

# 垃圾电厂锅炉水冷壁高温腐蚀防护技术应用分析

田 磊

中国电建集团四川工程有限公司 四川 成都 610051

**【摘要】**：垃圾焚烧发电是生活垃圾无害化、资源化处置的主要方式，现阶段国内垃圾电厂锅炉普遍存在着水冷壁高温腐蚀问题，直接影响到锅炉的运行稳定性和使用寿命，增大电厂的运维成本。本文根据垃圾电厂锅炉运行工况，分析水冷壁高温腐蚀的形成机理，归纳出主要的高温腐蚀防护措施，研究各种防护技术的优势及存在问题，并结合工程运行经验提出改进的方法。研究结果可以为垃圾电厂水冷壁防腐运维、技术更新提供借鉴，有利于提高垃圾焚烧锅炉的安全、长寿命运行能力。

**【关键词】**：垃圾电厂；锅炉；水冷壁；高温腐蚀；防护技术

DOI:10.12417/2811-0528.26.15.044

## 1 引言

城镇化发展过程中生活垃圾产生量不断增加，垃圾焚烧发电由于具有减量化、无害化、资源化的优点，成为固废处理的主要方式。垃圾组分多样，有氯、硫、重金属等腐蚀物，焚烧时会产生带腐蚀性的烟气，烟气在锅炉受热面上长时间沉积后会对水冷壁造成损害。水冷壁是锅炉的中心受热面，在高温的烟气中，长期被高温腐蚀，容易使管壁变薄、损坏，造成泄漏，出现非计划性停机故障。绝大多数的垃圾电厂水冷壁使用寿命大大短于其设计寿命，腐蚀故障占总故障率的60%以上。为了保证电厂的连续稳定生产，减少设备的损耗，分析高温腐蚀机理，改进防护技术的应用有重要的工程实践意义。

## 2 垃圾电厂锅炉水冷壁高温腐蚀成因

### 2.1 烟气介质腐蚀

生活垃圾中的塑料、厨余等组分含有很多的氯元素，在焚烧过程中会产生大量的氯化氢气体，同时也会产生硫化物和重金属蒸气等腐蚀性物质。高温环境下腐蚀性气体贴合水冷壁管壁，和金属基体发生化学反应生成易剥落的腐蚀产物。产物脱落后会不断地暴露新鲜的金属表面，从而加速腐蚀的过程。氯元素是造成水冷壁高温腐蚀的主要介质，高温氯化腐蚀具有渗透性好、腐蚀速度快的特点，对管壁的破坏最严重。

### 2.2 运行温度影响

水冷壁管壁温度处在四百到六百度的范围里，这时腐蚀反应的活性最高。垃圾焚烧工况波动大，垃圾热值不稳定造成炉膛温度反复变化，管壁温度保持变动。温度起伏会加大腐蚀层开裂脱落的速度，而且加快了腐蚀性介质的化学反应速度。由于炉膛局部温度过高，使烟气发生偏流，在受到撞击之后，就会造成局部腐蚀出现点状的坑蚀。

### 2.3 燃料与燃烧工况缺陷

生活垃圾分选不精细，杂质含量偏高，燃料组分随机性大。燃烧时易造成不完全燃烧，产生还原性气氛。还原性环境会造成管壁表面氧化防护膜的破坏，使金属抗腐蚀能力下降。过量的未完全燃烧的颗粒物粘附在管道内壁上，产生积灰、结焦现象，腐蚀性的介质在积灰层里积存，长久堆积造成管壁内部腐蚀加剧。

## 3 主流高温腐蚀防护技术及应用分析

### 3.1 表面涂层防护技术

表面涂层技术是目前垃圾电厂使用最广的防腐方法，在水冷壁管壁上制备防护涂层，隔绝腐蚀性烟气和金属基体接触。常用的涂层材料有镍基合金和耐高温防腐陶瓷材料。镍基合金涂层组织致密、孔隙率低、耐高温氯腐蚀性能好，适合于高温复杂的炉膛。陶瓷涂层化学稳定性好，耐酸碱腐蚀，耐磨性好，能抵抗烟气颗粒物的冲刷磨损。喷涂工艺主要是火焰喷涂和等离子喷涂，工艺成熟施工方便，适用于电厂不停机局部修补。实际使用时涂层厚度控制在0.2~0.5毫米之间。厚度过薄无法起到有效的保护作用，厚度过厚容易造成涂层开裂脱落。该技术成本低、施工周期短，适合于大部分中小垃圾电厂，但是长期高温环境下涂层会慢慢老化，每两年左右就需要做一次补涂。

### 3.2 基体材料优化技术

基体材料优化，即用耐腐蚀的新型材料代替原来的水冷壁基材，从本质上提高水冷壁的抗腐蚀性。常规水冷壁大多用碳素钢材制成，耐腐蚀性差。改良管材可以选用铬镍合金耐热钢，加入铬镍钼合金元素来提高金属高温稳定性及抗介质侵蚀的能力。高合金钢材的管壁钝化膜很致密牢固，可以抵抗氯离子、硫离子的连续腐蚀。该种技术的防护效果好、使用寿命长，使用寿命是碳素钢的3倍以上，适合于高参数、大容量垃圾焚烧

锅炉。材料优化的不足之处在于采购成本过高,管材焊接加工工艺要求严格,施工过程复杂,改造周期长,适合于电厂大修阶段的整体升级,不能用于短期的应急防腐改造。

### 3.3 燃烧工况调控技术

工况调控属于低成本的预防性防护手段,改善燃烧过程来减弱腐蚀产生的环境。首先对垃圾进料比例进行优化,并且要做好垃圾预处理工作,分拣出大块的杂质,保证各种热值的垃圾混匀后再入炉。另外调整配风比例,使炉膛内有充足的氧气供给,保证垃圾完全燃烧,减少还原性气体的产生。合理调节炉膛负压,改变烟气的流向,防止烟气流过偏冲区,冲洗水冷壁。定时进行吹灰工作,去除管壁上的积灰、结焦,降低腐蚀性介质的堆积程度。工况调控不需要大量的设备资金投入,运维成本低,可以和其他防腐技术联合使用,但是工况调控的效果较差,不能完全消除高温腐蚀,只能减缓腐蚀速度。

### 3.4 管壁温度管控技术

根据腐蚀温度特性来采用热力调节的方法,把腐蚀易发的高温时段排除在外。改进锅炉水循环系统,调节给水温度和流速,均匀调节管壁温度,使管壁工作温度保持在400℃以下。利用智能化监测装置,对炉膛温度、管壁温度进行实时检测,随时调节运行参数。准确确定烟气的酸露点,防止低温结露腐蚀和高温活性腐蚀同时出现。智能化程度高、与现代化垃圾电厂运行相适应、可以减少由于腐蚀引起的损耗。

## 4 高温腐蚀防护技术优化应用策略

### 4.1 构建组合式防腐体系

根据锅炉容量、垃圾燃料特性选择防腐技术。中小型常规参数锅炉采取了涂层防护与工况调节相结合的方式,选用价格便宜的镍基涂层,结合配风改善和定时吹灰等手段来控制腐蚀速度,降低运行维护费用。大容量、高参数锅炉主要使用合金管材为基材,表面加装陶瓷涂层加强防护,并且采用温度智能控制系统,从多个方面提高防腐效果,适合长时间高强度运行。

### 参考文献:

- [1] 曲作鹏,田欣利,谢广校,等.基于等寿命原则的垃圾电站锅炉烟道高温防腐设计策略探究[J].材料保护,2023,56(11):154-160.
- [2] 梁慧超,吴浩民.垃圾焚烧炉高温受热面腐蚀失效与防护[J].能源电力技术,2024(01):56-61.
- [3] 周寅聪.垃圾焚烧炉水冷壁材料在硫氯气氛下的腐蚀特性研究[J].煤炭学报,2024(05):152-157.

### 4.2 规范施工工艺标准

制定标准的施工流程,涂层喷涂前将管壁磨掉氧化皮和杂质,保证涂层贴合度,控制涂层厚度均匀性。管材焊接选用相适应的焊材,控制焊接温度,焊后进行无损检测,消除焊接缺陷。施工完毕进行耐压防腐试验,试验合格后投入使用,从源头上减少施工缺陷造成的腐蚀。

### 4.3 完善运维管控机制

创建智能化监测体系,持续观测管壁温度、烟气组成及管壁厚度这些参数,并据此作出预测。制定周期性的管壁腐蚀探伤检测计划,每季度进行一次,对管壁腐蚀情况(腐蚀厚度、腐蚀缺陷的位置等)做出记录并建立设备运维台账。根据检测结果制订预防性养护方案,及时修补老化涂层,修理局部腐蚀点。另外还要加强员工的专业培训,并且规范操作程序来降低人为工况变化所引起的腐蚀变本加厉的情况。

### 4.4 优化燃料预处理流程

在焚烧工位处设置垃圾分拣破碎系统,除去金属、砖石等不能燃烧的杂质,使破碎后的垃圾粒度均匀。合理控制垃圾堆肥化时间,减少燃料的含水率,保持燃烧热值恒定。严格控制高氯塑料垃圾的掺入比例,必要时用生物质燃料掺烧,降低烟气中腐蚀性介质的浓度,改善炉膛的腐蚀环境。

## 5 结论

垃圾电厂锅炉水冷壁高温腐蚀是由介质侵蚀、温度变化、工况缺陷等共同作用而产生的,主要的损伤形式就是氯盐高温腐蚀。目前表面涂层、材料优化、工况调控、温度控制四类防护技术各有优缺点,适合不同规模、工况的垃圾焚烧锅炉。目前行业内存在着技术搭配不合理、施工控制松懈、运维机制不健全等种种问题,从而影响防腐技术的应用效果。电厂要根据自身运行条件建立组合式的防腐体系,规范施工工艺,健全运维管理规章制度,改善燃料处理工艺。借助多种方法相结合的方式,减缓水冷壁高温腐蚀的速度,延长设备的使用寿命,减少由于设备非计划停机而产生的损耗。