

火力发电集控运行节能优化策略研究

艾鑫

江西赣能股份有限公司丰城发电厂 江西 宜春 336000

摘要: 火力发电集控运行对能源利用效率影响重大。本文解析集控运行系统构成、核心流程及与节能的关联,深度剖析能耗设备、环节、影响因素及现存问题。构建节能优化策略,涵盖设备、控制、管理与技术创新层面,并阐述实施步骤、资源配置、风险管理及持续改进机制。通过系统优化,可提升火力发电能源利用效率,降低能耗,增强企业竞争力,推动火力发电行业可持续发展。

关键词: 火力发电;集控运行;节能优化;策略实施

引言:火力发电在我国能源结构中占据重要地位,但高能耗问题制约其可持续发展。集控运行系统作为火力发电的核心,对能源利用效率起着关键作用。当前,火力发电集控运行在能耗方面存在诸多问题,如能源利用效率偏低、能耗分布失衡等。深入研究集控运行节能优化策略,挖掘节能潜力,提高能源利用效率,降低发电成本,对于火力发电企业提升竞争力、实现可持续发展以及推动我国能源结构优化具有重要意义。

1 火力发电集控运行系统解析

1.1 集控运行系统构成

火力发电集控运行系统以硬件设备与软件模块的协同为基础,构建起覆盖全流程的自动化控制网络^[1]。硬件层面,500-1000个传感器网络分布于发电系统的关键节点,实时采集温度、压力、流量等物理参数,为运行控制提供基础数据支撑;执行器则根据控制指令完成阀门开度调节、风机转速调整等操作,确保设备运行状态与设定值一致;控制器作为核心决策单元,通过算法处理传感器数据并生成控制信号,实现对锅炉燃烧、汽轮机做功等过程的动态优化。软件架构方面,监控系统承担数据整合与可视化任务,将分散的硬件信号转化为直观的运行图谱,帮助操作人员快速掌握系统状态;数据分析平台则基于历史数据与实时信息,通过机器学习模型挖掘运行规律,为参数优化提供科学依据。两类软件模块通过标准化接口实现数据交互,形成“感知-分析-决策-执行”的闭环控制链条,支撑集控系统的高效运行。

1.2 核心运行流程

燃料处理与输送流程中,原煤经破碎、筛分后进入磨煤机研磨成粉,通过一次风输送至锅炉燃烧器,为燃烧过程提供稳定燃料供应。锅炉燃烧与蒸汽产生流程中,煤粉与空气混合后在炉膛内燃烧,释放的化学能转化为高温烟气热能,加热锅炉水冷壁中的工质,使其依

次经历预热、汽化、过热阶段,最终生成压力为25-30兆帕、温度为540-600摄氏度的高压过热蒸汽。汽轮机做功与电力生成流程中,高温高压蒸汽推动汽轮机转子旋转,将热能转化为机械能;转子通过联轴器驱动发电机转子切割磁感线,完成机械能到电能的转换。废气处理与排放流程中,锅炉尾部烟气依次经过脱硝、除尘、脱硫装置,去除氮氧化物、粉尘及二氧化硫等污染物,达标后通过烟囱排入大气,实现清洁排放目标。

1.3 集控运行与节能的关联

集控系统通过精确控制燃料供给量、空气配比及蒸汽参数,实现燃烧过程的动态优化,避免因过量配风或燃料不完全燃烧导致的热损失,提升能源转化效率。在设备运行层面,集控系统根据负荷需求实时调整汽轮机进汽量、给水泵转速等关键参数,减少设备空转或过载运行造成的电能损耗,降低厂用电率。系统稳定性方面,集控系统通过快速响应参数波动、自动隔离故障设备等功能,减少非计划停机次数,保障发电系统连续稳定运行,避免因启停操作导致的能源浪费。此外,集控系统对辅助系统的协同控制,如优化循环水泵运行方式、调整制粉系统启停策略等,进一步挖掘节能潜力,推动火力发电向高效清洁方向转型。

2 火力发电集控运行能耗深度剖析

2.1 能耗设备识别

火力发电系统的能源消耗集中于锅炉、汽轮机与发电机三大核心设备^[2]。锅炉作为能量转换的初始环节,通过燃料燃烧将化学能转化为热能,其能耗占比在整体流程中居于首位,主要消耗于燃料预热、燃烧组织及烟气排放等过程。汽轮机承担热能向机械能的转化任务,能耗集中于蒸汽膨胀做功阶段,受蒸汽参数、通流效率及密封性能等因素影响显著。发电机将机械能转化为电能,虽自身效率较高,但配套的冷却系统、励磁装置等

辅助设备仍会消耗部分能量。三大设备通过能量传递链紧密关联,任何环节的效率波动均会通过级联效应影响整体能耗水平。

2.2 能耗环节分析

燃料燃烧环节的能耗主要源于燃烧不充分与热损失。燃料粒度不均、空气配比失调或炉膛温度偏低,均会导致化学能未完全释放,过量空气会增大排烟热损失。蒸汽传输与转换环节中,蒸汽从锅炉出口至汽轮机入口的压降与温降是关键能耗点,管道保温缺陷、阀门内漏及蒸汽湿度超标等问题会加剧能量散失。汽轮机内部通流部分的设计缺陷或结垢积盐,会增大蒸汽流动阻力,降低做功能力。电力生成与传输环节的能耗集中于发电机定子绕组铜损、铁芯铁损及变压器空载损耗,这些损耗与设备负载率、功率因数等运行参数密切相关,负载率过低或功率因数偏离额定值均会增大无功损耗。

2.3 能耗影响因素

设备性能与老化程度对能耗具有决定性影响。锅炉受热面结焦、汽轮机叶片磨损或发电机绝缘老化等问题,会显著降低设备效率,增加单位产出的能源消耗。运行参数设置与调整的合理性直接影响能耗水平,例如锅炉氧量设定过高会增大排烟损失,汽轮机主蒸汽温度偏低会降低循环效率,发电机功率因数偏离额定值会增加无功损耗。环境条件通过影响设备运行状态间接作用于能耗,环境温度升高会降低冷却系统效率,增加厂用电消耗;空气湿度变化会影响燃料干燥程度,进而影响燃烧稳定性与热效率,潮湿环境还可能加剧设备腐蚀,缩短维护周期。

2.4 能耗问题总结

当前集控运行中,能耗过高问题主要表现为能源利用效率偏低与能耗分布失衡。锅炉燃烧效率未达设计值、汽轮机通流部分效率衰减、发电机冷却系统能耗偏高等问题普遍存在,导致全厂热效率低于行业先进水平。能耗分布失衡则体现为辅助系统能耗占比过高,制粉系统、给水泵等设备因调节滞后或运行方式不合理,造成大量电能浪费。此外,集控系统对多参数协同控制的不足,使得设备无法始终运行于最优工况,进一步加剧了能源损耗,成为制约节能降耗效果的关键因素。

3 火力发电集控运行节能优化策略构建

3.1 设备优化策略

锅炉燃烧优化需聚焦燃料与空气的混合过程,通过动态调整一次风与二次风配比、优化燃烧器喷口结构,强化燃料在炉膛内的充分燃烧,减少化学不完全燃烧与机械不完全燃烧损失^[1]。汽轮机通流部分改造可针对叶片

型线进行流体力学优化,降低蒸汽流动阻力,同时采用新型密封技术减少级间漏气,提升蒸汽做功效率。发电机效率提升需从材料与冷却方式入手,选用低损耗硅钢片降低铁芯涡流损耗,优化氢冷或水冷系统布局增强散热效果,确保发电机在额定工况下稳定输出电能。

3.2 控制优化策略

引入模型预测控制算法可基于系统动态模型预测未来工况变化,提前调整锅炉燃烧速率、汽轮机进汽量等关键参数,避免因参数滞后调节导致的能源浪费。自适应控制算法能根据燃料品质波动、环境温度变化等实时修正控制策略,维持设备运行于最优效率区间。优化控制逻辑需结合设备特性重构控制回路,例如将锅炉氧量控制由单回路调节改为串级控制,提升响应速度与稳定性。设备间协同控制通过集控系统整合锅炉、汽轮机、发电机的运行数据,实现燃料供给与蒸汽需求的动态匹配,减少因负荷波动引发的能量损耗。

3.3 管理优化策略

能源管理体系构建需以节能目标为导向,制定覆盖设计、运行、维护全周期的管理规范,明确各部门在能源管理中的职责与考核标准。建立完善的能源管理体系是实现火力发电节能目标的重要保障。从设计阶段开始,就要考虑节能因素,优化设备选型和系统布局;在运行阶段,要严格按照管理规范进行操作,确保设备高效运行;在维护阶段,要及时对设备进行检修和保养,保证设备的性能稳定。明确各部门的职责与考核标准,可以增强员工的节能意识,形成全员参与节能的良好氛围。能源计量与监测需在关键能耗节点部署高精度计量装置,实时采集燃料消耗、蒸汽流量、厂用电量等数据,通过数据分析平台识别能耗异常点,为优化调整提供依据。节能考核与激励机制可将单位发电量能耗、设备效率等指标纳入员工绩效评价体系,对达成节能目标的团队或个人给予物质奖励,强化全员节能意识。

3.4 技术创新策略

新能源融合可探索太阳能光热辅助加热锅炉给水、风能驱动厂内辅助设备 etc 应用场景,降低化石燃料消耗比例。新能源的融合为火力发电节能提供了新的思路和途径。太阳能光热辅助加热锅炉给水可以利用太阳能的免费能量,减少对传统化石燃料的依赖;风能驱动厂内辅助设备可以降低厂用电消耗,提高能源利用效率。通过探索这些应用场景,可以实现火力发电与新能源的有机结合,推动火力发电向更加清洁、高效的方向发展。新型节能技术研发需聚焦余热深度利用,例如通过有机朗肯循环回收汽轮机排汽余热,或利用烟气冷凝技术提

取低温位热能。智能化技术应用可依托大数据分析挖掘设备运行规律,构建数字孪生模型模拟不同工况下的能耗表现,辅助制定最优运行策略;人工智能算法则能自动识别能耗波动模式,动态优化控制参数,实现节能管理的智能化升级。

4 节能优化策略的实施与保障机制

4.1 实施步骤规划

节能优化策略需以分阶段推进的方式落实^[4]。初期应开展现状诊断与目标设定,通过数据采集与系统分析明确当前能耗水平及优化潜力,结合企业战略规划制定量化的节能目标,诊断周期约为1-2个月。中期聚焦策略分解与任务分配,将总体目标拆解为设备改造、控制逻辑优化、管理流程重构等具体任务,明确各任务的责任部门、技术路线与完成时限,任务分解周期约为1个月。后期进入实施与验证阶段,按照既定计划推进技术改造与系统调试,同步建立能耗监测体系,实时跟踪优化效果,实施周期约为6-12个月。各阶段需设置关键节点评审机制,确保实施方向与预期目标保持一致,评审周期约为1-2周。

4.2 资源配置与保障

资源保障是策略落地的关键支撑。人力资源方面,需组建跨专业实施团队,涵盖热能工程、自动化控制、能源管理等领域技术人员,团队规模约为10-20人,并通过专项培训提升团队对节能技术的掌握能力,培训时长约为1-2周。物力资源需提前储备改造所需的设备、材料与工具,例如高效燃烧器、智能传感器等关键部件,确保供应周期与实施进度匹配,设备储备数量根据改造规模确定,一般不少于5-10套。财力资源应建立专项预算,覆盖技术改造、系统开发、人员培训等全流程成本,预算金额根据企业规模和改造难度设定,一般为100-500万元,并通过成本效益分析优化资金分配。资源调配需建立动态管理机制,根据实施进度与突发需求灵活调整人力、物力投入,避免因资源短缺导致项目停滞。

4.3 风险管理与应对

实施过程可能面临多重风险。技术风险包括新设备与现有系统的兼容性问题、控制算法适应性不足等,需通过前期模拟测试与试点运行提前识别,并准备技术备份方案,例如保留原有控制逻辑作为应急切换选项,试

点运行周期约为1-2个月。经济风险涉及改造投资回报周期延长、节能效果未达预期等,可通过分阶段投资降低前期资金压力,同时与设备供应商签订性能保证协议,将部分风险转移至合作方,投资回报周期一般控制在3-5年以内。运行风险包括改造期间设备停运导致的发电损失、人员操作不熟练引发的效率波动等,需制定详细的过渡方案,例如利用低负荷时段进行设备检修,并通过模拟操作培训提升人员技能水平,培训时长约为1-2周。

4.4 持续改进与反馈

节能优化需建立闭环管理机制。效果评估应基于能耗监测数据与运行日志,从能源利用效率、设备运行稳定性、经济效益等维度构建评估指标体系,定期生成优化效果报告,评估周期约为1-3个月^[5]。反馈调整需根据评估结果识别改进空间,例如针对未达预期的节能目标,分析是技术路线偏差还是执行力度不足,并据此优化控制参数或调整管理流程。此外,应关注行业技术发展动态,将余热回收、碳捕集等新兴技术纳入长期优化规划,通过持续迭代保持节能水平的先进性,长期优化规划周期约为3-5年。

结束语

火力发电集控运行节能优化是一项长期且系统的工程。通过构建涵盖设备、控制、管理与技术创新的多维度优化策略,并建立完善的实施与保障机制,能够有效降低火力发电能耗,提升运行效率与经济效益。在实施过程中,需持续关注优化效果,依据实际情况灵活调整策略,不断适应行业技术发展与市场需求变化,推动火力发电向高效、清洁、可持续方向稳步迈进。

参考文献

- [1]王硕.火力发电厂集控运行节能降耗技术措施探析[J].电力设备管理,2025(21):240-242.
- [2]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.
- [3]王富朋.火电厂集控运行节能降耗技术研究[J].中国设备工程,2025(15):232-234.
- [4]刘洋.低碳经济背景下火电厂集控运行节能降耗技术研究[J].电力设备管理,2025(17):220-222.
- [5]张鸣立.火电厂集控运行中节能降耗技术探析[J].电力设备管理,2025(18):267-269.