

## HG-2030/26.15-YM3 型超超临界锅炉水冷壁壁温特性分析

陈有福<sup>1</sup>, 陈红君<sup>1</sup>, 何泽家<sup>2</sup>

(1.江苏方天电力技术有限公司, 江苏 南京 211102;

2.江苏省电力公司电力科学研究院, 江苏 南京 211103)

**摘要:**针对 HG-2030/26.15-YM3 型超超临界锅炉设计特点,重点分析了一次风配风、二次风配风和磨煤机运行组合运行方式对炉膛下水冷壁壁温分布特性的影响,对现场试验进行了总结,并提出了有益的建议,为同类型锅炉的调试和运行提供参考。

**关键词:**超超临界锅炉;垂直水冷壁;壁温;燃烧调整

**中图分类号:**TK223.3<sup>+</sup>1

**文献标志码:**B

**文章编号:**1009-0665(2011)05-0069-04

垂直管圈水冷壁具有阻力小、结构简单、安装工作量较小、各种工况下的热应力较小等优点,且适合于变压运行。锅炉运行时水冷壁炉膛侧受高温烟气的强烈辐射,对炉内烟气温度场没有直接的监视手段,当水冷壁内工质工况相对稳定时,垂直管屏下水冷壁出口温度场的变化就是对炉内燃烧工况最直接且最快的反应结果。通过现场调试和运行实践,获得了炉膛一次风配比、二次风配比、磨煤机运行组合方式调整对 HG-2030/26.15-YM3 型锅炉水冷壁壁温分布特性的经验,对改善炉内燃烧,提高锅炉安全、可靠、经济运行具有很强的指导意义。

## 1 设备概况

大唐南京发电厂 HG-2030/26.15-YM3 型超超临界锅炉是变压运行直流锅炉,采用 II 型布置、单炉膛、改进型低 NO<sub>x</sub> PM 主燃烧器和 MACT 型低 NO<sub>x</sub> 分级送风燃烧系统、墙式单切圆燃烧方式,炉膛采用内螺旋管垂直上升膜式水冷壁。锅炉采用平衡通风、紧身封闭布置,固态排渣。设计煤种为神华煤,校核煤种一为淮南煤,校核煤种二为大同煤,6 台 ZGM113 中速磨煤机配正压直吹制粉系统,锅炉主要设计及运行参数如表 1 所示。

## 2 锅炉技术特点及其分析

炉膛采用改进型的内螺旋管垂直水冷壁,即在上下炉膛之间加装水冷壁中间混合集箱。炉膛断面尺寸为 19 230×19 268 mm,各墙底部各有 112 根 D42×9 的水冷壁管子,通过三叉管第一次过渡到 216 根 D32×6.5 的管子,从 D32×6.5 的管子第二次过渡到 432 根 D28.6×6.2 的水冷壁管子(燃烧器区域为 1 根变 2 根,其他区域为 1 根变 4 根),这样各墙水冷壁管均为 432 根。节流孔圈装设在小直径的

表 1 锅炉主要设计及运行参数

名称	BMCR	BRL
主蒸汽流量/(t·h <sup>-1</sup> )	2 029.55	1 933.07
主蒸汽压力/MPa	26.15	26.04
主蒸汽温度/°C	605	605
再热蒸汽流量/(t·h <sup>-1</sup> )	1 712.34	1 625.93
再热器进口压力/MPa	6.23	5.90
再热器出口压力/MPa	5.98	5.67
再热器进口温度/°C	382.7	373.9
再热器出口温度/°C	603	603
给水温度/°C	299.1	295.2
燃煤量/(t·h <sup>-1</sup> )	230.2	222.1
锅炉效率(按低位发热值)/%	94.40	94.45

下联箱外面较粗的水冷壁入口管段上,以加大节流度,提高调节流量能力,通过控制工质流量的方法来控制各回路管子的吸热和温度偏差。

主燃烧器安装于各墙下水冷壁第 323 与 324 号水冷壁管之间,采用 CUF 墙式单切圆燃烧大风箱结构,每只燃烧器共有 9 种 36 个风室 26 个喷嘴(如图 1 所示)。其中顶部 OFA 燃尽风室 1 个,空风室 11 个,AUX1-1 风室 3 个,AUX1-2 风室 3 个,AUX-2 风室 3 个,AUX-3 风室 1 个,油风室 3 个,设 B,C,D,E,F 层浓淡风室和最下层改造为等离子燃烧器的 A 层风室,根据各风室的高度不同,布置数量不等的喷嘴,火焰喷射方向与炉墙垂直。在距上层煤粉喷嘴上方约 5.0 m 处有 4 层附加燃尽风(AA),风室角式布置,每个 AA 风室布置 2 个喷嘴,其作用是补充燃料后期燃烧所需的空气,调节火焰中心高度,同时既有垂直分级又有水平分级燃烧,可降低炉内温度。

磨煤机安装于炉膛右墙零米处,A,B,C,D,E,F 分别从炉前往炉后方向布置。

## 3 燃烧调整与下水冷壁壁温特性分析

为了加强对水冷壁运行监视,在各墙下水冷壁

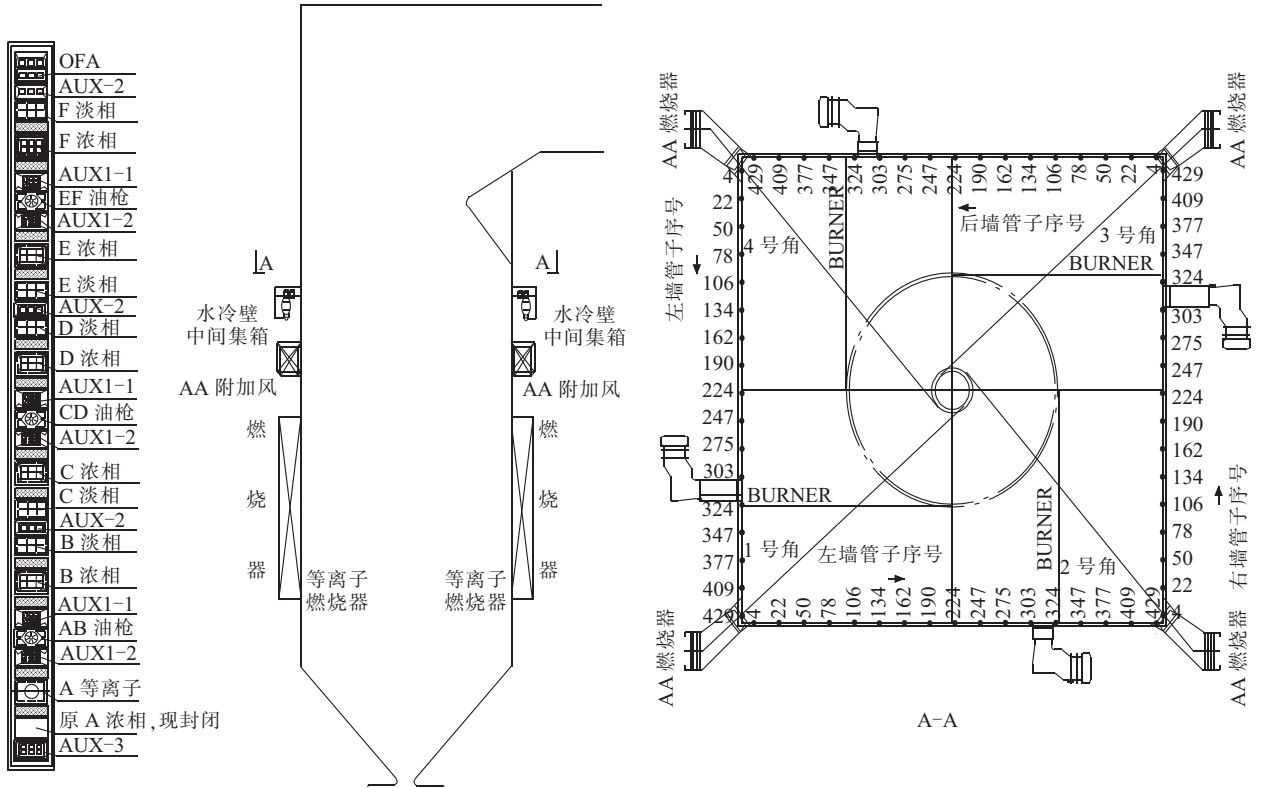


图1 主燃烧器、炉膛及下水冷壁出口壁温测量元件布置图

进入中间混合集箱前的炉外管上加装了 112 个壁温测量元件(如图 1 所示)。在各项试验中,维持机组负荷 606 MW,给水流量、分离器出口工质过热度和总风量稳定。采用标准偏差进行分析下水冷壁出口壁温发散程度。

### 3.1 二次风配风与水冷壁出口壁温特性分析

二次风配风调整试验主要是合理利用 AA 附加风和 OFA 燃尽风来调整炉内火焰中心的高度,优化炉内燃烧,从而达到改变下水冷壁各垂直管屏的吸热量,优化下水冷壁管出口壁温特性。

磨煤机组合为 ABCDEF, OFA 燃尽风维持在 65%, 分别对 AA 附加风在 30%, 50%, 65% 开度并逐步关小主燃烧器其他附加风门开度维持大风箱与炉膛差压稳定进行试验, 改变炉内二次风配比。不同开度的水冷壁壁温分布曲线如图(2—4)所示。结果表明, (1) AA 附加风开度在 30% 时, 炉膛左墙温度普遍高于其他墙, 而且左墙 56 至 96 号水冷壁管、左墙和后墙燃烧器下游明显高于其他墙对应位置水冷壁壁温, 这是由于右墙燃烧器射流刚性更强, 引起左墙和后墙燃烧器射流受上游气流冲击发生偏斜, 炉内切圆偏向炉膛左后墙; (2) 当 AA 风门开度从 30% 开至 50% 时, 下水冷壁最高温度由右墙 303 号水冷壁管 479 °C 下降至 443 °C, 左墙壁温平均下降了 7.33 °C, 尤其是左墙燃烧器上游 264 至 312 号、下游 332 至 392 号和左墙燃烧器上游 264

至 303 号水冷壁壁温大幅度下降, 后墙燃烧器下游附近水冷壁壁温小幅度下降; (3) 当 AA 风门开度从 50% 开至 65% 时, 下水冷壁最高温度下降至 439 °C, 右墙壁温平均下降了 4.53 °C, 尤其是左墙 56 至 96 号、右墙燃烧器下游 264 至 303 号和 340 至 396 号水冷壁管壁温大幅度下降。随着 AA 附加风量升高和主燃烧器二次风速下降, 出口平均温度(尤其左墙和右墙)也大幅度下降, 可是后墙 3 号角至 100 号和前墙燃烧器下游 344 至 2 号角水冷壁壁温却逐渐上升, 下水冷壁出口温度场标准偏差也先降后升(如表 2 所示), 这是由于抬高了炉膛火焰中心高度和减小了主燃烧器区域炉内切圆直径<sup>[1]</sup>; 主燃烧器喷口射流刚性减弱<sup>[2]</sup>, 尤其是右墙燃烧器喷口射流刚性每次下降幅度相对更大, 各墙燃烧器射流受上游气流冲击也随配风工况的变化产生不同程度的下降, 引起炉内切圆中心位置逐步向炉膛右后方向迁移且形状也往炉膛前后墙拉伸。

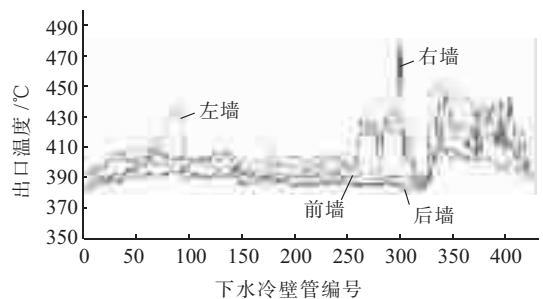


图2 AA附加风开度为30%水冷壁壁温分布曲线

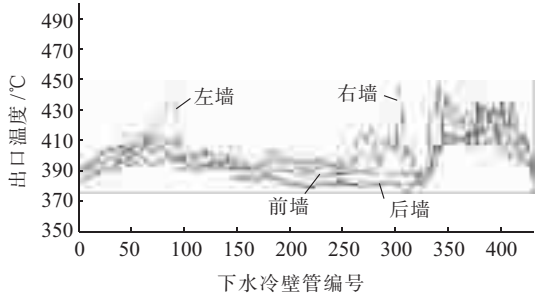


图3 AA附加风开度为50%水冷壁壁温分布曲线

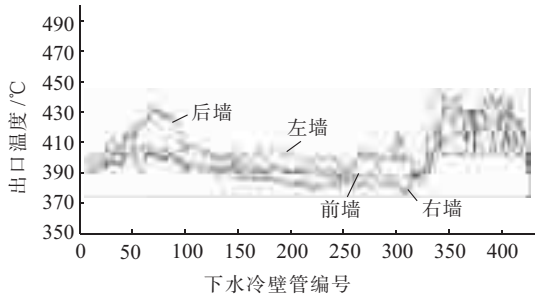


图4 AA附加风开度为65%水冷壁壁温分布曲线

表2 AA附加风开度水冷壁出口温度场关系

AA 风门开度 / %	下水冷壁平均温度 / °C	下水冷壁温度标准偏差
30	403.2	14.47
50	401.0	11.92
65	399.8	12.51

### 3.2 一次风量与水冷壁出口温度分布特性

一次风量调整试验主要是改变不同磨煤机通风量来调整炉内切圆大小和降低各燃烧器的偏斜以便优化水冷壁出口壁温特性。

磨煤机组合为BCDEF,分别进行了原始风量、增加B,D,F磨通风量4个工况的试验(如表3所示),C,E磨煤机通风量分别维持99,102 t/h不变。随着煤层喷口升高,改变不同层燃烧器喷口一次风量,水冷壁出口最高壁温从439 °C升至454 °C(各工况下水冷壁出口最高温度均为左墙336号),且平均温度也逐渐升高,壁温均匀性却先升后降(如图5所示),这是由于炉内旋转烟气对喷口一次风射流冲击的加强,上层一次风量的改变对炉内切圆大小影响越来越小,对下水冷壁出口壁温的影响也随之减弱;且各墙水冷壁下降幅度也随各层一次风调匀的影响却不相同。相对于原始风量,增加B,D磨煤机风量,下水冷壁壁温普遍下降,左、右、前墙水冷壁平均壁温下降幅度相对较大,尤其是左、右、后墙燃烧器下游壁温点下降幅度更大,而后墙50至138号(如图6所示)和50至76号(如图7所示)水冷壁壁温却有小幅上升。这是由于增加B或D一次风量使炉内切圆减小,且左、后和前墙燃烧器射流刚性增强更明显,引起炉内切圆中心往炉膛右后方移动。而图8表

明:相比较于原始风量,后、右墙下水冷壁壁温稍有下降,左、前墙却有所上升,总体平均壁温基本不变;后墙40至76号水冷壁出现回落现象,左墙332至377燃烧器下游却明显上升。这是由于F磨煤机通风量增加,炉内切圆直径变化不大,却使F层右墙燃烧器喷口一次风刚性增加最大,左墙增加最小,引起炉内切圆向炉膛左前方移动。

表3 一次风量调整试验工况 t/h

名称	原始风量	增加B磨煤机风量	增加D磨煤机风量	增加F磨煤机风量
B磨煤机	99	114	99	99
D磨煤机	99	99	114	99
F磨煤机	99	99	99	114

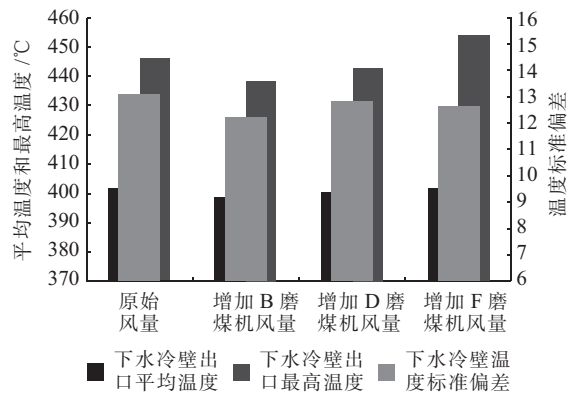


图5 不同层一次风速与下水冷壁出口温度场关系

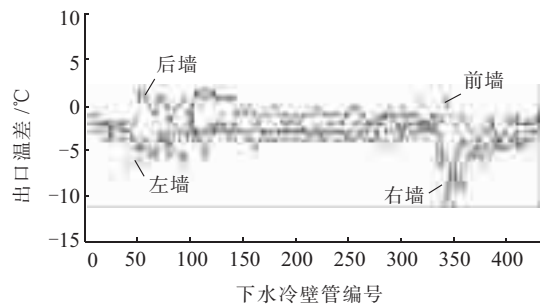


图6 增加B层一次风量与水冷壁管温度场变化曲线

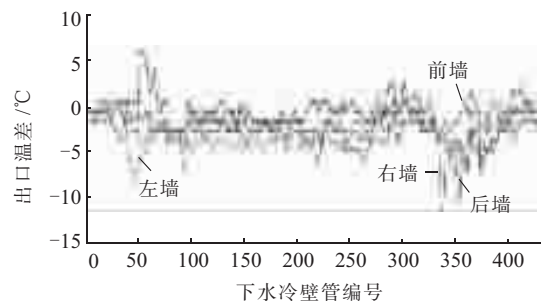


图7 增加D层一次风量与水冷壁管温度场变化曲线

### 3.3 磨煤机组合与水冷壁出口温度分布特性

改变磨煤机运行组合试验主要是调整炉内火焰中心高度、切圆大小以及优化下炉膛水冷壁出口温度场,同时通过水冷壁出口温度场的变化研究各层

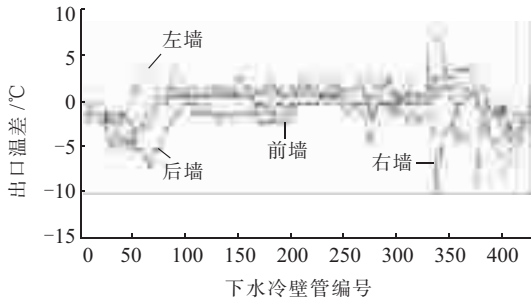


图8 增加F层一次风量与水冷壁管温度场变化曲线

一次风喷口风速的调匀情况。分别进行了BCDEF和ABCDE 2种磨煤机组合运行方式的试验。结果表明(如图9所示):炉膛2号、3号、4号角和1号角前墙附近均有大面积下水冷壁管壁温大幅上升,而左墙燃烧器下游水冷壁管出口温度则大幅下降,水冷壁最高壁温点也由左墙336号管 $446^{\circ}\text{C}$ 升至后墙78号管 $461^{\circ}\text{C}$ ,下水冷壁出口平均壁温上升了 $5.71^{\circ}\text{C}$ ,温度场均匀度也大幅下降,尤其是后墙标准偏差由15.26增加到22.60。这是由于磨煤机运行组合由BCDEF改为ABCDE方式,降低了炉膛火焰中心,增大了炉内切圆直径<sup>[2]</sup>,且后墙和右墙燃烧器射流刚性减弱相对更大,而左墙则增强相对最大,引起左墙射流偏斜减小,而右和后燃烧器射流偏斜角度增加,炉内切圆中心往右后方向迁移。

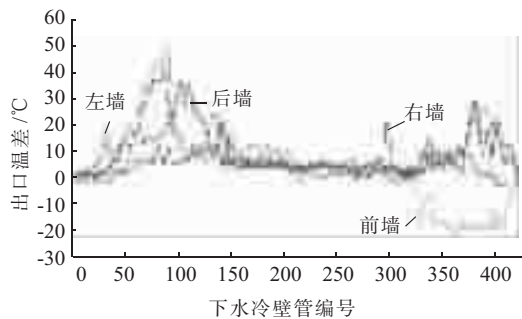


图9 ABCDE和BCDEF磨组合下水冷壁管壁温变化曲线

#### 4 结束语

该电厂试运行表明,HG-2030/26.15-YM3型超超临界锅炉具有如下几点特性:

### Analysis on Water Wall Tube Temperature Characteristics of HG-2030/26.15-YM3 Ultra-supercritical Boiler

CHEN You-fu<sup>1</sup>, CHEN Hong-jun<sup>1</sup>, HE Ze-jia<sup>2</sup>

(1. Jiangsu Fangtian Electrical Technology Co. Ltd., Nanjing 211102, China;

2. Jiangsu Electrical Power Company Research Institute, Nanjing 211103, China)

**Abstract:** According to the design features of the HG-2030/26.15-YM3 ultra-supercritical boiler, the effects of primary air distribution, secondary air distribution and combination of various pulverizers on the metal temperature distribution characteristics of boiler water wall tubes were analyzed in the paper, and some useful suggestions and conclusions were then proposed in the paper to provide valuable guidance for operation of other power plants.

**Key words:** ultra-supercritical boiler; vertical water wall; tube temperature; combustion adjustment

(1) 提高AA附加风风量能有效降低水冷壁出口最高壁温及平均壁温,但是过度提高AA附加风风量将降低主燃烧器区域喷嘴射流刚性,引起炉内切圆偏移,降低水冷壁出口壁温均匀性。

(2) 随着煤层喷口升高,上层一次风量的改变对下水冷壁出口温度的影响也减弱。A磨煤机运行时,由于A层一次风喷口截面面积大,建议适当提高A磨煤机通风量,增强A层喷口一次风强度。

(3) 改变磨煤机运行组合将大幅度改变炉内火焰中心高度,并且可能由于不同磨煤机出口一次风调匀情况不同而改变各墙燃烧器射流刚性,引起炉内切圆偏移,大幅度改变整个下炉膛水冷壁出口壁温分布特性。

(4) 燃烧器下游322至420号和各墙40至150号水冷壁管出口温度受锅炉运行情况变化反应更为敏感。各墙下水冷壁管出口温度场基本呈现非对称M<sup>[3]</sup>型,而且316至332号下水冷壁管出口温度也往往是各墙温度场最低区域。

(5) 水冷壁壁温均匀性受各墙燃烧器射流刚性均匀性影响最大,所以冷态一次风调平时应适当提高磨煤机出口长煤粉管的一次风,以保证热态运行时各喷嘴一次风风速均匀。

#### 参考文献:

- [1] 岑可法,周昊,池作和.大型电站锅炉安全及优化运行技术[M].北京:中国电力出版社,2003.
- [2] 谭厚章.四墙切圆水平浓淡燃烧方式试验研究与数值模拟[D].西安:西安交通大学,1998.
- [3] 司金茹,李永华.墙式切圆分级燃烧系统在600MW超超临界锅炉机组中的应用研究[J].中国电力,2010,38(1):136-139.

#### 作者简介:

陈有福(1977-),男,江西上犹人,工程师,从事大型火力发电厂锅炉调试;

陈红君(1980-),男,江苏如皋人,工程师,从事大型火力发电厂锅炉调试;

何泽家(1979-),男,湖北红安人,工程师,从事电力系统自动化相关技术研究。