

热电厂热能动力工程的性能合理运用分析

吴长勇

(华电湖北发电有限公司武昌热电分公司, 湖北 武汉 430000)

摘要 本文针对热电厂热能动力工程的性能合理运用进行分析,阐述了热电厂热能动力工程的基本原理与特点,然后从燃料特性、设备选型与运行参数优化、环境因素以及负荷变化等方面分析了影响其性能的关键因素。在此基础上,本文提出了一系列性能提升策略,包括燃料优化与清洁燃烧技术应用、高效热能动力设备选用与改造、智能控制系统开发与应用等,以期对提升热电厂热能动力工程的性能有所裨益。

关键词 热电厂; 热能动力工程; 性能优化; 清洁能源

中图分类号: TM62

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)10-0121-03

热电厂是现代社会不可或缺的能源供应设施,其热能动力工程的性能直接关系到能源利用效率、环境影响以及经济效益。然而,受到燃料特性、设备性能、运行工况、环境条件等多重因素的影响,热电厂热能动力工程的实际性能往往难以达到理想水平。如何在复杂多变的工况下充分发挥热电厂热能动力工程的效能,实现能源的高效清洁利用,已成为能源领域关注的重点课题。

1 热电厂热能动力工程的基本原理与特点

热电厂热能动力工程是以化石燃料或可再生能源为热源,通过热力循环将热能转化为机械能,并最终发电的过程。其基本原理是基于热力学第一定律和第二定律,利用工质在热源和冷源之间的温度差,通过膨胀做功实现能量转换^[1]。热电厂热能动力工程通常采用朗肯循环,即工质在锅炉中吸热汽化,在汽轮机中膨胀做功,然后在凝汽器中放热冷凝,最后由给水泵增压重新进入锅炉,完成一个完整的循环。

热电厂热能动力工程的特点包括:(1)大功率、高参数:热电厂装机容量大,汽轮机进口参数高,热效率相对较高;(2)复杂的系统构成:由锅炉、汽轮机、发电机、凝汽器、给水泵等多个子系统组成,系统内部能量转换和传递过程复杂;(3)燃料多样性:可以使用煤炭、天然气、生物质等多种燃料,燃料品质差异对系统性能影响显著;(4)运行工况多变:受电网负荷、环境条件等因素影响,热电厂运行工况多变,需要根据工况调整运行参数^[2];(5)环境影响显著:传统化石能源燃烧会产生大量废气、废水和固体废物,对环境产生显著影响,需要采取有效的污染防治措施。总之,热电厂热能动力工程是一个复杂的能量转换系

统,其性能受到热力循环、设备特性、燃料品质、运行工况、环境因素等多重因素的影响。

2 热电厂热能动力工程性能影响因素分析

2.1 燃料特性对热能动力工程性能的影响

燃料特性是影响热电厂热能动力工程性能的首要因素。燃料的热值、挥发分、灰分、水分、硫分等理化特性直接决定了锅炉的燃烧效率、热损失以及污染物排放水平。低质燃料热值低,挥发分少,灰分和水分含量高,燃烧不完全损失和热损失增大,锅炉效率下降。高硫燃料会导致设备腐蚀和废气污染加剧^[3]。此外,燃料的可磨性、可燃性、结渣特性等也会影响制粉系统和炉排的性能,进而影响锅炉运行的稳定性和安全性。燃料品质的波动会导致燃烧工况变化,需要及时调整运行参数以适应燃料特性,保证机组的经济性和环保性。因此,燃料特性是热电厂热能动力工程性能优化中必须重点考虑的因素。

2.2 设备选型与运行参数优化对性能的影响

热电厂热能动力工程涉及锅炉、汽轮机、发电机、凝汽器等一系列复杂设备,设备选型和运行参数的优化对于提升整个系统的性能至关重要。设备选型需要综合考虑燃料特性、负荷需求、环保要求等因素,选择高效、节能、环保的设备型号和参数。运行参数优化包括燃烧调整、汽水系统参数匹配、凝汽器真空度控制等,需要在保证安全可靠的前提下,根据实际工况和性能目标进行动态调整。先进的控制策略和智能优化算法的应用,可以实现运行参数的实时优化,提高设备效率和系统经济性。同时,设备的维护与管理也是影响性能的重要因素,科学的检修策略和状态监

测技术可以减少设备故障，延长设备寿命，保证长周期稳定运行。

2.3 环境因素（如气温、湿度等）对性能的影响

热电厂热能动力工程性能受到环境因素的显著影响，主要包括气温、湿度、大气压力等。环境温度影响汽轮机的背压和凝汽器真空度，气温升高会导致凝汽器背压升高，汽轮机排汽压力增大，做功能力下降，供电煤耗上升。环境湿度影响锅炉的燃烧和散热性能，高湿环境下锅炉散热损失增大，燃烧用空气含水量增加，燃烧不完全损失加剧。大气压力变化会影响锅炉的通风和燃烧，以及汽轮机的膨胀做功过程。

此外，环境因素还会影响电厂供水系统和冷却系统的性能，如海水温度升高会降低凝汽器换热效率，淡水资源短缺会限制机组出力等。因此，在热电厂的设计和运行中，必须充分考虑当地的气象条件和水资源状况，优化系统方案和调度策略，提高机组对环境因素的适应性。

2.4 负荷变化对热能动力工程性能的影响

电网负荷需求的变化会导致机组出力频繁调整，热工参数难以维持在最佳状态，系统效率下降。深度调峰运行时，锅炉和汽轮机长期在低负荷工况下运行，设备效率下降明显，油耗、水耗等能耗指标恶化。频繁启停机也会加剧设备的热应力和磨损，增加维护成本和故障风险。负荷的不确定性还会影响燃料采购和储运计划，可能导致燃料供应不足或积压。

因此，需要综合考虑负荷特性、调峰能力、运行成本等因素，优化机组容量配置和运行方式，提高系统的负荷适应性。

3 热电厂热能动力工程性能提升策略

3.1 燃料优化与清洁燃烧技术应用

首先，应根据机组特点和环保要求，优选热值高、硫分低、灰分少的优质燃料，如无烟煤、特低硫煤等，减少燃料用量和污染物排放。其次，推广应用先进的燃料预处理技术，如选煤、洗煤、配煤等，提高燃料品质的均匀性和稳定性。再者，采用清洁燃烧技术，如低氮燃烧、分段燃烧、富氧燃烧等，优化燃烧过程，降低氮氧化物、一氧化碳等污染物生成。同时，应用高效脱硫、脱硝、除尘设施，控制烟气中的硫氧化物、氮氧化物和颗粒物排放，满足日益严格的环保标准^[4]。此外，燃料掺烧技术也是一种有效的优化手段，通过掺烧生物质、污泥等可再生燃料，在保证燃烧稳定性的同时，降低化石燃料消耗和碳排放。燃料优化和清

洁燃烧技术的综合应用，可以显著提高锅炉热效率，减少燃料成本 and 环境影响，是实现热电厂绿色高效发展的必由之路。

3.2 高效热能动力设备的选用与改造

随着材料、制造、控制等技术的进步，一大批高参数、大容量、高效率的锅炉、汽轮机、发电机等设备不断涌现。选用超临界、超超临界机组，采用一次再热、二次再热等先进热力循环，可以显著提高热转换效率。大型空冷机组、海水直接冷却机组等的应用，可以突破水资源和环境容量的限制，拓宽电厂选址范围。老旧机组的节能改造也是提升性能的重要手段，如汽轮机通流改造、凝汽器真空度提升、高效电机替代等，可以在较低成本下取得明显的效率提升和煤耗降低。

此外，热电联产机组、煤气化联合循环发电系统等新型热能动力系统的应用，可以实现能源的梯级利用和转化，大幅提高综合利用效率。高效热能动力设备的合理选用和改造，是实现热电厂节能增效、提质增量的必然选择。

3.3 智能控制系统的开发与应用可实现运行参数的实时优化

智能控制系统的开发与应用是提升热电厂热能动力工程性能的必然趋势。传统的控制系统依赖于经验模型和定值设定，难以适应复杂多变的运行工况。而智能控制系统融合了先进的传感测试技术、数据分析挖掘技术、自适应控制算法等，可以实现运行参数的实时优化。通过大量传感器和数据采集装置，智能控制系统可以全面感知锅炉燃烧、汽水系统、发电机组等关键设备的运行状态，掌握负荷变化、环境条件等外部因素的动态信息。基于机理模型、历史数据挖掘、人工智能算法等，智能控制系统可以预测系统的动态特性，优化调整燃烧配风、给水温度、再热温度等关键控制参数，使系统在满足负荷需求的同时，保持在最佳效率区域运行。

此外，智能控制系统还可以实现故障诊断、寿命预测、智能决策等功能，提高系统的安全性、可靠性和经济性。智能控制系统代表了热能动力工程控制技术的发展方向，是实现热电厂灵活调节与智慧运行的核心支撑。

3.4 余热回收与梯级利用技术的应用

热电厂生产过程中，大量的低品位余热随烟气、排水、排汽等介质被排放，造成能源浪费和环境热污染。采用余热回收技术，如烟气余热回收、凝汽余热利用、

排水热回收等,可以将这部分废热进行回收利用,提高能源利用效率。例如,烟气余热回收可用于燃烧预热空气、锅炉给水加热等,每提高烟气温度 10 ℃,可节约约 0.5% 的燃料。凝汽余热可用于采暖、生活热水、海水淡化等,既可节能减排,又能创造可观的经济效益。梯级利用技术是按照能量品位从高到低的顺序,实现热能的多级串联利用,如高温烟气余热发电、中低温烟气余热制冷、低温烟气余热采暖等,最大限度地提升能源品质和利用价值。余热回收与梯级利用技术的推广应用,可以显著降低热电厂的供电煤耗和碳排放水平,是建设资源节约型、环境友好型电厂的重要抓手。

3.5 热电联产与分布式能源系统的整合

传统的热电厂多采用“以电定热”的运行方式,受电热负荷比例失衡、输配线路限制等因素制约,能源利用效率不高。发展热电联产,根据热需求灵活调整机组运行方式,可大幅提升综合能源利用效率,每年可节约大量的煤炭资源。在热电联产的基础上,进一步推动分布式能源系统的整合,通过优化冷、热、电、气等多种能源形式的梯级利用和协同互补,构建高效、清洁、智慧的综合能源网络^[5]。利用热电冷联供、电储能等先进技术,发挥不同能量品位的耦合互补效应,提高能源系统的灵活调节能力和综合利用水平。同时,积极推动工业余热、可再生能源、分布式能源的就地消纳和梯级利用,实现“源—网—荷—储”的协调优化,最大化能源利用效率和经济环保效益。热电联产与分布式能源系统的融合发展,是构建安全、经济、清洁、高效的现代能源体系的必然要求。

4 热电厂热能动力工程的未来发展趋势

4.1 清洁能源与可再生能源的应用前景

未来,热电厂将大力推广清洁燃煤技术,提高燃煤机组的环保水平,实现近零排放。同时,积极引入天然气、生物质等清洁燃料,降低化石能源消耗,缓解环境压力。在可再生能源利用方面,热电厂将探索太阳能光热发电、地热发电等新兴技术,提高可再生能源占比。利用储能设施和智能电网技术,优化新能源并网与调度,提升电厂可再生能源消纳能力。

此外,热电厂还将与风电、光伏等可再生能源形成互补耦合,建立“风光水火储”一体化能源基地,充分发挥各类能源优势,构建清洁、低碳、高效的现代能源体系。

4.2 智慧热电厂的建设与发展方向

智慧热电厂以数字化、网络化、智能化为特征,

利用物联网、云计算、大数据等技术,实现电厂的智慧感知、智慧分析、智慧决策和智慧执行。通过全面感知设备状态和生产过程,智慧热电厂可实时优化运行参数,提高能源利用效率。基于海量历史数据的深度挖掘,智慧热电厂能够精准预测负荷趋势,优化生产调度,降低能耗成本。未来,智慧热电厂还将打通上下游产业链,整合能源生产、输配、消费等环节,构建泛在互联、智慧协同的能源互联网,开创能源发展新局面。

4.3 能源互联网背景下热电厂的角色转变与机遇

能源互联网是以可再生能源为主体、以智能电网为载体、以信息通信技术为支撑,实现能源双向流动和智慧交互的现代能源体系。在能源互联网时代,热电厂将从单一的发电企业转变为综合能源服务商,成为链接能源生产与消费的枢纽^[6]。一方面,热电厂将从“源”的角度,利用多种能源形式实现热电冷联供,提供清洁高效的能源供应。另一方面,热电厂将从“荷”的角度,通过需求侧管理和柔性负荷调节,参与电网实时平衡与现货交易。

5 结束语

热电厂热能动力工程性能的合理运用是一个复杂的系统工程,需要从燃料、设备、运行、环境等多个维度进行优化。随着清洁能源与可再生能源的快速发展,智慧热电厂建设以及能源互联网技术的应用,热电厂热能动力工程必将迎来新的发展机遇与挑战。只有不断创新优化,提升能源利用效率,降低环境影响,热电厂才能在未来能源竞争格局中保持优势地位,为可持续发展贡献力量。

参考文献:

- [1] 刘艳. 热能与动力工程在热电厂中的应用[J]. 石河子科技, 2023(02):38-40.
- [2] 赖新熠. 火力发电中的热能动力装置维护与检测分析[J]. 集成电路应用, 2022,39(10):309-311.
- [3] 陈恒伟. 热电厂热能动力工程特性的应用分析[J]. 电子技术, 2020,49(12):72-73.
- [4] 齐盛. 论热电厂中热能与动力工程的改进方向[J]. 价值工程, 2020,39(22):108-109.
- [5] 赵进. 浅谈热电厂热能动力工程装置的检修维护[J]. 智能城市, 2020,06(10):247-248.
- [6] 张野. 基于提高热电厂热能与动力工程效力的措施[J]. 中外企业家, 2020(01):235.