

火电厂汽轮机振动异常原因及处理对策探讨

王财政

贵州乌江水电开发有限责任公司大龙分公司 贵州 铜仁 554001

【摘要】：汽轮机是火电厂发电机组的组成部件，汽轮机运行是否稳定直接影响到机组的发电效率和安全水平。振动异常属于汽轮机运行中常见的一种故障，轻微的振动会造成设备部件的磨损，使设备的使用寿命大大降低，严重的振动会引发轴系的损坏、叶片的断裂、机组的跳闸等重大安全事故。本文根据火电厂机组运行实际情况，从汽轮机振动异常的机械、水力、电气、基础结构等多方面入手进行分析，并结合实际机组故障案例数据，提出相应的故障处理措施和预防措施，为火电厂汽轮机的安全稳定运行以及降低设备故障率提供一定的技术支持。

【关键词】：火电厂；汽轮机；振动异常；故障处理；设备运维

DOI:10.12417/2811-0528.26.20.021

引言

火力发电生产体系当中，汽轮机是热能转变为机械能的主要设备，设备长时间处在高速、高温、高压的连续运转状况之中。由于设备安装精度、长期磨损、工况波动、运维操作等原因，汽轮机很容易出现振动超标的状况。行业安全标准中明确指出，大型汽轮机轴承振动的通频振幅不能大于 $80\text{ }\mu\text{m}$ ，超过标准值就会使设备运行隐患不断积累。目前部分电厂存在振动故障排查不准确、处理措施滞后、运维体系不健全等问题，造成机组非计划停机次数增多，发电能耗和运维成本提高。所以准确找到汽轮机振动异常原因并采取有效故障处理及预防控制措施，对提高火电厂机组运行可靠有重大的现实意义。

1 汽轮机振动异常主要诱因分析

1.1 机械类故障因素

机械故障是引起汽轮机振动异常的主要因素，占机组振动故障总数量的70%以上，主要问题在转子、轴系、轴承等主要运动部件上。转子不平衡是常见的故障原因，机组长时间运转当中，汽轮机叶片会因为积灰结垢、磨损不均、局部腐蚀脱落等状况，严重破坏了转子原先的质量平衡情况，转子高速旋转的时候会产生周期性的离心力，进而造成持久性的振动。同时机组启停频繁、暖机工艺不规范会造成转子受热不均，产生热弯曲变形，加重振动问题。

1.2 水力气流因素

汽轮机在运行过程中，如果蒸汽参数发生变化就会引起气流激振，造成振动超限。当机组处在低负荷、变工况运行状况下，蒸汽流量分布不均、压力变化大，隔板和叶片之间的气流作用力不平衡，产生周期性的激振力，作用到转子轴系上就会引起振动。另外蒸汽品质不合格会带来叶片冲刷、汽封磨损、动静部件间隙增大，从而引起气流扰动振动。这类振动大多发

生在机组变负荷运行的时候，振动频率和气流波动频率差不多。

1.3 电气与基础结构因素

发电机电磁参数异常会引起机组附加振动，转子励磁绕组匝间短路、定子铁芯松动、硅钢片老化等问题都会破坏气隙磁场对称性，产生不平衡磁拉力，造成附加弯矩，使转子产生振动，振动频谱中会出现明显的倍频分量。机组基础结构问题也会对振动状态造成影响，汽轮机基础混凝土开裂、地脚螺栓松动、减震垫层老化失效等都会降低设备的固定稳定性，在运行过程中出现基础共振、位移晃动等问题，造成整体振动超标。

2 振动异常故障案例分析

以某火电厂300MW汽轮发电机组为例，该机组运行8年之后出现了#3、#4轴承振动超标的状况，机组的额定转速为3000r/min，正常振动阈值小于等于 $80\text{ }\mu\text{m}$ ，故障时各个工况下的振动数据见下表。

表1 故障时各个工况下的振动数据

运行工况	#3 轴承振动 (μm)	#4 轴承振动 (μm)	振动特征
空载定速	92	88	一倍频振幅偏高，相位稳定
50%负荷	115	106	振动随负荷小幅上升
100%满负荷	132	121	振动持续超标，无波动衰减

经过频谱检测、解体排查，得出本次故障的主要原因有三点。第一汽轮机中压转子叶片积垢严重，局部叶片有轻微的磨损，造成转子质量不平衡；第二机组长期启停造成#3轴承轴

瓦间隙超标,润滑油油温偏高,油膜稳定性不好;第三部分地脚螺栓轻微松动,基础减震效果变差。根据振动特征可知,一倍频振幅增大为转子不平衡故障特征,负荷增加振动变大为轴系、轴承配合异常问题,与现场检测结果一致。

3 汽轮机振动异常处理对策

3.1 机械类故障精准处置

对转子不平衡故障,在机组停机之后要实施转子清理和动平衡校正工作。彻底清除转子叶片表面积灰、油垢和腐蚀杂质,对磨损、轻微损伤的叶片进行修复或者更换,用高精度动平衡试验计算配重参数,完成转子配重调整,消除离心激振力。转子热弯曲的改善可以使得机组启停时的温度场更均匀,从而减小由于温度差造成的振动。

对轴系不对中故障进行激光对中仪校正,逐级调整联轴器的位置和间隙,消除轴心偏移的问题,严格控制安装偏差参数。对轴承进行定期的轴瓦磨损情况、巴氏合金完好程度检测,当检测到超标时及时更换,规范轴承间隙调试标准,保证轴瓦接触面均匀贴合。定期更换合格的润滑油,清洗油箱及油路管道,清除冷却器污垢,保持润滑油温度、压力稳定,保证油膜完整稳定,防止油膜震荡。

3.2 优化气流与蒸汽运行工况

为了消除由于气流激振造成的振动,需要对机组变工况运行控制逻辑进行优化,严格控制机组升降负荷速率,防止蒸汽流量、压力突然变化。定期对汽封、隔板密封结构进行检测修复,调节动静部件间隙,减小蒸汽泄漏和气流紊乱。加强锅炉水汽品质控制,控制蒸汽含盐量、含水量,定期清除蒸汽管道内杂质,避免叶片冲蚀结垢,从根源上减少气流激振对转子轴系的影响。对低负荷时的振动频繁现象进行改进,改变机组的配汽方式来使各个喷嘴的蒸汽流量趋于一致,从而提高气流的稳定性。

3.3 整改电气与基础结构隐患

定期进行发电机电气检测,查找励磁绕组匝间短路、定子铁芯松动等故障,对老化、损坏的硅钢片、绕组部件及时更换修理,保证气隙磁场对称均衡,消除电磁激振引起的振动。加

强机组基础的运维工作,定期对汽轮机基础混凝土结构进行检查,及时修补开裂、脱落的地方,全面紧固地脚螺栓,更换老化减震垫层,校准设备安装水平度,防止基础松动、共振等现象的发生,提高设备运行稳定性。

3.4 故障后调试与效果验证

故障整改完成后要进行分级开机调试验证。先做低速盘车检查,保证轴系无卡涩、摩擦异响;再做空载定速试验,测轴承振动、温度、油温等参数;最后分步升降负荷,检验不同工况下的设备运行状况。前文300MW机组整改之后,在满负荷的情况下,#3、#4轴承的振动值分别降到 $56\mu\text{m}$ 、 $52\mu\text{m}$,完全符合行业运行标准,故障彻底消除,机组运行稳定性明显提高。

4 常态化预防运维措施

为了从源头上防止汽轮机振动异常故障的发生,必须创建起常态化的、标准化的运维体系。一是定时检测,用振动频谱分析仪对轴承进行振动、相位、频率等参数的检测,建立设备运行数据台账,提前发现故障隐患。二是对机组启停和运行操作进行规范,严格按暖机、升负荷标准操作,禁止违章操作造成的设备变形、工况波动等问题。三是加强设备定期检修,按照检修规程对转子、轴承、轴系、基础结构等进行全面检查保养,及时更换老化磨损的部件。四提升运维人员专业技能,定期组织故障诊断、设备调试实操培训,提高对振动故障的识别及处理速度。

5 结论

汽轮机振动异常是由多种因素共同作用所造成的综合性故障,机械部件磨损失衡、蒸汽工况波动、电气参数异常、基础结构不稳是主要原因,转子不平衡、轴承故障、气流激振属于高发故障类型。振动故障会直接影响到火电机组的安全稳定运行以及发电效益,运维时要联系振动数据、频谱特点和运行情况来准确找到故障原因并采取相应的改进措施。另外还要创建起常态化的运维防控体系,依靠精确检测、规范操作、定时检修、科学调试等手段,从根源上削减振动故障出现的几率,保证汽轮机长久安全、高效、稳定的运行,为火电厂安全生产构筑起坚固的基础。

参考文献:

- [1] 江宗浩.火电厂集控运行中蒸汽轮机振动异常智能诊断与抑制策略研究[J].智能建筑与智慧城市,2025,(S2):569-571.
- [2] 邹少聪.火电厂汽轮机振动异常原因及故障判断研究[J].现代制造技术与装备,2024,60(5):180-182.
- [3] 王永明,曹江华,葛恒春,等.火电厂汽轮机运行异常振动原因分析与处理措施研究[J].科技与创新,2020,(19):146-147.