

60 万火电机组锅炉受热面结渣问题的成因与解决路径

陈永波

江苏阚山发电有限公司 221134

摘要: 60 万火电机组锅炉受热面结渣会影响机组运行效率与安全。分析其成因, 主要涉及燃料特性、燃烧工况、锅炉结构等方面。针对这些成因, 可通过优化燃料管理、调整燃烧参数、改进锅炉设计等路径解决, 以降低结渣程度, 保障火电机组稳定、高效运行, 为电力系统的可靠供电提供支撑。

关键词: 60 万火电机组; 锅炉受热面; 结渣问题; 成因; 解决路径

引言: 在 60 万火电机组运行中, 锅炉受热面结渣是较为常见且影响重大的问题。结渣不仅降低了锅炉的热效率, 还可能引发一系列安全隐患, 如爆管等。明确结渣问题的成因并探寻有效的解决路径, 对于提高火电机组的经济性与安全性至关重要, 是当前电力行业亟待解决的关键问题。

1. 结渣问题概述

1.1 结渣现象表现

60 万火电机组锅炉受热面结渣是指燃料燃烧过程中产生的熔融灰渣在受热面表面附着、凝固并逐渐堆积的现象, 其形成过程具有渐进性和隐蔽性。结渣多发生在炉膛水冷壁、过热器、再热器等关键受热面区域, 初期表现为受热面表面出现薄片状或疏松状灰垢, 随运行时间延长, 灰垢逐渐致密、硬化, 形成厚度不均的结渣层。结渣层颜色多为灰白色或灰黑色, 质地坚硬且与受热面结合紧密, 难以通过常规吹灰手段彻底清除。不同区域结渣表现存在差异, 炉膛水冷壁易形成大面积连续性结渣, 而过热器、再热器区域多为局部点状或条状结渣, 结渣程度会随机组运行工况、燃料特性等因素动态变化, 严重时会导致堵塞烟气通道, 影响锅炉正常运行。

1.2 结渣对机组的危害

锅炉受热面结渣对 60 万火电机组的安全稳定运行和经济性能均会造成严重危害, 且危害具有传导性和累积性。结渣层的导热系数极低, 会显著降低受热面传热效率, 导致炉膛出口烟温升高, 迫使机组降低负荷运行, 造成发电效率下降。同时, 结渣会使受热面受热不均, 局部区域温度过高易引发受热面金属材料过热、蠕变, 甚至出现鼓包、爆管等恶性事故, 直接导致机组非计划停运, 增加检修成本和停机损失。结渣还会改变炉内烟气流动特性, 增加烟气阻力, 提

高引风机能耗, 且脱落的大块渣粒可能砸伤受热面或堵塞排渣系统, 引发二次故障。此外, 结渣会加剧受热面腐蚀, 缩短设备使用寿命, 长期结渣还可能导致锅炉燃烧工况恶化, 进一步放大安全与经济风险。

2. 燃料特性成因

2.1 灰分含量影响

燃料中灰分含量是导致锅炉受热面结渣的核心燃料特性因素, 灰分的存在是结渣形成的物质基础。燃料灰分含量越高, 燃烧后产生的灰渣量越多, 受热面表面附着灰渣的概率大幅增加, 结渣风险显著上升。灰分中包含的酸性氧化物、碱性氧化物等成分, 会在炉内高温环境下发生化学反应, 改变灰渣的熔融特性, 降低灰渣软化温度和流动温度, 使灰渣更易处于熔融或半熔融状态, 进而在受热面表面附着凝固。同时, 高灰分燃料燃烧时, 灰渣颗粒会在炉膛内剧烈碰撞、磨损受热面, 破坏受热面表面氧化膜, 为灰渣附着提供便利条件。此外, 灰分的黏结性会随温度变化而改变, 在适宜温度区间内, 灰分黏结性增强, 易形成致密结渣层, 且灰分含量越高, 结渣层堆积速度越快, 难以通过常规手段清除。

2.2 硫分及碱金属含量作用

燃料中的硫分及碱金属含量对锅炉受热面结渣具有显著促进作用, 二者通过化学反应共同改变灰渣特性, 加剧结渣现象。硫分燃烧生成的二氧化硫、三氧化硫等气体, 会与燃料中的碱金属氧化物发生反应, 生成低熔点的硫酸盐类物质, 这类物质熔融温度远低于常规灰渣, 在炉内常规燃烧温度下即可处于熔融状态, 易在受热面表面快速附着, 形成黏性强的结渣层。碱金属本身具有较低的熔点和沸点, 燃烧过程中易挥发形成气态物质, 随烟气流动至受热面区域冷却凝结, 不仅会直接附着在受热面上, 还会与灰渣颗粒、烟气

成分发生二次反应,生成更易结渣的复合物质。

2.3 燃料颗粒度的关联

燃料颗粒度与锅炉受热面结渣问题存在密切关联,颗粒度的均匀性和粒径大小直接影响燃烧充分性和灰渣生成状态,进而影响结渣程度。燃料颗粒度过大时,燃烧过程中难以在炉膛内完全燃烧,未燃尽的燃料颗粒会随烟气流动至受热面区域,不仅会增加灰渣附着量,还会因颗粒表面温度较高,与受热面接触后快速冷却凝固,形成坚硬的结渣层。颗粒度过小时,燃料燃烧速度过快,会导致局部区域温度急剧升高,使灰渣快速达到熔融状态,同时细小的灰渣颗粒易被烟气携带至各级受热面,在受热面表面形成均匀的薄渣层,随时间累积逐渐致密。若燃料颗粒度不均匀,会造成炉膛内燃烧工况紊乱,局部区域燃烧不完全、温度过高,形成差异化结渣,增加结渣管控难度,且不均匀颗粒燃烧产生的灰渣粒径差异较大,会进一步加剧受热面结渣的复杂性。

3. 燃烧工况成因

3.1 炉内温度分布影响

炉内温度分布均匀性是影响锅炉受热面结渣的关键燃烧工况因素,温度过高或分布不均均会显著加剧结渣风险。炉内局部区域温度超过灰渣软化温度时,灰渣会处于熔融或半熔融状态,具有较强的黏性,与受热面接触后易附着凝固,形成结渣层。若炉膛中心温度过高,会导致大量灰渣熔融,增加结渣的普遍性和严重程度;而炉膛四周温度分布不均,会造成受热面局部区域温度过高,引发局部结渣。温度分布不均还会导致烟气流动速度和方向变化,使熔融灰渣颗粒更易冲击并附着在温度较低的受热面区域,形成非对称性结渣。

3.2 空气动力场的作用

炉膛内空气动力场的合理性直接影响燃烧工况和灰渣运动轨迹,进而对受热面结渣产生重要作用。空气动力场紊乱时,会导致炉膛内烟气流动速度、方向异常,部分区域出现烟气回流、涡流等现象,使熔融灰渣颗粒在炉膛内停留时间延长,增加与受热面接触的概率,促进结渣形成。若一次风、二次风配比不当,会造成燃料燃烧不充分,未燃尽的燃料颗粒和灰渣颗粒随烟气流动,易在受热面附着;同时,风量不足会导致局部区域出现还原性气氛,降低灰渣软化温度,使灰渣更易熔融结渣。空气动力场分布不均还会导致燃烧火焰中心偏移,火焰直接冲刷受热面,使受热面

局部温度急剧升高,灰渣颗粒在冲刷区域快速附着凝固,形成严重的局部结渣,影响受热面安全运行。

3.3 燃烧器运行状况

燃烧器作为锅炉燃烧系统的核心设备,其运行状况直接决定燃烧效果,进而影响受热面结渣程度。燃烧器雾化效果不佳时,燃料无法充分雾化成细小颗粒,燃烧不均匀,会导致局部区域温度过高或燃烧不完全,增加结渣风险;若燃烧器喷口角度调节不当,会使火焰中心偏移,火焰直接冲刷受热面,造成受热面局部过热结渣。燃烧器运行中出现结渣、堵塞现象时,会改变喷口形状和气流通道,导致进风、进煤不均匀,破坏燃烧稳定性,加剧炉膛内温度分布不均和空气动力场紊乱。

4. 锅炉结构成因

4.1 炉膛尺寸与形状影响

锅炉炉膛尺寸与形状设计合理性,对炉内燃烧工况、温度分布及烟气流动特性具有决定性影响,进而关联受热面结渣问题。炉膛容积过小或高度不足时,燃料在炉膛内停留时间过短,难以完全燃烧,未燃尽的燃料颗粒和灰渣颗粒易随烟气排出,增加受热面附着量;同时,狭小的炉膛空间会导致烟气流动受阻,局部区域温度过高,使灰渣快速熔融结渣。炉膛形状设计不合理,如炉膛截面过于狭窄、转角处过渡不畅,会造成烟气流动死角和涡流区域,熔融灰渣颗粒在死角区域堆积,形成局部结渣。此外,炉膛高宽比不适宜,会导致火焰中心位置偏移,火焰冲刷受热面,使受热面局部温度过高,加剧结渣;而炉膛内壁平整度不足,会为灰渣附着提供便利条件,加速结渣层堆积。

4.2 受热面布置方式

受热面布置方式直接影响其与火焰、烟气的接触状态,是导致结渣的重要结构因素。受热面布置过密时,烟气流道截面积减小,烟气流速降低,灰渣颗粒在受热面表面停留时间延长,易附着凝固形成结渣;同时,过密的布置会导致受热面之间相互遮挡,影响传热均匀性,造成局部区域温度过高,加剧结渣。受热面布置角度不当,如与烟气流动方向夹角过大,会增加灰渣颗粒对受热面的冲击力度,使熔融灰渣更易附着在受热面表面;而受热面间距不均匀,会导致烟气流动速度分布不均,局部区域流速过低,灰渣颗粒沉降附着,形成差异化结渣。

4.3 吹灰器配置情况

吹灰器的配置合理性和运行有效性,直接影响受

热面灰渣清除效果,进而关联结渣问题的发生与发展。吹灰器配置数量不足或布置位置不合理时,会导致部分受热面区域无法被有效吹扫,灰渣颗粒持续附着堆积,逐渐形成结渣层;若吹灰器吹扫范围有限,存在吹扫死角,死角区域的结渣会不断累积,难以控制。吹灰器类型选择不当,如针对不同受热面区域未选用适配的吹灰介质和吹扫方式,会导致吹扫效果不佳,无法彻底清除受热面表面的黏性灰渣,甚至可能对受热面造成损伤,破坏表面状态,促进结渣形成。此外,吹灰器运行参数设置不合理、维护不及时,会导致吹扫力度不足、动作失灵,无法及时清除灰渣,使灰渣层逐渐致密硬化,加剧结渣危害。

5. 解决路径探讨

5.1 燃料管理优化措施

优化燃料管理是从源头防控锅炉受热面结渣的关键措施,需围绕燃料质量管控、预处理及配煤掺烧等环节构建完善体系。严格把控燃料入场质量,建立常态化燃料检测机制,对灰分、硫分、碱金属含量等关键指标进行严格筛查,拒绝不合格燃料入场,从源头降低结渣风险。加强燃料预处理环节管控,通过破碎、筛分等工艺优化燃料颗粒度,确保颗粒度均匀且符合燃烧要求,提升燃烧充分性,减少未燃尽灰渣量。推行科学配煤掺烧技术,根据锅炉燃烧特性和结渣规律,将不同特性的燃料合理配比,调整燃料整体灰分、硫分及熔融特性,使混合燃料的灰渣软化温度高于炉内实际温度,抑制结渣形成。同时,加强燃料储存与输送管理,防止燃料受潮、结块,保障燃料燃烧稳定性。

5.2 燃烧参数调整策略

通过调整燃烧参数优化燃烧工况,可有效抑制受热面结渣,需基于炉内温度分布、空气动力场特性精准调控各项参数。合理控制炉内温度,通过调整给煤量、风量等参数,将炉膛中心温度控制在灰渣软化温度以下,避免灰渣熔融,同时优化温度分布,减少局部高温区域,实现炉内温度均匀分布。优化空气动力场,精准调整一次风、二次风配比及送风速度,确保风量充足且分布均匀,消除烟气回流、涡流等现象,缩短灰渣颗粒在炉膛内停留时间,减少与受热面接触概率。调整燃烧器运行参数,优化喷口角度,使火焰中心处于合理位置,避免火焰直接冲刷受热面;同时稳定燃烧器运行负荷,减少工况波动,维持燃烧稳定性。此外,定期监测燃烧参数变化,建立动态调控机制,

5.3 锅炉设计改进方向

针对锅炉结构层面的结渣成因,从设计改进角度优化锅炉结构,可从根本上提升抗结渣能力。优化炉膛尺寸与形状设计,合理确定炉膛容积、高度及高宽比,确保燃料在炉膛内有充足停留时间,实现充分燃烧,同时保证烟气流动顺畅,避免局部温度过高和涡流形成;优化炉膛转角过渡设计,提升内壁平整度,减少灰渣附着空间。改进受热面布置方式,合理调整受热面间距与布置角度,确保烟气流通顺畅、传热均匀,避免受热面过密或布置不当导致的结渣;在易结渣区域增设防渣装置,提升受热面表面光滑度,降低灰渣附着概率。优化吹灰器配置,根据受热面布局合理增加吹灰器数量、调整布置位置,消除吹扫死角;选用适配的吹灰器类型,优化吹扫参数,提升灰渣清除效果,同时加强吹灰器结构设计,提升运行可靠性和稳定性。

结束语:综上所述,60万火电机组锅炉受热面结渣问题成因复杂,涉及燃料、燃烧工况和锅炉结构等多方面。通过对这些成因的深入分析,提出的相应解决路径具有一定的针对性和可操作性。在实际应用中,需综合考虑各因素,不断优化改进,以有效解决结渣问题,保障火电机组的稳定高效运行。

参考文献

- [1] 王毅斌,王肖肖,李鹏,等.大型燃煤锅炉中含Na/Cl/S组分的演变与受热面结渣倾向的数值模拟[J].动力工程学报,2024,44(02):251-259.
- [2] 王赫,赵斌,王琪霖,等.超临界煤粉锅炉炉膛出口受热面结渣特性分析[J].锅炉技术,2023,54(03):10-15.
- [3] 张学威,钟文琪,陈曦,等.前后墙对冲锅炉炉内混烧下受热面结渣特性数值模拟[J].中国电机工程学报,2023,43(05):1902-1912.
- [4] 刘鹏宇,李德波,刘彦丰,等.燃煤电厂锅炉机组受热面积灰结渣研究现状与展望[J].洁净煤技术,2022,28(05):87-96.
- [5] 童通通,薛志亮,李培,等.基于落渣碰撞信号的锅炉结渣诊断技术的研究[J].能源工程,2020,(01):52-57.