚类组分的分离效果；烷烃类组分分离单元选用高效精馏塔，塔板数根据分离精度设定，配备温度自动调控组件，确保烷烃类组分精准分离；沥青质组分分离单元选用真空过滤机，过滤精度可灵活调节，适配沥青质组分黏度大的特性^[1]。安装过程中，需保证各分离单元设备连接紧密，萃取机与精馏塔的管道坡度控制在4°-6°，确保焦油顺畅流通，真空过滤机安装高度高于焦油储存罐1.5米以上，避免沥青质残留回流至未分离焦油中，同时做好设备固定与防腐处理，适应分级提质车间高温、高腐蚀的运行环境。

1.3 分离单元设备联动调试与参数校准

各分离单元设备的联动稳定性是关键组分高效分离的核心，调试过程需严格遵循工程实操规范，避免联动故障导致分离中断或分离效果不达标。调试时，先完成各单元设备的单独调试，验证离心萃取机转速、精馏塔温度、真空过滤机压力等核心参数是否符合设计要求，单独调试合格后再进行联动调试。联动调试过程中，模拟低温煤焦油不同组分含量工况，验证焦油从酚类分离单元到烷烃类分离单元、再到沥青质分离单元的流通顺畅性，确保各单元设备运行节奏协同一致，焦油停留时

基金项目：科研创新平台-低温煤焦油分级提质综合应用研究与应用

间控制在合理范围。调试过程中重点校准各单元核心参数，当关键组分分离纯度未达到预设标准时，及时调整设备运行参数与管道流通速度，同时调试设备自动控制系统，确保能够实时监测各单元运行状态，出现异常时自动触发报警，保障关键组分分离过程稳定运行。

2 低温煤焦油分级提质关键组分分离实操实施

2.1 酚类组分分离工艺调控与参数优化

酚类组分作为低温煤焦油中高附加值关键组分，其分离效果直接影响分级提质的整体效益，工艺调控重点聚焦萃取剂投加量、萃取温度、离心转速三个核心参数，结合低温煤焦油酚类组分含量特性优化设定。实操中，萃取剂选用环己烷-二乙二醇双相溶剂体系，投加量需根据焦油中酚类含量动态调整，避免投加过多导致溶剂浪费、投加不足导致酚类分离不彻底。萃取温度控制在50-60℃，确保萃取剂与焦油充分混合传质，离心转速根据酚类组分粒径调整，避免转速过高导致组分破碎、转速过低导致分离不充分。分离过程中需实时监测酚类分离纯度，根据监测数据及时修正工艺参数，确保分离后酚类组分纯度达到预设标准，为后续资源化利用提供合格原料^[2]。酚类组分萃取剂投加量的计算可通过以下公式实现：

$$m_s = k \cdot m_1 \cdot w_p$$

式中， m 为萃取剂投加量（kg）， k 为修正系数（取值范围1.2-1.5，根据低温煤焦油酚类组分含量调整）， m_1 为低温煤焦油处理量（kg）， w 为低温煤焦油中酚类组分质量分数（%）。该公式通过焦油处理量与酚类质量分数的乘积结合修正系数，快速得出合理的萃取剂投加量，误差控制在合理范围，可为酚类分离效果提供量化保障。

2.2 烷烃类组分分离工艺调控与效果把控

烷烃类组分分离需承接酚类分离后的焦油，通过精馏分离方式实现烷烃类组分与其他组分的精准分离，工艺调控重点聚焦精馏温度、精馏压力、回流比三个核心参数。实操中，精馏温度根据烷烃类组分的沸点范围分段调控，轻烷烃分离温度控制在80-120℃，重烷烃分离温度控制在120-180℃，确保不同沸点的烷烃类组分依次分离。精馏压力设定为0.1-0.15MPa，避免压力过高导致组分沸点升高、分离难度增加，压力过低导致精馏效率下降。回流比控制在2:1-3:1，确保烷烃类组分分离纯度，避免回流比过高增加能耗、回流比过低导致分离不彻底。分离过程中需实时监测烷烃类组分分离纯度，当分离纯度超过预设标准时，及时调整工艺参数，确保分离后烷

烃类组分满足资源化利用要求^[3]。烷烃类组分分离纯度的计算采用以下公式：

$$\eta_p = \frac{m_p}{m_{p0}} \times 100\%$$

式中， η 为烷烃类组分分离纯度（%）， m 为分离后烷烃类组分质量（kg）， m_p 为原料焦油中烷烃类组分总质量（kg）。该公式通过分离后烷烃类组分质量与原料中烷烃类总质量的比值，量化分离纯度，计算过程简单，参数可通过现场称重与检测直接获取，可直接应用于现场烷烃类分离效果评估与工艺参数调整。

2.3 沥青质组分分离工艺调控与杂质去除

沥青质组分作为低温煤焦油分级提质的残余关键组分，其分离重点在于去除其中的杂质，提升沥青质纯度，为后续资源化利用奠定基础，工艺调控重点聚焦过滤压力、过滤温度、滤布孔径三个核心参数。实操中，过滤压力设定为0.2-0.3MPa，确保沥青质组分能够快速通过滤布，同时避免压力过高导致滤布破损、杂质穿透。过滤温度控制在70-80℃，降低沥青质黏度，提升过滤效率，避免低温导致沥青质凝固堵塞滤布。滤布孔径选用5-10 μm ，适配沥青质组分粒径特点，有效拦截其中的固体杂质，同时避免孔径过小导致过滤速度过慢^[4]。分离过程中需实时监测沥青质分离纯度与过滤速度，当出现杂质含量超标或过滤速度下降时，及时调整工艺参数或更换滤布，确保分离后沥青质组分纯度满足资源化利用需求。沥青质组分过滤速度的计算采用以下公式：

$$v_f = \frac{V_f}{S_f \cdot t}$$

式中， v_f 为沥青质组分过滤速度（m/h）， V_f 为过滤后沥青质体积（m³）， S_f 为过滤面积（m²）， t 为过滤时间（h）。该公式通过过滤体积、过滤面积与过滤时间的比值，快速得出过滤速度，参数适配沥青质组分分离特点，可直接应用于现场过滤工艺参数设定，确保过滤效率与分离纯度。

3 低温煤焦油关键组分资源化利用实操保障

3.1 关键组分资源化利用路径优化

资源化利用路径优化对于实现资源高效利用、提升经济效益与环保水平意义重大。它必须紧密结合各关键组分的特性，量身定制可落地实施的利用方案。若利用路径单一，极易造成资源浪费，难以提升分级提质的整体经济效益。具体而言，酚类组分经深度精制处理后，能成为生产苯酚、甲酚等重要化工原料的优质来源。在精制过程中，要精准控制精制温度与纯度，严格确保产品符合化工生产标准。烷烃类组分可通过加氢精制工

艺,转化为高品质燃料油,此时需优化加氢压力与温度,以此提升燃料油的燃烧性能与稳定性。沥青质组分用途广泛,可用于生产道路沥青或炭黑,要根据具体利用方向合理调整沥青质改性参数,保证产品质量满足相关行业标准。

3.2 资源化利用效率量化与能耗控制

资源化利用效率的量化评估是检验分级提质价值的关键,需通过科学公式计算,客观反映关键组分的资源化利用水平,同时优化工艺参数降低能耗,提升工程应用的经济性。能耗控制重点聚焦萃取剂消耗、电力消耗、加热消耗三个方面,萃取剂通过精馏回收实现循环利用,降低药剂消耗;电力消耗通过优化设备运行参数,减少设备空载运行时间,降低能耗;加热消耗通过余热回收装置,回收分级提质过程中产生的余热,用于工艺加热,提升能源利用率。利用效率量化需结合各关键组分的转化情况,通过公式计算综合资源化利用效率,客观评估资源化利用效果,为利用路径优化与能耗控制提供依据^[5]。关键组分综合资源化利用效率的计算采用以下公式:

$$\eta_u = \frac{m_{u1} + m_{u2} + m_{u3}}{m_{t0}} \times 100\%$$

式中, η_u 为关键组分综合资源化利用效率(%), m_{u1} 为酚类组分资源化利用量(kg), m_{u2} 为烷烃类组分资源化利用量(kg), m_{u3} 为沥青质组分资源化利用量(kg), m_{t0} 为原料低温煤焦油总质量(kg)。该公式通过各关键组分资源化利用量的总和与原料焦油总质量的比值,全面量化资源化利用效率,可应用于工程运行效果评估,为利用路径优化与能耗控制提供量化依据。

3.3 资源化利用工程落地的实操管理

资源化利用工程的顺利落地需依托完善的实操管理体系,避免操作不当或设备故障导致资源化利用效果下降,确保关键组分资源化利用持续稳定。设备管理方面,定期对萃取机、精馏塔、真空过滤器及资源化利用相关设备进行检查与保养,清理设备内部残留的组分与杂质,检查管道连接密封性,避免物料泄漏;定期更换

易损部件,检查设备运行参数,确保设备运行性能稳定。操作管理方面,建立完善的操作流程规范,对现场工作人员进行实操培训,讲解各分离单元与资源化利用环节的操作方法、参数调整技巧、公式应用方法,提升工作人员的操作水平;建立运行台账,详细记录各关键组分分离数据、资源化利用数据、设备运行情况,便于后续参数优化与问题排查,确保关键组分资源化利用在低温煤焦油分级提质工程中持续发挥作用。

4 结语

低温煤焦油分级提质过程中关键组分分离及资源化利用,需立足现场实操需求,通过精准的组分采集、合理的设备选型、精准的工艺调控,实现酚类、烷烃类、沥青质等关键组分的高效分离与高附加值利用。文中明确工艺参数与分离效果、资源化利用效率的量化关系,为工程运行参数优化与效果评估提供可靠支撑。该实操方案通过优化利用路径、控制能耗与完善实操管理,可有效提升关键组分分离纯度与资源化利用效率,降低运行成本,为低温煤焦油分级提质及资源化利用工程提供可落地、可复制的技术方案。后续可结合低温煤焦油组分特性的变化,进一步优化分离工艺与资源化利用路径,提升工程应用的经济效益与环保效益,助力煤资源综合利用水平持续提升。

参考文献

- [1] 闫鹏.煤焦油的分级萃取工艺分析[J].山西化工,2025,45(7):152-153.
- [2] 赵明,赵习民,高湘泉.富油煤原位热解地下开采及提质方案研究[J].能源与节能,2024(9):20-23.
- [3] 邱泽刚,李壮壮,李志勤.中低温煤焦油转化利用技术研究进展[J].石油学报(石油加工),2024,40(4):953-964.
- [4] 何军,朱傲阳,魏雨晨,等.三维氮掺杂分级多孔碳纳米片的制备及储锌性能[J].高等学校化学学报,2024,45(7):133-144.
- [5] 李晓阳,贾哲,李思兵,等.基于"发电先取油"模式的煤炭分级分质应用研究[J].能源科技,2024,22(1):61-65,96.