

锅炉烟气脱硫脱硝系统运行问题及处理措施

岳 娜

安阳钢铁股份有限公司 河南 安阳 455004

摘 要:为解决多燃料工况下锅炉烟气脱硫脱硝系统运行不稳定问题,本文简述系统工艺与岗位运行核心要求,重点剖析脱硫效率不足、设备堵塞磨损、 NO_x 波动超标、氨逃逸超限等典型故障及成因。针对多燃料切换工况波动、双系统联动性差等共性问题,从设备运维、参数调控、系统联动、应急管控等方面制定专项优化措施,有效提升系统运行稳定性与环保达标水平,降低运维成本。

关键词: 锅炉烟气; 脱硫脱硝系统; 运行问题; 处理措施

引言:现阶段锅炉普遍采用多燃料混烧及切换运行模式,不同燃料燃烧特性差异较大,易造成烟气污染物浓度、烟温、烟气量大幅波动,给脱硫脱硝系统稳定运行带来极大挑战。干法脱硫与氨水喷射脱硝系统在复杂工况下,易出现处理效率下降、设备故障、环保指标超标等问题,严重影响机组安全环保运行。基于此,本文结合系统工艺特点,排查运行隐患、分析故障根源,制定针对性整改与优化方案。

1 锅炉及脱硫脱硝系统工艺概况

1.1 锅炉多燃料燃烧工况特性

(1) 燃气、普通燃煤、高煤焦煤三种燃料燃烧特性差异显著。燃气燃烧充分、火焰稳定,烟气污染物含量低;普通燃煤燃烧热值稳定, SO_2 、 NO_x 生成量适中;高煤焦煤挥发分低、燃尽性差,燃烧不完全,易生成大量粉尘与氮氧化物,污染物生成浓度更高。(2) 燃料切换及混烧工况下,烟气污染物浓度波动明显。燃气转燃煤、高煤焦煤混烧时,炉膛燃烧工况突变,燃烧温度失衡,会造成 SO_2 瞬时飙升、 NO_x 浓度大幅波动,混烧比例失衡时,污染物浓度波动幅度进一步加大。(3) 多燃料燃烧的工况波动,直接影响脱硫脱硝设备负荷适配性。高污染燃料工况下,污染物总量激增,设备处理负荷趋近上限,易出现处理效率不足问题,对设备可调范围和应急适配能力提出更高要求^[1]。

1.2 脱硫系统工艺原理与设备组成

(1) 系统采用小苏打干法脱硫工艺,核心为碳酸氢钠高温分解后与烟气中 SO_2 发生酸碱中和反应,实现硫化物脱除。药剂选型依据燃料含硫量、烟气量及环保排放标准,适配多燃料工况波动,保障脱硫稳定性。(2) 脱硫核心设备包含投料装置、烟气喷射系统、配套除尘设备及在线监测仪表,各设备协同完成药剂输送、均匀喷射、烟气净化、数据实时监测全流程作业。(3) 系统运

行以烟气温度、药剂喷射量、进出口 SO_2 浓度为核心监控指标,严格遵循额定运行参数,确保脱硫效率稳定,满足环保排放要求。

1.3 脱硝系统工艺原理与设备组成

(1) 系统采用氨水喷射脱硝工艺,雾化氨水与烟气中 NO_x 发生还原反应,将氮氧化物转化为无害氮气和水。该工艺适配本锅炉多燃料、工况波动大的特点,响应速度快、调控灵活。(2) 脱硝系统核心设备为氨水储存输送系统、精准喷射装置、炉膛温控系统及环保在线监测设备,保障氨水稳定供给、精准喷射及工况实时调控。(3) 系统严格执行额定运行参数,根据炉膛温度、烟气 NO_x 浓度动态调控喷氨量,设定固定环保达标阈值,杜绝喷氨过量或脱硝不达标问题。

1.4 系统运行岗位工作核心要求

(1) 岗位日常需实时监控锅炉燃烧参数、烟气指标、脱硫脱硝设备运行温度、介质流量、设备负荷等核心数据,及时捕捉工况异常。(2) 面对燃料切换、负荷波动等工况变化,需严格按照规范调整工艺参数,做好设备巡检、运维及故障处置,保障设备平稳运行。(3) 运行管控需兼顾生产安全稳定与环保达标,动态平衡燃烧效率与污染物治理效果,杜绝超标排放,实现安全、高效、环保一体化运行。

2 锅炉烟气脱硫脱硝系统典型运行问题及成因分析

2.1 脱硫系统主要运行问题及成因

(1) 脱硫效率不足、 SO_2 排放超标。该问题常出现在锅炉多燃料切换工况,燃气、燃煤、煤焦煤混烧或工况切换时,烟气量、烟温、烟气含硫量急剧波动,脱硫系统难以快速适配。同时,人工及自动控制系统小苏打投料配比不精准,无法依据实时含硫量动态调量,且喷射系统布局不均,部分烟气无法与药剂充分接触、反应不彻底,最终造成脱硫效率降低,引发 SO_2 短时或持续超

标问题。(2) 脱硫设备堵塞、磨损故障。干法脱硫依赖小苏打粉料反应,粉料在储存、输送过程中易受潮结块,堵塞投料管道。锅炉燃烧产生的大量粉尘随烟气堆积在喷射管路及设备腔体,进一步加重堵塞。此外,高速流动的粉料与烟气粉尘持续冲刷喷嘴,造成喷嘴磨损、孔径变形,引发喷射紊乱、局部堵塞,致使设备运行工况异常^[2]。(3) 药剂消耗偏高、运行成本增加。操作人员参数调控精度不足,未随燃料工况动态调整投料量,稳态工况下存在过量投料的无效消耗。复杂工况下系统适配性差,部分药剂未参与脱硫反应便随烟气排出,造成药剂浪费。长期不合理的运行调控,大幅增加小苏打消耗量,直接提升脱硫系统整体运行成本。

2.2 脱硝系统主要运行问题及成因

(1) NO_x 排放波动超标。锅炉多燃料燃烧易造成炉膛温度不稳、烟气成分波动,当喷氨量供给不足时,无法完全还原烟气中的氮氧化物。同时,喷射装置点位分布不均,部分区域氨水覆盖不足,脱硝反应存在盲区。此外,烟气温度偏离脱硝最佳反应区间,温度过低反应停滞、温度过高反应失效,最终造成 NO_x 去除效率下降,排放浓度波动超标。(2) 氨逃逸超标。机组负荷突变、燃料切换时,操作人员调参滞后,未及时匹配烟气 NO_x 总量调整喷氨量,易出现喷氨过量的情况。且氨水雾化装置故障、压力不足会导致雾化效果差,氨水无法充分气化参与反应,多余氨气随烟气排出,引发氨逃逸超标,既造成药剂浪费,又产生二次环保隐患。(3) 脱硝设备故障。氨水输送管道在低温环境下易出现氨水结晶,造成管道堵塞,影响氨水稳定输送。长期运行的喷射装置易出现磨损、堵塞、卡滞等故障,导致喷射精度下降。同时,在线监测仪表长期受高温烟气、粉尘侵蚀,易出现数据偏差、失灵问题,无法精准反馈工况数据,影响系统调控精度^[3]。

2.3 多燃料工况下系统耦合运行共性问题

(1) 燃料切换过程中,烟气温度、污染物浓度、烟气流速会发生突发性波动,而脱硫脱硝系统参数调整存在机械滞后性,调控节奏无法匹配工况变化速度,极易造成烟气污染物短时超标,是多燃料工况下最常见的环保波动问题。(2) 脱硫与脱硝系统联动适配性较差,两套系统独立调控、联动性不足。当脱硫系统出现堵塞、投料异常等故障时,烟气工况发生变化,会间接影响脱硝系统反应效率,单一系统故障易连锁影响整体环保排放稳定性。(3) 针对多燃料复杂燃烧工况的运维体系不完善,工作人员新设备运维经验不足,原有固定参数调控方案无法适配燃料切换、混烧等复杂工况,参数调整缺乏针对性,

进一步加剧系统运行不稳定与污染物超标风险。

3 锅炉烟气脱硫脱硝系统运行问题针对性处理措施

3.1 脱硫系统故障专项处理措施

(1) 针对烟气 SO_2 超标问题,建立多燃料工况精准投料调控机制。根据燃气、普通燃煤、高煤焦煤的含硫特性、燃烧烟气流速及实时环保监测数据,精准核算小苏打理论投料量,杜绝固定参数运行模式。结合炉膛燃烧负荷变化,动态匹配脱硫药剂供给量,同时优化脱硫喷射系统运行参数,合理调整喷射压力、喷射角度,保证小苏打粉料与高温烟气充分、均匀接触,提升气固反应效率,彻底解决局部反应不充分导致的 SO_2 超标问题,保障脱硫系统稳定达标运行。(2) 针对脱硫设备堵塞、磨损故障,落实常态化设备维护与工艺优化工作。制定周期性清理制度,定期对脱硫喷射喷嘴、输送管线、除尘配套设备进行粉尘、结块物料清理,避免堆积堵塞。优化粉料输送工艺,控制粉料储存环境温湿度,加装防潮装置,从源头减少小苏打粉料结块现象。建立设备损耗巡检台账,定期排查喷嘴、管道等易磨损配件,对磨损、老化、变形配件及时更换,保障脱硫喷射、输送系统工况稳定^[4]。(3) 为降低药剂消耗、控制运行成本,推行精细化降耗管控模式。结合不同燃料燃烧工况的脱硫需求,建立分类投料标准,明确各燃料、各负荷区间的基础投料参数。运行过程中根据烟气 SO_2 浓度、烟气温度、锅炉负荷实时微调运行参数,杜绝过量投料、无效投料现象。优化系统响应逻辑,减少工况波动时的药剂浪费,提升小苏打药剂反应利用率,有效降低脱硫系统长期运行成本。

3.2 脱硝系统故障专项处理措施

(1) 针对 NO_x 排放波动超标问题,全方位优化喷氨调控体系。根据锅炉不同燃烧负荷、烟气温度、入口 NO_x 浓度变化,优化喷氨配比方案,摒弃固定喷氨参数。在烟气偏离脱硝最佳反应温度区间、燃料混烧导致 NO_x 骤增时,动态调整喷氨量与喷射频次,保证雾化氨水与烟气中氮氧化物充分发生还原反应,精准匹配脱硝处理需求,稳定控制出口 NO_x 排放浓度。(2) 为严格管控氨逃逸超标问题,建立分级精准调参标准。根据锅炉高低负荷、燃料切换、启停工况划分调参等级,规范不同工况下的喷氨上限阈值,杜绝人为过量喷氨维稳的操作陋习。同时优化氨水喷射装置结构,提升氨水雾化细度与均匀度,增大氨水与烟气接触反应面积,提高脱硝反应效率,在保障 NO_x 达标的前提下,从工艺层面严控氨逃逸指标稳定合规。(3) 完善脱硝设备常态化故障处置机制,落实设备预防性维护。定期对氨水储存罐、输送管路、阀门、喷射装置进行全面排查,针对低温结晶问题,对管路加装

保温伴热装置,做好冬季及低温时段防结晶、防堵塞处理。定期校验脱硝在线监测仪表、温度测点、流量监测设备,修正数据偏差,保证监测数据真实精准,为系统参数调控提供可靠数据支撑,避免仪表失准引发运行故障。

3.3 多燃料工况耦合运行优化措施

(1) 制定标准化燃料切换专项操作方案,破解工况突变超标难题。结合各类燃料燃烧特性,明确燃料切换顺序、切换速率、负荷调整梯度,提前预判烟气量、污染物浓度、烟温的变化趋势。在燃料切换前期提前前置调整脱硫脱硝投料量、喷氨量等核心参数,抵消系统调控滞后性,有效规避燃料切换过程中短时污染物超标风险。(2) 优化脱硫、脱硝双系统联动调控逻辑,提升耦合运行稳定性。打破单系统独立调控模式,搭建双系统联动调控机制,实现烟气参数、设备负荷、药剂供给数据互联互通。当单一系统出现参数波动或轻微故障时,联动另一系统同步微调参数,协同适配复杂燃烧工况,避免单一系统异常引发整体环保排放失控,提升整套烟气治理系统的抗波动能力^[5]。(3) 完善新设备运维管理体系,构建标准化运行调控体系。建立完整的设备运维台账,详细记录多燃料混烧、负荷波动、燃料切换等各类工况的运行参数、故障问题及处置经验。持续积累多工况运行数据,总结最优调参规律,梳理形成适配多燃料复杂工况的标准化操作流程,彻底解决传统单一燃料调控方案适配性不足的问题。

3.4 现场运行监控与应急保障措施

(1) 细化岗位运行监控标准,优化核心监控重点。明确锅炉燃烧参数、烟气进出口指标、脱硫脱硝药剂流量、设备压力、烟温等关键监控内容,细化日常参数巡检频次、数据记录标准,做到参数异常早发现、早预警、早调整,

从日常管控层面减少故障及超标问题。(2) 建立完善的环保超标、设备故障应急处置流程,分类制定SO₂、NO_x、氨逃逸超标及设备堵塞、故障停机等突发情况的处置预案。明确应急操作步骤、参数调整方案及人员职责,突发问题时快速响应、精准处置,快速化解环保风险,恢复系统正常运行工况。(3) 强化岗位人员实操专项培训,聚焦多燃料切换、工况大幅波动、设备异常等复杂场景开展实操演练。提升运行人员工况判断、参数微调、故障处置的专业能力,规范操作行为,减少人为操作失误导致的运行异常,全面提升机组环保稳定运行水平。

结束语

本文全面梳理了多燃料工况下锅炉脱硫脱硝系统的各类运行故障,明确了设备、操作、系统联动层面的核心问题与诱因,并配套落实专项处理及优化措施。通过精准调控工艺参数、强化设备预防性维护、完善双系统联动机制与应急体系,可有效规避污染物超标风险。持续规范运维管理、提升人员实操能力,能长效保障系统安全、高效、环保稳定运行。

参考文献

- [1]刘鹏飞,李萍.锅炉脱硫脱硝及烟气除尘技术研究[J].资源节约与环保,2024,7(11):60-63.
- [2]韩玉珍.锅炉脱硫脱硝及烟气除尘技术研究[J].能源与节能,2022,13(5):99-103.
- [3]池作和,周昊.大型电站锅炉安全及优化运行技术[J].中国电力出版社,2024,7(2):36-44.
- [4]郭增凤,冯伟.燃煤烟气脱硫脱硝除尘一体化技术研究[J].石油石化物资采购,2024,10(17):106-108.
- [5]杜士强.电厂锅炉脱硫脱硝及烟气除尘的技术浅析[J].中国设备工程,2022,23(5):112-115.