

发电厂脱硫运行方式优化分析

曲唐遥

江西赣能股份有限公司丰城发电厂 江西 宜春 336000

摘要: 发电厂脱硫系统运行中,传统方式存在能耗高、效率波动、设备损耗快等问题。本文针对吸收塔液气比、pH值、氧化空气量等关键参数,分析入口SO₂浓度、烟气温度、石灰石活性等因素对系统的影响,诊断循环泵高负荷、流场不均、设备磨损等现存问题。提出工艺参数动态调整、设备运行模式优化、系统协同优化等策略,结合实时监测、预防性维护、人员操作规范等管理措施,构建全链条优化体系。通过参数闭环调控与跨系统协同,提升脱硫效率,降低能耗与维护成本,保障系统稳定运行,为发电厂脱硫系统运行优化提供理论支撑与实践路径。

关键词: 发电厂脱硫; 运行参数; 问题诊断; 优化策略; 运行管理

引言: 随着环保要求日益严格,发电厂脱硫系统的高效稳定运行至关重要。脱硫系统通过化学反应去除烟气中的二氧化硫,减少污染物排放。然而,当前部分发电厂脱硫系统运行方式存在能耗高、效率低、设备磨损快等问题,影响系统性能与经济效益。深入分析脱硫系统关键运行参数,诊断现有运行方式问题,探索优化策略与运行管理措施,有助于提升脱硫系统运行水平,实现节能减排与经济运行的双重目标。

1 脱硫系统关键运行参数分析

1.1 吸收塔运行参数

液气比需结合入口烟气污染物浓度、脱硫效率目标实施动态调整。调整需匹配反应负荷变化,确保浆液与烟气充分接触反应,既避免液气比过高造成能耗浪费和浆液溢流风险,又防止过低导致脱硫效率不达标^[1]。浆液pH值控制需依托反应进程精准把控,适宜范围能促进石灰石溶解和SO₂吸收反应高效开展。优化逻辑需兼顾反应速率与浆液稳定性,避免pH值波动过大影响吸收效果和设备腐蚀情况。氧化空气量供给需贴合浆液反应需求实现精准调控,同时注重合理分配至吸收塔不同区域。确保氧化反应均匀充分,为石膏生成提供充足条件,避免局部氧化不足影响石膏品质。实际运行中需结合在线监测数据实时微调,搭配浆液搅拌强度优化,进一步提升气液传质效率,通过定期清理喷淋组件,保障液气接触的均匀性,让各参数调控形成闭环,最大化吸收塔工作效能。

1.2 烟气参数影响

入口SO₂浓度波动会直接改变系统反应负荷,浓度升高时需及时调整相关运行参数,避免超出系统处理能力导致脱硫效率下降。浓度降低时合理优化资源消耗,维持系统稳定运行。烟气温度需控制在适宜区间,温度过

高会降低SO₂在浆液中的溶解度,影响吸收效果。温度过低可能导致浆液流动性变差,需通过换热装置进行适应性调节。烟气流量变化会影响浆液与烟气接触时间,流量增大时需对应调整液气比等参数,保证接触充分,流量减小时做好参数适配,避免资源浪费。需加装精准监测设备捕捉烟气参数瞬时变化,建立参数联动响应机制,同时针对高湿烟气优化保温措施,防止低温结露腐蚀设备,通过预判烟气参数变化趋势提前调控,减少参数波动对系统运行的冲击。

1.3 石灰石/石膏品质要求

石灰石活性直接决定与SO₂反应的速率,活性越高反应越迅速彻底,能有效提升脱硫效率。粒度大小需符合工艺标准,过粗会降低溶解速率,延长反应周期,过细则可能增加研磨能耗和浆液粘度,影响系统运行稳定性。石膏脱水效果受多种因素影响,与杂质含量存在密切关联。杂质含量过高会吸附在石膏晶体表面,阻碍晶体生长和脱水过程,导致石膏含水率上升,品质下降。需严格控制石膏中杂质成分,保障脱水设备正常运行,提升石膏产品纯度和利用价值。整体运行中,各参数相互关联、相互影响,需通过精准调控实现系统高效、稳定、经济运行,兼顾脱硫效率与产品品质。需建立石灰石进场检验机制,对活性、粒度指标严格把关,同时优化石膏脱水工艺参数,配套高效过滤设备去除杂质,通过石膏品质实时监测反向调整前端反应参数,形成“原料-反应-产物”的全链条品质管控。

2 现有运行方式的问题诊断

2.1 能耗瓶颈

循环泵与氧化风机常处于高负荷运行状态,长期维持该工况不仅增加电能消耗,还会加速设备内部部件老化,缩短使用寿命。循环泵高负荷运转易引发流量波动,

影响浆液循环稳定性,氧化风机持续高负荷输出则可能导致空气供给过量,造成能源冗余损耗^[2]。烟气系统阻力变化与增压风机能耗存在直接关联,阻力升高时增压风机需提升输出功率以维持烟气流通,进而增加能耗。阻力异常波动还会破坏系统压力平衡,间接影响脱硫反应效率,形成能耗与效率的失衡局面。需精准把控系统阻力阈值,减少增压风机无效能耗输出。现有运行模式缺乏负荷自适应调节能力,即使低负荷工况仍维持高能耗运行状态,且未对系统阻力来源精准定位,导致能耗优化盲目性大,需结合工况变化搭建能耗动态监测模型,精准识别高能耗环节并针对性管控。

2.2 效率损失因素

吸收塔内流场分布不均易引发烟气短路现象,部分烟气未充分接触浆液便排出塔体,直接降低脱硫效率。流场紊乱还会导致浆液喷淋覆盖不全面,形成局部反应死角,进一步加剧效率损失。浆液循环系统中沉积与结垢问题较为突出,浆液中固体颗粒易在管道、泵体及塔壁附着沉积,逐步缩小流通截面,影响浆液循环速率。结垢现象会破坏喷淋头雾化效果,降低浆液与烟气接触面积,同时增加设备运行负荷,形成效率下降的恶性循环,需通过优化浆液特性减少沉积与结垢风险。流场优化缺乏针对性设计,喷淋层布置合理性不足,且未建立结垢预警机制,往往待结垢影响运行后才处理,加剧效率损失,同时浆液水质管控不到位,进一步加速沉积结垢,放大系统效率衰减问题。

2.3 设备磨损与维护

喷淋层、除雾器作为核心部件,其损耗规律与运行工况密切相关。喷淋层长期承受高压浆液冲刷,易出现喷嘴磨损、管道渗漏等问题,影响浆液雾化效果。除雾器受烟气中杂质撞击和浆液腐蚀,会逐步丧失除雾能力,导致石膏浆液携带流失。石膏排出泵与搅拌器运行稳定性直接影响系统连续运行能力,排出泵易因浆液中杂质磨损叶轮,造成流量不足、振动加剧等问题。搅拌器长期浸泡在浆液中,叶片易受腐蚀磨损,转速下降会导致浆液混合不均,影响反应速率与石膏品质,增加设备维护频次与成本。现有维护工作侧重事后修复,缺乏基于运行数据的预防性维护,且对易损部件损耗规律掌握不充分,维护周期设置不合理,同时未针对性优化部件材质适配工况,进一步缩短设备使用寿命,抬高维护成本。

3 运行方式优化策略

3.1 工艺参数动态调整

基于入口SO₂浓度构建液气比自适应控制系统,实时捕捉浓度变化趋势并自动调整液气比数值。浓度上升阶

段逐步提升液气比,保障浆液对SO₂的吸收容量,浓度下降阶段适度降低液气比,减少循环泵能耗输出,实现脱硫效率与能耗成本的动态平衡^[3]。pH值采用分段控制策略,高负荷期需维持相对较高pH值,强化石灰石溶解速率与SO₂吸收反应强度,满足高负荷工况下的脱硫需求。低负荷期适当调低pH值,避免浆液过碱导致杂质析出结垢,同时降低石灰石消耗,兼顾反应稳定性与资源利用率,通过差异化调节适配不同工况下的反应需求。引入智能调控算法优化参数响应速度,结合历史运行数据校准控制阈值,同时增设pH值缓冲调节模块,减少波动幅度,搭配氧化空气量与液气比的联动调控,进一步提升工艺参数适配性。

3.2 设备运行模式优化

循环泵采用组合启停与变频调速相结合的运行模式,根据系统负荷变化合理搭配运行泵组数量。低负荷工况下减少运行泵组,通过变频技术调低运行泵转速,降低电能消耗;高负荷工况下启动备用泵组,同步调节转速至适配区间,保障浆液循环量满足反应需求。变频调速技术的应用可有效避免泵体长期高负荷运转,延缓部件老化,延长设备使用寿命。氧化风机实施分级供风控制,结合吸收塔内氧化反应进程与石膏生成速率,划分不同供风等级。低反应负荷时采用低等级供风,高反应负荷时提升供风等级,精准匹配氧化反应需求,避免空气供给过量造成的能源浪费,通过节能控制逻辑优化风机运行参数,进一步降低能耗。配套加装设备状态监测传感器,实时反馈运行负荷与部件损耗情况,优化泵组与风机的启停切换逻辑,避免频繁启停损伤设备,同时建立设备能耗台账,量化优化效果并持续迭代调整。

3.3 系统协同优化

建立脱硫系统与锅炉负荷的联动调节机制,实时同步锅炉负荷变化信息,提前调整脱硫系统运行参数。锅炉负荷升高时,预判SO₂排放浓度与烟气流量变化,提前优化液气比、供风速率等参数,避免系统因负荷突变出现效率波动。锅炉负荷降低时,同步下调脱硫系统运行负荷,减少各类资源消耗,实现两大系统的高效适配。强化石膏脱水系统与废水处理系统的协同运行,石膏脱水过程中产生的滤液与废水及时导入废水处理系统,避免杂质积累影响脱水效果。废水处理达标水质可合理回收至脱硫系统循环利用,减少新鲜水消耗,同时严格控制废水排放指标,确保脱水系统与废水处理系统运行节奏一致,提升整体系统的环保效益与资源利用率,实现全流程高效协同运行。搭建跨系统数据共享平台,打破设备运行信息壁垒,优化联动调节的响应时差,同时

引入闭环控制逻辑,根据系统末端运行效果反向微调前端参数,提升全系统运行协调性与稳定性。

4 优化后的运行管理措施

4.1 实时监测与数据分析

构建关键参数在线监测体系,覆盖液气比、pH值、烟气浓度、设备转速等核心指标,实现数据实时采集与传输^[4]。搭建异常预警机制,设定各参数合理运行区间,数据超出阈值时自动发出预警信号,为运维人员提供及时反馈,避免小问题扩大为系统故障。注重历史运行数据挖掘,整合不同工况下的参数变化、能耗水平、脱硫效率等数据,通过统计分析梳理运行规律,识别潜在优化空间。基于数据分析结果生成针对性运行模式优化建议,为参数调整、设备运维提供数据支撑,推动系统运行状态持续改善,让运行决策更具科学性和针对性,兼顾稳定性与经济性。升级监测设备精度与数据传输速率,拓展监测指标覆盖范围,引入大数据分析工具深度挖掘参数关联规律,同时优化预警分级机制,针对不同异常等级制定差异化处置流程,提升运维响应效率。

4.2 预防性维护策略

摒弃固定周期维护模式,依据设备运行状态动态调整维护周期。通过实时监测数据掌握设备运行负荷、磨损程度、振动频率等状态信息,负荷较低、状态稳定时适当延长维护间隔,出现异常趋势时提前开展维护作业,避免过度维护造成资源浪费或维护不足引发设备故障。开展关键部件寿命预测工作,结合运行时长、工况条件、磨损规律等因素,精准判断喷淋层喷嘴、泵体叶轮、除雾器等部件剩余使用寿命。完善备件管理体系,根据寿命预测结果提前储备易损部件,合理规划备件库存,避免备件短缺影响维护进度,同时减少备件积压造成的资金占用,保障设备维护工作高效有序开展,延长设备整体服役周期。建立设备全生命周期管理台账,记录运行数据、维护内容及损耗情况,结合AI算法优化寿命预测模型精度,同时优化维护流程,采用模块化维护方式缩短停机时间,提升维护工作效率。

4.3 人员操作规范化

细化标准化操作流程,针对参数调整、设备启停、日常巡检等各项作业,明确操作步骤、技术要求和安全要点,消除操作模糊地带,避免人为操作失误影响系统运行。强化操作培训工作,结合优化后运行模式和流程要点,开展分层分类培训,提升运维人员对系统原理、设备性能、操作规范的掌握程度,确保每位人员都能按照标准开展作业。完善应急处理预案,梳理系统可能出现的突发故障类型,明确应急处置流程、责任分工和应对措施,弥补预案漏洞^[5]。定期组织应急演练,模拟不同故障场景,检验预案可行性和人员应急处置能力,让运维人员熟练掌握应急操作要点,提升突发情况下的快速响应能力,最大限度降低故障对系统运行的影响,保障脱硫系统连续稳定运行。制定操作规范考核机制,定期开展实操与理论考核,强化人员规范操作意识,同时收集运维人员实操反馈,持续优化操作流程与应急预案,确保贴合实际运行需求。

结束语

发电厂脱硫运行方式优化是一项系统且持续的工作。通过对关键运行参数的精准把控、现有问题的全面诊断,实施工艺参数动态调整、设备运行模式优化及系统协同优化等策略,并加强优化后的运行管理,如实时监测、预防性维护与规范人员操作,可有效提升脱硫系统运行效率,降低能耗与设备维护成本,保障系统稳定可靠运行,为发电厂环保达标与可持续发展提供有力支撑。

参考文献

- [1]郑常元,高立群,尹玉平.火力发电厂脱硫运行方式优化探析[J].产业创新研究,2022(20):151-153.
- [2]秦锋,杨全卫.燃煤电厂脱硫塔浆液循环泵节能运行分析[J].上海节能,2025(12):1903-1907.
- [3]何雁鸣.湿法烟气脱硫废水浑浊原因分析及应对措施浅析[J].山东化工,2023,52(19):234-236.
- [4]荆涛,刘相胜,姜作云.火力发电厂湿法脱硫节能降耗的研究及治理[J].科技经济导刊,2022,30(1):54-61.
- [5]姜忠利,李超.循环流化床锅炉炉内+炉外半干法脱硫方式的优化调整[J].百科论坛电子杂志,2021(4):1720.