

火电厂汽机运行能耗分析与节能措施探讨

李颀函

国能吉林龙华热电股份有限公司延吉热电厂 吉林省延边朝鲜族自治州延吉市 133000

【摘要】汽轮机作为火电厂能量转换的核心设备，其运行效率直接决定电厂整体能耗水平与经济效益。在“双碳”目标引领下，火电厂节能降耗已成为实现能源结构转型、推动行业高质量发展的关键路径。然而，火电厂以煤炭等化石能源为主要燃料，能源消耗量大、碳排放强度高，随着环保要求日益严格与能源供需格局变化，传统高能耗、高排放的运行模式已难以适应行业发展需求。基于此，本文围绕火电厂汽机运行能耗展开系统分析，剖析能耗产生的核心因素，提出针对性的节能优化措施，为火电厂降低汽机运行能耗、提升能源利用效率提供理论参考与实践指导，助力火电厂实现绿色低碳转型。

【关键词】火电厂；汽轮机；运行能耗；节能措施；绿色转型

【中图分类号】 TM621 **【文献标识码】** A

Energy Consumption Analysis and Energy Conservation Measures for Steam Turbine Operations in Thermal Power Plants By
Li Jinhuan

Yanji Thermal Power Plant, Jilin Longhua Thermal Power Co., Ltd.
Yanji City, Yanbian Korean Autonomous Prefecture, Jilin Province 133000

【Abstract】 As the core equipment for energy conversion in thermal power plants, steam turbines directly determine the overall energy consumption levels and economic efficiency of power plants. Under the guidance of the "dual carbon" goals, energy conservation and emission reduction in thermal power plants have become crucial pathways for achieving energy structure transformation and promoting high-quality industry development. However, thermal power plants primarily rely on fossil fuels such as coal, which result in high energy consumption and carbon emission intensity. With increasingly stringent environmental requirements and evolving energy supply-demand patterns, traditional high-energy-consumption and high-emission operational models can no longer meet industry development needs. This paper systematically analyzes energy consumption in steam turbine operations, identifies key factors contributing to energy waste, and proposes targeted energy-saving optimization measures. The findings provide theoretical references and practical guidance for reducing steam turbine energy consumption and improving energy utilization efficiency, ultimately supporting the green and low-carbon transformation of thermal power plants.

【Key words】 thermal power plant; steam turbine; operational energy consumption; energy-saving measures; green transition

引言

汽轮机作为火电厂热力循环的核心枢纽，承担着将蒸汽热能转化为机械能进而驱动发电机发电的关键任务，其运行过程中的能耗损失约占电厂总能耗的60%以上，是节能降耗的重点环节。当前，火电厂汽机运行仍面临能耗偏高的问题，主要表现为设备效率不足、运行参数偏离最优区间、系统协同性差等，导致大量能源以热能损失、机械损耗等形式浪费。因此，深入分析汽机运行能耗的影响因素，探索科学有效的节能措施，对于降低火电厂发电煤耗、减少污染物排放、提升企业市场竞争力具有重要现实意义。

1 火电厂汽轮机节能的必要性

1.1 缓解能源供需矛盾、保障能源安全的重要支撑

我国化石能源储量相对有限，且能源消费结构中煤炭占比虽逐步下降但仍处于较高水平，能源供需矛盾长期存在。火电厂作为能源消耗大户，其汽机运行效率的提升能够直接减少煤炭等化石能源的消耗量，相当于增加了能源供给总量。同时，节能降耗能够降低火电厂对化石能源的依赖度，减少能源进口压力，为国家能源安全提供重要保障。在新能源发电尚存在波动性、间歇性等短板的情况下，通过提升火电机组汽机运行效率，实现化石能源的高效利用，对于保障能源供应稳定性具有不可替代的作用。

1.2 提升火电厂市场竞争力、改善经济效益的核心路径

随着电力体制改革的不断深化，电力市场竞争日益激烈，新能源发电的低成本优势对传统火电厂形成了巨大冲

击。火电厂的燃料成本占总运营成本的比重较高，而汽机运行能耗直接影响燃料消耗量。通过节能措施降低汽机能耗，能够显著减少燃料采购支出，降低单位发电量成本，提升企业在电力市场中的价格竞争力。同时，节能改造所带来的成本节约能够转化为企业利润，增强企业的资金实力与抗风险能力，为企业技术升级、可持续发展提供资金支持。在能源价格波动频繁的市场环境下，节能已成为火电厂提升经济效益的核心路径。

1.3 推动行业技术进步、实现高质量发展的内在动力

汽机运行节能工作的推进，必然会倒逼火电厂引进先进技术、优化管理模式、提升技术水平。从设备升级到运行调控，从系统优化到智能运维，节能目标的实现需要依托一系列新技术、新工艺、新方法的应用。这一过程不仅能够提升单个电厂的技术实力，更能够推动整个火电行业的技术升级与产业转型。通过节能技术的研发与推广，火电厂将逐步摆脱传统高能耗、高排放的发展模式，向高参数、高效率、智能化、绿色化的方向转型，实现行业的高质量发展，为我国能源电力行业的可持续发展奠定坚实基础。

2 火电厂汽机运行能耗影响因素分析

2.1 设备自身特性与老化损耗

汽轮机的设计制造水平与设备状态是影响运行能耗的基础因素。首先，汽轮机的通流部分设计直接决定蒸汽能量转换效率，若叶片型线不合理、通流间隙设计不当，会导致蒸汽在流道内产生涡流、泄漏等损失，降低热能向机械能的转化效率。其次，汽轮机的密封结构性能对能耗影响显著，轴封、隔板密封等部位若密封效果不佳，会造成高温高压蒸汽泄漏，不仅浪费能源，还会加剧设备磨损。此外，随着运行年限的增加，汽轮机不可避免地出现设备老化与性能衰减问题。叶片、隔板等部件长期在高温高压环境下运行，易发生腐蚀、结垢、磨损等现象，导致通流面积变化、气动性能下降；轴承等转动部件的磨损会增加机械摩擦损耗，降低传动效率；阀门、调节阀等控制部件的卡涩与泄漏，会影响蒸汽流量调节精度，导致运行工况偏离设计最优值，进而增加能耗。

2.2 运行工况调控不当

汽轮机运行工况的合理性直接影响能耗水平，实际运行中工况偏离设计值是导致能耗升高的重要原因。一是负荷调节方式不合理，火电厂常面临用电负荷波动的情况，若采用定压运行模式应对负荷变化，会导致汽轮机在低负荷工况下蒸汽参数与负荷不匹配，出现节流损失增大、效率下降等问题；二是主蒸汽与再热蒸汽参数控制偏差，主蒸汽压力、温度及再热蒸汽温度若低于设计值，会降低蒸汽的做功能力，导致汽轮机内效率下降，而参数过高则可能引发设备安全风

险，同样影响运行经济性；三是真空度控制不佳，凝汽器真空度是影响汽轮机排汽焓降的关键参数，若真空度不足，会导致排汽压力升高、可用焓降减小，不仅降低发电效率，还会增加循环水泵等辅助设备的能耗。同时，汽轮机的启停操作流程也会影响能耗水平。启停过程中，若升温升压速度控制不当，会导致设备热应力过大，不仅影响设备寿命，还会增加启动时间与能源消耗；此外，启停过程中蒸汽排放、旁路系统运行等环节也会造成大量能源浪费。

2.3 热力系统协同匹配不足

火电厂热力系统是一个有机整体，汽轮机的运行能耗与锅炉、凝汽器、加热器、除氧器等设备的协同运行状态密切相关。一是锅炉与汽轮机的参数匹配性差，锅炉出口蒸汽参数若无法稳定满足汽轮机设计要求，会导致汽轮机运行在非设计工况下，降低整体循环效率；二是回热加热系统运行异常，高压加热器、低压加热器的投运率不足或换热效率下降，会导致给水温度降低，增加锅炉燃料消耗，同时影响汽轮机抽汽利用效率，造成能量损失；三是除氧器运行工况不稳定，除氧效果不佳会导致给水含氧量超标，加剧设备腐蚀，而除氧器压力、温度控制不当则会影响回热循环效率；四是凝汽器运行效率低下，凝汽器换热管结垢、堵塞或冷却水流量不足，会导致换热效果下降，真空度降低，进而增加汽轮机排汽损失。此外，热力系统的泄漏问题也会造成严重的能源浪费，如管道法兰、阀门密封处的蒸汽泄漏，加热器、凝汽器等设备的内部泄漏，都会导致系统能量流失，升高运行能耗。

3 火电厂汽机运行节能优化措施

3.1 设备升级改造，提升固有效率

设备升级改造是降低汽轮机运行能耗的根本途径，通过采用先进技术与新型材料，优化设备结构设计，提升设备固有运行效率。一是优化通流部分设计，对汽轮机高压缸、中压缸、低压缸的通流部分进行改造，采用新型高效叶片型线、合理调整通流间隙、优化隔板结构，减少蒸汽在流道内的涡流损失与泄漏损失，提升通流效率；二是改进密封系统，采用新型密封材料与结构，如蜂窝密封、刷式密封等，替代传统的迷宫密封，降低轴封、隔板密封等处的蒸汽泄漏量，减少能量损失；三是升级转动部件，采用高强度、耐高温、抗腐蚀的新型材料制造叶片、转子等部件，提高部件运行可靠性与使用寿命，减少因部件磨损、腐蚀导致的效率下降；四是改造辅助设备，对凝汽器、加热器等辅助设备升级，采用高效换热元件，优化设备结构，提升换热效率，为汽轮机高效运行提供保障。此外，对于运行年限较长、效率偏低的老旧汽轮机，可采用整体改造或更换的方式，选用符合当前能效标准的新型汽轮机，从根本上提升能源利用效率。同时，加强设备安装与调试质量控制，确保设备安装精度符合

设计要求,避免因安装偏差导致的能耗升高。

3.2 优化运行参数,实现经济运行

优化运行参数是在现有设备条件下降低能耗的关键手段,通过科学调控汽轮机运行参数,使设备运行在最优工况区间。一是优化负荷调节方式,根据电网负荷需求与设备特性,采用滑压运行模式替代传统的定压运行模式,在负荷变化时,通过调整主蒸汽压力实现负荷调节,减少节流损失,提升低负荷工况下的运行效率;二是稳定蒸汽参数,严格控制主蒸汽压力、温度及再热蒸汽温度在设计最优范围内,避免因参数偏低导致的效率下降,同时加强锅炉燃烧调整与汽温汽压控制,确保蒸汽参数稳定;三是提高凝汽器真空度,通过优化循环水泵运行方式、清理凝汽器换热管结垢、保障冷却水水质等措施,降低凝汽器排汽压力,提升真空度,增加汽轮机可用焓降;四是优化抽汽参数,合理调整各段抽汽压力与温度,确保回热加热器、除氧器等设备的正常运行,提升回热循环效率,减少锅炉燃料消耗。同时,优化汽轮机启停流程,采用滑参数启停方式,合理控制升温升压速度,缩短启停时间,减少启停过程中的蒸汽排放与能源浪费;在停机过程中,充分利用汽轮机的余热,实现能源的回收利用。

3.3 改进热力系统,减少能量损失

热力系统的协同优化是提升汽轮机运行经济性的重要保障,通过改进热力系统结构、优化系统运行方式,减少能量损失。一是优化回热加热系统,确保高压加热器、低压加热器的正常投运,提高加热器投运率;定期清理加热器换热管结垢,提升换热效率;优化加热器水位控制,避免水位过高或过低影响换热效果;同时,合理设置回热级数与抽汽点,提升回热循环效率;二是改进除氧器运行方式,优化除氧器压力与温度控制,确保除氧效果的同时,提高给水温度,减少锅炉能耗;采用滑压除氧运行模式,适应负荷变化需求,提升系统运行经济性;三是加强热力系统密封,定期检查管道法兰、阀门、设备接口等部位的密封情况,及时更换老化密封件,减少蒸汽泄漏;对热力管道进行保温改造,采用高效保温材料,减少管道散热损失;四是回收利用余热余能,在汽轮机排汽、抽汽等环节设置余热回收装置,回收利用余热用于加热给水、供暖或其他生产环节,提高能源综合利用效率。此外,优化辅助设备运行方式,采用变频调速技术对循环水泵、给水泵、凝结水泵等辅助设备进行改造,根据运

行工况调节设备转速,降低辅助设备能耗;合理配置辅助设备运行台数,避免设备空载或低负荷运行,提升辅助系统运行效率。

3.4 强化运维管理,提升节能水平

科学的运维管理是确保汽轮机节能措施有效实施的重要支撑,通过完善管理体系、提升技术水平,实现能耗的持续降低。一是加强运行人员培训,提升运行人员的专业技能与节能意识,使其熟练掌握汽轮机运行特性与节能操作方法,在实际运行中能够根据工况变化及时调整运行参数,实现经济运行;二是建立完善的设备维护保养体系,按照设备维护规程开展定期检修与预防性维护,及时排查设备隐患,清理叶片结垢、更换磨损部件、维护密封系统,确保设备始终处于良好运行状态;三是构建能耗监测与分析系统,采用先进的传感器与数据采集技术,实时监测汽轮机运行参数与能耗数据,通过数据分析识别能耗异常原因,针对性地采取优化措施;建立节能考核机制,将能耗指标纳入运行人员与维护人员的绩效考核,激发节能积极性;四是推广应用智能化技术,采用人工智能、大数据、物联网等先进技术,构建汽轮机智能化运行管理平台,实现运行参数的自动优化、设备故障的预测预警、能耗数据的智能分析,提升运行管理的科学性与高效性。同时,加强节能技术研发与推广应用,关注行业内先进节能技术的发展动态,积极引进与应用新型节能设备、材料与工艺,持续提升汽轮机运行的节能水平。

4 结束语

总之,汽轮机运行能耗是影响火电厂整体经济性与环保性的核心因素,降低汽机运行能耗是火电厂实现节能降耗、绿色低碳转型的关键路径。本文通过分析火电厂汽机运行能耗的影响因素,提出了设备升级改造、运行参数优化、热力系统改进、运维管理强化等多维度的节能措施。在“双碳”目标背景下,火电厂汽机节能降耗工作仍需持续深化。未来,通过技术创新与管理升级的双重驱动,火电厂将不断降低汽机运行能耗,提升核心竞争力,为我国能源结构转型与绿色低碳发展作出更大贡献。

参考文献

- [1]王震. 火电厂锅炉汽机本体与压力管道的节能保温研究[J].中国设备工程, 2023, (10): 119-121.
- [2]陆勇. 火电厂锅炉汽机本体与压力管道的节能保温措施分析[J].科技创新与应用, 2020, (28): 98-99.
- [3]赵家伟. 火电厂锅炉汽机本体与压力管道的节能保温[J].清洗世界, 2020, 36(04): 56+58.
- [4]胡为杰. 浅谈火电厂循环水系统节能降耗对策[J].中国新技术新产品, 2020, (07): 85-86.
- [5]张鹏. 火电厂汽轮机组节能措施研究与应用[J].科技风, 2018, (29): 173.