

火电厂汽轮机的常见故障及检修处理

赵春明

大唐国际发电股份有限公司陡河热电分公司, 中国·河北唐山 063000

摘要: 由于长期处于高温、高压、高转速的恶劣工况下, 火电厂汽轮机组不可避免地会发生各类故障, 基于此, 本文系统地阐述火电厂汽轮机的几种常见故障, 并结合故障诊断技术与方法, 提出相应的检修处理措施, 希望可以为设备管理维护人员提供一定参考。

关键词: 火电厂; 汽轮机; 故障检修

Common faults and maintenance handling of thermal power plant turbines

Zhao Chunming

Datang International Power Generation Co., Ltd. Douhe Thermal Power Branch, China Hebei Tangshan 063000

Abstract: Due to prolonged exposure to harsh conditions of high temperature, high pressure, and high speed, various faults inevitably occur in thermal power plant turbine units. Based on this, this article systematically explains several common faults of thermal power plant turbines and, combined with fault diagnosis technologies and methods, proposes corresponding maintenance measures, hoping to provide some reference for equipment management and maintenance personnel.

Keywords: Thermal power plant; Steam turbine; Fault maintenance

0 引言

随着电力行业对机组效率和安全性的要求日益提高, 汽轮机正朝着高参数、大容量、复杂化的方向发展, 因此, 对汽轮机常见故障的发生机理进行深入研究, 并总结出一套行之有效的检修处理与预防方法, 具有极其重要的现实意义。

1 火电厂汽轮机的常见故障分析

1.1 汽轮机真空下降故障

汽轮机正常运行对于保障电力稳定供应而言是极为关键的环节, 不过在实际的运行进程当中, 各种各样的故障频繁发生, 其中真空下降这一问题显得格外突出, 当前致使汽轮机真空出现异常的主要原因可被归结为压力因素以及水力因素这两类, 说到压力因素, 若是循环水泵出口压力出现十分突出的跌落情况, 那么整个汽轮机系统就会失去维持真空所需要的压力支撑, 这样的压力失衡状况会直接引起真空度急剧下降。而水力因素体现为循环水系统运行异常: 一方面, 水泵持续运转的时候可能会出现供水量不够的现象, 无法契合冷凝器冷却的需求, 另一方面, 当水泵进出口水温差超过合理范围的时候, 会造成热交换效

率降低, 这种热力学失衡会让真空度呈现出逐渐下降的趋势^[1]。

1.2 汽轮机轴承损坏

在我国电厂汽轮机运行期间, 轴承故障问题的出现大多时候受到多种因素的共同作用, 设备自身的质量状况是引发故障的关键原因之一, 一些汽轮机在出厂时就存在制造方面的瑕疵, 其生产工艺或者材料选用没有完全契合国家相关技术标准, 这类设备若是在采购环节没有严格落实验收流程, 或者对检测不合格的产品缺少有效的管理控制, 就有可能进入电厂生产系统。采购部门对供应商资质审查不严格、质量检测方法不完善的时候, 更易致使存在先天性缺陷的设备投入运行, 增加轴承在运行周期内出现磨损、变形等故障的风险, 日常维护工作的缺失是诱发轴承故障的关键人为因素, 汽轮机作为电厂的核心设备, 其轴承系统需要定期开展润滑油质检测、间隙调整以及振动监测等专业维护工作。若是维护人员专业技能欠缺、巡检制度执行不严格或者预防性维护计划制定不合理, 都可能致使微小缺陷没能及时发现并处理, 最终发展成严重的机械故障, 另外运行环境的影响也不容小觑, 尽管汽轮机设计时

已考虑工业环境特点,但长时间处于特殊工况下依然会加重设备损耗^[2]。图1为汽轮机轴承。

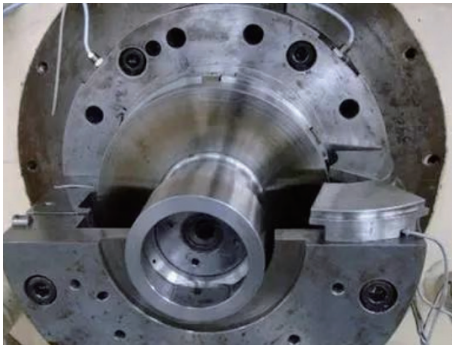


图1 汽轮机轴承

1.3 汽轮机 DEH、EH 油系统故障

在汽轮机运行期间,DEH 油系统故障属于较为常见的设备问题,其成因复杂,会直接对机组安全产生影响,EH 油箱油位过低是典型的故障诱因,当油量不足时,系统的润滑以及压力传递功能会失效,同时油温低于稳定值会使油液黏度增大,影响液压响应速度,油压异常是另一个关键问题,EH 油泵在正常运行时若压力骤降且低于 11.2MPa 的阈值,会触发保护动作导致停机。电阀门故障表现为控制失效以及电源异常,OPC 电磁阀和 AST 电磁阀这两个关键部件,它们失电或误动作会直接危及机组保护系统,另外指示灯开关的异常显示、蓄能器氮气压力失衡致使的储能不足,以及控制逻辑中连锁保护程序的紊乱,都会造成 DEH 系统整体功能瘫痪,作为汽轮机控制系统的核心,DEH 油系统直接关联调速保护和阀门管理,其故障会立刻反映在发电功率波动甚至非计划停机上。冷油器运行异常同样不能被忽视,冷却水压不足或者油温攀升至 35℃ 以上时,换热效率会降低,而加热器温控失灵、冷却水阀门卡涩等问题,可能引发油温双向失控,要么过度冷却致使油液乳化,要么冷却不足造成油质劣化,这些都会加速密封件老化并威胁 EH 油系统的长期稳定运行^[3]。

1.4 汽轮机机组异常振动故障

汽轮机机组在运行时,振动故障较为常见,这对设备的安全性和稳定性存在潜在威胁,依据振动特性的差异,主要能分成机组普通强迫振动、机组非正常强迫运动以及汽轮机自激振动这三大类别,当中机组普通强迫振动是最为常见的一种振动形式,它产生的原因主要和汽轮机旋转部件的运动特性相关。在运行进程中,转子、叶片等高速旋转的部件因为制造或者装配误差、质量不平衡等因素,会产生周期性激振力,并且依靠轴承传递到整个机组,引发规律性的机械振动。

机组的非正常强迫运动和普通强迫振动都属于强迫振动的范畴,不过二者有着十分突出的差别,非正常强迫振动的振动参数大多时候表现出无规律的特点,没有十分突出的序列特征,主要体现为汽缸与相连设备以及自身构件之间出现异常振动,这一般是因为汽缸膨胀受阻,使得局部应力集中,引发剧烈的晃动。随着振动不断加剧,连接螺栓可能会出现松动,这会破坏零部件的稳定性,形成恶性循环,持续的异常振动会造成关键部件移位,还可能引发连锁反应,最终致使设备严重损坏甚至引发重大事故,与之不同的是,汽轮机自激振动是由转动部件与蒸汽流动相互作用而诱发的,当蒸汽流场与转子动力学特性产生不利耦合时,就会形成自激振荡条件,让设备受到对冲力的持续作用^[4]。

2 汽轮机故障诊断技术与方法

2.1 静态诊断

静态诊断是在设备处于停机且未解体的状况下,专业技术人员运用科学有效的检测办法,针对机组各个部件展开全面的检查以及评估,其核心要点在于借助系统化的技术分析,针对历史运行期间容易出现故障的关键部件实施重点检测,及时找出潜在缺陷并采取修复举措,以此消除设备隐患。无损检测属于静态诊断的一项关键手段,主要运用 X 射线探伤、超声波检测等先进技术,在不破坏设备结构的条件下,精确探测汽轮机内部组件是否存在裂纹、气孔等隐蔽缺陷,参数测量环节要借助高精度测量工具,像千分尺、游标卡尺等仪器,对转子、叶片等关键部件的几何尺寸进行严格校验,着重监测零部件的弯曲变形情况。磨损试验同样是静态诊断的关键环节,凭借实测数据与设备出厂标准参数的对比分析,可准确评估零部件的磨损程度,为后续的维修决策提供可靠依据^[5]。

2.2 动态诊断

动态诊断技术在蒸汽轮机故障监测以及维护工作中占据着关键地位,其关键之处在于当机组处于正常运行状态时,针对系统性能参数展开实时的分析以及评估,与传统静态诊断方式相比较而言,动态诊断借助持续采集振动、温度、压力等关键运行数据,再结合先进信号处理算法,可更为精准地捕捉设备运行状态方面的细微变化,达成对潜在故障的早期预警以及精确定位。随着我国电力行业对于设备可靠性要求持续提升,动态诊断技术凭借主动预防以及实时监测的特性,正逐渐发展成为蒸汽轮机状态监测的主要方法。

黑金温度等关键参数出现异常变化大多时候可揭示出

设备运行过程中的潜在问题,借助对这些参数展开实时监测以及分析,精准判断误差产生的具体缘由,为故障定位提供关键的依据,动态诊断技术在实际运用当中一般需要结合历史运行数据以及静态基准参数来进行综合分析,以此保证诊断结果的准确性,防止因单一数据波动而导致误判。在汽轮发电机组常见的故障里,发电机设备中间冷热轴系温差过大所引发的振动异常情况较为典型。

3 火电厂汽轮机的常见故障处理措施

3.1 汽轮机真空下降的处理

在汽轮机运行阶段,真空下降故障属于较为严重的运行异常情况,需及时开展检修与处理工作,当真空系统出现问题时,相关维修人员首先要对汽轮机的运行状态进行全面监测,覆盖凝汽器真空度、排汽温度、循环水进出口压力以及轴封蒸汽压力等关键参数,借助数据对比与分析,精准判断故障类型及其根本原因。比如在电厂汽轮机正常运行时,轴封压力应保持在 0.2MPa 至 0.25MPa 的范围内,若是机组电负荷高于 80% 且轴封系统处于非自密封状态,就有可能致使密封不严,让空气漏入凝汽器,引发真空下降,另外当轴端密封蒸汽压力低于 150kPa 时,密封效果会明显减弱,外界空气易于凭借轴封间隙进入低压缸,使真空恶化的情况加剧。

在面对真空下降故障着手处理时,工作人员需开展全面且系统的排查工作,若察觉到循环水流量急剧下降,应立即对循环水系统的运行状况进行检查,若循环水泵出口无压力或运行电流出现异常,水泵可能出现故障,此时需迅速启动备用泵,同时检查备用泵的联动装置是否正常,若没有备用泵,则需尝试重新启动跳闸泵,但在此操作前,务必确认泵体是否因逆止阀失效而倒转,以避免设备损坏。若真空持续恶化且常规手段无法使其恢复,需采取紧急措施,逐步降低机组负荷,必要时手动操作将负荷降至零,并执行停机程序,防止低压缸排汽温度过高导致设备变形或损坏,另外真空下降还可能与凝汽器管束堵塞、真空泵效率降低、系统泄漏等多种因素有关,在故障处理过程中,还需检查凝汽器水位是否正常、真空泵工作状态是否稳定、系统管道及法兰连接处是否存在泄漏等情况。依据运行数据综合分析及现场检查结果,采取针对性处理措施,切实有效恢复真空系统稳定性,保障汽轮机安全且经济运行。

3.2 汽轮机轴承损坏的处理

处理汽轮机轴承损坏问题,要先依照电厂设备维护规范,对轴承振动、温度、润滑状态等关键参数展开系统分析,未发现明显故障时,要着重做好预防性维护工作,像

在轴承关键部位加装防轴电流装置,完善温度监测系统,实时监控轴承运行状态,及时发现异常情况,若检查时确认轴承有故障或损坏,检修人员需按标准化流程排查故障,作业前切断相关电源并做好安全隔离措施,保证检修环境安全。故障排除后,还要对轴承精确调整并检查润滑系统,保证各部件配合间隙符合技术要求,最后要进行试运行测试,观察轴承振动、温度等参数变化趋势,验证故障是否彻底消除,保证机组能安全稳定投入正常运行。

例如某电厂机组在运行时大多时候出现轴承损坏的情况,而且损坏的部位大多集中在出油一侧,经过检查可发现,损坏的表面有十分突出的电腐蚀痕迹,观察可以看到,当机组处于运行状态的时候,高中压缸存在左右膨胀偏差,不过偏差的值一直控制在 1mm 以内,瓦块的温度会升高到 65℃ 左右,并且轴向位移呈现出逐渐增加的态势。在后续的检修过程当中,技术人员对轴承运行数据以及润滑油系统展开了全面的排查,发现系统油压明显偏低,润滑油压力已经低于正常运行的标准,针对这一问题,检修团队采取了一系列改进措施:首先对推力轴承工作面的油囊进行精细的修刮,以此来改善油膜的分布,其次将轴承进油节流孔板的直径适当扩大,提升进油量,同时在瓦块内弧的位置增设进油口,并且对各个瓦块的间隙进行优化调整,有效地避免进油槽泄油量过大的问题。另外电厂还更换了性能更好的射油器,提高了润滑油压力以及油量的供给,借助对主机系统漏点的彻底治理,最终将润滑油压力稳定提升到 0.13MPa,整套油系统的运行状况得到显著改善。

3.3 汽轮机 DEH、EH 油系统故障处理

对于 DEN、EH 油系统故障,检修时要着重检查阀门系统,还要保证加热器停止运行以防止带电风险,就拿汽轮机油系统挂闸故障来说,系统收到正常工作指令后,如果油动机不能正常打开阀门,检修人员要对故障根源进行系统排查,首先检查油箱设备油压建立是否正常,若是油压没达到运行标准,就要分析供油回路有没有堵塞或者泄漏。同时要测试油动机活塞运行状态,确定其动作灵活不卡涩,并且仔细检查阀门本体有没有机械卡死情况,另外要全面检查进油阀门开度状态,确认其是否在正常工作位置,还要对系统各密封点进行漏油检测,若是发现油压异常或者阀门动作失效,要马上联系热控人员,排查控制回路及安全油压系统,重点检查阀门定位器、电磁阀等关键部件,保证安全油压稳定,消除系统隐患。

3.4 机组异常振动处理

汽轮机运行期间出现的异常振动属于影响设备安全稳

定运行的关键故障，要及时开展精准诊断并实施有效处理，检修人员要借助频谱分析以及振动监测等手段来准确确定振动源，针对松动的连接部件展开系统排查并进行加固处理，若发现叶片、联轴器是关键部件出现磨损或者损坏，就要马上更换合格备件。以某厂汽轮机为例，运行时因振动超标致使联轴器固定螺钉脱落以及转子平衡块移位，检修时需着重检查这些部位的紧固状态，利用力矩扳手依照标准力矩重新紧固，为预防振动故障，建议在汽轮机安装阶段增添在线振动监测系统，凭借实时采集振动数据，在出现异常时及时发出报警信号，运行人员可依据报警信息迅速锁定问题区域，采取针对性检修措施。

4 结语

本文基于汽轮机的结构特点与运行原理，重点梳理并分析了其运行过程中频发的几类典型故障，并探讨了相应

的检修策略与处理方案，以期为提升汽轮机的运维管理水平、保障火电厂的安全经济运行贡献一份力量。

参考文献：

- [1] 滕鲁. 火电厂汽轮机润滑油系统常见故障及油质提升改造[J]. 设备管理与维修, 2024,(18):115-117.
- [2] 王志锋. 火电厂汽轮机辅机常见故障及检修方法研究[J]. 中国设备工程, 2023,(09):185-187.
- [3] 王军. 火电厂汽轮机的常见故障和检修策略分析[J]. 内蒙古科技与经济, 2020,(05):90.
- [4] 林国峰. 火电厂 600MW 汽轮机常见故障分析及处理[J]. 低碳世界, 2018,(12):32-33.
- [5] 张贵斌. 火电厂汽轮机辅机常见故障及检修方法[J]. 民营科技, 2018,(09):129.