

锅炉二次风挡板特性试验数据处理方法与应用

刘福国, 刘科, 崔福兴, 侯凡军

(国网山东省电力公司电力科学研究院, 山东 济南 250002)

摘要: 建立了锅炉二次风箱到炉膛出口的压降计算模型, 基于该模型给出锅炉二次风挡板特性冷态试验数据的处理方法: 挡板在100%开度下的阻力系数作为已知常数, 采用该开度状态下二次风箱到炉膛出口压降的试验结果, 确定炉膛阻力系数; 再利用其它挡板开度下的试验数据, 得到挡板不同开度下的阻力系数。根据炉膛和挡板的阻力系数以及风箱-炉膛差压测量值, 可以确定热态运行时各个二次风喷口风速, 这使得对炉内风粉分布的监测成为可能, 对于低 NO_x 燃烧系统, 炉内风粉分布监测和调整是优化锅炉燃烧, 减少汽温波动的重要手段。

关键词: 锅炉; 二次风; 挡板特性; 二次风喷嘴风速

中图分类号: TK222 文献标识码: B

DOI: 10.16146/j.cnki.rndlgc.2016.10.020

引言

电厂锅炉在调试阶段或大修结束后, 通常要进行冷态空气动力场试验, 试验包括三个项目: 一是调节节流缩孔的开度, 对一次风管流动阻力进行平衡; 二是测试二次风挡板特性; 三是根据一、二次风试验结果, 调整它们的风速配比, 使炉膛流动进入自模化区, 检查炉内气流是否偏斜、贴边或刷壁。

二次风挡板特性试验是保持风箱和炉膛出口压差不变, 测量不同二次风挡板开度下的喷口风速; 通常将试验结果绘制成喷口风速与挡板开度之间的关系曲线^[1], 供调整风速配比时参考; 因气流密度的差异, 该曲线不能用于热态运行调整; 文献[2~4]对挡板试验数据进一步处理后, 得到挡板阻力系数, 用于热态风速的监测计算, 但忽略了炉膛压降, 认为风箱到炉膛出口的压降等于风箱到二次风喷口的压降; 为提高风速计算精度, 文献[5]直接测量风箱和喷口之间的压差, 绕开炉膛压降问题, 但因二次风喷口数量较多, 该方案需要新装大量压差测点, 增加了

投资和维护成本。

本研究考虑炉膛压降, 建立了风箱到炉膛出口的流动阻力模型, 提出一种试验数据处理的新方法, 采用该方法得到炉膛和二次风挡板的阻力系数, 这些阻力系数用于热态运行时喷口风速的监测, 不需要新增压差测点。

1 二次风风箱到炉膛出口的流动分析

图1显示了进入炉膛内的空气, 主要包括一次风和二次风, 因二次风道很短, 其沿程阻力可忽略不计, 从二次风箱到炉膛出口的压降 ΔP 分为4部分: (1) 气流从风箱进入二次风管道的局部压降 ΔP_{in} ; (2) 经过二次风挡板的压降 ΔP_j ; (3) 气流从二次风管道进入炉膛的局部压降 ΔP_{ou} ; (4) 炉内压降 ΔP_L , 即

$$\Delta P = \Delta P_{in} + \Delta P_j + \Delta P_{ou} + \Delta P_L \quad (1)$$

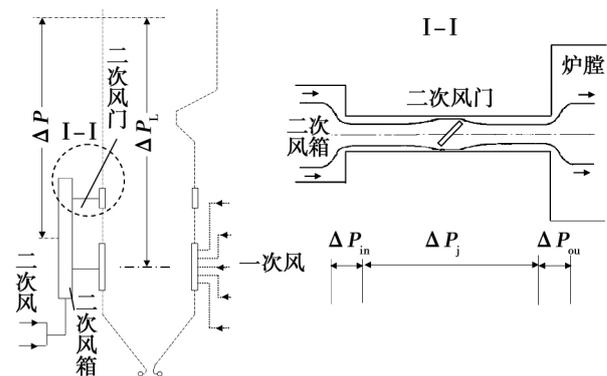


图1 二次风箱到炉膛出口的流动压降

Fig. 1 Pressure drop form air chamber to furnace exit

1.1 二次风燃烧器的阻力 ΔP_b

式(1)右侧前三项为二次风箱到燃烧器出口的压降 ΔP_b ,

收稿日期: 2015-12-16; 修订日期: 2016-02-23

作者简介: 刘福国(1969-), 男, 江苏徐州人, 国网山东省电力公司电力科学研究院工学硕士, 高级工程师。

$$\Delta P_b = \Delta P_{in} + \Delta P_j + \Delta P_{ou} \quad (2)$$

不同部位的局部阻力可通过该处的局部阻力系数计算。二次风箱到二次风管道入口的局部阻力 ΔP_{in} 可看作是气体从大空间进入管道的问题,同样,二次风风道进入炉膛的局部阻力 ΔP_{ou} 看作是气流从管道进入大空间的问题,这两处的局部阻力系数可分别取 $\zeta_{in} = 0.5$ $\zeta_{ou} = 1.0$; 二次风挡板压降 ΔP_j 可以根据挡板的阻力系数 ζ_j 计算; 局部压降 ΔP_{in} 、 ΔP_j 和 ΔP_{ou} 的计算式为

$$\Delta P = \frac{\zeta \rho_2 u^2}{2} \quad (3)$$

式中: ρ_2 —二次风气体密度 kg/m^3 ; u —二次风喷口气流速度 m/s 。

当 $\zeta = \zeta_{in}$ 时 $\Delta P = \Delta P_{in}$; 当 $\zeta = \zeta_j$ 时 $\Delta P = \Delta P_j$; 当 $\zeta = \zeta_{ou}$ 时 $\Delta P = \Delta P_{ou}$ 。

根据式(2)和式(3)在已知二次风箱到燃烧器出口的压降 ΔP_b 以及某喷口风速 u_j 时,可按照下式计算该喷口挡板的阻力系数 ζ_j

$$\zeta_j = \frac{2\Delta P_b}{\rho_2 u_j^2} - \zeta_{in} - \zeta_{ou} \quad (4)$$

ζ_j 是挡板开度的函数,通过下文所述的挡板特性试验确定。

1.2 炉膛阻力 ΔP_L

目前,虽然通过炉膛燃烧和流动三维数值模拟可得到炉内压力分布^[6],但简单、实用和有针对性的炉膛压降模型能突出对象的主要特性,也更适合工程应用。

对于切向燃烧锅炉,炉内流动的主要形式是一种有限空间内的旋转运动,随着气体向炉膛出口流动,沿炉膛高度方向能量逐渐消耗,气体的旋转强度逐渐在衰减;能量损失主要由两部分组成,一是旋转气流与壁面的摩擦,二是由气流内部的紊流交换所造成的损失。

为考虑气流旋转衰减损失,对于有限空间内的旋转气流,认为气流入口全压和出口静压之间的压差与气流入口动压成正比^[7],对于锅炉炉膛,还应考虑炉内气流的重位压降 $\rho_L g H$,从气流入口全压和出口静压之间的压差中扣除重位压降 $\rho_L g H$ 后,与气流入口动压成正比,即

$$P_0 + \frac{\bar{\rho} u_0^2}{2} - P_L - \rho_L g H = \frac{\zeta_L \bar{\rho} u_0^2}{2} \quad (5)$$

式中: u_0 和 $\bar{\rho}$ —炉膛入口一、二次风的平均速度 m/s

和平均密度 kg/m^3 ; P_0 —炉膛入口气流静压力,Pa; P_L —炉膛出口静压力,Pa; g —重力加速度, m/s^2 ; H —燃烧器中心线到炉膛出口之间的距离, m ; ρ_L —炉内气流的密度 kg/m^3 ; ζ_L —常数。

式(5)本质上是伯努利方程,但是忽略了炉膛出口的气流动压, ζ_L 可看作炉膛的阻力系数。

冷态试验时,炉膛内无化学反应,炉内气流密度 ρ_L 等于炉膛入口气流密度,即 $\rho_L = \bar{\rho}$; 热态时,炉内烟气平均温度约在 $1100 \sim 1500 \text{ }^\circ\text{C}$ 之间, ρ_L 在 $0.21 \sim 0.27 \text{ kg/m}^3$ 之间变化,取 $\rho_L = 0.24 \text{ kg/m}^3$ 。

根据式(5)可得到炉内压降 ΔP_L 为:

$$\Delta P_L = P_0 - P_L = \rho_L g H - \frac{(1 - \zeta_L) \bar{\rho} u_0^2}{2} \quad (6)$$

炉膛阻力系数 ζ_L 在挡板特性试验中确定,稍后给出 ζ_L 的计算方法。

式(5)中炉膛入口一、二次风的平均速度 u_0 为:

$$u_0 = \frac{M_1 + M_2}{(\sum_j A_{2j} + \sum_k A_{1k}) \bar{\rho}} \quad (7)$$

式(7)中二次风流量 M_2 通过对各喷口流量的累积得到:

$$M_2 = \sum_j \rho u_j A_{2j} \quad (8)$$

式中: M_1 —一次风总流量 kg/s 对于直吹式制粉系统,它等于运行磨煤机通风流量之和; A_{1k} 、 A_{2j} —某一个一次风和二次风喷口面积, m^2 ; $\bar{\rho}$ —根据一、二次风密度 ρ_1 、 ρ_2 按流量加权得到的平均密度

$$\bar{\rho} = \frac{M_1 + M_2}{M_1/\rho_1 + M_2/\rho_2} \quad (9)$$

一、二次风密度可根据气流压力 p 和温度 t 计算

$$\rho = \frac{0.003483(p_0 + p)}{(273.15 + t)} \quad (10)$$

式(6)的计算表明,炉膛进出口的静压差 ΔP_L 较小,这与炉膛三维数值模拟结果相似^[6];其主要原因是,炉膛入口气流的剩余动压 $(1 - \zeta_L) \bar{\rho} u_0^2 / 2$ 平衡了一部分重位压降 $\rho_L g H$ 。

1.3 各压降之间的关系

二次风箱静压力记为 P_A ,它与炉膛入口气流静压力 P_0 之差,就是二次风箱到燃烧器出口压降 ΔP_b

$$\Delta P_b = P_A - P_0 \quad (11)$$

二次风箱静压力 P_A 与炉膛出口气流静压力 P_L 之差即为二次风箱到炉膛出口的压降 ΔP , 在锅炉运行中, 该压降是重要的监测参数。

$$\Delta P = P_A - P_L \quad (12)$$

将式(11)写成 $\Delta P_b = P_A - P_0 = (P_A - P_L) - (P_0 - P_L)$, 将式(6)和式(12)代入该式得到

$$\Delta P_b = \Delta P - \frac{(\zeta_L - 1)\bar{\rho}u_0^2}{2} - \rho_L g H \quad (13)$$

大容量锅炉风箱到炉膛出口差压 ΔP 在数百帕左右, 该差压变送器两侧取压点在垂直方向上跨越的距离很大, 取压管内空气柱静压差与实际测量压差处于相同的数量级, 因此, 必须对变送器实际测量的压差进行空气柱静压差补偿^[8]。

2 二次风挡板特性试验数据处理

在二次风挡板特性试验中, 保持二次风箱和炉膛出口差压 ΔP 不变, 通常在挡板开度为 100%、75%、50%、25% 和 0% 等状态下, 分别测量所有二次风喷口风速 u_j 、磨煤机的通风量以及气流压力和温度等。

2.1 炉膛阻力系数 ζ_L 计算

当挡板开度为 100% 时, 认为它的局部阻力系数 $\zeta_j = 0.3$ ^[8], 采用该开度状态下的试验数据, 计算炉膛局部阻力 ζ_j , 其方法为:

(1) 根据测得的气流压力和温度, 采用式(10)得到一、二次风密度 ρ_1 、 ρ_2 , 并计算平均密度 $\bar{\rho}$;

(2) 根据测得的二次风各喷口风速 u_j 及磨煤机通风量, 根据式(7)计算炉膛入口气流平均速度 u_0 ;

(3) 根据式(3)计算局部压降 ΔP_{in} 、 ΔP_j 和 ΔP_{ou} , 并根据式(2)计算 ΔP_b ;

(4) 利用 ΔP_b 、 u_0 的值以及试验测得的 ΔP , 根据式(13)求解炉膛阻力系数 ζ_L 。

在步骤(3)中, 由于测量误差, 采用不同喷口风速 u 得到的 ΔP_b 可能稍有不同, 这和并联管道两端压降相等相矛盾, 为此, 喷口风速 u 可取为所有二次风喷口的平均风速, 得到的 ΔP_b 即为平均压降。

2.2 挡板的局部阻力系数 ζ_j 计算

得到炉膛局部阻力 ζ_L 后, 利用挡板开度 75%、50%、25% 和 0% 等状态的试验数据, 分别计算这些开度下挡板的局部阻力系数 ζ_j , 方法如下:

(1) 根据气流压力和温度测量值, 采用式(10)得到一、二次风密度 ρ_1 、 ρ_2 , 并计算平均密度 $\bar{\rho}$;

(2) 根据二次风喷口速度 u_j 的测量值及磨煤机通风量, 利用式(7)计算炉膛入口气流平均速度 u_0 ;

(3) 根据炉膛阻力损失系数 ζ_L 的值以及 ΔP 的测量值, 采用式(13)计算 ΔP_b ;

(4) 根据 ΔP_b 以及各喷口速度的测量值 u_j , 采用式(4)计算挡板在该开度下的阻力系数 ζ_j 。

2.3 应用实例

某电厂 3、4 号锅炉为亚临界、一次再热、控制循环锅炉, 型号为 SG-1025.7/18.3-M840, 采用正压直吹式制粉系统, 配有 5 台 RP923 磨煤机, 四角布置、切向燃烧摆动式燃烧器, 每台磨煤机向同层 4 台燃烧器供粉, 锅炉设计燃用烟煤, 2013 年, 进行了低 NO_x 燃烧系统改造, 改后燃烧器喷口的布置如图 2 所示。

二次风挡板特性试验中, 维持风箱到炉膛出口的压降 $\Delta P = 500 \text{ Pa}$, 气流密度 $\rho = 1.15 \text{ kg/m}^3$, 分别在 100%、75%、50%、25% 和 0% 挡板开度下, 测得各二次风喷口风速如图 3 所示。

挡板 100% 开度时的局部阻力系数取为 $\zeta_{100} = 0.3$, 利用该开度状态下的试验数据得到炉膛阻力系数 $\zeta_L = 0.78$, 根据挡板开度为 75%、50%、25% 和 0% 的试验数据, 得到这些开度下的局部阻力系数分别为 ζ_{75} 、 ζ_{50} 、 ζ_{25} 和 ζ_0 , 以阻力系数为纵坐标、挡板开度/100 为横坐标, 图 2 中各二次风门的局部阻力系数 ζ 随挡板开度的变化如图 4~图 9 所示, 图中还给出局部阻力系数 ζ 的拟合曲线, 以及与典型的蝶阀局部阻力系数随开度的变化^[9]。

从图 4~图 9 可看出, 将二次风挡板开度右移一定数值后, 其局部阻力系数 ζ 曲线随开度的变化与蝶阀基本吻合, 例如, 对于图 4 中的 SOFA(炉膛燃烬风)挡板, 将开度右移 20% 开度, 局部阻力系数随开度的变化与蝶阀一致。

3 风门挡板特性试验的热态应用

在炉膛阻力系数 ζ_L 以及挡板不同开度下的阻力系数 ζ_j 确定以后, 可以利用这些阻力系数, 计算热态运行二次风喷口风速 u_j , 方法如下:

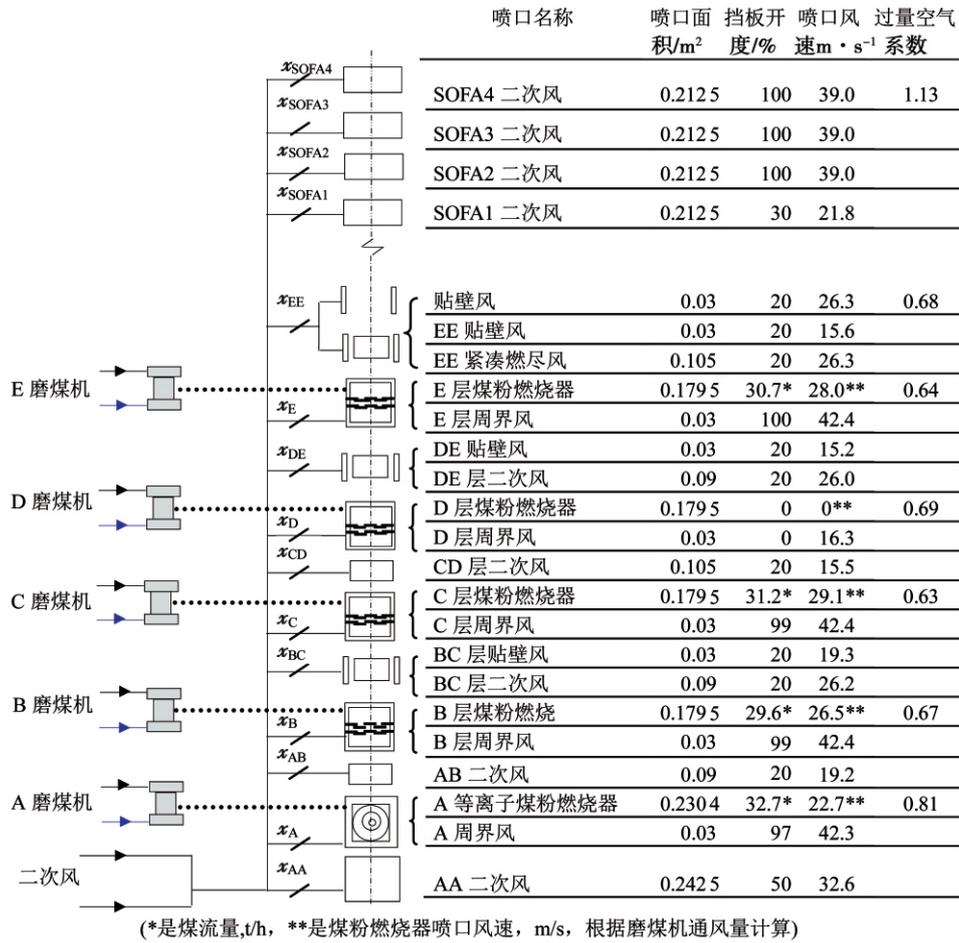


图2 燃烧器布置及热态喷嘴风速监测

Fig.2 Arrangement of boilers and air velocity monitoring in nozzles

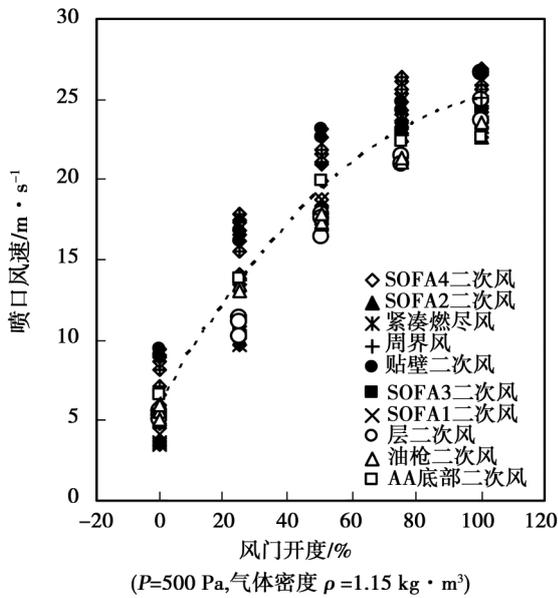


图3 不同挡板开度下的喷嘴风速

Fig.3 Test data of secondary air damper characteristics

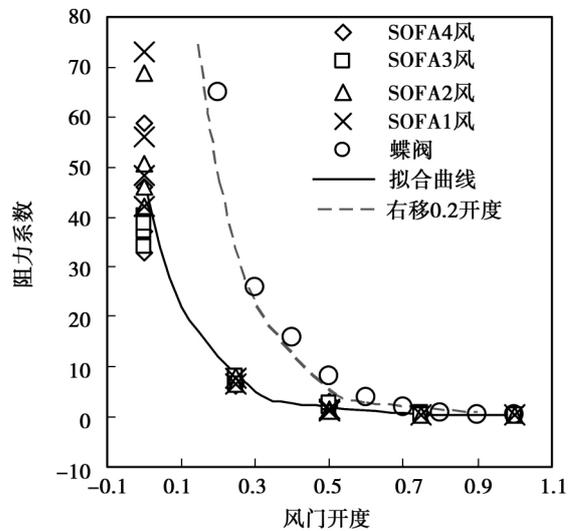


图4 SOFA 风挡板阻力系数随开度的变化

Fig.4 Resistance coefficients of SOFA dampers

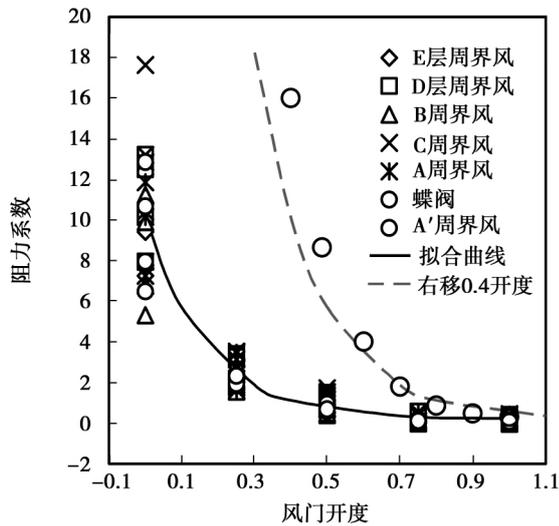


图 5 周界风挡板阻力系数随开度的变化
Fig. 5 Resistance coefficients of surrounding air dampers

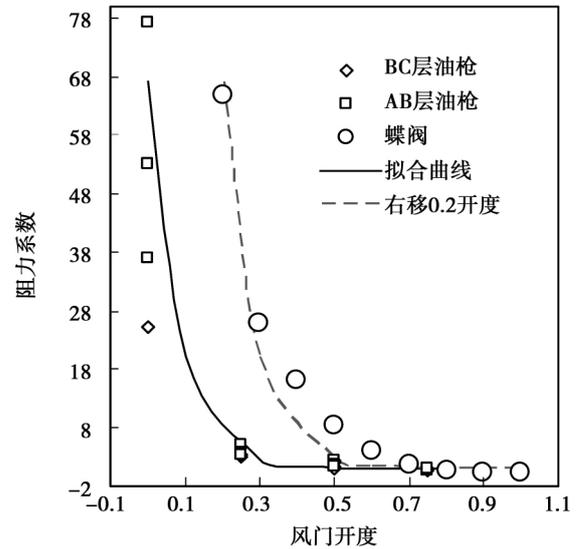


图 7 油枪二次风挡板阻力系数随开度的变化
Fig. 7 Resistance coefficients of oil nozzle air dampers

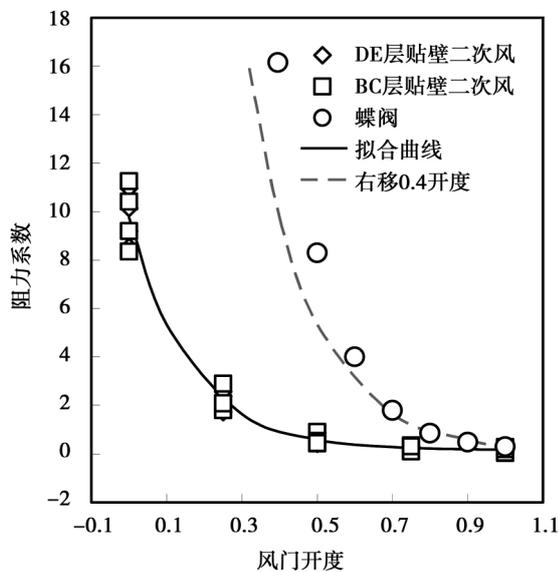


图 6 贴壁风挡板阻力系数随开度的变化
Fig. 6 Resistance coefficients of closing-to-wall air dampers

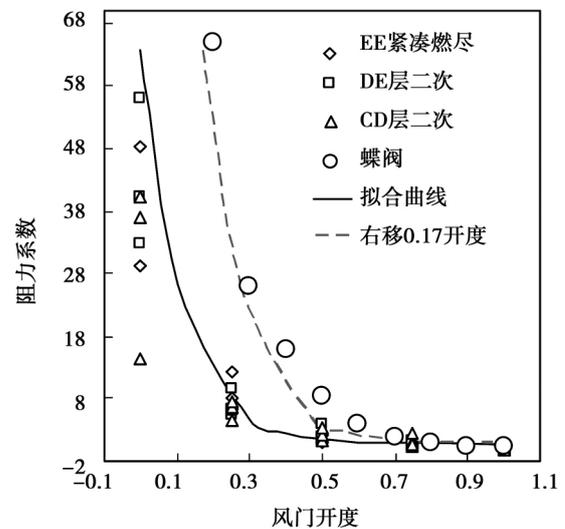


图 8 层二次风挡板阻力系数随开度的变化
Fig. 8 Resistance coefficients of the main air dampers

(1) 测量二次风箱 - 炉膛出口差压 ΔP 、一、二气流压力和温度磨煤机通风流量和进煤流量等参数值;

(2) 利用式(10)得到一、二气流密度 ρ_1 、 ρ_2 ;

(3) 记录各个二次风挡板的开度 根据阻力系数 - 挡板开度曲线如图 4 ~ 图 9 所示, 得到各二次风挡板的阻力系数值 ζ_j ;

(4) 假设二次风箱到二次风喷口出口(也是炉膛入口)的压降值 $\Delta P_b = \Delta P_b^i$;

(5) 式(4)中 ζ_j 、 ζ_{in} 、 ζ_{ou} 、 ΔP_b 和 ρ_2 都是已知数, 二次风喷口的风速 u_j 是未知数, 根据该式, 求解各二次风喷口的风速 u_j , 得到二次风总流量;

(6) 利用式(7)计算炉膛入口气流平均速度 u_0 , 计算一、二次风平均密度 $\bar{\rho}$;

(7) 根据测定的炉膛阻力系数 ζ_L 以及二次风箱 - 炉膛出口差压 ΔP , 利用式(13) 计算二次风箱到二次风喷口出口的压降值, 记为 ΔP_b^c ;

(8) 计算二次风箱到二次风喷口出口压降的假设值和计算值的偏差, 即计算 $|\Delta P_b^i - \Delta P_b^c|$ 的值, 若该值大于给定的微小量 ε , 则用 ΔP_b^c 替代 ΔP_b^i , 从步骤(5) 重新计算, 直到 $|\Delta P_b^i - \Delta P_b^c|$ 小于给定微小量;

(9) 最后一次的计算值作为二次风喷口风速的最终监测结果。

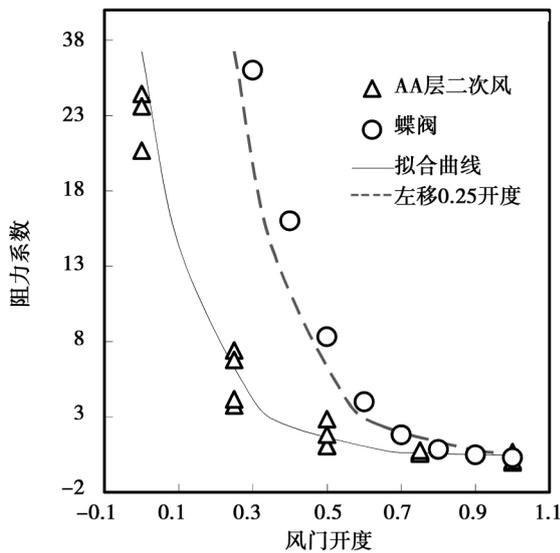


图9 AA 层二次风挡板阻力系数随开度的变化

Fig. 9 Resistance coefficients of the AA air dampers

图2 给出某热态运行状态下,各喷口风速的计算结果,图中煤粉燃烧器喷口风速是根据磨煤机入口风量和煤量计算得到。

和常规燃烧相比,低 NO_x 燃烧器炉膛下部主燃烧区保持较低的过量空气系数,这决定了其不同的运行特性:对于低 NO_x 燃烧系统,炉内燃烧不仅受给煤量的影响,而且主燃烧区的燃烧份额处于风量控制状态,风箱 - 炉膛差压的变化会引起该区域风量的变化,从而引起炉内煤粉燃烧分布的变化,这是锅炉低 NO_x 燃烧器改造后汽温波动增大的主要原因,对于炉内布置辐射受热面的再热汽系统,带来的影响更大。炉内风量和粉量分布监测和调整是降低

NO_x 排放减少汽温波动的重要手段;对于上述锅炉,根据各喷口风量,还可得到炉内过量空气系数沿炉膛高度的分布,由图2可知,它反映了炉内不同区域的风煤比状态。

不同负荷下,根据一、二次风总风量和燃煤用煤质,可计算炉膛出口过剩空气系数;运行中还可根据炉膛出口烟气含氧量得到过剩空气系数的测量值;计算值和测量值的对比由图10可以看出,不同负荷下过剩空气系数的计算值和测量值吻合较好。

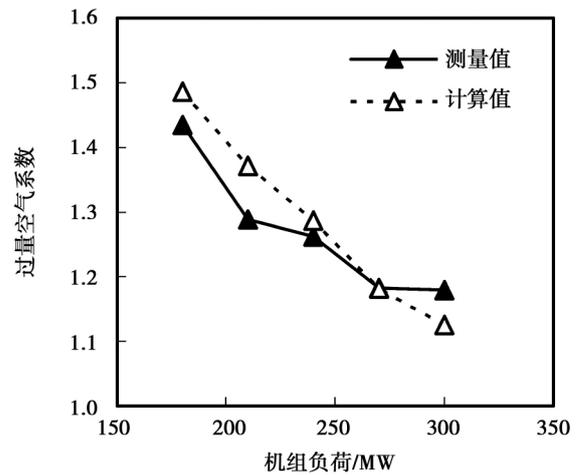


图10 热态运行过空气系数的计算值和实际测值

Fig. 10 Excess air coefficients calculations vs. measurement results

4 结 论

(1) 锅炉二次风箱到炉膛出口的流动压降包括风箱进入风道的局部压降、二次风挡板压降、风管道进入炉膛的局部压降以及炉膛压降等4部分,二次风挡板和炉膛的阻力系数可通过冷态试验确定;

(2) 可将挡板100%开度下的局部阻力系数作为已知常数,炉膛阻力系数通过100%挡板开度下的试验确定;炉膛阻力系数确定之后,可进一步得到挡板在其它开度时的阻力系数;

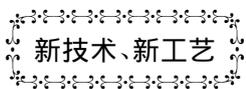
(3) 利用冷态试验得到的炉膛和挡板阻力系数,可对热态运行时二次风喷口风速和风量进行监测;

(4) 沿炉膛高度风粉的合理分布,是低 NO_x 燃烧器优化的重要内容,而热态运行时二次风喷口风速监测和调整是优化的重要手段。

参考文献:

- [1] 孙 科,马洪涛,张军威. 2023 t/h 亚临界四角切圆锅炉冷态空气动力场的试验研究[J]. 电站系统工程, 2010, 26 (1): 5-7.
SUN Ke, MA Hong-tao, ZHANG Jun-wei. Cold air dynamic field test study in 2023 t/h subcritical tangentially fired boiler [J]. Power System Engineering 2010, 26 (1): 5-7.
- [2] 张永春,程昌业,张化巧,等. 锅炉冷态空气动力场试验数据在热态调整中的应用[J]. 电力学报, 2002, 17 (3): 199-202.
ZHANG Yong-chun, CHENG Chang-ye, ZHANG Hua-qiao, et al. Applying the cold state test data of a boiler to optimizing procedure in running state [J]. Journal of Electric Power 2002, 17 (3): 199-202.
- [3] 陈 红. 四角切圆锅炉冷态空气动力场试验[J]. 云南电力技术, 2011, 39 (1): 91-98.
CHEN Hong. Cold air dynamic field test in a tangentially fired boiler [J]. Yunnan Electric Power 2011, 39 (1): 91-98.
- [4] 董 建,崔 辉,刘福国. 炉膛风箱压力、风门开度和二次风速的关系研究[J]. 山东电力技术, 2009, 17 (5): 48-49.
DONG Jian, CUI Hui, LIU Fu-guo. Research on relations of furnace windbox pressure, damper position and secondary air velocity [J]. Shandong Electric Power 2009, 17 (5): 48-49.
- [5] 李志旺,林志铭. 锅炉二次风喷口流的数学模型及测方法探讨[J]. 黑龙江电力技术, 1994 (2): 65-67.
LI Zhi-wang, LIN Zhi-ming. Discussion on mathematic model and measurement of the flow in the secondary air nozzle of boilers [J]. Heilongjiang Electric Power, 1994 (2): 65-67.
- [6] 李 勇,罗晓明,严祯荣. 1GW 单炉膛单切圆塔式锅炉炉内流场特性研究[J]. 电站系统工程, 2011, 27 (6): 1-5.
LI Yong, LUO Xiao-ming, YAN Zhen-rong. Research on flow field characteristics in a 1GW single circle tangential firing single chamber boiler [J]. Power System Engineering 2011, 27 (6): 1-5.
- [7] 王怀彬,戴 坚,刘文铁,等. 循环流化床锅炉旋风分离器阻力损失的计算模型[J]. 哈尔滨工业大学学报, 1994 (6): 22-25.
WANG Huai-bin, DAI Jian, LIU Wen-tie, et al. Computation model for resistance loss of cyclone separator of a circulation Fluidized-bed boiler [J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 1994, 12 (6): 22-25.
- [8] 刘福国,彭延超,赵万峰. 风箱-炉膛差压的测及补偿计算[J]. 热力发电, 2016, 45 (6): 120-124.
LIU Fu-guo, PENG Yan-chao, ZHAO Wan-feng. Proposal about compensation of air box-furnace differential pressure measurements [J]. Thermal Power Generation 2016, 45 (3): 12-15.
- [9] 陈宝明,李立人,程志海,等. W 火焰锅炉二次风供风系统挡板开度计算[J]. 动力工程, 2004, 24 (5): 627-635.
CHEN Bao-ming, LI Li-ren, CHENG Zhi-hai, et al. Calculation of baffle in the secondary wind system for W burning boiler [J]. Power Engineering 2004, 24 (5): 627-635.

(单丽华 编辑)



新技术、新工艺

MHPS 的双轴 H-100 燃气轮机系列

据《Gas Turbine World》2014~2015 年年度手册报道,鉴于它的功率等级在区段(100)内, Mitsubishi Hitachi Power Systems(三菱-日立电力系统)已经使 H-80 燃气轮机型号名称改变成 H-100。

MHPS 也增加了一个升级改进型号 H-100(110),它具有更高的压比(从 18.1 增加到 19.5)和空气流量(从 292.1 kg/s 增加到 308 kg/s),增加了燃烧温度并改变了涡轮轮盘的材料。

H-80 最初被研制为一型先进技术的燃气轮机,它可以被翻新改进。升级改进多为上世纪九十年代安装的以比较低的效率(按照现在的标准)和高的 CO_2 排放运行的老的联合循环装置。

(吉桂明 摘译)

spectively indicating a reasonable accuracy and generalization ability of the model. With the evaluation index of neural network model, the simulation and prediction results of the two models were compared and analyzed. The results show that the NO_x emission model established by the support vector machine method has faster convergence speed, higher accuracy and better performance than the one based on BP neural network model. **Key words:** boiler, NO_x emission, BP neural network, Support vector machine

基于系统仿真的火电机组一次调频性能优化 = Performance Optimization of Primary Frequency Regulation based on Modeling of Turbine and its Governing System [刊, 汉] SHENG Kai (State Grid Hunan Electric Power Corporation Research Institute, Changsha, China, Post Code: 410007), JIANG Xiao-long (Shenhua Shenhua Hefei Lujiang Power Generation Co. Ltd, Hefei, China, Post Code: 231555), ZHOU Nian-guang, SONG Hai-hua (State Grid Hunan Electric Power Corporation Research Institute, Changsha, China, Post Code: 410007) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2016, 31(10). -109~114

The performance of the primary frequency regulation in thermal power unit is of importance to the stability of power system and its economy. To optimize the performance, a model of steam turbine and its governing system were established based on system identification, and a key element of valve discharge characteristics was introduced into the model for its optimization. Through the improved model, performance factors of primary frequency regulation were quantitatively analyzed. According to analysis result, the valve discharge characteristic function was corrected, and the main steam pressure compensation was also brought into consideration, then control parameters of primary frequency regulation were re-tuned by considering robustness. Consequently, as indicated by the actual primary frequency regulation test, the performance of primary frequency regulation was satisfactory under multi-load conditions. **Key words:** steam turbine and its governing system, modeling, primary frequency regulation, valve discharge characteristics, main steam pressure, parameter tuning

锅炉二次风挡板特性试验数据处理方法与应用 = Data Processing of Air Damper Performance Characteristics in Boiler Cold Test and Its Application [刊, 汉] LIU Fu-guo, LIU Ke, CUI Fu-xing, HOU Fan-jun (Shandong Electric Power Research Institute, Jinan, China, Post Code: 250003) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2016, 31(10). -115~121

A model for calculating the flow resistance from the secondary air chamber to furnace exit in boiler was established, then data processing procedure of air damper characteristics test was put forward accordingly: assuming the local resistance coefficient under 100% baffle opening is known as constant, furnace resistance coefficient is calculated from this fully opening damper test, then resistance coefficients under other openings are obtained according to the furnace resistance coefficient. These coefficients can be used to calculate velocity in secondary air nozzles when boiler is put into operation. This makes it possible of monitoring of air and fuel distribution along furnace height, which has remarkable significance for optimizing boiler combustion and reducing steam temperature fluctuations. **Key words:** boiler, secondary air, damper resistance characteristics, velocity in secondary air nozzles