

# 配煤掺烧对锅炉安全稳定运行影响的探讨

张海水

中铝山东有限公司热电力厂 山东 淄博 255051

**摘要:** 配煤掺烧通过改变入炉煤特性,对锅炉安全稳定运行产生多方面影响。本文分析了配煤掺烧对锅炉燃烧系统稳定性、效率、工况、温度分布及燃烧产物成分的影响,探讨了配煤掺烧对锅炉受热面、炉膛、烟道、制粉系统等设备的损害,指出炉膛结焦、受热面腐蚀磨损等安全隐患。提出了优化配煤方案、动态调控运行参数、加强设备维护与全过程监测等管控措施,以降低配煤掺烧对锅炉运行的不利影响,保障锅炉安全稳定运行。

**关键词:** 配煤掺烧; 锅炉安全; 燃烧系统; 设备损害; 运行管控

引言: 在能源利用领域,煤炭作为重要能源,其燃烧方式对设备运行影响重大。配煤掺烧作为提高煤炭利用效率、降低成本的手段,被广泛应用。不同煤种在着火温度、灰熔点、元素组成等方面存在差异,配煤掺烧改变了入炉煤综合特性。这一改变不仅影响锅炉燃烧系统稳定性、效率与工况,还对锅炉设备造成损害,引发炉膛结焦、受热面腐蚀磨损等安全隐患。深入研究配煤掺烧对锅炉安全稳定运行的影响,并采取有效管控措施,对保障锅炉稳定运行意义重大。

## 1 配煤掺烧对锅炉燃烧系统的影响

### 1.1 对锅炉燃烧稳定性的影响

配煤掺烧通过改变入炉煤的综合特性,直接作用于锅炉燃烧稳定性。不同煤种的着火温度、燃烧速度及燃尽特性存在差异,掺配后混合煤种的着火性能呈现非线性变化,易出现着火延迟或提前着火的情况<sup>[1]</sup>。着火延迟会导致煤粉在炉膛内停留时间不足,未及时着火的煤粉堆积后可能引发后期集中燃烧,破坏燃烧过程的均匀性;提前着火则可能造成喷燃器出口结焦,阻碍煤粉与空气的充分混合,进一步扰动燃烧节奏。混合煤种的挥发分含量与灰熔点相互影响,挥发分过低会导致着火困难,过高则可能引发局部暴燃,灰熔点偏低时易形成结渣,堵塞炉膛通道,破坏燃烧系统的稳定运行状态,影响锅炉连续可靠出力。

### 1.2 对燃烧效率及燃烧工况的影响

配煤掺烧的煤种配比不合理,会显著影响锅炉燃烧效率与燃烧工况。煤种间的发热量、挥发分及固定碳含量差异较大时,混合煤种的热量释放不均衡,部分区域煤粉燃烧过于剧烈,部分区域则燃烧微弱,形成局部高温或低温区域,导致燃烧工况偏离设计最优值。煤粉颗粒的粒径分布与反应活性因配煤发生改变,颗粒过大或反应活性不足会导致燃尽程度下降,未燃尽的煤粉随烟

气排出,增加机械不完全燃烧损失;颗粒过小则可能被烟气带走,同样降低燃烧效率。空气与煤粉的混合比例需随配煤特性调整,配比不当会出现空气量不足导致煤粉燃烧不充分,或空气量过多造成热量损失,进一步恶化燃烧工况、降低燃烧效率。

### 1.3 对炉膛温度分布及热负荷的影响

配煤掺烧会改变炉膛内温度分布的均匀性,进而影响炉膛热负荷分配。不同煤种燃烧时的放热速率与放热总量不同,掺配后混合煤种在炉膛内的放热过程呈现阶段性差异,易导致炉膛局部区域温度偏高、局部区域温度偏低。温度分布不均会破坏炉膛受热面的热负荷平衡,热负荷过高的区域会加速受热面磨损与腐蚀,缩短设备使用寿命;热负荷过低的区域则会降低换热效率,导致锅炉整体热效率下降。炉膛中心温度的偏移会改变火焰中心位置,火焰中心上移会增加炉膛出口烟气温度,可能引发炉膛出口受热面结焦;火焰中心下移则会减少煤粉在炉膛高温燃烧区的有效停留时间,影响燃尽效果,进一步加剧温度分布不均的问题。

### 1.4 对燃烧产物成分的影响

配煤掺烧通过改变入炉煤的元素组成,影响燃烧产物的成分含量。煤种中的碳、氢、硫、氮等元素含量不同,掺配后混合煤种的燃烧反应强度与反应路径发生变化,导致烟气中二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物等成分含量改变。硫含量较高的煤种掺配比例过高,会使燃烧产物中二氧化硫含量增加,加重尾部烟气处理系统的负担,同时增加腐蚀风险;氮含量较高的煤种则会导致氮氧化物生成量上升,不符合环保排放要求。混合煤种的灰分含量与灰成分随配煤比例变化,燃烧后产生的灰渣成分也会相应改变,灰渣中氧化钙、氧化铁等成分的比例调整,会影响灰渣的综合利用性能。此外,配煤特性还会影响燃烧产物中颗粒物的粒径分布与浓度,对烟气

除尘系统的运行效果产生间接影响。

## 2 配煤掺烧对锅炉设备的影响

### 2.1 对锅炉受热面的影响

配煤掺烧引发的燃烧特性变化,会直接作用于锅炉受热面运行状态。混合煤种燃烧产生的烟气成分与温度分布变化,会改变受热面的换热条件,温度偏高区域的受热面易发生高温腐蚀,烟气中酸性物质与受热面金属发生化学反应,逐步破坏受热面表面结构,降低受热面强度<sup>[2]</sup>。掺配煤种的灰分特性不同,灰粒硬度与磨损性存在差异,高速流动的灰粒会对受热面产生冲刷磨损,长期运行会导致受热面壁厚减薄,甚至出现泄漏隐患。部分煤种掺配后易形成结渣,结渣附着在受热面表面,阻碍热量传递,导致受热面局部温度升高,进一步加剧腐蚀与磨损,缩短受热面运行寿命,影响锅炉换热效率。

### 2.2 对炉膛、烟道及尾部设备的影响

配煤掺烧会改变炉膛与烟道的运行环境,影响相关设备正常工作。混合煤种燃烧不充分时,未燃尽煤粉易在炉膛内壁与烟道拐角处堆积,堆积量过多会缩小流通截面,增加烟气流动阻力,影响锅炉通风效果。灰熔点偏低的煤种掺配比例过高,会导致炉膛与烟道内壁结渣,结渣不断增厚会破坏炉膛保温性能,增加热量损耗,同时可能堵塞烟道,引发设备故障。尾部设备受燃烧产物成分影响较大,烟气中二氧化硫、颗粒物含量变化,会加重尾部换热器、除尘器的运行负荷,酸性烟气易腐蚀尾部设备金属部件,颗粒物堆积则会降低设备运行效率,影响尾部系统净化效果与运行稳定性。

### 2.3 对制粉系统、送引风系统的影响

配煤掺烧会改变入炉煤的物理特性,对制粉系统运行产生直接影响。不同煤种的硬度、可磨性存在差异,掺配后混合煤种的可磨性指数发生变化,可磨性变差会增加制粉设备负荷,加剧磨煤机衬板、钢球等部件的磨损,降低制粉效率,甚至导致制粉系统堵塞。混合煤种的挥发分与水分含量变化,还可能影响制粉系统安全性,增加煤粉自燃风险。送引风系统需适应配煤后的燃烧需求,燃烧工况变化会改变炉膛内压力与烟气流,导致送引风机负荷波动,风机运行参数偏离设计值,长期负荷波动会加剧风机叶片磨损与振动,降低送引风系统运行稳定性,影响煤粉与空气的混合效果。

### 2.4 对锅炉辅机设备运行状态的影响

配煤掺烧带来的燃烧与烟气特性变化,会间接影响锅炉辅机设备运行状态。除灰渣系统受煤种灰分含量影响,灰分增加会提高除灰渣设备负荷,灰渣成分变化可能导致除渣管道堵塞、磨损,降低除灰渣系统运行效率。

脱硫脱硝辅机需适应燃烧产物成分变化,烟气中污染物含量波动会影响脱硫脱硝药剂消耗与反应效果,导致辅机设备负荷不稳定,加剧泵体、管道等部件的腐蚀与磨损。给水、凝结水等辅机系统,受锅炉换热效率与负荷变化影响,运行参数出现波动,辅机设备频繁调整运行状态,会增加部件损耗,降低设备运行可靠性,间接影响锅炉整体运行稳定性与经济性。

## 3 配煤掺烧引发的锅炉运行安全隐患

### 3.1 炉膛结焦、积灰相关隐患

配煤掺烧过程中,煤种灰熔点差异与燃烧温度变化,易引发炉膛结焦与积灰隐患。灰熔点偏低的煤种掺配后,燃烧产生的灰渣在炉膛高温环境下易软化、熔融,附着在炉膛内壁与受热面表面,逐渐形成结焦层<sup>[3]</sup>。结焦层不断增厚会缩小炉膛有效容积,阻碍烟气流通与热量传递,导致炉膛内局部温度持续升高,进一步加速结焦过程,形成恶性循环。积灰则多源于燃烧不充分的煤粉颗粒与细灰,在炉膛与烟道内壁附着堆积,不仅降低换热效率,还可能堵塞炉膛出口与烟道通道,导致锅炉通风不畅,引发炉膛压力异常,严重时会被迫停机清理,影响锅炉连续安全运行。

### 3.2 受热面腐蚀、磨损相关隐患

受热面腐蚀与磨损是配煤掺烧引发的常见安全隐患,直接威胁锅炉设备完整性。配煤后混合煤种燃烧产生的烟气成分发生改变,酸性气体含量波动会加剧受热面腐蚀,高温区域的受热面受酸性物质长期侵蚀,表面金属结构逐渐受损,壁厚不断减薄,最终可能出现泄漏事故,导致锅炉停运。同时,不同煤种的灰粒硬度与粒径分布不同,高速流动的灰粒对受热面产生持续冲刷,磨损程度随配煤比例变化而加剧,磨损严重时破坏受热面密封性,引发汽水泄漏,进而诱发更严重的设备故障,影响锅炉运行安全。

### 3.3 锅炉灭火、爆燃相关隐患

配煤掺烧导致的燃烧稳定性下降,易引发锅炉灭火与爆燃隐患。混合煤种的着火特性与燃烧速度不均衡,若掺配比例不当,会出现着火延迟、燃烧微弱等情况,煤粉在炉膛内大量堆积,一旦遇到合适的温度与空气条件,会发生集中燃烧,引发炉膛爆燃,冲击炉膛结构,损坏锅炉设备。着火不稳定还可能导致炉膛内火焰熄灭,锅炉灭火后若处理不及时,未燃尽的煤粉继续在炉膛内堆积,恢复燃烧时极易引发二次爆燃,同时灭火会导致锅炉参数急剧波动,影响整个机组的运行稳定性,甚至引发连锁安全事故。

### 3.4 辅机设备故障引发的连带隐患

配煤掺烧带来的负荷波动与工况变化,易导致辅机设备故障,进而引发连带安全隐患。制粉系统受混合煤种可磨性影响,部件磨损加快且易发生堵塞,制粉中断会导致入炉煤粉量骤减,引发燃烧不稳定,甚至诱发锅炉灭火。送引风系统负荷波动过大,会导致风机振动加剧、叶片磨损,风机故障停运后,锅炉通风与烟气排放受阻,炉膛内压力异常升高,可能引发炉膛变形等严重问题。除灰渣、脱硫脱硝等辅机设备故障,会导致灰渣堆积、污染物排放超标,不仅影响锅炉正常运行,还可能因设备过载、管道堵塞等问题,诱发连带安全事故,威胁锅炉整体运行安全。

#### 4 配煤掺烧模式下锅炉安全稳定运行管控措施

##### 4.1 配煤掺烧方案的优化调整

配煤掺烧方案优化调整是保障锅炉安全稳定运行的基础,需结合煤种特性与锅炉设计参数合理制定。需全面掌握各类掺配煤种的着火温度、灰熔点、发热量等核心特性,结合锅炉燃烧系统适配要求,确定合理掺配比例,避免单一煤种比例过高导致燃烧特性失衡<sup>[4]</sup>。根据锅炉运行负荷变化,动态调整配煤方案,负荷波动时优化煤种掺配比例,确保混合煤种着火性能、燃烧速度与负荷需求相匹配。优化配煤搅拌工艺,保证混合煤种均匀性,避免局部煤种集中导致燃烧不稳定,从源头减少结焦、积灰及爆燃等隐患发生。

##### 4.2 锅炉运行参数的动态调控

锅炉运行参数动态调控需贴合配煤掺烧特性,实时适配混合煤种燃烧变化。针对配煤后燃烧工况波动,实时调整煤粉细度与给煤量,确保煤粉供应均匀,适配炉膛燃烧需求。合理调整送风量与引风量,优化空气与煤粉混合比例,避免空气量不足导致燃烧不充分,或空气量过多造成热量损耗。实时监控炉膛温度分布,通过调整喷燃器角度等方式,改善炉膛温度均匀性,防止局部高温引发结焦与受热面腐蚀,维持锅炉运行参数稳定在设计范围内,保障燃烧过程平稳。

##### 4.3 锅炉设备的日常维护与管控

锅炉设备日常维护与管控需聚焦配煤掺烧引发的设备损耗问题,建立常态化维护机制。定期检查受热面状

态,及时清理表面结焦与积灰,检查壁厚磨损情况,对磨损、腐蚀严重部位及时处理,避免泄漏隐患。加强制粉系统维护,定期检查磨煤机部件磨损情况,及时更换磨损部件,清理系统内积粉,防范堵塞与煤粉自燃风险。定期检修送引风、除灰渣等辅机设备,检查风机叶片、管道磨损与堵塞情况,优化辅机运行状态,减少故障发生率,延长设备运行寿命,为锅炉安全稳定运行提供保障。

##### 4.4 配煤掺烧全过程的监测与管控

配煤掺烧全过程监测与管控需覆盖煤种入厂、掺配、燃烧及产物排放全环节。建立煤种入厂检测机制,严格把控煤种质量,杜绝不合格煤种入厂影响配煤效果。在配煤环节设置监测点,实时监控混合煤种均匀性与关键特性,及时调整掺配比例。燃烧过程中实时监测炉膛压力、温度、烟气成分等参数,捕捉异常波动,及时采取调控措施,防范灭火、爆燃等隐患。加强尾部烟气与灰渣监测,跟踪污染物排放与灰渣成分变化,优化运行调控措施,确保锅炉运行安全、环保,实现配煤掺烧模式下锅炉长效稳定运行。

##### 结束语

配煤掺烧对锅炉安全稳定运行影响广泛,涉及燃烧系统、设备状态及运行安全等多个层面。通过优化配煤方案,可确保混合煤种特性适配锅炉需求;动态调控运行参数,能实时适应燃烧变化,维持燃烧稳定;加强设备日常维护与管控,可降低设备损耗,减少故障发生;实施全过程监测与管控,能及时发现并处理异常情况。综合运用这些管控措施,可有效降低配煤掺烧对锅炉的不利影响,保障锅炉在配煤掺烧模式下安全、稳定、高效运行。

##### 参考文献

- [1]张美玲.配煤掺烧对锅炉安全稳定运行影响的探讨[J].广西电力,2024,47(04):44-48.
- [2]姬进豹.配煤掺烧方式主要特点及燃煤适应性探析[J].内蒙古煤炭经济,2023,(05):51-53.
- [3]段慧,罗立洁,于大龙.基于实时计算的配煤掺烧技术经济对比分析[J].东北电力技术,2022,43(07):37-39+49.
- [4]段慧,罗立洁,于大龙.基于数据的火电厂精细化配煤掺烧应用实践[J].东北电力技术,2022,43(06):19-21.