

垃圾焚烧锅炉过热器积灰结渣清理工艺优化实践

田 磊

中国电建集团四川工程有限公司 四川 成都 610051

【摘要】：垃圾焚烧锅炉运行中，过热器是易发生积灰、结渣的地方。垃圾成分复杂、杂质含量高，烟气中粘性灰渣很容易附着在过热器管束表面，增大换热热阻，降低锅炉换热效率，还会引起管束腐蚀、烟气流阻增大等故障，对焚烧机组的稳定经济运行造成严重影响。本文以某生活垃圾焚烧发电厂运行实例为基础，对过热器积灰结渣的形成机理进行分析，对传统清理工艺存在的问题进行梳理，从清灰设备匹配、运行参数控制、作业流程改进、辅助管控措施等方面提出改善过热器清理工艺的措施。工程实践证明，改进后的清理工艺可以有效地清除管束表面的硬渣和粘性积灰，提高锅炉换热效率，减少设备故障次数，可以给类似的垃圾焚烧锅炉运维管理提供技术上的参考。

【关键词】：垃圾焚烧锅炉；过热器；积灰结渣；清灰工艺；工艺优化

DOI:10.12417/2811-0528.26.16.043

引言

随着生活垃圾无害化处理的需求越来越大，垃圾焚烧发电技术的应用也越来越多。垃圾焚烧过程中产生的烟气中含有大量的盐分、重金属氧化物和粉尘，在中高温的环境下很容易粘附在过热器的管壁上，逐渐地累积起来形成积灰和坚硬的结渣。过热器是锅炉蒸汽升温和控制温度的重要部件，如果过热器的管壁上积累的灰和结渣严重，就会使传热效率大大降低，蒸汽参数不能达到要求，排烟温度也会明显上升。长期积渣会带来管束局部高温，加快高温腐蚀速度，诱发管束磨损泄漏等故障。目前大部分的焚烧电厂采用单一清灰方式，存在清灰不彻底、设备磨损严重、能耗高、寿命短等问题。为了使电厂实际工况下清理工艺得到优化，提高清灰质量以及运行稳定性，有重要的工程应用价值。

1 过热器积灰结渣成因及危害

1.1 积灰结渣形成机理

生活垃圾种类繁多，其含有的塑料、织物等可燃物成分很多，进入焚烧炉时容易产生氯化物、硫酸盐等各种低熔点粘性物质。此类物质随着烟气流到过热器区，该区的烟气温度为500-800℃，粘性物质处在熔化状态，极易与烟气中的粉尘颗粒结合，附着于过热器管壁上。由于运行时间的增加，附着物料不断堆积压实，松散的积灰逐渐硬化成致密的结渣。同时锅炉燃烧配风不科学、炉膛温度忽冷忽热，都会加大烟气的湍流扰动，增大粉尘和管壁相接触的概率，从而使积灰结渣更加严重。

1.2 积灰结渣主要危害

管壁积灰结渣会使换热热阻增加，降低过热器的热交换能力，造成主蒸汽温度不能达到设计值，机组发电效率降低。烟

道流通截面因为灰渣堆积而变小，烟气的流动阻力增大，引风机的负荷提高，厂用电的耗电量增大。熔融盐类物质附着在金属表面上会破坏金属保护膜，使高温氯腐蚀加重，造成管壁变薄、点蚀穿孔，非计划停机检修次数增多。严重结渣会造成大块渣体脱落，冲击下方管束，造成设备机械损伤，大大降低锅炉的使用寿命。

2 传统清理工艺及现存问题

2.1 现有主流清理工艺

本次研究依托的垃圾焚烧电厂设有七百五十吨/日焚烧锅炉两台，过热器分为高低温两级设置，原清洁方案采用多种清理方法相结合的方式。正常运行期间用蒸汽吹灰、声波清灰，停机检修时用水洗人工清渣。蒸汽吹灰依靠高温高压蒸汽冲击管壁，把松散的积灰剥离掉；声波清灰用声波振动打散细小的粉尘；高压水洗借助高压水流冲刷软化顽固的渣层。

2.2 传统工艺存在缺陷

经过长期运行的观测可知，原有清理工艺存在着许多不足之处。蒸汽吹灰吹灰角度固定，管束背风面存在清理盲区，硬渣剥离效果差，高频吹灰会冲刷磨损管壁。声波清灰对于致密硬化结渣的作用很小，只能起到表层粉尘的清除作用，不能从根本上消除积灰堆积的问题。停机水洗工序繁杂，水洗废液处置困难，水洗之后的管束残留水分会促使低温腐蚀的发生。同时清灰作业没有动态调控的机制，不能根据垃圾焚烧工况来调整清灰的频次和强度，低负荷工况下无效清灰造成能源浪费，在高负荷工况下清灰力度不够造成渣层迅速增厚。人工清渣作业安全性差，作业时间长，会造成机组停机时间增加。

3 积灰结渣清理工艺优化措施

3.1 清灰设备组合优化

结合过热器不同区域积灰特性,重构设备搭配模式。高温过热器渣体硬度大、附着力强,保持蒸汽吹灰器,改变吹灰器的安装角度,增大吹扫覆盖范围,排除管束背风面的盲区。低温过热器积灰疏松细小,安装了脉冲激波清灰装置,采用混合气爆燃产生的冲击波将粉尘震落。取消低效的声波清灰点位,在检修时将固定式的高压水枪改为移动式的旋转高压清洗设备,提高死角渣层的清理效果,减少水洗作业的时间。

3.2 运行清灰参数优化

抛弃固定周期清灰模式,实行工况联动清灰。根据炉膛焚烧温度、烟气含氧量、排烟压差来判定积灰的程度,动态调节清灰次数。垃圾热值高、焚烧负荷大的时候,把蒸汽吹灰间隔缩短到四小时,单次吹扫时长控制在两分钟。低热值垃圾焚烧的时候,吹灰时间是6小时,使蒸汽消耗减少。激波清灰每日两顿,用蒸汽吹灰清除夹层积灰。同时对吹灰蒸汽参数进行优化,保证蒸汽压力在一点二到一点四兆帕之间,防止压力过大造成管壁磨损,压力过小造成清灰不彻底。

3.3 停机检修清理流程优化

规范停机清渣作业流程,将清理分为预处理、冲洗、干燥三个作业阶段。停机降温初期保持烟道微通风,表层松散灰渣自然掉落减少高压冲洗作业量。水洗阶段水压保持在18~20兆帕,采用自上而下的旋转冲洗法,主要清洗管束弯头、夹缝等易积渣的地方。冲洗结束后用锅炉余热通风烘干,管壁残水量要控制在最小限度,防止低温腐蚀发生。同步简化人工清渣流程,预先对硬渣聚集区进行标示,用机械辅助破碎的方式去除大块渣体,减少人工劳动强度。

3.4 源头防控辅助优化

从焚烧工况入手减少灰渣的产生,从而减轻清灰工作量。

优化炉膛配风,使烟气含氧量保持在6%~9%,保证垃圾完全燃烧,减少不完全燃烧粘性产物。合理调节一、二次风温,防止炉膛局部温度过高,抑制低熔点盐类熔融粘附。定期清理垃圾储槽渗滤液,严格控制高水分、高盐分垃圾进入炉膛,从根本上减少粘性灰渣的产生。

4 工艺优化应用效果分析

本次工艺改进后持续跟踪监测六个月,将改进前后锅炉运行的主要参数加以对比,以判定改进的效果。优化前过热器平均换热温差为42℃,排烟温度偏高,优化后换热温差降到26℃以下,换热性能大大提高。烟道进出口压力差由原来的一千一百帕降到现在的七百八十帕,烟气流动阻力减小了百分之八点二。过热器管束的腐蚀速率减少到年平均0.15毫米以下,设备的使用寿命被延长。机组非计划停机次数由原来的每年八次减少到现在的三次,提高机组的连续运行时间。同时清灰作业蒸汽消耗量减少十五%,人工检修时长减少百分之二十,运维成本得到有效控制,经济效益有较大的提高。

5 结论

垃圾焚烧锅炉过热器积灰结渣受到垃圾成分、燃烧工况、清灰方式等因素的影响,传统的单一固化清灰方式存在清理不彻底、能耗高、设备损坏大等问题。通过改进清灰设备组合、动态调节运行清灰参数、规范停机检修过程、加强源头工况控制来形成适应垃圾焚烧复杂工况的综合清灰系统。改进之后的清理工艺能很好地去除过热器的积灰结渣,提高锅炉的换热效率,减小设备出现故障的概率以及维护成本。本次优化实践符合中小型垃圾焚烧电厂的生产实际,技术改造难度小、见效快,可以给同类型的锅炉过热器清灰工艺改造提供借鉴。后续可以采用智能化监测技术来建立积灰在线监测系统,进而达到清灰作业的精确化、智能化控制目的,从而不断改善垃圾焚烧发电机组运行稳定性和经济性。

参考文献:

- [1] 罗勇,马道洋,程烈海,等.燃用印尼煤在超超临界直流锅炉中的积灰与结焦特性研究[J].洁净煤技术,2025,31(S1):337-342.
- [2] 李丰泉,李迎春,马骏.锅炉掺烧渣盐对过热器及省煤器吊挂管结渣积灰的影响分析[J].中国特种设备安全,2024,40(06):58-61.
- [3] 信晶,孙保民,肖海平,等.应用支持向量机监测电站锅炉受热面积灰研究[J].中国电机工程学报,2013,33(05):21-27+5.