

# 火电厂锅炉引风机振动超标原因分析与治理对策

徐俊

国能江苏电力工程技术有限公司 江苏 镇江 212001

**摘要:** 火电厂锅炉引风机作为烟气排放核心设备,其振动超标影响运行稳定性。本文分析其结构特性与振动监测基础,从机械、流体动力学、电磁与外界干扰及多因素耦合等方面,分类剖析振动超标原因。针对各类故障提出治理对策与实施路径,并建立治理效果评估指标与方法。同时,构建全生命周期振动监测体系、优化运维管理流程、强化人员技能培训,形成长效管理机制,为保障引风机稳定运行、提升火电厂运行效率提供理论与技术支持。

**关键词:** 火电厂; 锅炉引风机; 振动超标; 治理对策

引言: 在火电厂运行中,锅炉引风机承担着抽取与排放锅炉炉膛内高温烟气的重要任务,其稳定运行对保障锅炉燃烧负压、提升发电效率意义重大。然而,引风机在运行过程中常出现振动超标问题,这不仅影响设备自身寿命,还可能引发安全事故,威胁整个火电厂的安全稳定运行。因此,深入分析火电厂锅炉引风机振动超标的原因,并探索有效的治理对策与长效管理机制,具有重要的现实意义。

## 1 火电厂锅炉引风机的结构特性与振动监测基础

### 1.1 引风机的结构与工作原理

火电厂锅炉引风机作为烟气排放系统的核心设备,主要由叶轮、机壳、传动轴、轴承组件、联轴器及电机等关键部件构成。其核心工作原理是通过电机驱动传动轴带动叶轮高速旋转,在叶轮叶片的作用下,烟气在机壳内形成负压场,实现锅炉炉膛内燃烧后的高温烟气(含粉尘、SO<sub>2</sub>等介质)的抽取与排放,保障锅炉燃烧的负压稳定<sup>[1]</sup>。叶轮多采用后向板式或机翼型设计,具备耐磨、高效的特性;机壳采用蜗壳式结构,起到集流、转换动能为静压能的作用;轴承组件通常为滚动轴承或滑动轴承,承担转子的径向与轴向载荷,是保障设备稳定运行的关键。引风机的结构设计需兼顾高温、含尘介质的工况适应性,同时满足高效节能与低振动的运行要求。

### 1.2 振动监测的标准与指标

火电厂锅炉引风机振动监测需遵循GB/T 6075.3《机械振动机器的振动烈度第3部分:额定功率大于15kW、额定转速在120r/min~15000r/min范围的工业机器》等国家标准。核心监测指标包括振动烈度(速度有效值,单位mm/s)、峰值(单位 $\mu\text{m}$ )、频率特征(Hz)等,其中转速1500r/min以下的引风机,振动烈度合格值通常不超过4.5mm/s,报警值设定为6.3mm/s。另外,还需结合相

位差、谐波成分等指标,判断振动是否处于正常范围,为故障诊断提供量化依据,确保监测数据的准确性与规范性。

### 1.3 振动监测技术与设备

当前火电厂引风机振动监测主要采用接触式与非接触式相结合的技术方案。接触式监测以压电加速度传感器为核心,安装于轴承座、机壳等关键部位,实时采集振动信号,经数据采集器转换为电信号后传输至监测系统;非接触式技术则包括激光多普勒振动仪、电涡流传感器等,适用于高温、高速等特殊工况,可实现无接触测量转子径向振动与轴向位移。配套设备包括在线监测主机、数据分析仪、报警装置等,部分先进系统集成无线传输、边缘计算功能,能够自动识别振动异常、生成趋势曲线,并支持与电厂SIS/MIS系统联网,实现远程监控与历史数据追溯,为设备运维提供技术支撑。

## 2 火电厂锅炉引风机振动超标原因分类分析

### 2.1 机械类故障导致的振动超标

机械类故障是引风机振动超标的主要诱因,涵盖转子不平衡、联轴器不对中、轴承损坏、零部件松动等类型。转子不平衡多因叶轮积灰不均、叶片磨损或断裂、制造装配误差导致,振动特征表现为1倍频(与转速频率一致)幅值显著增大,且随转速升高而加剧;联轴器不对中包括平行不对中与角度不对中,会引发2倍频振动峰值上升,同时伴随轴承温度异常;轴承磨损、滚珠剥落或保持架损坏时,会出现高频冲击振动信号,振动烈度随故障发展逐渐超标;机壳螺栓松动、底座焊接开裂等结构松动问题,会导致振动传递路径异常,引发宽频带振动超标,严重时可能造成设备停机<sup>[2]</sup>。

### 2.2 流体动力学类故障导致的振动超标

流体动力学类故障与引风机内部气流流动特性密切相关,主要包括喘振、旋转失速、气流不均、管道共振

等。喘振是风机在低流量、高压力工况下出现的不稳定流动现象，表现为气流周期性反转，引发机组剧烈振动与压力波动，振动信号呈现低频高幅值特征，严重时会导致叶片与管道；旋转失速多发生在风机偏离设计工况运行时，叶片局部区域气流分离形成涡流，导致叶轮受力不均，产生0.5~0.9倍频的振动信号，伴随风机效率下降；气流不均则因进风管道积尘、导流板损坏、烟气温度分布不均导致，使叶轮承受交变载荷，引发多频带振动；此外，管道布置不合理、支撑刚度不足导致的管道共振，会与风机振动频率耦合，放大振动幅值，造成振动超标，这类故障的振动特征与工况负荷变化高度相关。

### 2.3 电磁与外界干扰类故障导致的振动超标

电磁与外界干扰类故障虽占比相对较低，但易被忽视，主要包括电机电磁不平衡、电源谐波干扰、外界振动传递等。电机电磁不平衡多因定子绕组短路、转子断条、气隙不均导致，振动信号中会出现电源频率的整数倍谐波（如2倍、3倍电源频率），且振动强度与电机负荷相关；电源系统中的谐波干扰（如5次、7次谐波）会通过电机传递至引风机，引发附加振动；外界干扰则包括锅炉本体振动、相邻设备运行振动通过基础传递，或管道热胀冷缩导致的附加应力传递，这类振动的频率特征与干扰源一致，且在引风机空载运行时振动值明显降低，负载或相邻设备启动后振动显著升高，需通过隔离测试排查干扰源头。

### 2.4 多因素耦合振动的成因特征

实际运行中，引风机振动超标常由多因素耦合导致，其成因特征更为复杂。例如，转子不平衡与联轴器不对中耦合时，振动信号中同时出现1倍频与2倍频高幅值，且相位关系复杂；机械故障（如轴承磨损）与流体故障（如旋转失速）耦合时，振动信号呈现高频冲击与低频脉动叠加特征，幅值波动较大；电磁干扰与结构松动耦合时，会出现宽频带振动与谐波成分共存的现象，增加故障诊断难度。多因素耦合振动的幅值通常大于单一故障，且振动特征随工况变化呈现非线性规律，治理时需全面排查各类潜在因素，避免因遗漏关键故障点导致治理效果不佳。

## 3 火电厂锅炉引风机振动超标治理对策与实施路径

### 3.1 针对机械类故障的治理措施

针对机械类故障，必须采取精准且具有针对性的修复与优化举措。对于转子不平衡问题，首先要停机以确保操作安全，随后开展叶轮清灰工作，仔细检查并更换损坏的叶片。完成这些基础工作后，借助动平衡试验（可选择现场动平衡或离线动平衡）对转子进行校正，

严格确保剩余不平衡量符合GB/T 9239.1标准要求。当出现联轴器不对中情况时，运用先进的激光对中仪进行精准校正，细致调整电机与风机的中心高度、水平度，将平行偏差控制在 $\leq 0.05\text{mm}$ 、角度偏差控制在 $\leq 0.02\text{mm/m}$ 。若轴承损坏，要及时更换同型号、高精度的轴承，同时全面检查轴承座润滑脂状态，根据实际情况补充或更换适配的高温润滑脂，保证润滑充足。对于零部件松动问题，需紧固机壳、底座、轴承端盖等部位的螺栓，对焊接开裂处进行补焊加固，必要时增加加强筋以提升结构刚度，从根源上消除因机械故障引发的振动超标问题。

### 3.2 针对流体类故障的治理措施

治理流体类故障，关键在于从优化气流工况与设备结构两方面着手。针对喘振问题，要在风机出口管道合理设置防喘振阀，精心优化风机运行曲线，坚决避免低流量工况运行，同时全面清理管道堵塞物，保障气流畅通无阻。旋转失速问题可通过调整导流板角度、优化进风均匀性来解决，也可采用可调速电机调整风机转速，使设备运行在设计工况范围内，有效减少气流分离现象。当出现气流不均情况时，要定期清理进风管道、除尘器内的积灰，及时修复损坏的导流装置，确保烟气温度与流速分布均匀。对于管道共振问题，需重新科学设计管道支撑间距，增加减振吊架或橡胶减振垫，调整管道固有频率，避免与风机振动频率耦合，同时优化管道布置，减少弯头、变径等易引发气流扰动的结构，提升流体流动的稳定性。

### 3.3 针对电磁与外界干扰的治理措施

应对电磁与外界干扰，需从源头抑制与隔离防护两个维度实施有效措施。当电机出现电磁不平衡时，要仔细检修定子绕组、修复转子断条，精确校正电机气隙，确保电磁力达到平衡状态。电源谐波干扰可通过在电机输入端安装滤波器、电抗器来优化供电质量，大幅减少谐波成分<sup>[3]</sup>。针对外界振动传递干扰，要在风机底座安装弹簧减振器或橡胶隔振垫，同时增加基础刚度，有效隔离风机本体与相邻设备的振动传递。优化管道膨胀节安装位置，充分吸收热胀冷缩产生的附加应力，避免应力传递至风机本体。对于电磁干扰严重的场景，可采用屏蔽电缆、接地处理等方式，降低电磁辐射对振动监测信号的影响，全方位确保设备稳定运行。

### 3.4 治理效果评估指标与方法

治理效果评估需构建一套科学合理的量化指标体系，核心指标涵盖振动烈度达标率、故障复发率、运行稳定性等方面。振动烈度达标率需严格满足国家标准要

求,即治理后引风机振动烈度 $\leq 4.5\text{mm/s}$ ,且连续运行72小时无超标现象。故障复发率要控制在5%以内,通过跟踪3个月内的振动数据来准确判断治理的长效性。另外,还需评估轴承温度、风机效率、能耗等辅助指标,全面确保治理后设备综合性能得到显著提升。评估方法采用在线监测与离线检测相结合的方式,通过对比治理前后的振动频谱、幅值变化,深入分析故障特征频率是否消除。同时结合现场试运行观察、停机检查等手段,全方位验证治理措施的有效性,最终形成详细准确的评估报告,为后续优化提供坚实可靠的依据。

#### 4 火电厂锅炉引风机振动防控的长效管理机制

##### 4.1 建立全生命周期振动监测体系

构建覆盖引风机设计、制造、安装、运行、检修全生命周期的振动监测体系。设计阶段需开展振动仿真分析,优化结构刚度与转子平衡精度;制造安装阶段严格执行出厂动平衡试验与现场安装验收,记录初始振动数据;运行阶段采用在线监测与定期离线检测相结合,实时跟踪振动趋势,设定三级报警机制(预警、报警、紧急停机);检修阶段将振动数据作为检修质量验收的核心指标,记录故障处理前后的振动变化。建立振动数据库,整合全生命周期数据,实现趋势分析、故障追溯与预测性维护,提升防控的前瞻性。

##### 4.2 优化运维管理流程

优化运维管理流程,明确各环节责任与标准是提升设备运行稳定性与可靠性的关键。要制定科学合理的定期巡检制度,规定运维人员每周至少开展2次现场检查,仔细查看引风机的振动、温度、异响等状态,不放过任何一个细微异常。每月还需进行振动检测,运用专业设备获取精准数据。建立完善的振动异常应急预案也必不可少。明确响应流程,规定在振动超标时,运维人员应第一时间并按照既定步骤进行现场排查。同时,清晰划分责任分工,确保每个环节都有人负责。优化检修计划方面,需结合振动数据与设备运行时长,制定预防性检修方案,精准判断设备状态,避免过度检修造成资源浪费,也防止检修不足留下安全隐患<sup>[4]</sup>。加强备品备件管理,储备充足的叶轮、轴承、联轴器等关键部件,对专

用工具、电动工具进行定期检查,保证故障发生时能迅速更换,缩短设备停机时间。建立详细的运维台账,认真记录监测数据、检修内容、故障处理情况等信息,实现全流程可追溯,为后续运维管理提供有力依据,全面提升运维管理的规范化水平。

##### 4.3 强化人员技能培训

提升运维人员专业技能是落实长效防控的关键。制定系统的培训计划,内容涵盖引风机结构原理、振动监测技术、故障诊断方法、设备检修工艺等;邀请行业专家开展现场实操培训,重点讲解振动传感器安装、数据分析仪操作、动平衡校正、联轴器对中等核心技能;组织技术交流活动,分享典型振动故障案例与治理经验,提升人员故障判断能力;建立技能考核机制,定期对运维人员进行理论考试与实操评估,考核合格后方可上岗;同时,鼓励人员学习先进监测技术与运维理念,关注行业技术发展动态,不断提升专业素养,确保能够高效处理各类振动问题,保障引风机稳定运行。

##### 结束语

火电厂锅炉引风机振动超标问题复杂多样,涉及机械、流体、电磁等多方面因素。通过对其原因的深入分析,并针对性地采取治理措施,可有效降低振动超标发生率,提升设备运行稳定性。建立全生命周期振动监测体系、优化运维管理流程、强化人员技能培训等长效管理机制,能实现对引风机振动的持续防控。未来,需持续关注技术发展,不断完善防控策略,保障火电厂锅炉引风机长期稳定运行,推动火电厂高效发展。

##### 参考文献

- [1]霍霖.电厂锅炉引风机故障的原因与维修措施分析[J].集成电路应用,2022,39(11):158-159.
- [2]林森.马伯洲.庄吉法.等.双级动叶可调式轴流引风机故障分析[J].电力安全技术,2022,24(5):22-24.
- [3]李志强.王建华.火电厂锅炉引风机故障机理与维修策略研究[J].热能动力工程,2023(4):45-52.
- [4]赵鹏.刘伟.引风机振动故障分析及状态监测技术应用[J].能源设备管理,2022(6):33-40.