

分体式热管暖风器在 670 t/h 锅炉上的应用

马玉峰, 尹笑天, 潘广春, 陈振华

(胜利石油管理局 胜利发电厂, 山东 东营 257087)

摘 要: 针对 670 t/h 锅炉空预器改造后排烟温度升高的问题, 确定了在空预器后加装分体式热管暖风器的技术方案。经实际运行后, 该方案达到了提高空预器入口风温, 防止空预器低温腐蚀和减轻堵灰和降低排烟温度的目的。

关 键 词: 锅炉; 分体式热管; 暖风器; 低温腐蚀; 排烟温度; 余热利用

中图分类号: TK223.3 文献标识码: B

1 前 言

胜利发电厂 1 号锅炉为 DG670/13.7-8A 超高压煤粉炉, 锅炉尾部烟道的甲、乙两侧分别布置一台回转式空预器, 空预器入口前装有蒸汽暖风器, 因经常泄漏和杂物堵塞而拆除。锅炉排烟温度设计为 153℃, 空预器漏风率按 15% 设计。投产几年后, 因空预器漏风率高达 20%~35%, 进行了密封改造, 漏风率降至 8.3%, 排烟热损失大大减小。但是由于空预器风侧漏入烟气侧的风量减少, 排烟温度较空预器改造前升高了 10~12℃, 特别是夏季, 额定工况下达到 178℃, 比设计值高 25℃。为了降低锅炉排烟温度, 决定设计一种分体式热管暖风器, 安装在空预器下方, 以达到排烟余热回收的目的。

2 技术改造方案

热管是一种高效的传热元件。它依靠管内工质的沸腾和凝结来传导热量, 其换热系数很高、热阻极小。胜利发电厂设计的热管式暖风器结构见图 1, 其工作原理为: 烟道内热管中的水吸接管外烟气热量汽化为蒸汽, 蒸汽通过导汽管引入风道内热管, 在风道中放出热量变为凝结水, 再通过导管流回烟道内的热管, 如此完成整个循环。热管式暖风器设计成 3 组不等螺旋鳍片管的受热面, 管采用顺列布置, 分体式结构。烟道内的迎风受热面、汽和水导管及热管联箱加装耐磨装置。

热管式暖风器设计计算参数见表 1。

表 1 热管式暖风器热力计算结果

	烟气侧	空气侧
入口温度/℃	$t' = 160$	$t'' = 20$
出口温度/℃	$t'_e = 148$	$t''_e = 35.51$
气体流量/ $m^3 \cdot s^{-1}$	$V_y = 229.24$	$V_k = 182$
气体流速/ $m \cdot s^{-1}$	$u_1 = 11.44$	$u_2 = 6.82$
传热温差/℃	$\Delta t_c = 53.78$	$\Delta t_e = 71.97$
传热热阻/支 $^\circ C \cdot W^{-1}$	$R_e = 0.0116169$	$R_c = 0.0116169$
传热量/kW	$Q_1 = 3860.42$	$Q_2 = 3667.40$
流体阻力/Pa	$\Delta P_1 = 306.36$	$\Delta P_2 = 73.02$
热管内的工质温度/℃	$T = 100$	

根据计算结果, 在锅炉乙侧空预器下方烟道内, 沿烟气流向布置 8 排倾斜 25° 的热管, 共有 24 片热管组; 在乙侧空预器下方的送风道内, 沿空气流向布置 4 排倾斜 10° 的热管, 共有 12 片热管组; 其中烟道内每两片组件与风道内的一片热管组件分别通过两根导汽管和 1 根凝结水管相连, 构成一个独立的循环回路系统, 共计有 12 组独立循环系统。烟道内的热管管组布置高度低于风道内的热管管组, 以利于循环, 见图 1 和图 2。

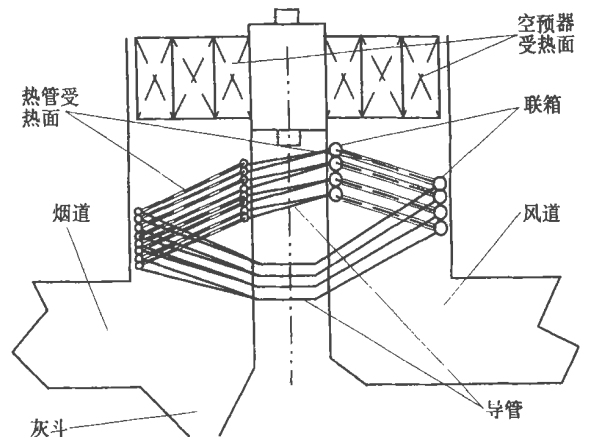


图 1 热管式暖风器立体布置图

每根导汽管和每根水管上分别设有排气和放水

阀门, 见图 3。

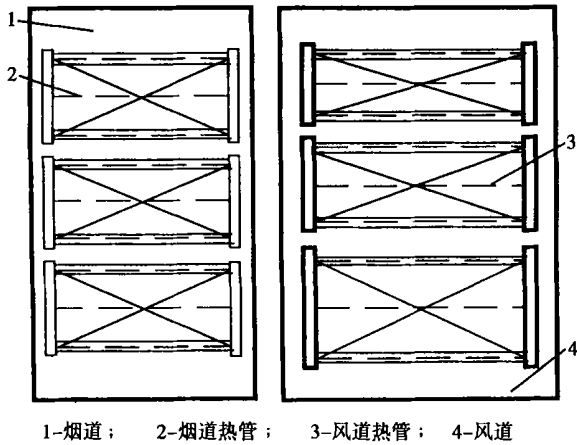
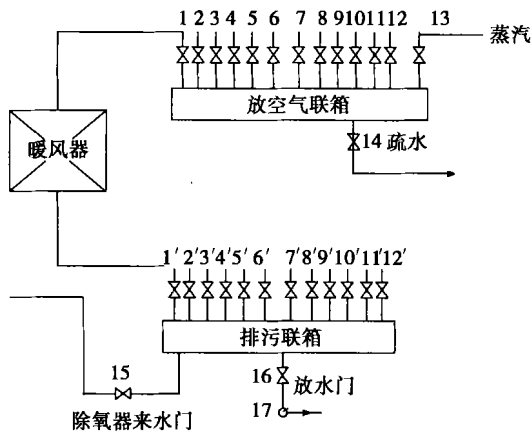


图 2 热管式暖风器水平布置图



1 ~ 12 - 各回路放空气门; 13 - 公用蒸汽来汽门;
1' ~ 12' - 各回路排污门; 17 - 临时用水流量计

图 3 热管式暖风器排空、排污系统示意图

3 分体式热管暖风器的调试投运

该分体式热管暖风器, 于 2001 年 4 月 1 号机组小修期间在锅炉乙侧空预器下方进行安装, 并在锅炉启动前进行投运调试。

(1) 热管式暖风器安装前进行酸洗处理, 安装完毕后进行冷态检查和验收, 然后分回路进行大流量除盐水冲洗, 直至合格。

(2) 将热管式暖风器各组受热面注满水, 进行 0.8 MPa 水压试验, 合格后进行彻底放水, 放水过程中对每组热管的容积进行计量, 以便准确掌握充入暖风器管内水的数量。

(3) 热管内工质的注入, 如图 3 开启各组受热

面排污阀门和空气阀门, 利用机组除氧器 0.7 MPa 的饱和水对各回路进行静压供水, 直至各组热管空气阀门出水后, 关闭所有排污阀门和空气阀门, 然后分别开启各组热管的排污阀门依次进行放水, 每组受热面放水量为总容积的 50%^[1]。热管放水操作过程中严禁空气进入热管内。其办法是: 开启该回路排空气阀门及排空气联箱来汽阀门 13, 利用厂公用蒸汽联箱中 0.6 MPa 的过热蒸汽对各回路顶压放水。放水至计量确定容积后, 关闭回路空气阀门及排污阀门。

按上述方法对 12 组循环回路进行同样操作后, 热管暖风器进入备用或运行状态。

4 使用效果测试及经济效益分析

4.1 测试结果及分析

2001 年 10 月对暖风器烟侧出入口烟温进行了测试, 在热管暖风器出、入口烟道上分别按网络法依次对应确定 4 个烟温测点, 同时测量暖风器的出、入口烟温, 测试结果见表 2。由表 2 可以看出: 加装暖风器后排烟下降了 $173.5 - 156.3 = 17.2$ °C, 同时温度场分布趋向均匀, 由空预器出口最大烟温差测点 ①、④的 $185.8 - 154.8 = 31$ °C 降为暖风器出口对应测点 ①、④的 $163.3 - 144.8 = 18.5$ °C。

表 2 热管暖风器出、入口烟气温度截面分布情况

温度测点	测点①	测点②	测点③	测点④	平均温度
暖风器入口烟温/°C	185.8	184.5	168.8	154.8	173.5
暖风器出口烟温/°C	163.3	164.0	153.0	144.8	156.3

表 3 加装暖风器后锅炉排烟温度与上年同期平均排烟温度对比 (°C)

机组负荷/MW	暖风器投运前 (甲、乙两侧)	暖风器投运后 (甲、乙两侧)	暖风器投运前 后烟温变化量
180 ~ 210	150/153	142/140	-10.5

表 3 给出了加装暖风器后锅炉排烟温度与上年同期平均排烟温度对比情况, 可以看出: 由于本暖风器只装在乙侧, 甲乙侧烟道温度调节到一致的情况下, 相同负荷暖风器投入运行后比未投运前排烟温度平均降低了 10 °C 以上, 这说明暖风器的传热量超出了设计效果, 这是因为暖风器的入口烟温较设计值高, 传热温差较大。同时, 受热面计算时未考虑导汽管和联箱的换热。

4.2 经济效益分析

通常情况下, 670 t/h 锅炉排烟温度降低 10 °C, 可降低供电煤耗 2 g/(kWh)。按本厂近 3 年平均每年每台机组发电 13.5 亿 kWh 时计算, 则每年少耗标煤 $2 \times 10^{-6} \times 13.5 \times 10^8 = 2700$ t, 合人民币 $260 \times 2700 = 70.2$ 万元。同时热管暖风器代替原蒸汽暖风器后, 暖风器按每年投运 5 个月计算, 可节约蒸汽 18250 t, 相当于 1643 t 标煤, 合人民币 $260 \times 1643 = 42.7$ 万元。两项合计每年 $70.2 + 42.7 = 112.9$ 万元, 本改造总投资为 98 万元, 不到 1 年就可收回投资。

5 结束语

(1) 暖风器结构上分高、中、低温 3 组布置在回转式空预器下方的烟、风道内, 此种布置方式与传统方式相比减少了穿墙管数量, 不仅大大减少了管材, 提高了烟、风道的严密性, 而且不占用烟、风道外原有空间, 不影响回转式空预器下轴承处的巡检和检修。

(2) 热管暖风器设有排水排气系统, 可根据需要随时调整排水、排气, 从而避免热管失效。

(3) 利用除氧器对热管充水, 除氧水对于受热面内壁有着很好的防腐、保护效果, 利用锅炉炉顶蒸汽伴热疏水管对热管抽取真空, 整个受热面现场组装, 工艺简单, 费用少。

(4) 热管暖风器具有较好的自补偿性能, 当季节、负荷变化引起烟温变化时, 热管内的水循环流量随烟温升降同步增减。

(5) 热管式暖风器很好的解决了原有蒸汽暖风器容易发生水冲击、经常泄漏和运行不可靠等问题, 节约了蒸汽。

(6) 加装热管式暖风器后, 在相同条件下, 排烟温度平均降低 10 °C 以上, 机组供电煤耗降低 2 g/(kWh)。

(7) 将暖风器受热面按不同烟温分布设计成 3 组不等的受热面, 减轻了空气预热器低温段的低温腐蚀。

参考文献:

[1] 王文, 熊锐, 屠传经. 分离型热管的冲液量分析[J]. 动力工程, 1997, 17(3): 66-68.

(辉 编辑)

(上接第 97 页)

(1) 100% 负荷下节流阀开度计算结果用于 85% ~ 100% 负荷;

(2) 70% 负荷下节流阀开度计算结果用于 55% ~ 85% 负荷;

(3) 30% 负荷下节流阀开度计算结果用于 55% 负荷以下。

这样就可以减少阀门调整次数, 既能满足要求, 又能延长阀门的使用寿命。

4 结 论

(1) 提出了一种快速高精度的水动力调整的方法——热态调整法。通过热态调整法的数学模型可直接求解各回路节流阀开度, 实现了调整的一次到

位;

(2) 根据热态调整法, 开发了一套水动力调整的应用程序, 用于对直流锅炉的计算。

参考文献:

[1] 张才根, 邵国桢, 吴本丰. UP 型直流锅炉膜式水冷壁的热敏感性[J]. 锅炉技术, 1992(1): 1-7.
 [2] 单昌伦. 国产 1025 t/h 直流锅炉水冷壁管爆破原因分析及消除[J]. 上海电力, 1990(1): 8-12.
 [3] 张才根, 庄文贤, 邵国桢. UP 型直流锅炉水冷壁的水动力调整[J]. 锅炉技术, 1987(3): 1-9.
 [4] 杨源泉. 阀门设计手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1992.
 [5] 电站锅炉水动力计算标准方法[S]. JB/Z201-83, 1983.
 [6] 林宗虎. 汽液两相流和沸腾传热[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1987.

(辉 编辑)

(Harbin No. 703 Research Institute, Harbin, China, Post Code: 150036), ZENG Xi (Military Representative Office of the Chinese People's Liberation Army Stationed at Jiangnan Shipyard, Shanghai, China, Post Code: 200011), YANG Nai-mu (Thermal Power Plant of Jilin Petroleum Group Co. Ltd., Songyuan, Jilin Province, China, Post Code: 138000) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2004, 19(1). — 89 ~ 92

The adoption of intercooling and regeneration technology represents a major development tendency for a new generation of marine main propulsion plants. On the basis of a simple-cycle marine gas turbine (called MGT for short) several problems involved in its upgrading to a MGT with intercooling and regeneration were discussed. A steady-state mathematical model and an optimization mathematical one were set up. Work assignments concerning parameter optimization, modification scheme justification and demonstration were carried out along with the calculation of off-design operating conditions.

Key words: gas turbine, intercooling, regeneration, optimization, off-design operating conditions

采用 PLC 实现孤网电站负荷管理系统自动化 = **Programmable Logic Control-based Automation of a Load Management System for the Power Plant of an Isolated Network** [刊, 汉] / JIN Wei-wu, WU Hao-shan (Wuxi Division of Harbin No. 703 Research Institute, Wuxi, China, Post Code: 214151), CHEN Cai-wang (Taxinan Electric Power Co. of Tarim Oil Field Sub-Company under the Xinjiang Zepu Petroleum Base, Zepu, Xinjiang, China, Post Code: 844800) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2004, 19(1). — 93 ~ 94

In connection with the engineering design of the gas turbine power plant of an isolated network a process of programmable logic control-based automation is expounded of the load management system for a power plant. It can be shown that such an approach of automation process features a simple construction, operational safety and reliability as well as ease of operation and revision in addition to the attainment of a high performance-price ratio. It is fully suited to the characteristic features of power plant operation in an isolated network. **Key words:** isolated network, programmable logic controller, load management system, low-frequency load reduction, rotation margin

垂直管屏式直流锅炉热态水动力调整方法 = **Hot-state Hydrodynamic Adjustment Method for a Vertical Water-wall Once-through Boiler** [刊, 汉] / ZHANG Zhi-zheng (Energy Engineering Department, Changchun Engineering Institute, Changchun, China, Post Code: 130012), ZHOU Yun-long (Power Engineering Department, Northeast Electric Power Institute, Jilin, China, Post Code: 132012) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2004, 19(1). — 95 ~ 97, 100

In the light of actual on-site conditions and on the basis of the assimilation of a huge amount of relevant technical literature the authors have come up with a new hot-state hydrodynamic adjustment method for vertical water-wall once-through boilers. The recommended method can eliminate the defects specific to a cold-state hydrodynamic adjustment method. Furthermore, with the use of a mathematical model of the hot adjustment method it is possible to directly solve for the opening degree of each throttle valve, thus realizing the hydrodynamic adjustment at one stroke. A hydrodynamic adjustment program has been prepared for SG-1025-2UP type once-through boilers with relevant calculations being performed, thus verifying the rationality of the adjustment program. **Key words:** once-through boiler, hydrodynamics, adjustment

分体式热管暖风器在 670 t/h 锅炉上的应用 = **The Use of a Split-body Heat-pipe Warm-air Heater on a 670 t/h Boiler** [刊, 汉] / MA Yu-feng, YI Xiao-tian, PAN Guang-chun, et al (Shengli Power Plant, Dongying, China, Post Code: 257087) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2004, 19(1). — 98 ~ 100

To cope with the excessive rise in exhaust gas temperature after the modification of the air heater of a 670 t/h boiler installed at Shengli Power Plant, it is decided to implement a technical scheme of adding a split-body heat-pipe warm-air heater. When the heater was put into operation the air temperature at the inlet of the air heater would increase, thus protecting the latter from low-temperature corrosion and also reducing ash fouling. Meanwhile, the aim of lowering the exhaust gas temperature has also been attained. **Key words:** boiler, split-body heat pipe, air heater, low-temperature corrosion, exhaust gas temperature, waste heat utilization