

火电厂汽机专业设备检修模式探析

郭新伟

中国电建集团山东电力建设第一工程有限公司 山东 济南 250000

摘要: 汽轮机是火力发电厂中最重要的机电设备,汽轮机的安全性和稳定性直接影响火电厂的成本效率。然而,在汽轮机的实际操作中,难以保证不会发生故障。如果此时难以修复,不仅会影响汽轮机的效率和速度,还会影响火力发电厂的实际运行,这个过程会产生一些负面后果。本文介绍了火电厂汽轮机检修的一些常见问题和优化策略。

关键词: 火电厂; 汽机专业设备; 检修模式

引言火力发电厂作为电力供应的重要支柱,汽轮机的稳定运行意义非凡。然而,汽轮机在运行中常面临诸多问题,如动静部分摩擦、轴系振动、叶片故障及汽封泄漏等,这些问题严重影响发电效率、安全与设备寿命。本文探讨这些常见问题,并详细阐述相应的优化策略,旨在为火力发电厂汽轮机检修工作提供全面且具深度的理论依据与实践指导,提升汽轮机运行可靠性。

1 火力发电厂汽轮机检修的重要性

在火力发电厂的众多设备中,汽轮机占据着极为关键的地位。汽轮机检修工作的重要性体现在多个方面。首先,汽轮机的稳定运行直接关系到火力发电厂的发电效率。若汽轮机出现故障,如叶片磨损、汽封漏气等问题,会导致蒸汽能量转换效率降低,进而使发电量减少。通过定期检修,可以及时发现并修复这些影响效率的部件缺陷,确保汽轮机在最佳工况下运行,使蒸汽能高效地转化为电能,满足社会对电力的需求。其次,汽轮机检修关乎整个电厂的安全运行。汽轮机在高温高压的蒸汽环境下工作,一旦发生故障,可能引发严重的安全事故,如蒸汽泄漏导致的烫伤、爆炸等。定期对汽轮机进行全面检修,包括对汽缸、转子、轴承等关键部件的检查和维修,能够提前排除潜在的安全隐患,保障电厂工作人员的生命安全以及周边环境的安全。最后,良好的检修工作有助于延长汽轮机的使用寿命。对汽轮机进行检修时,可以及时更换磨损严重的零件,对各部件进行清洁、保养和调试,使其处于良好的运行状态,减少设备的非正常磨损和疲劳损伤,从而让汽轮机在设计寿命周期内稳定运行,降低电厂的设备更新成本。

2 火力发电厂汽轮机检修中常见的问题

2.1 汽轮机动静部分摩擦问题

在火力发电厂汽轮机的运行中,汽轮机动静部分摩擦是一个极为棘手的问题,其产生的原因较为复杂且多样。在机组启动与停机阶段,暖机操作是否充分以及

升速、降温过程的控制精准度对动静部分的间隙影响显著。倘若暖机时间不足或者升速、降温速率过快,汽缸与转子因热传导特性的差异,会出现热膨胀不同步的现象。转子不平衡可能源于制造环节的细微瑕疵,如材料内部密度不均匀、加工时的尺寸偏差等,这些问题致使转子在高速旋转时产生离心力的不平衡分布,进而引发振动。轴系不对中情况也不容忽视,无论是联轴器安装时的初始偏差,还是运行过程中因基础沉降、管道应力等因素导致的轴承座标高变化,都会使轴系受力状态改变,产生附加弯矩与剪力,从而诱发振动。一旦轴承因润滑不良、磨损严重或疲劳损坏,也会破坏轴系的稳定运行,导致振动加剧。动静摩擦所带来的危害是多方面且极其严重的。叶片与汽封等部件首当其冲受到损坏,其结构完整性遭到破坏,直接影响到汽轮机的内部气流场分布与能量转换效率。更为严重的是,摩擦产生的额外作用力会进一步加剧机组的振动,形成恶性循环,使设备运行工况迅速恶化^[1]。

2.2 汽轮机轴系振动问题

汽轮机轴系振动在火力发电领域一直是备受关注和极具挑战性的常见问题,其成因涉及多个层面,相互交织,使得问题的分析与解决变得复杂棘手。(1) 转子质量不平衡是引发轴系振动的重要根源之一。在制造阶段,若原材料存在内部夹杂、气孔等缺陷,或者在加工过程中未能严格控制尺寸精度、形位公差等工艺参数,都可能导致转子质量分布偏离理想状态。(2) 轴系不对中同样是不容忽视的因素。联轴器在安装过程中若未能精确对中,存在同轴度偏差,或者在机组运行期间,由于基础不均匀沉降、管道热胀冷缩产生的附加应力作用于轴承座,致使轴承座标高发生变化,都会使轴系各轴段之间的轴线不再重合。(3) 润滑油系统的正常运行对于轴系的稳定至关重要。当润滑油温过高时,润滑油的黏度降低,油膜厚度变薄,难以有效承载轴颈的负荷,

容易导致油膜破裂,使轴颈与轴瓦直接接触,产生摩擦与振动;反之,油温过低,润滑油黏度增大,流动性变差,同样会影响油膜的形成与稳定性。严重的轴系振动对机组的危害是灾难性的。轴瓦在持续的振动冲击下,磨损加剧,表面材料逐渐剥落,轴颈也会因与轴瓦的异常摩擦而出现拉伤痕迹,降低轴系的旋转精度与使用寿命^[2]。

2.3 汽轮机叶片故障问题

汽轮机叶片作为将蒸汽动能高效转化为机械能的核心部件,其运行环境极为恶劣,长期承受高温高压蒸汽的强烈冲击,因而极易出现各类故障,这些故障对汽轮机的整体性能与安全稳定运行构成了严重威胁。叶片在高温高压蒸汽的持续作用下,腐蚀和冲蚀现象较为普遍。叶片的振动疲劳是另一个常见且极具危害性的问题。在汽轮机运行过程中,叶片会受到多种激振力的作用,当叶片的自振频率与外界激振力频率接近或成整数倍关系时,就会发生共振现象。共振状态下,叶片根部所承受的应力急剧集中,远超其材料的疲劳极限,从而导致叶片根部产生裂纹。叶片材质不均匀会使叶片在不同部位的力学性能存在差异,在承受相同负荷时,薄弱部位更容易发生损坏。加工精度不足则可能导致叶片的外形尺寸偏差、表面粗糙度不符合要求等问题,影响叶片的气动性能与受力分布,使其在运行过程中承受额外的应力,加速叶片的损坏。叶片一旦出现故障,其对汽轮机的影响是多方面且极为严重的。叶片故障会直接破坏汽轮机内部的蒸汽流动通道,改变蒸汽的流动形态与能量转换过程,导致汽轮机效率明显下降,机组的出力随之降低,无法满足正常的发电需求^[3]。

2.4 汽轮机汽封泄漏问题

汽轮机汽封在整个汽轮机系统中扮演着极为关键的角色,其主要功能在于有效减少蒸汽泄漏,从而提高汽轮机的工作效率。汽封间隙的调整是安装过程中的关键步骤,若间隙过大,大量蒸汽会从间隙中泄漏出去,直接导致机组效率大幅降低。因为蒸汽泄漏意味着能量的无端损耗,原本可用于推动汽轮机转子旋转做功的能量被白白浪费。相反,若汽封间隙过小,在机组运行时,由于汽缸和轴会因温度变化而发生热膨胀,以及可能存在的振动等因素影响,汽封与轴之间极易发生摩擦。汽封齿磨损后,其密封性能会显著变差,原本紧密贴合的密封面出现缝隙,蒸汽便会从这些缝隙中泄漏出去。汽缸变形对汽封的密封效果有着直接且显著的影响。汽缸在高温高压的恶劣环境下长期运行,其内部会产生复杂的热应力分布。由于制造工艺、材料性能以及运行工况等多种因素的综合作用,汽缸可能会出现不均匀的热变

形。汽缸螺栓紧固不当也是引发汽缸变形的一个重要因素。若螺栓紧固力不均匀,在运行过程中,汽缸各部位所承受的压力就会失衡,进而导致汽缸变形。汽缸变形后,汽封与轴之间的间隙会发生变化,不再符合设计要求,从而导致蒸汽泄漏。汽封泄漏带来的负面影响是多方面且深远的^[4]。

3 火力发电厂汽轮机检修中问题的优化策略

3.1 汽轮机动静部分摩擦优化措施

(1) 优化启动和停机程序是关键环节。在启动前,需依据汽轮机的型号、功率、制造工艺以及当时的气温、气压等环境要素,运用专业的热应力计算软件精确地确定暖机时长和升速、降温梯度。配备高精度的红外线温度传感器等先进监测设备,对汽缸和转子的关键部位进行实时、多点位的温度监测,一旦发现温差异常,立即通过自动化控制系统调整蒸汽参数。(2) 加强振动监测与治理体系的建设。构建一个涵盖轴振动、轴承座振动等多维度的全方位振动监测网络,利用高灵敏度的加速度传感器和位移传感器采集振动数据,并通过智能数据分析系统实时分析振动特征。对于因转子不平衡引发的振动,除定期进行动平衡试验外,还可采用在线动平衡校正技术,在机组不停机的情况下对转子进行微调。(3) 针对轴系不对中问题,借助先进的激光对中仪和三维坐标测量仪,在安装和检修时精确调整联轴器和轴承座的空间位置,确保轴系同轴度偏差控制在极小范围内。若发现轴承出现磨损、疲劳等损坏迹象,及时采用优质的轴承产品进行更换,并优化轴承的润滑和冷却系统,保证机组运行时的振动处于安全且稳定的区间,从根本上杜绝因振动过大导致的动静摩擦隐患。

3.2 汽轮机轴系振动优化措施

在转子质量控制与维护方面,从源头抓起。在原材料采购环节,严格筛选供应商,对每一批次的转子原材料进行全面的无损检测,如采用超声波探伤、磁粉探伤等技术检测材料内部是否存在裂纹、夹杂等缺陷。在加工过程中,引入高精度的数控机床和自动化加工生产线,严格遵循国际先进的加工工艺标准,将加工误差控制在极小范围内。轴系对中与润滑管理至关重要。在机组初始安装和每次检修时,运用高精度的激光干涉仪和电子水平仪进行联轴器和轴承座的对中操作,同时建立轴系对中数据库,记录每次对中的数据以便后续对比分析。在润滑管理上,安装智能油温自动调节装置,根据机组运行工况和环境温度自动调整油温,使其始终处于最佳的润滑和冷却工作区间。采用多级过滤的高效油过滤系统,定期对润滑油进行颗粒度、酸碱度等指标的检

测,及时更换污染严重的润滑油。配备可靠的油压稳定阀和压力传感器,构建油压闭环控制系统,确保油压波动范围控制在极小值内,维持轴承油膜的稳定厚度和强度,最大限度地减少轴系振动的诱发因素,保障轴系的平稳运行。

3.3 汽轮机叶片故障优化措施

叶片防护与抗腐蚀处理是延长叶片寿命的重要举措。采用先进的热喷涂技术,在叶片表面均匀地喷涂一层厚度适中的陶瓷涂层,如氧化铝陶瓷或碳化硅陶瓷涂层,这些涂层具有优异的耐高温、耐腐蚀性能,能够有效抵御高温蒸汽和水滴的侵蚀。对于末级叶片,根据蒸汽湿度和流速的分布情况,设计独特的疏水沟槽和导流结构,使水滴能够快速排出,减少其在叶片表面的停留时间和冲击能量。叶片振动监测与设计优化不可或缺。安装高精度的叶片振动监测系统,该系统采用非接触式的激光多普勒振动测量技术,能够实时、精确地监测叶片的振动频率、振幅和相位等关键参数。通过大数据分析和智能算法,及时捕捉叶片的共振现象,并迅速发出预警信号。一旦发现共振风险,可采取多种调频措施,如通过在叶片根部增加配重块改变叶片的质量分布,从而调整其自振频率;或者微调叶片的安装角度,改变叶片的气动载荷分布,避免与激振力频率发生共振。在叶片设计制造阶段,运用有限元分析等计算机模拟技术,对叶片的结构进行优化设计,如改变叶片的厚度分布、优化叶型轮廓等,提高叶片的抗疲劳性能。

3.4 汽轮机汽封泄漏优化措施

(1) 精确安装与调试汽封是确保密封效果的基础。在安装过程中,采用高精度的激光测量仪和三坐标测量仪,对汽封的径向间隙、轴向间隙以及汽封齿的形状和位置进行精确测量和调整。在安装完成后,进行严格的气密性试验,采用氦气检漏仪等先进设备对汽封的密封性能进行检测,对于泄漏量超过标准的部位,利用微调装置对汽封间隙进行再次调整,直至达到设计要求的密封性能指标,确保汽封安装质量的可靠性。(2) 汽封

与汽缸维护管理是保障长期稳定运行的关键。建立定期的汽封检查维护制度,每运行一定周期后,利用内窥镜和工业相机对汽封齿的磨损情况进行详细检查,对于磨损较轻的汽封齿,采用激光熔覆修复技术进行修复,恢复其密封性能;对于磨损严重的汽封齿,则及时更换新的汽封组件。对于汽缸变形问题,加强日常的热应力监测,通过在汽缸关键部位安装应变片和温度传感器,实时监测汽缸的热应力变化情况,并利用热应力分析软件预测汽缸可能出现的变形趋势。(3) 在机组检修时,采用高精度的平面度测量仪和激光轮廓扫描仪对汽缸的内壁和法兰面进行全面检查,对于发现的不均匀热变形或因螺栓紧固不当产生的变形,采用机械加工中的磨削、铣削工艺或热矫正中的火焰加热、感应加热等方法进行修复,恢复汽缸的正常形状和尺寸精度,保证汽封与轴之间的间隙稳定,有效减少蒸汽泄漏,提高汽轮机的运行效率和可靠性。

结语

综上所述,火力发电厂汽轮机检修工作至关重要,通过优化启动停机程序、加强振动监测、提升转子质量、精确安装调试汽封等措施,可有效解决汽轮机运行中的常见问题,提高发电效率,确保电厂安全运行,延长设备寿命。随着技术不断进步,应持续探索创新检修策略,强化设备维护管理,为电力行业的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]张明远.火电厂汽机运行中的问题及对策分析[J].模型世界,2024(21):48-50.
- [2]戚晓虎.火电厂检修配件全生命周期管理的创新与实践[J].设备管理与维修,2023(22):9-11.
- [3]张秀峰.火电厂汽轮机的常见故障及检修处理[J].电力系统装备,2022(8):156-158.
- [4]王逸轩.火力发电厂汽机专业设备经济检修模式的实际应用研究[J].电脑爱好者(电子刊),2021(12):507-508.