

# 某亚临界锅炉墙式辐射再热器技术改造

唐勇<sup>1</sup>, 李嘉康<sup>1</sup>, 潘丰<sup>1</sup>, 季益冰<sup>2</sup>

(1. 河北大唐国际张家口热电有限责任公司, 河北 张家口 075000;

2. 江苏骏辰能源科技有限公司, 江苏 张家港 215627)

**摘要:**针对2台300 MW 锅炉再热汽温低、屏式过热器壁温报警和过热器减温水量大的问题,分析了产生原因,提出了墙式辐射再热器改造方案,并进行了燃烧调整试验,改造后的实际运行数据表明,过热器壁温和减温水量得到改善,提高了再热器汽温。为同类型锅炉技术改造提供可借鉴经验。

**关键词:**墙式辐射再热器;安全性;经济性;锅炉改造

**中图分类号:**TK233.3

**文献标志码:**B

**文章编号:**1009-0665(2012)03-0073-03

某热电厂有2台亚临界HG-1025/17.5-YM33锅炉,机组分别于2009年11、12月投产运行。锅炉设计为一次中间再热、自然循环汽包炉,采用单炉膛平衡通风、四角切圆燃烧方式,设计燃料河北烟煤。锅炉以最大连续负荷为设计参数,最大电负荷为333 MW;机组额定电负荷为300 MW时锅炉的额定蒸发量为960 t/h;再热蒸汽进口压力3.42 MPa,出口3.58 MPa;再热器温度出口541℃,进口324℃;给水温度为275.4℃。该锅炉自投运以来,存在再热蒸汽欠温、屏式过热器壁温度超温和过热器减温水量大等问题,影响机组安全性和经济性。

## 1 锅炉投运后出现的问题

(1) 再热器蒸汽欠温。在运行燃烧调整时,为提高再热器蒸汽温度,向上摆动燃烧器喷嘴时还会发生后屏过热器金属壁温超温,容易爆管,严重威胁机组安全;由于后屏过热器金属壁温的限制给燃烧调整带来很大的局限性,为保证后屏过热器不超温,只有降低摆动火嘴角度,在150 MW低负荷情况下再热蒸汽欠温可达30℃以上,分析是锅炉再热器吸热量不足导致。因此,必须调整再热器受热面,使高温烟气热量尽量被有效利用,降低后屏升温压力和排烟温度。

(2) 再热器两侧温度偏差大。2台炉再热器蒸汽温度两侧偏差都大,最高可达30℃,可能是热量分布吸收不均匀所致。究竟是管路堵塞造成流量下降影响局部传热效果,还是计算误差导致分布热量偏差,需要重新核算。

(3) 过热器减温水量大,煤耗增加。某日4个运行班锅炉减温水量为35.6~57.5 t/h,2台锅炉实际减温水量高出设计值20~37 t,将增大发电煤耗。再热器减温水量对经济性的影响可按以下方法简

单计算:300 MW 机组每100 t/h再热器减温水增加5 g/(kW·h)的发电煤耗,上述减温水量约增加1.5~2.5 g/(kW·h)的发电煤耗,单台机按年运行6 000 h、250 MW 负荷计算,共增加标煤消耗3 000 t。锅炉改造前某一时刻实际有关运行参数如表1所示,300 MW 负荷下再热器出口温度比设计值低6.7℃。

## 2 墙式辐射再热器改造方案

针对以上问题,作者对锅炉整体受热面结构进行了校核计算<sup>[1]</sup>,发现再热器系统的受热面积偏小,采用增加墙式辐射再热器的换热面积试图改善再热汽欠温的问题。该型锅炉的再热器系统分为3个部分:墙式辐射再热器、后屏再热器和末级再热器。墙式辐射再热器布置在水冷壁前墙和水冷壁侧墙靠近前墙的部分,受热面高度为18.959 m,其最下端在分隔屏下3.353 m。前墙辐射再热器有224根D50 mm管子,两侧墙辐射再热器共有196根D50 mm管子,以节距50.8 mm沿水冷壁表面密排而成。后屏再热器位于后屏过热器和水冷壁悬吊管之间,一共30屏,管径D63 mm,以457.2 mm横向节距沿宽度方向布置。末级再热器位于水平烟道内,在水冷壁后墙悬吊管和水冷壁排管之间,一共有60屏,管径为D63 mm,以228.6 mm横向节距沿炉宽方向布置。

锅炉再热器技术改造根据文献[2]从墙式辐射再热器入手。墙式辐射再热器采用D51×4的12Cr1MoVG管子,总计420根。为了简化施工,降低改造成本,该次改造中采用受热面管件探入炉膛内的结构形式,将墙式辐射再热器受热面过渡连接的管子切除一部分,用新制作的U型弯管件连接完成过渡(如图1所示)。如果采用辐射再热器入口集箱向下方移动,并以此方式延伸辐射再热器管的方法会增大施工量并涉及到再热器管道的重新布置,造成施工难度和工作量增大。入口集箱的管座(D63×

表 1 锅炉改造前某一时刻实际运行参数

序号	项目	负荷 1	负荷 2	负荷 3	负荷 4
1	电负荷 /MW	156.7	208.1	250.6	299.0
2	主蒸汽流量 / $(t \cdot h^{-1})$	486	635	783	946
3	给水流量 / $(t \cdot h^{-1})$	530	678	819	1 009
4	汽包压力 /MPa	13.62	15.91	17.35	18.28
5	主蒸汽压力 /MPa	13.06	15.10	16.28	16.80
6	主蒸汽出口温度 / $^{\circ}C$	549.6/539.8 平均 544.7	541.6/535.9 平均 538.8	542.1/533.0 平均 537.6	542.4/535.3 平均 539.0
7	再热蒸汽出口温度 / $^{\circ}C$	497.8/519.4 平均 508.6	520.5/536.1 平均 528.3	522.9/545.0 平均 534.0	528.0/540.6 平均 534.3
8	一减前蒸汽温度 / $^{\circ}C$	423.9/410.2	411.8/400.2	409.9/402.9	399.6/397.7
9	一减后蒸汽温度 / $^{\circ}C$	348.7/350.3	359.2/387.0	369.2/383.0	383.8/394.4
10	二减前蒸汽温度 / $^{\circ}C$	547.1/524.7	520.6/519.2	510.5/508.7	528.2/509.9
11	二减后蒸汽温度 / $^{\circ}C$	502.4/519.0	516.1/518.9	502.6/500.7	503.5/505.6
12	一级减温水流量 / $(t \cdot h^{-1})$	26.1/21.2	34.7/7.7	34.7/17.3	18.2/3.2
13	二级减温水流量 / $(t \cdot h^{-1})$	8.3/1.9	1.2/2.6	1.9/0	11.6/2.6
14	减温水总量 / $(t \cdot h^{-1})$	57.5	46.2	53.9	35.6
15	燃料量 / $(t \cdot h^{-1})$	95	116	139	176
16	预热器入口烟温 / $^{\circ}C$	324.4/321.9	335.7/332.8	350.5/345.5	356.0/352.4
17	预热器出口烟温 / $^{\circ}C$	119.0/122.6	124.4/130.0	121.7/126.0	121.3/130.5
18	后屏过热器壁温 / $^{\circ}C$	575.0	570.0	565.0	530.0

4.5, 材质 20G) 与炉内 U 型管件 ( $D51 \times 4.5$ , 12Cr1MoVG) 焊接需要经过一个异径接头, 该异径接头与炉内的 U 型管件在出厂前完成焊接工作, 施工时每根管件只需焊接两道焊口。改造后墙式辐射再热器部位的水冷壁管件尺寸、形状也需要改变, 重新设计并更换锅炉前侧及左、右侧水冷壁异型管件 142 根。所有新增焊口均进行 100% 射线检验。

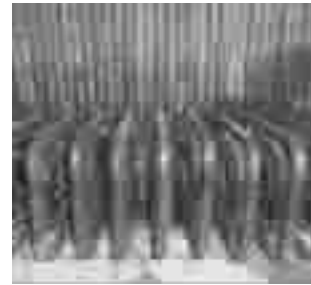
施工中墙式辐射再热器入口集箱的位置及其他附属结构不发生变动, 原设计中安装的保温、密封及化妆板, 改造后全部从新恢复。

### 3 改造后锅炉燃烧调整试验

2 号机组大修投运后, 华北电科院对其进行燃烧调整试验。墙式辐射再热器改造完成后炉内的燃烧工况有非常好的改进效果, 改造后的实际运行



(a) 改造前



(b) 改造后

图 1 墙式辐射再热器的改造

数据表明, 屏过金属壁温和过热器的减温水量均得到较好的改善, 有效提高了再热器汽温(如表 2 和表 3 所示)。试验期间未掺烧褐煤, 全部采用河北蔚县烟煤, 其煤质为: 全水分 18.6%, 灰分 26.38%, 挥发份 27.36%, 固定碳 41.99%, 低位发热量 16.87 MJ。采用正塔型的配风方式以强化炉内燃烧, 以增加新增墙式辐射再热器受热面的吸热能力。

表 2 2011 年 7 月 5-6 日平均入炉煤主要参数

项目	2:00~8:00	8:00~14:00	14:00~20:00	20:00~2:00	日平均值
全水分 /%	17.0	18.2	22.4	15.8	18.6
灰分 /%	26.47	22.90	26.89	30.36	26.38
挥发分 /%	25.50	28.48	28.08	26.34	27.36
固定碳 /%	44.02	43.82	40.53	39.82	41.99
低位发热量 / $(MJ \cdot kg^{-1})$	17.43	17.82	15.70	16.58	16.87

(1) 低负荷下再热器温度同比提高。150 MW 负荷下, 通过配风调整再热汽温提高到  $530.0^{\circ}C$ , 相比原来提高  $12^{\circ}C$ ; 200 MW 负荷下, 再热汽温提高到  $535.0^{\circ}C$ , 相比提高  $7^{\circ}C$ 。上述再热汽温的运行条件为: 屏过出口过热器壁温不超过  $570.0^{\circ}C$ , 氧量比正常配风低 0.5%, 再热器汽温上下有波动, 但可持续,  $NO_x$  排放浓度基本不变。

(2) 一、二次风温升比改造前提高。从表 3 炉烟温度和空预器温度看, 2 号炉空预器入口烟温比未改造前略低, 墙式辐射再热器面积增加后炉膛吸热增加, 对炉后的烟温略有影响。空预器检修时进行了水冲洗, 受热面干净, 堵塞减少, 烟气的差压也小, 所以一、二次风的温升 2 号炉均大于 1 号炉, 锅炉热效

表3 空气预热器入和出口烟气温度等参数对比

项目	1号炉(未改造)	2号炉(改造后)
负荷/MW	296.9	300.9
空气预热器入口烟温/°C	360.0,364.0/ 360.0,355.0 平均 359.8	356.0,359.0/ 352.0,359.0 平均 356.5
空气预热器出口烟温/°C	139.0,144.0/ 127.0,131.0 平均 135.2	141.0,131.0/ 140.0,129.0 平均 135.2
预热器烟气侧压差/kPa	1.09/1.25	0.67/-
一次风量/(t·h <sup>-1</sup> )	286	294.3
二次风量/(t·h <sup>-1</sup> )	646	723.5
一次风入口温度/°C	38.6/37.8	40.4/38.5
一次风出口温度/°C	322.7/317.0	331.7/319.8
一次风温升/°C	282.0	286.0
二次风入口温度/°C	28.9/30.8	31.5/28.0
二次风出口温度/°C	329.9/322.0	335.7/338.0
二次风温升/°C	296.0	307.0
煤量/(t·h <sup>-1</sup> )	159	151

率高于1号炉。对2号炉而言,1号炉负荷低1%,煤量高5.3%。300 MW负荷下,2号炉一次风温升提高了4.0 °C;空预器进口温度2号炉比1号炉还低约3 °C,但2号炉二次风温升比1号炉高多11 °C。

(3) 金属壁最高温度和再热器两侧温差下降。300 MW电负荷下,2号炉屏过最高壁温518.1 °C,较改造前最高壁温1号炉556.8 °C下降了38 °C。150 MW负荷下,2台炉燃烧器摆角保持在16%时,2号炉左右侧再热器出口温差降低了10 °C。改造前,左侧481.9 °C,右侧502.6 °C,平均为492.3 °C;改造后,左侧494.4 °C,右侧509.8 °C平均为502.1 °C,通过配风调整再热汽温可以提高到530.0 °C。

(4) 改造后过热器的减温水量变化如表4所示,在负荷基本相同下,同时间相比,过热蒸汽减温水总量,2号炉明显降低了19 t/h。

表4 改造后过热器的减温水量变化(同一时刻)

项目	1号炉(未改造)	2号炉(改造后)
负荷/MW	296.9	300.8
主汽温度/°C	539.5/538.9 平均 539.2	537.6/528.4 平均 533.0
主汽压力/MPa	16.79	16.41
主汽流量/(t·h <sup>-1</sup> )	918.7	940.9
一级减温水量/(t·h <sup>-1</sup> )	22.7/5.4	19.1/0
二级减温水量/(t·h <sup>-1</sup> )	7.0/8.8	5.7/0
过热器减水总量/(t·h <sup>-1</sup> )	43.8	24.8

## 4 结束语

某热电公司2号锅炉墙式辐射再热器的改造和运行方式优化调整,在保证后屏过热器金属壁温不超过570.0 °C的条件下,再热蒸汽出口温度可达到530.0~540.0 °C,较改造前提高20 °C,供电煤耗降低1.6g/(kW·h),年节省标煤3 000 t左右,标煤按620元/t,每年可节省186万元;同时也减少了汽轮机因再热汽过热度不够而产生的末级叶片冲蚀的危险,可供同类机组再热器改造参考。

### 参考文献:

- [1] 前苏联全苏热工研究所(BTN),中央锅炉透平研究所(UKTH).锅炉机组热力计算一标准方法[M].北京:机械工业出版社,1978.
- [2] 陈听宽.锅炉原理[M].北京:机械工业出版社,1979.

### 作者简介:

唐勇(1970),男,吉林人,副总经理,从事电厂生产管理工作;  
李嘉康(1987),男,河北张家口人,助理工程师,从事电厂设备生产管理工作;  
潘丰(1971),男,河张家口人,助理工程师,从事热电厂设备管理工作;  
季益冰(1986),男,江苏张家港人,助理工程师,从事电站和工业锅炉设计制造工作。

## Technical Reform of the Wall-type Radiation Reheater Installed in One Subcritical Boiler

TANG Yong<sup>1</sup>, LI Jia-kang<sup>1</sup>, PAN Feng<sup>1</sup>, JI Yi-bing<sup>2</sup>

(1. Datang Zhangjiakou Thermal Power Generation Co.Ltd., Zhangjiakou 075000, China;

2. Junchen Energy Technology Co.Ltd., Zhangjiagang 215627, China)

**Abstract:** Focusing on the low reheat steam temperature, overheating of platen superheater tube wall as well as the overlarge consumption of attemperation water, this paper firstly analyze the root causes, and then propose a reform scheme for the radiation reheater. In addition, combustion adjustment experiment has also been implemented. The field operation data obtained after reform indicate that the reheat steam temperature has increased and the issues associated with superheater tube wall temperature and attemperation water have also been mitigated. This work can provide valuable reference for the reform of similar boilers.

**Key words:** wall-type radiation reheater; safety; economy; boiler reform