

噪声信号分析技术在轴流引风机故障诊断中的应用分析

苏轮忠

(福建三钢集团闽光股份有限公司焦化厂 福建 三明 365000)

摘要: 噪声是风机设备运行过程中产生的一种信号, 包括风机设备运行过程中的结构振动信息特点, 可以通过对风机噪声信号分析实现不停机的故障诊断。按照风机噪声信号模型, 对轴流引风机轴系中不对中、转子不平衡以及叶片损坏等故障能够实现快速分析, 在轴流引风机故障诊断中具有良好的效果, 能够提升分析效率与准确性。因此, 本文将对噪声信号分析技术在烟气脱硫系统的轴流引风机上的故障诊断分析与解决方面进行研究与应用, 并结合实践经验总结一些措施, 以期能够对相关人员有所帮助。

关键词: 噪声信号分析; 轴流引风机; 故障诊断; 故障分析; 解决策略

0 引言

某公司节能减排系统改造(含煤炭绿色转化)工程的全能量回收清洁环保型制焦工程配套的烟气脱硫脱硝项目, 其中包括 6 台余热发电锅炉烟气 SNCR 炉内脱硝, 烟气两台锅炉一组先进行除尘后, 轴流引风机加压, 进入石灰石膏法脱硫后, 经湿电除液滴与粉尘, 达到国家排放标准排入大气。轴流引风机的结构相对简单, 电动机和叶片利用联轴器连接传递转矩和动力, 某公司的六台型号为 QAY-5No27.5D 烟气脱硫系统引风机, 其风机叶轮轮盘直径 2750mm, 结构为单吸单支撑, 室外布置。运行近三年来, 多次出现叶轮不平衡, 基座松动导致振动大停机故障, 为了能够提高故障诊断效率, 为故障解决提供支持, 可以通过对其运行过程中的噪声信号技术进行分析。

1 烟气脱硫系统轴流引风机故障问题概述

1.1 轴流引风机概述

轴流引风机的用途较为广泛, 是与风叶的轴同方向气流, 该设备之所以被称为轴流引风机, 是由于气体平行于风机轴流动。轴流引风机一般用于在流量较高且压力要求较高的场合中, 比如烟气脱硫系统中。轴流引风机主要包括风机叶轮以及机壳构成, 虽然构成结构较为简单, 但是对于结构参数数据准确性要求极高。在轴流引风机运行过程中, 叶轮旋转, 气体从进风口轴向进入叶轮内, 受到叶轮中叶片的推挤作用, 使得气体能力提升, 之后进入导叶, 导叶将偏转气流变为轴向流动, 并将气体导入扩压管中, 能够进一步将气体动能转化为压力能, 最后进入工作管路中。轴流引风机的横截面通常为翼剖面, 叶片可以固定位置, 也可以围绕纵轴旋转。叶片和气流的角度, 或叶片间距可以调控。能够调整叶

片角度或间距是轴流引风机的重要优势, 叶片距离与角度较小, 会产生较低的流量, 通过增加距离与角度的方式则能够提升流量。

1.2 轴流引风机故障分析

结合企业烟气脱硫系统的生产实践经验来看, 轴系不对中、转子不平衡故障占据轴流引风机故障率 60% 以上。轴流引风机在烟气脱硫系统中运行时, 通常需要处于长期的运行状态, 如果发生了不对中故障, 则轴流引风机在旋转过程中, 会产生联轴器变形、轴承磨损以及轴承弯曲等严重问题, 从而导致轴流引风机整体损坏, 烟气脱硫系统则无法正常运行。如果出现了基座松动故障问题, 在运行过程中轴流引风机可能会出现剧烈震动, 发出较大的噪声, 或出现轴流引风机脱落问题。如果轴流引风机出现叶片损坏故障, 会导致烟气脱硫系统中的风量无法满足生产需求, 轴流引风机则失去应有作用, 严重影响烟气脱硫系统的运行, 甚至会引起安全隐患问题。为此, 轴流引风机如果出现故障问题, 会严重影响生产作业。因为轴流引风机处于烟气脱硫系统的恶劣环境中, 技术人员无法通过观察或经验对其故障进行判断, 所以需要采用其他故障诊断技术, 对其进行分析。

2 轴流引风机故障诊断技术应用现状分析

现阶段, 我国已经有许多学者将信号分析技术应用在轴流引风机的故障诊断中, 比如某学者利用 FFT 频谱分析矿井通风机中的振动信号, 能够诊断出轴系不对中的故障问题。将轴流引风机振动信号进行小波变换处理后, 获取对应的特征向量, 利用模糊识别的诊断技术能够识别轴流引风机早期的微弱故障。通过对轴流引风机的振动信号时域频域进行稽核分析, 能够实现对轴流引风机的故障类型以及故障位置诊断。此外, 一些学者利用监测生产系统中轴流引风机耗电量的信息, 将其与没

有故障的轴流引风机对比,采用模糊集与模糊逻辑算法对风机故障进行诊断分析。采用向量机算法技术,构建不同类型风机诊断模型库。

到目前为止,大部分学者对于轴流引风机的信号诊断分析中,基本都是收集轴流引风机运行过程中的振动信号,对振动信号进行分析判断轴流引风机的故障问题。但是在实际生产中,轴流引风机在烟气脱硫系统中的安装位置,会处于人工难以操作的区域,且同时采集不同方向的振动信号数据难度较高,所以在烟气脱硫系统中轴流引风机的故障诊断中,基于振动信号的诊断方法存在一定局限性。在考虑到轴流引风机运行过程中会产生一定的辐射声音信号,且声音信号采集不会受到轴流引风机安装位置影响,为此在对轴流引风机故障问题分析时,可以通过对噪声信号的分析,实现对轴流引风机的状态监测与故障诊断,具有较高的可行性。

3 轴流引风机典型故障的噪声信号诊断分析

按照声源类别的划分,轴流引风机在运行过程中辐射的噪声一般为结构噪声。轴流引风机噪声来自风机整体结构的振动,比如叶片振动、基座振动等,所以噪声信号包括了轴流引风机结构振动的许多信息。按照振动理论,振动信号能够以一组包括调幅与调频的余弦函数表示。按照轴流引风机噪声信号模型,能够推测出不同噪声信号对应的故障,在频率中占据主要位置的谱线具有一定差异,所以可以将收集的噪声信号进行 Fourier 变换,获取 Fourier 频谱中主要特征谱线,从而能够实现对轴流引风机故障的判断。

3.1 转子不平衡故障诊断

在轴流引风机生产过程中,因为制造或安装误差等因素,轴流引风机原始转子系统可能会出现质量偏心引起的转子不平衡故障问题,在轴流引风机运行过程中,由于长期运行转子部件出现磨损或疲劳问题,导致转子构件损坏,从而导致转子不平衡问题加剧。按照轴流引风机的机械结构特点,轴流引风机转子系统通过电机和叶片直接连接,所以轴流引风机转子故障特征频率和电机旋转的频率相关为: $f_r = n/60$, 其中 n 表示电机转速。结合轴流引风机噪声信号模型可以明确,针对轴流引风机噪声信号在 Fourier 频谱中,存在一系列频率为 f_r 以及倍频 nf_r 的谱线,该谱线则能够反映出轴流引风机具有转子不平衡的故障问题。

3.2 轴系不对中故障诊断

轴流引风机转轴利用联轴器和电机主轴连接构成轴系,在轴流引风机制造过程中,会由于工艺问题或安装问题等导致轴系出现位移问题,从而引起轴流引风机出现轴系不对中的故障。同理,按照轴流引风机轴系连接结构的特点,轴流引风机轴系不对中故障特征频率可

以表示为: $f_r = 2n/60$, 由此可以看出在轴流引风机噪声 Fourier 轴系不对中故障特点主要表现为存在 $2f_r$ 以及 $4f_r$ 、 $6f_r$ 、 $8f_r$ 以及 $10f_r$ 等一系列高次谐波为主导的谱线,可以利用检测噪声信号频率中偶数次频率分量的存在与否以及幅值数量判断轴流引风机是否存在轴系不对中的故障问题。

3.3 基座松动故障诊断

轴流引风机基座松动是一项常见的故障,在采用噪声信号分析时,基座松动故障信号表现为非线性特点,在 Fourier 频谱中除了分布的 f_r 与其倍频之外,还包括多个分数谐波, $(0.3 \sim 0.5) f_r$ 以及亚谐波 $1.5f_r$ 、 $2.5f_r$ 等谱线,高倍频率的幅值高出低倍频的幅值。在对频谱进行分析时,需要加强对图谱中存在的明显分数谐波、亚谐波和高频分量观察与分析,从而能够判断出轴流引风机是否出现基座松动的故障问题。

3.4 叶片损坏故障诊断

在轴流引风机运行过程中,如果发生了叶片损坏故障问题,那么轴流引风机的辐射噪声信号会出现调制现象,结合风机叶片损坏噪声信号模型,可以推导其 Fourier 频谱中主导频率为 Ff_r 的谱线,如果该谱线幅值较高,会受到叶片损坏故障特征频率的影响,以此作为轴流引风机叶片损坏故障的判断依据。

4 噪声信号分析技术在轴流引风机上的故障诊断中的应用方式

发现该轴流引风机存在运行振动过大的问题时,产生的噪声强度较高,此时采用噪声信号分析的方式对轴流引风机故障进行诊断。在应用噪声信号分析技术时,结合该轴流引风机噪声诊断的时域波形可以明确,轴流引风机运行时辐射噪声生压数据如果存在异常问题,则可以初步判断该轴流引风机存在故障问题。在判断轴流引风机存在故障问题后,需要对轴流引风机的电机转速曲线进行分析,结合轴流引风机的电机转速进行计算,通过计算可以得到该轴流引风机的故障特征频率。对轴流引风机噪声信号进行 Fourier 变换处理,能够得到包括轴流引风机故障特点的频谱图。通过对频谱图的分析,如果不存在分数谐波和亚谐波等曲线特征,可以将基座松动故障问题排除。如果在对轴流引风机检测前发现风机叶片质量不存在问题,则可以将叶片故障问题排除。通过对频率中偶数次谐波的分析,如果发现偶数次谐波占据主要位置,就可以初步判断轴流引风机存在轴系不对中的故障问题。

5 轴流引风机故障解决策略分析与措施

5.1 轴系不对中故障解决措施

首先,在解决轴流引风机的轴系不对中故障问题时,

需要选择测量基准,轴系对中的测量首先需要确定对中测量基准面,测量基准面时需要确保基准尺寸。其次,可以通过回装前后轴承体的方式进行处理,回装轴承体前要用油石将轴承体接触面处理光滑,不能存在高点,否则将直接影响测量数值的准确性。轴承体螺栓紧固时不宜用力过大,用扳手轻微带紧即可,避免紧固力矩过大造成轴承体端面变形,影响数据测量。最后,需要对轴流引风机的轴系对中情况进行校准,明确轴系对中的具体偏差程度,按照偏差程度对其进行处理,使其能够恢复对中状态,从而解决轴系不对中的故障问题。

经过重新对中校准后,再次启动轴流引风机,运行过程中的振动和噪声辐射都回到正常水平,某公司烟气系统轴流引风机在运行中应用此项技术分析应用后,判断故障能力大为提高,判断故障与解决问题时间大为缩短,轴流引风机故障问题得以良好解决,保证了重要环保设施的正常平稳运行。

5.2 静叶调整机构卡涩故障解决措施

在某公司生产实践过程中,3#轴流引风机出现静叶调整机构出现卡涩问题,且执行结构经常发生保护断电,使得烟气脱硫系统运行效率受到很大影响。系统的轴流引风机类型为静叶可调节轴流引风机,在调试机组设备过程中,静叶调整机构出现过力矩与卡涩问题,为此静叶执行机构就会自动保护断电,导致轴流引风机的实际运行情况与实际运行负荷不匹配。为了查明该问题,某公司技术人员采用噪声信号分析技术对轴流引风机进行检测,结合噪声信号分析结果发现,轴流引风机外壳和静叶之间的距离过短,该静叶片的长度为200cm,材质为Q235,在20~200℃范围内,膨胀系数为 12.2×10^{-6} ,在设计锅炉吸风机出口的排烟温度时,按照设计要求温度需要在125℃。一般情况下,环境问题和烟气温度之间的差值需要在100℃,此时膨胀量为 $12.2 \times 10^{-6} \times 2000 \times 100$,也就是2.4mm,但是结合噪音分析技术发现存在误差,该误差导致轴流引风机运行过程中出现静叶移动问题,所以判断该故障为静叶与机壳顶部之间的距离过小,引起静叶卡涩故障问题。

结合噪声信号技术的分析结果,采用对轴流引风机静叶叶片进行切割处理的方式,并适当增加了静叶顶部与机壳之间的距离,增大距离为10mm。在采用该措施对故障进行处理后,轴流引风机运行恢复正常,静叶卡涩问题得以良好解决,噪声信号分析技术在诊断过程中具有良好的应用效果,能够在烟气脱硫系统不停机运行

的情况下实现对故障的诊断。

5.3 轴流引风机配套电机润滑油系统缺陷故障

某公司机组静叶可调轴流引风机润滑油稀油站的最高工作压力为0.4MPa,单台泵运行过程中工作压力为0.1~0.16MPa,原始设计逻辑包括:单台泵运行油压小于0.15MPa后联启备用油泵。备用联泵开启后压力超过0.3MPa,不然延时5s后跳轴流引风机。结合该轴流引风机的运行逻辑可以看出,压力开关区域的压力数值无法直接获取,就地压力仪表显示的为润滑油泵出口压力,不具有参考意义。压力开关后回油调整阀为球阀,现场误动率较高。为了能够明确故障发生原因,在故障诊断中采用噪声信号分析技术,获取该轴流引风机运行过程中的噪声数据,经过与正常运行轴流引风机的噪声信号数据对比发现:在球阀开大的情况下,泵出口压力不具有明显变化,压力开关处的压力降低,导致备用泵联启。由于回油量较大,备用泵联启动后压力开关区域母管压力无法达到规定,从而导致轴流引风机出现跳闸问题。

在采用噪声信号分析技术获取该故障原因后,对稀油站设计逻辑进行调整,压力低联锁调整到0.07MPa,油泵联启后跳闸条件调整为压力低于0.15MPa延时跳闸,并在压力开关和冷却器之间安装就地油压表,增加油压量信号,将其导入DCS中,从而便于监测工作开展,经过调整后轴流引风机的故障问题得以良好解决,证明噪声信号分析技术在轴流引风机的润滑油系统缺陷诊断中具有良好的应用效果。

6 结语

综上所述,本文全面阐述了轴流引风机典型故障的噪声信号诊断方法,并结合实际案例提出了轴流引风机的噪声分析诊断方法具体应用措施,同时提出了轴系不对中的故障解决措施,希望能够对轴流引风机故障诊断工作起到一定的借鉴和帮助作用,不断提升故障诊断技术水平。

参考文献:

- [1] 周卓异,徐洪海,裴科名.基于噪声信号分析的轴流引风机故障诊断[J].机电工程技术,2021,50(11):286-289.
- [2] 秦建勇.动叶可调轴流式风机调节故障原因分析及措施[J].工程建设与设计,2020(22):50-52.
- [3] 黄燕壮,甘瑞霞,周壮林.轴流式通风机叶轮疲劳断裂的故障分析及对策[J].制冷与空调,2020,20(11):18-21.