

# 超超临界对冲燃烧锅炉高温腐蚀研究

张基标

(浙江浙能中煤舟山煤电有限责任公司, 浙江 舟山 316131)

**摘要:** 针对某超超临界旋流燃烧锅炉燃烧器区域两侧墙水冷壁管向火侧外壁出现的高温腐蚀现象, 通过对产生高温腐蚀的原因分析, 提出了预防发生高温腐蚀的措施, 有效防止了该现象的再次发生。

**关键词:** 超超临界锅炉; 旋流燃烧; 高温腐蚀; 燃烧调整

**中图分类号:** TK224.9+5

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1007-1881(2011)04-0004-03

## Research on High-temperature Corrosion of Ultra-supercritical Opposed Firing Boiler

ZHANG Ji-biao

(Zhejiang Zheneng Zhongmei Zhoushan Coal & Electricity Co., Ltd, Zhoushan Zhejiang 316131, China)

**Abstract:** Through the cause analysis for the high-temperature corrosion of waterwall tube fireside external surface for the walls on both sides in the area of the swirl burner for the ultra-supercritical boiler, this paper presents the preventive measures that effectively avoid that phenomenon.

**Key words:** ultra-supercritical boiler; swirl combustion; high-temperature corrosion; combustion adjustment

由于低  $\text{NO}_x$  排放的需要, 超超临界机组在锅炉燃烧系统配置方式上, 一般采用在锅炉燃烧器上方区域配置燃烬风(OFA, overfire air), 保持还原性气氛。然而, OFA 技术容易导致飞灰含碳量升高以及燃烧器区域的结焦和高温腐蚀, 尤其是燃用高硫煤的锅炉, 其高温腐蚀更为严重。同时, 超超临界机组的水冷壁壁温比亚临界机组高得多, 更易发生高温腐蚀。

前后墙对冲燃烧锅炉采用旋流燃烧器, 其对烟气的卷吸率高、火焰行程短、炉内热负荷比较均匀, 因此认为结渣和腐蚀相对较容易控制。但国内外仍有对冲燃烧锅炉存在较严重的水冷壁高温腐蚀现象, 尤其是超超临界旋流对冲机组的燃烧器区域两侧水冷壁引起高温腐蚀的可能性更大。本文就超超临界对冲锅炉发生高温腐蚀的原因进行分析比较, 并针对造成高温腐蚀的原因提出相应的调整措施。

### 1 高温腐蚀机理

一般认为, 煤粉锅炉的高温腐蚀分为硫化物型和硫酸盐型两种。

#### 1.1 硫化物型高温腐蚀

煤粉送入炉膛燃烧, 煤中的黄铁矿(主要成分为  $\text{FeS}_2$ )受热分解出自由硫原子。空气不足时, 煤中的 S 或已反应生成的  $\text{SO}_2$ 、 $\text{SO}_3$  转化成  $\text{H}_2\text{S}$ 。 $\text{H}_2\text{S}$  是导致受热面高温腐蚀的主要因素之一。据相关文献<sup>[1]</sup>介绍, 当燃烧器过量空气系数  $\alpha < 1.00$  时,  $\text{H}_2\text{S}$  将急剧增加, 可达 0.06%~0.16%。超超临界机组主燃烧器区过量空气系数  $\alpha$  一般在 0.80 左右, 当炉内燃烧工况不良、配风不合理时, 在水冷壁附近更易形成局部还原性气氛, 即 CO 含量升高, 而 CO 含量和  $\text{H}_2\text{S}$  浓度呈正相关关系, 烟气中 CO 含量越多,  $\text{H}_2\text{S}$  含量也越高。当管壁温度达到 450℃左右时,  $\text{H}_2\text{S}$  可以与金属铁及氧化铁反应生成硫化亚铁, 硫化亚铁又与金属反应生成低熔点的共晶体, 发生腐蚀。

发生高温腐蚀最重要的内在原因是燃料的含硫量。而外部原因是由于水冷壁管处于高温烟气的环境中, 壁面温度很高, 当火焰贴近炉墙时, 壁面邻近的区域形成还原性气氛, 降低了灰的熔点温度, 加剧结渣过程, 并使管子表面产生高温腐蚀, 严重的腐蚀现象通常出现在燃烧器区域。

对于墙式燃烧锅炉,两侧墙为烟气流动的死滞区,因而严重结渣及高温腐蚀往往发生在此处。

### 1.2 硫酸盐型高温腐蚀

灰渣中的碱性氧化物与烟气中的硫发生反应形成硫酸盐,硫酸盐会破坏水冷壁管的保护膜( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ),与其反应生成的复合硫酸盐在500~800℃时呈液态,对管壁有强烈的腐蚀作用,造成水冷管壁快速变薄。对于超超临界锅炉,由于水冷管壁温度的提升,满足了硫化物腐蚀和加剧硫酸盐腐蚀的温度条件。

## 2 防止高温腐蚀的措施

根据水冷壁高温腐蚀的产生原因,目前常用的预防措施可分为非表面防护和表面防护。

### 2.1 非表面防护措施

(1)防止热负荷过分集中,避免因炉膛局部温度过高而发生结焦。

(2)降低水冷壁管的表面温度。因为随着水冷管壁温度的升高,腐蚀速度会大大加快。试验表明,当管壁温度在420~480℃时,温度每增高10℃,腐蚀速度增加2倍以上。

(3)合理配风,防止火焰中心偏斜,防止熔融硫酸盐附着在水冷壁上,减缓水冷壁的腐蚀。尽量降低一次风速,提高二次风速,严格控制煤粉细度,保证煤粉顺利着火及完全燃烧。

(4)防止锅炉缺氧燃烧,炉膛出口应保持合适的过量空气系数,既可以防止锅炉因缺氧燃烧造成结焦,又可以防止水冷壁管附近出现还原性气氛,减轻高温腐蚀程度。从锅炉结构上讲,增加侧边二次风以改善水冷壁管附近的还原性气氛,对防止高温腐蚀有较好的效果,但对于燃烧器区域水冷壁倾斜布置的锅炉,该技术手段的实现较为困难。

(5)在煤种多变情况下,合理控制入炉煤的硫含量是防止锅炉发生高温腐蚀的有效手段。

燃煤含硫量较高时,四角燃烧锅炉的高温腐蚀部位在燃烧器及偏上区域,沿燃烧器射流方向下游的半面墙上,高温腐蚀区与挂渣严重区域一致。墙式旋流燃烧锅炉高温腐蚀多发生在未装燃烧器的两侧墙,与四角燃烧锅炉一致。实际表明:燃用煤的含硫量平均值高于1.4%~1.5%时,几乎都出现高温腐蚀,一般运行约2~3年后便需

更换部分腐蚀明显的水冷壁管。此外,随着超临界锅炉蒸汽温度的提高,管壁金属温度也随之增高,除了水冷壁高温腐蚀会加剧之外,高温过热器、再热器管壁温度会达到600℃以上,正处于腐蚀区域。一般认为,角式和墙式燃烧超临界锅炉的燃煤含硫量应控制在1.5%以下。

### 2.2 表面防护措施

表面处理是防高温腐蚀的主要措施。在水冷壁表面覆盖耐腐蚀的隔离层,即喷涂铬镍合金,是目前较为有效的防腐办法。

## 3 超超临界锅炉高温腐蚀调整实例

A厂超超临界旋流燃烧锅炉配置36只旋流燃烧器,同时设有OFA系统。锅炉投产后,在冷态检查中发现燃烧器区域的两侧有水冷壁管壁减薄现象,减薄约1mm,折算后约0.5mm/a,按照该发展速度,将危及锅炉安全运行。

### 3.1 原因分析

锅炉燃烧器顶部的OFA系统使主燃烧器区域处于还原性气氛中,为高温腐蚀的发生提供了外部条件。

此外,该锅炉炉膛深度偏短,较同出力的亚临界锅炉短约2m。表1比较了该锅炉与B厂、C厂亚临界锅炉的相关设计参数,A厂锅炉炉膛深度相对偏短,增加了火焰刷墙的可能,但其炉膛容积热负荷却相对偏小,说明在一定程度上火焰刷墙对高温腐蚀的危害高于炉膛温度。

表1 3台600MW锅炉部分结构参数比较

旋流燃烧机组结构尺寸	A厂超超临界锅炉	B厂亚临界锅炉	C厂亚临界锅炉
炉膛容积热负荷/( $\text{MW}\cdot\text{m}^{-3}$ )	83.1	94.3	103.6
顶棚管高度/m	68.8	67.06	63.65
炉膛前后深度×宽度/m	15.6×21.9	17.4×20.1	17.4×19.5
燃烧器下层高度/m	21.9	22.1	21.7
燃烧器中层高度/m	26.9	27.0	26.6
燃烧器上层高度/m	31.9	31.9	31.5
OFA/m	35.9		

A厂近年来的燃煤煤种多变,燃煤含硫量年平均约1.0%。在煤种差的情况下,燃煤含硫量高达2.0%,因此硫含量高可能是引起锅炉高温腐蚀的主要诱因。

### 3.2 采取的措施

针对该超超临界锅炉发生的高温腐蚀,采取

的对应防范措施主要有：

(1)组合匹配煤种，降低硫分；采取有效的技术手段，控制入炉煤硫分的总含量。

(2)水冷壁喷涂。

(3)提高燃烧器区域的氧量，同时根据锅炉的特征，有效缩短燃烧器单火焰的行程。

利用燃烧调整，对二次风加大了“碗”型配风的趋势，即加大两侧配风的趋势，图 1、图 2 描述了在该锅炉空气预热器进口处沿锅炉宽度方向测得的烟气 O<sub>2</sub> 和 CO 含量情况。调整前，尾部烟道中间区域氧含量较高，CO 含量较低；两侧区域的氧含量相对较低，而 CO 含量则相对很高，尤其是烟道最外侧区域。对于对冲燃烧锅炉，可以认为烟气流线整体上并不会发生显著的扭转或拐弯、偏斜等，尾部烟道两侧烟气中的高 CO 含量即表征了炉膛两侧水冷壁区域的强还原性气氛，这有可能是造成炉膛两侧高温腐蚀的原因之

一。经过调整后，尾部烟道氧含量分布已较为均匀，两侧 CO 含量显著降低。调整后炉膛两侧水冷壁区域的还原性气氛得到了显著的抑制，破坏了 H<sub>2</sub>S 存在的条件。

采取上述措施后，该锅炉的高温腐蚀得到了有效抑制。

### 4 结语

超超临界对冲燃烧锅炉由于炉膛深度较短或配风不均造成了水冷壁区域的局部高温腐蚀。对于配风不均引起的对冲锅炉两侧水冷壁高温腐蚀现象，可以在运行调整中通过提高炉膛出口氧量、提高主燃烧器区域送风比例、加大两侧二次风风量等手段进行控制。

### 参考文献：

- [1] 岑可法,樊建人.锅炉和热交换器的积灰、结渣、磨损和腐蚀的防止原理与计算[M].北京:科学出版社,1994.
- [2] 裘立春,张建华.基于 CO 的燃煤锅炉燃烧优化[J].浙江电力,2005,24(3):10-12.
- [3] 牟春华,张义政,王春昌.某台墙式燃烧锅炉严重高温腐蚀和低负荷飞灰可燃物含量高的原因分析[J].热力发电,2008,37(7):39-42.
- [4] 丘纪华,刘永刚.对冲燃烧布置锅炉水冷壁高温腐蚀问题的研究[J].华中理工大学学报,1999,27(1):63-65.
- [5] 郭鲁阳,苏起.锅炉水冷壁高温腐蚀原因分析及预防对策[J].中国电力,2000,33(11):17-20.
- [6] 杨国旗.蒲城发电公司 3 号锅炉水冷壁减薄原因分析[J].西安电力高等专科学校学报,2008,3(1):61-64.

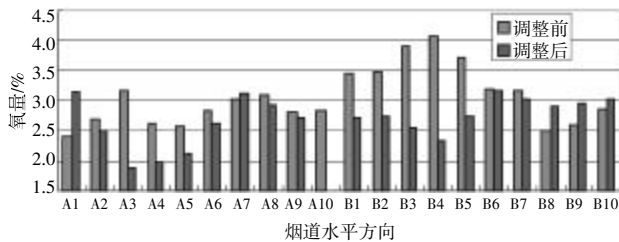


图 1 空预器进口氧量分布

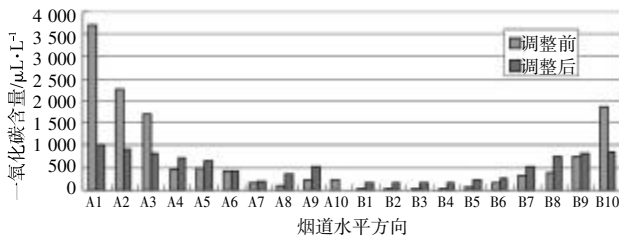


图 2 空预器进口一氧化碳含量分布

收稿日期：2011-1-12

作者简介：张基标(1966-),男,浙江嵊州人,高级工程师,从事电站锅炉技术和管理工作。

(本文编辑:徐 晗)

## 下 期 要 目

- 电网多区域多端口参数等值方法及其应用
- 现场变压器局部放电试验有关问题的探讨
- 防误装置解锁钥匙智能管理系统在变电所的应用
- 三支承结构的发电机-励磁机不稳定振动问题分析及治理
- 600 MW 机组再热汽温的调节手段
- 双支腿结构 CFB 锅炉长期低负荷运行的危险点分析
- 水轮发电机转子绝缘下降原因分析及处理
- 继电保护设备状态检修实施探讨
- 基于 CIM/CIS 的生产集成平台在电力企业的应用与改进
- 一种新型电力地理平台在县级调度的应用