

常压热水锅炉机械循环垂直式供暖系统分析

郑心伟¹, 刘长河², 宋 岩³, 张爱平⁴

(1. 哈尔滨工程大学 动力与核能工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150001; 2. 哈尔滨·第七〇三研究所, 黑龙江 哈尔滨 150036; 3. 黑河市质量技术监督局, 黑龙江 黑河 164300; 4. 华北油田霸州市常压热水锅炉有限公司, 河北 霸州 065703)

摘 要:以我国广为应用的有压热水锅炉机械循环垂直式供暖系统中具有代表性的供暖系统为例, 对其分析、研究, 提出了相应于常压热水锅炉供暖系统的形式及其管路、阀门和仪表的设置方法。同时, 对常压热水锅炉锅水参与供暖系统循环的优化设计提出了一些建议, 有工程实用价值。

关 键 词:常压热水锅炉; 供暖系统

中图分类号: TK212.2 文献标识码: B

1 前 言

常压热水锅炉自诞生到现在为止已将近 30 年的历史, 并因其诸多优越性, 在国家有关主管部门的关心和业内人士的努力下, 得到了蓬勃发展^[1]。为进一步加强常压热水锅炉的监管力度, 原国家机械部颁布了 JB/T7985-1995《常压热水锅炉通用技术条件》和 JB/T 7985-2002《小型和常压热水锅炉技术条件》^[2], 国家技术监督局于 2000 年又颁布了《小型和常压热水锅炉安全监察规定》^[3]。但是, 由于我国至今尚无指导常压热水锅炉供暖系统设计标准、规范, 再加上常压热水锅炉供暖系统的设备、管路连接方式、阀门和仪表的设置方法与有压热水锅炉供暖系统相比有许多不同之处, 导致常压热水锅炉及其供暖系统无法安全、经济、稳定运行的事故时有发生^[4]。因此, 本文介绍一种具有指导作用的常压热水锅炉供暖系统的设计方法。

2 常压热水锅炉机械循环垂直式供暖系统

2.1 供暖系统形式的选择

文献[1]指出了机械循环垂直式系统中的“上供

下回”与“下供上回”是两种具有代表性的有压热水锅炉供暖系统。但是, 对于常压热水锅炉机械循环垂直式供暖系统究竟应该采用上述系统中的哪一种呢? 本文认为应该采用“上供下回”式供暖系统。这可以从两方面进行说明: (1) 供暖系统采用“上供下回”式(即散热器中水流方向为上进下出), 散热器的传热系数最大, 散热器的数量可明显减少。而采用“下供上回”式供暖系统时, 使新建系统投资加大; (2) 我国有压热水锅炉供暖系统一般采用“上供下回”式, 随着楼层降低, 水温越来越低, 因而同样房间内散热器的数量也不一样, 顶层少, 底层多。从另一角度来说, 常压热水锅炉技术的优越性之一是将废旧有压锅炉改造成常压热水锅炉进行再利用^[1], 如果改造后的供暖系统采用“下供上回”式就会形成较大的热偏差, 底层房间过热, 顶层房间欠热, 直接影响供暖质量。若要满足供暖要求, 势必要增加改造费用, 也给热用户带来很多麻烦。

不可否认, 以前国内不少在用的常压热水锅炉供暖系统采用“下供上回”式。这主要归结为当时由于常压热水锅炉供暖系统受到装备水平的制约, 人们认为这种供暖系统是解决常压热水锅炉“跑水”问题较为理想的形式, 并且容易排除供暖系统内空气的缘故。

2.2 锅炉热水出口至供暖系统循环水泵入口管路的设计

2.2.1 如图 1 所示, 为保证锅炉最高出水管段(a~b)末端(b点)在正压条件下工作, 必须满足如下条件:

$$\Delta h > R_{\sigma-b} + \frac{w_b^2}{2g}$$

收稿日期: 2003-04-15; 修订日期: 2004-03-14

作者简介: 郑心伟(1966-), 男, 山东蓬莱人, 哈尔滨工程大学高级工程师。

式中: Δh —锅炉最低水位线 o 与 b 处的高度差, m ;

R_{o-b} —锅炉最低水位线 o 至 b 处(含阀门)的水头损失, m ;

$$w_b - b \text{ 处水流速度, } m/s; (w_b \approx \frac{0.86 \times 10^6 KQ}{3600 \rho \Delta t A}).$$

式中: K —循环水泵流量储备系数, 取为 1.10; Q —锅炉额定热功率, MW ; ρ —锅炉额定出口水温度下水的密度, kg/m^3 ; Δt —锅炉额定出口水与额定进口水温度之差, $^{\circ}C$; A —热水流通截面积, m^2 ; g —重力加速度, m/s^2 。

2.2.2 如图 1 所示, 为防止供暖系统循环水泵入口处汽化, 供暖系统循环水泵的安装高度必须满足如下条件:

$$H > \frac{P_a}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - \Delta h_w - \Delta h_r + (0.3 \sim 0.5)$$

式中: H —锅炉最低水位线与供暖系统循环水泵入口中心线之间的高度差, m ;

P_a —当地“冬季”大气压力, Pa ;

γ —锅炉额定出口水温下水的重度, N/m^3 ;

P_v —锅炉额定出口水温度下所对应的饱和压力, Pa ;

Δh_w —锅炉最低水位线 o 至供暖系统循环水泵入口(含阀门)的水头损失(建议按锅炉 110% 负荷工况计算), m ;

Δh_r —供暖系统循环水泵必需汽蚀余量, m ;

$0.3 \sim 0.5$ —富裕量, m 。

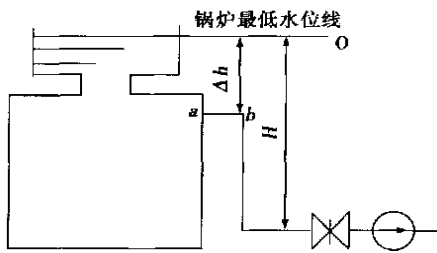


图 1 锅炉热水出口至供暖系统循环水泵入口管路图

2.3 供暖系统循环水泵的选取

2.3.1 循环水泵的形式

供常压热水锅炉供暖系统用的循环水泵是抽吸锅炉内的热水, 水温可能达到 $95^{\circ}C$, 而普通清水泵允许输送的介质温度最高为 $80^{\circ}C$ 。所以, 最好选用热水泵; 在选用清水泵时, 可根据文献[6], 结合供暖系统运行方式, 计算出不同室外温度下的锅炉实际

供水温度。如果计算出的锅炉实际供水温度在大多数时间能满足使用要求, 选用清水泵也是可行的。但是, 应及时更换盘根, 保证其正常运行。

2.3.2 循环水泵参数的确定

(1) 循环水泵的流量

循环水泵的流量计算公式如下:

$$G = K \frac{0.86 \times 10^6 Q}{\rho \Delta t}$$

式中: G —供暖系统循环水泵的计算流量, m^3/h ;

(2) 循环水泵的扬程计算公式

供暖系统循环水泵的扬程用于克服全回路的水头损失, 这里仅给出供暖系统取消高位膨胀水箱时的循环水泵扬程计算公式(供暖系统有高位膨胀水箱时的循环水泵扬程计算公式见文献[1]):

$$H = K[h + \Delta h_1 + \Delta h_2 + (3 \sim 5)]$$

式中: h —锅炉最低水位线 o 与供暖系统最高点间的高度差, m ;

Δh_1 —锅炉热水出口至最不利环路供水干管入口的水头损失, m ;

Δh_2 —最不利环路供水干管入口至最不利环路立管入口的水头损失, m ;

2.4 供暖系统回水控制装备的设置

常压热水锅炉及其供暖系统能否正常运行, 系统运行的灵活性、安全性、稳定性以及经济性, 一个很重要的因素在于系统回水干管上回水控制装备的合理配置和自动化水平。不言而喻, 回水控制技术是常压热水锅炉供暖系统关键技术所在。尤其是对“上供下回”式供暖系统尤为重要。

常压热水锅炉顶部开孔, 锅炉运行时, 系统处于满水状态。当“上供下回”式供暖系统循环水泵停止运行或突然停电停泵时, 供暖系统循环水泵停止送水, 这时高出锅炉的系统内的水将会克服回水系统阻力, 全部流入锅炉, 从锅炉中溢出, 即所谓的“停泵跑水”, 并且楼层越高越严重, 造成能源和水资源的浪费。为解决这一问题, 通常在系统回水干管上安装停泵时能够及时关闭回水的阀门—回水启闭阀。在实际应用中, 由于人们只重视了该阀门的“启闭”作用, 不仅给系统运行带来了或多或少的麻烦, 而且危及系统安全, 甚至导致系统安全事故。因此, 在选用该阀门时一般应掌握如下原则: 所选阀门具有当供暖系统循环水泵停止运行或突然停电停泵时均具有及时切断锅炉与系统连系的功能, 并且能够实现自动启闭, 这一点对经常停电的地区尤为重要; 了解

所选阀门的工作原理,以避免所选阀门接受与运行无关的信号而误动,由于关闭速度过快而产生严重水击问题;了解所选阀门的结构,确保阀门关闭后的严密性和长期工作的可靠性。

通过文献[1]对在常压热水锅炉供暖系统回水干管上安装阻力调节阀的必要性和系统工作特性与调节的分析,可以得出如下结论:常压热水锅炉及其供暖系统得以正常运行是通过阻力调节阀的阻力调节,达到常压热水锅炉不同运行工况下回水系统阻力的平衡,即达到常压热水锅炉及其供暖系统供水流量的平衡而实现的。因此,应针对特定的供暖系统和运行方式选用阻力调节阀,以确保它的阻力调节行程(阀门开启高度范围)满足常压热水锅炉及其供暖系统正常运行的要求,这一点对于常压热水锅炉“上供下回”式供暖系统尤为重要,应引起足够的重视。

为避免回水启闭阀关闭速度过快造成严重水击问题(实践证明,常压热水锅炉供暖系统的水击问题比有压热水锅炉供暖系统更为严重)和为防止因阻力调节阀的阻力设置过大,导致供暖系统静压增大,使散热器、管路不严密处漏泄增多,应安装安全泄放装置(最好是静重式安全阀)。

与有压热水锅炉供暖系统除污器的作用相比常压热水锅炉供暖系统中的除污器还应具有避免因管网循环水中的污物降低回水启闭阀的密封性能甚至损坏回水启闭阀、防止堵塞阻力调节阀和安全泄放装置的作用。因此,除污器应安装在回水启闭阀、阻力调节阀和安全泄放装置之前,这是常被忽视的问题。当然,与有压热水锅炉供暖系统一样,除污器应设置旁通管路及其旁通阀。

通常,在供暖系统回水干管上沿水流方向依次设置除污器、安全泄放装置、启闭阀和阻力调节阀。

2.5 供暖系统管路阀门、仪表的设置

2.5.1 供暖系统循环水泵进出口阀门、仪表的设置

供暖系统循环水泵入口应安装闸阀(或球阀),不应安装截止阀。这是因为供暖系统循环水泵是抽取锅炉中的热水,水温较高,而供暖系统循环水泵的入口压力较低,很容易产生汽蚀。为避免汽蚀的产生,一个重要的技术措施就是尽量减少供暖系统循环水泵吸入管道的阻力损失。在相同条件下,闸阀(或球阀)的阻力比截止阀的阻力要少得多。所以,供暖系统循环水泵入口应安装直通阀。

供暖系统循环水泵出口沿水流方向安装止回阀

和闸阀(或截止阀)。此处的止回阀要求工作可靠、密封性能高,以避免供暖系统循环水泵停运后系统内的水倒灌进锅炉并溢出。所以,建议选用消声止回阀。这种止回阀还具有消除阀门关闭时水锤冲击,且无振动和噪声的优点;此处的闸阀(或截止阀)兼作流量调节。

供暖系统循环水泵入口阀后安装真空压力表。因为此处的压力较低,普通压力表难以准确测量。通过观察该表数值,可以为运行人员判断供暖系统循环水泵是否汽蚀提供依据。

供暖系统循环水泵出口阀前安装压力表。通过观察该表数值,可以知道循环泵的扬程大小。

2.5.2 供暖系统回水干管上仪表的设置

供暖系统回水干管上阀门的设置方法已前述,这里仅对供暖系统回水干管上仪表的设置进行说明。

回水启闭阀入口处安装压力表。通过该表可以了解系统内水头高度,同时还可以根据供暖系统循环水泵出口压力表与该表的压差,确定系统的阻力。

阻力调节阀出入口安装压力表。通过这一做法,可以根据阻力调节阀出入口压力表的压差,确定阻力调节阀设定的阻力大小,为供暖系统合理设置阻力提供依据,从而确保常压热水锅炉及其供暖系统正常运行。

3 建 议

(1)为满足散热器散热优越性的条件,达到简化系统以及方便供暖系统的运行和调整,机械循环垂直式的常压热水锅炉供暖系统应采用取消高位膨胀水箱的“上供下回”式。同时,应采取措来实现供暖系统的定压和防止供暖系统停运后“倒空”问题。

(2)为防止高层建筑物上部回路在负压下工作,避免低层建筑物的散热器承受过高压力,建议在进入低层建筑物的干管上以及在高层建筑物出口干管上应设置减压阀。

(3)由文献[1]可知,供暖系统只靠阻力调节阀来设置阻力是不经济的。因此,还应采取减小回水管路直径的方法来增加沿程阻力和局部阻力,从而减小阻力调节阀的阻力,同时也降低了供暖系统循环水泵的能耗。

(4)由于我国常压热水锅炉的额定热功率限制

在 ≤ 2.8 MW 的范围内^[4]。所以,应该按 GB1576—2001《工业锅炉水质》^[7]的相关要求进行水处理。

(5) 在设计常压热水锅炉时,宜采用在锅炉顶部设置水箱的方法。这一做法还有如下好处:可以提高锅炉水位高度,有利于供暖系统循环水泵工作的可靠性;可以减少阻力调节阀的阻力大小,从而减少供暖系统的阻力,对降低系统循环水泵的能耗也大为有利;将锅炉水位引至水箱,而锅炉在满水状态下工作,有利于减缓锅炉本体的腐蚀,进一步提高锅炉的维修性。

(6) 常压热水锅炉宜设置锅水溢流管路,并且溢流管路上不得安装任何阀门,以防止锅炉在特殊情况下“跑水”,对溢流的锅水建议采取回收措施。

(7) 常压热水锅炉与有压热水锅炉的根本区别

在于常压热水锅炉是有水位运行。因此,宜采用锅炉水位的自动控制。

参考文献:

- [1] 李之光,王昌明,王叶福.常压热水锅炉及其供暖系统[M].北京:机械工业出版社,1992.
- [2] JB/T 7985—2002 小型锅炉和常压热水锅炉技术条件[S].
- [3] 小型和常压热水锅炉安全监察规定(2000年版)[Z].北京:国家技术监督局,2000.
- [4] 全国机械工业常压锅炉科技情报网.常压锅炉技术研讨会交流资料[R].上海:上海工业锅炉研究所,2000.
- [5] GB 50041—1992 锅炉房设计规范[S].
- [6] 贺平,孙刚.供热工程[M].北京:中国建筑工业出版社,1996.
- [7] GB/T 1576—2001 工业锅炉水质[S].

(辉 编辑)

75 t/h 煤泥循环流化床锅炉

生产原煤 5.5 Mt/a 的兖州矿业(集团)公司东滩煤矿的选煤厂年产压滤煤泥 20 多万吨,因其灰分高、粒度细、热值低、持水性强被废弃而向外排放。为此,该矿建起了一座装机容量为 3×12 MW 的煤泥热电厂,选用目前国内最大的全部燃用煤泥的 75 t/h 循环流化床发电锅炉,并已成功安全运行发电,为中国特大型煤矿的煤泥资源综合利用和环境保护提供了一个可借鉴的模式。

75 t/h 煤泥循环流化床锅炉由浙江大学、无锡锅炉厂和兖州矿业(集团)公司共同研制,可与 1 215 MW 汽轮发电机组配套,是具有国际领先水平新型锅炉。它采用大粒度给料异比重床料的循环流化床新技术,在炉膛出口高温过热器前布置一级撞击式分离器进行一次分离,低温过热器后设下出气分离器,进行二次分离并将灰送回炉内继续燃烧,进一步提高燃烧效率好减少床砂损失。点火采用水冷布风板床下自动点火技术。该装置由高能点火器、旋流器、稳燃器、燃烧室等组成。关键部件带回油的油枪前端的旋流燃烧器,可根据锅炉启动要求,较大范围内调节喷油量、改变进入锅炉风室的热烟气温度的快慢。设计燃用煤泥和洗混煤,以煤泥为主。来自选煤厂的煤泥至电厂煤泥棚,经刮板机、立式煤泥给料机、胶带机送到炉顶,由变频装置调节给煤机的转速实现给煤泥量随负荷变化。煤泥中断时,备用洗混煤破碎 8 mm 以下由胶带机输送至炉前仓,再由螺旋给煤机送入炉膛。经过三年的运行实践证明该炉采用的新技术是成功的,煤泥、洗混煤、原煤切换好,混合燃烧稳定,各项运行参数均达到设计的要求,是理想的煤矿坑口电站选型设备。

(李剑峰 供稿)

116005), Sun Jing-bo (Dalian Shipbuilding Heavy Industry Co. Ltd., Dalian, China, Post Code: 116005) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2004, 19(6). — 642 ~ 644.

Under a traditional installation method a shafting is first mounted on a shipway and after a launching, the shafting undergoes an alignment through the adjustment of a main machine location. A certain type of ship built by Dalian Shipyard due to its complicated structure of propulsion system the fitting-out cycle of the equipment and piping is very long. To ensure the building time schedule of the ship as a whole, it is necessary to conduct the fitting-out work of engine room equipment in advance. Hence, it is first necessary to fix a location at the shipway to install the main machine, and then install the shafting while in the dock. With a view to ensuring installation quality of the shafting, it is required to develop an effective technique of shafting installation, thereby resolving the problem of shaft line offset caused by the underwater deformation of the ship body under the present installation scheme. To cope with this problem, designers have proposed an effective method of shafting installation. The actual use experience on a ship indicates that the proposed technique can not only ensure the fitting-out time schedule of the engine room equipment, but also meet the technical requirements of the shafting installation precision. **Key words:** shafting, alignment, mounting technique.

螺旋管换热器防止蒸汽随凝水排出的方案研究 = **The Study of a Scheme for Preventing the Vent of Steam from Condensate in a Spiral-tube Heat Exchanger** [刊, 汉] / HAN Zhi-hang, SUN Feng-zhong, HAN Ji-tian, SHI Yue-tao (College of Energy and Power Engineering under the Shandong University, Jinan, China, Post Code: 250061) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2004, 19(6). — 645 ~ 647.

The spiral-tube heat exchanger represents a new type of high-efficiency heat exchanger. Loss of steam is a major factor impairing its heat exchange efficiency. The basic working principle and application of such heat exchangers are described and some technical schemes for preventing the vent of steam from condensate proposed. **Key words:** heat exchanger, spiral tube, heat exchange efficiency

锅炉煤仓塞煤问题解决方案 = **A Scheme for Resolving the Problem of Coal Plugging in a Boiler Coal Bunker** [刊, 汉] / SHI Shuai-jun (Shenma Nylon Chemical Engineering Co. Ltd., Pingdingshan, China, Post Code: 467013), LIU Kai-fu (Qinhuangdao City Huadian Measurement & Control Equipment Co. Ltd., Qinhuangdao, China, Post Code: 066000) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2004, 19(6). — 648 ~ 649.

常压热水锅炉机械循环垂直式供暖系统分析 = **The Design of a Mechanical-circulation and Vertical Type Heat Supply System for Constant-pressure Hot Water Boilers** [刊, 汉] / ZHENG Xin-wei (College of Power & Nuclear Energy Engineering under the Harbin Engineering University, Harbin, China, Post Code: 150001), LIU Chang-he (Harbin No. 703 Research Institute, Harbin, China, Post Code: 150036), SONG Yan (Technical Quality Supervision Bureau of Heihe City, Heihe, China, Post Code: 164300), ZHANG Ai-ping (North China Oil Field Bazhou Municipal Constant-pressure Hot-water Boiler Co. Ltd., Bazhou, China, Post Code: 065703) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2004, 19(6). — 650 ~ 653.

The mechanical-circulation and vertical type heat supply system of constant-pressure hot water boilers pertains to a representative heat supply system widely used in China. Through the analysis and research of this heat supply system the authors have proposed for the above-mentioned heat supply system some pertinent schemes and a method of laying out its piping, valves and instrumentation. Meanwhile, some suggestions concerning the optimized design of a boiler-water heat supply system for the constant-pressure hot water boilers are proposed. They are of practical engineering value for heat supply system engineers. **Key words:** heat supply system of constant-pressure hot water boiler, form, design, proposal