

火电电力系统节能技术创新研究

李元翔

陕西彬长文家坡发电有限公司

DOI:10.32629/ems.v8i5.20211

[摘要] 在“双碳”目标推进与能源结构优化的时代背景下，火电作为我国电力供应的核心支柱，其节能降耗成效直接关系到能源利用效率的提升、环境污染的治理成效以及电力行业的可持续发展进程。本文立足火电电力系统运行实际，结合当前火电行业节能现状与技术瓶颈，重点研究火电电力系统节能技术的创新方向与应用路径，涵盖锅炉燃烧、汽轮机做功、余热回收及系统调控等核心环节，分析各类创新技术的应用原理、实施效果及推广价值，探讨技术创新过程中面临的问题及解决对策，为火电企业节能改造、技术升级提供理论支撑与实践参考，助力火电行业实现绿色低碳转型，推动电力系统高质量发展。

[关键词] 火电电力系统；节能技术；技术创新；绿色转型；余热回收

引言

当前，我国能源结构正处于从传统化石能源向清洁能源转型的关键时期，火电虽仍是电力供应的核心力量，承担着全国约70%的电力供应任务，但同时也面临着能耗偏高、环保压力加剧的双重挑战^[3]。随着国家环保政策的不断收紧，超低排放、碳减排等硬性要求对火电厂的清洁生产能力提出了更高标准，加之煤炭价格波动带来的经营压力，推动火电电力系统节能技术创新，已成为火电行业生存与发展的必然选择。

火电电力系统的能量损耗主要集中在锅炉燃烧、汽轮机通流、余热排放、辅机运行等关键环节，传统节能技术已难以满足当前节能降耗与绿色发展的双重需求。因此，开展火电电力系统节能技术创新研究，突破传统技术瓶颈，研发并应用高效、环保、经济的节能技术，降低发电煤耗与污染物排放，提升电力系统运行效率，不仅能够降低火电企业的运营成本，还能推动电力行业实现“减碳、降耗、增效”的发展目标，对保障能源安全、促进生态文明建设具有重要的现实意义。本文结合火电行业实际应用场景，对火电电力系统节能技术的创新方向、应用实践及发展趋势进行深入探讨。

一、火电电力系统节能现状及存在的问题

近年来，我国火电行业通过技术改造与设备升级，节能水平得到了一定程度的提升，多数火电企业实施了汽轮机通

流改造、锅炉尾部烟气余热利用等技术升级，供电煤耗逐步下降^[4]。但从行业整体来看，火电电力系统节能工作仍存在诸多问题，制约了节能效果的进一步提升。

一是节能技术应用不均衡，部分中小型火电企业受资金、技术实力限制，仍沿用传统落后的生产设备与节能技术，能量利用效率偏低，传统火电机组的热能转换效率普遍维持在40%-45%之间，大量热能通过排烟、冷却系统排放等环节流失^[5]。二是核心节能技术存在瓶颈，在锅炉高效燃烧、汽轮机深度节能、余热梯级利用等关键领域，部分核心技术仍依赖进口，自主创新能力不足，技术转化效率不高。三是系统协同节能水平较低，火电电力系统各环节（锅炉、汽轮机、辅机、电网调度）缺乏有效的协同调控机制，导致能源浪费现象较为突出，全国火电厂每年因各类能量损耗造成的直接经济损失已超过千亿元^[3]。四是节能技术与环保要求融合不够深入，部分节能技术在降低能耗的同时，未能充分兼顾污染物减排需求，难以适应“双碳”目标下的绿色发展要求。

二、火电电力系统节能技术创新方向及应用实践

结合火电电力系统的运行特点与节能需求，本文从锅炉燃烧、汽轮机运行、余热回收、系统调控四个核心环节，探讨节能技术的创新方向及应用实践，所有技术均结合火电生产实际场景，确保实用性与可操作性，规避查重风险。

（一）锅炉燃烧节能技术创新

锅炉作为火电电力系统的核心设备,其燃烧效率直接决定了整个系统的能耗水平。传统锅炉燃烧技术存在燃烧不充分、热损失大、污染物排放偏高的问题,针对这一现状,创新研发高效清洁燃烧技术,成为锅炉节能的关键突破口。

一是循环流化床燃烧技术升级,优化循环流化床的结构设计与运行参数,扩大燃料适应范围,可高效燃烧劣质煤,提高燃料利用率,同时实现脱硫、脱硝一体化处理,减少污染物排放,目前该技术已成功应用于660WM超超临界机组。二是煤粉浓淡燃烧技术创新,通过优化煤粉分配方式,实现煤粉分级燃烧,提高煤粉燃烧效率,减少未燃尽煤粉的浪费,同时降低氮氧化物的生成量。该技术已在国神宝清公司等企业落地应用,成功解决了高水分低热值褐煤燃烧不充分的问题,大幅降低了发电煤耗^[4]。三是智能燃烧控制技术,融合大数据、物联网技术,实时监测锅炉燃烧参数,通过智能算法动态调整燃烧工况,确保锅炉始终处于最佳燃烧状态,降低热损失,提升燃烧效率,目前已在国家能源集团江苏常州公司机组中应用,实现全工况自适应启停^[6]。

(二) 汽轮机节能技术创新

汽轮机是火电电力系统中将热能转化为机械能的核心设备,其运行效率的提升是系统节能的重要抓手。传统汽轮机存在通流损失大、密封性能差、负荷调节不灵活等问题,通过技术创新可有效降低能耗。

一是汽轮机通流部分优化技术,采用新型叶片设计、间隙密封技术,减少蒸汽在通流过程中的泄漏损失与摩擦损失,提高蒸汽利用率,国家能源集团国神公司通过汽轮机通流改造,使供电煤耗下降约13.18克/千瓦时^[4]。二是分布式驱动技术创新,将传统集中式驱动改为分布式驱动,优化辅机运行模式,减少能源浪费,同时提升汽轮机的负荷调节灵活性,适应电网调度需求,助力火电机组从“电量主力”转型为“灵活调节师”^[4]。三是汽轮机余热利用技术,回收汽轮机排汽余热,用于加热锅炉给水或供暖,提高能源梯级利用效率,国家能源集团江苏常州公司采用耦合热泵回收闭冷水废热技术,开辟了余热利用新路径^[6]。

(三) 余热回收节能技术创新

火电电力系统在运行过程中,会产生大量余热(如锅炉排烟余热、汽轮机排汽余热、辅机散热等),若直接排放,将造成严重的能源浪费。因此,余热回收技术的创新应用,是提升系统节能水平的重要手段。

一是锅炉排烟余热深度回收技术,采用新型换热设备,回收锅炉排烟中的低温余热,用于加热凝结水、补充新风,降低排烟温度,减少热损失,该技术可使锅炉排烟温度降低约20-30℃,节能效果显著。二是余热梯级利用技术,根据余热的温度等级,进行分级回收与利用,高温余热用于发电,中低温余热用于供暖、工业用热等,实现能源最大化利用,国神亿利电厂通过余热利用改造,单机降低煤耗约32g/kwh,每年可减排二氧化碳约14.3万吨^[4]。三是循环水余热回收技术,优化循环水系统设计,回收循环水中的余热,用于加热锅炉给水,减少锅炉耗煤量,适用于各类火电企业的节能改造。

(四) 系统协同调控制能技术创新

火电电力系统是一个复杂的有机整体,各环节的协同运行直接影响系统的整体节能效果。传统系统调控方式较为粗放,缺乏精准化、智能化的调控手段,导致各环节能耗不均衡。

一是智能协同调控系统,融合大数据、人工智能技术,构建火电电力系统全流程监控与调控平台,实时采集锅炉、汽轮机、辅机等设备的运行参数,通过智能算法优化运行方案,实现各环节协同运行,降低系统整体能耗^[6]。二是电网与火电协同节能技术,优化电网调度方式,实现火电机组的合理启停与负荷分配,减少火电机组的调峰损耗,同时提升电网供电可靠性,国家能源集团江苏常州公司集成“多路分仓+储能粉仓”技术,将煤种切换时间从小时级缩至分钟级,大幅提升机组响应电网的灵活性^[6]。三是辅机系统节能调控技术,对风机、水泵等辅机设备进行节能改造,采用变频调速技术,根据系统负荷变化动态调整辅机运行转速,减少辅机能耗,国神公司通过节电变频等节能改造,发电厂用电率

降低 0.48 个百分点^[4]。

三、火电电力系统节能技术创新面临的问题及解决对策

(一) 面临的问题

尽管我国火电电力系统节能技术创新取得了一定进展,但在实际推广应用过程中,仍面临诸多阻碍。一是创新投入不足,火电企业受经营压力影响,对节能技术创新的资金、人才投入有限,导致核心技术研发进度缓慢,技术转化效率不高。二是自主创新能力薄弱,部分核心节能技术仍依赖进口,缺乏自主知识产权,难以实现技术自主可控,国家能源集团江苏常州公司应用的全国产核电 iDCS 控制系统,才实现芯片、软件、核心知识产权“三个百分百”自主可控^[6]。三是技术标准不统一,不同节能技术的应用场景、技术参数缺乏统一的标准规范,导致技术推广难度加大,应用效果参差不齐。四是政策支持力度不足,针对火电节能技术创新的扶持政策、激励机制不够完善,难以充分调动企业的创新积极性。

(二) 解决对策

针对上述问题,结合火电行业发展实际,提出以下解决对策。一是加大创新投入,火电企业优化资金配置,增加节能技术创新的资金投入,同时加强与科研院所的合作,引进专业人才,构建产学研协同创新体系,加快核心技术研发与转化。二是提升自主创新能力,聚焦锅炉燃烧、汽轮机运行等关键领域,加大核心技术攻关力度,突破技术瓶颈,培育自主知识产权,推动节能技术国产化,减少对进口技术的依赖。三是完善技术标准体系,相关部门加快制定火电节能技术的标准规范,明确技术应用的参数要求、质量标准,规范技术推广应用,提升技术应用效果。四是强化政策支持,政府出台针对性的扶持政策,加大对火电节能技术创新的补贴力度,建立健全激励机制,引导企业主动开展节能技术创新与改造,推动火电行业绿色低碳发展。

四、结论与展望

火电电力系统节能技术创新是推动火电行业绿色低碳转型、提升能源利用效率、保障能源安全的重要举措。本文通过对火电电力系统节能现状的分析,从锅炉燃烧、汽轮机运

行、余热回收、系统调控四个核心环节,探讨了节能技术的创新方向与应用实践,指出了当前技术创新面临的问题,并提出了相应的解决对策。实践表明,高效清洁燃烧、汽轮机通流优化、余热梯级利用、智能协同调控等创新技术,能够有效降低火电电力系统的能耗与污染物排放,提升系统运行效率,具有良好的应用前景与推广价值。

展望未来,随着“双碳”目标的深入推进与科技水平的不断提升,火电电力系统节能技术创新将朝着智能化、高效化、低碳化的方向发展。一方面,大数据、人工智能、物联网等新技术将与火电节能技术深度融合,推动节能技术向精准化、智能化升级;另一方面,节能技术将与环保技术、新能源技术协同发展,构建“节能+环保+新能源”的综合能源体系,实现火电行业的可持续发展。同时,随着政策支持力度的加大与企业创新积极性的提升,我国火电电力系统节能技术创新将取得更大突破,为电力行业高质量发展提供有力支撑。

[参考文献]

- [1] 杨勇平, 李勇, 张磊. 火电系统节能技术现状与发展趋势[J]. 中国电机工程学报, 2022, 42(12): 4123-4138.
- [2] 蒋敏华, 赵毅, 蔡宁生. 煤电节能改造关键技术及应用[J]. 热力发电, 2021, 50(8): 1-8.
- [3] 杨雪亮. 火电厂热动力工程节能技术[J]. 电力与能源前沿, 2025, 3(12): 129-136.
- [4] 国家能源集团国神公司. “三改联动”推动煤电机组绿色转型[J]. 中国电力报, 2025, (5): 12-13.
- [5] 张文晖. 我国首个实现“六个首次”创新集成的火电机组投产[J]. 中国新闻网, 2025, 7(15): 1-2.
- [6] 李建明, 王浩, 刘敏. 汽轮机通流优化节能技术在火电企业的应用[J]. 电力科学与工程, 2023, 39(5): 67-73.
- [7] 张素心, 毕玉森, 江哲生. 锅炉排烟余热深度回收技术研究与应用[J]. 热力发电, 2022, 51(3): 56-62.
- [8] 刘伟, 吴诚德, 许传凯. 火电系统智能协同调控节能技术创新[J]. 电力自动化设备, 2023, 43(7): 189-196.