

# 关于火电厂锅炉汽轮机节能环保措施的探讨

唐 威

江西赣能股份有限公司丰城发电厂 江西 宜春 331100

**摘要:** 火电厂锅炉与汽轮机是核心发电设备,其运行效率直接决定能源利用率与污染物排放水平。当前火电厂普遍存在设备能耗不均、余热回收不足、污染物排放超标等问题,根源在于技术落后、管理不规范。本文剖析二者运行中的节能环保痛点,从燃烧优化、设备改造、余热利用等方面提出针对性措施,可为火电厂节能降耗、达标排放提供指导,助力电力行业绿色可持续发展。

**关键词:** 火电厂; 锅炉; 汽轮机; 节能环保措施

引言:在“双碳”战略推进与环保政策收紧的背景下,火电厂作为能源消耗与污染物排放大户,节能环保转型迫在眉睫。锅炉与汽轮机作为火电厂能量转换的核心枢纽,其节能环保水平是电厂实现绿色发展的关键。部分火电厂因设备老化、技术滞后,仍存在能源浪费严重、污染物排放超标的问题,既增加运营成本,也不符合行业趋势。因此,探讨二者节能环保措施,破解运行痛点,对电厂提质增效、行业转型升级意义重大。

## 1 火电厂锅炉汽轮机运行现状及节能环保问题剖析

### 1.1 火电厂锅炉汽轮机运行现状

(1) 锅炉运行现状:当前火电厂主流锅炉为煤粉炉,辅以少量循环流化床锅炉,运行参数多为亚临界、超临界等级,蒸汽压力16~30MPa、温度538~630℃。燃料以煤炭为主,中小型机组燃料消耗偏高,大型机组虽经优化,但仍存在热能利用不均问题,平均热效率约88%~92%,部分老旧机组热损失更为突出。(2) 汽轮机运行现状:主流型号以超超临界1000MW等级为主,装机容量涵盖300MW~1300MW,大型机组蒸汽利用效率可达45%以上,中小型机组约38%~42%。整体能耗水平呈两极分化,大型机组依托先进技术能耗较低,老旧机组因性能衰减,能耗明显偏高,蒸汽余热回收利用不足。

### 1.2 锅炉运行中的节能环保问题

(1) 节能方面:部分机组燃烧调整不当,燃烧效率偏低,飞灰含碳量超标导致热能浪费;排烟温度偏高,每升高1℃约降低锅炉效率0.05%,排烟热损失严重;换热设备易结垢积灰,1mm厚水垢可使燃料消耗增加2%~3%,进一步加剧热能损耗。(2) 环保方面:烟气中NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>、粉尘排放易超标,尤其老旧煤粉炉污染排放问题突出;锅炉废水处理不彻底,部分废水未经达标处理直接排放;炉渣、飞灰等固废处置不规范,综合利用率偏低,存在二次污染隐患。

### 1.3 汽轮机运行中的节能环保问题

(1) 节能方面:通流部分设计缺陷或磨损导致损失过大,影响蒸汽做功效率;凝汽器真空度不足,使冷源损失增加、热耗率上升;辅机运行效率偏低,能耗偏高,且蒸汽余热未充分回收,能源浪费明显。(2) 环保方面:汽轮机密封性能下降,易出现工质泄漏,造成能源浪费的同时污染环境;冷却水排放温度超标,影响周边水体环境;运行过程中产生的噪声未得到有效治理,超出环保标准,影响周边环境。

### 1.4 节能环保问题产生的核心原因

(1) 技术层面:部分机组设备老化严重,未及时更新换代;技术装备落后,缺乏先进的燃烧优化、余热回收技术,节能环保技术应用不充分,难以实现高效低耗运行。(2) 管理层面:运行人员操作不规范,未严格按照最优工况运行;节能管理制度不完善,环保管控流程不严谨,日常监管力度不足,未能及时发现和整改运行中的节能环保隐患。(3) 成本层面:节能环保改造前期投入资金量大,回收周期长,部分企业过度注重短期效益,投入不足;技术升级需大量资金支持,与企业成本控制存在矛盾,导致改造工作推进缓慢<sup>[1]</sup>。

## 2 火电厂锅炉节能环保关键措施

### 2.1 锅炉燃烧系统优化节能措施

(1) 燃料优化:结合锅炉设计参数开展合理配煤,根据不同煤种的热值、挥发分等指标进行掺配,避免单一煤种燃烧不稳定的问题,同时严格把控燃料入厂质量,剔除杂质、提升燃料品质,减少无效消耗。引入煤质在线监测系统,实时检测入炉煤的水分、灰分等关键参数,动态调整入炉量和燃烧工况,确保煤质与锅炉运行参数精准匹配,最大化发挥燃料热能潜力。(2) 燃烧工艺优化:对现有燃烧器进行改造升级,全面采用低氮燃烧器,通过调整燃烧火焰形状、控制燃烧温度,在提升燃烧效率

的同时,从源头减少NO<sub>x</sub>生成。优化锅炉配风方式,采用分级配风、均匀配风技术,确保燃料与空气充分混合,避免局部缺氧或过量送风导致的燃烧不完全、热损失增加等问题。(3)燃烧控制优化:引入智能燃烧控制系统,结合锅炉运行负荷、煤质参数、烟气指标等数据,通过大数据分析实时调整给煤量、配风量、燃烧温度等关键参数,实现燃烧过程的自动化、精准化控制。有效解决人工操作偏差导致的燃烧效率偏低问题,减少不完全燃烧损失,进一步提升锅炉节能效果。

## 2.2 锅炉热能利用提升措施

(1)余热回收利用:在锅炉尾部加装低温省煤器和热管换热器,充分回收排烟中的余热,将回收的热能用于预热锅炉给水,降低给水加热所需能耗,同时可将部分余热用于厂区供暖或辅助生产,实现余热资源化利用。通过余热回收改造,可有效降低排烟温度,减少排烟热损失,提升锅炉整体热效率。(2)换热设备优化:建立换热设备定期清理维护制度,定期对锅炉水冷壁、省煤器、空气预热器等换热面进行结垢、积灰清理,采用高压水冲洗、化学清洗等方式,彻底清除换热面附着物,避免因结垢积灰导致传热阻力增加、传热效率下降。同时,推广采用高效换热管材和换热技术,进一步提升换热设备的传热性能,减少热能浪费<sup>[2]</sup>。(3)保温性能提升:更换锅炉及管道现有老旧保温材料,采用耐高温、保温效果好的新型保温材料,优化保温结构设计,确保保温层厚度均匀、密封严密,减少锅炉本体及蒸汽管道的散热损失。尤其加强管道接口、阀门等易散热部位的保温处理,降低散热损耗,进一步提升锅炉热能利用效率。

## 2.3 锅炉环保治理强化措施

(1)烟气净化:推行脱硫、脱硝、除尘一体化治理技术,在锅炉尾部配套建设高效脱硫装置,采用石灰石-石膏法等成熟脱硫工艺,降低烟气中SO<sub>2</sub>含量;搭配SCR脱硝装置,进一步去除烟气中的NO<sub>x</sub>,确保排放浓度达标;升级除尘设备,采用电袋复合除尘器等高效除尘技术,大幅降低烟气中粉尘排放,实现烟气净化全方位、全覆盖。(2)废水处置:对锅炉排污水、冲灰水等进行分类收集,先通过余热回收装置回收废水中的余热,再采用沉淀、过滤、消毒等多级处理工艺,对废水进行深度处理,确保处理后废水达到循环用水标准,用于锅炉补水、厂区绿化、设备冲洗等,实现废水循环利用,大幅减少新鲜水消耗和废水排放量,杜绝废水超标排放<sup>[3]</sup>。(3)固废处理:建立炉渣、飞灰等固废分类收集、储存制度,明确分类标准和收集流程,避免固废混存造成的二次污染。推动固废资源化利用,将炉渣用于制作建筑骨料、道路

基层材料,飞灰经无害化处理后用于水泥生产、墙体材料制造等,实现固废减量化、资源化、无害化处置,彻底解决固废处置不规范带来的环境污染问题。

## 3 火电厂汽轮机节能环保关键措施

### 3.1 汽轮机通流部分优化节能措施

(1)通流部件改造:针对汽轮机通流部分蒸汽流动损失突出的问题,对叶片、隔板等核心部件进行升级,采用高效空气动力学叶片设计,优化叶型曲面与间距,有效减少蒸汽流动中的摩擦、冲击及涡流损失。选用高强度耐高温材料制作通流部件,提升运行稳定性与使用寿命,确保蒸汽顺畅做功,最大化转化为机械能,显著提升汽轮机通流效率,实现节能降耗。(2)密封技术升级:蒸汽泄漏是导致蒸汽利用率下降的关键,需升级密封技术,采用新型柔性密封材料及迷宫式、刷式复合密封结构,替代传统密封方式,增强密封性能,减少通流各级及轴端的蒸汽泄漏。通过密封升级,降低蒸汽损耗,让更多蒸汽参与做功,进一步提升蒸汽利用效率,助力节能目标达成。

### 3.2 汽轮机运行参数优化与余热利用措施

(1)运行参数优化:结合汽轮机设计标准与实际运行负荷,科学优化蒸汽初参数(压力、温度)和终参数,在保障设备安全的前提下,适当提高初参数、降低终参数,提升朗肯循环效率。加强运行调度,合理分配机组负荷,维持汽轮机在经济负荷区间稳定运行,避免负荷波动导致的能耗上升,确保机组长期高效节能运行。(2)真空度提升:真空度不足会增加冷源损失、升高热耗率,需优化凝汽器运行工况,建立定期维护清理制度,采用高压水冲洗、化学除垢等方式,清除凝汽器铜管内的结垢、油污,恢复换热性能。同时检查完善凝汽器密封,减少空气漏入,提升真空度,有效降低热耗,提高汽轮机运行效率。(3)余热回收:充分挖掘排汽余热潜力,采用余热回收装置收集排汽余热,根据余热温度实现梯级利用。将中高温余热用于厂区供暖、工业供热,满足生产生活用热需求;低温余热用于驱动辅助设备、预热给水,替代部分电能消耗,实现余热资源化,减少能源浪费<sup>[4]</sup>。

### 3.3 汽轮机辅机节能与环保治理措施

(1)辅机节能:水泵、风机等辅机是能耗重点,需对老旧辅机进行节能改造,替换为高效节能型辅机,优化型号与运行参数,使其与汽轮机负荷精准匹配。采用变频控制技术,根据运行需求动态调整辅机转速,避免辅机长期额定转速运行造成的能耗浪费,大幅降低辅机整体能耗。(2)噪声治理:针对汽轮机运行产生的机械、蒸汽噪声,采取综合降噪措施,在噪声源处加装消声装

置,选用优质隔音材料铺设机房墙面地面,优化机房布局,分隔噪声源与操作区域,降低噪声传播,确保噪声排放符合环保标准,减少对人员及周边环境的影响<sup>[5]</sup>。(3)冷却水优化:改造传统冷却水系统,采用密闭式循环系统,减少冷却水蒸发损耗,提升重复利用率。对冷却排水进行过滤、消毒等深度处理,确保达标后循环使用或合规排放,避免水资源浪费与水体污染,实现节水与环保双赢。

#### 4 火电厂锅炉汽轮机节能环保措施实施效果与保障体系

##### 4.1 节能环保措施实施效果验证

(1)节能效果:对比措施实施前后的核心能耗数据,重点验证煤耗、电耗、热耗的降低成效,改造后机组供电煤耗可降低3-8g/kWh,汽轮机热耗率下降50-100kJ/kWh,辅机电耗占比降低2-3个百分点,有效减少能源浪费,提升能源利用效率。(2)环保效果:通过实时监测烟气污染物排放浓度,确保NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>及粉尘排放达到国家环保标准,废水经处理后循环利用率提升至90%以上,炉渣、飞灰等固废实现100%资源化利用,彻底解决污染物超标、处置不规范问题。(3)经济效益:核算节能环保改造总投入,结合节能降耗产生的成本节约,评估投资回收期通常为3-5年,长期可显著降低燃料采购、环保处罚等成本,同时提升机组运行稳定性,实现环境效益与经济效益双赢。

##### 4.2 节能环保措施实施保障体系

(1)技术保障:建立常态化技术研发与升级机制,加强与科研机构、设备厂家的合作,针对性研发适配火电厂的节能环保技术,及时推广高效燃烧、余热回收等先进技术,定期开展设备技术检测,保障措施落地见效。(2)管理保障:完善节能管理制度与环保管控体系,明确各岗位职责,规范运行操作流程;加强运行人员专业培训,提升其节能环保意识与操作技能,定期开展专项检查,及时整改各类隐患。(3)政策与资金保障:密切关注国家节能环保相关政策,积极争取政策补贴与扶持;加大企业内

部节能环保投入,建立长效资金投入机制,合理分配资金用于技术改造、设备更新,平衡改造投入与成本控制。

##### 4.3 现存不足与改进建议

(1)现存不足:当前部分先进节能环保技术的研发与应用成本偏高,中小型火电厂资金实力有限,难以承担大规模改造投入;部分老旧机组服役年限长、设备老化严重,改造空间有限,且改造难度大、投入产出比偏低,适配性较差。同时,部分技术的后期运维成本较高,进一步增加了企业的运营负担。(2)改进建议:加大低成本、高适配节能环保技术的研发力度,优化技术方案,降低技术应用与运维成本,贴合中小型火电厂实际需求。呼吁国家及地方加大政策扶持与资金补贴力度,出台针对性扶持政策,重点帮扶中小型火电厂开展改造工作。建立老旧机组淘汰激励机制,推动老旧机组逐步淘汰与升级换代,同步提升火电厂整体节能环保水平。

##### 结束语

火电厂锅炉汽轮机节能环保改造是系统性工程,需兼顾技术升级、管理完善与成本平衡。本文提出的燃烧优化、设备改造、环保治理等措施,可有效降低能耗、减少污染物排放,实现环境与经济效益双赢。目前仍存在技术应用成本高、老旧机组改造难度大等问题,通过加大研发、强化政策扶持可逐步破解。未来火电厂需持续推进升级,助力我国能源结构优化与生态文明建设。

##### 参考文献

- [1]姜瀚博.关于火电厂锅炉汽轮机节能环保措施的探讨[J].电气时代,2021(02):20-21.
- [2]梁晓剑.关于火电厂锅炉汽轮机节能环保措施的探讨[J].中国设备工程,2021,(20):240-242.
- [3]郭占春.探讨火电厂锅炉汽轮机系统的节能环保问题[J].应用能源技术,2023(07):34-37.
- [4]刘楠,邢海鹏.火电厂锅炉汽轮机系统的节能环保问题及措施[J].海峡科技与产业,2022,35(01):69-71.
- [5]杨凯.火电厂锅炉汽轮机系统节能环保的问题及措施[J].资源节约与环保,2024(08):45-47.