

锅炉制粉系统检修过程中的故障诊断与排除技术研究

张天霖

贵州西电电力股份有限公司鸭溪发电运营分公司 贵州省遵义市 563108

摘 要: 锅炉制粉系统属于火力发电厂的核心组成部分,其运行状态直接影响到机组的安全和经济性,本文就制粉系统检修时的故障诊断与排除技术展开研究,剖析了制粉系统的结构原理,常见故障种类及其特点,振动分析,温度压力监测,智能诊断等技术在故障识别中的应用,给出了机械修复,系统防堵等排除策略,又从定期检修,寿命管理,智能化运维等角度给出故障预防和维护改良意见,通过研究显示,利用多种维度的诊断技术和规范化的维护办法,可显著提升制粉系统的运行可靠性与检修效率。

关键词: 锅炉制粉系统;故障诊断;检修技术;振动分析;智能运维;故障排除

引言

锅炉制粉系统属于燃煤电厂的关键环节,它担负着燃料磨制以及运送的重要职责,系统运行的稳定性直接影响锅炉燃烧效率以及机组总体表现,在长时间运行时,制粉系统由于受到机械损耗,物料冲击,和工况变化等多种因素的影响,容易产生各类故障,进而造成系统效率下降或者停机检修,所以,对制粉系统检修期间的故障诊断和排除技术展开研究,有着较为重要的工程实际意义,现阶段,随着传感器技术,信号处理技术和人工智能手段的不断发展,故障诊断手段不断增多,给系统状态的准确判断和维护策略的改进提供了有力支撑,本文想要全面阐述制粉系统故障发生的原因,诊断方法以及处理技术,为现场检修与运维实践提供理论依据和技术参考。

1. 锅炉制粉系统结构与工作原理的基础原理

1.1 制粉系统的主要设备组成

锅炉制粉系统属于复杂的机械-气力输送系统,由许多关键设备组成完整的生产流程,主要设备有磨煤机、给煤机、粗粉分离器、细粉分离器、排粉风机等,磨煤机按照工作原理分为钢球磨、中速磨和高速磨等类型,负责把原煤研磨成符合细度要求的煤粉,给煤机采用称重式或者容积式计量方式,保证原煤供给的精确性与稳定性,分离器利用离心分离原理做到煤粉粒度分级,排粉风机给予足够的气流动力来完成煤粉输送,辅助设备包含原煤仓、煤粉仓、输粉管道、风门调节装置以及润滑冷却系统等,这些设备共同形成一个封闭的持续运行体系,系统设计务必全面考量设备间的匹配

性和协调性,从而保证整体运行效率。

1.2 制粉系统工作流程及运行机制分析

制粉系统的工作流程从原煤输送环节开始,原煤由煤仓通过给煤机定量输送到磨煤机里,磨煤机的碾磨部件把原煤给打碎磨细,热风系统同时给磨煤机供应干燥介质,一方面可以减小煤粉含水量,另一方面充当运送介质,把煤粉带出磨室,气粉混合物进入分离器以后,不合格的粗颗粒被分离出来又返回磨煤机重新研磨,合格的煤粉随着气流进入锅炉燃烧系统或者中间储粉仓,这个流程要精准把控风煤比例,温度参数,风压指标,保证煤粉质量,而且也要维持输送稳定,系统借助自动调节装置来做到这些,从而保证在不同的负荷工况下都能处于最佳运行状态,它牵涉到许多参数的耦合控制,需要各子系统协调配合。

2. 制粉系统常见故障类型及特征分析

2.1 机械类故障及其表现形式

机械故障是制粉系统里最常出现的故障类型,主要在旋转设备和传动装置当中体现出来,磨煤机故障包含衬板磨损,钢球损耗,轴承毁坏等现象,其特点就是磨煤效率降低,电流波动,异常振动,传动系统故障涵盖齿轮咬合不好,联轴器对中偏差,皮带打滑等情况,会引发周期性冲击振动和噪声异常,风机故障主要表现在叶片磨损,转子不平衡,轴承毁坏等方面,造成风压波动,气流不稳,这些故障一般具有渐进性发展的特征,开始的时候表现为轻微振动和噪声改变,中间阶段出现温度上升,效率下滑,最后可能会变成设备损坏,系统停止运转,振动频率分析,温度监测以及噪声

检测都是识别机械故障的有效途径,需要建立多参数综合判断体系。

2.2 粉体流动与堵塞类故障特征分析

粉体流动故障是制粉系统运行过程中常见的典型问题,多发生于煤粉输送管道、分离器及粉仓等部位。其主要表现形式包括管道堵塞、分离器效率下降、粉仓搭拱及煤粉自燃等。这类故障通常由煤粉湿度过大、流速不足、异物混入或设备结构设计不合理引起,具体特征为系统风压异常升高、输送流量显著降低、煤粉粒度不均或回粉量异常增大。温度异常升高与可燃气体浓度增加则是煤粉自燃或爆炸的前兆特征。该类故障具有较强的工况相关性与季节性特点,尤其在煤质变化或湿度较大的环境下更易发生。预防和处理需综合考虑物料特性、设备运行参数及结构优化,实施针对性的监测与管理措施。

2.3 粉体流动与堵塞问题分析

粉体流动故障属于制粉系统的特有状况,主要出现在输送系统和存储装置当中,管道堵塞大多因为煤粉湿度过大,流速过低或者混入异物,会表现出系统阻力变大,风压不正常,流量下降之类的症状,分离器故障涵盖分离效率变差,回粉量不正常等情况,会造成煤粉粒度不合规格,循环负荷加大,煤粉自燃和爆炸是严重的潜在危险,多半由于煤粉堆积,温度过高或者通风不良引发,特征是温度异常上升,可燃气体浓度增大,粉仓故障表现在搭拱,粘壁以及出粉不顺畅之类的现象上,会影响到煤粉供给的连续性,这些故障同煤质特性,设备构造和运行参数有着密切联系,存在季节性和工况相关性,预防粉体流动故障需要从物料特性、设备设计和运行管理多方面采取综合措施。

3. 故障诊断方法与技术手段

3.1 基于振动与噪声分析的诊断方法研究

振动分析属于机械故障诊断的关键技术,把加速度传感器装到设备上采集振动信号,用时域分析可以找到振动幅值的变化趋势,用频域分析可以找到特定的频率成分,包络解调技术对于提取早期故障的特征非常有用,振动诊断可以正确地找出轴承损坏,齿轮故障,转子不平衡之类的机械问题,噪声分析是一种辅助技术,利用声压级测量和频谱分析来识别异常的声音,声发射技术可以捕捉到高频的应力波信号,对于检测裂纹的发展和摩擦磨损有着很高的灵敏度,现代的振动噪声分析系统把多种传感器的数据融合起来,可以

做到故障的早期预警和精确定位。

3.2 温度压力监测技术在故障识别中的应用研究

温度监测是判断设备运行状态的关键依据,轴承温度异常往往意味着润滑不足或者负载过重,电机绕组温度变化能够体现绝缘老化的状况,设备表面温度分布显示出内部故障的特征,红外热成像技术可以做到非接触式的温度检测,找出异常的发热点,压力监测主要针对流体系统的故障诊断,风管压力变动表明存在堵塞或者泄漏现象,差压测量用来评判过滤器的状态以及流量是否稳定,温度压力联合监测可以提升故障识别的精确度,轴承故障常常伴随着温升和油压的改变,现代的监测系统采用分布式传感器网络,可以完成多个参数的同时采集并加以综合分析,创建起温度压力报警阈值以及趋势分析模型之后,可以实现故障的早期预警。

3.3 数据驱动与智能诊断技术

数据驱动方法依靠历史运行数据做故障预估和诊断,时间序列分析创建设备状态走向模型,做到早期警报和剩余寿命预估,机器学习算法从多种数据源提炼特征模式,执行故障分类和识别任务,支撑向量机用于故障类型区分,随机森林完成多种故障一同诊断,深度学习技术进一步改进诊断能力,卷积神经网络处理振动和噪音信号,循环神经网络剖析时序数据,自编码器执行异常检测,数字孪生技术凭借虚拟映射达成实时仿真,为故障预测提供新途径。

4. 故障排除策略和维修技术

4.1 机械部件故障修复与更换标准

机械故障排除要有系统的方法,针对磨煤机衬板,叶片这类易损件,要形成定时查看制度,依照磨损量判定更换时间,更换的时候要按照工艺规程执行,保证安装准确度和配合公差,尤其是衬板间隙,螺栓扭矩这些关键数值,轴承这种精密部件更换要更严格,要保证对中精度,润滑清洁度,装配间隙,必要时还要做跑合调试,大型转子部件维修之后一定要做动平衡校正,保证振动指标符合要求,齿轮传动系统维修要着重查看啮合状况,齿面情形,必要时做修形处理,全部维修作业要用合格配件,做好维修记载,创建设备维修档案。

4.2 机械疏通与磨损部件维护技术

针对制粉系统常见的堵塞与磨损类故障,需采取专项机械处理与维护措施。对于管道、分离器及粉仓堵塞,可采用气动疏通、机械清堵装置或人工清理等方式恢复流动,操

作时需注意防止系统损伤与扬尘。磨损部件如磨煤机衬板、叶片、风机转子等需定期检测厚度与形变,依据磨损极限标准及时修复或更换,并确保安装精度与动静平衡校验。维护过程中应严格遵循设备工艺要求,重点控制衬板间隙、螺栓扭矩等装配参数,建立维修记录与寿命管理体系,以延长设备使用寿命,保障系统稳定运行。

5. 故障预防与维护优化建议

5.1 定期检修与状态监测制度的构建

创建科学的检修体系是防止故障的基础,要按照设备的重要程度和运行情况制订不一样的检修策略,重要的设备执行状态检修,一般的设备执行定期检修,状态监测制度要包含振动,温度,压力,电流等多种参数,清楚监测点的安排,采集频次和警报数值,振动监测主要针对旋转设备,温度监测涉及轴承,电机等发热部位,压力监测关注流体系统,创建设备健康档案,做到状态趋向剖析和剩余寿命预估,定期检修要制订标准化的作业流程,包含检查项目,技术标准和验收要求,推行检修质量责任制,保证检修工作的质量。

5.2 关键部件寿命管理与更换策略研究

实施关键部件全生命时段管理,创建部件账本,记录运作时长,修理情况以及替换记录,依靠运作数据和磨损规律来预估残余寿命,制订预防性替换方案,磨煤机衬板,风机叶片这些易损部件要定时检测磨损量,形成替换准则,轴承,齿轮这类精密部件要监督运作状况,按时安排替换,在部件选择的时候重视质量追踪和性能评定,创建优选供货商名单,针对大批量部件可以执行修复再造,削减维持费用,恰当储存应急备用件,制订备件储存策略,既要保证供应又要控制成本。

5.3 智能化运维系统的构建及其应用研究

智能化运维平台将来发展方向,系统集合了采集、监测、诊断、维修等各项数据,做到形成一个闭环,把数据采集与分析结合起来,在边沿计算设备上进行操作,并完成数据本地化以及即时告警,从而避免传送数据时产生延误,云平台利用大数据展开分析,找出设备的运动规律,进而改善设备运动参数以及保养策略,把各个算法结合起来使用,做出智能诊断以及给出相关诊断报告。移动终端应用可以给在现场工作的相关人员随时获取信息,并且方便他们开展工作。创建一种知识管理系统,积累起维修经验和各种故障情况。推行预知性保养体系,依照设备状态来安排维保活动,分阶段

实施智能化改造,从关键设备开始逐步推广。

结语

锅炉制粉系统的故障判定以及解决技术研究,对确保火力发电机组安全稳定运转有着非常重要的意义,通过对各种故障现象的详细解析,机械类,粉体运动类等类型下的故障特性及其成因加以归纳总结之后,再利用诸如振动检查,智能诊断等先进技术办法来辅助故障辨别与处理,就可以有效地加强故障辨别与处理的精准度与快速程度,创建起健全的状态观测制度,预知性维修机制并极力去推进智能化运维方式向智能化方向转型,这样会进一步优化锅炉制粉系统运行时的可靠性和经济指标,在将来仍旧要在细致探究故障产生机制,多种技术结合运用等方面持续地加以探索,以推动锅炉制粉系统运维水平的不断提升。

参考文献:

- [1] 刘桂. 锅炉制粉系统故障原因分析及处理 [J]. 中氮肥, 2019,(06):61-63.
- [2] 谢宁. 某电厂锅炉制粉系统调整试验 [J]. 电站系统工程, 2025,41(05):23-26.
- [3] 陈海涛. 火电厂制粉系统的调节及检修 [J]. 中小企业管理与科技 (上旬刊), 2020,(11):143-145.
- [4] 王兴涛. 锅炉的自动调节、运行与检修 [J]. 黑龙江科学, 2016,7(12):46-47.
- [5] 樊帅, 肖军. 锅炉制粉系统故障诊断方法 [J]. 热力发电, 2015,44(02):13-17+23.
- [6] 高建强. 锅炉制粉系统隐患治理及节能优化 [J]. 冶金动力, 2024,(03):39-41.
- [7] 于波文. 锅炉制粉系统分离器数值模拟研究 [D]. 中原工学院, 2024.
- [8] 王昊. 某发电厂 4 号锅炉制粉系统调整及燃烧优化试验研究 [J]. 电力设备管理, 2025,(02):249-251.
- [9] 刘起飞, 王清玲, 王利元, 等. 工业煤粉锅炉制粉系统优化的探索与实践 [J]. 化工生产与技术, 2024,30(03):38-42+63-64.
- [10] 朱明皓. 火力发电厂锅炉运行优化策略的相关研究 [J]. 机械管理开发, 2023,38(10):107-109.

作者简介: 张天霖, 1997 年 3 月 8 日, 汉族, 贵州省黔西南州兴义市, 大学本科, 助理工程师, 发电厂锅炉制粉系统检修