

联合循环电厂主蒸汽管道稳压吹管方法

宗宏伟¹, 杨 莉², 刘 环²

(1. 哈尔滨电站工程有限责任公司, 黑龙江 哈尔滨 150040; 2. 哈尔滨·第七三研究所, 黑龙江 哈尔滨 150036)

摘 要: 介绍了电厂安装调试阶段中吹管的目的、吹管的原理和吹管合格的判定条件, 简明介绍了电厂中常用的降压吹管方法和稳压吹管的方法; 集中讨论了联合循环电厂及稳压吹管的特点, 指出联合循环电厂中更适宜采用稳压吹管方法, 同时给出了稳压吹管在实际工程中的应用实例。

关 键 词: 联合循环; 余热锅炉; 吹管; 稳压吹管

中图分类号: TK824. 1 文献标识码: B

1 吹管的目的

锅炉过热器、再热器及其蒸汽管道系统的吹扫是新建机组投运前的重要工序, 其目的是为了清除在制造、运输、储存和安装过程中留在过热器、再热器及蒸汽管道中的各种杂物(如: 砂粒、石块、氧化铁皮和焊渣等), 防止机组运行中过热器、再热器爆管和汽机通流部分损伤, 提高机组的安全性和经济性, 并改善运行期间的蒸汽品质。

2 吹管的原理

吹管时相应管道内的蒸汽动量与机组正式投运后相应管道内的可能的最大蒸汽动量之比称作“吹管动量比”, 也叫“吹管系数”。

下面通过一个简化模型来导出吹管系数。

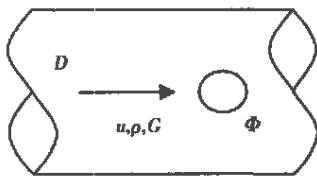


图 1

假设有一段管道(其直径为 D), 内有异物颗粒(其直径为 Φ), 管道内蒸汽流速为 u , 蒸汽密度为

ρ , 蒸汽质量流量为 G 。则根据流体力学, 蒸汽的动压头为: $\rho u^2/2$; 进一步假设蒸汽在颗粒物处驻止, 则异物颗粒受到的蒸汽的作用力 F 为:

$$F = (\rho u^2/2) \times (\pi \Phi^2/4) \quad (1)$$

吹管时蒸汽对管道内异物的作用力应该大于机组正式运行时蒸汽对异物可能的最大作用力。即二者之比值应大于 1:

$$F_b/F_a = [(\rho_b u_b^2/2) \times (\pi \Phi^2/4)] / [(\rho_a u_a^2/2) \times (\pi \Phi^2/4)] > 1 \quad (2)$$

$$\text{即: } F_b/F_a = (\rho_b u_b^2)/(\rho_a u_a^2) > 1 \quad (3)$$

其中: 下标“b”表示吹管时的状态, 下标“a”表示机组正式运行时可能具有的最大蒸汽动量时的状态。

又因为蒸汽流速 u 与蒸汽质量流量 G 及蒸汽密度 ρ 满足如下关系:

$$u = (G/\rho)/(\pi D^2/4) \quad (4)$$

式(4)代入式(3)得:

$$F_b/F_a = (G_b^2/\rho_b)/(G_a^2/\rho_a) > 1 \quad (5)$$

考虑到密度 ρ 与比容 v 互为倒数关系, 因此式(5)可以表示为:

$$F_b/F_a = (G_b^2 v_b)/(G_a^2 v_a) > 1 \quad (6)$$

吹管系数 K 定义为: $K = (G_b^2 v_b)/(G_a^2 v_a)$ 。吹管时蒸汽参数的选择应该保证吹管系数 $K > 1$ 。

3 吹管合格的判定条件

根据《火电机组启动蒸汽吹管导则》的规定, 为了检查吹管的效果, 在被吹扫管道末端的临时排汽管道内或排汽口处需装设靶板。靶板可用铝板制成, 也可用铜板或碳钢板制成, 但其表面硬度应在 140~160 HB, 并应抛光(成镜面)。靶板的宽度约为排汽管道内径的 8%, 长度纵贯管道的内径。吹管合格的判定条件如下:

(1) 吹管过程中吹管系数 $K > 1$;

(2) 连续两次靶板斑痕粒度不大于 0.8 mm, 且肉眼可见斑痕不多于 8 点。

4 吹管的方法

吹管有两种基本方法, 即降压吹管和稳压吹管。

4.1 降压吹管

降压吹管是在锅炉汽包的蒸汽压力达到吹扫压力后快速开启吹管控制阀, 由于吹管时锅炉所能带的负荷较小(即产气量较小), 蒸汽压力在吹管过程中逐渐降低, 降压吹管是利用压力下降产生的附加蒸汽间歇地吹扫管道。一般, 吹管控制阀的开启时间应小于 1 min。由于降压吹管每次有效吹扫时间很短, 因此降压吹管需要大量地重复进行, 才能达到吹管合格。采用降压吹扫由于压力和温度变动剧烈, 有利于提高吹扫效果。但对锅炉汽包寿命损耗可能产生影响, 因此在吹扫时汽包的蒸汽压力下降值应严格控制在相应饱和温度下降不大于 $42\text{ }^{\circ}\text{C}$ (或制造厂规定的数值)的范围内。

4.2 稳压吹管

稳压吹管是保持蒸汽压力恒定和连续地吹扫管道, 稳压吹管过程中要求锅炉能够带较大的负荷, 蒸汽产量要足够大, 以便保证吹管时蒸汽压力恒定和连续吹扫。在进行稳压吹扫时, 将锅炉汽包的蒸汽压力升至吹扫压力, 逐渐开启吹管控制阀。在吹管过程中, 应调整好锅炉的负荷, 保证蒸汽产量充足, 保持吹管蒸汽压力恒定。吹扫时间一般在 15 ~ 30 min, 即完成一次吹扫。根据需要可进行多次吹扫, 直至合格为止。每次吹扫结束后锅炉应降压冷却, 相邻两次吹扫宜间隔 12 h。

5 联合循环电厂主蒸汽管道吹管方法的选择

燃气—蒸汽联合循环电厂与常规燃煤电厂相比, 有其自身的特点, 因此应该根据联合循环电厂的特点来选择合适的吹管方法。通过下面的分析, 可以得出稳压吹管方法更适合于在联合循环电厂主蒸汽管道吹管时采用。

(1) 常规燃煤电厂中, 电厂安装进行到吹管阶段时, 主机安装和辅助设备的分部试运往往没有全部完成, 尤其是制粉系统及小汽轮机驱动的给水泵在机组吹管阶段可能无法投入运行。锅炉往往只能靠油燃烧器来带较小的部分负荷, 来提供吹管用蒸

汽, 锅炉给水也只能依靠机组启动时所用的电动给水泵提供, 因此这就限定了常规燃煤电厂通常只能采用降压吹管方法。而联合循环电厂中的余热锅炉本身没有燃烧设备, 而是利用燃机排出的烟气中的热量来产生蒸汽。一般地, 在联合循环电厂安装进行到吹管阶段时, 燃机早已单循环发电, 足以使锅炉带较大的部分负荷甚至是满负荷, 完全能够满足稳压吹管所需要的蒸汽量, 这就为主蒸汽管道稳压吹管提供了前提条件。

(2) 联合循环电厂中的余热锅炉较一般燃煤电厂中的锅炉的蒸发量要小很多, 因此, 通常情况下, 只要把除氧器水箱、凝汽器热井及除盐水补给水箱上满水到高液位, 就足以保证锅炉连续 15 ~ 30 min 稳压吹管时的用水量。

(3) 在联合循环电厂中, 稳压吹管操作相对简单, 整个吹管过程中余热锅炉为稳负荷运行。仅在启、停时需要操作余热锅炉烟气挡板; 由于负荷稳定, 给水量基本稳定, 汽包水位容易控制。在降压吹管过程中, 由于压力、温度和水位变化剧烈、频繁, 因此监视和调节操作难度较大, 增加了操作人员的紧张强度, 操作过程不易把握。

(4) 降压吹管一次持续时间较短(1 min 左右), 因此需要进行几十次甚至上百次吹扫才能吹管合格。由于稳压吹管一次吹扫时间可持续 15 ~ 30 min, 因此, 稳压吹管只需进行 2 ~ 3 次就可以达到合格, 这就节约了吹管时间。

(5) 采用降压吹管由于压力和温度变化剧烈, 对锅炉汽包寿命可能产生危害。而稳压吹管由于是稳态运行, 压力和温度不会剧烈变化, 因此不存在这一危害。

因此, 通过以上的分析, 可以看出稳压吹管更适合在联合循环电厂主蒸汽管道吹管时采用。

6 稳压吹管方法在联合循环电厂中的应用实例

哈尔滨电站工程公司总承包的苏丹国某联合循环电厂工程为 2 套 206B 燃气—蒸汽联合循环电厂。一套 206B 包括: 2 台 PG 6581B 燃机、2 台余热锅炉及 1 台汽轮机。

余热锅炉额定蒸汽参数为: 压力为 $P_a=6.9\text{ MPa}$, 温度为 $T_a=468\text{ }^{\circ}\text{C}$, 额定蒸发量为 $G_a=63.7\text{ t/h}$, 查蒸

(下转第 207 页)

(2) 在燃烧设计煤种时, 锅炉最低不投油稳燃负荷由 125 MW 降低到 121 MW。每天可以节约人民币 8 280 元/d, 每天节约稳燃用油 2 520 t, 折合人民币 302 万元。

由上述可知, 使用自动可调叶栅煤粉分配器后每年可节约人民币 388.75 万元, 而该项目的总投资为 136 万元, 当年即可收回成本, 并创造 252.75 万元的经济效益。

5 结 论

(1) 工业试验及运行实践证明: 自动可调叶栅煤粉分配器能够有效调整沿炉膛高度方向的煤粉量, 改变炉膛内火焰中心高度, 调整炉膛出口烟气温度, 降低过热器超温爆管的频次。

(2) 自动可调叶栅煤粉分配器能够实现煤粉气流的浓淡燃烧, 使煤粉气流着火点提前, 减少机械不完全燃烧损失, 提高锅炉燃烧效率, 保证了低负荷着火和燃烧的稳定性, 年节约燃煤费用 86.75 万元。

(3) 安装自动可调叶栅煤粉分配器后, 锅炉机组可在 120 MW 负荷下不投油稳定燃烧, 较大地提高了机组的低负荷调峰能力, 年节约燃油费用 302 万

元。

(4) 自动可调叶栅煤粉分配器可根据磨煤机工作状态、炉膛出口烟温、发电功率等因素, 对叶栅角度进行自动调节, 既可实现远程自动控制, 又可实现手动操作。

(5) 使氮氧化物排放值低于 434 mg/m^3 , 对改善大气环境具有一定的作用, 具有良好的社会效益。

(6) 建议机组在低负荷时, 采用 3 台磨煤机对角方式运行。

参考文献:

- [1] 白卫东. 通辽发电总厂风扇磨直吹式系统煤粉浓缩器冷模试验 [A]. 东北第三届现代锅炉技术学术会议论文集 [C]. 沈阳: 辽宁省科学技术出版社, 1996: 7—11.
- [2] 胡荫平. 新型煤粉燃烧器 [M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1986.
- [3] 岑可法, 池涌. 洁净煤技术的研究与发展 [J]. 动力工程, 1997, 17(5): 15—20.
- [4] 毕玉森. 我国电站锅炉低 NO_x 应用状况及运行实绩 [J]. 热力发电, 1998, 20(1): 4—11.
- [5] 由长福, 徐旭常. 四角切圆燃烧锅炉炉膛内流体流动的试验研究 [J]. 工程热物理学报, 2001, 22(3): 386—389.

(何静芳 编辑)

(上接第 202 页)

汽压力、温度水蒸气性质表, 可得蒸汽比容为 $v_a = 0.045\ 578 \text{ m}^3/\text{kg}$ 。因此, 额定工况下过热器管段处的蒸汽动量为: $G_a^2 \cdot V_a = 184.941\ 39 [(\text{t}^2/\text{h}^2) (\text{m}^3/\text{kg})]$ 。

该工程的吹管方案经论证后, 决定采用稳压吹管方法, 燃机在吹管期间稳负荷运行, 排烟温度控制在 $425 \sim 435 \text{ }^\circ\text{C}$ 范围内, 吹管时, 余热锅炉烟气挡板全开, 燃机排烟全部进入余热锅炉。表 1 给出了一次吹管运行记录, 它记录了 1 号余热锅炉过热器吹管过程中各时刻的吹管系数。

表 1 1 号余热锅炉过热器吹管记录

时间	蒸汽压力 P_b/MPa	蒸汽温度 $T_b/^\circ\text{C}$	蒸汽比容 $v_b/\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$	蒸汽流量 $G_b/\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$	吹管系数 K $G_b^2 v_b / (G_a^2 v_a)$
17: 06: 00	1.449	405.02	0.197 95	38.75	1.607
17: 16: 00	1.376	402.36	0.207 07	44.40	2.207
17: 26: 00	1.404	408.25	0.205 04	39.68	1.746
17: 36: 00	1.398	408.54	0.205 97	40.37	1.815

需要说明的是, 由于蒸汽流量孔板只有在管道吹扫完毕后才能安装, 因此蒸汽流量的数据是通过给水流量计读取的; 而稳压吹管时是定负荷运行, 其给水流量计的读数可视同蒸汽流量。另外, 蒸汽压力和温度的数据可以容易地从相应仪表上读取; 蒸汽的比容可查水蒸气性质表得出。

该联合循环电厂第一套 206B 的吹管过程 (包括两台余热锅炉的过热器、主蒸汽管道及旁路蒸汽管道的吹扫) 共用了 3 天时间即达到吹管合格。第二套 206B 的吹管过程仅用 2 天即达到吹管合格。

7 结 论

从上述的理论分析和实际应用中不难看出, 对于联合循环电厂而言, 稳压吹管方法比较可行、安全、易操作、吹管周期短和吹管系数容易量化监测。因此, 相对降压吹管而言, 稳压吹管更适合在联合循环电厂吹管时采用。

(何静芳 编辑)

联合循环电厂主蒸汽管道稳压吹管方法 = **Stable-pressure Steam Blowing-out Method for a Combined Cycle Power Plant** [刊, 汉] / ZONG Hong-wei (Harbin Power Plant Engineering Co. Ltd., Harbin, China, Post Code: 150040), YANG Li, LIU Huan (Harbin No. 703 Research Institute, Harbin, China, Post Code: 150036) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2005, 20(2). — 201 ~ 202, 207

The aim, principle and acceptance criteria of steam blowing-out during the erection and commissioning test stage of a power plant are described along with a brief account of the commonly used pressure-reduction and stable-pressure blowing-out method. A detailed discussion is conducted of the specific features of a combined cycle power plant and the stable-pressure steam blowing-out. It is noted that the stable-pressure blowing-out method is more suitable for use in a combined cycle power plant. Meanwhile, some specific cases of employing stable-pressure blowing-out method in power plant engineering are presented. **Key words:** steam blowing-out, stable-pressure steam blowing-out, combined cycle power plant, heat recovery steam generator

自动可调叶栅煤粉分配器在富拉尔基发电总厂锅炉的应用 = **The Application of a Pulverized-coal Distributor with Auto-adjustable Cascades for Boilers at Fulaerji Power Plant General Works** [刊, 汉] / ZHAO Zhen-qi, BI Da-peng, ZHANG Heng-wei, et al (College of Energy Science & Engineering under the Harbin Institute of Technology, Harbin, China, Post Code: 150001) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2005, 20(2). — 203 ~ 207

Fulaerji Power Plant General Works has successfully modified and installed for boilers No. 3 and No. 4 a pulverized-coal distribution device fitted with auto-adjustable cascades. By using this device it is possible to regulate the distribution of air and pulverized coal during boiler operation, thus realizing the effective control of pulverized coal distribution. As a result, the furnace outlet temperature can be properly adjusted to eliminate or alleviate slag formation in the boiler. This in turn can greatly enhance the ability of the boilers to maintain a stable combustion at low loads without resorting to oil firing. Moreover, as the fuel during its combustion in the furnace is divided into two portions, namely, excessive thick and excessive thin, good economic and social benefits can be attained with NO_x emissions being lowered to less than 37.3 mg/m^3 and mechanical incomplete combustion loss reduced by 1.166%. **Key words:** combustion, stable combustion at low loads, thick and thin burner, boiler, distribution device

回转式空气预热器双密封节能改造 = **Energy Saving-oriented Modification of a Rotary Air Preheater through the Adoption of a Double Seal** [刊, 汉] / HU Lan-hai, ZHAO Wen-jun, ZHANG Yan-fei, et al (Hebei Hengfeng Power Generation Co. Ltd., Hengshui, Hebei Province, China, Post Code: 053000) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2005, 20(2). — 208 ~ 210

A single seal structure used for air preheaters can lead to an excessive air leakage, thus affecting boiler safe and economic operation. Hengfeng Co. has adopted “air preheater double seal” technology of ABB-API Co. of USA. During the overhaul of boiler No. 3 in February of 2003 the Hengfeng Co. had invested nearly RMB 2, 520, 000 yuan to undertake an energy saving-oriented modification by introducing a double seal for the air preheaters. With the air leakage rate being reduced from 13.92% to 6.36% the annual economic benefits amount to about RMB 1, 140, 000 yuan. The above-mentioned energy-saving technology has also been applied to the air preheater modification of No. 2 boiler in 2004. **Key words:** air preheater, double seal, energy saving-oriented modification