

Fault Diagnosis and Treatment of Primary Air Pressure Fluctuation in Coal-fired Power Plant Boiler

Yunsong Zhang Hongxi Yang Zhangfu Li

Huaneng Yunnan Dian Dong Energy Co., Ltd., Qujing, Yunnan, 655000, China

Abstract

During operation of Unit 3 (600MW) at a power plant, significant primary air pressure fluctuations occurred, compromising boiler combustion stability. Shutdown inspections revealed severe damage to the radial sealing plates at the air preheater's cold end, substantial wear cavities in the hot-end circumferential seal, and dust accumulation in the air ducts. This study comprehensively analyzes the root causes of primary air pressure fluctuations by examining the air preheater's sealing structure, leakage fan mechanisms, and airflow characteristics. Implementation measures including seal replacement, leakage sealing, and dust removal were introduced. Post-intervention, primary air pressure normalized, validating the analytical conclusions. The paper proposes recommendations for periodic air preheater seal maintenance, optimized duct design, and operational monitoring to address similar issues.

Keywords

primary air pressure; air preheater; seal wear; air leakage; dust accumulation

燃煤电厂锅炉一次风压波动的故障诊断及处理

张云松 杨红喜 李章福

华能云南滇东能源有限责任公司, 云南 曲靖 655000

摘要

某电厂3号600MW机组运行中出现一次风压大幅波动,影响锅炉燃烧稳定性。停机检查发现空预器冷端径向密封片损坏严重、热端环向密封存在大尺寸磨损窟窿,且风道存在积灰。本文结合空预器密封结构、漏风机理及风道流动特性,深入分析了一次风压波动的根本原因,并介绍了密封更换、漏点封堵及积灰清理等处理措施。处理后一次风压恢复正常,证实了分析的正确性。本文提出了空预器密封定期检查维护、风道设计优化及运行监控建议,为同类问题提供参考。

关键词

一次风压;空预器;密封磨损;漏风;积灰

1 引言

一次风机是锅炉制粉系统的重要设备,其出口风压的稳定性直接关系到磨煤机出力、煤粉输送及燃烧稳定性。一次风压波动过大,会导致给煤不均、火焰不稳,严重时可能引发燃烧恶化甚至灭火事故。某电厂3号600MW亚临界锅炉在运行中出现一次风压波动幅度大现象,严重影响机组安全经济运行。为查明原因,利用机组停机机会对一次风系统进行了全面检查,发现空预器密封损坏严重及风道积灰等问题。

本文详细阐述了检查结果、原因分析和处理过程,并提出了预防措施。

2 设备概况

某电厂3号锅炉为亚临界压力、自然循环、一次中间再热、单炉膛、平衡通风、固态排渣煤粉炉,于2006年投产。锅炉配有两台容克式三分仓回转式空气预热器(空预器),型号为32VNT-2000,转子半径7.41m,分冷热端换热元件,元件高度均为1.0m。空预器密封系统主要包括径向密封、轴向密封、环向密封和中心筒密封。

一次风系统采用两台动叶可调轴流式一次风机,出口风压设计值为12.51kPa。一次风分冷一次风和热一次风,经空预器加热后的一路为热一次风,主要是输送和干燥煤粉;另一路为冷一次风,用于密封及调节风温。

3 故障现象

在机组运行期间,运行人员发现一次风压波动频繁且幅度较大,具体表现为:

- 一次风风压波动,波动幅度达0.8-1kPa;

【作者简介】张云松(1981-),男,中国云南昆明人,本科,高级工程师,从事火力发电厂锅炉检修、运行管理研究。

- 一次风压波动周期与空预器转动一圈的时间基本一致 (0.75 转/min, 一个周期约 80s);
- 空预器出口烟气氧量也随之周期性波动;
- 运行中多次调整一次风机动叶开度, 仍无法消除波动。

4 检查过程及发现

为彻底排查原因, 结合机组计划检修停机, 对一次风系统相关设备进行全面检查。

4.1 空预器密封检查

停炉具备条件后检查 AB 两台空预器, 发现如下问题:

- 冷端径向密封片损坏严重: 冷端径向密封片多处断裂、缺失, 部分密封片严重变形, 失去密封作用 (见图 1)。

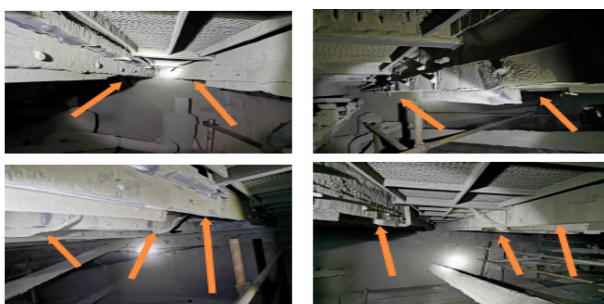


图 1 空预器冷端径向密封损坏照片

- 热端径向密封片基本完好: 热端径向密封片虽有轻微倒伏变形, 但整体完好, 仍能维持一定密封效果。
- 热端环向密封磨损窟窿: AB 空预器热端烟气通道靠一次风侧环向密封处发现长 1000mm、宽 100mm 的磨损窟窿, 该处密封板磨损穿透, 形成较大的漏风通道 (见图 2)。

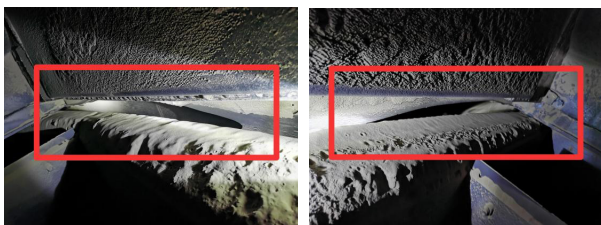


图 2 热端环向密封磨损窟窿照片

4.2 风道积灰检查

对冷、热一次风道内部进行目视检查, 发现:

- AB 一次风机出口风道斜坡底部有少量积灰, 积灰厚度约 50mm, 面积约 2m²;
- 锅炉左右侧热一次风道内基本干净, 无明显积灰;
- 炉前横向热一次风道中间位置有少量积灰, 呈条带状分布, 厚度约 300mm。

5 原因分析

5.1 空预器密封损坏导致漏风

空预器密封系统的作用是减少空气向烟气侧的泄漏, 保证风量和风压。密封损坏后, 一次风将通过损坏间隙漏入

烟气侧, 造成一次风压下降和波动。本案例中, 冷端部分径向密封片损坏和热端环向密封的大尺寸窟窿是漏风的主要通道。

5.1.1 密封磨损机理

空预器密封片磨损通常由以下因素引起:

- 长期运行磨损: 密封片与扇形板之间存在微小间隙, 转子热态变形可能使间隙减小甚至接触, 产生机械磨损。运行时间越长, 磨损越严重。
- 热变形导致间隙变化: 空预器启动、停运及负荷变化过程中, 转子温度变化导致膨胀不均, 可能使密封片与静件发生刮擦, 加速磨损。
- 积灰磨损: 烟气携带的飞灰颗粒在密封间隙中形成磨料磨损, 尤其当密封间隙偏大时, 含尘气流高速冲刷密封片。
- 密封片材质或安装不当: 若密封片材质耐磨性不足, 或安装时预紧力不当, 也易导致早期损坏。

5.1.2 漏风对一次风压的影响

空预器漏风率: 空气预热器漏风率是指漏入空气预热器烟气侧的空气量占进入空气预热器烟气质量的百分率。

对于三分仓空预器, 一次风压高, 易通过密封间隙漏入二次风侧和烟气侧。当密封严重损坏时, 一次风漏风量显著增大, 导致一次风机出口风压降低, 风机需增加出力维持风压, 进而引起动叶频繁调节, 造成风压波动。

以本案例为例, 估算漏风面积: 环向密封窟窿约 0.1m², 加上径向密封损坏, 总漏风面积可达 0.2m² 以上。根据伯努利方程, 漏风量与压差、漏风面积成正比。在额定压差下, 漏风量可达数万立方米每小时, 足以引起一次风压明显下降。

5.2 风道积灰的影响

风道内积灰会增加局部阻力, 改变风道流通截面, 可能诱发气流扰动, 导致风压波动。本次检查发现的风道积灰虽不多, 但位于风机出口斜坡及炉前横向风道等关键位置, 可能造成以下影响:

- 斜坡底部积灰: 风机出口斜坡是气流转向处, 积灰使流通截面减小, 产生涡流, 增加阻力, 同时可能引起气流脉动。
- 炉前横向风道中间积灰: 该处积灰可能干扰各磨煤机分支风量的均匀分配, 引起各磨入口风压波动, 反馈至母管导致整体波动。

然而, 积灰量较小, 并非主要因素, 但会加重波动程度。

5.3 综合分析

一次风压波动的根本原因是空预器径向密封严重损坏导致的大幅漏风, 这也印证了运行中一次风压波动周期与空预器旋转周期一致, 故障源大概率位于空预器转子转动所直接影响的部件上。漏风使一次风系统阻力特性改变, 风机工作点偏移, 加上风道积灰带来的局部扰动, 共同引发风压波动。

密封损坏的根本原因则是长期运行磨损及热变形所致，需从检修周期、密封材料、安装质量等方面改进。

6 处理措施及效果

针对检查发现的问题，采取了以下处理措施：

6.1 空预器密封修复

- 更换冷端径向密封片：拆除损坏的径向密封片，安装新密封片，并调整间隙至设计值。
- 修复热端环向密封窟窿：对磨损窟窿区域进行补焊，打磨平整后安装新的密封板，确保密封面平整无间隙。
- 检查调整其他密封：对热端径向密封片轻微变形处进行校正，调整轴向密封间隙，保证密封系统整体性能。

6.2 风道积灰清理

使用工业吸尘器和人工清扫，彻底清除一次风机出口斜坡底部、炉前横向热一次风道中间及其他部位的积灰，确保风道内壁光滑畅通。

6.3 处理后效果验证

3号机组启动后，一次风压恢复正常。对比处理前后一次风机出口风压曲线（见图3），处理前风压波动幅度达0.8-1kPa，处理后波动幅度降至0.2kPa以内，且曲线平滑正常，表明处理效果显著。

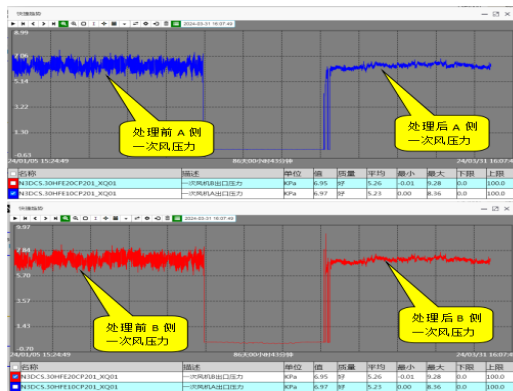


图3 处理前后一次风压曲线图

7 结论与建议

7.1 结论

- 3号炉一次风压波动大的主要原因是空预器冷端径向密封片损坏和热端环向密封磨损窟窿，导致一次风大量泄漏，引起风压下降和波动。
- 风道积灰加剧了风压波动，但并非主因。
- 通过更换密封片、封堵漏点、清理积灰，风压恢复正常，证明分析正确、处理有效。

7.2 建议

- 加强空预器密封定期检查：结合每次检修，对径向、轴向、环向密封进行全面检查，及时更换磨损严重或变形的密封片，调整密封间隙，防止漏风。
- 优化密封结构及材料：从空预器漏风产生的机理入手，优化设计，可考虑采用恒定不变形密封技术，减少间隙漏风，提高密封可靠性；密封片材质升级为耐磨合金（如65Mn或进口耐磨钢），提高抗飞灰冲刷能力。
- 改善风道设计：在风机出口斜坡等易积灰部位设置清灰孔，定期清理；优化风道走向，避免水平或斜坡段过长，减少积灰可能。
- 加强运行监控：日常运行中关注一次风压变化趋势，发现异常波动及时分析，必要时提前安排检查处理，避免问题扩大。

参考文献

- [1] 容克式空气预热器密封系统检修导则. DL/T 750-2016.
- [2] 王金枝,程新华. 火力发电厂锅炉空气预热器漏风原因分析及对策[J]. 热力发电, 2019, 48(5): 98-102.
- [3] 李强. 600MW机组回转式空预器漏风治理实践[J]. 电力安全技术, 2020, 22(3): 34-37.
- [4] 赵伟,张立新. 一次风系统常见故障分析及处理[J]. 发电设备, 2018, 32(2): 112-115.
- [5] 空气预热器密封间隙自动控制系统应用研究[J]. 电站系统工程, 2021, 37(4): 45-48.