

热能动力电厂锅炉应用

夏振东 张 德

国惠环保新能源有限公司 辽宁 沈阳 110000

摘 要：热能动力电厂锅炉的高效运行依赖核心系统协同与精细控制。本文分析燃烧、汽水、烟风系统的组件应用与运行调节机制，探讨燃烧控制、蒸汽参数调节及负荷适应性优化策略，研究余热回收、燃烧优化及汽水系统能效提升技术，并阐述日常检查、定期检修等维护保养措施。通过系统优化与技术升级，锅炉能效与运行稳定性显著提升，为电厂安全经济运行提供技术支撑。

关键词：热能动力电厂；锅炉系统；运行控制；能效提升；维护保养

引言：热能动力电厂中，锅炉作为能量转换的核心设备，其运行效率直接影响电厂整体性能。锅炉通过燃烧系统实现燃料化学能向热能的转化，借助汽水系统完成热能向蒸汽内能的传递，并依赖烟风系统维持燃烧稳定性。随着能源需求增长与环保要求提高，锅炉需在燃烧效率、蒸汽参数控制及负荷适应性调节等方面持续优化。本文从系统组件应用、运行控制策略、能效提升技术及维护保养措施四方面展开研究，探索锅炉高效运行的实现路径。

1 锅炉核心系统及组件应用

1.1 燃烧系统应用

燃烧系统中燃烧器的布置方式直接影响燃料燃烧充分性。采用墙式布置时，燃烧器沿炉膛四周均匀分布，形成对称火焰形态，使燃料与空气在炉膛内均匀混合，减少局部未燃尽现象。角式布置的燃烧器通过四角射流相互撞击，形成旋转上升的火焰，延长燃料在高温区的停留时间，提升燃烧效率^[1]。配风装置通过多层风门调节一次风、二次风的比例，一次风携带燃料进入炉膛形成初始燃烧，二次风在适当位置补充空气，确保燃料完全燃烧。风门开度根据燃料种类和负荷变化调整，使空气与燃料混合比例处于最佳状态。炉膛结构的大小和形状对火焰形态和传热效率影响显著。较大的炉膛容积为燃料燃烧提供充足空间，避免火焰相互干扰。炉膛内壁布置的水冷壁能快速吸收火焰辐射热，火焰形态稳定时，热辐射均匀覆盖水冷壁表面，提高传热效率。

1.2 汽水系统应用

汽水系统中省煤器安装在锅炉尾部烟道，利用烟气余热加热进入锅炉的给水。低温给水流经省煤器管道时，吸收烟气中的热量升温，降低排烟温度减少热量损失。预热后的给水进入汽包，减轻蒸发受热面的热负荷。蒸发器由众多并联管道组成，分布在炉膛四周或内

部，吸收炉膛内的辐射热和对流热。水在蒸发器内受热后转化为饱和蒸汽，蒸汽与水的混合物上升至汽包，通过汽水分离装置分离出饱和蒸汽。过热器位于炉膛出口或高温烟道区域，饱和蒸汽流经过热器时，继续吸收热量使温度升高，成为具有一定过热度的过热蒸汽。较高的蒸汽参数能提高汽轮机的做功能力，提升整个电厂的热效率。

1.3 烟风系统应用

烟风系统中送风机从外界吸入空气，经空气预热器加热后送入炉膛。加热后的空气不仅能提高燃烧温度，还能促进燃料干燥和挥发分释放。送风机的风压和风量根据燃烧需求调节，确保燃料燃烧时有充足氧气供应。引风机安装在锅炉尾部，通过抽吸作用将炉膛内的烟气排出。引风机形成的负压使炉膛内燃烧产生的烟气顺利流动，经过热器、省煤器等受热面释放热量后排出锅炉。除尘器安装在引风机之前，利用过滤、电晕等方式捕捉烟气中的粉尘颗粒。减少粉尘含量可降低引风机和烟道的磨损，使排出的烟气符合环保要求。烟风系统各设备协同工作，形成稳定的空气进入和烟气排出流程，保障燃烧过程持续进行。部分锅炉的烟风系统会设置烟气再循环管道，将部分低温烟气送回炉膛，调节炉膛温度，优化燃烧工况。

2 锅炉运行过程控制与调节

2.1 燃烧控制与调节

燃烧控制需根据锅炉负荷变化调整燃料供给量，燃料量随负荷升高而增加，降低而减少，保持燃料输入与能量输出的平衡。空气量的调节与燃料量同步进行，通过改变送风机转速或风门开度调整风量，使空气与燃料的比例维持在合适范围^[2]。燃料充分燃烧依赖两者的均匀混合，通过优化配风方式让空气均匀分布在燃料周围，减少局部缺氧或过量空气的情况。燃烧过程中需监测炉

膛温度和烟气成分,温度过高时适当减少燃料或增加空气,烟气中一氧化碳含量超标时增加空气量,氮氧化物浓度过高时调整燃烧器角度或降低局部温度,以此提高热效率并减少污染物生成。稳定的燃烧状态能避免火焰脉动或熄火,通过控制燃料输送的连续性和空气压力的稳定性实现这一目标。燃料颗粒度的均匀性也会影响燃烧效果,颗粒过粗需延长燃烧时间,过细则需加快空气流速防止堆积。对于不同种类的燃料,还需调整燃烧器的运行参数,适应燃料的着火特性和燃烧速度。

2.2 蒸汽参数控制

蒸汽压力控制通过调节燃料量实现,压力低于设计值时增加燃料供给强化燃烧,压力过高时减少燃料量减弱燃烧强度。同时结合蒸汽流量变化调整,流量增加时适当增加燃料以维持压力稳定。蒸汽温度控制需调整燃烧工况,火焰中心上移可提高过热器吸热,使蒸汽温度升高;火焰中心下移则降低蒸汽温度。也可通过改变过热器喷水流量调节,温度偏高时增加喷水量,偏低时减少喷水量。汽水循环的调整对蒸汽参数稳定同样重要,确保蒸发器内水循环顺畅,避免因水循环停滞导致蒸汽带水或过热器缺水。定期清理过热器表面的积灰,保持传热效率稳定,有助于蒸汽温度维持在合理区间。通过这些方式将蒸汽压力和温度控制在设计范围内,为汽轮机提供合格的工质,保障其安全高效运行。蒸汽参数的控制还需考虑汽轮机的运行状态,与汽轮机的调节系统相配合,实现机组整体的协调运行。

2.3 负荷适应性调节

电厂负荷变化时,锅炉需快速调整出力与之匹配。负荷升高时,先增加风量再增加燃料量,避免燃料因缺氧而不完全燃烧;负荷降低时,先减少燃料量再减少风量,防止过量空气带走过多热量。调整过程中需协调燃料、空气、给水之间的关系,燃料量变化后及时调整风量和给水量,保持燃烧和汽水循环的稳定。对于变动频繁的负荷,可采用分段调节方式,将负荷范围划分为若干区间,每个区间对应固定的燃料和风量调节模式,缩短调节时间。同时优化燃烧器的投入数量,低负荷时停用部分燃烧器,高负荷时投入更多燃烧器,使燃烧面积与负荷需求相适应。调节过程中需关注炉膛负压变化,负压波动过大时调整引风机出力,维持稳定的烟气流动状态。通过这些调节方式,锅炉能在负荷变化时快速响应,保持出力与汽轮机所需蒸汽量一致,维持机组整体稳定运行。在负荷调节过程中,还需注意保持汽水系统的压力稳定,避免压力波动过大影响蒸汽品质。

3 锅炉运行中的能效提升技术应用

3.1 余热回收技术应用

余热回收设备在锅炉运行中发挥关键作用。空气预热器通过烟气与空气的热交换,将烟气中残留的热量传递给燃烧所需空气。烟气离开炉膛时携带的热量若直接排放会造成浪费,空气预热器的传热结构让冷空气在进入炉膛前吸收这部分热量^[3]。预热后的空气进入燃烧区域,能提高局部温度,加速燃料着火过程,使燃烧更迅速。燃料在较高温度环境中燃烧更彻底,减少未燃尽颗粒随烟气排出,降低热量流失。其他余热回收装置各有侧重。部分设备可捕捉烟气中的水蒸气潜热,将其转移到需要加热的介质中,用于预热锅炉补水或其他用途。还有设备针对锅炉排污产生的高温废水,通过热交换部件提取其中热量,传递给低温流体,避免这部分热量直接消散。这些设备从不同环节拦截流失的热量,将其重新引入锅炉能量循环,提升整体运行效率。在实际运行中,余热回收设备的材质选择与维护也影响效能,采用耐高温耐腐蚀材料可延长设备寿命,减少因频繁更换带来的效能中断。

3.2 燃烧优化技术应用

燃烧优化技术通过改进燃烧方式提升燃料利用率。传统燃烧过程中,燃料与空气的混合常不均匀,可能出现局部氧气不足导致燃烧不完全,或氧气过量带走过多热量的情况。燃烧优化技术通过调控送风系统,依据燃料特性调整配风方式,使空气与燃料在进入炉膛前形成均匀混合状态。合理的配风让燃料在燃烧时始终处于适宜的氧气环境中,确保每一份燃料都能充分反应。燃烧器的布置角度和喷射速度也需调整,使火焰在炉膛内形成稳定集中的燃烧区域,避免火焰分散造成的热量分布不均。稳定的温度场减少局部高温带来的热辐射损失,也避免低温区域出现的燃烧不充分现象。燃料利用率提升后,单位发电量所需燃料量减少,燃烧更充分还能降低碳颗粒排放,减少碳排放水平。燃烧优化技术通过对燃烧全过程的精细调控,在提升能效的同时兼顾环保需求,燃烧区域的动态监测可及时调整参数,维持最佳燃烧状态。部分锅炉还采用分级燃烧技术,将燃料分阶段送入炉膛,使燃烧过程更平稳,减少热量损失和污染物生成。

3.3 汽水系统优化技术应用

汽水系统优化从循环流程和设备布置两方面提升效率。省煤器和过热器的布置方式直接影响传热效果,改进空间布局可增加受热面与工质的接触面积,优化烟气流速和方向,让热量传递更高效。省煤器安装在烟气温度较低的区域,吸收烟气余热加热锅炉给水,提高进入汽包的水温,减少汽包内加热水至沸腾消耗的热量。

过热器通过合理排列,让饱和蒸汽在流动中充分吸收热量,达到所需过热温度,减少因传热不足导致的蒸汽温度偏低问题。工质流动过程中,管道的保温措施和管径选择需优化,良好的保温减少工质向外界散热,合适的管径降低流动阻力,减少能量消耗。汽水分离器的运行参数需合理设定,其主要功能是分离蒸汽中的水分,保证进入后续设备的蒸汽品质。稳定的压力参数避免蒸汽因波动产生能量浪费,合理的液位控制防止过多水分进入过热器,降低过热器热负荷。这些优化措施共同作用,提升汽水系统在能量转换环节的效率,让燃料释放的热量更有效地转化为蒸汽能量。

4 锅炉应用中的维护与保养

4.1 日常检查与维护

日常检查需覆盖锅炉各系统及组件。受热面检查重点关注是否有结渣、腐蚀现象,炉膛内壁和水冷壁表面若出现结渣,会阻碍热量传递,需及时清除;管道外壁的腐蚀斑点可能导致泄漏,需记录位置和面积以便跟踪^[4]。燃烧系统检查包括燃烧器火焰形态,火焰颜色异常或出现偏斜时,需调整燃烧器角度或配风比例;燃料输送管道有无堵塞或泄漏,确保燃料供应通畅。阀门仪表检查涉及压力表、温度计的指示是否正常,指针摆动过大或读数偏离标准时,需校准或更换;安全阀、截止阀等阀门的开关灵活性,发现卡涩时及时润滑或检修。烟风系统检查送风机、引风机运行声音,异常噪音可能源于轴承磨损,需检查并补充润滑脂;除尘器滤袋或电极板的清洁度,积灰过多会影响除尘效率,需及时清理。还需检查炉墙保温层是否完好,破损处及时修补以减少散热损失。检查排污阀的工作状态,开启和关闭是否严密,避免因泄漏造成工质损失。通过这些日常检查,及时发现潜在问题,确保设备处于良好运行状态。

4.2 定期检修与维护

定期检修需对锅炉进行全面排查。受热面清理是重要项目,采用机械清扫或高压水冲洗方式清除省煤器、

过热器表面的积灰,积灰过厚会降低传热效率;对于高温区域的结焦,需使用专用工具清除,避免损伤受热面。磨损部件检查聚焦风机叶轮、燃料喷嘴等易损件,叶轮叶片磨损会导致风量下降,需测量磨损量,达到更换标准时及时更换;喷嘴磨损会影响燃料雾化效果,需定期检查并更换。安全附件测试包括安全阀的起跳压力和回座压力,通过手动或自动方式进行校验,确保在超压时能可靠动作;压力表每半年进行一次精度校验,保证读数准确。汽水系统检修需检查管道连接处的密封情况,发现泄漏时更换密封垫或紧固螺栓;汽水分离器内部元件的完好性,分离效果下降时进行修复或更换。对炉排、链条等传动部件进行检查,添加润滑剂减少磨损,调整松紧度确保运行平稳。检查空气预热器的密封间隙,间隙过大时调整密封片,减少漏风损失。定期检修通过系统性维护,延长锅炉使用寿命,为运行安全提供保障。

结束语

热能动力电厂锅炉应用涉及多个复杂且相互关联的环节。从核心系统组件的合理应用到运行过程的精准控制与调节,再到能效提升技术的有效运用以及全面细致的维护保养,每个环节都对锅炉的性能与电厂的运行产生深远影响。未来,随着技术的不断进步,需持续优化锅炉应用各环节,进一步提升其运行效率与可靠性,推动热能动力电厂向高效、清洁、安全的方向发展。

参考文献

- [1]徐晓妮,张恒超.新形势下电厂锅炉设备在热能与动力工程中的应用[J].中国设备工程,2025(6):126-128.
- [2]罗一铭,王阳.热能动力工程在电厂锅炉中的应用[J].电力设备管理,2023(8):74-76.
- [3]傅猛.电厂锅炉应用在热能动力的发展与创新研究[J].数字化用户,2024(40):251-252.
- [4]胡春廷.热能与动力工程中的节能技术应用[J].集成电路应用,2023,40(5):324-325.