

# 炼油企业固体废物防治及资源化利用

杨勇

中国石化塔河炼化有限责任公司

DOI:10.32629/eep.v8i9.2838

**[摘要]** 随着全球工业化进程的加快,炼油行业作为能源产业的重要组成部分,为社会提供了各类石油产品。但炼油企业在生产经营中会产生大量固体废物,如对这些固体废物处置不当,不仅会占用土地资源,还会对土壤、水体以及大气环境造成严重污染。基于此,本文就炼油企业固体废物防治展开探究分析,并提出针对性的资源化利用措施,旨在科学有效的对炼油企业固体废物进行处置,以实现对环境的保护,从而降低环境风险带来的危害。

**[关键词]** 炼油企业; 固体废物; 防治; 资源化利用

中图分类号: F403.3 文献标识码: A

## Solid Waste Prevention and Resource Utilization in Oil Refining Enterprises

Yong Yang

Sinopec Tahe Refining & Chemical Co., Ltd.

**[Abstract]** With the acceleration of global industrialization, the oil refining industry, as an important part of the energy industry, provides society with various petroleum products. However, oil refining enterprises generate a large amount of solid waste during production and operation. Improper disposal of this solid waste not only occupies land resources but also causes serious pollution to soil, water bodies, and the atmosphere. Therefore, this paper explores and analyzes the prevention of solid waste from oil refining enterprises and proposes targeted resource utilization measures. The aim is to scientifically and effectively dispose of solid waste from oil refining enterprises to protect the environment and reduce the harm caused by environmental risks.

**[Key words]** oil refining enterprises; solid waste; prevention and control; resource utilization

### 引言

传统的炼油企业在利益面前,对于炼油过程中产生的各种废物缺乏有效的处理,导致对环境产生了严重的破坏。而随着人们环境保护意识的加强,并且在国家大力倡导绿色发展的基础上,如何有效防治炼油企业产生的固体废物,并实现其资源化利用,逐渐成为炼油行业亟待解决的关键性问题。为此,深入探究炼油企业固体废物防治及资源化立竿技术,具有重要的现实意义和长远的发展价值。

### 1 炼油企业固体废物防治现状与问题

#### 1.1 现有防治措施

炼油企业已构建系统化、多维度的固体废物防治技术体系,通过源头减量、过程控制与末端治理的协同实施,实现废物产生量的显著降低与资源化利用。源头减量环节,通过工艺优化提升原料转化效率,催化裂化工艺在450~550℃、1~3MPa操作条件下,可使原料重质组分转化率提升,汽油产率提高,废催化剂量同步降低,加氢精制工艺在300~400℃、3~5MPa氢气分压下,硫脱除率>95%、氮脱除率>80%,有效阻断杂质处理衍生的固体废物生成

路径,使装置固体废物产生率下降。在过程控制层面,实施设备密封强化与运行参数精细化管理,采用双端面机械密封结构并执行季度完整性检测,关键设备泄漏率得到稳定控制<sup>[1]</sup>。针对废物特性部署差异化技术路径,物理处理技术通过筛分、破碎及磁性/密度分选实现杂质分离,化学处理技术采用化学沉淀使重金属去除率≥95%,氧化还原处理有机污染物效率达80~90%;生物处理技术利用微生物降解及藻类吸附处理有机废渣。上述技术体系的集成应用,使炼油企业固体废物产生量平均降低,处理效率提升,为行业提供了符合GB18599-2020标准的可量化、可推广的防治范式。

#### 1.2 防治效果评估

当前,现有炼油企业固体废物防治技术体系已实现阶段性减排目标,在源头减量环节,工艺优化措施使废催化剂产生量得到显著降低。在末端治理层面,化学处理设施通过精准调控沉淀剂投加量,使含重金属废水处理后重金属浓度稳定控制在0.1mg/L以下,满足GB8978-1996《污水综合排放标准》一级排放限值要求。然而,技术实施仍存在结构性制约,小型炼油企业受

限于资金投入与技术储备薄弱,防治措施覆盖率不足,导致固体废物产生量维持高位。部分处理设施因运行参数波动,出现污染物排放浓度偶发超标现象。例如,因环境温度波动导致微生物活性不稳定,有机废物降解效率波动,显著削弱整体防治效能。这些问题表明,现有技术体系亟需在资金支持机制、运行参数动态监控及技术适配性优化方面进行系统性强化,以提升防治措施的普适性与稳定性。

### 1.3 面临的主要问题

炼油企业固体废物防治体系在实施过程中面临多维挑战,亟需系统性突破。在技术维度上,生物处理技术存在显著瓶颈,微生物群落代谢活性受环境参数制约,对复杂有机废物的降解效率波动较大,且对多组分共存体系的适应性不足。新型固化稳定化技术尚处于实验室向中试转化阶段,对含重金属-有机污染物复合体系的处理效能未达到工程化要求<sup>[2]</sup>。在经济维度上,先进处理设施投资强度高,年均运行成本达300~500万元,导致行业平均处理成本较传统方式有着显著提高,而部分企业为缓解成本压力,将废催化剂处理标准从HJ1092-2020的 $\leq 0.5\%$ 提升至1.0%,显著降低防治效能。在管理维度上,监管体系存在结构性缺陷,生态环境部门年度专项检查覆盖率不足,执法力度薄弱。企业内部管理机制缺失,环保培训覆盖率低,员工环保意识薄弱,致使防治措施执行偏差率较高。这些问题的叠加效应,使行业固体废物综合防治达标率稳定在70~75%,与“无废城市”建设目标存在显著差距,亟需构建技术-经济-管理协同优化的防治体系。

## 2 炼油企业固体废物防治技术

### 2.1 源头减量技术

在炼油企业固体废物防治技术体系中,源头减量技术作为核心防控策略,对实现废物减量化具有决定性作用。工艺优化层面,通过系统性改进炼油工艺可显著降低废物产生量。催化裂化工艺的升级在450~550℃、1~3MPa操作条件下,可精准调控反应进程,使原料中重质组分转化效率、汽油产率得到显著提升,并且废催化剂量也能有效减少。而加氢精制工艺在300~400℃、3~5MPa氢气分压及催化剂协同作用下,原料中硫、氮、氧等杂质的脱除效率显著提升,不仅满足油品质量标准,还有效阻断杂质处理环节衍生的固体废物生成路径。此外,在设备改进层面,选用密封性能卓越的高效节能设备是减少物料泄漏的核心措施。通过优化运行参数,物料输送损耗率能得到一定程度的下降。该技术路径在工业实践中验证了其环境效益与经济可行性,为炼油企业固体废物源头控制提供了可推广的技术范式。

### 2.2 过程控制技术

过程控制技术的核心在于清洁生产理念的系统实施与泄漏风险的精准防控,清洁生产策略要求贯穿炼油生产全生命周期,通过源头优化实现资源高效利用与废物减量化<sup>[3]</sup>。在原辅料选择环节,优先采用高纯度、低杂质原料,可显著降低脱硫单元的废物生成量。而生产过程监控依托物联网传感网络与在线质谱分析技术,实时监测反应温度、压力及物料流量,确保工艺参数

稳定在最优区间,避免因参数波动导致的副产物增加。而泄漏防控体系以设备密封强化为首要措施,采用双层机械密封结构并实施预防性维护制度。管道系统维护实施基于风险的巡检机制,运用超声波无损检测技术进行季度全覆盖筛查,及时修复腐蚀点与磨损区,使得管道泄漏事故率降低。此外,配置自动启动式泄漏应急收集系统,在泄漏事件发生后5分钟内完成物料回收,能有效阻断固体废物形成路径,从而为行业提供了可量化、可推广的污染防控技术范式。

### 2.3 末端治理技术

炼油企业固体废物末端治理技术体系涵盖物理、化学及生物处理三大技术路径,其技术原理与应用效能需基于科学量化分析。首先,在物理处理技术中,筛分工艺依据废物颗粒粒径差异可实现杂质分离,适用于含建筑垃圾的炼油废渣处理,具有操作简便性与低运行成本优势,但对粒径 $< 5\text{mm}$ 的微粒杂质去除效率不足。破碎技术通过机械粉碎将大块废催化剂等固体废物破碎至2~10mm粒径,显著提升比表面积,为后续处理创造条件,但设备运行能耗较高且产生粉尘。分选技术基于物理性质差异实现有用组分分离,适用于金属回收,但设备投资成本大。

其次,在化学处理技术方面,化学沉淀通过添加氢氧化钠或硫化钠使重金属离子形成沉淀物,可实现重金属去除,但需精确控制pH值与沉淀剂投加量。氧化还原技术利用过氧化氢或亚硫酸钠改变有机污染物价态,对多环芳烃类物质有着极高的处理效率,但存在过量氧化剂导致二次污染风险。酸碱度调节通过添加石灰或硫酸使废物pH值稳定在 $7.0 \pm 0.5$ ,操作便捷,但需配套处理中和产物。

最后,在生物处理技术中,生物降解利用特定微生物群落分解有机类废物,将烃类物质转化为 $\text{CO}_2$ 与 $\text{H}_2\text{O}$ ,处理效率受温度与pH影响显著。生物吸附技术采用藻类吸附重金属离子,吸附容量达 $0.2 \sim 0.5\text{g/g}$ ,但吸附饱和后再生效率低。固化/稳定化技术通过水泥基材或化学药剂将有害物质固定于稳定晶格结构中,实现重金属浸出浓度降低至 $0.1\text{mg/L}$ 以下,在含重金属炼油固体废物处理中应用广泛,可有效抑制有害组分迁移风险。上述技术的系统集成应用,使炼油固体废物处理效率提升至85%以上,为行业提供可量化、可复制的末端治理技术范式。

## 3 炼油企业固体废物资源化利用途径

### 3.1 建筑材料领域

将炼油企业固体废物资源化利用在建筑材料领域,以炼油污泥与废渣为原料制备建筑用砖时,首要环节为预处理工序,包括筛选去除大颗粒杂质及干燥处理以降低含水率。随后,依据科学配比添加黏结剂等辅助材料,经充分混合后送入成型设备压制成型,成型坯体经烘干窑处理或自然晾晒完成干燥,最终通过高温烧制或免烧养护工艺获得成品砖<sup>[4]</sup>。产品质量须严格符合强度、吸水率及抗冻性等关键指标,确保其适用于常规建筑墙体砌筑工程。在水泥生产领域,炼油固体废物可作为原料替代部分黏土,或作为混合材以改善水泥性能。但在技术实施中需精准控制废物成分及掺入比例,预处理环节须有效去除有害物质,从而

保障水泥产品质量满足国家强制性标准。此外, 炼油固体废物用于道路路基材料的制备具备技术可行性与环境优势, 其可部分替代天然骨料, 实现资源节约与成本优化。相关技术标准涵盖材料粒度分布、抗压强度等核心参数, 施工过程须遵循合理铺设与分层压实要求, 以确保路基结构的稳定性及承载能力符合工程规范。

### 3.2 能源回收领域

在炼油企业固体废物资源化利用的能源回收领域, 将焚烧发电技术作为核心路径, 其作用机制基于固体废物中可燃组分的电化学反应原理。该技术通过控制高温条件下与过量氧气的充分接触, 使有机物质发生完全氧化反应, 生成二氧化碳和水, 同时释放大量热能。热能经余热锅炉回收转化为高温高压蒸汽, 驱动汽轮机旋转并带动发电机实现电能输出。而工艺流程实施需遵循系统化技术规范, 首先对固体废物进行预处理, 包括分类、破碎及干燥等工序; 随后进入高效焚烧炉进行燃烧, 燃烧产生的高温烟气经余热锅炉回收热能后, 经多级烟气净化系统处理达标后排放。在替代能源制备方面, 热解技术通过无氧或低氧环境下对固体废物进行热分解, 可生成高附加值燃料油及焦炭。气化技术则利用气化剂与废物在700~900℃条件下发生部分氧化反应, 转化为合成燃气。研究表明, 热解与气化技术已取得实质性突破, 部分炼油企业成功实施了工业化应用, 实现了固体废物向清洁能源的高效转化, 为炼油行业固废资源化利用提供了可持续技术路径。

### 3.3 化工原料领域

炼油废催化剂等固体废物中富含贵金属组分及有价金属, 其回收技术体系主要包括火法冶金与湿法冶金两大路径。火法冶金通过高温熔炼实现金属与基质的相分离, 但该工艺能耗较高, 且存在贵金属挥发损失风险<sup>[5]</sup>。湿法冶金则采用酸/碱溶液进行选择性浸出, 通过沉淀、萃取、离子交换等多级分离工艺实现金属提纯, 虽工艺流程较为复杂, 但金属回收率可达90%以上, 且环境影响显著低于火法工艺。在化工原料转化方面, 炼油固体

废物中的有机组分具备高附加值利用潜力。通过热裂解与催化聚合工艺, 可将大分子有机物定向转化为乙烯、丙烯等基础化工单体, 进而合成聚乙烯、聚丙烯等高分子材料。针对涂料生产领域, 废物中特定组分经提纯后可作为功能性添加剂或溶剂组分, 有效替代传统石油基原料。该技术路径虽面临原料组分复杂性、反应条件精准控制等技术瓶颈, 但其成功应用将显著降低化工行业对原生资源的依赖度, 实现固体废物减量化与资源化的双重目标, 为炼油行业固废高值化利用提供可持续技术路径。

## 4 结束语

针对炼油企业固体废物的防治以及资源化利用, 通常是一项系统且复杂的工程, 并且整个工程项目涉及到技术、管理、经济等多个不同层面。虽然当前炼油企业固体废物防治和资源化利用已取得了一定的成果, 但依旧面临着诸多挑战。而随着科技的不断进步和环保要求的日益严格, 炼油企业需进一步加大在固体废物处理技术中的投入力度。才能共同推动炼油行业向着绿色、低碳、循环的方向发展, 从而为实现经济效益和环境效益的双赢奠定坚实的基础。

### [参考文献]

- [1] 亢福仁, 任芷萱, 高伟. 煤气化渣在土壤改良中的资源化利用进展[J]. 西安工程大学学报, 2025, 39(05): 66-74.
- [2] 王妍. 我国有色金属冶炼行业固体废物污染防治的现状与对策[J]. 有色金属(冶炼部分), 2025, (10): 65-70.
- [3] 李金兰, 吕涛, 刘小琴, 等. 固废在建筑工程中资源化利用的发展现状综述[J]. 建材发展导向, 2025, 23(17): 136-138.
- [4] 赵维, 叶佳颖, 黄东洋, 等. 一般工业固体废物处置与资源化利用策略剖析[J]. 皮革制作与环保科技, 2025, 6(16): 196-198.
- [5] 张燕丽. 工业固体废物收集处理及资源化利用技术研究[J]. 中国轮胎资源综合利用, 2025, (07): 151-153.

### 作者简介:

杨勇(1986--), 男, 汉族, 甘肃人, 大学本科, 中级, 研究方向: 生态环境。