

火电厂热动系统节能优化思路及策略

乔彬 卓智

内蒙古丰电能源发电有限责任公司 内蒙古 乌兰察布 012000

摘要: 本文聚焦火电厂热动系统节能优化。分析了热动系统组成、运行原理,构建能效评价指标体系,诊断典型能耗问题并剖析制约因素。阐述节能优化理论框架,包括目标原则、多维度方法及优化模型构建。随后提出关键节能优化策略,涵盖锅炉、汽轮机等子系统及智能控制与数字化技术应用。旨在为火电厂热动系统节能优化提供全面思路与有效策略,提升能源利用效率,实现经济效益与环境效益双赢。

关键词: 火电厂;热动系统;节能优化

引言:在全球能源紧张与环境问题日益突出的背景下,火电厂作为能源消耗与污染物排放大户,其节能优化迫在眉睫。热动系统作为火电厂核心部分,其能效水平直接影响发电成本与环境效益。深入研究热动系统节能优化思路与策略,挖掘节能潜力,提高能源利用效率,降低污染物排放,不仅对火电厂自身可持续发展意义重大,也对缓解能源危机、保护生态环境具有深远影响。

1 火电厂热动系统能效分析

1.1 热动系统组成与运行原理

火电厂热动系统主要由锅炉、汽轮机、回热系统及冷却系统等构成。锅炉通过燃烧燃料将水加热成高温高压蒸汽,为汽轮机提供动力。汽轮机将蒸汽的热能转化为机械能,带动发电机发电。回热系统利用汽轮机抽汽加热给水,提高热效率,减少冷源损失。冷却系统则将汽轮机排汽冷凝成水,重新送回锅炉循环使用。整个系统通过能量转换与传递,实现发电过程。运行中,各子系统相互关联,协同工作,确保能量高效利用。了解其组成与原理,是分析能效、诊断问题及制定优化策略的基础,对提升火电厂整体经济效益与环境效益至关重要。

1.2 能效评价指标体系

火电厂热动系统能效评价指标体系涵盖多个方面。热效率是核心指标,反映系统将燃料化学能转化为电能的效率,包括锅炉效率、汽轮机热耗率等。煤耗率直接体现发电对煤炭的消耗程度,是衡量经济性的关键。还有厂用电率,反映辅助设备耗电占比^[1]。另外,补水率、真空度等指标也影响系统运行。这些指标相互关联,共同构成全面评价能效的体系。通过准确测量与计算这些指标,能清晰了解系统能效状况,找出薄弱环节,为后续能效提升与节能优化提供数据支撑与方向指引,助力火电厂实现高效、低碳运行。

1.3 典型能耗问题诊断

火电厂热动系统存在多种典型能耗问题。锅炉方面,燃烧不充分会导致燃料浪费,排烟温度过高会带走大量热量,降低锅炉效率。汽轮机中,通流部分结垢、间隙过大,会使蒸汽做功能力下降,热耗增加。回热系统若加热器端差大、疏水不畅,会造成给水加热不足,增加冷源损失。冷却系统冷却效果不佳,会使汽轮机排汽压力升高,降低机组出力。系统还存在管道泄漏、阀门内漏等问题,导致能量无谓损耗。通过专业检测与分析,准确诊断这些能耗问题,明确问题根源与影响程度,是制定针对性节能措施、提升系统能效的重要前提。

1.4 制约因素分析

火电厂热动系统能效提升面临诸多制约因素。设备因素方面,老旧设备性能下降,难以达到高效运行标准,且维修成本高;部分设备选型不合理,与实际运行工况不匹配。技术因素上,先进节能技术应用不足,如高效燃烧技术、智能控制技术等未广泛应用。管理因素中,运行人员操作水平参差不齐,缺乏科学运行管理方法,导致设备运行参数偏离最佳值。此外,燃料质量不稳定、环境温度变化等外部因素,也会影响系统能效。深入分析这些制约因素,从设备更新、技术引进、管理优化等多方面入手,才能突破瓶颈,实现热动系统能效的显著提升。

2 火电厂热动系统节能优化理论框架

2.1 优化目标与原则

火电厂热动系统节能优化的目标是提高能源利用效率,降低发电成本,减少污染物排放,实现经济效益与环境效益的双赢。具体而言,要提高锅炉热效率、降低汽轮机热耗、优化回热系统运行、提升冷却效果等。优化原则包括科学性原则,依据热力学原理与系统运行规律制定优化方案;系统性原则,将热动系统视为整体,

统筹考虑各子系统间的相互影响；经济性原则，在保证节能效果的同时，兼顾优化措施的成本投入与收益回报；可行性原则，确保优化方案在技术、设备、人员等方面具备可操作性，能够顺利实施并达到预期目标。

2.2 多维度优化方法

火电厂热动系统节能优化需采用多维度、全方位的方法，以实现能源的高效利用与可持续发展。在设备维度，一方面要对老旧设备进行更新改造。那些服役多年、效率低下的设备，不仅能耗高，还可能存在安全隐患，及时更换为高效节能设备，如高效锅炉、新型汽轮机等，能从根本上提升能源转化效率^[2]。另一方面，对现有设备进行优化调整也必不可少。例如调整锅炉燃烧器角度，可使燃料燃烧更充分，减少不完全燃烧损失；对汽轮机通流部分进行改造，采用先进叶型与气动设计，能降低蒸汽流动阻力，提高通流效率。技术维度上，要积极引入先进节能技术，低氮燃烧技术既能减少氮氧化物等污染物的排放，又能提高燃烧效率，实现环保与节能的双赢；智能控制技术则可对设备运行进行精准调控，根据实时工况自动调整参数，确保设备始终在最佳状态运行。管理维度同样重要，加强运行管理，制定科学合理的运行规程与考核制度，能规范运行人员操作，提高操作水平；开展节能培训与宣传，可增强全员节能意识，形成良好的节能氛围。通过设备、技术、管理等多维度协同优化，定能全面提升热动系统能效水平。

2.3 优化模型构建

构建火电厂热动系统节能优化模型，是科学且高效实施节能优化的关键所在。此模型以系统能效最大化为核心目标函数，旨在充分挖掘热动系统的节能潜力，实现能源利用效率的最大化。在构建过程中，需综合考虑多方面因素并将其作为约束条件，涵盖设备性能，如锅炉的燃烧效率、汽轮机的通流效率；运行参数，像压力、温度、流量等；以及环境条件，例如环境温度、湿度等。这些因素相互关联、相互影响，共同决定了系统的能效水平。运用线性规划、非线性规划等数学方法对模型进行求解，能得出理论上的最优解。之后，通过收集系统实际运行数据，对模型进行反复训练与严格验证，确保模型能够准确反映系统实际情况，具备高度的可靠性与实用性。优化模型能为节能优化提供坚实的定量分析依据，帮助确定最佳运行参数与优化方案。比如，借助模型计算可明确锅炉在不同负荷下的最佳燃烧配风比、汽轮机在不同工况下的最优进汽参数，从而精准指导实际运行，实现系统能效的显著提升。

3 关键节能优化策略

3.1 锅炉系统节能优化

锅炉系统作为火电厂热动系统的核心部分，其节能优化意义重大，可从多方面精准发力。优化燃烧调整是关键一环，通过科学合理配风，依据燃料特性调整风量与风速，同时严格控制燃料粒度与均匀分布，能让燃料在炉膛内充分燃烧，极大降低不完全燃烧损失，提升燃烧效率。加强受热面清洁不容忽视，定期进行吹灰与清洗作业，可有效减少积灰结焦对传热的阻碍，使热量能够更高效地传递，提高传热效率。采用高效燃烧器能显著改善燃烧状况，其独特的结构设计可增强燃烧稳定性，让燃料燃烧更充分、更高效^[3]。对锅炉本体进行完善的保温处理，能大幅减少热量向外界散失。合理控制锅炉排烟温度至关重要，过高的排烟温度会带走大量热量，造成能源浪费。通过实施这些全面且细致的措施，能够有效提高锅炉热效率，切实降低燃料消耗，为锅炉系统的节能优化提供坚实保障，进而为火电厂整体能效的提升筑牢根基。

3.2 汽轮机系统节能优化

汽轮机系统节能优化的核心聚焦于提高其内效率与运行经济性，这对于火电厂降低能耗、提升效益意义重大。对汽轮机通流部分进行改造是关键且重要的举措。采用先进的叶型与气动设计，能够依据蒸汽的流动特性，精准优化其流动路径。这就像为蒸汽开辟了一条更为顺畅的通道，极大地减少了蒸汽在流动过程中的能量损失，进而有效提高通流效率，让蒸汽蕴含的能量得到更为充分的释放与利用，为汽轮机高效运行奠定基础。优化汽轮机运行方式同样不容忽视，不同负荷情况下，合理调整进汽参数至关重要。这就如同为汽车选择合适的档位，能使汽轮机始终在高效区稳定运行，避免因参数不匹配而出现效率低下的问题，确保每一份能量都能转化为有效的动力。加强汽轮机真空系统维护是提升性能的关键，提高真空度可有效降低排汽压力，如同为汽轮机减轻了“负担”，进而增加汽轮机出力，显著提升发电能力。对轴封系统进行优化，能减少蒸汽泄漏，提高机组密封性，防止能量无谓损耗。定期全面检修与维护汽轮机，及时处理设备缺陷，可确保各部件良好运行，降低故障率与能耗，实现节能降耗目标。

3.3 回热系统节能优化

回热系统节能优化对于提升火电厂热动系统能效起着至关重要的作用。优化加热器运行是首要任务，严格控制加热器端差在合理范围内，能有效减少给水加热不足带来的冷源损失，使热量得到更合理的利用。加强加热器疏水系统管理是关键环节，确保疏水畅通无阻，

避免疏水积存影响加热器换热效果，保证加热器能够高效稳定运行。合理调整抽汽参数，使抽汽与给水换热达到最佳匹配状态，可显著提高回热效率，让能量在回热过程中实现更高效的传递。对回热系统管道进行优化设计，减少管道阻力，能降低蒸汽在管道中的压力损失，减少能量在传输过程中的损耗。另外，采用高效的加热器设备，其先进的换热技术和优质的材料可提高换热性能，进一步提升回热系统的效率。通过这些综合措施，可充分发挥回热系统的作用，提高能源利用效率，有效降低发电煤耗。

3.4 冷却系统节能优化

冷却系统节能优化可从冷却方式与设备运行两大关键层面协同推进，以实现全方位的节能增效。采用高效的冷却技术是重要方向，其中，干式冷却技术优势显著，它摒弃了传统水冷方式对大量冷却水的依赖，在减少冷却水用量的同时，极大降低了水的蒸发损失。这对于水资源匮乏地区而言，无疑是解决冷却难题、保障火电厂稳定运行的理想选择，有效缓解了水资源紧张与工业生产之间的矛盾。优化冷却塔运行是关键环节，通过精准调控风机转速与循环水量，能够依据实际工况动态调整冷却塔的运行状态，使冷却塔的冷却效率大幅提升。这不仅能有效降低汽轮机排汽温度与压力，还能提高汽轮机的运行效率，增加发电量，提升整体经济效益。加强冷却水水质管理至关重要，定期进行水质处理，可防止换热器结垢与腐蚀，确保换热器始终保持良好的换热效果。若换热器出现结垢或腐蚀，会严重影响热量传递，导致能量损耗增加，而良好的水质管理能有效避免这一问题。对冷却水泵进行变频改造是有效手段，根据冷却需求自动调整水泵转速，使水泵在满足冷却要求的前提下，避免不必要的能耗，实现节能运行。通过这些优化措施，可全面提高冷却系统性能，减少能量在冷却过程中的损耗，实现冷却系统的高效节能运行。

3.5 智能控制与数字化技术

智能控制与数字化技术在火电厂热动系统节能优化

中发挥着不可替代的重要作用。通过在系统中安装各类高精度传感器，能够实时采集系统运行数据，如温度、压力、流量等关键参数，实现对系统运行状态的全面、精准监测，为后续的分析与决策提供详实可靠的数据支持。利用大数据分析 with 人工智能算法，对采集到的海量数据进行深度挖掘与分析，能够精准预测系统运行趋势，提前发现潜在问题，为运维人员提供科学的预警信息^[4]。基于分析结果，智能控制系统可自动调整设备运行参数，实现设备的精准控制与优化运行，使设备始终处于最佳运行状态，提高能源利用效率。数字化技术还可实现设备远程监控与故障诊断，运维人员无需亲临现场即可掌握设备运行情况，及时发现并处理故障，提高运维效率，减少非计划停机时间。通过智能控制与数字化技术的深度融合应用，可显著提升热动系统能效，推动火电厂向智能化、高效化方向迈进。

结束语

火电厂热动系统节能优化是一项复杂且长期的系统工程。通过对其能效的深入分析，构建科学的理论框架，并从锅炉、汽轮机等多个子系统以及智能控制与数字化技术等方面实施关键节能优化策略，可有效提升系统能效，降低发电成本与污染物排放。未来，随着技术的不断进步，应持续探索创新节能优化方法，推动火电厂热动系统向更高效、更环保的方向发展，为我国能源事业的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]李沛霖.火电厂热动系统节能优化策略解析[J].电力设备管理, 2023(2): 221-223.
- [2]周迎春.浅谈火电厂热动系统节能优化思路及有效策略[J].应用能源技术, 2021(2):43-45.
- [3]安文彬,程龙,马文杰,等.火电厂热动系统的节能优化方案研究[J].现代工业经济和信息化,2025,15(3):192-193,234.
- [4]宋昂.火电厂热动力系统优化与节能改造研究[J].电力设备管理, 2022(17): 241-243.