

火电厂厂用电系统能效提升与节能优化技术研究

温凯强

华电忻州广宇煤电有限公司, 山西 忻州 034000

DOI:10.61369/EPTSM.2026020012

摘 要： 火电厂厂用电系统是电厂安全稳定运行的核心支撑，其能效水平直接关联能源利用效率与发电效益。为响应国家“双碳”目标、推动能源绿色转型，同时降低发电成本、提升企业效益、保障供电可靠性，开展厂用电系统能效提升与节能优化研究至关重要。研究围绕核心设备升级、运行调控优化、能源管理完善三大维度，提出高效设备改造、智能精准调控、节能监管强化等关键策略，通过技术升级与管理优化双轮驱动，有效提升系统能效，助力火电厂实现节能降耗与绿色低碳转型，为行业高质量发展提供可行路径。

关 键 词： 火电厂；厂用电系统能效提升；节能优化

Research on Energy Efficiency Improvement and Energy Saving Optimization Technology of Power Plant Plant Power Supply System

Wen Kaiqiang

Huadian Xinzhou Guangyu Coal Power Co., Ltd., Xinzhou, Shanxi 034000

Abstract： The power plant plant power supply system is the core support for the safe and stable operation of the power plant, and its energy efficiency level is directly related to the energy utilization efficiency and power generation benefits. In response to the national "dual carbon" goals and to promote the green transformation of energy, while reducing power generation costs, enhancing enterprise benefits, and ensuring power supply reliability, conducting research on energy efficiency improvement and energy saving optimization of the plant power supply system is of vital importance. The research focuses on three major dimensions: core equipment upgrading, operation control optimization, and energy management improvement. It proposes key strategies such as efficient equipment renovation, intelligent and precise control, and strengthened energy-saving supervision. Through the dual drive of technological upgrading and management optimization, the system's energy efficiency is effectively improved, helping power plants achieve energy saving and consumption reduction and green and low-carbon transformation, providing a feasible path for the high-quality development of the industry.

Keywords： power plant; energy efficiency improvement of plant power supply system; energy saving optimization

厂用电系统是火电厂安全稳定运行的关键支撑，其能效高低直接影响电厂节能降耗成效与经济效益。在“双碳”目标引领与能源绿色转型背景下，火电厂面临降本增效、低碳发展的迫切要求，开展厂用电系统能效提升与节能优化研究尤为必要。当前系统尚存设备能效不足、调控精度不够等问题，亟需通过设备升级、智能调控、管理强化等技术与管理手段，实现能效提升，为火电厂高质量低碳发展筑牢基础。

一、火电厂厂用电系统能效提升与节能优化的重要性

（一）响应国家“双碳”目标，推动能源绿色转型

随着全球气候变化问题日益严峻，我国提出“2030年前碳达峰、2060年前碳中和”的战略目标，能源行业作为碳排放的主要来源，成为低碳转型的关键领域。火电厂以煤炭等化石能源为主要燃料，是能源消耗和碳排放的重点单位，而厂用电系统的能耗在火电

厂总能耗中占据相当比例。通过提升厂用电系统能效、优化节能技术，可有效降低火电厂的能源消耗和碳排放强度，推动火电厂向绿色低碳方向转型，为国家“双碳”目标的实现提供有力支撑。

（二）降低发电成本，提升企业经济效益

在电力市场竞争日益激烈的背景下，火电厂的盈利空间受到电价、燃料成本等多重因素的挤压，降低生产成本成为提升企业竞争力的关键。厂用电消耗直接影响火电厂的供电煤耗和发电成

作者简介：温凯强（1990.12-），男，汉族，山西省忻州市人，大学本科，运行部副主任。

本，厂用电率每降低1个百分点，可显著降低单位发电量的燃料消耗和费用支出。通过能效提升与节能优化，火电厂可有效减少厂用电消耗，降低发电成本，提升企业的经济效益和市场竞争能力。

（三）保障系统稳定运行，提升供电可靠性

厂用电系统是火电厂正常运行的“生命线”，为锅炉、汽轮机、发电机等核心设备的辅助系统提供电力支持，其运行稳定性直接关系到火电厂的安全生产和供电可靠性。能效提升与节能优化过程中，通过对厂用电系统的设备升级、控制优化等措施，可改善系统运行工况，减少设备故障发生率，提升系统运行的稳定性和可靠性，保障火电厂持续稳定供电，避免因厂用电系统故障导致的停电事故，减少经济损失。

二、火电厂厂用电系统能效提升与节能优化策略

（一）升级改造高效设备，提升核心设备能效

针对锅炉控制系统设备能效偏低、老化严重这一核心问题，加大设备升级改造力度、全面推广高效节能设备是提升系统能效的基础举措，也是从源头破解能源浪费难题的关键路径。锅炉控制系统中的给水泵、引风机、送风机等设备作为主要能耗终端，其运行效率直接决定了系统整体能耗水平，而传统低效率定速设备长期存在的运行短板，已成为制约能效提升的重要瓶颈，因此这类设备的升级改造需优先推进。在具体改造过程中，应摒弃传统的低效率定速泵、风机，全面替换为符合国家一级能效标准的高效节能型设备，同时配套加装变频调速技术（VFD）形成“设备升级+智能调控”的组合方案。变频调速技术可通过实时感知锅炉负荷变化，动态调节电机转速，实现泵、风机流量和压力的精准匹配，从根本上解决低负荷工况下“大马拉小车”的能源浪费现象。以锅炉核心辅助设备给水泵、引风机为例，这类设备传统运行模式下，无论锅炉负荷高低均维持额定转速运行，通过挡板、阀门节流调节流量，能量损耗高达30%~40%；采用变频调速改造后，可根据锅炉实时负荷、炉膛压力等关键参数自动调整转速，在低负荷工况下能显著降低电机功率消耗，经实际工程验证，此类设备改造后的节能率可达20%~30%，单台大型水泵或风机每年可节约电量数十万千瓦时，节能效益十分显著^[1]。

在锅炉控制系统配套变压器升级改造方面，需重点针对运行年限较长、损耗较大的老旧变压器实施替换更新。传统老旧变压器的空载损耗和负载损耗普遍较高，部分服役超20年的变压器，其损耗值较现行能效标准高出50%以上，不仅造成大量电能浪费，还存在绝缘老化、局部过热等安全隐患，严重威胁锅炉控制系统稳定运行。因此，应优先选用S11及以上系列的高效节能变压器，这类变压器采用新型铁芯材料和优化绕组结构设计，空载损耗可降低30%以上，负载损耗降低20%左右，能在全负荷区间保持高效运行状态。同时，对于新建锅炉机组或新增负荷对应的变压器选型，需严格遵循“能效优先、适度超前”的原则，坚决杜绝选用低能效设备，从源头把控设备能效水平。

（二）优化运行控制策略，实现智能精准调控

在锅炉控制系统设备升级改造的基础上，优化运行控制策

略、实现智能精准调控是进一步挖掘节能潜力、提升系统整体能效的关键环节。传统锅炉控制系统手动控制或简单自动控制模式，存在响应滞后、调节粗糙、协同性差等固有缺陷，难以适配锅炉负荷频繁波动的运行工况，导致设备长期偏离最佳能效区间运行，能源浪费问题突出。随着工业自动化与信息技术的深度融合，依托先进技术手段重构运行控制体系，推动控制模式从“被动调节”向“主动预判、精准调控”转型，已成为火电厂锅炉控制系统节能优化的必然趋势。

构建全维度锅炉控制系统智能监控平台是实现精准调控的基础支撑。该平台需打破锅炉各子系统的数据壁垒，整合给水泵、引风机、送风机、燃烧器、配套变压器等核心设备的运行参数，以及锅炉负荷、炉膛压力、烟气含氧量、燃料供给量、环境温度等关联数据，通过工业互联网协议实现数据的实时采集、传输与存储。在此基础上，引入大数据分析、人工智能算法等技术，对海量运行数据进行深度挖掘与智能诊断，不仅能实时监测设备运行状态、精准识别能效异常点，还能结合历史数据与负荷预测模型，提前预判工况变化趋势，为控制策略优化提供科学依据^[2]。例如，通过对引风机、送风机电流、出口压力与锅炉负荷的关联性分析，可精准定位挡板节流调节导致的能耗冗余问题，为后续调控优化提供数据支撑。实施锅炉各子系统协同控制与动态优化是提升调控效能的核心举措。锅炉控制系统各子系统并非孤立运行，而是相互关联、相互影响，单一设备的局部优化难以实现系统整体能效最优。因此，需采用先进的模型预测控制、模糊控制等智能算法，构建多变量协同控制体系，实现各子系统的联动调节。以锅炉核心燃烧系统为例，将引风机、送风机的运行参数与炉膛压力、烟气含氧量、燃料供给量、燃烧器工况等参数进行耦合联动，根据燃烧工况动态调整风机风量和燃料供给配比，既能保证炉膛压力稳定、提升燃烧充分性，又能避免风量过大或过小、燃料供给失衡导致的能耗增加，较传统挡板节流调节方式可降低风机能耗15%~25%。针对锅炉给水系统与冷却系统，结合锅炉负荷、蒸汽参数、炉膛温度、冷却水温度等参数构建优化模型，动态调整给水泵转速、冷却风机运行状态及冷却水流量，实现给水保障、冷却效果与能耗消耗的最佳平衡。同时，全面推广应用集散控制系统（DCS）、可编程逻辑控制器（PLC）等先进控制设备，替代传统控制装置，提升锅炉控制系统的响应速度与调节精度^[3]。DCS系统可实现对锅炉全系统的集中监控与分散控制，确保控制指令的快速下达与稳定执行；PLC则凭借高可靠性与灵活编程特性，适配各子系统的个性化控制需求，实现对单个设备或局部系统的精准调节。通过“智能监控平台+协同控制算法+先进控制设备”的三位一体架构，可彻底改变传统控制模式的弊端，确保锅炉控制系统在不同负荷工况下均能保持各设备、各系统的协同高效运行，始终处于最佳能效区间，进一步放大节能改造效益。

（三）完善能源管理体系，强化节能监管力度

完善能源管理体系、强化节能监管力度是火电厂锅炉控制系统能效提升与节能优化工作长效推进的制度保障，更是将技术改造与控制优化成果转化为持续节能效益的关键支撑。若缺乏科学完善的

管理体系与严格有效的监管机制，即便完成了锅炉控制系统设备升级与控制策略优化，也可能因运行管理不当、责任落实不到位等问题导致节能效果大打折扣，甚至出现能源浪费反弹现象。因此，必须从制度设计、流程规范、责任落实等多维度构建全链条能源管理体系，形成“监测－分析－优化－考核－提升”的闭环管理模式，为锅炉控制系统节能优化工作提供全方位保障^[9]。

构建全流程锅炉能耗监测网络是完善能源管理体系的基础前提。针对当前部分火电厂锅炉能耗监测覆盖不全、数据精度不足的问题，需全面升级改造锅炉能耗监测系统，实现对锅炉控制系统各环节能耗数据的精准、实时掌控。在锅炉配套变压器、给水泵、引风机、送风机等核心能耗设备的进出口，以及锅炉配电线路关键节点，统一安装符合国家计量标准的高精度能耗监测仪表，同时配备数据采集终端与传输模块，通过工业以太网与能源管理平台实现数据互联互通。在此基础上，建立能耗数据标准化处理流程，对采集的电压、电流、功率、能耗等数据进行实时校验、筛选与整合，生成多维度能耗分析报表，不仅能为能源管理团队提供全面、准确的锅炉能耗基础数据，还能实现对能耗异常的实时预警，为及时排查锅炉控制系统节能问题、精准制定优化方案提供数据支撑。组建专业能源管理团队是提升锅炉能源管理水平核心支撑。锅炉能源管理工作兼具专业性与系统性，需配备具备锅炉系统运行、能源计量分析、节能技术应用等多领域知识的专业人才。团队核心职责包括深入分析锅炉能耗监测数据，精准挖掘锅炉控制系统各环节节能潜力，结合电厂实际运行工况制定个性化、可落地的节能优化方案；同时负责锅炉节能改造项目的实施监管、效果评估与持续优化，跟踪节能措施的

落实情况，及时发现并解决实施过程中出现的问题。此外，团队还需承担能源管理体系的日常维护与更新工作，根据国家节能政策导向、行业技术发展趋势以及电厂锅炉生产运行变化，动态优化管理流程与技术标准，确保能源管理体系始终保持科学性与适用性。健全节能考核与激励机制是激发全员节能积极性的关键举措。将锅炉控制系统节能指标细化分解至各生产部门、班组乃至个人，纳入绩效考核体系，形成“层层有目标、人人有责任”的节能责任体系。考核指标应兼顾定量与定性，不仅包括锅炉辅机电耗率、单位蒸汽能耗等核心量化指标，还涵盖节能措施落实质量、能耗异常处理及时性等定性指标。同时，建立差异化奖惩机制，对超额完成节能目标、提出有效锅炉节能建议的部门与个人给予物质奖励与荣誉表彰；对未完成节能目标、存在能源浪费行为的予以考核问责，通过正向激励与反向约束相结合，彻底扭转员工节能意识淡薄的现状^[10]。

三、结语

火电厂厂用电系统能效提升与节能优化是响应“双碳”目标、推动能源绿色转型的必然要求，既是降低发电成本、提升企业效益的关键路径，也是保障系统稳定、提高供电可靠性的重要举措。立足设备升级、运行调控、管理完善三大核心策略，通过高效设备改造、智能精准调控与全流程节能监管的协同落地，可切实提升系统能效。未来需持续深化技术融合与管理创新，为火电厂节能降耗、低碳高质量发展提供长效支撑，助力能源行业绿色转型。

参考文献

[1] 陶章伟. 燃气电厂智能控制系统的能效分析与提升 [J]. 电子元器件与信息技术, 2025, 9(01): 62–64.
[2] 唐永强. 水泥余热发电的综合能效提升技术 [J]. 科学技术创新, 2020, (12): 49–50.
[3] 持续提升发电设备安全可靠实现设备综合管理水平再上新台阶 [J]. 电力设备管理, 2019, (03): 57–60.
[4] 张娜. 创新技术推广体系建设优化节能环保产业供给 [J]. 中国经贸导刊, 2018, (18): 22–24.
[5] 贾雄. PLC 在火电厂输煤翻车机电控系统改造中的应用 [J]. 能源与节能, 2021, (10): 205–206.