

电厂热动系统节能减排技术创新研究

张彦华

内蒙古华伊卓资热电有限公司 内蒙古 乌兰察布 012300

摘 要：电厂热动系统在能源消耗与碳排放方面占据重要地位，其节能减排技术创新至关重要。通过剖析传统节能减排技术，如锅炉、汽轮机及循环水系统技术，明确现存不足。聚焦高效燃烧、余热回收、智能化节能等创新方向，探讨资金投入、人才培养、技术标准制定等保障措施，以推动电厂热动系统节能减排技术升级，助力电力行业绿色可持续发展。

关键词：电厂热动系统；节能减排技术；创新

引言

在全球倡导节能减排、应对气候变化的大背景下，电力行业作为能源消耗大户，其节能减排工作刻不容缓。电厂热动系统是电力生产的核心环节，其运行效率与能耗水平直接影响着电厂的整体效益与环境影响。本文深入研究电厂热动系统，分析传统节能减排技术的优劣，探索创新方向，提出保障措施，旨在为提升电厂热动系统节能减排水平提供理论与实践依据。

1 电厂热动系统概述

电厂热动系统是火力发电厂实现能量转换与传递的核心体系，其核心功能在于将化石燃料等原料的化学能高效转化为电能。该系统以锅炉、汽轮机、发电机为核心设备，通过汽水循环实现热力循环与能量转换。锅炉作为能量转换的起始端，将燃料燃烧释放的热能传递给工质水，使其蒸发为高温高压蒸汽；汽轮机则利用蒸汽的热能推动转子旋转，将热能转化为机械能；发电机最终将机械能转化为电能输出，形成完整的能量转换链条。系统组成涵盖锅炉本体汽水系统、汽轮机热力系统、机炉间连接管道系统及全厂公用汽水系统。锅炉本体汽水系统包括汽水循环、给水调节、过热再热调温及排污疏水等子系统；汽轮机热力系统由回热系统、凝汽系统、汽封系统及疏水系统构成；连接管道系统负责主蒸汽、再热蒸汽及给水的输送。各子系统通过精密的管道网络与阀门控制实现协同运行，确保能量传递的连续性与稳定性。技术特征表现为多参数耦合与高精度控制。系统需精确调控蒸汽温度、压力、流量等关键参数，通过喷水减温、旁路调节等手段维持设备安全运行。现代热动系统普遍采用超临界、超超临界技术，通过提高蒸汽参数提升热效率，同时结合给水回热、废热利用等循环优化技术，实现能源梯级利用。控制系统则依托自动化技术，对设备状态进行实时监测与故障预

警，保障系统安全经济运行。

2 电厂热动系统传统节能减排技术分析

2.1 锅炉节能减排技术

锅炉作为电厂热动系统的关键设备，其节能减排技术对提升电厂整体能效意义重大。在燃烧优化方面，通过精准调控风煤比，可使燃料充分燃烧，降低不完全燃烧损失。先进的燃烧器采用分级燃烧、低氮燃烧等技术，不仅能提高燃烧效率，还可有效减少氮氧化物排放。例如，某电厂采用新型低氮燃烧器后，锅炉燃烧效率提升了3%，氮氧化物排放量降低了30%。余热回收技术也是锅炉节能减排的重要手段。安装在锅炉尾部烟道的余热回收装置，能够将排烟中的热量回收利用，加热给水或空气，提高锅炉的整体热效率。常见的余热回收设备有省煤器、空气预热器等。部分电厂在省煤器后增设低压省煤器，利用排烟余热加热凝结水，使机组热效率提高了1%-2%。优化锅炉的运行调整同样不容忽视。依据负荷变化合理调节燃烧工况，维持稳定的蒸汽参数，可避免因参数波动导致的能量浪费。定期对锅炉受热面进行清灰除垢，保证良好的传热效果，减少热阻，进一步提升锅炉运行的经济性与节能减排成效^[1]。

2.2 汽轮机节能减排技术

汽轮机的通流部分改造是实现节能减排的关键环节。随着技术的发展，采用先进的叶片设计和制造工艺，能够有效降低汽轮机通流部分的蒸汽流动损失，提高汽轮机的内效率。例如，对汽轮机的叶片进行优化，采用子午面端壁造型技术，可减少二次流损失，使汽轮机的相对内效率提高2%-3%。汽封系统的改进对汽轮机节能减排作用显著。传统的汽封存在蒸汽泄漏问题，导致能量损失。新型汽封如布莱登汽封、蜂窝汽封等，通过优化汽封结构，显著提高了汽封的密封性，减少了蒸汽外漏，降低了汽轮机的轴封供汽量，进而提升了机组

的经济性。某电厂将传统梳齿汽封更换为蜂窝汽封后,机组热耗率降低了150kJ/kWh左右。汽轮机的运行优化也至关重要。依据不同的工况,合理调整汽轮机的负荷分配、进汽参数等,确保汽轮机在高效区运行。加强对汽轮机设备的维护管理,保证设备处于良好的运行状态,减少因设备故障导致的能量损耗,以此实现汽轮机的节能减排目标。

2.3 循环水系统节能减排技术

循环水系统在电厂中承担着冷却汽轮机排汽的重要任务,其节能减排技术主要围绕提高循环水系统的运行效率展开。在循环水泵节能方面,采用高效节能型循环水泵,并结合变频调速技术,依据机组负荷和环境温度的变化,实时调整循环水泵的转速,改变循环水流量,使循环水系统的运行工况与机组实际需求相匹配,从而降低循环水泵的耗电量。某电厂对循环水泵进行变频改造后,节电率达到了15%-20%。凝汽器性能优化是循环水系统节能减排的重要内容。定期对凝汽器进行清洗,去除凝汽器铜管内的污垢,提高凝汽器的传热效率,降低汽轮机的排汽压力,提升机组的热效率。优化凝汽器的运行参数,如调整循环水流量、控制凝汽器水位等,确保凝汽器处于最佳运行状态。部分电厂通过对凝汽器进行在线清洗和优化运行参数,使机组的热耗率降低了50-100kJ/kWh。利用循环水余热也是节能减排的有效途径。采用吸收式热泵等技术,回收循环水中的余热,用于供热或其他生产生活用途,实现了能源的梯级利用,提高了电厂的能源综合利用效率,减少了对外界能源的需求,达到节能减排的目的。

3 电厂热动系统节能减排技术创新方向

3.1 高效燃烧与能量转换技术创新

高效燃烧技术的创新聚焦于实现燃料更为充分且精准的燃烧过程。通过研发先进的燃烧控制算法,可精确调节燃烧过程中的各类参数,如燃料与空气的混合比例、燃烧温度及压力分布等。例如,利用神经网络算法,依据实时监测的燃料特性与锅炉运行工况,动态调整燃烧器的喷口角度与燃料喷射速率,使燃料与空气充分混合,从而提升燃烧效率。与此同时,在能量转换环节,新型材料的应用为提升转换效率带来了新契机。如采用耐高温、高压且热导率高的合金材料制造锅炉受热面与汽轮机叶片,能够有效提升设备的耐受能力与能量传递效率。这些材料可在更高的蒸汽参数下稳定运行,进一步提升热动系统的整体热效率。开发新型的燃烧器结构,如采用旋流与直流相结合的复合燃烧方式,增强燃料与空气的扰动混合程度,减少燃烧死角,确保燃料

完全燃烧,降低未燃尽碳损失与有害气体排放,在实现高效燃烧的同时达成节能减排目标。

3.2 余热深度回收与综合利用技术创新

余热深度回收技术创新着重于挖掘电厂热动系统中各类余热资源的潜在价值。在锅炉尾部,研发新型的深度余热回收装置,可进一步降低排烟温度,回收更多的余热。例如,利用高效的热管换热器,将排烟余热传递给更低温度级别的工质,实现余热的梯级利用。对于汽轮机的排汽余热,可采用吸收式制冷与热泵联合技术,不仅能将余热转化为制冷量用于夏季空调系统,还能在冬季将余热提升温度用于供热,极大地拓展了余热利用的途径。在综合利用方面,探索将余热与其他工业生产过程相结合的模式。比如,将电厂余热引入化工生产中的蒸馏、蒸发等环节,替代部分传统能源消耗,实现不同产业间的能源协同利用。通过优化余热回收系统的工艺流程,采用智能控制技术,依据不同工况实时调整余热回收设备的运行参数,确保余热回收系统始终处于高效运行状态,从而提高余热的回收效率与利用效果,提升电厂的整体能源利用率^[2]。

3.3 智能化与信息化节能技术创新

智能化与信息化节能技术创新为电厂热动系统带来了全新的节能管控模式。借助传感器与物联网技术,对热动系统中的各类设备进行全方位、实时的数据采集,涵盖温度、压力、流量、振动等关键运行参数。通过大数据分析技术,对海量数据进行深度挖掘与分析,能够精准掌握设备的运行状态与性能变化趋势。例如,利用数据挖掘算法建立设备故障预测模型,提前发现设备潜在故障隐患,及时进行维护,避免因设备故障导致的能源浪费。基于人工智能的优化控制技术可依据实时工况,自动调整热动系统的运行参数,使系统始终处于最佳运行状态。如采用模型预测控制算法,综合考虑机组负荷需求、燃料特性、环境条件等因素,动态优化锅炉的燃烧控制与汽轮机的运行调节,实现整个热动系统的智能化节能运行。构建信息化管理平台,整合设备运行数据、能耗数据等信息,为管理人员提供直观、准确的决策支持,便于制定科学合理的节能策略,进一步提升电厂热动系统的节能管理水平。

4 电厂热动系统节能减排技术创新的保障措施

4.1 资金投入与管理

(1) 设立专项资金。为有效推动节能减排技术创新,电厂应专门设立节能减排技术创新专项资金,资金将定向用于支持高效燃烧技术、余热回收技术、智能化节能技术等一系列先进技术的研发与应用,资金来源可

涵盖电厂自身的利润留存、节能减排项目的收益等，确保有稳定的资金支持技术创新工作的开展。（2）成本效益分析。在进行资金投入前，对每个节能减排技术创新项目进行详细的成本效益分析。评估项目的初始投资、运行维护成本以及预期的节能收益、环境效益等，优先选择投资回报率高、节能减排效果显著的项目进行资金支持，提高资金使用效率。（3）资金监管与评估。建立严格的资金监管机制，确保专项资金专款专用，防止资金被挪用或浪费。定期对资金的使用情况进行评估和审计，检查资金是否按计划投入到项目中，是否达到了预期的节能减排目标，根据评估结果及时调整资金使用策略，保障资金投入的有效性和安全性^[3]。

4.2 人才培养与技术研发合作

（1）内部人才培养。电厂应制定完善的内部人才培养计划，针对热动系统节能减排技术创新的需求，开展相关的专业培训课程，包括高效燃烧技术、余热回收利用技术、智能化控制技术等方面的知识和技能培训，提高现有员工的技术水平和创新能力。（2）外部人才引进。积极引进外部优秀人才，特别是在热动系统节能减排领域具有丰富经验和专业知识的高端人才。通过提供具有吸引力的薪酬待遇、良好的工作环境和发展空间，吸引他们加入电厂的技术创新团队，为电厂带来新的技术理念和创新思路。（3）技术研发合作。加强与高校、科研机构的合作，建立产学研合作机制。共同开展热动系统节能减排技术的研发项目，充分利用高校和科研机构的科研资源和技术优势，加快技术创新的步伐。通过合作培养研究生、开展学术交流等活动，促进人才的交流与培养，提高电厂技术创新团队的整体素质。

4.3 技术标准制定与监测评估体系建设

（1）技术标准制定。结合电厂热动系统的实际情况和节能减排技术创新的发展趋势，制定一套完善的技

术标准和规范。包括锅炉燃烧效率标准、汽轮机热效率标准、循环水系统能耗标准等，明确各项技术指标和要求，为节能减排技术的应用和设备的选型提供依据。

（2）监测体系建设。建立全面的热动系统节能减排监测体系，利用先进的传感器技术和数据采集设备，对锅炉、汽轮机、循环水系统等关键设备的运行参数、能耗数据、污染物排放数据等进行实时监测，确保数据的准确性和及时性，为节能减排工作提供数据支持。（3）评估体系建设。构建科学合理的节能减排效果评估体系，定期对热动系统的节能减排技术创新项目进行评估。评估内容包括技术指标的完成情况、节能效果、减排效果、经济效益等方面，根据评估结果及时总结经验教训，发现存在的问题并提出改进措施，推动电厂热动系统节能减排技术创新工作的持续发展^[4]。

结语

综上所述，电厂热动系统节能减排技术创新是实现电力行业可持续发展的关键路径。通过对传统技术的梳理，明晰了创新方向，在高效燃烧、余热利用及智能化等方面已取得理论突破。资金、人才、标准等保障措施也为技术落地提供支撑。未来，应持续深化研究，加速创新技术推广应用，进一步挖掘热动系统节能减排潜力，为能源绿色转型贡献力量。

参考文献

- [1]贾元凯.发电厂热动系统节能优化与减排技术分析[J].今日自动化,2025(1):38-39,64.
- [2]李冠军.火力发电厂热能动力系统优化与节能改造技术[J].模型世界,2025(1):77-79.
- [3]杨茜.节能减排技术在火力发电厂热工自动化系统设计中的运用[J].产品设计,2024(1):46-49.
- [4]贾静.火电厂热工自动化系统节能减排技术应用[J].工程技术研究,2023,5(9):7-9.