

焦化厂焦炉烟气脱硫脱硝工艺技术探讨

连武军

宁夏宝丰能源集团股份有限公司焦化事业部 宁夏 银川 750000

摘要: 焦炉烟气脱硫脱硝技术是工业绿色转型关键环节,直接影响区域空气质量与企业环保合规。通过分析石灰石—石膏法等传统脱硫工艺及SCR/SNCR等主流脱硝技术特征与适用场景,探讨协同处理集成模式,针对高浓度污染物脱除瓶颈、烟气波动影响稳定性、副产物资源化难点,提出新型吸附材料应用、智能控制系统动态调节、多污染物协同脱除设计及能耗降低方案,支撑高效可持续污染治理。

关键词: 焦炉烟气、脱硫脱硝、协同处理、技术优化

引言

环保要求升级下,焦炉烟气中二氧化硫与氮氧化物高效脱除成为焦化企业绿色转型核心挑战。需阐述工艺技术重要性,分析传统脱硫工艺及主流脱硝技术特征与适用场景,探讨协同处理技术集成模式。重点剖析高浓度污染物同步脱除效率瓶颈、烟气成分波动对稳定性影响、副产物资源化利用等难点,提出优化方向,为污染治理提供系统性技术支撑,推动行业可持续发展。

1 焦炉烟气脱硫脱硝工艺技术的重要性

焦炉烟气脱硫脱硝工艺技术的重要性体现在环境治理与工业绿色转型的双重需求中。该技术通过高效脱除焦炉烟气中的二氧化硫与氮氧化物,直接减少大气污染物排放量,降低对区域空气质量的影响,为生态保护提供技术支撑。在工业生产层面,该技术的持续优化推动焦化行业向低能耗、低排放方向升级,提升企业环保合规水平,增强市场竞争力;技术突破亦助力解决传统工艺中存在的效率瓶颈问题,如高浓度污染物同步脱除难度大、烟气成分波动影响稳定性等,通过材料创新与系统优化降低能耗与运行成本,实现经济与环境效益的协同提升;其重要性不仅在于满足当前环保要求,更在于为焦化行业长期可持续发展构建技术基础,推动产业向绿色低碳方向稳步迈进^[1]。

2 焦炉烟气脱硫脱硝工艺技术现状分析

2.1 传统脱硫工艺技术特征与适用场景

传统脱硫工艺技术以石灰石—石膏法为核心代表,其技术特征体现为通过碳酸钙与二氧化硫的化学反应生成石膏副产物,具有技术成熟度高、脱硫效率稳定的特点。该工艺在高温环境下运行适应性较强,能够有效处理焦炉烟气中高浓度二氧化硫,且系统操作相对简单,维护成本可控;然而,传统工艺存在副产物石膏综合利用难度较大的问题,需配套专门的处理装置以避免二次污染。在

适用场景方面,该技术更适用于大型焦化企业及烟气排放量较大的生产场景,能够满足基础环保排放标准要求。其运行过程对烟气温度波动具有一定耐受性,但需注意钙硫比控制以维持高效脱硫性能;此外,传统工艺在系统能耗方面存在优化空间,通过改进浆液循环系统与氧化空气分布模式可进一步降低运行成本。总体而言,传统脱硫工艺凭借技术成熟性与稳定性,在焦炉烟气治理中仍占据重要地位,但其副产物处理与能耗优化仍是后续技术改进的关键方向。

2.2 主流脱硝工艺技术原理及操作要点

主流脱硝工艺以选择性催化还原法(SCR)与选择性非催化还原法(SNCR)为核心技术路径。SCR技术通过催化剂表面活性位点促使氨气与氮氧化物发生还原反应,生成无害的氮气与水,其操作要点需严格控制反应温度区间,通常在300—400℃范围内以保证催化剂活性,同时需优化氨氮比以避免氨逃逸或反应效率下降。催化剂的选型与维护至关重要,需要定期检测活性并处理中毒或堵塞问题,确保系统长期稳定运行;SNCR技术则无需催化剂,利用高温环境(850—1100℃)直接触发还原反应,操作中需精准定位喷射位置以匹配温度窗口,同时调整还原剂喷射量以平衡脱硝效率与氨逃逸风险。两种工艺均需关注烟气成分波动对反应的影响,如氧含量变化可能改变反应动力学特性,需通过动态调节系统参数维持脱硝性能稳定;工艺优化方向包括开发宽温域催化剂以扩大SCR适用温度范围,以及改进SNCR喷射系统以实现更精准的雾化与混合效果,从而提升整体脱硝效率与运行可靠性^[2]。

2.3 脱硫脱硝协同处理技术集成模式

脱硫脱硝协同处理技术集成模式通过工艺耦合实现污染物协同脱除,提升系统整体效率。该模式结合脱硫与脱硝工艺特性,将SCR脱硝单元与湿法脱硫系统串联布

置,利用脱硫后烟气的温度特性优化SCR反应条件,减少能耗损失;协同模式需解决不同工艺间的兼容性问题,如脱硫浆液对脱硝催化剂的影响、烟气湿度变化对反应效率的干扰等,通过系统设计优化实现参数匹配。集成模式可降低设备占地面积与投资成本,通过共享烟道、风机等设备减少冗余建设,同时提升污染物脱除效率;技术关键点包括工艺流程的精准匹配、设备选型的兼容性验证以及运行参数的动态调控。协同处理还需关注副产物综合利用,如脱硫石膏与脱硝副产物的协同处理技术,实现资源循环利用;该模式在提升环保性能的同时,通过系统优化降低运行成本,增强工艺经济性,为焦化企业提供更高效的污染治理解决方案,推动工艺技术向集成化、高效化方向发展。

3 焦炉烟气脱硫脱硝关键技术难点探讨

3.1 高浓度二氧化硫与氮氧化物同步脱除效率瓶颈

高浓度二氧化硫与氮氧化物同步脱除面临多重效率瓶颈。反应动力学特性差异导致同步脱除难度增大;二氧化硫在低温下易被脱除,而氮氧化物脱除需特定温度窗口,二者反应条件存在冲突。催化剂活性位点竞争加剧效率损失,当烟气中二氧化硫浓度较高时,催化剂表面易被硫酸盐覆盖,抑制氮氧化物还原反应进行;系统兼容性设计不足导致能耗增加,脱硫与脱硝单元串联运行时,烟气温度、湿度变化可能破坏催化剂活性条件,需通过动态调节系统参数维持平衡,污染物浓度波动影响工艺稳定性,高浓度污染物冲击可能导致反应器负荷突变,影响脱除效率。此外,副产物交互作用形成新的技术挑战,如脱硫副产物可能堵塞脱硝催化剂孔道,降低反应活性,解决这些瓶颈需开发宽温域、抗中毒催化剂,优化反应器结构以增强污染物分布均匀性,并通过智能控制系统实现工艺参数的实时动态调节,从而提升同步脱除效率与系统运行稳定性^[1]。

3.2 烟气成分波动对工艺稳定性的影响机制

烟气成分波动通过多维度影响脱硫脱硝工艺稳定性。二氧化硫浓度波动会改变催化剂表面活性位点分布,高浓度时易形成硫酸盐覆盖层,抑制氮氧化物还原反应进行,降低脱硝效率;低浓度时可能导致催化剂活性位点闲置,增加反应器负荷波动风险。氧气含量变化直接影响还原反应动力学特性,氧含量过高可能加剧氨气氧化反应,产生氮氧化物二次污染;氧含量过低则可能抑制还原反应进行,降低脱除效率。烟气温度波动影响催化剂活性窗口,低温环境可能导致催化剂活性降低,高温环境则可能加速催化剂老化失效,湿度变化影响气液反应界面特性,高湿度环境可能加剧脱硫浆液对催化剂的腐蚀

作用,降低系统运行稳定性。此外,烟气中粉尘、重金属等杂质含量波动可能堵塞催化剂孔道或中毒活性位点,影响污染物脱除效率,需通过动态监测系统实时跟踪烟气成分变化,结合智能控制系统调整工艺参数,如优化氨氮比、调节反应温度、调整浆液循环量等,以维持工艺稳定性,提升污染物脱除效率与系统运行可靠性。

3.3 副产物资源化利用技术路径优化方向

副产物资源化利用需突破传统处理模式,探索高附加值技术路径,脱硫产生的石膏可通过改性处理提升强度与耐水性,用于制备石膏板、砌块等建筑材料,拓展其应用范围。脱硝副产物如硫酸铵可通过蒸发结晶工艺实现纯度提升,作为化肥原料实现资源循环;优化方向包括开发副产物协同处理技术,如将脱硫石膏与脱硝副产物混合制备复合建材,降低处理成本并提升资源利用率,需关注副产物中有害杂质去除技术,通过分离提纯降低重金属、氯离子等含量,避免二次污染。此外,探索副产物在环保材料领域的应用潜力,如利用脱硫灰制备陶粒、利用脱硝催化剂残渣制备吸附材料等,实现废弃物的高值化利用;技术路径优化需兼顾经济性与环保性,通过工艺改进降低能耗与成本,同时提升副产物附加值,需建立副产物质量标准体系,确保资源化利用产品的安全性与可靠性,推动技术向产业化方向发展,为焦化行业绿色转型提供支撑^[4]。

3.4 低温环境下脱硝催化剂活性维持策略

低温环境下脱硝催化剂活性维持需要聚焦材料创新与工艺优化。低温活性催化剂开发是核心方向,如锰基、铈基催化剂在低温下仍保持较高活性,通过纳米结构调控增强活性位点暴露,提升反应速率。抗中毒能力提升同样关键,低温时烟气中SO₂、H₂O及碱金属易吸附于催化剂表面,需通过掺杂稀土元素或构建疏水表面抑制中毒;反应条件优化可辅助活性维持,如降低空速延长反应时间,调整氨氮比避免氨逃逸,优化氧含量促进还原反应。此外,非热活化技术如微波辐射、等离子体辅助可局部提升反应温度,激活催化剂活性位点,降低整体能耗。催化剂再生技术亦需配套,通过热再生、化学清洗恢复活性,延长使用寿命;策略实施需平衡经济性与环保性,通过材料成本控制与工艺简化降低运行成本,同时确保低温脱硝效率满足环保要求,推动低温脱硝技术向实用化、规模化方向发展,为焦炉烟气低温脱硝提供可靠技术支撑。

4 工艺技术优化与改进方向研究

4.1 新型吸附材料在脱硫脱硝中的应用潜力

新型吸附材料在脱硫脱硝中展现出显著应用潜力,

其核心优势体现在高吸附容量与选择性吸附能力；活性炭类材料通过物理吸附与化学吸附协同作用，可高效捕获烟气中的二氧化硫与氮氧化物，其孔隙结构优化后能提升吸附速率并降低再生频率。分子筛材料凭借规则孔道结构与可调酸性位点，可实现对污染物分子的精准识别与吸附，尤其在低温环境下仍保持较高活性；金属有机框架（MOF）材料通过功能化修饰可增强对特定污染物的亲和力，其高比表面积与可调控化学性质为同步脱硫脱硝提供了新思路。此外，复合吸附材料如活性炭负载金属氧化物可同时提升脱硫与脱硝效率，通过协同效应降低单组分材料的局限性；材料再生技术的优化亦是关键，如热再生、化学再生等可恢复吸附能力，延长材料使用寿命。新型吸附材料的应用需兼顾经济性与环保性，通过材料成本降低与工艺简化推动规模化应用，同时需关注吸附过程中副产物生成控制，避免二次污染，为焦炉烟气治理提供高效、可持续的技术方案。

4.2 智能化控制系统对工艺参数的动态调节

智能化控制系统通过实时数据采集与分析实现工艺参数动态调节，提升脱硫脱硝效率与系统稳定性。系统集成多参数传感器，实时监测烟气成分、温度、湿度、压力等关键指标，结合先进算法模型进行数据分析与预测；闭环控制机制可自动调整脱硫剂投加量、催化剂温度、氨氮比等参数，适应烟气成分波动与工况变化。动态调节策略采用模型预测优化控制、自适应算法及专家系统决策，确保参数始终处于最佳运行区间；故障诊断与预警功能通过模式识别与趋势分析提前发现潜在问题，降低非计划停机风险。系统优化兼顾响应速度与调节精度，通过算法优化与硬件升级提升控制性能，同时降低能耗与运行成本；智能化控制推动工艺向自动化、智能化方向发展，为焦炉烟气治理提供高效、可靠的技术支撑，提升环保性能与经济性，实现工艺运行稳定性与污染物脱除效率的协同提升，满足持续严格的环保要求。

4.3 工艺能耗降低与系统可靠性提升路径

工艺能耗降低需从设备优化、流程重构及能量回收

多维度推进。高效节能设备如低阻风机、变频泵类可降低电耗，优化管道布局减少弯头与长度能降低流动阻力，提升输送效率；热交换网络优化可回收烟气余热，用于预热脱硫剂或加热脱硝催化剂，减少外部能源输入。系统可靠性提升需强化设备冗余与状态监测，关键设备配置备用单元降低故障风险，安装多参数传感器实时追踪设备振动、温度、压力等指标，结合故障诊断算法提前预警潜在问题，定期维护策略需要精细化，制定基于设备运行状态的维护周期，避免过度维护或失修。此外，材料创新如低阻耐腐蚀涂层可降低管道阻力并延长使用寿命，智能控制系统通过动态调节设备运行参数实现能耗与可靠性的平衡。路径实施需兼顾经济性与环保性，通过能耗成本降低与系统稳定性提升增强工艺竞争力，推动焦炉烟气治理技术向高效、可靠、可持续方向发展，满足持续严格的环保要求与运行稳定性需求^[5]。

结束语：焦炉烟气脱硫脱硝技术优化对工业绿色转型与生态保护意义重大。通过传统工艺分析、协同模式探讨及难点剖析，明确高效脱除污染物、提升稳定性、副产物资源化技术路径。未来需推进新型吸附材料研发、智能化控制系统应用及多污染物协同脱除设计，推动焦化行业向低能耗、低排放升级，实现经济与环境效益协同，筑牢可持续发展技术基础。

参考文献

- [1]陆泽俊.新形势下焦化厂焦炉烟气脱硫脱硝工艺技术简述[J].清洗世界,2024,40(08):58-60.
- [2]王晓玥.焦化厂焦炉烟气脱硫脱硝工艺技术[J].清洗世界,2024,40(05):81-83.
- [3]郑亮.焦化厂焦炉烟气脱硫脱硝工艺技术分析[J].山西化工,2023,43(11):227-228+233.
- [4]程权.双蓄热加热炉脱硫脱硝工艺路线分析[J].冶金动力,2025,(01):93-98.
- [5]王贞.基于SCR的焦炉脱硝脱硫工艺路线优化研究[J].山西化工,2025,45(01):166-168.