

低碳经济背景下火电厂集控运行节能降耗技术研究

冯在前 黄世海 王业成

国家能源集团乐东发电有限公司 海南 海口 572539

摘要: 在低碳经济趋势下,火电厂作为能耗与碳排放大户,其集控运行系统的节能降耗技术优化成为行业核心研究方向。本文聚焦火电厂集控运行全流程,分析能源损耗关键节点,从机组协调控制、辅机系统优化、余热回收利用等维度展开技术研究,旨在通过精准集控策略与技术升级,降低生产能耗与碳排放,为火电厂低碳可持续发展提供技术支持。

关键词: 低碳经济;火电厂;集控运行;节能降耗

引言: 随着全球低碳经济推进,传统高能耗火电厂面临转型压力。集控运行作为生产管理核心,其效率直接影响能源利用与碳排放。当前存在机组负荷响应滞后、辅机能耗偏高、余热回收不充分等问题,制约节能降耗。研究集控运行节能技术,通过技术创新与管理优化提升能源利用效率,是火电厂适应低碳发展的必然选择。

1 火电厂集控运行能源损耗关键节点分析

火电厂集控运行系统覆盖机组启动、负荷调节、正常运行及停机全流程,其中存在多个能源损耗关键节点。在机组启动阶段,传统冷态启动方式需要消耗大量燃油用于锅炉预热,同时汽轮机、发电机等设备的暖机过程较长,导致启动阶段能源浪费严重。此外,启动过程中各系统参数匹配度不足,易造成蒸汽、电能的额外损耗。在负荷调节环节,当电网负荷需求发生变化时,机组协调控制系统的响应速度与调节精度直接影响能耗。若协调控制策略滞后,会导致机组主蒸汽压力、温度等参数波动,增加不必要的能源消耗。在辅机系统运行方面,风机、水泵等辅机设备长期处于非经济工况运行,如风机风门开度不合理、水泵节流调节等,造成大量电能浪费。同时,锅炉排烟、汽轮机排汽等余热资源未得到充分回收,直接排放至环境中,不仅造成能源损失,还增加了碳排放强度。另外,集控运行过程中的设备维护管理不到位,导致设备老化、磨损加剧,运行效率下降,也是能源损耗的重要原因之一^[1]。

2 火电厂集控运行节能降耗核心技术路径

2.1 机组协调控制策略优化

机组协调控制策略是集控运行的核心,其优化需以提高负荷响应速度与能源利用效率为目标。首先,建立基于实时电网负荷预测的协调控制模型,通过大数据分析 with 人工智能算法,提前预判电网负荷变化趋势,实现机组负荷的超前调节。例如,利用机器学习算法对历史

负荷数据、气象数据、电网调度指令等多源信息进行分析,精准预测未来24小时内的电网负荷曲线,为机组负荷调节提供科学依据。其次,优化锅炉与汽轮机的协调控制逻辑,采用变参数控制策略,根据机组不同负荷工况调整主蒸汽压力、温度的设定值,使锅炉与汽轮机始终处于最佳匹配状态。在低负荷工况下,适当降低主蒸汽压力设定值,减少锅炉的蒸汽损耗;在高负荷工况下,提高主蒸汽温度,提升汽轮机做功效率。此外,引入智能控制算法,如模糊控制、神经网络控制等,替代传统的PID控制,提高协调控制系统的自适应能力与抗干扰能力,减少参数波动带来的能源损耗。

2.2 辅机系统节能运行技术

辅机系统能耗占火电厂总能耗的30%左右,其节能运行技术优化潜力巨大。对于风机设备,采用变频调速技术替代传统的风门调节方式,通过改变电机转速实现风量的精准调节,避免风门节流造成的能源损耗。同时,开展风机运行工况优化,通过在线监测风机的风压、风量、电流等参数,实时调整风机运行台数与转速,使风机始终工作在高效区。对于水泵设备,推广采用高效节能水泵,并通过优化管道系统设计,减少管道阻力损失。此外,建立辅机系统的集中控制平台,实现对风机、水泵等辅机设备的统一监控与调度,根据机组负荷需求自动调整辅机运行状态,避免辅机设备空载或轻载运行。例如,当机组处于低负荷工况时,自动停运部分备用辅机设备,降低整体能耗^[2]。

2.3 余热深度回收利用技术

火电厂生产过程中产生的余热资源丰富,包括锅炉排烟余热、汽轮机排汽余热、循环水余热等。针对锅炉排烟余热,采用低温省煤器技术,利用排烟热量加热凝结水,提高给水温度,减少锅炉燃料消耗。同时,可将排烟余热用于加热厂用热水、供暖等,实现余热的梯级

利用。对于汽轮机排汽余热，通过热泵技术将低品位的排汽热量提升为高品位热能，用于锅炉补水加热或厂区供暖。此外，优化循环水系统运行，采用开式循环冷却方式，并通过有效管理减少循环水蒸发损失，同时利用循环水余热进行冬季供暖、夏季制冷，提高循环水能源利用效率。在余热回收利用过程中，需建立完善的余热监测与控制系统，实时监测余热资源的产生量与利用量，根据实际情况调整回收利用策略，确保余热资源得到充分利用。

2.4 集控运行智能化管理技术

智能化管理技术是提升集控运行节能降耗水平的重要支撑。建立火电厂集控运行智能监控平台，整合机组运行数据、设备状态数据、能耗数据等多源信息，通过数据挖掘与分析，实时掌握机组运行状态与能耗水平。利用智能诊断技术，对设备运行状态进行在线监测与故障预警，及时发现设备异常运行情况，避免因设备故障导致的能源损耗。例如，通过振动监测、温度监测等手段，实时掌握汽轮机、发电机等关键设备的运行状态，提前发现设备磨损、过热等故障隐患，及时进行维护处理。同时，引入智能优化决策系统，根据实时运行数据与能耗分析结果，自动生成节能运行方案，并通过集控系统自动执行，实现集控运行的智能化、精细化管理。此外，开展员工智能化操作培训，提高操作人员对智能控制系统的操作水平与应急处理能力，确保智能化管理技术的有效应用。

3 火电厂集控运行节能降耗技术的具体应用与实践优化

3.1 机组协调控制策略优化的落地实施

在机组协调控制策略优化的落地实施过程中，首先要完成基础数据的采集与整理工作。收集火电厂近3-5年的机组运行数据，包括不同负荷工况下的主蒸汽压力、温度、锅炉燃烧参数、汽轮机做功效率等，同时整合电网负荷历史数据、气象数据等外部信息，为协调控制模型的建立提供数据支撑。其次，依托大数据分析平台，构建负荷预测模型。采用时间序列分析、神经网络算法等多种方法进行模型训练与验证，确保预测精度满足实际需求。例如，通过对比不同算法的预测误差，选择误差最小的算法作为最终的负荷预测模型。在模型建立完成后，将其与火电厂现有的DCS系统进行对接，实现负荷预测数据的实时传输与应用。在机组协调控制逻辑优化方面，组织专业技术人员对现有的控制逻辑进行全面梳理，结合负荷预测结果与机组运行特性，制定新的协调控制策略。通过仿真测试验证新策略的可行性与有效

性，在仿真测试过程中，模拟不同负荷波动场景，观察机组参数的变化情况，评估策略的调节效果。在确保策略安全可靠后，逐步在实际机组上进行试点应用，通过实时监测机组运行数据，不断调整优化控制参数，直至达到最佳运行效果^[3]。

3.2 辅机系统节能改造与运行管理

辅机系统节能改造需从设备更新与运行管理两方面入手。在设备更新方面，对现有的高能耗辅机设备进行全面评估，制定详细的节能改造计划。对于风机设备，优先选择高效节能型风机，并配套安装变频调速装置。在选型过程中，结合火电厂的实际运行工况，对风机的风量、风压、效率等参数进行精确核算，确保设备选型与机组需求相匹配。在改造实施阶段，严格按照施工规范进行设备安装与调试，确保设备运行稳定。对于水泵设备，采用高效节能水泵替代传统水泵，同时对管道系统进行优化改造，如更换光滑管道、减少弯头数量、优化管道布局等，降低管道阻力损失。在运行管理方面，建立辅机设备运行台账，实时记录设备的运行参数、能耗数据等信息。通过数据分析，找出辅机设备的能耗异常点，及时进行调整优化。例如，当发现某台风机的电流异常偏高时，及时检查风机的运行状态，排查是否存在叶轮磨损、风道堵塞等问题，并采取相应的处理措施。此外，制定辅机设备的经济运行曲线，根据机组负荷变化情况，合理调整辅机设备的运行台数与转速，使辅机系统始终处于经济运行状态。

3.3 余热回收系统的设计与优化

余热回收系统的设计需结合火电厂的实际生产流程与余热资源特点，制定个性化的回收方案。在锅炉排烟余热回收系统设计中，首先对锅炉排烟温度、烟气量等参数进行精确测量，计算可回收的余热总量。根据余热利用需求，选择合适的低温省煤器类型与安装位置。例如，对于燃煤锅炉，可将低温省煤器安装在空气预热器之后，利用排烟热量加热凝结水。在系统设计过程中，充分考虑烟气腐蚀问题，选择耐腐蚀材料制作省煤器受热面，确保设备的使用寿命。同时，设置烟气旁路系统，在锅炉启动或低负荷运行时，通过旁路系统调整烟气流速，避免低温省煤器发生低温腐蚀。在汽轮机排汽余热回收系统设计中，采用热泵技术时，需根据排汽参数与余热利用需求，选择合适的热泵类型与容量。例如，对于中低温排汽余热，可采用水源热泵进行热量提升。在系统运行过程中，建立实时监测系统，对余热回收设备的运行参数、热量回收量等进行实时监测，根据监测数据调整系统运行参数，提高余热回收效率。此外，定期

对余热回收设备进行维护保养,清理受热面积灰,检查设备的密封性能,确保系统稳定运行^[4]。

3.4 集控运行智能化平台的建设与应用

集控运行智能化平台建设是一个系统工程,涉及数据采集、分析、决策等多个环节。首先,搭建数据采集网络,整合火电厂现有的DCS系统、SIS系统、辅机监控系统等多个系统的数据源,实现数据的统一采集与存储。在数据采集过程中,采用高速数据传输技术,确保数据的实时性与准确性。其次,建立数据中心,对采集到的数据进行清洗、整理与分析。利用大数据分析工具,挖掘数据背后的潜在价值,如通过分析机组运行数据,找出能耗与运行参数之间的关联关系,为节能运行提供指导。同时,开发智能诊断模块,采用机器学习算法对设备运行数据进行分析,实现设备故障的早期预警。例如,通过对汽轮机振动数据的分析,识别出设备的异常振动特征,提前预警设备故障。在平台应用方面,将智能诊断结果与优化决策方案推送至集控运行人员,辅助其进行操作决策。同时,实现平台与DCS系统的对接,将优化决策方案自动转化为控制指令,下发至现场设备,实现闭环控制。此外,建立平台的安全保障体系,采用数据加密、访问控制等技术,确保平台数据的安全性与可靠性。

3.5 节能降耗技术的效果评估与持续改进

节能降耗技术应用效果的评估是确保技术有效落地的关键环节。建立完善的能耗监测与统计体系,对火电厂的生产能耗进行实时监测与统计。按照机组运行工况、设备类型等维度进行能耗细分,准确核算各项节能技术的实际节能效果。例如,通过对比技术应用前后的机组煤耗、辅机能耗、余热回收量等数据,计算出实际的节能率与碳减排量。在评估过程中,采用科学的评估方法,如对比分析法、基准线法等,确保评估结果的客观性与准确性。

同时,建立节能效果反馈机制,将评估结果及时反馈给技术研发与管理部门。针对评估中发现问题,组织专业人员进行分析,找出技术应用过程中的薄弱环节,制定持续改进措施。例如,若发现某台风机的节能改造效果未达到预期,需对风机的运行状态、变频调速装置的性能等进行全面检查,分析原因并采取相应的改进措施。此外,定期开展节能技术的评估与总结工作,积累经验,为后续的节能技术推广应用提供参考。通过持续的效果评估与改进,不断提升火电厂集控运行的节能降耗水平^[5]。

结束语:在低碳经济背景下,火电厂集控运行节能降耗技术是实现可持续发展的必然选择。通过机组协调控制优化、辅机系统改造、余热回收利用及智能化平台建设等多维度升级,可有效降低能耗和碳排放。应用中需注重落地实施与持续改进,通过科学评估反馈优化方案。未来,随着人工智能、大数据发展,该技术将更智能化、精细化,为能源行业低碳转型提供有力支撑。

参考文献

- [1]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.
- [2]李阳.火电厂集控运行节能降耗技术研究[J].电力设备管理,2025(13):236-238.
- [3]张文良.火电厂集控运行节能降耗技术研究[J].办公自动化,2025,30(21):27-29.
- [4]韩彦廷.基于自动化技术的火电厂集控运行节能降耗系统设计探析[J].模具制造,2025,25(8):210-212+215.
- [5]王桐.低碳经济背景下火电厂集控运行节能降耗技术研究[J].时代报告,2023(47):0122-0123.