基于检修维护的电除尘系统运行稳定性提升研究

龚军力
安阳钢铁建设有限责任公司　河南　安阳　455000

摘　要：工业生产中，电除尘器与布袋除尘器是烟气粉尘治理的核心设备，其运行稳定性直接关系废气达标排放与生产系统安全。长期连续运行工况下，两类除尘设备易出现积灰堵塞、部件磨损、电气异常、清灰失效等故障，多源于检修维护不规范、养护体系不完善。本文以除尘设备检修维护为核心，分析电除尘、布袋除尘系统常见故障及成因，针对性优化日常巡检、定期检修、故障处置、运维管理方案，构建精细化检修维护体系，有效解决设备运行波动问题，提升除尘系统连续稳定运行能力，保障工业除尘系统高效、低故障运行。

关键词：电除尘器；检修维护；运行稳定性；提升

引言

在工业环保治理常态化背景下，除尘系统是工业烟气净化、控制粉尘污染的关键设施。电除尘器除尘效率高、适配大烟气量工况，布袋除尘器除尘精度高、适应性强，被广泛应用于各类工业生产场景。受高温烟气、粉尘腐蚀、长期负载运行等因素影响，两类除尘设备故障率持续升高，频繁出现除尘效率下降、设备停机等问题。当前多数企业除尘设备运维存在流程粗放、检修滞后、针对性不足等问题，严重影响系统稳定性。基于此，从检修维护角度优化运维策略，解决除尘设备运行隐患，对保障环保达标、稳定生产运行具有重要现实意义。

1 除尘系统核心设备及运行原理

工业主流除尘系统主要由电除尘器和布袋除尘器组成，两类设备结构、除尘原理不同，运行故障特征与维护重点存在显著差异，是运维工作的核心管控对象。电除尘器依托高压电场电离烟气，使粉尘颗粒带电，在电场力作用下吸附于极板、极线表面，再通过振打清灰装置剥离粉尘、完成除尘作业，核心运行部件为高压供电系统、极板极线、振打机构、灰斗输灰系统，适用于高温、高风量的工业烟气除尘场景。烟气进入电除尘器内部通道后，高压供电系统持续输出直流高压，在极板与极线之间形成强电场，烟气介质被电场击穿发生电离，大量正负离子在空间内移动，流动的粉尘颗粒与离子碰撞后获得电荷，带电粉尘会在电场力驱动下向极性相反的收尘极板移动并沉积在极板表面，随着极板表面积灰厚度不断增加，振打机构按照预设周期启动机械振打，附着在极板上的粉尘层受振动作用脱落，落入下部灰斗，再由灰斗配套的输灰系统将粉尘向外输送，维持电场区域清洁，保障除尘过程连续进行。布袋除尘器采用过滤分离原理，利用滤布纤维的筛分、吸附、拦截作用捕捉烟气中的粉尘，洁净烟气穿透滤袋排出，粉尘附着于滤袋表面，通过脉冲喷吹装置定期清灰，实现设备持续运行。含尘烟气进入除尘器箱体内部，气流穿过滤袋壁面时，粉尘颗粒被纤维层截留并堆积在滤袋外表面，经过滤后的干净烟气进入滤袋内部空间，向上经由出气通道排出设备，滤袋表面积灰持续累积会增大气流阻力，当阻力达到设定阈值时，脉冲清灰系统依次开启喷吹阀，压缩空气瞬间喷入滤袋内部，滤袋发生快速膨胀与抖动，表面附着的粉尘饼脱落，沉降至箱体底部，由卸灰装置集中排出，其核心部件为滤袋、脉冲清灰系统、箱体、卸灰装置，可有效捕捉细微粉尘，除尘精度优于电除尘器，适配复杂粉尘工况[1]。两类设备协同或单独运行构成工业除尘体系，设备结构精密、运行工况复杂，运维质量直接决定整体运行稳定性，设备运行过程中需要持续监测各项运行参数，及时处理部件磨损、气流波动、清灰失效等问题，减少系统阻力异常、除尘效率下降等现象，保障烟气排放指标稳定达标。

2 除尘系统运行不稳定的主要问题

2.1 电除尘器常见故障

电除尘器运行不稳定问题集中体现在电场异常、清灰失效、输灰故障三大方面。高压电场运行阶段经常发生闪络、电压电流大幅波动、电场保护性跳闸等现象，根源多为日常检修工作落实不到位。极板与极线表面积灰长期得不到彻底清理，极线出现松弛、变形问题，造成极间距发生偏移，电场内部放电分布不均，进而产生局部击穿闪络。绝缘子表面积灰、受潮或老化破损，会诱发漏电问题，直接扰乱电场供电稳定性。振打清灰系统属于运维薄弱环节，不少企业振打周期参数设置不合理，传动轴承、连杆等部件缺少定期润滑与检修，振打出力不足、动作频次异常，极板极线积灰持续增厚，除尘效率持续下降。灰

斗堵灰、输灰机卡滞故障同样源于检修疏漏，粉尘受潮板结、杂物堆积无法顺利外排，造成内部积灰超载，引发停机甚至壳体变形，干扰系统连续作业，各类故障相互影响，单一部位缺陷会逐步传导至整套设备，缩短设备服役周期，增加非计划停机概率。

2.2 布袋除尘器常见故障

布袋除尘器运行故障主要集中在滤袋失效、清灰异常、箱体漏风三类问题，故障产生大多和检修维护不规范直接相关。滤袋作为核心过滤构件，长期承受高温烟气、腐蚀性粉尘持续冲刷，容易发生破损、老化、糊袋等缺陷。日常巡检若不能及时定位破损滤袋点位，未按周期更换老化滤袋，粉尘会直接穿透滤袋，尾气粉尘浓度超标，除尘功能失效。脉冲喷吹参数设置不当，喷吹压力过大、喷吹频次过高，会加剧滤袋机械磨损，缩短滤袋使用周期。脉冲清灰系统运维滞后，电磁阀失灵、喷吹管堵塞漏气等隐患未及时处理，造成清灰效果不均，滤袋局部积灰板结，设备运行阻力不断升高，风机负荷增大，系统能耗上涨，运行工况持续波动[2]。箱体、检修门密封件长期未检修更换，会产生漏风，外部冷空气进入箱体促使烟气结露，粉尘板结黏连，加重滤袋堵塞，破坏设备稳定运行，漏风引发的结露问题还会腐蚀箱体金属结构，衍生出新的设备缺陷，进一步提升系统故障概率。

2.3 通用运维管理漏洞引发系统波动

除设备单体部件故障之外，运维管理体系存在缺陷，是除尘系统整体稳定性不足的核心诱因。很多企业除尘设备运维缺少标准化作业流程，日常巡检工作随意性较强，没有针对性对电除尘电气回路、布袋除尘滤袋与清灰组件等关键位置开展专项核查，微小隐患不断累积，最终发展成影响生产的重大故障。检修周期规划不合理，普遍采用故障事后抢修模式，预防性养护工作被忽视，在高温、高负荷生产时段没有提前组织专项检修，设备故障发生概率显著上升。运维人员专业水平有限，对两类除尘设备的结构原理、故障特征掌握不够全面，检修操作不规范，出现清灰不彻底、部件安装校准偏差、运行参数调试不当等问题，难以根除设备运行隐患。同时缺少完整运维台账与数据分析机制，无法精准掌握设备损耗变化规律，运维工作缺少针对性，造成除尘系统长期处于不稳定运行状态。

2.4 工况适配性检修缺失加剧运行隐患

工业生产负荷、烟气温度、粉尘浓度等工况参数处于动态变化状态，现行检修工作缺少工况适配性优化调整，进一步加重除尘系统运行波动。生产高负荷时段，烟气风量与粉尘浓度显著上升，电除尘器电场负载急剧增加，布袋除尘器滤袋过滤负荷同步升高，若不能及时调整检修养护频次与设备运行参数，极易发生设备过载停机故障。不同生产阶段产生的粉尘在湿度、组分上存在明显差异，高湿粉尘会造成电除尘极板积灰板结、布袋滤袋糊袋，腐蚀性粉尘会加速两类除尘设备金属构件、滤袋的腐蚀老化[3]。固定不变的常规检修模式难以适配工况动态变化，没有针对特殊工况开展专项清灰、防腐检修作业，设备损耗速率加快，故障频繁发生，大幅降低除尘系统连续稳定运行能力，工况波动产生的隐性损伤无法及时排查，缺陷持续累积，提升设备突发故障风险，给整套除尘装置长期安全运行带来持续隐患。

3 基于检修维护的除尘系统运行稳定性提升策略

3.1 优化电除尘器精细化检修流程

针对电除尘器核心故障，建立常态化、精细化分级检修体系，全面提升设备运行稳定性。日常巡检重点核查高压供电参数、极板极线状态、绝缘子清洁度、振打装置运行声响与动作状态，实时记录电压、电流数据，及时清理绝缘子表面积灰，杜绝漏电、闪络隐患。每周开展专项清灰检修，校准极线张紧度、修正极板变形偏差，保证极间距均匀，保障电场放电稳定。定期停机大修阶段，全面拆解检查振打传动机构、轴承等部件，更换磨损老化配件，补充润滑介质，优化振打周期与力度，适配烟气粉尘工况。重点检修灰斗加热装置与输灰系统，清理板结积灰、疏通堵塞管路，排查输灰机运行故障，杜绝积灰过载问题。同时，检测高压电气系统线路、变压器运行状态，更换老化绝缘配件，从硬件层面规避电场故障，保障电除尘器持续稳定运行，检修作业需要对照既定项目逐项落实，留存检测记录，对检修后设备进行空载与带载试运行，验证电场起晕、收尘及输灰功能，确认各项参数达标后方可投入生产，对检修过程中发现的隐性缺陷做好标记，纳入下一轮检修计划跟踪处置，减少缺陷累积引发的停机事件。

3.2 完善布袋除尘器专项检修养护方案

围绕布袋除尘器滤袋、清灰系统、密封结构三大核心，制定针对性检修维护策略。日常运维中，每日监测设备运行阻力、尾气排放浓度，通过参数变化判断滤袋运行状态，及时排查破损、糊袋滤袋并快速更换，定期对滤袋进行低压清灰养护，避免粉尘板结堆积。根据烟气温度、粉尘特性合理调整脉冲喷吹压力、频次，杜绝过度清灰损伤滤袋、清灰不足导致堵塞的问题。定期检修脉冲清灰系统，逐一检查电磁阀、喷吹管、储气罐等部件，清理管路堵塞杂物，修复漏气点位，保障清灰系

统均匀稳定工作[4]。每月检查设备箱体、检修门、管道接口密封状态，更换老化密封垫，彻底解决漏风结露问题。同时，定期清理除尘器箱体内部杂物、排查卸灰装置运行故障，保证粉尘输送顺畅，降低设备运行阻力波动，提升布袋除尘器运行稳定性，检修完成后检测系统漏风率，核对进出口压差变化，确认清灰动作同步性，对更换后的滤袋进行预喷涂处理，减少新滤袋初期粉尘穿透现象，跟踪滤袋运行数据，预判滤袋老化周期，提前准备备件。

3.3 构建标准化预防性运维管理体系

摒弃传统故障维修模式，建立“预防为主、修防结合”的标准化运维体系，从管理层面稳定除尘系统运行。制定专属巡检、检修作业规范，明确电除尘器、布袋除尘器各部件的检查项目、检修周期、操作标准，细化岗位职责，实现运维工作全覆盖、无遗漏。建立设备运维台账，详细记录巡检数据、检修内容、配件更换信息，通过数据分析总结设备故障规律，提前预判潜在隐患。搭建分级养护机制，日常开展常规巡检保养，月度开展核心部件专项检修，年度开展全面拆机大修，根据设备运行年限、损耗状态动态调整检修强度。同时，强化运维人员专业培训，区分两类除尘设备的检修重点，规范清灰、校准、调试、维修等操作流程，提升故障排查与处置能力，杜绝人为操作不当引发的设备故障，保障运维工作标准化、专业化开展，运维台账采用统一记录格式，定期汇总分析参数变化趋势，识别部件损耗速率，合理储备备品备件，定期组织运维作业复核，核查巡检记录真实性，对运维流程中存在的疏漏点进行修订完善。

3.4 建立工况动态适配检修优化机制

结合工业生产动态工况，搭建工况适配型检修维护模式，精准提升除尘系统稳定性。根据生产负荷高低、烟气参数变化，动态调整检修频次与设备运行参数，高负荷、高粉尘工况下加密巡检频次，增加清灰、设备检测频次，及时处理设备过载运行隐患。针对潮湿、腐蚀性粉尘工况，增设专项防腐、防结露检修作业，对电除尘金属部件做防腐养护，对布袋滤袋开展针对性防潮清理。建立工况参数联动调试机制，锅炉升降负荷、燃料切换时，同步调试电除尘电场参数、布袋除尘喷吹参数，保证设备运行状态适配烟气工况变化[5]。同时，结合运维台账数据，优化设备检修方案，针对高频故障点位制定专项整改与常态化监测措施，持续消除设备运行短板，实现除尘系统全工况、全天候稳定高效运行，实时采集烟气温度、含尘浓度、系统压差等数据，建立工况变化预警阈值，触发预警后安排现场核查，跟踪整改效果，持续迭代设备运行参数与检修计划，降低工况波动带来的除尘效率下降风险。

结语

电除尘器与布袋除尘器的运行稳定性直接决定工业粉尘治理效果与生产系统安全，设备故障多发主要源于检修维护不精细、运维体系不完善、工况适配性不足。通过针对性优化两类除尘设备的专项检修流程，搭建标准化预防性运维体系，建立动态工况适配检修机制，可有效解决积灰堵塞、部件损坏、系统运行波动等核心问题。系统化、精细化的检修维护模式，能够持续降低除尘设备故障率，延长设备使用寿命，保障除尘系统长期稳定、高效达标运行，为工业绿色安全生产提供坚实保障。

参考文献

[1]高为飞,徐勇峰,张小亮,等.基于大数据与先进AI模型的智慧电除尘运行系统构建与应用[J].广东电力,2025,38(3):1-7.

[2]辛国利,解标,薛玉春,等.燃煤电厂电除尘器智能可视化运行系统的应用研究[J].能源与节能,2025,(10):88-91.

[3]万俊松,彭兴,喻诗婕.宽负荷调峰下电除尘控制系统技术研究[J].江西电力,2025,49(6):52-56.

[4]孙锐,王雍恺,陈赞接.浅析除尘系统的防堵灰技术改造[J].中国设备工程,2024,(11):122-124.

[5]杜文曙.除尘系统改造设计研究[J].模具制造,2024,24(5):189-191.