

火电厂超低排放技术路线及运行实践

胡珂

中电大丰风力发电有限公司

DOI:10.32629/etd.v6i12.19265

[摘要] 为实现火电厂污染物超低排放、推动行业清洁转型,本文系统梳理火电厂超低排放核心技术路线,详解烟气脱硫、脱硝、除尘及多污染物协同控制的工艺优化方向,分析运行实践中参数调控、设备维护、稳定性保障及优化策略的关键措施,确保污染物排放持续达标,为火电行业绿色高效可持续发展提供实践参考与技术支撑。

[关键词] 火电厂; 超低排放技术路线; 运行实践

中图分类号: TM621 **文献标识码:** A

Ultra-Low Emission Technical Routes and Operation Practices in Thermal Power Plants

Ke Hu

Zhongdian Dafeng Wind Power Generation Co., Ltd.

[Abstract] To achieve ultra-low emission of pollutants from thermal power plants and promote the clean transformation of the industry, this paper systematically reviews the core technical routes for ultra-low emission in thermal power plants, elaborates on the process optimization directions for flue gas desulfurization, denitrification, dust removal, and multi-pollutant collaborative control, analyzes the key measures for parameter regulation, equipment maintenance, stability assurance, and optimization strategies in operation practice, ensuring continuous compliance of pollutant emissions, and provides practical reference and technical support for the green, efficient, and sustainable development of the thermal power industry.

[Key words] thermal power plant; ultra-low emission technical route; operation practice

引言

随着我国能源结构转型加速,火电厂作为主力电源需实现超低排放以减少环境污染。超低排放技术通过高效脱除二氧化硫、氮氧化物及粉尘,推动火电行业绿色升级。技术路线聚焦全流程协同控制,结合智能调控与资源循环利用,为能源清洁化发展提供关键支撑,助力生态文明建设,是火电行业可持续发展的必然选择。

1 火电厂超低排放技术路线概述

火电厂超低排放技术路线以污染物协同控制为核心,通过工艺优化与设备升级实现多污染物高效脱除。统筹环保达标与能耗经济双重需求,该路线聚焦烟气治理全流程,从源头减排到末端治理形成闭环,推动火电行业绿色转型。(1) 脱硫技术升级,采用双碱法强化脱硫效率,配合湿式电除尘实现烟气深度净化,通过循环流化床锅炉改造降低二氧化硫初始排放浓度,配合高效喷淋层设计提升气液接触面积,确保脱硫效率稳定在98%以上。(2) 脱硝工艺优化,选择性催化还原(SCR)与选择性非催化还原(SNCR)技术协同应用,通过精准控制氨逃逸率与催化剂活性,实现氮氧化物排放浓度低于50mg/m³。低温催化剂研发突破传统

温度限制,拓宽脱硝系统运行工况范围。(3) 除尘系统改进,布袋除尘器与电除尘器组合使用,通过滤料材质革新与脉冲清灰技术优化,实现粉尘排放浓度低于10mg/m³。智能监控系统实时调整运行参数,保障设备长期稳定达标。运行实践中,火电厂通过数字化平台实现污染物排放数据实时监测与智能调控,结合设备预防性维护降低故障率^[1]。技术路线持续迭代,推动火电行业向更清洁、更高效的方向发展,为能源结构优化提供关键支撑。

2 火电厂超低排放主要技术路线详解

2.1 烟气脱硫技术路线

烟气脱硫技术路线以高效脱除二氧化硫为核心目标,通过工艺革新与系统优化实现清洁排放,助力火电行业绿色升级。其发展路径注重技术适配性与运行稳定性,推动脱硫过程向低能耗、高效率方向迈进。(1) 工艺选择策略,根据机组特性与煤质差异,合理选用石灰石-石膏法、氨法或循环流化床脱硫工艺;通过优化吸收塔结构与喷淋层设计,提升气液接触效率,确保脱硫效率持续达标,满足超低排放要求。(2) 运行智能调控,利用在线监测系统实时调整浆液参数与氧化空气量,使脱硫系统适应负

荷变化与煤质波动;通过优化浆液循环泵运行策略与氧化风机控制逻辑,降低系统能耗与设备磨损,提升运行经济性与可靠性。(3)副产物资源化,脱硫石膏经脱水、改性或煅烧处理后,可替代天然石膏用于建材生产,实现废弃物资源化利用;通过拓展副产物应用场景,降低固废处置成本,提升火电厂环境效益与资源利用效率。技术实践表明,烟气脱硫路线通过持续创新与精细化管理,不仅实现污染物排放控制目标,更推动火电行业向资源循环利用与绿色低碳方向转型,为能源清洁化发展提供坚实支撑。

2.2 烟气脱硝技术路线

烟气脱硝技术作为火电厂超低排放的核心环节,其技术路线的选择直接关系到污染物减排效果与运行成本平衡。紧扣减排要求与机组适配性双重原则,该技术通过化学反应将氮氧化物转化为无害物质,是实现清洁排放的关键路径。(1)选择性催化还原(SCR)技术,利用催化剂在特定温度下促使氮氧化物与还原剂(如氨气)发生反应,生成氮气和水;该技术脱硝效率高,适用于大型机组,但需精准控制反应温度与催化剂活性,避免氨逃逸二次污染。(2)选择性非催化还原(SNCR)技术,在无催化剂条件下,通过高温环境直接喷射还原剂与氮氧化物反应;其优势在于设备改造简单、投资成本较低,但脱硝效率受温度窗口限制,需优化喷射位置与剂量匹配。(3)联合工艺优化,结合SCR与SNCR技术特点,在高温区域布置SNCR进行初步脱硝,中低温区域采用SCR深度净化;此方案可兼顾效率与经济性,适用于不同工况需求,体现技术路线的灵活性与适应性^[2]。技术路线的实践需注重系统协同,通过动态调整参数、优化催化剂再生周期等措施,确保长期稳定运行,最终实现环境效益与经济性的双重提升。

2.3 烟气除尘技术路线

烟气除尘技术是火电厂超低排放的关键屏障,通过物理拦截与惯性分离实现粉尘颗粒的高效捕集,为后续处理工序提供清洁气源基础。需以精准选型为核心导向,结合机组工况与粉尘特性,其技术路线需兼顾除尘效率与设备稳定性,满足不同工况需求。

2.3.1 电除尘技术

利用高压电场使气体电离,粉尘颗粒荷电后向电极移动并沉积,通过振打清灰实现连续捕集;该技术适用于大流量、高浓度粉尘场景,对细微颗粒有较强捕集能力,但需关注电极腐蚀与能耗控制。

2.3.2 袋式除尘技术

采用滤料纤维编织的滤袋拦截粉尘,通过脉冲喷吹清灰维持滤袋通透性;滤料材质与表面处理工艺直接影响除尘效率与使用寿命,需根据粉尘特性选择合适滤料并优化清灰周期。

2.3.3 湿式除尘技术

利用水雾或水膜与粉尘颗粒碰撞凝聚,通过重力沉降或水力冲洗实现捕集;该技术对高温、高湿粉尘有较好适应性,但需注意废水处理与设备防腐问题。技术路线的实践需结合机组运行特性,通过设备选型优化、运行参数动态调整等措施,确保除尘系统长期高效稳定运行,最终实现粉尘排放浓度持续达标。

2.4 多污染物协同控制技术路线

多污染物协同控制技术是火电厂超低排放的集成创新方向,通过技术融合与过程优化实现多种污染物同步高效治理,提升环境效益与运行经济性。兼顾治理效能与能耗控制双重目标,其核心在于打破单一污染物治理的局限,构建全流程、多环节的协同控制体系。(1)技术集成优化,将脱硫、脱硝、除尘技术进行一体化设计,例如通过低温催化剂实现脱硝与除尘的协同,或利用湿法脱硫废水中的碱性物质辅助除尘,减少设备冗余与能耗叠加。(2)过程耦合控制,在燃烧阶段采用分级燃烧、低氮燃烧技术减少氮氧化物生成,在烟气治理阶段通过电袋复合除尘提升细微颗粒捕集效率,形成“源头控制+末端治理”的协同模式。(3)智能动态调控,依托在线监测传感器与智能算法,实时分析烟气成分与污染物浓度变化,动态调整催化剂活性、喷氨量、清灰周期等参数,确保各污染物排放浓度持续稳定达标^[3]。该技术路线的实践需注重系统稳定性与长期运行效果,通过技术迭代与参数优化,推动火电厂从单一污染物治理向多污染物协同控制转型,最终实现环境效益与经济性的双赢。

3 火电厂超低排放技术运行实践

3.1 运行参数调控

运行参数调控是火电厂超低排放技术落地的关键环节,直接影响污染物治理效果与系统运行稳定性。紧跟机组实时运行工况,协同优化各污染治理系统关键运行参数设置,其核心在于通过动态调整关键参数,实现治理效率与设备寿命的平衡。(1)温度窗口优化,针对不同治理工艺需求,精准控制反应温度区间,例如在脱硝过程中,通过调整催化剂床层温度,确保氮氧化物还原反应在最佳活性区间进行,避免高温导致催化剂失活或低温影响反应速率。(2)流量匹配调控,根据烟气流量实时变化,动态调整喷氨量、清灰周期等参数;通过维持系统内物料平衡,防止因喷氨过量导致的氨逃逸二次污染,或因清灰不足引发的粉尘堆积堵塞问题。(3)压力平衡管理,通过优化系统压力分布,减少局部气流阻力损失,例如调整除尘器进出口压力差,既保证粉尘高效捕集,又避免因压力波动过大影响设备结构稳定性。该环节的实践需注重参数间的协同效应,通过精细化调控实现污染物排放的持续稳定达标,同时提升系统运行的经济性与可靠性。

3.2 设备维护管理

设备维护管理作为火电厂超低排放技术运行实践的重要支柱,通过系统化、规范化的维护策略,确保治理设备长期处于最佳运行状态。其核心在于构建预防性维护与状态检修相结合的动态管理机制。

3.2.1 日常巡检精细化

制定标准化巡检路线与检查清单,对脱硫塔、除尘器、催化剂模块等关键设备进行每日巡检;重点检查设备密封性、连接件紧固度及表面腐蚀情况,及时发现并处理潜在隐患,避免小问题演变为大故障。

3.2.2 定期保养周期化

根据设备特性与运行环境,制定差异化的保养周期;例如对风机轴承每月润滑、对滤袋每季度进行脉冲清灰效果测试,通过周期性保养延长设备使用寿命,降低非计划停机风险。

3.2.3 故障处理快速化

建立故障分级响应机制,对常见故障如阀门卡涩、仪表失灵等制定标准化处理流程,确保运行人员在发现故障后能快速定位、精准处理,最大限度减少故障对系统运行的影响^[4]。该环节的实践需注重维护策略的持续优化,通过运行经验积累与技术迭代,推动设备维护管理从被动应对向主动预防转型,最终实现系统运行的高效性与可靠性的统一。

3.3 运行稳定性保障

运行稳定性保障是火电厂超低排放技术持续高效运行的基础支撑,通过系统性预防与快速响应机制,降低设备故障率,延长系统生命周期。其核心在于构建全周期、多维度的稳定运行管理体系。(1)设备状态监测,采用振动传感器、温度巡检仪等装置,实时采集设备运行数据,通过趋势分析预判潜在故障,例如对风机轴承、催化剂模块等关键部件进行高频次监测,及时发现磨损、堵塞等异常迹象,提前安排检修维护。(2)备件管理优化,基于设备运行规律与历史故障数据,建立分级备件储备库;对易损件如滤袋、密封件等实施动态库存管理,确保故障发生时24小时内完成更换;对核心部件如催化剂、电极板等制定专项维护计划,延长使用寿命。(3)应急预案完善,针对脱硫剂中断、氨逃逸超标等突发情况,制定标准化应急处置流程;通过定期组织模拟演练,提升运行人员对异常工况的识别与处置能力,确保问题发生时快速响应、精准处理。该环节的实践需注重预防性维护与应急处理的结合,通过持续优化管理策略,保障系统在复杂工况下长期稳定运行,最终实现环境效益与设备可靠性的双重提升。

3.4 运行优化策略

运行优化策略是火电厂超低排放技术持续提效的关键路径,通过动态调整与技术创新实现系统性能跃升。立足全流程协同管控理念,统筹环保、安全、经济多维目标,其核心在于挖掘现

有设备的潜力边界,推动治理效率与资源利用的双赢。(1)工艺流程再造,对脱硫、脱硝、除尘各环节进行流程重构,例如通过调整吸收塔内件结构提升气液接触效率,或优化烟道走向减少局部阻力损失,使污染物治理路径更顺畅高效。(2)智能算法赋能,引入机器学习算法对历史运行数据深度挖掘,建立污染物排放浓度预测模型;通过模型反推最优运行参数组合,指导喷氨量、清灰周期等参数的动态调整,实现精准治理。(3)能耗梯级利用,构建厂内能量回收网络,将高温烟气余热用于脱硫剂制备,或利用低温余热进行厂区供暖;通过能量梯级利用降低系统整体能耗,提升运行经济性^[5]。该策略的实践需注重技术创新与管理创新的融合,通过持续优化运行模式,推动火电厂超低排放技术向更高效、更经济的方向演进,最终实现环境效益与运行成本的双重优化。

4 结束语

未来,需深化多污染物协同控制技术融合,如低温催化剂与电袋复合除尘的耦合应用;优化智能调控算法,引入深度学习模型实现喷氨量、清灰周期的动态精准匹配;拓展脱硫石膏建材化、废水资源化等副产物资源化路径;通过设备状态监测与预防性维护提升系统运行经济性与可靠性。技术迭代将持续推动火电行业向清洁高效方向迈进,为能源结构优化与生态文明建设提供坚实支撑,具有广阔应用前景。

[参考文献]

- [1]朱浩铭,孟祥胜.火电厂烟气脱硫系统超低排放改造技术的适应性与优化研究[J].当代化工研究,2025(12):173-175.
- [2]程思聪.超低排放要求下火电厂脱硫系统增效减排技术升级研究[J].科技信息与研究,2025,5(12):17-19.
- [3]陈晴.火电厂超低排放燃煤锅炉改造策略[J].电力设备管理,2025(11):217-219.
- [4]李鹏程.火力发电厂超低排放技术及其经济性分析研究[J].电力设备管理,2025(17):229-231.
- [5]高鹏.火电厂超低排放改造后电除尘本体故障及预防[J].现代制造技术与装备,2025,61(12):98-100.