

焦化产业超低排放改造与环境管理

马小芳

山西庆鑫莱科技有限公司 山西 临汾 041000

摘要: 焦化行业存在复合污染突出、无组织排放分散、环境风险偏高的问题,超低排放改造是行业绿色转型的关键举措。本文结合行业排污特征与现行超低排放标准,系统梳理大气、废水、固废核心改造技术,剖析当前改造存在的技术适配不足、改造成本高昂、新旧设备协同性差等难题,从体系建设、智能监管、产业升级、多维保障四方面提出优化策略,为焦化行业长效环境管理与达标运维提供参考。

关键词: 焦化产业;超低排放改造;环境管理

引言: 焦化产业是工业体系重要基础产业,但其生产全流程产污节点多,废气、废水、固废复合污染问题突出,制约生态环境质量提升与行业可持续发展。当前国家及重点区域对焦化行业超低排放出台严苛标准,倒逼行业开展全流程绿色改造。为破解行业改造痛点,本文立足焦化生产污染特性,探究超低排放改造技术应用现状与现存问题,针对性构建系统化环境管理优化体系,助力行业落实双碳目标、实现绿色高质量发展。

1 焦化产业污染特征与超低排放改造标准体系

1.1 焦化生产工艺流程与污染物排放特征

(1) 焦化生产以煤为原料,经备煤粉碎后送入炭化室隔绝空气干馏,产出焦炭与荒煤气;荒煤气经煤气净化(冷凝、脱硫、脱氨、脱苯)分离出焦油、粗苯等化产品,净煤气部分回用。产污节点贯穿全程:备煤转运产生粉尘,炼焦炉顶与炉门泄漏颗粒物及 VOCs,熄焦过程排放含酚、氰废水蒸气,煤气净化与化产回收环节产生酸碱废渣及有机废气。(2) 大气污染物以颗粒物、SO₂、NO_x 及 VOCs 为主,具有明显复合污染特征;废水污染物含高浓度酚类、氰化物、氨氮及石油类,毒性强、难降解;固废包括焦油渣、酸焦油、脱硫废液等危险废物,以及粉煤灰、污泥等一般固废,环境风险高^[1]。(3) 污染呈“点多、面广、间断排放”特点:装煤推焦、炉体串漏、储罐呼吸等无组织排放点位众多,污染物相互耦合增加治理难度,且生产周期导致集中排放时段明显,末端治理与源头管控需协同推进。

1.2 焦化行业超低排放核心标准与政策要求

(1) 生态环境部《关于推进实施焦化行业超低排放的意见》明确有组织排放全面达到颗粒物 10mg/m³、SO₂30mg/m³、NO_x150mg/m³ (机焦炉) 限值,并强化

VOCs 全过程密闭收集与高效销毁,配套《炼焦化学工业大气污染物排放标准》(GB 16171.1-2024) 形成刚性约束。(2) 重点区域(京津冀、长三角、汾渭平原等) 地方标准进一步加严,要求 2025 年底前完成全流程超低排放改造并开展监测评估,同步实施清洁运输比例不低于 80% 的管控,对无组织排放实施“管、控、治”一体化智能监管。(3) 超低排放改造核心指标涵盖三大维度:有组织排放执行最严浓度限值,无组织排放实现产尘点及物料储存密闭化、运输封闭化,清洁运输要求进出厂物料采用铁路、水路或新能源重卡比例达标,三者缺一不可。

1.3 焦化产业超低排放改造必要性与可行性

(1) 改造是落实“双碳”目标与蓝天保卫战的硬任务,直击酚氰废水、VOCs 恶臭等长期痛点,同时以环保倒逼淘汰 4.3 米以下落后焦炉,化解过剩产能,推动行业向绿色化、高端化转型,是生存与发展的必由之路。(2) 技术层面,干法熄焦替代湿法熄焦、选择性催化还原脱硝、活性焦脱硫脱硝一体化、蓄热式热力焚化处理 VOCs 等成熟工艺已广泛应用,且智能监控与物联网技术实现全厂污染物可测、可视、可控;政策层面,中央与地方安排专项资金支持,并实施差异化环保税、电价等激励措施,保障改造稳步推进。

2 焦化产业超低排放改造核心技术与实施现状

2.1 大气污染物超低排放改造技术

(1) 颗粒物治理方面,备煤工序采用转运站密闭廊道与微动力除尘系统,煤粉碎环节配套高效脉冲布袋除尘器(排放≤10mg/m³);炼焦工序在推焦、装煤环节设置地面除尘站,采用预喷涂+脉冲袋式除尘组合工艺;熄焦工序以干法熄焦(CDQ)替代湿法熄焦,从源头消

除粉尘及水蒸气排放；对焦炉炉顶、炉门、上升管等无组织逸散点，配套蒸汽或压力循环密封系统，实现扬尘全覆盖管控。（2）烟气脱硫脱硝技术中，半干法脱硫（旋转喷雾干燥法或循环流化床法）脱硫效率 $\geq 95\%$ ，协同脱除 HCl、HF 等酸性气体；SCR 脱硝采用中低温催化剂（220~280℃），以氨水或尿素为还原剂，脱硝效率可达 85%~90%，确保 NO_x 稳定低于 150mg/m³；低温烟气协同治理集成余热回收+干法脱硫+布袋除尘+低温 SCR，实现热回收与多污染物协同去除，适用于焦炉烟囱末端深度净化^[2]。（3）VOCs 综合治理覆盖化产全流程：对冷鼓、脱硫、硫铵、粗苯等工段储罐及反应釜实施氮封+密闭集气，高浓度废气优先送焦炉焚烧或 RTO 蓄热燃烧，低浓度尾气经碱洗/水洗+活性炭吸附脱附后达标排放；对废水处理站加盖密封并引入生物除臭或光催化氧化，实现 VOCs 全时段、全点位有效管控。

2.2 废水与固废超低排放改造技术

（1）焦化废水采用“预处理（隔油、气浮）+A²/O 生化脱氮除酚+芬顿/臭氧催化氧化深度处理+超滤-反渗透双膜法”组合工艺，出水水质达到《炼焦化学工业污染物排放标准》（GB 16171-2012）直接排放限值，中水回用于循环冷却系统补充水，实现废水近零排放；浓缩浓液采用蒸发结晶或焚烧处理，确保全量处置^[3]。（2）焦化固废资源化路径清晰：焦粉配入烧结或用于制备活性炭，煤矸石制砖或用于筑路填充，焦油渣及酸焦油经密闭加热分离回收焦油后残渣送危废焚烧炉无害化处置；脱硫废液提盐（硫氰酸钠、硫代硫酸铵）或制酸实现硫资源循环利用，最大限度降低固废填埋量。（3）水土协同防控层面，生产区地面全部采用抗渗混凝土+环氧涂层双重防渗，罐区及污水管沟设置防渗检测层；将熄焦废水蒸气和煤气净化尾气统一纳入废气治理系统联动处理，避免污染物在气-水-土介质间转移。

2.3 超低排放改造实施现存问题

（1）技术层面，部分中小独立焦化企业工艺装备水平参差不齐，活性焦脱硫、低温 SCR 等主流技术在低负荷工况下适应性差，烟气成分波动时脱除效率不稳定；同时 VOCs 收集管道长、风量分配不均，导致无组织排放盲区依然存在，多污染物协同管控综合效率偏低。（2）成本层面，一套完整的有组织+无组织+清洁运输改造投资动辄数千万元至数亿元，年运维费用（催化剂更换、活性炭再生、电耗等）占环保运行成本 60% 以上，部分年产能 100 万吨以下的小微企业自有资金匮乏，获贷难度大，改造进度严重滞后。（3）工艺层面，早期建设的 4.3 米及以下焦炉炉体老化、密封结构破损严重，加

装地面除尘站或干熄焦装置缺乏物理空间，且焦炉煤气回用系统与新建脱硫脱硝设施衔接时气量压力波动易引发焦炉加热制度紊乱，新旧设备协同运行稳定性不足，制约全流程超低排放目标达成。

3 焦化产业环境管理优化策略与保障措施

3.1 构建全流程常态化环境管理体系

（1）完善企业内部环境管理制度方面，企业需建立覆盖备煤、炼焦、化产、公辅全工序的环保管理台账，将各排污节点逐一登记，明确岗位环保职责与考核标准，逐级签订环保目标责任书，将超低排放达标率纳入车间及班组绩效考评，确保环保责任刚性落地。（2）规范超低排放改造运维管理方面，针对脱硫脱硝、除尘、VOCs 焚烧等核心治理设施，制定标准化运维操作规程与检修日历，建立催化剂活性检测、布袋更换预警、CEMS 在线校准等定期维护制度，明确校准频率不低于每月一次，同时设立备品备件最低库存预警机制，确保设施运行参数持续处于设计范围，故障响应时间不超过 2 小时，保障改造设备长期稳定达标运行。（3）强化无组织排放精细化管理方面，将焦炉炉体、化产储罐区、废水处理站、煤焦堆场划定为重点管控区域，实施物料输送全封闭、产尘点负压收集、厂界 VOCs 实时监测，推行网格化巡检责任制，利用红外成像仪和便携式检测仪开展每周全覆盖巡查，建立发现问题-整改-复核闭环管理机制，并将巡查结果录入电子台账备查^[4]。

3.2 搭建智能化环境监测与监管平台

（1）在线监测系统全覆盖建设方面，在焦炉烟囱、装煤地面站、推焦地面站、干熄焦排气筒等有组织排口全部安装超低量程 CEMS，同时在焦炉炉顶、厂界四周、化产区域布设微型空气质量监测站和 VOCs 监测仪，实现无组织排放实时感知，所有数据通过数采仪直传环保监控中心，确保监测数据有效传输率不低于 95%。（2）智能化数据分析与预警方面，依托工业互联网平台将排放数据与生产负荷、治理设施运行参数关联融合，运用机器学习算法建立污染物排放动态基线模型，对瞬时超标、数据异常波动等情形自动触发多级预警并推送至相关负责人终端，同步运用扩散模型开展污染溯源分析，精准识别故障工段或违规操作节点，为快速处置提供决策支持。（3）政企联动监管机制方面，企业监测平台与省市级生态环境部门监控网络实现数据实时互通，采用区块链技术确保排放数据不可篡改，定期将自行监测报告、用电监管记录、治理设施运行日报主动报送监管部门，构建“企业自证达标、政府远程监控、社会监督参与”的透明化监管模式。

3.3 优化产业布局与绿色发展模式

(1) 推进产业结构优化升级方面,严格落实产能置换政策,加速退出炭化室高度 4.3 米及以下焦炉及配套湿法熄焦工艺,推动焦化产能向化工园区及钢铁联合企业集聚,实施钢焦融合联产,依托规模化效应集中建设先进治理设施,降低单位产品环保成本,同时通过兼并重组整合分散产能,提升行业整体装备水平和污染治理能力。(2) 推行清洁生产模式方面,优化配煤工艺提高焦炭质量同时减少炼焦过程污染物生成量,推广分段加热、废气循环等低氮燃烧技术从源头压低 NO_x 产生浓度,将清洁生产审核与超低排放改造有机衔接,实现源头削减、过程控制和末端治理协同发力^[5]。(3) 完善清洁运输体系方面,建设铁路专用线或管状带式输送机连接主要原料产地与厂区,厂内物料转运全部采用封闭皮带通廊或气力输送,进出厂大宗物料和产品清洁运输比例稳定达到 80% 以上,非道路移动机械全部更换为新能源或国四及以上排放标准,补齐超低排放清洁运输短板。

3.4 完善政策、资金与人才保障机制

(1) 政策保障方面,实施差异化环保税减免、超低排放电价补贴等正向激励政策,对按期完成改造并通过验收的企业给予排污许可简化管理及重污染天气应急减排豁免待遇;建立改造效果后评估与复查抽查长效机制,对弄虚作假、超标排放行为依法从重处罚,确保政策执行公平刚性。(2) 资金保障方面,中央大气污染防治专项资金与省级配套资金重点向焦化超低排放改造倾斜,联合商业银行推出绿色技改专项贷款,实行财政贴息与风险补偿机制;推广合同环境服务模式,由第三方环保公司投资建设治理设施,企业按期支付运营费

用,有效缓解中小焦化企业前期投入与长期运维资金压力。(3) 人才保障方面,依托高校及科研院所定向培养烟气治理、VOCs 管控、环保大数据分析等专业人才,联合装备供应商开展脱硫脱硝、智能监测等专项技术培训并发放上岗资质,通过产学研合作柔性引进高层次环保专家驻厂指导,同时建立企业内部环保人才梯队培养机制,全面提升企业环境管理专业化水平,为超低排放长期稳定运行提供智力支撑。

结束语

综上,焦化产业超低排放改造是一项涵盖技术升级、运维管控、产业优化的系统性工程。当前行业改造仍面临技术适配、资金成本、设备协同等多重困境,需依托先进治理技术,搭建智能监管体系,健全全流程环境管理制度,叠加政策、资金与人才多维保障。唯有协同推进源头管控、过程治理与末端运维,才能稳固超低改造成效,推动焦化产业彻底摆脱高污染标签,实现绿色低碳长效发展。

参考文献

- [1] 李航飞. 焦化超低排放设备选型匹配与运行环境管理优化 [J]. 资源节约与环保, 2025, 24(03): 89-92.
- [2] 赵瑞彤, 郭沛, 吴海滨. “双碳”目标下焦化产业超低排放改造与绿色发展路径 [J]. 当代化工研究, 2024, 37(04): 172-175.
- [3] 王凯, 张宏, 李鑫. 焦化企业全流程超低排放改造技术与环境管控研究 [J]. 环境工程, 2023, 51(09): 218-223.
- [4] 刘军, 赵磊. 焦化行业无组织排放治理难点与超低排放改造方案优化 [J]. 中国环境科学, 2022, 42(11): 5210-5217.
- [5] 闫昊. 焦化企业全流程超低排放改造方案及环境管理策略 [J]. 建筑技术科学, 2024, 19(10): 107-110.