

探讨火电厂汽轮机运行的节能降耗措施

王军伟

华电库车发电有限公司 新疆 阿克苏 842000

摘要: 文章深入探讨了火电厂汽轮机运行节能降耗。阐述汽轮机工作原理与能耗构成,包括蒸汽、辅机及其他能耗。分析了节能降耗对火电厂可持续发展的重要性,涵盖经济、环保、能源安全三方面。剖析汽轮机运行能耗高的问题,如设备老化、运行参数不合理、控制系统优化不足、维护管理不到位等。最后提出节能降耗措施,涉及汽轮机本体优化改造、运行参数优化调整、余热回收利用及智能化控制与节能管理。

关键词: 火电厂; 汽轮机; 节能降耗

1 火电厂汽轮机运行原理与能耗分析

1.1 汽轮机工作原理概述

汽轮机作为火电厂的核心设备,其运行原理基于能量转换,将蒸汽的热能转化为机械能,进而驱动发电机发电。从本质上来讲,汽轮机是一种旋转式的热力发动机,它主要由静止部分和转动部分组成。静止部分包括汽缸、喷嘴、隔板等部件,转动部分则由转子、叶轮、叶片等构成。蒸汽进入汽轮机后,首先通过固定在汽缸上的喷嘴。喷嘴的作用是将蒸汽的压力能转化为动能,使蒸汽以高速喷出。高速蒸汽冲击安装在转子上的叶片,推动叶片旋转,进而带动转子转动。在多级汽轮机中,蒸汽依次流经各级的喷嘴和叶片,每一级都进行一次能量转换,蒸汽的压力和温度逐步降低,其动能不断转化为转子的机械能。这种能量转换过程遵循热力学定律,是一个连续且高效的过程。另外,根据蒸汽在汽轮机内的流动方向和做功方式,汽轮机可分为冲动式汽轮机和反动式汽轮机。冲动式汽轮机主要依靠蒸汽在喷嘴中膨胀加速产生的冲动力推动叶片旋转;反动式汽轮机则是蒸汽在喷嘴和叶片中都进行膨胀,利用蒸汽在叶片中膨胀产生的反动力推动叶片旋转。不同类型的汽轮机在结构和性能上存在差异,但它们的核心都是实现蒸汽热能到机械能的转换,为火电厂的发电提供动力。

1.2 汽轮机运行能耗构成

汽轮机运行过程中的能耗构成较为复杂,主要包括蒸汽能耗、辅机能耗以及其他能耗等方面。蒸汽能耗是汽轮机运行能耗的主要部分,在火电厂中,燃料燃烧产生的热量用于加热水生成蒸汽,蒸汽进入汽轮机做功后,其热能的一部分转化为机械能,而剩余的未被充分利用的热能则随着乏汽排出,这部分未利用的热能损失构成了蒸汽能耗的重要组成部分^[1]。蒸汽在管道输送过程中,由于管道的散热、泄漏等因素,也会造成一定的能

量损失,进一步增加了蒸汽能耗。辅机能耗是汽轮机运行过程中另一项重要的能耗,汽轮机的正常运行离不开众多辅助设备,如给水泵、凝结水泵、循环水泵、风机等。这些辅机在运行过程中需要消耗大量的电能。其他能耗还包括汽轮机设备自身的散热损失、润滑油系统的能耗以及由于设备运行不稳定等因素导致的额外能耗。汽轮机在运行过程中,设备表面会向周围环境散热,尤其是在高温高压的工作条件下,散热损失较为明显。润滑油系统为了保证汽轮机轴承等部件的正常润滑和冷却,需要消耗一定的能量。而当汽轮机运行参数不稳定、设备存在故障等情况时,会导致汽轮机运行效率降低,从而产生额外的能耗。

2 节能降耗对火电厂可持续发展的重要性

节能降耗对火电厂可持续发展意义重大,从经济、环保、能源安全三方面产生深远影响。我将保留关键点,精简表述,完成缩写。节能降耗对火电厂可持续发展意义重大,在经济效益、环境保护和能源安全方面均有深远影响。经济效益上,火电厂主要成本源于燃料消耗,汽轮机作为核心耗能设备,通过采用先进节能技术与优化运行管理,降低其能耗能直接减少燃料成本。设备运行效率提升,磨损和故障减少,延长使用寿命,降低维修成本,提高可靠性与可用率,进一步增加收益。环境保护方面,火电厂发电产生的二氧化碳、二氧化硫等污染物危害极大,节能降耗减少燃料使用,相应降低污染物排放,既能减缓全球气候变暖,又能改善空气质量,减少酸雨等问题。能源安全层面,我国能源需求随经济发展不断增加,火电厂节能降耗可提高能源利用效率,降低对能源的依赖,保障国家能源安全,还能推动能源结构调整,助力可再生能源发展,实现能源可持续供应。

3 火电厂汽轮机运行能耗高的问题剖析

3.1 设备老化与性能下降

火电厂汽轮机长期运行后,老化不可避免,严重影响性能,致使能耗升高。

叶片在高温高压蒸汽长期冲刷下,表面磨损、型线改变,破坏蒸汽正常流动,增大流动阻力与能量损失,降低做功效率。另外,叶片还可能出现裂纹、变形等问题,威胁汽轮机安全稳定运行,影响能量转换效率。汽缸作为重要部件,长期运行后结合面可能变形、漏汽^[2]。漏汽会减少做功蒸汽量,降低效率,还会使汽缸温度分布不均,产生热应力,加速损坏,加剧能耗。轴承、密封等部件也会随运行时间增加而老化磨损。轴承磨损使转子振动增大,影响运行稳定性,增加机械摩擦损失;密封部件老化导致密封性能下降,出现蒸汽泄漏或空气漏入,影响真空度和效率,造成能耗上升。

3.2 运行参数不合理

运行参数不合理是火电厂汽轮机运行能耗高的的重要因素。蒸汽参数直接影响汽轮机效率。若实际蒸汽压力、温度低于设计值,蒸汽做功能力下降,热耗率升高。如主蒸汽温度降低,焓降减小,为维持发电量需消耗更多蒸汽,增加能耗。反之,参数过高虽能提高做功能力,但可能超出设备承受范围,威胁安全。真空度反映凝汽器压力水平,影响汽轮机能耗。实际运行中,循环水量不足、铜管结垢、真空系统泄漏等会导致真空度下降,使蒸汽膨胀不充分,排汽温度升高,增加冷源损失,降低效率,能耗升高。负荷分配不合理同样影响能耗。低负荷运行时,蒸汽流量减少,通流部分效率降低;多台汽轮机负荷分配不当,无法使每台运行在经济工况点,都会导致整体能耗升高。

3.3 控制系统优化不足

火电厂汽轮机控制系统对能耗影响重大,但目前优化不足问题普遍。传统控制系统控制策略简单,难以精确控制运行参数。如蒸汽流量控制,无法根据负荷变化及时、准确调整,导致流量与负荷不匹配,造成能源浪费。对温度、压力等参数控制精度也不高,无法使汽轮机运行在最佳工况点。控制系统与其他系统协同性差,火电厂系统复杂,汽轮机运行需与锅炉、发电机等协同。但目前很多火电厂缺乏有效通信和协调机制,无法实现信息共享和联动控制。如锅炉燃烧工况变化时,汽轮机控制系统不能及时响应调整参数,降低系统运行效率,增加能耗。

控制系统自动化水平低也是问题。部分火电厂汽轮机参数调整和设备操作依赖人工,主观性和不准确性导致参数波动大,无法实现最优运行,增加能耗。

3.4 维护管理不到位

维护管理不到位是火电厂汽轮机运行能耗高的原因之一。部分火电厂对汽轮机维护重视不足,未建立完善维护管理制度。维护计划不科学,不能依据实际运行状况和设备特点制定合理周期和内容,导致维护不及时或过度。不及时会使故障隐患未处理,影响运行和效率;过度则造成资源浪费,增加成本。维护人员技术水平和责任心影响维护质量,一些人员缺乏专业知识和实践经验,不能准确判断故障原因,维修措施无效,影响效率。部分人员责任心不强,维护敷衍,检查不细致,不能及时发现潜在问题,导致能耗升高^[3]。另外,运行数据监测和分析不到位。运行数据反映汽轮机运行状态,分析可发现问题,为维护和优化提供参考。但很多火电厂未建立完善监测和分析体系,不能全面、深入分析数据,无法及时发现异常和能耗高原因,难以采取针对性措施降耗。

4 火电厂汽轮机运行的节能降耗措施

4.1 汽轮机本体优化与改造

对汽轮机本体进行优化与改造是降低其运行能耗的重要措施。可以对汽轮机的叶片进行优化设计和改造。采用先进的叶片设计技术,优化叶片的型线,提高叶片的气动性能,减少蒸汽在叶片中的流动阻力,提高能量转换效率。例如,采用三维流场设计技术,根据蒸汽在叶片中的实际流动情况,精确设计叶片的形状和角度,使蒸汽能够更顺畅地通过叶片,减少能量损失。同时还可以采用新型材料制造叶片,提高叶片的耐高温、耐磨损性能,延长叶片的使用寿命,降低维护成本。对汽轮机的汽缸进行改造也是节能降耗的重要手段。针对汽缸漏汽问题,可以采用先进的密封技术,如蜂窝式密封、布莱登密封等,提高汽缸的密封性能,减少蒸汽泄漏。还可以对汽缸的结构进行优化,改善汽缸的温度分布,减少热应力,提高汽缸的可靠性和运行效率。另外,对汽轮机的轴承、密封等部件进行升级改造,采用高性能的轴承和密封材料,降低机械摩擦损失和泄漏损失。例如,采用新型的滑动轴承或滚动轴承,提高轴承的润滑性能和承载能力,减少轴承的摩擦功耗;采用先进的密封材料和密封结构,提高密封性能,减少蒸汽泄漏和空气漏入,提高汽轮机的真空度和效率。

4.2 运行参数优化调整

合理调整运行参数是降低汽轮机运行能耗的关键。首先要优化蒸汽参数,根据汽轮机的设计要求和实际运行情况,合理调整主蒸汽压力和温度。在保证设备安全运行的前提下,尽量提高主蒸汽压力和温度,以提高蒸

汽在汽轮机内的做功能力,降低热耗率。同时,要加强对蒸汽参数的监测和控制,确保蒸汽参数稳定运行,避免因参数波动过大而影响汽轮机的效率。其次要提高汽轮机的真空度。通过增加循环水量、清洗凝汽器铜管、检查和消除真空系统泄漏等措施,提高汽轮机的真空度。例如,定期对凝汽器铜管进行清洗,去除铜管表面的污垢和结垢,提高凝汽器的传热效率;加强对真空系统的巡检,及时发现并消除泄漏点,保证真空系统的严密性。另外,还需要合理分配汽轮机的负荷,根据汽轮机的性能曲线和运行特点,制定合理的负荷分配方案,使每台汽轮机都能运行在经济工况点。同时,要根据电网负荷的变化,及时调整汽轮机的负荷,避免汽轮机在低负荷或超负荷工况下运行,提高汽轮机的运行效率,降低能耗。

4.3 余热回收与利用

余热回收与利用是火电厂汽轮机节能降耗的重要途径。汽轮机的乏汽中含有大量的余热,可以通过凝汽器将乏汽的热量传递给循环水,使循环水温度升高。这些高温循环水可以用于加热生活用水、供暖等,实现余热的回收利用。例如,在冬季供暖季节,将高温循环水引入热交换器,与供暖水进行热量交换,为居民提供供暖服务,从而减少了供暖锅炉的能源消耗。还可以对汽轮机的抽汽进行回收利用,汽轮机在运行过程中会从不同级抽出部分蒸汽,这些抽汽可以用于加热给水、驱动辅助设备。通过优化抽汽系统的设计和运行管理,提高抽汽的利用效率,减少蒸汽的浪费。例如,采用高效的抽汽加热器,提高给水温度,降低锅炉的燃料消耗;利用抽汽驱动给水泵等辅助设备,减少电动机的耗电量。对于汽轮机设备表面的散热损失,也可以通过采取保温措施进行回收利用。在汽轮机设备表面加装高效的保温材料,减少设备表面的散热,同时将回收的热量用于加热其他介质或预热燃料等,提高能源的综合利用效率。

4.4 智能化控制与节能管理

智能化控制与节能管理是实现火电厂汽轮机节能降耗的重要手段。引入先进的智能化控制系统,实现对汽轮机运行参数的精确控制。利用传感器、数据采集系统和智能控制算法,实时监测汽轮机的运行状态,根据

负荷变化和运行工况,自动调整汽轮机的蒸汽流量、温度、压力等参数,使汽轮机始终运行在最佳工况点。例如,采用先进的分布式控制系统(DCS)和智能优化控制算法,实现对汽轮机的闭环控制,提高控制精度和响应速度。加强火电厂各系统之间的信息共享和协同控制^[4]。建立统一的智能化管理平台,将汽轮机控制系统与锅炉、发电机等其他系统进行集成,实现信息的实时共享和联动控制。当锅炉的燃烧工况发生变化时,智能化管理平台能够自动调整汽轮机的运行参数,实现整个火电厂系统的协调运行,提高系统的整体运行效率,降低能耗。另外,利用大数据分析和人工智能技术,对汽轮机的运行数据进行深度挖掘和分析。通过对大量运行数据的分析,找出汽轮机运行过程中的节能潜力和优化空间,为节能管理提供科学依据。例如,利用大数据分析技术,分析汽轮机的能耗与运行参数、设备状态等因素之间的关系,建立能耗预测模型,提前预测能耗变化趋势,及时采取节能措施;利用人工智能技术,对汽轮机的故障进行诊断和预测,实现设备的预防性维护,减少设备故障对能耗的影响。

结束语

火电厂汽轮机节能降耗是保障行业可持续发展的关键。通过优化改造本体、调整运行参数、回收利用余热及实施智能化控制管理等措施,可有效降低能耗。未来,应持续推进技术创新,强化设备维护管理,完善节能管理体系,不断提升汽轮机运行效率。如此,既能降低火电厂运营成本,又能减少环境污染,保障能源安全,为火电厂的长期稳定发展及社会的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]钱白云.汽轮机运行的节能降耗技术分析[J].中国设备工程,2021(2):216-217.
- [2]关哲.热电厂汽轮机运行节能降耗研究[J].电气技术与经济,2021(2):15-17.
- [3]许驰.火电厂大型汽轮机变负荷运行能耗分析与优化研究[J].中国设备工程,2020,36(2):160-161.
- [4]裴智慧.火电厂汽轮机运行问题与应对措施[J].集成电路应用,2020,37(2):120-121.