

热能动力工程与电厂设备优化

王安

海宁光耀热电有限公司 浙江嘉兴 314000

DOI:10.12238/ems.v7i6.13757

[摘要] 本文深入探讨了热能动力工程在电厂中的应用以及相关设备优化的重要性。首先阐述了热能动力工程的基本原理和关键技术,分析了其在现代电厂运行中的核心地位。接着详细研究了电厂主要设备,如锅炉、汽轮机、发电机等的工作特点及现存问题。针对这些设备,从提高能源利用效率、降低污染物排放、增强设备可靠性等多个方面提出了具体的优化策略,并结合实际案例进行分析。同时,还探讨了智能控制技术、新材料应用等前沿领域对热能动力工程和电厂设备优化的推动作用。通过全面的研究,旨在为提升电厂整体性能、实现可持续发展提供理论支持和实践指导。

[关键词] 热能动力工程; 电厂设备; 优化

引言

随着全球经济的快速发展,电力作为一种至关重要的能源形式,需求持续增长。电厂作为电力生产的核心场所,其运行效率和设备性能直接关系到电力供应的稳定性和经济性。热能动力工程作为电厂运行的基础学科,通过将热能转化为机械能,进而带动发电机发电,在整个电力生产过程中起着关键作用。然而,传统的电厂设备在长期运行过程中面临着能源利用效率低下、设备老化、污染物排放高等诸多问题。因此,对热能动力工程和电厂设备进行优化具有极其重要的现实意义,不仅可以提高电厂的经济效益,还能响应国家节能减排的政策要求,促进电力行业的可持续发展。

1、热能动力工程概述

1.1 基本原理

热能动力工程主要基于热力学定律,通过一系列能量转换过程实现电能的生产。以常见的火力发电厂为例,燃料(如煤炭、天然气等)在锅炉内燃烧,释放大量的热能,使水加热变成高温高压的蒸汽。蒸汽具有较高的内能,进入汽轮机后,推动汽轮机的叶片旋转,将内能转化为机械能。汽轮机与发电机相连,汽轮机的旋转带动发电机转子转动,根据电磁感应原理,发电机产生电能。这一过程涉及到热能、机械能和电能之间的多次转换,每一个环节的效率都对最终的发电效率产生影响。

1.2 关键技术

1.2.1 燃烧技术

高效的燃烧技术是提高热能转换效率的关键。先进的燃烧器设计能够使燃料与空气充分混合,实现更完全的燃烧,减少不完全燃烧损失。例如,采用低氮氧化物燃烧技术,可以在燃烧过程中有效降低氮氧化物的生成,减少对环境的污染。同时,通过精确控制燃烧温度和空气量,可以进一步提高燃烧效率,增加单位燃料释放的热量。

1.2.2 蒸汽动力循环技术

蒸汽动力循环是热能动力工程的核心环节之一。常见的蒸汽动力循环有朗肯循环及其改进型。朗肯循环包括四个基本过程:水在锅炉中被加热汽化成为过热蒸汽;过热蒸汽在汽轮机中膨胀做功;做功后的乏汽在冷凝器中冷凝成水;凝结水通过给水泵重新送回锅炉。为了提高循环效率,人们不断对朗肯循环进行改进,如采用再热循环、回热循环等技术。再热循环是将汽轮机高压缸做功后的蒸汽重新送回锅炉再热器加热,然后进入汽轮机低压缸继续做功,这样可以提高蒸汽的做功能力,增加循环效率。回热循环则是利用汽轮机抽汽加热进入锅炉的给水,减少了锅炉的加热量,从而提高了循环效率。

1.2.3 热交换技术

热交换技术在电厂中广泛应用于各个环节,如锅炉中的省煤器、蒸发器、过热器等都是热交换设备。高效的热交换技术能够提高热量传递效率,减少热损失。新型的热交换器材料和结构设计不断涌现,例如采用微通道热交换器、强化

传热管等,可以增大传热面积,提高传热系数,从而更有效地实现热量的传递,提高能源利用效率。

2、电厂主要设备分析

2.1 锅炉

2.1.1 工作特点

锅炉是电厂中最重要的设备之一,其主要功能是将燃料的化学能转化为热能,用于产生蒸汽。现代大型锅炉通常采用煤粉炉或循环流化床锅炉。煤粉炉通过将煤粉喷入炉膛内进行悬浮燃烧,具有燃烧效率高、适应煤种范围广等优点。循环流化床锅炉则是利用流化技术,使煤粒在床料中呈流化状态燃烧,具有良好的脱硫、脱硝性能,对劣质煤的适应性强。锅炉的运行需要严格控制多个参数,如蒸汽压力、温度、水位等,以确保安全稳定运行。

2.1.2 现存问题

在实际运行中,锅炉存在一些问题。一方面,部分锅炉由于长期运行,受热面会出现结渣、积灰现象,影响热传递效率,导致锅炉热效率下降。另一方面,一些老旧锅炉的燃烧控制系统不够先进,无法根据负荷变化及时调整燃烧工况,造成燃料浪费和污染物排放增加。此外,锅炉的能耗较高,尤其是在低负荷运行时,能源利用效率明显降低。

2.2 汽轮机

2.2.1 工作特点

汽轮机是将蒸汽的热能转化为机械能的关键设备。它由静止部分和转动部分组成,蒸汽进入汽轮机后,在喷嘴中膨胀加速,形成高速气流冲击动叶片,使转子旋转。汽轮机具有功率大、效率高、运行平稳等优点,能够适应不同的发电负荷需求。根据蒸汽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,现代大型汽轮机通常采用多种形式相结合的方式设计,以提高效率和可靠性。

2.2.2 现存问题

汽轮机在运行过程中也面临一些挑战。例如,汽轮机的通流部分容易受到蒸汽中杂质的侵蚀和磨损,导致叶片表面粗糙度增加,影响蒸汽的流动和做功效率。同时,汽轮机的轴封系统如果密封不严,会造成蒸汽泄漏,不仅损失能量,还可能影响周围环境。另外,随着机组运行时间的增长,汽轮机的振动问题逐渐凸显,这可能是由于转子不平衡、轴承磨损等原因引起的,严重时威胁到设备的安全运行。

2.3 发电机

2.3.1 工作特点

发电机是将机械能转化为电能的设备,其工作原理基于电磁感应定律。常见的发电机有同步发电机和异步发电机,在电厂中主要使用同步发电机。同步发电机由定子、转子、端盖及轴承等部件组成,当汽轮机带动发电机转子旋转时,转子磁场与定子绕组之间产生相对运动,在定子绕组中感应出电动势,从而输出电能。同步发电机具有电压稳定、频率稳定等优点,能够满足电网对电能质量的要求。

2.3.2 现存问题

发电机在运行过程中可能出现的问题包括绝缘老化、绕组过热等。由于发电机长期处于高电压、大电流的运行环境中,绝缘材料会逐渐老化,降低绝缘性能,容易引发短路故障。绕组过热也是一个常见问题,这可能是由于负载过大、冷却系统故障等原因引起的,过热会影响发电机的效率和寿命,甚至导致设备损坏。

3、电厂设备优化策略

3.1 提高能源利用效率

3.1.1 锅炉优化措施

对于锅炉,首先要加强受热面的清洁维护,定期进行吹灰、除渣操作,保持受热面的清洁,提高热传递效率。其次,升级燃烧控制系统,采用先进的传感器和控制器,实时监测和调整燃烧工况,根据负荷变化自动优化燃料和空气的配比,实现精准燃烧,提高燃烧效率。此外,还可以对锅炉进行节能改造,如增加省煤器、空气预热器等设备,回收烟气中的余热,提高锅炉的整体热效率。

3.1.2 汽轮机优化措施

为提高汽轮机的能源利用效率,可对通流部分进行优化改造,采用先进的叶片设计和制造技术,减少蒸汽流动损失。同时,加强轴封系统的密封性能,采用新型的密封材料和结构,减少蒸汽泄漏。对于汽轮机的振动问题,要建立完善的振动监测系统,实时监测振动情况,及时发现并处理转子不平衡、轴承磨损等问题,确保汽轮机稳定运行,提高效率。

3.1.3 发电机优化措施

针对发电机,要优化冷却系统,确保绕组和铁芯得到良好的冷却,降低温度,提高发电机的效率。同时,合理安排发电机的运行负荷,避免长期过载运行,减少能量损耗。定期对发电机进行绝缘检测和维护,及时更换老化的绝缘材料,保证发电机的绝缘性能良好,减少漏电损失。

3.2 降低污染物排放

3.2.1 燃烧优化与污染物控制

在锅炉燃烧过程中,进一步推广和应用低氮氧化物燃烧技术,如分级燃烧、再燃技术等,降低氮氧化物的生成。同时,加强脱硫、脱硝和除尘设备的运行管理,确保其高效稳定运行。采用先进的脱硫工艺,如石灰石-石膏湿法脱硫,提高二氧化硫的脱除效率。对于脱硝,可采用选择性催化还原(SCR)或选择性非催化还原(SNCR)技术,将氮氧化物转化为无害的氮气。在除尘方面,采用高效的静电除尘器或布袋除尘器,降低粉尘排放。

3.2.2 废水处理与回用

电厂在运行过程中会产生大量的废水,如锅炉排污水、冷却水等。对这些废水进行合理处理和回用,可以减少水资源的浪费和对环境的污染。采用化学沉淀、过滤、反渗透等处理工艺,去除废水中的杂质、重金属离子等有害物质,使处理后的水质达到回用标准,可用于锅炉补水、冷却系统补水等。

3.3 增强设备可靠性

3.3.1 设备状态监测与故障诊断

建立完善的设备状态监测系统,利用传感器、数据采集器等设备,实时监测锅炉、汽轮机、发电机等主要设备的运行参数,如温度、压力、振动、转速等。通过数据分析和处理技术,对设备的运行状态进行评估和预测,及时发现潜在的故障隐患。采用故障诊断技术,如基于神经网络、专家系统等方法,准确判断故障类型和位置,为设备的维修和维护提供依据。

3.3.2 预防性维护策略

基于设备状态监测和故障诊断结果,制定科学合理的预防性维护策略。改变传统的定期维护模式,根据设备的实际运行状况确定维护时间和内容。对于运行状况良好的设备,可以适当延长维护周期;对于出现故障隐患的设备,及时进

行维修和更换零部件,避免故障扩大,提高设备的可靠性和使用寿命。

4、实际案例分析

4.1 某电厂锅炉优化案例

某电厂一台300MW煤粉锅炉,在运行过程中出现热效率下降、氮氧化物排放超标等问题。针对这些问题,电厂采取了一系列优化措施。首先,对锅炉受热面进行了全面的清洗和检查,更换了部分损坏的受热面管子,提高了热传递效率。其次,对燃烧器进行了改造,采用了新型的低氮氧化物燃烧器,并优化了燃烧控制系统,实现了燃料和空气的精准配比。经过改造后,锅炉的热效率提高了约3%,氮氧化物排放浓度降低了30%,取得了显著的经济效益和环境效益。

4.2 某汽轮机节能改造案例

某电厂一台600MW汽轮机,由于通流部分磨损和轴封泄漏等问题,导致机组效率下降。电厂对汽轮机进行了节能改造,对通流部分的叶片进行了修复和优化设计,提高了蒸汽的做功效率。同时,对轴封系统进行了改造,采用了新型的迷宫式轴封和先进的密封材料,有效减少了蒸汽泄漏。改造后,汽轮机的热耗率降低了约2%,发电效率得到了明显提高。

5、前沿技术对热能动力工程和电厂设备优化的推动

5.1 智能控制技术

随着人工智能技术的快速发展,智能控制在热能动力工程和电厂设备优化中得到了广泛应用。例如,采用神经网络、模糊控制等智能算法,可以实现对锅炉燃烧过程、汽轮机调速系统、发电机励磁系统等精确控制。智能控制系统能够根据设备的运行状态和外部环境变化,自动调整控制参数,实现最优的运行工况。同时,智能诊断系统可以利用大数据分析和机器学习技术,对设备的故障进行快速准确的诊断,提高设备的可靠性和维护效率。

5.2 新材料应用

新材料的不断涌现为电厂设备优化提供了新的机遇。在锅炉方面,耐高温、耐腐蚀的新型钢材和陶瓷材料的应用,可以提高锅炉受热面的使用寿命和性能。例如,一些高性能的合金钢可以承受更高的温度和压力,减少受热面的壁厚,降低设备重量,同时提高热传递效率。在汽轮机方面,新型的叶片材料和密封材料可以提高汽轮机的效率和可靠性。例如,采用钛合金叶片可以减轻叶片重量,提高叶片的强度和抗腐蚀性能;新型的密封材料可以有效减少蒸汽泄漏,提高机组的经济性。

结语

热能动力工程在电厂运行中起着至关重要的作用,而电厂设备的优化对于提高发电效率、降低污染物排放、增强设备可靠性具有重要意义。通过对锅炉、汽轮机、发电机等主要设备的深入分析,提出了一系列针对性的优化策略,包括提高能源利用效率、降低污染物排放、增强设备可靠性等方面。同时,结合实际案例验证了优化措施的有效性。此外,智能控制技术、新材料应用等前沿领域的发展为热能动力工程和电厂设备优化带来了新的契机。未来,随着科技的不断进步,我们应进一步加强对热能动力工程和电厂设备优化的研究和实践,推动电力行业向更加高效、环保、可靠的方向发展,以满足社会对电力日益增长的需求,实现电力行业的可持续发展目标。

【参考文献】

- [1] 电厂锅炉应用在热能动力的发展前景研究[J]. 徐二虎; 张磊; 张斌. 黑龙江科技信息, 2024 (32)
- [2] 新形势下电厂锅炉应用在热能动力的发展前景[J]. 高新玉. 黑龙江科技信息, 2024 (10)
- [3] 新形势下电厂锅炉应用在热能动力的发展前景[J]. 王楚鸿. 科技视界, 2023 (31)