

关于火电厂锅炉汽轮机节能环保措施的探讨

石铁柱

内蒙古丰电能源发电有限责任公司 内蒙古 乌兰察布 012100

摘 要：火电厂锅炉与汽轮机是火电生产能耗与污染物排放的主要设备，设备老化、工况失衡、运维不当等问题，极易造成热能损耗与废气废渣超标排放。本文结合火电机组热力循环运行特性，系统分析锅炉、汽轮机独立运行及机炉协同工况下的能耗与污染成因，从燃烧调控、换热改造、通流优化、真空管控等多个维度，梳理适配火电设备运行的节能环保技术手段，搭配精细化参数管控与常态化运维改造策略，构建全方位的节能减耗与清洁运行体系，有效改善火电机组资源利用效率，优化火电生产的环保运行状态。

关键词：火电厂；锅炉；汽轮机；节能改造；环保运维

引言：火电作为当前电力供给的重要形式，机组运行的能耗水平与排放状态，直接关系电力生产的经济性与环保性。锅炉与汽轮机作为火电机组能量转换的核心设备，其运行工况的稳定性、设备性能的完好度，对机组整体能耗及污染物排放有着直接影响。实际生产过程中，设备长期运行产生的性能衰减、工况调节失衡、系统协同性不足等问题，持续造成能源浪费与环保压力。依托设备运行机理，针对性落实节能优化与环保治理举措，是提升火电机组运行品质、推进火电清洁化运行的关键所在。

1 火电厂锅炉与汽轮机能耗及污染诱因分析

1.1 锅炉设备运行能耗与污染成因

火电厂锅炉热能利用效率偏低，主要源于燃烧工况匹配失衡与设备换热性能衰减。燃料燃烧状态达不到理想标准，燃料内部储存的化学能难以充分释放，造成燃煤消耗总量出现上升。炉膛内部配风结构设置不够科学，风量配比失衡会打乱炉膛温度场的均匀分布，降低燃料燃烧的充分程度^[1]。锅炉受热面长期持续运行，表层会堆积粉尘煤灰与硬质水垢，逐步削弱金属结构的换热能力。高温烟气携带的大量余热无法被设备充分吸收，直接向外排出，产生明显的热能损耗。燃烧工况处于不稳定状态，会增加烟气污染物的生成数量。不充分的燃烧反应会产生悬浮烟尘与各类有害气态物质。炉膛内部温度管控不当，会改变燃烧化学反应的进行程度，增加污染物质生成体量。除尘脱硝配套装置运行状态出现波动，烟气净化处理水平随之下降，加重火电生产阶段的污染排放压力。

1.2 汽轮机设备运行能耗与污染成因

汽轮机依托高温高压蒸汽完成热能向动能的转化过程，蒸汽工况参数出现异常波动，会直接降低热力循环

的转化效率。蒸汽温度与压力偏离设计运行标准，会改变蒸汽自身焓值特性，减弱汽轮机叶片做功能力，增加机组发电所需的蒸汽消耗。通流部件长期承受高速蒸汽冲刷，会出现表层磨损与盐类堆积问题。这类问题会改变通流通道原有结构形态，加大蒸汽流动阻力，引发较为明显的能量损耗。机组密封构件性能逐步衰减，会出现蒸汽渗漏流失情况，减少参与做功的有效蒸汽体量。真空系统运行状态异常，会抬升汽轮机排汽压力，破坏热力循环平衡体系，持续降低机组运行能效。水循环附属系统工况出现偏差，会增加水资源消耗与废水外排量，形成长期的资源浪费与环保负担。

1.3 机炉协同运行过程中的能耗损耗诱因

锅炉与汽轮机共同构成完整的热力循环体系，设备工况适配程度直接影响整套机组的能耗表现。锅炉产出的蒸汽品质与参数无法贴合汽轮机运行需求，会打破热力循环体系的动态平衡，造成热能资源浪费。电网负荷产生波动变化时，锅炉燃烧调节节奏与汽轮机进汽调控进度容易出现偏差。热力系统会长期处于非稳态运行状态，大幅降低热量循环利用效率。机组蒸汽输送管道长期投入使用，表层散热与内部节流问题持续存在。蒸汽传输过程中会产生不可逆的热能损耗，缩减有效做功热能总量。传统机组调控模式灵活性偏弱，无法适配动态变化的运行负荷。固定运行参数难以贴合实时工况需求，会逐步累积多余能耗，降低火电机组整体运行经济性。

2 火电厂锅炉节能与环保优化技术措施

2.1 锅炉燃烧系统优化调控技术

锅炉燃烧状态的稳定程度直接决定燃料利用效率与烟气排放品质，对燃烧系统开展精细化调控可以有效改善机组能耗水平。结合机组实时运行负荷调整炉膛配风比例，让风量与燃煤量形成合理匹配关系，改善炉膛内部燃烧环

境^[2]。优化炉膛内部风速分布与气流组织状态,促进燃料充分燃烧反应,减少不完全燃烧带来的燃料浪费。调整燃煤入炉粒度与给煤速率,适配炉膛燃烧换热节奏,稳定炉膛内部温度区间。科学的燃烧调控模式可以提升燃料能量转化利用率,减少烟尘与有害气态物质的生成数量,从源头弱化锅炉运行阶段的污染排放问题。

2.2 锅炉换热与受热面系统优化改造

受热面换热性能下降是锅炉热能损耗的主要诱因,针对性开展系统优化改造可以提升热能回收利用水平。建立常态化受热面清洁机制,定期清除管壁附着的煤灰与结垢物质,恢复受热面原始换热性能。优化受热面结构布置形式,调整换热区域覆盖范围,提升高温烟气余热的吸收效率。对老旧换热构件进行升级替换,选用换热效率更高的新型结构材料,强化热量传递效果。减少烟气余热直接外排的体量,压缩锅炉运行热损失。持续优化的换热体系可以稳定锅炉热效率,降低单位发电量对应的燃煤消耗。

2.3 锅炉烟气与废渣治理优化方式

火电生产过程产生的烟气与废渣是锅炉主要排放污染物,完善治理流程可以提升机组环保运行水平。升级烟气净化处理装置的运行模式,优化脱硝脱硫作业流程,提升有害气体的净化处理效率。细化烟气净化各工序的运行参数,适配不同燃烧工况下的污染物生成量,保证烟气排放始终维持合格状态。针对燃煤燃烧产生的固态废渣,搭建规范化收集与处理流程,提升废渣集中处置的规整程度。优化废渣转运与储存方式,减少扬尘扩散带来的二次污染,全方位完善锅炉运行环保体系。

2.4 锅炉辅机系统节能运行调整策略

锅炉辅机系统包含风机与水泵等多项设备,长期不合理运行会持续增加机组整体能耗。结合机组负荷变化调整辅机运行参数,匹配主设备运行工况,规避辅机高负荷空转的无效能耗。优化辅机启停调控逻辑,贴合锅炉燃烧与换热运行节奏,减少设备持续工频运行产生的资源损耗。定期开展辅机设备检修养护,消除设备运行卡顿与阻力异常等问题,维持辅机高效运行状态。合理的辅机调控手段可以压缩设备运行能耗,完善锅炉整体节能运行体系,提升火电机组运行的经济性能。

3 火电厂汽轮机节能与环保优化技术措施

3.1 汽轮机通流结构优化改进方式

汽轮机通流结构的运行状态直接决定蒸汽做功转化效率,结构磨损与积盐问题会持续增加机组能耗^[3]。对汽轮机叶片线型进行精细化优化调整,改良蒸汽流动通道的整体形态,弱化蒸汽流动过程中产生的涡流与撞击

损耗。打磨处理通流部件表层粗糙区域,提升构件光滑程度,降低蒸汽通行过程中的摩擦阻力。定期清理叶片表面附着的盐垢与杂质堆积物,恢复通流结构原始设计尺寸与通行能力。更换老化破损的通流构件,选用耐冲刷、高强度的新型构件材料,提升通流系统运行稳定性。合理的结构改进方式可以充分释放蒸汽热能做功能力,减少蒸汽消耗量,提升汽轮机热力转化效率。

3.2 汽轮机真空系统严密性优化管控

真空系统稳定运行是保障汽轮机循环热效率的重要基础,系统泄漏问题会直接破坏机组运行真空环境。落实真空系统全方位排查工作,重点检测管道接口、阀门密封以及法兰连接等薄弱位置,及时发现细微泄漏点位。更换老化失效的密封配件,强化各连接位置的密封性能,阻隔外界空气渗入系统内部。规范真空系统设备运维流程,定期校验真空设备运行状态,及时处理设备运行异常问题。维持机组背压处于稳定合理区间,减少真空波动带来的热力循环损耗,降低汽轮机运行阶段的能源消耗。

3.3 汽轮机回热系统运行优化调整

回热系统可以回收利用机组排汽与疏水内含的余热资源,提升给水温度,弱化锅炉设备的供热压力。系统长期运行容易出现加热器换热面结垢、水位管控失衡、疏水调节紊乱等问题,大幅降低余热回收利用效率。结合机组运行工况精细调控各级加热器水位状态,维持合理的液面高度,规避满水或缺水引发的换热失效与蒸汽泄漏问题。定期清理加热器内部换热管道附着的污垢杂质,打通热量传递通道,提升金属构件换热效率。优化各级疏水阀门的调控逻辑,平稳控制疏水流量,减少余热随疏水流失的体量。均衡各级换热设备的负荷分配,让余热回收过程更加充分稳定,持续提升机组整体循环热效率。

3.4 汽轮机辅机及冷却系统节能优化手段

汽轮机辅机与冷却系统属于机组重要配套体系,运行状态对整体能耗水平存在显著影响。传统固定模式的运行调控方式难以适配机组动态负荷变化,容易造成辅机长期低效运转,滋生大量无效能耗。结合机组实时运行负荷调整循环水泵、冷却风机等设备的运行工况,贴合主设备运行节奏,弱化设备工频运行带来的能源浪费。优化冷却系统水循环路径,规整冷却水流通范围,提升换热介质的利用效率。严控冷却水温差与流速率,在保障设备降温需求的基础上缩减水循环能耗。落实辅机设备常态化检修养护,处理设备传动卡顿、运行偏移等故障问题,维持辅机设备高效低耗的运行状态。

全方位的优化调控可以完善汽轮机节能体系,提升火电机组运行的经济属性与清洁属性。

4 火电厂机炉系统协同节能环保运维管控策略

4.1 机炉匹配运行工况优化调节

火电厂热力循环依靠锅炉与汽轮机协同配合完成能量转换,工况匹配程度能够直接左右机组能耗层级与环保表现。电网负荷始终处于动态变化状态,传统固定模式的运行调控难以适配复杂工况变化,容易造成蒸汽产出与做功需求出现错位^[4]。结合负荷波动规律动态调整锅炉燃烧速率与燃煤投入量,配合汽轮机进汽机构的精细调节,让蒸汽温度压力参数贴合机组实时运行需求。弱化蒸汽参数超标带来的热能富余损耗,规避参数不足引发的机组做功能力受限问题。完善变负荷运行状态下的联动调控逻辑,缩小主机设备工况响应偏差,减少非稳态运行过程中产生的不必要能耗增量。科学的机炉匹配调节可以让热力循环始终保持高效运转状态,削减无效热能排放,持续提升火电生产的节能与环保水平。

4.2 设备常态化运维保养优化方式

持续性的运维保养工作可以有效延缓机炉设备性能衰减速度,维持热力系统稳定的运行状态。结合火电机组长期连续运行的工作特性,制定适配设备运行强度的周期性养护方案,养护范围全面覆盖锅炉本体、汽轮机通流结构以及各类辅助配套设备。定期开展设备内部清洁作业,清除受热面积灰、管路污垢以及叶片盐类堆积,消除介质换热与通流过程中的阻滞隐患。持续排查设备密封结构、连接管路以及固定构件的完好状态,及时处理构件松动、老化以及磨损等常见问题。细化不同设备的养护作业标准,规范检修操作流程,减少运维疏漏带来的设备性能退化,为机炉系统低耗稳定运行筑牢基础。

4.3 机组运行参数精细化管控模式

热力系统各项运行参数的稳定控制,是压缩能耗总量、控制污染排放的核心手段。粗放的参数调控模式容易造成参数大幅偏移,破坏燃烧平衡与热力循环平衡,加剧资源损耗与污染物生成。针对炉膛温度、炉膛风量、蒸汽压力、蒸汽温度等关键运行指标建立精细化管控体系,严格约束参数波动范围。结合机组启停、稳态运行、变负荷运行等不同工况,划定适配性更强的参数运行区间,让调控方式贴合实际生产状态。通过精准化

参数调控优化炉膛燃烧环境,提升燃料燃烧完整度,改善蒸汽做功品质。有效控制燃料浪费问题,减少不完全燃烧产生的烟气污染物,逐步消解参数偏移积累的能耗损耗。

4.4 设备老旧部件升级与节能改造思路

长期服役的火电机组设备会出现构件磨损、性能弱化与结构精度下降等问题,老旧设备状态会持续拉低热力系统运行效率。针对通流能力下降、换热效果减弱、密封性能退化的各类老旧构件开展专项升级改造工作。替换传统低效的零部件材,选用耐磨损、耐高温、密封性更强的新型构件,提升设备整体运行精度与稳定性^[5]。结合机组日常运行暴露的能耗短板,针对性优化局部设备结构,改善蒸汽流通状态与热量传递效果,优化整套热力系统的能量转换流程。设备迭代升级能够弥补传统机组设计与设备老化带来的能耗缺陷,持续优化机炉协同运行性能,实现火电生产节能降耗与清洁排放的双重提升。

结束语

火电厂锅炉与汽轮机的节能环保优化是贯穿设备全生命周期的系统性工作,能耗损耗与污染问题源于设备运行、系统协同、运维管控等多个层面。针对性优化锅炉燃烧与换热系统、改良汽轮机通流与循环体系、完善机炉协同调控模式,能够有效解决火电生产中的各类能耗与排放问题。常态化的设备养护、精细化的参数管控与老旧部件升级改造,可持续稳固机组节能环保成效,提升热力循环利用效率,保障火电机组稳定、低耗、清洁的常态化运行。

参考文献

- [1]程从金.关于火电厂锅炉汽轮机节能环保措施的探讨[J].全体育,2022(21):239-240.
- [2]裴玉隆.火电厂锅炉汽轮机节能环保问题及措施[J].今日自动化,2024(7):61-63.
- [3]王永军.火电厂锅炉汽轮机系统节能环保问题与应对措施[J].电力设备管理,2024(5):234-236.
- [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(1):69-71.
- [5]郭子文.火电厂锅炉汽轮机节能环保对策研究[J].电力系统装备,2024(7):21-23.