

发电厂汽轮机组运行效率的优化策略研究

徐阳阳

华电国际电力股份有限公司十里泉发电厂 山东 枣庄 277100

摘要: 发电厂汽轮机组运行效率的优化策略研究是一项重要的课题。影响汽轮机组运行效率的因素主要包括主蒸汽参数因素、设备自身性能因素、凝汽器相关因素和辅助系统因素。主蒸汽参数的合理控制、设备性能的提升、凝汽器的优化以及辅助系统的改进都能有效提高汽轮机组的运行效率。针对这些因素,本文提出了优化策略,包括整体运行优化策略、系统运行方式优化、主汽压力控制优化和辅助系统性能优化。通过加强运行监测、规范操作流程、优化负荷分配、强化维护保养等措施,可以提升汽轮机组的运行效率。同时,合理设定主汽压力范围、采用先进的智能调节系统、加强联动控制等方法也能提高机组的运行效率。对轴封系统、给水系统、疏水系统和循环水系统的优化,则能进一步提升发电厂汽轮机组的运行效率。

关键词: 发电厂; 汽轮机组; 运行效率; 优化策略

引言: 在全球能源结构转型和可持续发展的大背景下,提升发电效率成为能源领域关注焦点。火力发电作为传统发电方式,其效率提升至关重要。汽轮机组是发电厂的核心设备,其运行效率不仅关系到发电质量和发电厂的经济效益,也影响着设备本身的使用寿命。然而,当前部分发电厂的汽轮机组存在运行效率降低、能源消耗增加等问题。因此,深入研究发电厂汽轮机组运行效率的优化策略,对提高能源利用率、降低成本、增强发电厂市场竞争力具有重要的现实意义。

1 发电厂汽轮机组概述

在现代发电厂中,汽轮机组扮演着核心角色,是将热能转化为电能的关键设备,其运行状况直接关系到发电厂的发电效率和经济效益。汽轮机的工作原理基于蒸汽的热能转换,高温高压的蒸汽进入汽轮机后,通过喷嘴膨胀加速,形成高速气流,冲击汽轮机的叶片,使叶片带动转子旋转,从而将蒸汽的热能转化为机械能。这种能量转换过程主要依据冲动作用原理和反动作用原理。冲动作用是指蒸汽在喷嘴中膨胀加速,以高速冲击叶片,使叶片获得动能;反动作用则是蒸汽在叶片中继续膨胀,产生反作用力推动叶片运动。汽轮机组的组成结构较为复杂,主要由转子和静子两大部分构成。转子是汽轮机组的旋转部件,包括主轴、叶轮、动叶片等,它在蒸汽的推动下高速旋转,将机械能传递给发电机。静子则包括汽缸、静叶栅、隔板、汽封、轴承等部件,起到支撑、固定和密封的作用^[1]。汽缸是汽轮机的外壳,为蒸汽的流动和膨胀提供空间;静叶栅和隔板用于引导蒸汽的流动方向,提高能量转换效率;汽封用于减少蒸汽泄漏,提高机组的经济性;轴承则支撑转子,保证其稳定旋转。汽

轮机组在发电厂中具有举足轻重的作用,它是发电厂将热能转化为电能的核心设备,其运行效率直接影响发电厂的发电效率和供电质量。高效稳定的汽轮机组能够提高能源利用效率,降低发电成本,为社会提供可靠的电力供应。同时,汽轮机组的运行状况还关系到发电厂的安全性和可靠性,一旦出现故障,可能会导致停电事故,给社会带来巨大的损失。

2 影响发电厂汽轮机组运行效率的因素分析

2.1 主蒸汽参数因素

主蒸汽参数对发电厂汽轮机组运行效率有着显著影响。(1)主蒸汽压力:若主汽压降低,蒸汽做功能力下降,为维持机组负荷恒定,需增加进汽量,导致汽耗增大,严重影响汽轮机工作效率。(2)主蒸汽温度:主蒸汽温度降低时,主蒸汽在汽轮机内的总焓降减少,若要维持额定负荷,必须增加主蒸汽的进汽量,且末几级叶片的蒸汽湿度增大,各级反动度增加,还可能使高温部件产生热应力和热变形,甚至有水击风险;温度升高过多,会使调节级叶片过负荷,金属材料机械强度降低、蠕变速度加快,机组可能发生振动。(3)再热蒸汽压力:再热蒸汽压力随进入汽轮机的蒸汽流量变化而变化,再热系统的压力损失也随蒸汽流量增大而增加,影响机组运行经济性。(4)主蒸汽流量:流量的变化会直接影响汽轮机的做功能力和效率,流量不稳定可能导致机组运行波动。(5)参数变化幅度:当主蒸汽参数变化幅度超出规程允许范围时,不仅影响运行经济性,还可能威胁机组运行安全。

2.2 设备自身性能因素

设备自身性能是影响发电厂汽轮机组运行效率的关

键要素。(1) 设备老化: 汽轮机长期运行, 关键部件如叶片、轴封等会出现磨损、腐蚀, 导致间隙增大、效率降低, 增加能量损耗。(2) 制造质量: 制造过程中若存在精度不够、材料选用不当等问题, 会使设备先天性能不佳, 影响运行效率和稳定性。(3) 通流部分设计: 通流部分的形状、尺寸、表面粗糙度等设计不合理, 会使蒸汽流动阻力增大、能量损失增加, 降低效率。(4) 控制系统性能: 先进的控制系统能根据负荷变化精准调节汽轮机运行参数, 若控制系统响应慢、调节精度低, 会使机组难以处于最佳运行状态。(5) 维护状况: 定期维护保养可保持设备良好性能, 若维护不当、检修不及时, 设备故障频发, 会严重降低运行效率。

2.3 凝汽器相关因素

凝汽器在发电厂汽轮机中至关重要, 其相关因素对机组运行效率影响显著。真空度是关键指标, 若凝汽器真空偏低会使机组运行效率降低, 原因多样, 循环水量不足时冷却效果不佳, 无法有效使蒸汽凝结, 导致真空下降; 真空泵内水温过高, 抽气能力减弱, 不能及时排出不凝结气体, 破坏真空环境; 疏水阀门内漏, 增加了凝汽器热负荷, 影响真空稳定; 真空严密性差, 外界空气进入凝汽器, 也会使真空度降低^[2]。端差大小反映凝汽器传热性能, 端差增大表明传热效果变差, 可能是铜管结垢降低了热传导效率, 或是冷却水管堵塞使水流不畅, 影响蒸汽与冷却水的热交换。凝结水过冷度异常也会带来问题, 过冷度大意味着凝结水温度过低, 增加了后续加热的能耗, 可能是凝汽器水位控制不当、内部空气积聚阻碍热交换等因素造成。这些凝汽器相关因素相互关联, 共同影响着汽轮机的运行效率。

2.4 辅助系统因素

辅助系统因素对发电厂汽轮机运行效率影响不容小觑。轴封系统工作不良会导致大量蒸汽泄漏, 一方面造成能源浪费, 降低了机组的热效率, 另一方面可能使润滑油中进水, 影响轴承润滑效果, 威胁机组安全稳定运行。若轴封供汽压力不足或温度不合适, 都会加剧蒸汽泄漏问题。给水系统的给水温度和压力不稳定, 会影响锅炉的蒸发量和效率, 进而影响汽轮机整体运行。给水温度低会增加燃料消耗, 降低热经济性; 给水泵故障或调节阀调节不当导致给水压力异常, 会使锅炉水位波动, 影响蒸汽产生的质量和数量^[3]。疏水系统若存在疏水不畅或泄漏问题, 会使蒸汽能量损失, 还可能导致水击现象, 损坏设备。疏水阀门内漏会使蒸汽未经有效利用就排出系统, 而疏水管道堵塞会使积水无法及时排出, 影响系统正常运行。

3 发电厂汽轮机运行效率的优化策略

3.1 整体运行优化策略

要提升发电厂汽轮机运行效率, 可从整体运行层面采取有效优化策略。(1) 加强运行监测: 建立完善的监测系统, 对汽轮机的各项运行参数进行实时监控, 如温度、压力、流量等。通过数据分析及时发现异常情况, 提前采取措施进行调整和处理, 确保机组稳定运行。(2) 规范操作流程: 制定严格且科学的操作规范, 要求运行人员严格按照流程进行操作。减少因人为操作不当导致的效率损失, 提高操作的准确性和稳定性。(3) 优化负荷分配: 根据电网需求和机组性能, 合理分配汽轮机的负荷。避免机组长期在低负荷或高负荷状态下运行, 使机组在高效区间工作, 提高能源利用效率。(4) 强化维护保养: 定期对汽轮机进行全面的维护保养, 包括设备的清洁、润滑、紧固等工作。及时更换磨损的零部件, 保证设备的可靠性和性能。(5) 开展技术培训: 对运行人员进行专业技术培训, 提高他们的业务水平和故障处理能力。使其能够更好地理解和掌握机组的运行原理和优化方法, 为提升机组运行效率提供人力保障。

3.2 系统运行方式优化

系统运行方式优化在提高发电厂汽轮机运行效率方面起着举足轻重的作用, 通过多方面的改进和调整, 能够显著提升机组的整体性能。对于各级压缸通流部分的叶片污垢, 水利喷砂方式是行之有效的解决方案。它能高效地清除污垢, 使叶片恢复原有的气动性能。叶片表面的污垢会破坏蒸汽的正常流动, 增加流动阻力和能量损失, 而清洗后, 蒸汽流动更加顺畅, 减少了不必要的能量损耗。对于冷凝管内壁的污垢, 高压清洗机设备发挥着关键作用。污垢的存在会降低冷凝管的传热效率, 影响蒸汽的冷凝过程, 使用高压清洗机可有效去除杂质, 提高传热效率, 确保机组的热交换过程更加高效。将其改为蜂窝式汽封, 这种汽封由合金蜂窝带组成, 具有独特的优势^[4]。它能够长时间保持密封间隙, 耐高温且耐磨, 大大减少了蒸汽泄漏。蒸汽泄漏会导致能量的浪费, 降低机组的效率, 而蜂窝式汽封的应用有效解决了这一问题。根据机组运行负荷实时调整阀门开度, 能够精确控制蒸汽流量和压力, 使蒸汽在汽轮机内实现最佳膨胀做功。这样可以充分利用蒸汽的能量, 避免能量损失, 提高机组的做功能力。通过先进的算法和模型, 实时监测并自动调节温度、压力等参数, 确保机组在不同工况下都能稳定高效运行。同时, 建立故障预警机制, 能够及时发现并处理潜在问题, 保障系统的可靠运行。

3.3 主汽压力控制优化

主汽压力控制优化对提升发电厂汽轮机组运行效率至关重要,可从多方面着手。(1)精准监测压力:安装高精度的压力传感器,实时、准确地获取主汽压力数据,为后续的控制调整提供可靠依据,以便及时发现压力异常波动情况。(2)合理设定范围:依据汽轮机组的设计参数和实际运行工况,科学合理地确定主汽压力的最佳运行范围。确保在该范围内,机组能实现高效稳定运行,避免压力过高或过低影响效率。(3)优化调节方式:采用先进的智能调节系统,根据机组负荷变化自动、精准地调节主汽压力。当负荷增加时,及时增加进汽量以维持压力稳定;负荷减小时,相应减少进汽量,防止压力过高。(4)加强联动控制:使主汽压力控制与其他运行参数如温度、流量等实现联动控制。综合考虑各参数之间的相互影响,进行协同调节,以达到整体运行效率的最优化。(5)定期校验维护:定期对压力监测设备和调节装置进行校验和维护,确保其性能稳定、动作准确。及时更换磨损或损坏的部件,保障主汽压力控制的可靠性。

3.4 辅助系统性能优化

辅助系统性能优化对提升发电厂汽轮机组运行效率意义重大,轴封系统方面,要确保轴封供汽压力和温度稳定,避免蒸汽泄漏。可采用新型密封材料和结构,增强轴封的密封性,减少蒸汽损失,提高机组热效率。同时,安装轴封压力自动调节装置,根据机组运行工况实时调整轴封压力,保证轴封系统稳定运行。给水系统优化需保障给水温度和压力稳定,通过优化给水加热器的运行,提高给水温度,降低燃料消耗^[5]。安装给水调节阀自动控制系统,根据锅炉水位和蒸汽流量精准调节给水量,维持给水压力稳定,确保锅炉正常运行。疏水系统优化要解决疏水不畅和泄漏问题,定期清理疏水管道,防

止堵塞,确保疏水顺利排出。对疏水阀门进行检查和维护,及时更换内漏阀门,减少蒸汽损失。还可安装疏水回收装置,将疏水回收再利用,提高能源利用率。循环水系统优化可提高冷却效果,合理调整循环水泵的运行方式,根据环境温度和机组负荷调节循环水量,避免不必要的能耗。对凝汽器铜管进行定期清洗,降低热阻,提高传热效率,保证凝汽器真空度,提升汽轮机组做功能力。

结语:

未来,科技的飞速发展为发电厂汽轮机组运行效率的提升带来新契机。智能化、自动化监测与控制技术将成为关键。借助先进传感器和算法,可实时精准获取机组运行数据,实现对主蒸汽参数、设备状态等的精确调控,及时发现并解决潜在问题,保障机组稳定运行。同时,新材料和新工艺的应用前景广阔,能增强设备性能、延长使用寿命、降低能耗。持续深入研究和完善优化策略,不断挖掘节能潜力,将使汽轮机组运行更高效、更环保,为发电厂的可持续、绿色发展筑牢根基。

参考文献:

- [1]王勇.发电厂汽轮机组运行效率的优化策略研究[J].现代工业经济和信息化,2021,11(1):90-91.
- [2]李金科.发电厂汽轮机轴系振动分析与处理措施研究[J].电力设备管理,2025(13):284-286.
- [3]李效奎.关于优化发电厂汽轮机组运行效率的思考[J].科学与信息化,2022(1):25-27.
- [4]沈超.火力发电厂集控运行中汽轮机滑压运行优化策略研究[J].行车指南,2023(6):0118-0119.
- [5]马嘉泽.发电厂汽轮机检修现状及效率优化研究[J].管理科学与工程,2024,13(6):1076-1081.