

超临界火电机组节能减排技术应用研究

毕玉龙

华能国际电力股份有限公司德州电厂 山东 德州 253000

【摘要】：“双碳”目标下，火电行业作为能源供给的重要梁柱，其节能减排的转型似箭在弦。超临界火电机组以更高的能源转换效能为翼，化作火电清洁化进程的核心指向标。本文脚踏机组运行的现实土地，从设备升级的改头换面、运行精准的调兵遣将、环保协同的共治山河三个关键坐标点，深入挖掘超临界火电机组节能减排的核心技术蹊径，剖析各技术的应用脉络与实践要塞，为现役机组的能效攀登和环保过关呈上带泥点的技术借鉴，助推火电行业驶向低碳转型与高质量发展的港湾。

【关键词】：超临界火电机组；节能减排；设备改造；运行优化；环境治理

DOI:10.12417/3083-5526.25.05.001

引言

目前，能源结构的转型踏入关键隘口，火电行业既需筑牢能源供应的稳固城墙，又得肩扛减排降碳的沉重鼎钟。超临界火电机组穿越水的相变藩篱，大幅扬起能源转换的效率风帆，较传统亚临界机组，在节能降耗和污染物的囚笼构建上持有天生利矛。但在实际的运转征途中，部分机组犹存燃烧似残烛、辅机电耗如高山、污染物治理若散沙等状况，捆住了节能减排潜力的展翅臂膀。鉴于此，本文挽起一线运行与改造的经验衣袖，将目光聚焦超临界火电机组节能减排的核心技术舞台，从设备、运行、环保三个实操战场展开深潭探珠般的解析，旨在为机组高效低碳的运行呈上可执牛角的技术蓝图，避开空泛如浮云的理论，高树实践为旗。

1 超临界火电机组节能核心技术应用

1.1 核心设备节能改造技术

(1) 锅炉系统节能改造

锅炉是一种能量转换设备，向锅炉输入的能量有燃料中的化学能、电能，锅炉输出具有一定热能的蒸汽、高温水或有机热载体。锅的原义指在火上加热的盛水容器，炉指燃烧燃料的场所，锅炉包括锅和炉两大部分。锅炉中产生的热水或蒸汽可直接为工业生产和人民生活提供所需热能，也可通过蒸汽动力装置转换为机械能，或再通过发电机将机械能转换为电能。提供热水的锅炉称为热水锅炉，主要用于生活，工业生产中有少量应用。产生蒸汽的锅炉称为蒸汽锅炉，常简称为锅炉，多用于火电站、船舶、机车和工矿企业。

(2) 汽轮机系统节能改造工程实施

汽轮机设备的热耗散逸状况主要由汽流损耗现象与漏汽问题引发，此二者亦为机组节能改造工作的核心方向领域。于实际改造进程当中，首先针对通流部分结构开展优化操作，将传统类型的隔板装置、动叶部件替换成为新型号的三维扭曲叶片组件，对汽流通道结构实施优化处理，降低汽流阻力造成的损耗情况，进而提升汽轮机设备的运行效率；其次是密封系统的升级改造事项，把原有的梳齿式密封结构变更为蜂窝式密封

构造，大幅度降低轴封位置的漏汽数量，减少蒸汽资源的浪费现象，该部分节省下来的蒸汽能源可直接转化成发电效益成果；最后是凝汽器设备的提效改造内容，定期开展凝汽器换热管内壁表面的结垢清理作业，在必要情形之下更换为具备耐腐蚀性能的钛管材料，并加装置高效能的胶球清洗装置设备，提升凝汽器内部的真空度水平，降低汽轮机设备的排汽损耗数值，从而实现热耗指标的降低目标。

(3) 余热回收利用技术应用

超临界机组（如图1）在运行过程中会产生大量余热资源，例如排烟余热能量、疏水余热能量等，对这些余热资源进行充分回收利用是提升能源利用效率的重要补充途径。在排烟余热回收利用方面，可在除尘器设备后方的烟道结构内部布置烟气冷却器装置，降低排烟温度参数数值，将回收获取的热量用于加热主凝结水介质或锅炉进风气流，减少回热系统装置的抽汽数量，间接实现发电出力水平的提升；在脱硫系统工艺当中，可取消传统配置的GGH设备装置，通过在吸收塔设备前方加装烟气冷却器装置，利用烟气携带的热量对机组给水介质进行加热处理，实现余热回收利用与脱硫系统工艺的协同节能效果；除此之外，机组设备的疏水余热能量、轴封漏汽余热能量等亦可通过专用类型的换热器装置进行回收利用，将其用于加热锅炉给水介质或厂区供暖系统，提升能量资源的综合利用效率水平。



图1 超临界机组

1.2 运行过程精准调控技术

(1) 燃烧过程精准调控

燃烧调整的核心内容是使每一份燃料实施充分燃烧行为。可运用在锅炉系统加装多数传感器装置的方式,对温度、压力、氧量、煤量等关键数据参数开展实时采集工作,凭借智能模型运算得出最优风煤比例数值,以此取代传统形式的人工依靠经验开展调风的模式形态。比如在不同负荷工况环境下,对过量空气系数指标进行精准化控制操作,防止出现因风量数值过大造成的热量损耗现象,或者出现因风量数值不足引发的燃烧不充分状况。与此同时,对煤粉细度程度实施定期优化处理,依照煤质产生的变化情况及时对磨煤机运行相关参数做出调整动作,保障煤粉均匀程度状态,促使燃烧效率水平得到提升。

(2) 全工况协同调度工作

超临界机组设备常常需要应对电网负荷出现波动的情形,不同负荷工况条件下的能耗情况存在较大差异状况。通过构建全厂能效管理体系系统,打通锅炉、汽轮机、辅机等设备装置的数据传输链路通道,达成全工况协同调度的运作模式。在高负荷工况状态下,对各设备运行具体参数进行优化处理,保障满负荷状态下的高效运行态势;在低负荷工况状态下,及时对磨煤机运行台数做出调整改变、进行循环水泵大小泵的切换操作、降低辅机设备的转速水平,防止出现设备空转造成的能量浪费问题;与此同时,结合厂区范围内分布式光伏等新能源发电的实际情况,在光伏大发时间段内适当降低煤电负荷数值,实现新能源与煤电能源的协同节能效应,进一步推动煤耗水平的降低进程。

(3) 设备状态精准维护举措

设备出现故障问题或性能产生衰减现象会直接造成能耗水平的上升情况,通过实施精准维护措施提前规避故障问题的发生,是保障节能效果达成的重要支撑力量。可在关键设备之上安装振动、温度、油液等类型的传感器装置,对设备运行实时状态开展监测工作,借助数据分析手段预判潜在的故障问题,像汽轮机轴承润滑程度不足、给水泵叶轮出现磨损等方面的问题,将“事后抢修”的模式转变为“事前预防”的模式形态。例如定期对受热面、凝汽器换热管开展清洁维护工作,防止出现结垢问题造成的换热效率下降情况;及时对阀门内漏、管道泄漏等问题进行处理操作,减少能量出现流失的现象,保障设备始终处于最佳运行状态水平。

2 超临界火电机组减排核心技术应用实践

2.1 常规污染物治理技术手段

(1) 氮氧化物控制技术方式

氮氧化物的控制工作采取以源头减排作为主要方式,末端治理作为辅助方式的策略。源头控制环节可通过开展锅炉低氮燃烧改造工程得以实现,如前文所提到的分级燃烧器装置,通

通过对二次风送入具体方式进行调整操作,降低火焰中心温度数值,减少热力型氮氧化物的生成数量;末端治理环节则主要采用 SCR 脱硝技术手段,针对传统 SCR 技术在低温工况条件下效率水平不高、氨逃逸率数值偏高的问题情况,可采用低温 SCR 脱硝技术方式,通过研发新型催化剂材料,在较低温度环境下实现高效脱硝的目标,同时对喷氨系统进行优化处理,提升氨与氮氧化物的混合均匀程度水平,降低氨逃逸率数值,避免对下游设备造成腐蚀损害和堵塞问题。

(2) 二氧化硫控制手段

当前占主导地位的二氧化硫治理办法为湿法脱硫途径,面对传统湿法脱硫效能存在局限、占据面积较大的状况,可运用单塔双循环脱硫工艺。该工艺于一个吸收塔内部设立上下双重循环体系,上循环体系运用较小液气比例对烟气实施初步脱硫操作和降温处理,下循环体系运用较大液气比例开展深度脱硫作业,极大地提升脱硫效率水平。同时,可在脱硫塔之内增设深度除尘脱硫装置结构,结合湿式电除尘模式运行,进一步降低二氧化硫排放浓度数值,达成超超低排放目标。

(3) 烟尘控制技术

烟尘控制的关键要点是提升电除尘器效能,针对传统电除尘器能源消耗较高、效率表现不稳定的难题,可将常规电源更替为高频电源设备。高频电源处于纯直流供电形式之下,电压波动幅度较小、电晕电压数值较高、电晕电流较大,能够增加电晕功率总量,提升烟尘荷电实际效果,同时大幅降低电场供电煤耗数量。除此之外,优化电除尘器的密封性能状况,采用柔性金属密封组件结构,减少漏风现象发生,进一步提升除尘效率程度,确保烟尘排放浓度符合标准。

2.2 协同减排与低碳转型技术

在“双碳”目标要求背景下,超临界火电机组需要进一步探寻协同减排技术内容,推动实现从“超低排放”向“近零排放”的转型进程。一方面,可采用烟气冷凝工艺和烟气加热工艺方式,将烟气当中的水蒸气进行冷凝操作,消除白色烟羽现象,达成视觉层面与实质层面的双重环保效果体现;另一方面,积极探索二氧化碳捕集与利用技术途径,通过化学吸收方法将二氧化碳从烟气当中分离出来,用于开展化学品生产活动、强化石油开采作业或者作为温室气肥使用,实现二氧化碳的资源化利用目标。同时,推进“火电+新能源”组合模式,在厂区范围及周边区域布局光伏项目、储能项目等,优化能源结构体系,降低单位发电量的碳排放强度指标。

3 技术应用保障方法

超临界火电机组节能减排技术的有效运用,离不开完备的保障办法,需从管理、人员、资金三个层面共同使力,保证技术落地成效。管理层面结构里,构建健全能效与环保考核机制体系,将节能减排指标细致分到各岗位位置,清晰责任分工边

界,防止“重改造程序、轻运行环节”的状况出现;在人员层面范围中,增强一线操作人员和技术人员的技能培育活动,提升其对新型设备装置和调控技术手段的操作能力水平,保证技术方案准确无误执行;在资金层面领域内,合理规划安排改造资金款项,优先投入配置性价比高、见效快速的技术项目工程,同时积极争取获取政策支持力量,为长期低碳转型技术的研究开发提供资金保障资源。

4 结论

超临界火电机组的节能减排工作是一项系统构造工程,需立足运行实际状况,从设备、运行、环保三个核心维度共同推动前进。核心设备的针对性改造举措是节能降耗目标的基础支

撑,运行过程的精准调控行为是潜力释放效果的关键要点,环保协同治理行动是达标排放结果的保障条件。通过锅炉本体、汽轮机主体、辅机设备的升级改造工作,结合燃烧调控操作、工况调度策略等精准运行技术方法,可大幅提升机组能效水平;借助低氮燃烧技术、高效脱硫脱硝工艺、烟尘深度控制手段等,能实现常规污染物超超低排放状态;推进余热回收利用和“火电+新能源”模式形态,可进一步提升低碳发展程度和水平。本文所探讨的技术路径路线均源于一线实践活动,避免空泛理论内容,具有较强的实操性能,可为现役超临界火电机组的节能减排改造工作和运行优化过程提供有益参考价值,助力火电行业领域在保障能源供应需求的同时,顺利实现低碳转型目标方向。

参考文献:

- [1] 崔晓刚,刘鹏飞,庞明军.630 MW 超临界火电机组安全性提升的探究[J].热处理技术与装备,2025,46(06):26-29+39.
- [2] 伏建军,胡鑫.超临界火电机组动态特性研究进展综述[J].中国设备工程,2025,(23):270-272.
- [3] 刘雷.超临界火电机组深度调峰消纳运行优化控制方法[J].电工技术,2025,(20):10-12.