

Common vibration fault diagnosis technology of steam turbine in thermal power plant

Lin Guo

Shaanxi Deyuan Fugu Energy Co., Ltd., Yulin, Shaanxi, 719000, China

Abstract

The steam turbine is one of the most critical electrical equipment in the daily power generation system of thermal power plants, requiring long-term operation under high-temperature and high-pressure conditions. Therefore, it is prone to vibration faults such as oil film oscillation, static and dynamic friction vibration, rotor abnormal vibration, and airflow excitation. If these vibration faults are not promptly and effectively addressed, they can not only reduce the operational stability of the steam turbine but also potentially impact the overall quality of the power plant's power generation system. This paper focuses on a detailed analysis of common vibration fault diagnosis techniques for steam turbines in thermal power plants, aiming to enhance the level of vibration fault diagnosis for steam turbines in thermal power plants, ensuring the safe and stable operation of the power generation system, for reference.

Keywords

thermal power plant, steam turbine, vibration fault, diagnostic technology

常用火电厂汽轮机振动故障诊断技术

郭琳

陕西德源府谷能源有限公司, 中国 · 陕西 榆林 719000

摘 要

汽轮机是火电厂日常发电系统运行过程中最重要的一类用电设备, 需要在高温、高压环境下长时间运行, 所以出现油膜振荡、动静摩擦振动、转子异常振动、气流激振等振动故障的几率比较高。如果汽轮机的振动故障没有得到及时有效的处理, 不仅会降低汽轮机设备的运行稳定性, 还有可能对整个火电厂发电系统的运行质量产生影响。本文重点针对常用火电厂汽轮机振动故障诊断技术进行了详细的分析, 旨在提高火电厂汽轮机的振动故障诊断水平, 确保发电系统的安全稳定运行, 以供参考。

关键词

火电厂, 汽轮机, 振动故障, 诊断技术

1 引言

火力发电是我国最主要的发电方式之一。在火力发电系统运行过程中, 汽轮机的稳定运行至关重要。任何微小的振动异常都可能引发连锁反应, 导致设备损坏甚至系统瘫痪。但是, 受到多方面因素的影响, 汽轮机在实际运行过程中, 出现各种振动故障的概率较高。因此, 必须要对汽轮机振动故障诊断技术进行专门的研究和分析, 确保能够在后期的火电厂汽轮机运行维护管理工作实践当中, 采取针对性的技术措施对汽轮机异常振动现象进行诊断和处理, 以保证汽轮机的稳定运行。

2 火电厂汽轮机的振动原理与特性

汽轮机振动, 指的是汽轮机运行过程中, 在惯性、弹性力或阻尼力等多方面因素影响下出现的机械振动现象。例如, 汽轮机运行过程中, 在汽机叶片的作用下, 汽轮机转子就会出现一定幅度的振动。如果转子的振动频率系统固有频率相接近, 就有可能引发共振, 缩短汽轮机设备的运行寿命。另外, 汽轮机内部各部件之间也存在着一定的摩擦力和惯性。这种摩擦力和惯性力的相互作用, 不仅会加剧振动幅度, 还有可能对汽轮机的运行性能产生影响。当振动比较严重时, 汽轮机内部的各个部件又会在惯性、弹性力、离心力等多种力的作用下出现位移、变形、应力集中等问题, 进而导致设备疲劳损伤, 甚至引发严重的机械故障, 使汽轮机无法维持正常运行状态^[1]。所以, 必须要对汽轮机的振动基本原理有一个全面而深入的理解, 确保可以在后期根据设备运行情况对汽轮机的运行性能进行判断和评估, 并采取针对性

【作者简介】郭琳(1986-), 男, 中国陕西华阴人, 本科, 工程师, 从事机组深度调峰机组安全经济性研究。

的维护管理措施，改善汽轮机的运行质量。

汽轮机振动特性，其实就是汽轮机振动时所表现出来规律或特征。对汽轮机的振动特性进行分析，对汽轮机的运行状态进行精准评估，可以显著提高汽轮机振动现象的定性分析质量和定量分析质量，为后续的故障诊断和预防提供科学依据。一般情况下，需要从频率、幅值、相位等多个维度对振动特性进行全面分析。准确把握汽轮机的振动特性，可以采取更加针对性的振动控制措施和故障诊断措施，改善汽轮机的运行性能。

3 常用火电厂汽轮机振动故障诊断技术

3.1 汽轮机油膜振荡故障诊断技术

在汽轮机运行过程中，如果滑动轴承同轴转动，就有可能引起轴承的异常变化，并使滑动轴承发生自激振动。如果滑动轴承的自激振动没有得到及时处理，转子长时间处于两倍临界速度转动状态，且振动幅度较大，就有可能引发汽轮机的油膜振荡，加剧轴承磨损，引起轴系失稳，甚至从整体上降低汽轮机的运行稳定性。

针对汽轮机油膜振荡故障的诊断，需要注意以下几方面。首先，对汽轮机润滑油的进油温度进行检查。如果发现进油温度偏低，那么汽轮机出现油膜振荡的可能性就会增加。所以，必须要对润滑油的温度进行合理的控制，确保其始终不低于 38℃，不高于 45℃。只有温度在这一区间内的润滑油，才具有较好的流动性，且不会过于粘稠^[2]。当汽轮机的润滑油温度合理时，转子的临界绿才回相对较大，离心速度才会相对较高，运动阻力才会相对较小，振动情况也不会产生较大的负面影响。其次，对轴承结构的稳定性进行评估和判断。正常情况下，轴瓦是可倾瓦或椭圆瓦。如果变成圆筒瓦，则可以判断轴承结构稳定性降低，并因此引起了汽轮机的油膜振荡。此时，必须要采取轴瓦更换措施。最后，需要对轴承间隙进行测量和诊断。如果发现轴承间隙过大或过小，都有可能引发汽轮机油膜振荡故障。此时，只有将顶轴油泵打开，并对轴承油膜径向刚度进行调整，优化轴承间隙，才能够从根源上消除油膜振荡故障，提高汽轮机的运行性能。

3.2 汽轮机动静摩擦振动故障诊断技术

要想提高火力发电系统的运行性能，需要对汽轮机设备的运行性能进行重点优化，提高汽轮机运行的智能性和稳定性，提高汽轮机内部各零部件的精密性。因为汽轮机内部各零部件如果彼此之间没有保持足够合理的间隙，将有可能出现相互碰撞摩擦的问题，甚至因此引发更为严重的连锁故障。例如，汽轮机静子与转子之间相互摩擦，就有可能引起汽轮机动静摩擦振动故障。正常情况下，汽轮机运行当中转子中心与静子中心是相重合的。即便是转子处于高速运转状态，也不会对静子产生实质性接触。然而，如果汽轮机设备老化问题比较严重，且没有得到有效的检查和维修，那么就

有可能出现转子偏心问题。当转子中心偏移到一定程度，就有可能与静子发生碰撞，并引起汽轮机动静摩擦振动故障。

针对汽轮机动静摩擦振动故障的诊断，需要注意以下几方面。首先，对汽轮机的振动特性进行分析。如果发现转子与静子摩擦碰撞后出现了规律性振动，那么就可以初步判断为转子正在以某一个周期与静子发生摩擦碰撞。其次，对汽轮机是否存在局部发热问题进行排查。因为转子与静子发生摩擦碰撞时，必然处于快速运转状态。如果转子与静子之间的润滑度不够，那么就有在摩擦碰撞过程中产生大量热量，导致局部温度异常升高^[3]。最后，为了保证汽轮机振动故障诊断准确性，需要使用精密性的仪器设备。例如，对涡流传感器进行有效的应用，就可以对转子运行频率、振动幅度和运行参数等相关数据进行采集。将采集到的数据与标准数据进行对比分析，就可以对汽轮机振动故障进行有效界定，并提前采取针对性的防控措施，提高汽轮机的运行稳定性。

3.3 汽轮机转子故障振动诊断技术

汽轮机运行过程中，转子故障的发生与转子质量不平衡、转子表面裂痕等因素有关。在对汽轮机转子故障振动进行诊断时，需要进行逐一诊断和排查。

3.3.1 由于转子质量不平衡引起的转子故障振动

汽轮机运行过程中，转子横截面为圆形，且圆心与质心位于同一条直线上，稳定性较好。如果转子质量不平衡，圆心与质心就会发生偏离。转子转动，就会产生离心力，并使汽轮机转子产生周期性振动。分析转子质量不平衡的原因，主要与以下两方面因素有关。首先，转子制作工艺不达标，转子尺寸控制不严格。其次，转子结构热弯曲、转子部件脱落，并使转子结构的原始质量出现局部损伤。如果转子质量不平衡，在运转状态下就有可能出现振动扰动，甚至造成转子振动。转子质量不平衡故障特征如图 1 所示。

特征参数	不平衡故障特征		
	原始不平衡	渐变不平衡	突变不平衡
轴心轨迹	椭圆形	椭圆形	椭圆形
矢量区域	不变	逐渐变化	突然变化
相位特征	稳定	逐渐变大	突然变大
特征频率	1x	1x	1x
振动方向	径向	径向	径向
时域波形	正弦波	正弦波	正弦波

图 1：转子质量不平衡故障特征

针对此类故障的诊断，需要注意以下两方面。首先，对转子转动过程中的轴心运动轨迹进行检查，观察其是否形成椭圆形。如果轴心运动轨迹确为椭圆形，则代表转子质量不平衡。其次，对转子的转速与振幅之间是否存在正相关关系进行判断。如果发现二者之间存在正相关关系，那么就可以确认转子质量不平衡。

3.3.2 由于转子表面裂痕引起的转子故障振动

汽轮机运行过程中，转子需要在高温状态与低温状态

之间频繁切换。这种频繁切换,会使转子出现应力疲劳问题,并伴随表面裂痕产生。转子表面出现裂痕,就会使汽轮机运行过程中,出现转子异常振动故障。另外,转子的转动环境也以高温蒸汽环境为主。这种环境更是会加剧转子结构的磨损,增大转子表面裂痕的扩展速度。图2为转子表面裂痕故障特征。

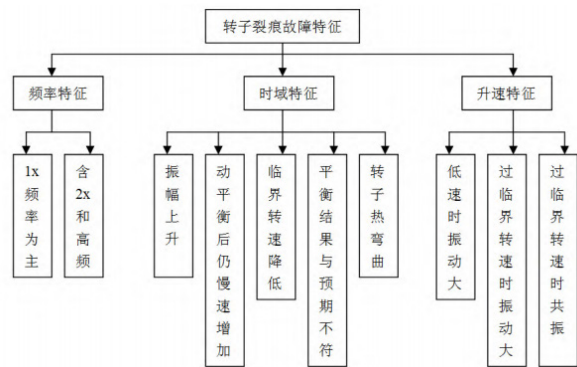


图2：转子表面裂痕故障特征

针对此类故障的诊断,需要注意以下三方面。首先,对汽轮机的整体刚度进行检查。因为转子表面裂痕的出现必然会降低转子结构的刚度。其次,当转子处于临界运转状态时,转子结构也会处于两倍频率振动状态^[4]。此时,只需要对转子的时域特征进行分析,就可以判断汽轮机振动故障是否与转子表面裂痕有关。最后,对转子的升速特征进行分析,例如分析转子低速运转时是否存在时振现象,转子高速运转时临界转速振动是否持续增大,就可以判断汽轮机振动故障是否与转子表面裂痕有关。

3.4 汽流激振故障诊断技术

如果汽轮机设备运行负荷较高,那么出现汽流激振故障的几率就会大幅度增加。汽流激振故障主要是由于汽流在叶片通道中产生不均匀分布,导致叶片受到周期性力矩作用,进而引发振动。

针对汽轮机气流激振故障的诊断,需要注意以下几方面。首先,对汽轮机组数据进行分析,在准确把握振动频率等参数的基础上,对汽轮机振动是否与汽流激振有关进行研究和判断。如果不能确定汽轮机振动与汽流激振有关,则需要对汽轮机的以往运行数据进行汇总和分析,进一步总结分析汽流激振故障的变化规律,并根据具体的振动范围,对汽轮机振动原因进行分析和研究^[5]。其次,在明确了汽轮机汽流激振故障的原因之后,就可以采取增加防涡汽封的方式对振动现象进行有效的抑制。最后,对气缸、转子位置等进行合理的调节,使其始终处于合理范围内。同时,对汽门启动程序进行调节,可以避免出现转子偏移问题,降低汽轮机振动故障的发生概率。

4 结语

综上所述,汽轮机在运行过程中,发生振动故障的几率比较高。且振动故障的危害比较严重。因此,必须高度重视汽轮机振动故障的预防和诊断。但是,汽轮机振动故障的引发原因比较复杂,运行维护人员需要根据实际情况,在准确把握汽轮机振动基本原理与振动特性的基础上,对振动故障的原因进行逐一查找。并采取针对性的应对措施,降低振动故障对汽轮机运行性能的影响。

参考文献

[1] 刘小虎. 火电厂汽轮机常见振动故障分析及故障诊断技术[J]. 电力设备管理,2024(3):79-81.
[2] 滕鲁. 火电厂汽轮机常见的振动故障分析及故障诊断技术[J]. 电力设备管理,2024(15):69-71.
[3] 杨鹏,陈佳,许文钊. 火电厂汽轮机常见的振动故障分析及故障诊断技术[J]. 科学技术创新,2022(19):180-183.
[4] 王杰. 火电厂汽轮机振动故障和诊断技术研究[J]. 现代制造技术与装备,2024,60(1):17-19.
[5] 王鹏. 火电厂汽轮机振动故障和诊断技术[J]. 电力设备管理,2023(15):81-83.