

煤焦油制备中温沥青的绿色安全生产技术应用及经济效益

郭晓川（宁夏西泰煤化工有限公司，宁夏 石嘴山 753600）

摘要：本文主要聚焦于煤焦油制备中温沥青过程中的绿色安全生产技术的实际应用与产生的经济效益做分析，探讨绿色安全生产技术应用中必须遵循“减量化、资源化、无害化”及“本质安全”等原则，并分析原料与处理与储存环节中的绿色安全技术，针对沥青制备核心生产过程中的绿色安全技术创新进行分析，重点探讨了管式炉加热系统的节能与安全优化、蒸馏塔系的精准控制与密闭化运行、环保型真空系统的应用，还对煤焦油制备中温沥青产生的三废处理与资源化利用做出探讨，通过实践应用，取得了良好的经济效益，实现环境效益、安全效益和经济效益的统一。

关键词：煤焦油制备；沥青；绿色安全生产技术；经济效益

中图分类号：TQ522.63 文献标识码：A 文章编号：1674-5167（2025）031-0066-03

Application and Economic Benefits of green and safe Production Technology for preparing medium-temperature asphalt from coal tar

Guo Xiaochuan (Ningxia Xitai Coal Chemical Co., LTD., Shizuishan Ningxia 753600, China)

Abstract: This article focuses on the practical application and economic benefits of green and safe production technologies in the process of preparing medium-temperature asphalt from coal tar. It discusses the principles that must be followed in the application of green and safe production technologies, such as reduction, resource utilization, harmlessness, and “intrinsic safety”, and analyzes the green and safe technologies in the raw material, processing, and storage links. This paper analyzes the green and safe technological innovations in the core production process of asphalt preparation, with a focus on the energy-saving and safety optimization of the tubular furnace heating system, the precise control and closed operation of the distillation tower system, and the application of environmentally friendly vacuum systems. It also discusses the treatment and resource utilization of the three wastes generated from the preparation of medium-temperature asphalt from coal tar. Through practical application, Good economic benefits have been achieved, unifying environmental benefits, safety benefits and economic benefits.

Key words: Preparation of coal tar Asphalt Green and safe production technology Economic benefits

在现代工业文明持续发展的当下，国家对环境保护提出更高的要求，各行业在发展过程中必须更加重视做好环境保护工作，要实现绿色安全生产，在提升工艺水平的同时，必须确保绿色生产。煤焦油加工行业作为传统的高能耗、高污染行业，该行业的未来发展中必须重视加大对绿色安全生产技术的应用力度，更新与持续改进工艺技术，提升工艺水平，推动行业的转型发展^[1]。绿色安全生产技术对煤焦油制备行业的发展有着至关重要的作用，绿色安全生产技术的应用能有效解决煤焦油制备中产生的污染物问题，也是行业发展的必然选择。

1 绿色安全生产技术的应用原则

绿色生产原则是绿色安全生产技术应用中必须遵循的重要原则，该原则旨在体现“减量化、资源化、无害化”的核心理念，体现的是循环经济的思想，在循环经济思想中指出要利用一切可利用的资源，尽可能的将一切可用资源进行回收再利用，发挥资源的价值。通过工艺优化以及设备升级，最大限度减少原料的投入、资源的消耗情况。绿色生产原则强调无害化

处理，强调变废为宝，要将因生产产品而产生的一些“废物”进行回收与二次利用，实现变废为宝，对最终无法避免的一些排放物实施无害化处理后再进行排放。

安全生产原则强调的是“预防为主、本质安全”的理念，其理念的核心在于通过现代化的技术手段系统性识别在生产过程中潜在的风险因素，通过系统化识别、评估并消除生产系统中存在的隐患问题。在煤焦油制备中温沥青的生产环节中就可能涉及一定的安全隐患问题，比如设备老旧而导致的生产问题、技术人员处理不当而导致的生产问题、自然因素的影响导致的生产隐患问题。这些安全隐患问题的发生会直接危及生产工作的推进，甚至危及工作人员的生命财产安全。因此，在煤焦油制备中温沥青工作中，必须要坚持安全生产原则^[2]。

2 原料预处理和储存环节的绿色安全技术应用

原料预处理以及储存工作是煤焦油加工工作实施中的起点，也是实施的前提条件，管理的规范性以及技术的先进性直接决定了后续生产过程的稳定性、安全性。

2.1 煤焦油的绿色接收与精准质检

煤焦油的绿色接收与精准质检是保障安全生产的第一道关卡，也是整个工序实施的前提条件，通过对相关生产案例和流程中相关工艺技术类型、技术水平分析后可发现进场煤焦油的成分非常复杂，其在密度、水分、灰分及馏程等关键指标方面若出现异常，均会对整个工艺流程的推进带来负面影响，甚至可能直接导致蒸馏塔操作的混乱，使得生产出来的产品质量不合格，能耗也将迅速上升，最终还可能导致出现安全事故。为避免这一问题，就需迅速建立精准的原料质量分析体系，比如可采取红外光谱等在线监测技术对原料质量进行检测，确保原料均符合实验室检测标准，从根源上避免因原料性质变化而导致的问题。

2.2 储罐区的安全环保设计

针对储罐区的安全环保设计，也需要引起重视，这是绿色安全生产技术的应用重点，只有加强了储罐区的安全环保设计，才能从整体上提升生产质量，确保生产流程的稳定、安全推进。可采取内浮顶罐与氮封系统相结合的方式加强安全环保设计力度，通过应用该设计方案，将内浮盘紧贴在液面，这有助于减少液面的蒸发面积，同时，需要向罐顶气相空间内注入惰性氮气，可起到维持微正压的作用，还能彻底的消除氮气，也就消除了导致工艺生产过程中发生爆炸的影响因素。此外，为提升储罐区的安全系数，还可配备有完善的防雷、防静电接地网络系统，构建多层次、全方位、精细化的安全环保管理体系^[3]。

3 中温沥青制备中的绿色安全生产技术创新应用

煤焦油制备中温沥青生产过程中，必须强调与重视做蒸馏分离工作，这是中温沥青制作的核心环节，也是沥青制备中能耗最大、安全与环保风险最高的环节。绿色安全生产技术的应用需要在此环节进行根本性创新，要根据工艺流程改进需求，结合国家的环保要求加大工艺升级力度，以实现优化设备与控制系统的作用，构建高效、清洁、可靠的安全生产技术体系。

3.1 管式炉加热系统的节能与安全优化

管式炉加热系统在焦煤油制备以及沥青生产中发挥着重要作用，是生产工艺流程中的心脏，其能够为沥青生产提供所需要的热源，维持稳定性的热源供给。此方面的技术创新主要体现在节能和安全优化上。首先，可根据工艺生产的关键环节优化辐射室和对流室的结构设计，这样能增加受热面积，改善管式炉内的热流分布情况，进而可确保生产工作的有序推进。其次，需要采用新型的高效节能燃烧器，通过精细化雾化和配风技术的应用以确保燃料能得到充分燃烧，这样可减少以往生产过程中发生的不完全燃烧而带来的

黑烟现象，确保 CO 的有序排放。最后，管式炉加热系统的优化中需要在对流室采取翅片管或钉头管以强化传热，为确保工艺设计质量以及提升绿色安全生产水平，技术人员在生产过程中需要利用烟气余热来实现预热，这有助于将排烟温度降低至 140℃以下^[4]。通常情况下，利用这一技术能有效提升全炉热效率，将全炉热效率从以往的 80~82% 提升到 90~92%，这大大降低了能耗，也实现了对生产过程中产生的有机废气的有效处理。

在安全优化方面，需考虑到管式炉作为高温明火设备在使用过程中炉管内物料易结焦，会对设备造成损害，影响设备的正常使用，还有引发重大火灾的风险。在安全优化过程中，要做好以下工作：①加大物料流量监控力度。根据煤焦油制备的条件和工艺流程设置低流量联锁，必须防止流量中断的问题，以确保安全管控；②加大炉膛温度监测力度。需要防止超温导致的炉管内出现结焦过快的情况，防范设备材料强度不足，稳定性缺失的问题；③火焰监测。技术人员在生产过程中必须重视监测每一个燃烧器的火焰状态，一旦熄火，则需要立即实施报警处置，要及时切断燃气供应，避免带来更大的损失。

3.2 蒸馏塔系的精准控制与密闭化运行

在绿色生产技术层面，要结合企业生产实际情况引进过程控制（APC）系统，传统的 PID 系统难以应对生产制备过程中进料成分、环境温度等干扰因素，很容易造成资源浪费以及存在破坏生产系统运行稳定性的情况。而 APC 技术的应用则是基于多变量预测模型的基础上来实现对塔顶温度、压力、塔釜液位、回流比等多个关键参数的有效控制，确保各项关键指标处在正常运行状态中。根据生产计划以及生产过程中相关物料配比的调整，该系统还能预测干扰影响，提前做好应对准备，能始终将操作点稳定在最优设定值的范围内，确保了产品的质量、合格率，也避免了物料浪费问题，节约了物料成本。

在安全环保技术层面，需要确保全过程的密闭化，针对整个塔系，包括塔、再沸器、换热器、管线、机泵等均需要提升安全环保系数，杜绝污染泄漏问题。技术人员需要对蒸馏塔系所有的静密封点（法兰、人孔）以及动密封点（泵轴封、阀门阀杆）实施高标准的密封技术处理，必要时，需进一步优化材料工艺。此外，要定期做好巡检工作，及时发现潜在的安全隐患，及时做好处理和检修，必要时，需更新设备，解决密闭性不足而导致的风险问题^[5]。

4 三废处理和资源化利用的绿色安全生产技术应用

在煤焦油加工过程中会产生一定的废气、废水和

固体废物，若不经过有效处理直接排放会对周围环境造成极大的负面影响，绿色安全生产技术的应用采用

“综合治理与资源化利用”的主动策略，通过开发一系列先进生产技术落实三废处理工作，实现变废为宝的转变，在保护环境的同时也提升了资源利用率，提升了企业的经济效益。

4.1 废气综合治理

通过将生产过程中产生的有机废气进行收集，这些废气的成分复杂、来源多样，主要包括有储罐呼吸气、各蒸馏塔顶的不凝气、真空系统尾气以及沥青成型废气等，其中主要的污染物质为挥发性有机物（VOCs）和恶臭气体，可通过采取 RTO 设备实施综合处理工作，对有机废气进行加热，实现氧化分解，最终分解成为达标的 CO₂ 和 H₂O 后进行排放，能降低对大气环境的污染力度，且经过 RTO 设备产生的高温烟气还能实现二次利用。

4.2 废水分级处理与循环利用

煤焦油制备中温沥青过程中产生的废水，具备着高浓度、高毒性、难生物降解的特点，且废水中还有酚类、多环芳烃、氨氮等污染物。为实现对废水的有效处理与循环利用，需要采取多次耦合的深度处理技术，如先通过“隔油 + 气浮”预处理的方式去除大部分浮油和乳化油，然后再采用高级氧化技术将大分子难降解的有机物进行处理，将这些难处理的有机物开环断链，提高其可生化性，重点是以“厌氧 - 缺氧 - 好氧（A/O）”生物组合工艺去除 COD、酚类和氨氮等成分，降低了废水的污染等级，最后则是利用“混凝沉淀 + 过滤”技术工艺再度降低污染等级，最终处理后的水资源还可循环利用，在一定程度上也能降低生产成本。

4.3 固废资源化处理

可通过采取配煤炼焦技术将焦油渣等危险废物经过适当预处理后再按照适量比例混入到炼焦煤中实现二次利用，这些焦油渣还残留一定的成分没有完全分解，本身就是可以利用的污染物，通常是掺杂 < 2% 的比例混入到焦煤中，在焦炉的高温干馏环境影响下，这些有机物也将得到完全分解、碳化，进而能得到可用的焦炭、焦炉煤气等产品，也实现了对固体废物的循环利用。

5 绿色安全生产技术的经济效益分析

在煤焦油制备中温沥青过程中采取绿色安全生产技术能取得良好的经济效益。首先，是在投资成本方面。采取绿色安全生产技术所付出的前期成本是明显高于传统的处理技术的，需要企业采购高效的节能与环保设备，并根据生产需求做好处理工作，结合国家对环保的要求提升工艺技术水平。常用的采购设备有

蓄热式热氧化炉 RTO、机械真空泵系统，还需要购买先进的集散控制系统（DCS）和安全仪表系统（SIS）等，三废的处理设备也是需要重点考虑的购买设备，这些设备占据前期项目总投资的 20%~30%，因而前期投入的成本必然高于常规的技术方案成本。

其次，运行成本控制方面。在绿色安全生产技术的实际应用中，可有效实现节能降耗，减少物资消耗，提升资源化收益，还能降低设备的维护成本。如在投入和应用了高效管式炉、RTO 余热回收、智能 APC 控制技术后，能促使综合能耗降低 10~15%，若是按照每年处理 10 万 t 的煤焦油的装置作为参考，那么，预计每年可有效节约燃气、电费等在 150 万元左右。而在物耗减少和提升资源化收益方面来看，企业若是采取了机械真空泵改造技术，则能有效减少产生的高浓度含酚废水约 90%，每年就可以为企业节约废水处理造成的约 80 万的费用，通过科学应用焦油渣回配炼焦技术，还可每年节省危废处置费用约 120 万。在设备维护方面得益于生产工艺的改进和设备可靠性的提升，能有效减少非计划性停产维修的次数，至少能为企业节约因设备维护或者停产造成的损失约有 50 万。

最后，在风险成本的规避和隐性经济效益方面。该技术的应用还能提升企业的生产工艺水平以及污染治理能力，规避了因技术、设备等问题而带来的重大安全事故，也规避了因环境污染可能带来的停工停产和巨额罚款。

6 结语

绿色安全生产技术的应用对煤焦油制备起着积极的促进作用，现代煤化工企业要想实现可持续发展，就必须按照国家提出的环境保护和技术标准要求不断更新自身的生产技术水平，更新生产理念，绿色安全生产技术相关研究成果对促进行业的发展与技术推广应用起到助力作用。

参考文献：

- [1] 高欣然, 张广元, 杨金连, 等. 加氢沥青的制备及其热聚合动力学研究 [J]. 辽宁科技大学学报, 2024, 47(03):190-196.
- [2] 黄雪约, 梁辉, 张继明. 低温煤焦油沥青在改质沥青加工的应用 [J]. 广东化工, 2023, 50(09):22-23+55.
- [3] 姜浩强. 煤液化沥青与煤焦油沥青组成结构的比较 [J]. 陕西煤炭, 2023, 42(02):158-161.
- [4] 邓建烽, 朱亚明, 崔意斌, 等. 高温煤焦油沥青基中间相炭微球的制备与表征 [J]. 煤质技术, 2023, 38(02): 1-10.
- [5] 李琦, 乔海燕, 韩冬云, 等. 中低温煤焦油沥青催化聚合制备改质沥青 [J]. 煤炭转化, 2022, 45(02):84-92.