

Analysis of Energy Saving and Consumption Reduction Technical Measures in Thermal Power Plants

Yuanhui Liu

Shanxi Huaxing Aluminum Industry Co., Ltd., Lvliang, Shanxi, 033600, China

Abstract

Coal-fired thermal power plants are the core pillar of China's energy system, undertaking important responsibilities such as power supply and centralized heating. They are also key enterprises for pollutant emissions and energy consumption. Under the "dual carbon" goal, coal-fired thermal power plants must set reducing energy consumption and improving energy utilization efficiency as their core development goals. Currently, some coal-fired thermal power plants, affected by factors such as equipment and processes, have experienced high energy consumption and energy waste, seriously restricting the efficient and energy-saving development of the thermal power industry. This article will focus on the boiler, steam turbine, and thermal cycle of coal-fired thermal power plants, deeply analyzing their current energy consumption status and proposing energy-saving and consumption-reducing technical measures. It is hoped to optimize the production process of coal-fired thermal power plants and promote their green and low-carbon transformation.

Keywords

coal-fired thermal power plant; energy-saving and consumption-reducing technology; low-carbon development

热电厂节能降耗技术措施分析

刘渊慧

山西华兴铝业有限公司, 中国·山西 吕梁 033600

摘要

燃煤热电厂是我国能源体系的核心支柱,承担着电力供应和集中供热的重要职责,也是污染物排放、能源消耗的重点企业。在“双碳”目标下,燃煤热电厂必须将降低能耗、提高能源利用效率作为核心发展目标。现阶段,部分燃煤热电厂受设备、工艺等因素影响,出现了高能耗、能源浪费的情况,严重制约了热电行业的高效、节能发展。下文将聚焦燃煤热电厂的锅炉、汽轮机、热力循环等核心系统,深入分析其能耗现状并提出节能降耗技术措施。希望能够优化燃煤热电厂的生产工艺,推动其绿色低碳转型。

关键词

燃煤热电厂; 节能降耗技术; 低碳发展

1 引言

燃煤热电厂是煤炭消耗与能源转换的重要载体,其能耗水平会影响到行业能源利用效率及碳排放强度。在“双碳”目标下,节能降耗已成为燃煤热电厂转型发展的必然要求。只有应用先进的节能技术、优化系统运行参数、完善管理模式等,才能提高燃煤热电厂的能源转化率,减少污染物排放。因此,本文基于热电厂生产实际,系统性分析各环节能耗痛点并提出针对性的节能优化路径是非常有必要的。

【作者简介】刘渊慧(1986-),男,中国山西吕梁人,本科,助理工程师,从事燃煤锅炉能耗研究及锅炉烟气净化处理研究。

2 燃煤热电厂的能耗现状及主要影响因素

2.1 燃煤热电厂的能耗现状

燃煤热电厂的主要燃料为煤炭,煤炭在锅炉中燃烧时会从化学能转化为热能,以此加热水产生高温高压蒸汽,蒸汽可以推动汽轮机旋转,带动发电机发电。汽轮机通过抽汽、排汽为工业生产与居民生活提供热源,实现热电联产。从能耗结构来看,燃煤热电厂的燃料消耗占比较大,一般用于锅炉燃烧产热。电力消耗占比较小,主要为厂用电耗。

当前,国内部分先进机组的供电煤耗在 300g 标准煤/kWh 以下,还有部分老旧、中小型机组的供电煤耗在 320g 标准煤/kWh 以上。其中,厂用电率较高,一些设备老化的电厂用电率甚至超过 12%。同时,锅炉排烟热损失、蒸汽管道散热损失等问题也十分常见。

2.2 能耗偏高的主要影响因素

第一，设备因素。部分燃煤热电厂建成时间较早，锅炉、汽轮机等重要设备的运行时间久，已经出现老化、磨损和性能衰减的情况。锅炉长期使用后受热面易积灰、结垢、漏风，燃烧器结构易受损，这会导致煤炭燃烧不充分，进而降低热效率；风机、水泵等重要设备老化后，运行效率会逐渐降低；热力管道保温层老化破损后会出现散热损失，这也会增加能源损耗。

第二，运行工艺因素。部分燃煤热电厂的锅炉运行参数设置不合理，导致风煤配比失调、炉膛温度不稳定等，这会造成煤炭不完全燃烧热损失、排烟热损失等；部分燃煤热电厂未根据负荷变化及时调整蒸汽参数，导致高负荷运行状态下的蒸汽压力和温度过低，低负荷运行状态下的参数超标，这也会造成能量浪费。第三，管理因素。部分燃煤热电厂采取了粗放型管理模式，并未建立完善等能耗监测与考核体系，无法实时监控、精准分析各环节的能耗数据；内部运行人员的操作水平偏低，缺少节能意识，不能遵循节能规程操作设备，进而造成了能源浪费；同时，日常的设备维护保养工作不到位，没有做好检修、故障排除等工作，导致设备运行效率持续降低，这也会产生恶性循环。^[1]

第四，技术与投入因素。部分燃煤热电厂受资金限制，无法及时应用高效燃烧、余热回收等先进的节能技术。日常对节能技术的研究、应用不到位，不能根据机组的实际运行情况调整节能方案，导致节能降耗工作无法有序进行。

3 燃煤热电厂的节能降耗技术措施

基于燃煤热电厂能耗较高的主要成因，下文将从设备升级、运行优化、管理提升和技术投入四个方面开展详细探究。

3.1 做好设备升级改造

燃煤热电厂在运行过程中离不开设备的支持，针对燃煤热电厂核心主机、热力设备老化及性能衰减等问题，必须做好设备升级改造，这样才能够实现节能增效。

第一，锅炉系统。锅炉系统是能量转化的核心，燃煤热电厂必须做好锅炉系统和配套节能设备的系统化改造，这样才能解决因锅炉老化出现的热效率较低的问题。针对老旧锅炉燃烧器结构落后，无法充分燃烧煤炭的情况，燃煤热电厂可将其更新为分级送风式高效低氮燃烧器，以此优化炉膛内部的火焰分布与燃烧场。这样能够提升煤炭燃烧效率，减少氮氧化物排放量；针对锅炉排烟热损失较大的情况，燃煤热电厂可直接在尾部烟道处安装低温省煤气和烟气冷却器。基于热力学换热原理，利用 120℃ -180℃ 的排烟余热加热锅炉给水，利用冷却器将其温度降低至 80℃ -90℃，这样能够提升锅炉热效率；同时，燃煤热电厂还可以配套安装在线声波-蒸汽复合吹灰设备，改变单一介质的吹灰方式。该设备能够结合受热面积灰程度自动启停吹灰程序，这个过程无需

人工操作就能全面清理受热面积灰，减少排烟热损失和受热面散热损失。

第二，汽轮机系统。燃煤热电厂要针对流通部分和密封系统开展升级改造，以此防止蒸汽泄露，提升热能转化效率。针对汽轮机通流部分易磨损、蒸汽流动涡流损失大的情况，燃煤热电厂可开展三维弯扭叶片改造，优化蒸汽流道型线。将传统的直叶片调整为三维弯扭叶片，这样就可以减少蒸汽流动阻力和涡流损耗；还可以将传统的迷宫汽封更换为蜂窝式新型汽封，能够缩小汽封间隙，减少级间漏汽损失，进一步提升汽轮机内效率。

第三，辅机与热力循环系统。燃煤热电厂的引风机、给水泵、循环水泵等辅机的功率大、耗电高，如果使用年限较长，就会出现低效、高能耗的情况。因此，燃煤热电厂可以统一安装高压变频控制系统，并将传统的异步电机替换为国家一级能效的高效永磁同步电机。这样机组就能够根据实际负荷需求随时调整电机转速，实现按需供电，这有利于提升节电效率；燃煤热电厂还要做好热力管道的升级改造工作。可利用纳米气凝胶等新型保温材料替代传统岩棉保温层，并将红外热成像检测技术应用在日常的管道阀门、法兰等部位的检查工作中。这样能够及时更换密封垫片，防止蒸汽泄露，减少蒸汽输送过程中的散热损失。^[2]

3.2 优化运行工艺

燃煤热电厂在优化运行工艺过程中要大力应用智能调控技术，并结合机组实际运行情况，做好锅炉、汽轮机、热力循环系统的智能化调控，这样才能挖掘各环节的节能潜力。

第一，锅炉系统。燃煤热电厂在优化锅炉系统时，要改变传统人工调节的粗放模式，利用智能燃烧调控技术精准把控各项运行参数。现阶段，这项技术已经大范围应用在 300MW 以上的热电联产机组中。燃煤热电厂只需在重要位置安装监测仪表和控制系统，就可以在线监测炉膛与烟道布设温度、氧量、飞灰含碳量等重要数据。以此建立燃烧优化模型，就可以自动调节给煤量、炉膛负压等各项参数。这能够降低煤炭不完全燃烧率，减少排烟热损失；燃煤热电厂还可以引入煤制智能掺烧技术，收集入厂煤炭的化验数据，利用专业算法模型优化各煤种的掺配比例。这样能发挥不同煤种的特性，避免劣质煤单独燃烧出现燃烧不充分的情况。

第二，汽轮机系统。燃煤热电厂在优化汽轮机时要改变传统定压运行方式，引入滑压运行与热电负荷协同调控技术。只需结合机组负荷和供热需求变化，在 50% -80% 低负荷区间滑压运行，就能让机组处在高效运行区间。这有利于减少汽轮机调门节流损失和机组热耗。针对热电联产机组，可优化抽汽调节模式。即根据热网负荷及时调整抽汽量，防止蒸汽排空浪费。这个过程可以实现以热定电、电热协同；针对冷端系统可以应用凝汽器真空智能调控和胶球在线清洗技术。一方面，燃煤热电厂可以安装真空在线监测装置和

循环水变频调节系统,实时监测循环水的温度与机组负荷。在此基础上动态调整循环水泵转速和冷却水量,严格把控凝汽器真空度,这有利于减少供电煤耗。另一方面,燃煤热电厂可以利用胶球在线清洗装置不间断清洗凝汽器铜管。这样能够避免铜管内部出现水垢、杂物等,进而稳定换热效率。

第三,辅机与热力循环系统。燃煤热电厂的辅机数量众多,耗电量大,可在多台并联运行的风机、水泵等辅机上搭建智能联动控制系统。该系统能够根据机组负荷及时启停设备、调整各项设备的运行参数,防止部分设备低效空载运行。该系统不需要增加大型硬件,只需在现有的DCS控制系统上搭建即可。此外,燃煤热电厂还可以将智能料位控制与变频调节技术应用在磨煤机中。在加料区安装在线监测装置,实时监测内部煤量,自动调整给煤量和转速,避免出现过度研磨或空载运行的情况。这既能提升煤粉稳定度,又可以提升锅炉燃烧效率;燃煤热电厂还要做好热力循环系统的余热回收工作,可以运用余热梯级回收与热泵利用技术回收锅炉排污水、循环水、汽轮机疏水余热。这需要安装余热换热器、吸收式热泵等设备,以便更好的利用低品位余热加热锅炉给水、热网回水等。还可以应用密闭式回收与增压回用技术回收凝结水与疏水。这个过程需在热电联产机组安装回收管路、增压泵和净化装置。之后遵循热力循环工质回用规范,利用密闭管路回收汽轮机凝结水、加热器高温疏水等。将其进行除氧与净化处理后送入锅炉,就能减少直接排放造成的热损失和水资源浪费。^[1]

3.3 开展精细化管理

燃煤热电厂只有结合生产实际,建立完善的精细化管理体系,并引入智能化管理技术,才能确保节能技术顺利落地。

燃煤热电厂要建立全员参与的节能责任体系,把供热、供电能耗与厂用电率等重要指标分解给班组、个人,将其与绩效考核挂钩。明确各岗位的职能职责,强化工作人员的节能意识;燃煤热电厂要建立在线溯源管理系统。利用物联网技术设置智能计量终端,实时采集燃煤入厂后在各环节的能耗数据,改变人工抄表、统计的工作模式。以便及时发现管道泄漏、设备空载、参数异常的情况,并结合各环节的能耗数据生成诊断报告,及时发送给相关班组。这样能够实现精准管控,减少能耗;燃煤热电厂还要应用设备智能巡检和预

防性维护技术,借助红外热成像仪、超声波泄露检测仪等完成巡检工作。这样可及时排查管道散热、蒸汽泄漏问题,并根据设备故障情况建立预警模型,为后续的设备维护、保养提供依据。

3.4 加大技术创新与投入力度

燃煤热电厂要加大节能技术研发力度,推动传统设备改造升级,深入挖掘设备的节能潜力,这样才能形成长效节能机制。

燃煤热电厂要投入更多资金做好智能化低碳节能新技术研发工作,支持技术人员整合锅炉燃烧、汽轮机运行重要系统,利用人工智能算法建立多目标优化模型。并结合热负荷、环境温度等变量,做好全系统参数联动调控,提升机组整体的节能效率;燃煤热电厂还要积极推进CCUS碳捕集利用与节能协同技术的试点应用工作。争取在节能降耗的同时实现碳减排;燃煤热电厂还要创新节能技术投入模式,设立专项节能技改资金。将其应用在余热深度利用、工业互联网能源管控等项目投资工作中,通过短期投资获取更多资金;燃煤热电厂日常要加大与科研院所和高校的合作力度,共同建设节能技术研发实验室。

4 结语

节能降耗已成为燃煤热电厂转型发展的必然趋势,这项长期性工作包含设备升级改造、优化运行工艺、精细化管理、技术创新等四方面。其中,设备升级是筑牢节能硬件基础的必然路径,要做好锅炉、汽轮机等系统的硬件升级,这有利于解决因设备老化、效率低造成的诸多问题。优化运行工艺是挖掘各环节节能潜力的有效手段,能够快速实现节能降耗。精细化管理能够保障各项节能措施顺利落地,避免出现管理漏洞。技术创新则能够推动节能工作朝着智能化、高效化的方向发展。这些举措能够助力燃煤热电厂快速达成节能降耗目标,推动其朝着绿色低碳的方向转型。

参考文献

- [1] 蔡晓艳. 热电厂节能与环保控制技术研析[J]. 电力设备管理,2025,(24):265-267.
- [2] 陈龙宇,丁翁星. 热电厂集控运行节能降耗技术研究[J]. 电力设备管理,2025,(14):273-275.
- [3] 邱奇,郝再兴,陈茂兴,等. 热电厂热网循环水泵节能改造研究[J]. 现代工业经济和信息化,2025,15(07):162-165.