

火电厂集控运行节能降耗技术

杨 洋

宁夏电投永利能源有限公司 宁夏 银川 750000

摘 要: 火电厂作为能源消耗核心领域,集控运行效率直接影响节能效果与经济效益,优化集控运行技术是实现节能降耗的关键路径。本文聚焦火电厂集控运行场景,分别从锅炉系统、汽轮机系统、机炉电协同系统及电厂辅助系统入手,阐述各系统节能降耗核心技术,重点分析燃烧优化、参数调控、协同联动等关键技术的应用逻辑与实施方式,整合各系统节能技术要点,形成全方位的集控运行节能体系,可有效降低火电厂能源损耗,提升能源利用效率,为火电厂集控运行节能降耗实践提供技术支撑,助力火电厂实现高效低碳运行。

关键词: 火电厂;集控运行;节能降耗;燃烧优化;协同控制

引言

火电厂作为我国电力供应的重要支撑,运行过程中存在大量能源消耗与热量散失问题。集控运行模式通过分散控制系统对锅炉、汽轮机、电气及辅助系统实施统一监测与协调管控,为节能降耗提供了系统化技术路径。燃烧参数偏离、受热面积灰结渣、汽轮机通流损失及辅机低效运行均是导致能耗偏高的关键因素。依托集控平台实施燃烧优化、参数精细调控与多系统协同联动,能够有效压缩各环节能量损耗,推动火电厂运行效率持续提升,助力电力行业绿色低碳转型。

1 锅炉系统集控运行节能降耗技术

1.1 锅炉燃烧优化控制技术

燃烧参数精准调控技术依托集控系统的实时监测功能,对锅炉燃烧过程中的温度、压力、氧量等关键参数进行动态调节,通过精准把控参数波动范围,保障燃烧过程处于最优热力学状态,减少能源损耗^[1]。燃烧方式优化技术基于锅炉燃烧原理,结合燃料特性调整燃烧工况,优化火焰形态与燃烧区域分布,提升燃料在炉膛内的燃烧均匀性,降低未完全燃烧损失,实现燃烧效率的稳步提升。燃料适配控制技术通过分析燃料的热值、挥发分、灰分等特性指标,通过集控系统调整燃料供给量与供给节奏,使燃料特性与锅炉燃烧系统相适配,避免因燃料与燃烧系统不匹配导致的能源浪费,保障燃烧过程稳定高效。

1.2 锅炉受热面清洁控制技术

受热面积灰、结渣防控技术依托集控系统对受热面温度场与烟气流动状态的连续监测,及时捕捉积灰、结渣隐患信号,采用在线吹灰等精准调控手段,有效清除受热面表面的积灰与结渣,避免受热面传热阻力增加,使排烟温度控制在120℃至140℃之间,确保受热面传热

性能稳定。该技术基于传热学基本原理,通过实时监测数据精准判断积灰、结渣程度,合理调整吹灰时机与强度,在保障清洁效果的同时,减少吹灰过程中的能源消耗,避免过度吹灰对受热面造成损伤。受热面换热效率提升控制技术以强化传热理论为指导,通过优化受热面运行参数,调整烟气流速与介质流动状态,强化受热面与烟气、介质之间的热交换过程,减少热量散失,确保受热面始终保持良好的换热性能。通过优化烟气流路路径与介质循环速度,提升热量传递效率,减少传热过程中的能量损耗,为锅炉高效运行提供坚实保障,进一步完善锅炉受热面节能调控体系。

1.3 锅炉辅机运行优化技术

送风机、引风机运行调控技术结合锅炉燃烧负荷的动态变化,通过集控系统协调风机转速与出力,动态调整风机运行状态,避免风机长期处于低负荷高耗能运行工况,有效降低风机运行能耗。该技术基于流体力学与电机节能理论,通过精准匹配风机出力与燃烧需求,减少风机无用功消耗,提升风机运行效率,同时保障锅炉燃烧所需的空气量稳定供给。一次风机、二次风机负荷匹配技术通过集控系统精准调节两种风机的出力分配,使一次风与二次风的比例严格符合燃烧需求,保障燃料与空气充分混合燃烧,减少风机无效能耗,同时避免因配风比例失衡导致的燃烧效率下降。锅炉给水泵运行优化技术结合锅炉给水需求,通过集控系统灵活调整给水泵的运行台数与转速,优化给水压力与流量调控精度,减少给水泵节流损失,提升给水系统运行效率。通过精准匹配给水量与锅炉蒸发量,避免过量给水或给水不足引发的能源浪费,进一步降低锅炉辅机系统的整体能耗,推动锅炉系统实现全方位节能降耗。

2 汽轮机系统集控运行节能降耗技术

2.1 汽轮机运行参数优化控制

主蒸汽参数调控技术以汽轮机热力循环理论为支撑,通过集控系统搭建的实时监测与调节平台,对主蒸汽温度、压力实施动态闭环管控,严格约束参数偏离设计值的波动区间,最大限度降低蒸汽在通流部分的不可逆损失,充分释放蒸汽做功潜能^[2]。再热蒸汽参数优化技术聚焦再热蒸汽吸热效率与后续做功性能的内在关联,通过集控系统优化再热蒸汽温度调节逻辑,精准把控再热蒸汽升温速率与稳定状态,提升再热蒸汽品质的同时,强化蒸汽在中低压缸的膨胀做功能力,进一步缩减能量损耗。排汽参数调控技术依托集控系统对凝汽器真空度的连续监测与动态调控,合理管控排汽压力与温度,有效降低排汽余速损失,提升排汽余热回收利用率,为汽轮机长期高效稳定运行筑牢基础,推动汽轮机系统节能降耗水平提升。

2.2 汽轮机间隙与密封优化控制

汽封间隙精准控制技术基于汽轮机通流间隙与漏汽损失的量化关联规律,通过集控系统实时捕捉汽封运行状态数据,采用精准调节手段将汽封间隙控制在设计最优范围,有效抑制蒸汽在间隙处的泄漏现象,减少漏汽引发的能量损耗,保障汽轮机通流效率。轴封蒸汽调控技术结合轴封密封机理,通过集控系统优化轴封蒸汽供给压力与流量的调节策略,在确保轴封密封可靠性、防止空气渗入的前提下,减少轴封蒸汽消耗量,规避蒸汽泄漏对汽轮机运行效率的不利影响,实现密封性能与节能效益的双向提升,完善汽轮机间隙与密封的节能调控体系。

2.3 汽轮机辅机运行优化技术

凝结水泵运行调控技术结合汽轮机凝结水回收系统的运行特性,通过集控系统动态匹配凝结水泵运行转速与出力,优化凝结水输送压力与流量的调控精度,减少凝结水泵运行过程中的节流损失与无用功消耗,显著提升凝结水系统运行效率。循环水泵负荷优化技术紧扣凝汽器换热需求与汽轮机排汽冷却要求,通过集控系统灵活调节循环水泵运行台数与转速,实现循环水流量与冷却需求的精准适配,在降低循环水泵运行能耗的同时,保障凝汽器换热效果稳定。给水泵汽轮机运行优化技术针对给水泵驱动工况需求,通过集控系统优化给水泵汽轮机的进汽参数与运行状态,提升驱动效率,减少给水泵汽轮机自身能源消耗,进一步完善汽轮机辅机系统节能调控体系,助力汽轮机整体实现节能降耗目标。

3 机炉电集控协同运行节能降耗技术

3.1 机炉电协调控制技术

负荷指令精准分配技术以火电厂整体节能降耗目标为核心导向,依托机炉电各系统的运行特性与能耗分布规律,通过集控系统搭建的负荷分配调控平台,对全厂负荷指令进行科学拆解与合理分配^[3]。该技术规避单一系统负荷过载或长期低效运行的问题,通过精准匹配各系统负荷承载能力与运行效率,让锅炉、汽轮机、电气系统各自运行在适配负荷区间,有效提升全厂能源利用效率,其技术支撑源于火电厂单元机组协调控制理论与能量平衡原理。机炉电参数协同调控技术立足机炉电系统间的热力学关联与耦合特性,通过集控系统构建多系统参数联动调控机制,优化锅炉燃烧参数、汽轮机运行参数及电气系统输出参数的调控节奏,消除各系统参数调控脱节引发的能量损耗,化解系统间协同运行的矛盾,推动机炉电系统形成高效联动、协同发力的运行模式,助力全厂实现节能降耗目标。

3.2 集控运行负荷优化技术

变负荷运行调控技术针对电网负荷动态波动的实际需求,通过集控系统优化机组变负荷响应机制,合理调控变负荷速率与幅度,在保障机组运行稳定性的基础上兼顾节能效益。该技术通过精准把控负荷变化过程中的参数调整节奏,避免参数波动过大导致的能量浪费,确保机组在负荷升降过程中始终维持高效运行状态,同时降低负荷变化对设备寿命的影响,其技术逻辑贴合火电厂变负荷运行的热力学特性。低负荷稳燃节能控制技术聚焦机组低负荷运行工况下的能耗痛点,通过集控系统优化锅炉燃烧调控方式与汽轮机运行参数,优化燃料供给与燃烧工况,在确保锅炉稳燃、避免熄火隐患的基础上,减少低负荷工况下的燃料消耗与能源损耗,有效解决低负荷运行时效率偏低、能耗偏高的行业共性问题,进一步拓展机组节能运行的负荷范围。

3.3 集控系统自动化调控优化技术

自动化控制逻辑优化技术基于集控系统长期运行经验与自动控制理论,对原有控制逻辑进行优化完善,删减冗余控制环节,优化控制算法与调控路径,提升控制逻辑的合理性与精准度。该技术减少因控制逻辑不合理、调控滞后导致的能源损耗,增强集控系统对各设备、各系统的精准调控能力,让调控指令更贴合实际运行需求,提升系统运行的协调性与高效性。运行参数实时调控技术依托集控制系统的实时监测与数据分析功能,对机炉电各系统的运行参数进行连续采集、分析与研判,及时捕捉参数偏离最优区间的细微趋势,通过自动化调控手段快速调整参数,确保各系统运行参数始终维持在最优范围^[4]。该技术实现各系统参数的动态平衡与高效协同,减

少人工干预带来的调控偏差,进一步提升集控运行的节能降耗水平,完善机炉电协同节能的技术体系。

4 电厂辅助系统集控运行节能降耗技术

4.1 循环水系统节能控制技术

循环水流量优化调控技术以循环水系统热交换效率与能耗平衡为核心,依托集控系统对汽轮机凝汽器换热需求、环境温度等关键因素进行连续监测与动态分析,通过变频调节等精准手段调整循环水泵的运行转速与出力,实现循环水流量与凝汽器冷却需求的精准适配。该技术可有效减少循环水泵在非最优工况下的无用功消耗,降低水泵运行能耗,同时保障凝汽器真空度稳定,为汽轮机高效运行提供支撑,其技术原理源于热力系统传热优化与流体力学控制理论,是电厂循环水系统节能的核心手段之一。冷却塔运行优化技术聚焦冷却塔换热效率提升与能耗控制,通过集控系统实时监测冷却塔进水温度、出水温度及环境风速等参数,优化冷却塔风机运行状态与淋水密度,调整填料换热角度,减少冷却塔内水蒸汽散失与风机能耗,提升冷却塔换热效率,确保循环水冷却效果满足系统运行要求,进一步完善循环水系统节能调控体系。

4.2 除氧系统节能优化技术

除氧器压力、温度调控技术基于热力除氧原理,通过集控系统对除氧器内压力与温度实施闭环调控,严格把控参数运行范围,确保除氧器内水与蒸汽充分接触,彻底去除水中溶解氧,避免氧腐蚀对设备造成损害,同时减少因除氧参数偏离导致的能源浪费。该技术通过优化压力与温度调节策略,在保障除氧效果的前提下,降低蒸汽消耗量,提升除氧系统能源利用效率,契合电厂节能降耗的整体需求。除氧系统补水优化技术结合除氧器运行工况与锅炉给水需求,通过集控系统精准调控补水量与补水时机,优化补水水质处理流程,避免过量补水导致的热量损失与水资源浪费,同时减少补水系统运行能耗。通过合理匹配补水量与除氧器处理能力,可有效提升除氧系统运行稳定性,降低系统整体能耗,为锅炉给水系统高效运行提供保障^[5]。

4.3 烟气处理系统节能控制技术

烟气脱硫系统运行优化技术立足烟气脱硫工艺特性与节能需求,通过集控系统优化脱硫剂供给量与反应温度,调整吸收塔内浆液浓度与喷淋强度,提升脱硫反应效率,减少脱硫剂浪费与动力消耗。该技术通过精准调控脱硫系统运行参数,在确保脱硫效率满足环保要求的前提下,降低脱硫泵、风机等辅机设备的运行能耗,减少脱硫过程中的能源损耗,其技术支撑源于烟气脱硫工艺优化与化工反应动力学理论。烟气脱硝系统负荷匹配技术针对锅炉负荷波动导致的烟气流速与污染物浓度变化,通过集控系统动态调整脱硝系统的催化剂活性与反应条件,优化脱硝剂喷射量,实现脱硝系统运行负荷与锅炉排烟负荷的精准适配。该技术可有效避免脱硝系统在低负荷工况下的高耗能运行状态,减少脱硝剂消耗与设备磨损,提升脱硝系统运行效率,同时降低烟气处理系统的整体能耗,推动电厂辅助系统实现全方位节能降耗。

结束语

集控运行技术贯穿火电厂锅炉、汽轮机、机炉电协同及辅助系统各环节,通过燃烧参数精准调控、蒸汽参数闭环管控、辅机变频运行、负荷协调分配等手段,可有效降低机组运行过程中的各类能源损耗。各系统间的协同优化与自动化调控逻辑完善,进一步提升了全厂能源利用效率。持续深化集控运行节能技术的应用与参数精细化管理,将推动火电厂在保障运行安全稳定的基础上,实现综合能耗的系统性降低,为电力行业节能降耗目标的达成提供有力的技术保障。

参考文献

- [1]刘勇刚.火力发电厂集控运行节能降耗技术措施探析[J].灯与照明,2025,49(01):167-169+173.
- [2]冯雨杰.火电厂集控运行节能降耗技术研究[J].城市建筑空间,2024,31(S2):137-138.
- [3]王庆黎.火电厂集控运行节能降耗技术策略与应用[J].中国高新科技,2024,(22):80-82.
- [4]李鸣.火电厂节能降耗技术分析及应用[J].科技创新与应用,2024,14(19):167-170.
- [5]孙一源.火电厂电气节能降耗问题与技术措施实践分析[J].电力设备管理,2024(07):66-68.