

垃圾焚烧锅炉受热面腐蚀机理与防护措施研究

孟建钧

中国电建集团四川工程有限公司 四川 成都 610051

【摘要】：生活垃圾焚烧发电属于固废无害化、减量化处理的主流途径，有经济效益。生活垃圾中存在氯、硫及含碱性的钾、钠等离子，进入焚烧炉后会形成含有这些成分的腐蚀性气体，给锅炉的受热面管道造成损坏，并导致锅炉的壁厚变薄，产生泄露等情况，从而缩短了锅炉的工作年限并提高了运行成本。本文以垃圾焚烧锅炉运行工况为基础，分析受热面常见的腐蚀类型，探究高温腐蚀、低温腐蚀的内在机理，总结出温度、燃料、材质等腐蚀影响因素，从工艺优化、材料升级、表面防护、运行管理四个方面给出综合防护措施，从而给垃圾焚烧锅炉的安全长效运行提供技术上的借鉴。

【关键词】：垃圾焚烧锅炉；受热面；腐蚀机理；防护措施

DOI:10.12417/2811-0528.26.15.035

1 引言

伴随着城市化的推进，生活垃圾的产生量不断增加，焚烧发电作为垃圾处理的主流方式，其处理速度快、减量化效果好、能源可回收等优势，使其成为了城市垃圾处理的主要方式。垃圾焚烧锅炉是发电系统的中心设备，其受热面包括水冷壁、过热器、省煤器等主要部分，在高温、高粉尘、强腐蚀的烟气中工作。与燃煤锅炉相比，生活垃圾中掺杂着塑料、厨余、废旧建材等杂质，因此焚烧产生的腐蚀性介质种类多，受热面腐蚀问题也更加严重。实际生产中由于腐蚀造成的非计划停机故障时有发生，严重影响了电厂的生产效率。因此对受热面腐蚀机理进行分析，提出合理有效的防护措施，对提高设备的稳定性、降低运行成本有着十分重要的工程意义。

2 垃圾焚烧锅炉受热面主要腐蚀类型及机理

2.1 高温腐蚀

高温腐蚀多发生于水冷壁、高温过热器等温度大于四百摄氏度的受热面处，腐蚀介质主要是氯化物、碱金属盐，是典型的多相耦合复杂化学反应。垃圾中含有的塑料、橡胶类物质在燃烧时会产生氯化氢气体，厨余垃圾里有钾、钠等碱金属元素，高温条件下这些元素和其它物质发生化学反应生成低熔点的腐蚀性盐类。

氯腐蚀属于高温腐蚀的主要表现形式，服从活化氧化反应的规律。烟气中含有的氯化氢在高温下发生氧化反应，产生氯气，氯气穿透到金属表面的氧化层孔隙里，和管壁上的铁元素发生反应，生成氯化铁。氯化铁的熔点很低，在管壁表面容易形成熔融态的腐蚀层，破坏金属基体结构。碱金属氯化物在管壁上会附着成结渣，造成渣层上部分的透气性降低，局部缺氧。硫元素会加快腐蚀过程，硫化物和氯盐一起作用，增大金属氯化层开裂的概率，使腐蚀性介质更容易侵入基体。

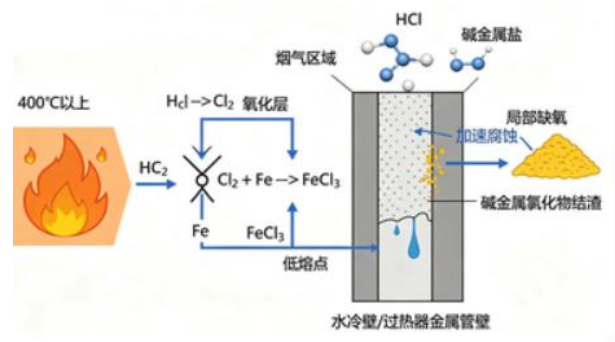


图1 高温腐蚀原理

2.2 低温腐蚀

低温腐蚀多发生在省煤器、空气预热器这些低温受热面，管壁温度通常比烟气露点温度低很多。烟气中还存在着氯化氢、二氧化硫等酸性气体，在温度较低的时候会与它们混合形成酸性液滴粘附在金属管道上。酸性液膜会直接将金属表面钝化层溶解掉，造成电化学腐蚀。低温腐蚀会引发积灰黏结，酸性液膜吸附在烟气里的粉尘颗粒，就形成了致密的黏灰层。灰层长期附着不能脱落，腐蚀管壁，减小烟气流道截面积，增大烟道阻力。低温腐蚀发展速度慢，隐蔽性强，长期运行会使管壁均匀减薄，后期容易造成穿孔渗漏。

3 受热面腐蚀主要影响因素

3.1 燃料成分因素

生活垃圾成分复杂、波动大，是造成腐蚀的根本原因。垃圾中含氯塑料制品比例越高，烟气中氯化氢浓度就越高，高温腐蚀速度也随之加快。厨余垃圾含水率较高，燃烧时产生大量的水蒸汽，降低烟气的露点温度，加重低温腐蚀。同时垃圾中的重金属杂质会燃烧生成重金属盐，重金属盐的熔点低，容易在管道内壁上沉积下来，加快金属腐蚀失效。

3.2 运行温度因素

温度属于决定腐蚀速度的参数。管壁温度在 480~600℃ 之间时,碱金属氯盐全部熔化成碱液,腐蚀反应最剧烈。炉膛温度过高会增加有害气体的生成,温度过低会造成垃圾燃烧不完全,没有完全燃烧的杂质附着在管壁上,引起二次腐蚀。另外锅炉负荷的改变会引起管壁温度频繁波动,腐蚀层反复膨胀收缩形成裂缝,腐蚀速度变快。

3.3 设备材质因素

不同的金属材料耐腐蚀性差别很大。普通碳钢造价低,但是抗氯腐蚀、抗高温氧化性能差,多用在低温低压受热面上。铬镍合金的材质比较稳定,其金属表面可以形成致密的氧化保护膜,能阻挡腐蚀性的介质进入,适合于高温高腐蚀的场合使用。由于部分电厂为了降低成本而使用了不合格的普通钢材来制作高温受热面管件,使得设备使用寿命大大降低。

4 受热面综合防护措施

4.1 优化垃圾预处理与燃烧工艺

做好垃圾预处理工作,建设垃圾分拣平台,提前把塑料、橡胶等高含氯杂质分离出来,从源头上减少腐蚀性介质的产生。调节垃圾堆放发酵的时间,使垃圾的含水率下降,减小燃烧时产生的水汽。改善炉膛的燃烧参数,使炉膛温度处于合理范围之内,利用分级送风的方法来保证垃圾能充分燃烧,降低有害气体的产生。定期调节炉膛负压,防止腐蚀性烟气积聚,减小烟气和管壁接触的时间。

4.2 科学选用设备管材

根据受热面温度工况不同选择合适的材质,高温过热器、水冷壁等易发生高温腐蚀的地方采用高铬镍耐热合金钢。低温省煤器、空气预热器可以采用耐腐蚀铸铁或者普通合金钢,达到平衡使用性能和建设成本的目的。严格控制管材的加工质

量,保证管材表面没有裂纹、毛刺等缺陷,减小腐蚀附着点。

4.3 强化表面防护处理

对于受热面管壁进行表面改性防护,常用的有热喷涂、堆焊、防腐涂层处理等。热喷涂技术可在管壁表面形成陶瓷或者合金防护层,阻隔腐蚀介质与金属基体的接触,堆焊工艺适合于磨损腐蚀严重的管件,提高管壁的耐磨耐蚀性能,耐高温防腐涂层施工简便、成本低,适合大面积低温受热面的防护。同时定期开展吹灰工作,使用声波吹灰、蒸汽吹灰相结合的方式,清除管壁积灰结渣,防止盐类沉积加重腐蚀。

4.4 完善运行维护管理

建立锅炉的常态化巡检制度,用无损检测的方法对管壁厚度进行定期检测,排查腐蚀隐患,及时更换腐蚀超标管件。调控烟气温度,保证低温受热面管壁温度高于烟气露点,防止酸性冷凝液产生。改善水质处理工序,严格控制锅炉给水水质,削减管内结垢腐蚀。做好设备启停管控工作,防止温度急剧上升、下降造成防护层开裂,延长防护层使用寿命。另外加强运维人员的专业培训,完善操作程序,减小由于人为操作不当造成的腐蚀损耗。

5 结论

垃圾焚烧锅炉受热面腐蚀是燃料成分、运行温度、设备材质等多因素共同作用所造成,高温氯腐蚀和低温酸性腐蚀为主要腐蚀形式,对锅炉安全稳定运行造成影响。要想有效地控制腐蚀问题,就要采取源头控制、过程改进、后期防护相结合的综合治理思想。对垃圾进行预处理,改善燃烧条件,减少腐蚀介质,根据工况选择合适的耐腐蚀材料,加强表面防护,采用合理的维护方式,从各个方面阻止腐蚀的发生。发展新的复合防腐材料、智能化监测技术,改进锅炉的防腐性能,促进垃圾焚烧发电行业长久健康发展。

参考文献:

- [1] 付可,裴鑫岩,赵彦凯.某电厂锅炉水冷壁腐蚀机理分析[J].山西电力,2025,(06):60-63.
- [2] 杭文林,潘虎,柏杰杰,等.贴壁风协同燃烧调整缓解对冲锅炉水冷壁还原性腐蚀研究[J].能源研究与利用,2025,(06):2-6.
- [3] 代权庆.电厂燃煤锅炉侧水冷壁腐蚀问题及其防腐改造[J].全面腐蚀控制,2025,39(07):330-332+336.