

# 动力设备节能改造实操路径探索

唐明昊

华电忻州广宇煤电有限公司 山西 忻州 034000

**【摘要】**：动力设备属于煤电企业生产系统的核心部分，它的运行效率同生产成本控制以及市场竞争力有着决定性的作用。本文以华电忻州广宇煤电有限公司为研究对象，对机组长期运行过程中出现的能耗偏高、设备老化等问题，从主机系统优化、辅机节能改造、技术路线选择、改造过程控制、效果评估等几个方面展开分析，对动力设备节能改造的关键技术和实施途径进行分析。通过锅炉燃烧系统升级、汽轮机通流优化、风机水泵变频改造等一系列手段，使设备的能效水平得到很大的提高。研究成果总结出的改造方法、管理模式、成效评价体系，给同类坑口电厂动力设备节能改造提供技术指导和实践参考。

**【关键词】**：动力设备；节能改造；能效提升；技术路径

DOI:10.12417/2705-0998.25.23.059

山西省是我国重要的煤电基地，区域内电厂一直承受着煤炭价格持续上涨、电价市场化改革、环保约束趋紧等诸多压力。动力系统是由锅炉、汽轮机、发电机以及各种辅助设备组成，它消耗的能量会影响到发电成本和企业效益。华电忻州广宇煤电有限公司在运行中设备性能逐渐衰减、系统效率降低，节能潜力需要被激发出来。开展系统化的节能改造，既可以降低厂用电率、煤耗，也可以提高机组的经济性、可靠性。本文从企业实际出发，对技术路径的选择、方案的设计、实施的组织、效果的评价等各个方面进行全方位的探讨，目的在于给同类型企业改善能源利用、削减运营成本提供实践参照和技术支持。

## 1 动力设备能耗现状与改造需求分析

### 1.1 主机设备运行能效评估

锅炉是能量转换的核心设备，热效率直接决定燃料利用率的好坏。通过运行数据统计分析可知锅炉排烟温度过高、飞灰含碳量超过设计值、炉膛出口烟温分布不均、水冷壁结渣影响传热效果。燃烧器配风机构老化造成一次风和二次风配合失调，煤粉着火延迟，燃烧不完全损失增加。空气预热器漏风率增大，进风温度降低，燃烧稳定性变差。汽轮机通流部分的积盐结垢造成流道堵塞，叶片表面的粗糙度增大，气动损失变大。高中压缸效率明显下降，抽汽压力偏离设计工况，回热系统热经济性变差。凝汽器真空度难以维持，背压增大造成循环效率下降。累积起来，使机组的供电煤耗偏离设计值，节能改造的必要性就凸显出来了。

### 1.2 辅助系统能耗分布特征

辅机系统的厂用电消耗量较大，节能空间大。给水泵属于高耗能设备，运行工况偏离高效区，阀门节流损失大。磨煤机单位电耗高，磨辊、磨盘磨损加剧，分离器效率下降，循环倍率上升。送引风机变负荷工况下调节方式落后，使用挡板调节

产生节流损失，电机长期运行在低效区<sup>[1]</sup>。循环水泵配置有冗余，部分时间段会出现大流量、小温升的运行情况，输送功率的浪费比较明显。除灰渣系统气力输送能耗高，设备选型和实际工况不匹配。照明系统仍然使用传统的光源，能效水平低。辅助系统的节能问题分散在各个部分，要制定出相应的节能方案来发掘出节能潜力。

### 1.3 改造约束条件与技术选型原则

节能改造要以保证机组安全稳定运行为前提，在各方面受到限制。改造周期受机组检修计划限制，应合理安排施工时间，不能影响发电任务。改造资金来自于企业自有资金和节能专项资金，控制投资规模，追求合理的投资回收期。技术选型要根据成熟可靠、经济合理、维护简便的原则，选择已经有成功的实例技术路径。改造方案设计时要注意与现有系统兼容，不能大范围地改变主体结构。设备选型时应该根据本地区的煤质特点、运行工况，保证改造后的设备能够适应实际生产的需要。技术路线选择要综合考虑节能效果、投资成本、实施难度、运行维护等，用技术经济比选法来确定最优方案。

## 2 主机系统节能改造技术实施

### 2.1 锅炉燃烧系统优化改造

对锅炉的热效率低进行燃烧系统的综合改造。对燃烧器进行技术改造，更换新型低氮燃烧器，优化一次风喷口结构，改善煤粉气流扩散、混合特性。调整二次风配风方式，增加分层配风装置，加强炉内空气动力场，使煤粉充分燃烧。改造制粉系统，更换磨煤机耐磨件，优化动静态分离器结构，提高煤粉细度和均匀性。对空气预热器做堵漏改造，更换密封装置，减小漏风率，提高换热效率。加装烟气余热回收装置，利用排烟余热加热凝结水或者燃料，降低排烟温度，回收低温烟气热量。

改造实施之后,调整运行参数,优化配风比例,控制炉膛温度场分布,使燃烧工况更加稳定高效。定期清除受热面积灰,保证良好的传热效果,使锅炉的热效率保持在高水平上。

## 2.2 汽轮机通流改造与凝汽系统优化

汽轮机通流改造采用叶片更新和汽封改进相结合的方式。对高中压缸动叶片做化学清洗、喷丸处理,恢复叶片表面光洁度,减小气动损失。更换低压缸末级叶片,使用新型长叶片技术,增大排汽面积,减小排汽损失。改善汽封结构,更换梳齿式汽封,减小漏汽损失,提高级效率。优化抽汽管道布置,减小阻力损失,提高回热系统的效率。凝汽器改造包括更换冷却管束和改进循环水系统。采用新型高效传热管材来提高换热系数,改善凝汽器端差。清理循环水系统结垢和生物附着,保持冷却水侧清洁,保证良好的传热效果。改造凝汽器热井,改善凝结水排出方式,降低凝结水过冷度。根据负荷及环境温度的变化来合理地确定运行台数,避免大流量小温升运行,从而达到降低循环水泵电耗的目的。

## 3 辅机系统节能技术应用

### 3.1 风机变频调速改造

送引风机为厂用电的主要耗能设备,传统的挡板调节方式存在较大的节流损耗。采用变频调速改造,改变电机转速来调节风量,消除节流损失,达到风机高效运转的目的。改造方案就是加装变频器,改造电机控制系统和改善风机运行逻辑。变频器选型要顾及功率容量,散热情况,谐波抑制等,配备相应的滤波装置和制动单元。电机绕组绝缘要符合变频运行的要求,对老旧电机进行绝缘强化处理或者更换变频电机。控制系统改造要增加转速、压力反馈等信号,建立自动调节回路,使风量随负荷的变化而自动跟踪。运行时根据锅炉负荷和燃烧工况来调节风机转速,保持炉膛压力、氧量在合理范围之内,防止送风过多造成排烟热损失增大。变频改造后风机电耗降低,节能效果好,也降低了机械磨损、噪声水平。

### 3.2 水泵系统节能改造

给水泵运行工况偏离设计点,通过叶轮切割或者更换高效叶轮改善水泵性能曲线,使运行工况点落在高效区。将阀门节流调节改用变频调速调节,按锅炉给水流量需求自动调节水泵转速,减小节流损失。循环水泵节能改造采用大小泵组合运行的方法,依据季节和负荷变化选择合适的组合方式,避免大马拉小车的现象。改造循环水系统管路,减小弯头、变径的数量,降低管路阻力。凝结水泵改造就是更换高效叶轮、改变运行方式,减少旁路循环流量,降低无效功率消耗。对各种水泵进行定期保养,及时更换磨损件,保持水泵良好的工作状态和较高的运行效率。

### 3.3 照明与其他辅助系统改造

全厂照明系统进行节能改造,把传统的荧光灯、高压钠灯

换成LED灯具,照明能耗明显降低。根据不同的区域照明需求合理地选择灯具的功率以及布置方式,生产区要保证足够的照度,非重点区适当降低照度标准<sup>[2]</sup>。增加智能照明控制系统,分区分时控制,避免长明灯现象。除灰渣系统改造包含改善气力输送参数、改进输送管道、更换高效罗茨风机等手段,以减小输送能耗。压缩空气系统改造有修复管道漏点、改进用气管理、增加储气罐等手段,缩减空压机的运行时长。辅助系统节能改造单项节能量小,但累积效应大,对降低厂用电率起到积极作用。

## 4 改造效果评估与管理保障

### 4.1 节能效果测算与经济性分析

改造完成后进行节能量测算工作,用改造前后运行数据来评价节能效果。锅炉热效率提高一个百分点,供电煤耗减少几克每千瓦时。汽轮机热耗率降低,机组循环效率提高。厂用电率降低接近1%,年节约电量很多。按照当地的燃煤价格、上网电价来计算,节能改造带来的直接经济效益十分明显,投资回收期符合预期。改造带来的间接效益有设备可靠性提高减少故障停机损失,环保性能改善降低排放成本,机组竞争力增强有利于争取更多的发电计划。节能改造的经济效益综合直接效益和间接效益,为企业降本增效做出了贡献。

### 4.2 改造项目实施管理经验

节能改造项目的管理要协调各方面的资源,保证改造工作的顺利实施。项目立项阶段做好技术方案的论证工作,组织专家评审,选择最合理的路线。设计阶段加强同设计单位的沟通,根据现场实际情况完善设计图纸,防止出现设计缺陷。采购阶段严格把控设备质量,选择信誉良好的供应商,做好设备到货验收。施工阶段加强现场管理,保证施工质量和安全,及时解决施工中出现的問題。调试阶段组织专业人员做性能检测,看改造效果是否达到设计要求。改造的全过程要建立完善的档案资料,设计文件、施工记录、调试报告、验收证明等都要齐全,为以后的运行维护提供依据。项目管理重视经验总结,把成功的做法固化成管理制度,给以后的改造项目提供借鉴。

### 4.3 节能运行长效机制建立

改造结束后建立节能运行长效机制,巩固改造成果。制定节能运行规程,明确各设备的最佳运行参数和调整原则,指导运行人员科学操作。建立能耗监测体系,实时追踪主要的能耗指标,能够迅速找到异常波动。开展节能培训,提高运行人员的节能意识和技能水平,使其掌握节能设备的操作方法。定期开展节能诊断,找出新的节能潜力点,持续提高能效水平。把节能指标加入到绩效考核当中,调动员工节约能源的积极性,营造出一种节能文化氛围。加强节能设备的保养维护,制定专项维护计划,保证设备在良好状态下工作,防止能效降低。通过长效机制的建立和落实,使节能成为生产运行的常态,实现

节能效益的持续释放<sup>[3]</sup>。

## 5 监管效能评价体系构建

### 5.1 多维度绩效评估指标设计

科学创建监管效能评价体系,就要创建包含结果性指标和过程性指标的多维度评价体系。结果性指标应该主要考察质量安全事故发生率、抽检合格率、问题处置时效性等直接体现监管效果的主要数据。过程性指标的监管覆盖率、执法规范性、风险预警准确率、培训完成的质量等等。指标体系的设计要遵循 SMART 原则,保证每一个指标都是明确的、可以衡量的、可以实现的、相关的、有时间限制的。根据各地区的产业发展特点以及发展阶段,设置不同的评价标准来避免一刀切的评价方式提高评价体系的适应性、科学性。

### 5.2 动态监测与反馈机制建立

完善监管效能的动态监测体系要建立常态化的数据收集和反馈机制。依靠信息化平台来完成监管数据的实时采集、自动分析以及可视化展示,从而给效能评价赋予准确的数据支撑。建立月度、季度、年度的定期评估制度,结合重点专项工作不定期评估形成多频次、多维度的监测网络<sup>[4]</sup>。同时建立评估结果反馈与应用机制,把效能评价结果同资源配置、人员考核、政策调整联系起来。设立问题整改台账,将评估发现的问题进行清单式管理并限期整改,形成监测、评估、反馈、改进

的闭环管理体系,促使监管效能不断改进。

## 6 结论与展望

### 6.1 结论

动力设备节能改造对实现煤电企业降本增效,提高市场竞争力具有非常重要的意义。本文以华电忻州广宇煤电的实际操作经验为依托,对锅炉燃烧优化、汽轮机通流改造、风机水泵变频、辅机系统升级等主要的技术措施做了全面的梳理,并形成了一套从问题诊断、方案设计、组织实施、效果评估闭环管理体系。经由科学改造并加以运行改善之后,机组的能效水平得到明显改善,供电煤耗及厂用电率均有所降低,改造投资在合理周期内得以回收,给企业带来了可观的经济效益和环保效益。

### 6.2 展望

煤电企业节能工作要向着系统集成化、运行智能化方向不断深入。健全能耗在线监测,推进大数据、人工智能技术在能耗分析、优化决策方面的使用。积极寻求先进的热力循环、高效的传热材料、新型的储能等前沿技术工程化应用。在能源转型的大背景之下,统筹节能降耗与机组灵活性改造,创建起符合新型电力系统需求的清洁高效动力系统。并且建立节能长效管理机制,加强人员能力建设,培育全员节能文化,给行业绿色低碳转型提供持续动力。

## 参考文献:

- [1] 喇元,王昕,窦如婷,等.基于双通道多特征融合的发电设备绿色节能控制方法研究[J].自动化仪表,2024,45(10):65-69.
- [2] 侯明冉.智能化变频节电技术在动力设备节能改造中的应用分析[J].模具制造,2024,24(10):191-193+196.
- [3] 徐顺智,赵瑞彤,王孝全,等.燃煤发电行业低碳化发展路径分析[J].洁净煤技术,2023,29(12):83-94.
- [4] 贾彦兵,张国林,孙严冬,等.我国煤电转型的形势与建议[J].能源研究与利用,2023,(01):16-22.