

# 火电厂汽轮机运行中的问题及解决措施研究

高少凡 杨乐 王元钊 李琮

华能山东发电有限公司白杨河发电厂 山东 淄博 255200

**摘要:** 汽轮机作为火电厂核心设备,其稳定运行直接影响发电效率与安全性。运行过程中,设备老化、蒸汽参数异常及润滑系统故障等问题频发。设备老化导致部件性能下降,蒸汽参数波动影响机组效率,润滑系统故障则威胁设备安全。针对这些问题,通过加强设备维护检修、优化蒸汽参数控制、完善润滑系统管理及提升运行人员素质等措施,可有效保障汽轮机稳定运行,提升火电厂整体效益与可靠性。

**关键词:** 火电厂汽轮机;运行;问题;解决措施

## 引言

在能源需求持续增长的背景下,火电厂仍是电力供应的重要支柱,汽轮机作为其核心动力转换设备,运行状况关乎整个电厂的经济性与稳定性。当前,火电厂汽轮机在运行中面临设备老化、蒸汽参数波动及润滑系统故障等诸多挑战。这些问题不仅降低发电效率,还存在安全隐患。本文围绕火电厂汽轮机运行中的常见问题展开分析,探讨有效的解决措施,旨在为提升汽轮机运行水平、保障火电厂安全高效生产提供参考。

## 1 火电厂汽轮机运行原理

在火电厂中,汽轮机是实现能量转换的关键设备,其运行原理基于蒸汽的热能向机械能的转换过程。锅炉产生的高温高压蒸汽通过主蒸汽管道输送至汽轮机,蒸汽的热能在此开始向机械能转化。汽轮机主要由静止部分和转动部分组成,静止部分包含汽缸、喷嘴组、隔板等,转动部分则有转子、叶片等核心部件。高温高压蒸汽首先进入喷嘴组,喷嘴组将蒸汽的压力能转换为动能,使蒸汽以高速喷出。高速蒸汽流冲击转子上的动叶片,动叶片在蒸汽作用力的推动下,带动转子旋转,从而将蒸汽的动能转换为转子的机械能,完成一次能量转换过程。根据蒸汽在汽轮机内的能量转换方式,汽轮机分为冲动式和反动式。冲动式汽轮机中,蒸汽在喷嘴内完成全部的膨胀过程,压力降低、速度增加,高速蒸汽仅在动叶片上产生冲动力推动转子旋转;反动式汽轮机里,蒸汽不仅在喷嘴内膨胀加速,在动叶片内也会继续膨胀,蒸汽在动叶片上不仅产生冲动力,还因蒸汽膨胀加速产生反动力,二者共同推动转子转动。多级汽轮机通过将多个单级汽轮机串联,实现蒸汽能量的逐级利用,进一步提高能量转换效率。蒸汽在多级汽轮机中依次流经各级,在每一级中都进行部分能量转换,压力和温度逐步降低,最终乏汽从汽轮机的排汽口排出,进入

凝汽器。在凝汽器内,乏汽被冷却凝结成水,凝结水经给水泵重新送入锅炉,完成整个热力循环。通过合理设计汽轮机的级数、叶片形状、通流部分尺寸等参数,可有效提升汽轮机的做功能力和运行效率,确保火电厂能够高效稳定地将蒸汽能量转化为电能。

## 2 火电厂汽轮机运行中存在的问题

### 2.1 设备老化与部件磨损

在火电厂中,汽轮机长期处于高负荷、长时间的运行状态,设备老化与部件磨损问题逐渐凸显。历经多年运行,汽轮机的关键部件,诸如叶片、轴颈、密封件等,持续承受高温、高压蒸汽的冲刷以及机械应力的作用。以叶片为例,长期处于高温蒸汽环境中,其金属材料的微观结构会发生变化,导致强度下降,加之高速蒸汽的冲击,叶片表面易出现磨损、腐蚀等状况。当叶片磨损到一定程度,不仅会影响汽轮机的通流效率,致使蒸汽能量转换为机械能的效率降低,还可能引发叶片振动异常,严重时甚至出现叶片断裂,一旦叶片断裂,碎片可能会对汽轮机内部其他部件造成严重损坏,进而引发停机事故。轴颈在长时间运转过程中,与轴承之间不断摩擦,容易出现磨损、划伤等缺陷。轴颈磨损会使轴颈与轴承之间的配合间隙增大,导致转子运行稳定性下降,引发汽轮机振动加剧。密封件的老化磨损则会造成蒸汽泄漏,第一,造成能源浪费,降低汽轮机的热效率;第二,泄漏的蒸汽可能会进入到其他部件,引发诸如腐蚀等次生问题,进一步影响设备的正常运行与使用寿命。设备老化还体现在一些管道、连接件等部位,其材质性能下降,易出现松动、破裂等情况,威胁着汽轮机系统的安全稳定运行<sup>[1]</sup>。

### 2.2 蒸汽参数异常

蒸汽参数的稳定对于汽轮机的高效、安全运行起着至关重要的作用。当蒸汽参数出现异常时,会给汽轮机

带来诸多不利影响。若蒸汽压力过高,超过汽轮机设计的额定压力,蒸汽在汽轮机内的焓降增大,会使调节级动叶片承受的蒸汽冲击力大幅增加,极易导致调节级动叶片过负荷,造成叶片损坏。过高的蒸汽压力会使汽轮机承压部件,如汽缸、蒸汽管道等承受的压力超出设计值,这些部件的内应力显著增大,长期处于这种状态下,部件的金属材料会出现疲劳损伤,缩短其使用寿命,甚至可能引发管道破裂、汽缸变形等严重安全事故。蒸汽压力过低时,蒸汽在汽轮机内的焓降减小,若要维持汽轮机的输出功率,就需要增大蒸汽流量,这会导致汽轮机末几级叶片的蒸汽流量和焓降增大,使末几级叶片处于过负荷运行状态,影响叶片的安全运行。蒸汽温度异常同样危害巨大。蒸汽温度过高,会使金属材料的机械性能下降,如主蒸汽管道、汽轮机汽缸、阀门等高温部件的蠕变速度加快,材料强度降低,部件容易出现变形、裂纹等缺陷。过高的蒸汽温度还可能导致汽轮机内部动静部件之间的热膨胀差增大,引发动静部件摩擦,造成设备损坏。当蒸汽温度过低时,蒸汽的焓降减小,汽轮机的热效率降低,同时末几级叶片的蒸汽湿度会增大,加剧叶片的水蚀现象,缩短叶片的使用寿命,还可能导致汽轮机轴向推力增大,影响汽轮机的安全稳定运行。

### 2.3 润滑系统故障

润滑系统是保障汽轮机正常运行的重要组成部分,一旦出现故障,将严重影响汽轮机的运行可靠性。润滑油压力过低是常见的润滑系统故障之一。造成润滑油压力过低的原因较为复杂,可能是油泵故障,如油泵内部零件磨损、损坏,导致油泵输出流量不足;也可能是油管道泄漏,使得润滑油在输送过程中大量流失;或者是滤网堵塞,阻碍了润滑油的正常流通;压力调节阀失灵也会导致无法维持正常的润滑油压力。当润滑油压力过低时,汽轮机的轴承等关键部件无法得到充分的润滑,部件之间的摩擦增大,产生大量的热量,进而导致轴承温度急剧升高,严重时会造成轴承烧毁,使汽轮机转子失去支撑,引发严重的设备损坏事故。润滑油温度异常也是不容忽视的问题。润滑油温度过高,可能是由于冷油器故障,如冷油器内部管道结垢,降低了换热效率,导致润滑油无法得到有效冷却;或者是冷却水量不足,无法带走润滑油产生的热量;还有可能是润滑油循环不畅,在系统内局部积聚热量。过高的润滑油温度会使润滑油的黏度降低,其润滑性能下降,无法在部件表面形成良好的油膜,加剧部件的磨损。润滑油温度过低,润滑油的黏度过大,流动性变差,同样会影响其在系统内

的循环和对部件的润滑效果,还可能导致启动困难等问题。润滑油污染也是常见故障,水分、杂质等混入润滑油中,会破坏润滑油的化学性能和润滑性能,加速部件的磨损,甚至引发腐蚀等问题,严重威胁汽轮机的安全稳定运行<sup>[2]</sup>。

## 3 火电厂汽轮机运行问题的解决措施

### 3.1 加强设备维护与检修

(1) 建立基于状态监测的设备维护体系,利用振动传感器、温度传感器等在线监测设备实时采集汽轮机运行数据,通过频谱分析、趋势预测等技术手段,提前发现轴承磨损、叶片松动等潜在故障。对采集的振动数据进行频谱分解,若发现某一频率成分持续异常升高,可判断对应部件可能存在故障隐患,及时安排停机检查维修,避免故障扩大化。(2) 在设备检修过程中,采用先进的检测技术和工艺。例如,使用超声波探伤仪对汽轮机转子、汽缸等关键部件进行无损检测,精准识别内部裂纹等缺陷;对汽轮机叶片进行激光熔覆修复,恢复其气动性能和机械强度。检修过程严格按照标准流程进行,对拆卸的零部件进行清洗、检测、修复或更换,确保设备恢复到最佳性能状态。(3) 重视设备的日常维护工作,定期对汽轮机的阀门、管道等部件进行检查和保养。清理阀门密封面的杂质,防止泄漏;检查管道的支吊架状态,确保管道受力均匀,避免因管道振动导致的连接部位松动、裂纹等问题。通过细致的日常维护,减少设备故障发生概率,延长设备使用寿命,保障汽轮机稳定可靠运行。

### 3.2 优化蒸汽参数控制

(1) 依据汽轮机设计参数和实际运行工况,精确调整蒸汽压力和温度。蒸汽压力直接影响汽轮机的做功能力,压力过高会增加设备应力,缩短使用寿命,压力过低则导致汽轮机效率下降。通过优化锅炉燃烧调整和蒸汽管道调节系统,使蒸汽压力稳定在合理区间内。严格控制蒸汽温度,温度过高会使金属材料性能恶化,温度过低会产生湿气腐蚀,通过调节减温减压器等设备,确保蒸汽温度满足汽轮机运行要求。(2) 合理控制蒸汽流量,避免因流量波动过大对汽轮机运行造成冲击。根据电网负荷变化和汽轮机运行特性,优化汽轮机调节系统,采用先进的控制算法,实现蒸汽流量的平稳调节。在机组启停和负荷变化过程中,精确控制蒸汽流量的变化速率,防止因流量突变导致汽轮机转速波动、振动加剧等问题,保障汽轮机运行的稳定性和安全性。(3) 注重蒸汽品质的控制,防止杂质对汽轮机部件造成损害。在蒸汽进入汽轮机前,加强对蒸汽的净化处理,通过高

效的汽水分离装置去除蒸汽中的水分,利用过滤器过滤掉蒸汽中的固体颗粒杂质。定期对蒸汽品质进行检测分析,一旦发现蒸汽中杂质含量超标,及时采取措施进行处理,确保进入汽轮机的蒸汽品质符合要求,减少对叶片、汽封等部件的侵蚀和磨损<sup>[1]</sup>。

### 3.3 完善润滑系统管理

(1) 选用合适的润滑油品,根据汽轮机的工作条件和技术要求,综合考虑润滑油的粘度、抗氧化性、抗乳化性等性能指标。不同型号的汽轮机对润滑油的要求不同,在高温、高转速工况下,需要选用具有良好高温性能和抗磨损性能的润滑油。定期对润滑油进行性能检测,监测润滑油的粘度、酸值、水分等指标变化,当润滑油性能下降到一定程度时,及时进行更换,保证润滑效果。(2) 优化润滑系统的油路设计和布局,确保润滑油均匀、稳定输送到汽轮机各润滑部位。依据实际运行工况,合理设置油泵参数与油路管径,避免油路阻力大、流量分配不均,防止部分部件润滑不良。定期清洗和更换润滑系统过滤器,防止杂质堵塞油路,影响润滑油正常流动及润滑效果。加强密封性检查,及时修复泄漏点,避免润滑油浪费、污染环境,以及空气进入影响油性能。(3) 建立润滑系统运行状态监测机制,通过安装油温、油压传感器等设备,实时监测润滑系统的运行参数。设定合理的油温、油压报警阈值,当参数出现异常时,及时发出报警信号,以便运行人员迅速采取措施进行调整和处理。对润滑系统的运行数据进行分析,掌握其运行规律和变化趋势,提前发现潜在的故障隐患,如油泵磨损、油路堵塞等问题,及时安排检修维护,保障润滑系统可靠运行,为汽轮机正常运转提供良好的润滑条件。

### 3.4 提升运行人员专业素质

(1) 开展针对性的技能培训,围绕汽轮机运行原理、操作流程、故障诊断与处理等方面进行系统教学。通过理论授课、案例分析、模拟操作等多种培训方式,使运行人员深入理解汽轮机的工作原理和性能特点,熟

练掌握各种操作技能和故障处理方法。例如,利用仿真培训系统模拟汽轮机在不同工况下的运行状态和故障现象,让运行人员在虚拟环境中进行操作练习和故障处理,提高其实际操作能力和应急处理能力。(2) 鼓励运行人员积极参与技术交流和学习活动,组织内部技术研讨会,分享运行经验和技术创新成果;选派优秀人员参加行业内的学术会议和技术培训,了解汽轮机领域的最新技术和发展动态。通过与同行的交流学习,拓宽运行人员的技术视野,吸收先进的运行管理理念和技术方法,不断提升自身的专业水平和综合素质。(3) 建立运行人员技能考核和激励机制,定期对运行人员的专业技能进行考核评估,内容涵盖理论知识、实际操作、故障处理等方面。根据结果对优秀者奖励,对不达标者强化培训,促其学习提升。通过这种方式,以多元培训与激励机制激发运行人员的学习积极性和工作主动性,营造良好学习氛围,打造高素质、专业化汽轮机运行队伍,保障火电厂汽轮机安全高效运行<sup>[4]</sup>。

### 结语

综上所述,火电厂汽轮机运行问题的解决需从多维度协同推进。通过加强设备维护检修、优化蒸汽参数控制、完善润滑系统管理及提升人员素质等措施,可显著改善汽轮机运行状况。但随着技术发展及设备更新,汽轮机运行仍会面临新挑战。未来需持续关注行业前沿技术,深化研究,不断完善运行管理策略,以推动火电厂汽轮机运行向更安全、高效、智能化方向发展。

### 参考文献

- [1]徐岸楠.火电厂汽轮机运行中的问题及解决措施研究[J].中国设备工程,2025(10):80-82.
- [2]张昌顺,王通,张若麟,等.浅析火电厂汽机运行过程中的问题及应对措施[J].消费电子,2024(2):70-72.
- [3]潘子博.火电厂汽轮机运行存在的问题与对策[J].科技资讯,2022,20(19):57-60.
- [4]吕科扬.火电厂汽轮机运行问题与应对措施研究[J].科学与信息化,2023(10):105-107.