

600 MW 机组锅炉暖风器及疏水系统改造与运行优化

王 荣¹, 李春光², 陈小红³

(1. 内蒙古京隆发电有限公司, 内蒙古 丰镇 012100; 2. 黑龙江省火电第三工程公司, 黑龙江 哈尔滨 150001;
3. 中国船舶重工集团公司第七〇三研究所, 黑龙江 哈尔滨 150078)

摘 要: 京隆发电 2 × 600 MW 机组锅炉暖风器原设计为水平不可调式, 疏水系统采用传统的“疏水泵→除氧器”布置方式运行, 经常出现暖风器疏水不畅、疏水泵运行故障等问题, 每年需要大量维修费用。通过对暖风器、疏水器进行改造和重新布置疏水系统、优化运行逻辑, 提高了暖风器及疏水系统的可靠性和经济性, 每年可节约费用 84 余万元。

关 键 词: 疏水系统; 设备改造; 经济性分析

中图分类号: TK11 + 4 文献标识码: A

1 设备概况

暖风器是利用锅炉蒸汽加热空气的换热设备。京隆发电 2 × 600 MW 机组每台锅炉配备 2 台 SAH - II - 4JL 型一次风暖风器、2 台 SAH - II - 3JL 型二次风暖风器 3 台 ISR100 - 65 - 315 型暖风器疏水泵。一、二次风暖风器疏水各用 1 个疏水器, 疏水经过疏水管道进入疏水箱, 疏水箱下游布置疏水泵。疏水泵正常运行时, 1 台投用 2 台备用, 原一、二次风暖风器设备规范及参数如表 1 所示。

2 改造前系统存在的问题

由于原暖风器及疏水系统设计存在缺陷, 导致近年来暖风器及疏水系统运行一直不稳定, 影响机组运行的稳定性与经济性, 原暖风器疏水系统如图 1 所示。

2.1 暖风器不可旋转, 风机运行阻力大

原暖风器为水平固定布置, 螺旋翅片管布置相对较密, 机组运行中暖风器差压较大, 随着机组运行时间的增长, 散热片积灰日趋严重, 压差不断增大, 换热效果下降, 冬季投暖风器后空气预热器入口风温远小于 20 - 25 °C, 低负荷时综合冷端平均温度只

有 55 °C, 达不到 68.3 °C 的标准。在暖风器闲置期间一次风机、送风机能耗严重浪费, 同时易引起一次风机失速, 给机组安全运行带来隐患^[1]。

表 1 原一、二次风暖风器设备规范及参数^[2]

Tab. 1 Equipment specifications and parameters of the original primary and secondary air heater

参数	一次风	二次风
型式	08F 钢翅片管	08F 钢翅片管
型号	SAH - II - 4JL	SAH - II - 4JL
每台暖风器并联片数	2 组	3 组
每台暖风器串联组数	1 组	1 组
设计压力/MPa	1.2	1.2
设计温度/°C	360	360
传热系数/W · (m ² · K) ⁻¹	92.38	59.7
安全系数	1.2	1.2
加热面积(管内面积)/m ²	404.7	989.5
每台暖风器管排数	4	3
每台暖风器管长/m	2.48	4.08
总换热面积/m ²	493.8	1200
总迎风面积/m ²	4.021	11.688
结构尺寸 L × W × H/mm	2 600 × 2 600 × 500	4 600 × 4 200 × 900
暖风器总重量/kg	2356	6930

2.2 疏水器选型偏小, 疏水管路设计不合理

原疏水系统为两侧一、二次风暖风器分别用 1 个疏水量为 8 - 10 t/h、10 - 15 t/h 的疏水器。理论上 2 个疏水器最大疏水量可达 25 t/h, 但实际运行时 2 个疏水器的最大疏水量仅能达到 16 - 20 t/h 左右。当环境温度低、负荷高、供汽量大时会出现疏水不畅, 暖风器出口风温低的现象, 只能通过开启疏水旁路门的方式增加暖风器进汽量来满足出口风温的要求。当疏水器旁路门开启后疏水温度高达 120 - 180 °C, 远远超出暖风器疏水泵的最高工作温度 130

收稿日期: 2014 - 01 - 16; 修订日期: 2014 - 03 - 28

作者简介: 王 荣(1983 -), 男, 内蒙古人, 内蒙古京隆发电有限责任公司工程师, 工学硕士。

℃ , 导致疏水泵频繁损坏。

2.3 系统疏水温度不好控制

当环境温度低于 -20 ℃ 时 , 要想保证一、二次风暖风器出口风温 , 必须开疏水旁路门 , 但疏水器旁路门开启后疏水温度可高达 120 - 180 ℃ , 这一温度远远超出疏水泵的正常工作温度。或当自由式浮球疏水器浮球变形疏水器故障时 , 疏水器工作不正常 , 疏水温度也会增加至 150 - 180 ℃ , 超过了疏水泵使用极限工作温度 130 ℃ , 疏水泵机封及密封环损坏 , 检修频繁^[3]。

2.4 疏水系统无启动旁路。

暖风器在进入秋季投运或检修后需要投运 , 管道均处于冷态 , 为了防止因管道内积水引起的水冲击 , 投运暖风器时必须先进行暖管 , 此时水质不合格 , 不能进行回收 , 需排至定排扩容器。原疏水系统设计存在缺陷 , 暖风器投运时无启动旁路 , 高温蒸汽无法通过管道直接排至定排扩容器 , 只能通过水泵排走 , 近 300 ℃ 、0.8 MPa 的高温蒸汽每次投暖风器都会对疏水泵造成巨大的损害 , 3 台疏水泵机封、O 型密封圈等都会烧坏。

2.5 系统运行逻辑设计不合理

疏水系统运行方式为疏水泵启动联开疏水泵出口电动门 , 电动门后至除氧器有一气动门处于常开位置 , 虽然暖风器疏水箱设计了高低水位保护 , 高水位联启疏水泵 , 低水位停泵 , 但是由于疏水泵至除氧器调门设成全开 , 疏水量每小时一般小于 20 t , 水泵出力每小时 60 t , 导致水泵运行几分钟后就会停下 , 频繁启停泵容易造成疏水泵入口形成气蚀 , 打空泵 , 引起水泵振动。

3 改造方案

3.1 进行旋转暖风器改造。

由于改造前暖风器不可调 , 暖风器停运期间风机阻力大 , 能耗高 , 并有失速风险。改造后的暖风器具有以下特点:

(1) 可旋性。在春、秋季切除暖风器时 , 暖风器各管箱可旋转 90° , 使风道差不多成为空风道 , 从而大大节省风机电耗。更重要的是 , 公司最高负荷恰恰在这个时段一次风压最大。因此 , 可旋性的特点就可以避免一次风机失速、抢风^[4]。暖风器停运及投运时内部结构如图 2、图 3 所示。

(2) 低阻力。暖风器设计中 , 采用较大的横向节

距、纵向节距以及翅片间距 , 形成稀疏管束结构。基本上解决了管束堵灰及阻塞杂物的问题 , 从而消除暖风器运行期间阻力迅速增大、消耗风机电能的现象。

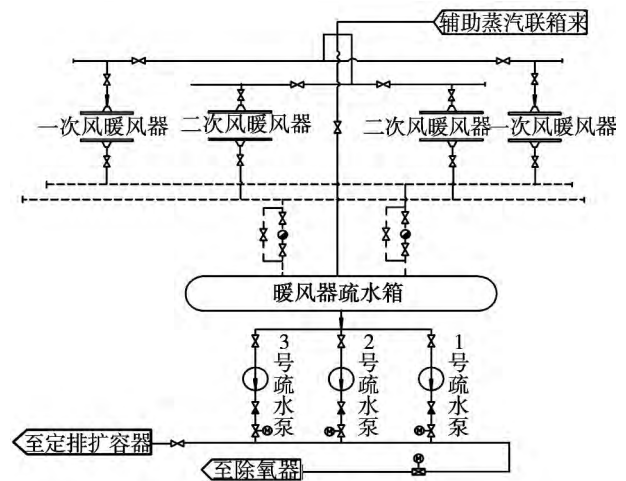


图 1 改造前暖风器系统示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the air heater system before the reconstruction

(3) 不泄漏堵灰。为防止暖风器管子泄漏和开焊 , 新改造暖风器设计有专门的热膨胀吸收结构 , 可自动吸收由于热胀不均造成的热应力 , 从根本上解决焊缝开裂和管子泄漏、积灰等问题^[5]。

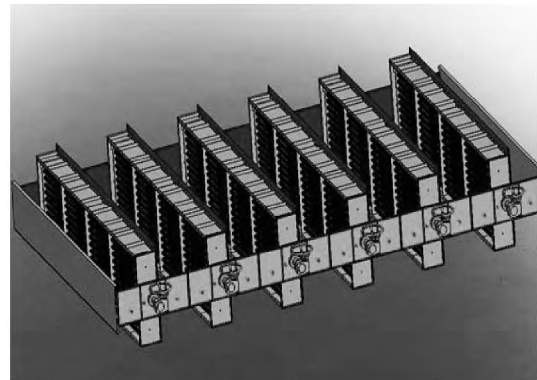


图 2 暖风器停运时效果图

Fig. 2 Chart showing the effectiveness of the air heater when it is shut down

3.2 更换大容量疏水器 , 同时对原有疏水系统优化

两侧二次风暖风器分别单独接一个疏水量为 15 t/h 的疏水器 , 之后接入暖风器疏水箱 , 避免两侧送风机工况不一样 , 两侧疏水温度压力不一样引起的疏水互相排斥的情况 , 同时疏水不畅的问题也得到了解决。

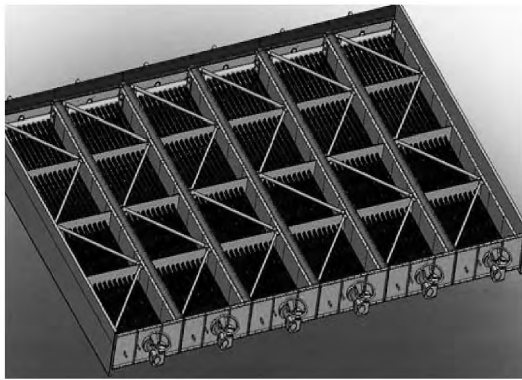


图 3 暖风器投运时效果图

Fig.3 Chart showing the effectiveness of the air heater when it is put into operation

表 2 节能型暖风器的主要技术参数

Tab.2 Main technical parameters of an energy-saving type air heater

参数	一次风	二次风
空气流量 / $t \cdot h^{-1}$	384.8	882.3
进口空气温度 / $^{\circ}C$	-19	-19
出口空气温度 / $^{\circ}C$	32	32
蒸汽设计温度 / $^{\circ}C$	350	350
蒸汽设计压力 / MPa	1.2	1.2
蒸汽消耗量 / $t \cdot h^{-1}$	10	23
投运时空气流动阻力 / Pa	200	200
换热面积(单台) / m^2	430	1100
重量(单台) / t	3	7.5
风道法兰内径 / mm	2600* 2600	4600* 4200
布置方式	5°倾斜布置	5°倾斜布置
换热片组数	2	6
换热管材料	20G	20G
翅片材料	铝	铝

3.3 疏水箱增加喷淋系统

当环境温度低及疏水器故障时,疏水箱温度异常升高,最高达 180 $^{\circ}C$,正常也在 120 $^{\circ}C$,对疏水泵影响极大。从除盐水管接一路进疏水箱做喷淋,喷头做成多孔眼型式,增加手动门及逆止阀,疏水温度高于 100 $^{\circ}C$ 时投入喷淋系统,疏水温度会下降 20 $^{\circ}C$ 左右,进一步降低疏水温度,提高疏水泵运行的稳定性。

3.4 增加暖风器启动旁路

从疏水箱底部至 3 台暖风器疏水泵入口手动门之间母管加三通,三通后加手动门,重新引一管路直接至定排扩容器管道。当暖风器正常运行时,至定

排扩容器手动门关闭,疏水泵入口手动门打开,当暖风器试投暖管及水质不合格不能回收时打开至定排扩容器手动门,关闭疏水泵入口手动门,直接将高温带压蒸汽排至定排扩容器,彻底解决高温不合格蒸汽将疏水泵机械密封及密封圈损坏的问题。

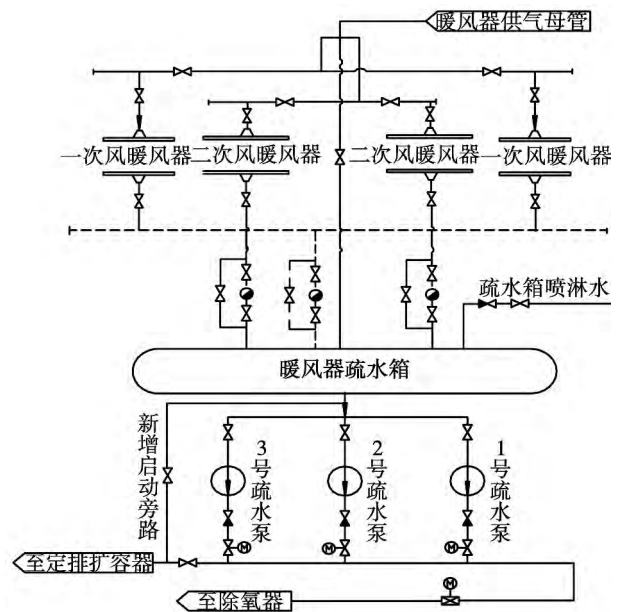


图 4 改造后暖风器系统示意图

Fig.4 Schematic diagram of the air heater system after the reconstruction

3.5 运行操作优化

与运行人员配合,通过将疏水泵出口至除氧器调门设自动,疏水箱保持高水位恒定运行,疏水泵长期处于运行状态不用频繁启停,3 台泵定期进行轮换,有效地解决了疏水泵损坏的情况。

通过对原有暖风器及疏水系统进行一系列改造优化,暖风器系统运行可靠性及经济性大大提高。新改造系统布置如图 4 所示,各项参数对比如表 3 所示。

表 3 暖风器及疏水系统改造前后各项技术参数对比

Tab.3 Contrast of various technical parameters of the air heater and water drain system before and after the reconstruction

参数	改造前	改造后
暖风器出口风温 / $^{\circ}C$	15	25
一次风压降 / KPa	3.5	2.9
二次风压降 / KPa	1.55	1.27
一次风机电流 / A	99	89
送风机电流 / A	198	177
疏水温度 / $^{\circ}C$	90 - 120	60 - 90

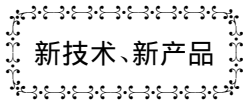
4 经济效益分析

暖风器改为可旋式, 停运时垂直于风道, 避免出现堵灰、风机阻力大等问题, 降低风机出口风压、降低一次风机失速风险, 提高了风机等设备运行的稳定性, 节约大量维修费用。一次风机(2台/炉, 按单台计算) 电机节约功率 54.61 kW; 二次风(2台/炉, 按单台计算): 电机节约功率 125.21 kW, 全年按 6 000 h 计算, 则全年单台机组节电产生的经济效益为 $6\,000 \times (54.61 + 125.21) \times 2 \times 0.371\,3 = 66.77$ 万元。疏水系统进行系列改造后, 系统运行稳定, 每年维护费用至少节约 4 万元。因此, 暖风器及疏水系统综合改造后每年至少为公司节约成本 84 万元。

参考文献:

- [1] 仝利娟, 姚季, 吴东垠. 锅炉应用旋转暖风器的运行效果[J]. 电站辅机, 2009(6): 28-31.
TONG Li-juan, YAO Ji, WU Dong-yin. Operation effectiveness of a boiler after rotary type air heaters had been used[J]. Power Plant Auxillary Equipment, 2009, 6: 28-31.
- [2] 中华人民共和国电力行业标准锅炉暖风器[S]. DL/T 455-2008.
DL/T 455-2008, Boiler air heater, standard of the People's Republic of China devoted to electric power sector[S].
- [3] 陈禄, 刘何. 电站燃煤锅炉暖风器投入条件分析[J]. 热力发电, 2009(2): 48-50.
CHEN Lu, LIU He. Analysis of the conditions for putting into operation an air heater of a coal-fired boiler in a power plant[J]. Thermal Power Generation, 2009(2): 48-50.
- [4] 周立辉, 魏彦筱, 胡胜利. 火电厂暖风器疏水系统改造[J]. 中国电力, 2004(12): 90-92.
ZHOU Li-hui, WEI Yan-xiao, HU Sheng-li. Reconstruction of the air heater and water drain system of a thermal power plant[J]. China Electric Power, 2004(12): 90-92.
- [5] 王荣, 付喜亮, 张慕海. 600 MW 机组锅炉暖风器疏水系统改造[J]. 内蒙古电力技术, 2011, 29(5): 50-53.
WANG Rong, FU Xi-liang, ZHANG Mu-hai. Reconstruction of the air heater and water drain system of a 600 MW boiler unit [J]. Inner Mongolia Electric Power Technology, 2011, 29(5): 50-53.

(陈滨 编辑)



新技术、新产品

简单循环转换联合循环

据《Gas Turbine World》2013年5-6月刊报道, 2012年年末经佛罗里达管理局批准, 坦帕电力公司将波克电站的2号-5号机组从简单循环转换成高效的4×1联合循环配置(4台燃气轮机+1台汽轮机的配置)。

坦帕电力公司与 Alstom 签订一个合同, 供货 STF60C 汽轮机和发电机组, 这将使现有4台机组总额定净输出功率从 660 MW 增加到 1 160 MW, 装置效率从简单循环的 36.5% 增加到联合循环的 57.5%。

Alstom 汽轮机发电机组将使用新余热锅炉蒸汽发电, 这些余热锅炉安装在现有 GE7FA.03 燃气轮机旁。

项目时间表要求按时完成联合循环转换并于 2017 年投入运行。

(吉桂明 摘译)

the guide device ,the distribution of the air field inside the air cooled unit and the temperature field on the surface of the heat exchanger tends to be uniform ,the back pressure in operation drops by around 1.1 kPa and the average power supply coal consumption decreases by 1.9 g/kW. h. **Key Words:** direct air cooled ,flow guide device , back pressure

某电厂 SCR 脱硝催化剂严重磨损原因分析 = **Analysis of the Causes for Serious Tear and Wear of Denitrification Catalyzer During the Selective Catalyzer Reduction (SCR) Process in a Power Plant** [刊 汉] DENG Jun-ci ,LI De-bo (Electric Power Science Research Institute ,Guangdong Power Grid Company ,Guangzhou ,China , Post Code: 510060) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2014 29(5) . -581 -586

In the light of the phenomenon that a serious tear and wear of the denitrification catalyzer happened during the SCR process in a power plant ,used was a self-designed catalyzer activity measuring device to perform the performance evaluation with the NO removal rate ,SO₂ and SO₃ conversion rate and specific surface area being measured and the microscopic morphology ,crystal type and element composition being analyzed. It has been found that the main causes for serious tear and wear of the catalyzer lie in a serious blockage of the reactors ,the blockage area accounting for about 1/4 to 1/3 of the total area and the catalyzer in the lower part of various reactors being relatively seriously collapsed. The serious tear and wear of catalyzer led to a conspicuous drop in denitrification rate of the denitrification system. **Key Words:** catalyzer ,activity ,tear and wear ,corrugated plate type

600 MW 机组锅炉暖风器及疏水系统改造与运行优化 = **Modification of the Air Heaters of a 600 MW Boiler Unit and Its Water Drainage System and Operation Optimization** [刊 汉] WANG Rong (Inner Mongolia Jinglong Power Generation Co. Ltd. ,Fengzhen ,China ,Post Code: 012100) ,LI Chun-guang (Heilongjiang Provincial Thermal Power No.3 Engineering Co. ,Beijing ,China ,Post Code: 150001) ,CHEN Xiao-hong (CSIC No.703 Research Institute ,Harbin ,China ,Post Code: 150078) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2014 29(5) . -587 -590

The original design of the air heaters of 2 × 600 MW boiler units in Jinglong Power Plant was horizontal and non-adjustable and the water drainage system adopted the traditional arrangement mode in operation: " water drain pump → deaerator" ,which often caused a series of problems such as the water drained from the air heaters was not smooth and free in flow and the water drain pumps malfunctioned during operation ,needing a great deal of maintenance expense in each year. Through a modification of the air heaters and steam traps ,rearrangement of the water drainage system ,optimization of its operation logic ,the reliability and cost-effectiveness of the air heater and water drainage system were enhanced ,thus saving a cost of RMB 700 000 yuan in each year. The forgoing can offer certain reference for power plants being under construction or in operation. **Key Words:** water drainage system ,equipment modification ,cost-effectiveness analysis