

410 t/h 锅炉提效达标治理与优化

刘新旺

(中国石化资产公司安庆分公司, 安徽 安庆 246015)

摘要:通过对安庆分公司热电部 4 号炉尾部受热面的治理与优化,采用螺旋翅片管和螺旋槽管进行省煤器和空气预热器的设计改造。锅炉效率提高 2.76%,漏风率下降 17.17%。为在役同类型高能耗老旧锅炉机组提效改造提供了借鉴。

关键词:排烟温度;漏风;治理;优化

Abstract: Through controlling and optimizing the heating surface at the end of No. 4 boiler in Thermal Power Plant of Anqing Branch Company, the design and transformation of the economizer and air preheater are carried out using spiral fin tube and spiral grooved tube. The efficiency of boiler is improved by 2.76%, the rate of air leakage drops 17.17%. It gives a reference for the efficiency transformation of old boiler of the same type which is in service with high energy consumption.

Key words: exhaust gas temperature; air leakage; treatment; optimization

中图分类号: TK228 **文献标志码:** B **文章编号:** 1003-6954(2011)01-0087-04

0 前言

安庆分公司热电部 4 号炉系武汉锅炉厂生产的 WGZ410/100-11 型自然循环煤粉锅炉。制粉系统采用中间仓储式热风送粉,燃烧系统采用四角布置直流燃烧器。锅炉同时用于发电和供热。锅炉设计煤种为烟煤。

自 1990 年 4 号炉投产运行近 20 年,锅炉排烟温度一直高于设计值。投运之初,锅炉排烟温度比设计值高约 20℃,目前,锅炉的排烟温度平均达到了 180℃,夏天最高可达到 190℃,远大于 150.1℃ 设计值。过高的排烟温度不仅使锅炉效率长期不能达标,而且对后期石灰石-石膏湿法脱硫项目的正常运行造成影响,无法满足节能环保及安全生产要求。在设备方面,高温空气预热器一直未曾更换过,也存在着严重的堵管及漏风问题。

2007 年年底 4 号炉燃烧器改造之际,为降排烟温度,燃烧器中心下移了 400 mm,三次风喷口与上二风喷口对调,结果收效甚微。2009 年 7 月中国石化总部锅炉性能测试 4 号炉热效率为 88.58%,严重影响了机组的运行经济性。

为落实总部提出的三年炉效达标治理目标,从根本上解决 4 号炉排烟温度偏高和漏风等问题,热电部 2010 年 2 月委托武汉华是公司能源环境有限对 4 号

炉省煤器和空预器进行尾部受热面的设计改造。

1 尾部受热面简介

4 号炉省煤器装在尾部竖井中,分高温与低温两级布置,两级间有一次前、后交叉。工质逆流自下向上。高、低温省煤器在烟道宽度上分成左右对称两部分,另外,由于空气通道的原因,低温级省煤器又分前后对称的两部分,给水自左右两侧引入低温级省煤器进口集箱,经四组错列布置的 D32×4 mm 蛇形管逆流向上,分别引入 4 只低温省煤器出口集箱,再由 8 根 D108×8 mm 的管子从炉外前后交叉引入高温省煤器的左右两只高温省煤器进口集箱,经两组错列布置的 D32×4 mm 蛇形管逆流,分别引入高温省煤器出口集箱,最后经两根 D219×16 mm 的管子引到锅筒。高、低省煤器通过空心梁,支撑在护板上。

与省煤器相间布置有管式空气预热器,管子规格为 D40×1.5 mm, S₁ = 40 mm, S₂ = 60 mm 叉排布置。空气预热器分两级布置,分别为高温空预器与低温空预器,高温空预器一个行程,低温空预器两个行程,两行程间有连通箱连接。由于结构的要求,高温空预器在水平断面上烟道分为两部分,低温空预器分为四部分。空气从低温空预器两侧墙引入,从高温空预器前后墙引出,与烟气逆向流动。

空气预热器内烟气在管子内纵向冲刷受热面,空气在管外横向冲刷受热面,两级预热器沿锅炉宽度方向,分成 6 个管箱,这样高温空预器共 12 个管箱,低温空预器两行程,共 24 个管箱。

2 存在的问题

(1) 查阅 4 号炉 2009 年 1—7 月 (9—12 月停炉备用) 炉效测试报告发现,除元月外炉效、漏风率均未达标。统计数据见表 1。

表 1 4 号炉三项指标统计

月度	炉效 /%	漏风率 /%	排烟温度 /°C
1	90.17	19.43	135
2	89.35	21.97	134
3	89.02	35.5	133
4	89.14	21.75	160
5	88.42	22.98	172
6	88.81	21.71	172
7	89.17	20.56	174

数据来源:热电部 2009 年度生产月报

(2) 查阅 2009 年 6 月 1—7 日一周 4 号炉运行日志,高负荷时排烟温度平均 185°C,最高达到 194°C。见表 2。

表 2 一周排烟温度记录

日期	负荷 / (t/h)	排烟温度 /°C
2009-06-01	405	188/178
2009-06-02	393	187/176
2009-06-03	399	190/179
2009-06-04	387	188/180
2009-06-05	397	194/185
2009-06-06	370	194/182
2009-06-07	354	187/177

(3) 4 号炉与 6 号炉为同类型同蒸发量同煤种锅炉,具有较强的可比性,现将 4、6 号炉尾部受热面比较如下,4 号炉尾部设计受热面积明显不足,见表 3。

表 3 4、6 号炉尾部受热面面积比较

名称	4 号炉	6 号炉	差
低温省煤器 /m ²	1 004	1 939	-935
高温空预器 /m ²	8 299	9 450	-1 151
低温空预器 /m ²	12 575	13 793	-1 218

3 改造思路与技术原理

降低排烟温度最有效的方法是增加省煤器的布置,由于 4 号炉尾部受热面竖井结构空间的限制,整

体布置结构无法变动,多布置省煤器管和空预器管难度大。根据作业部 4 号锅炉尾部受热面检修改造方案讨论会纪要精神,武汉华是能源环境工程有限公司设计并做经济技术比较,在保持锅炉尾部构架不变的情况下,低温省煤器整个管组采用螺旋翅片管,保持省煤器集箱位置固定不动;空预器选用螺旋槽管是比较合适的选择。

4 号炉在停炉检查发现,由于高温空预器炉前侧管箱堵塞较为严重,造成炉后侧烟气流量增大,对锅炉尾部炉后侧省煤器管排冲刷,致使省煤器管磨损加剧;高温空预器炉后侧管箱管口处磨损严重,导致漏风,摸底试验锅炉甲、乙两侧高温空预器的漏风率分别达 7.2%、29.7%。考虑运行近 20 年的实际,高中温端预热器整体更换。

采用螺旋翅片管省煤器和螺旋槽管空预器,主要是强化烟气侧的热交换。省煤器规格 D32×4 管壁较薄, $d_e/d_i \leq 2$, 可将圆筒壁简化成平壁计算。如图 1 平壁的厚度为 δ 导热系数为 λ 。平壁的一侧有由同样材料制成的肋片,该侧的表面积为 F_2 (包括肋的表面积和肋与肋之间平壁本身的表面积)。而另一侧是光面壁,其表面积为 F_1 , 流过光面热流体的放热系数为 α_1 , 温度为 t_{f1} ; 流过肋面的冷流体的放热系数为 α_2 , 温度为 t_{f2} ; 相应的壁内外表面温度假定分别恒定为 t_{w1} 和 t_{w2} , 且 $\alpha_2 > \alpha_1$ 。

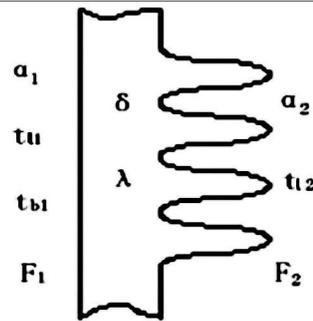


图 1 螺旋翅片管示意图

分析平壁基础上肋壁的传热方程式,得到肋壁的总热量为

$$Q_{肋} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 F_1} + \frac{\delta}{\lambda} \frac{1}{F_1} + \frac{1}{\alpha_2 F_2}} (t_{f1} - t_{f2}) \quad (1)$$

如果不加肋片,即两边都是平壁时,则 $F_1 = F_2$

$$Q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 F_1} + \frac{\delta}{\lambda} \frac{1}{F_1} + \frac{1}{\alpha_2 F_2}} (t_{f1} - t_{f2}) \quad (2)$$

比较式 (1) 和式 (2), 两式分母中的前两项都相

等,只有第三项不等。使用了肋片,故 $F_2 > F_1$,所以第三项相比是 $\frac{1}{\alpha_2 F_1} > \frac{1}{\alpha_2 F_2}$,因而 $Q_{肋} > Q$ 。这就是说加肋片后传热增强。

从上式可以知道,为了强化传热将光管省煤器制成螺旋翅片管省煤器,光管空预器制成螺旋槽管空预器,是增加传热的一个有效措施。

4 改造性检修

1)更换在运行中磨损的高温省煤器右侧进口 12 屏管排,原结构尺寸不变;周围结构空间的限制,低温省煤器整体布置结构不变,整个管组采用螺旋翅片管,省煤器集箱使用原设备,位置不变。低温省煤器更换后传热面积由原来的 $1\ 004\ m^2$ 增加到 $2\ 923\ m^2$ 。

2)为强化烟气侧传热,延长烟气流程,采用内螺旋管空气预热器对高温空气预热器 12 组管箱和低温空气预热器 12 组管箱整体更换。低温热段空预器传热面积由 $12\ 575\ m^2$ 增加到 $14\ 234\ m^2$,高温空预器传热面积由 $8\ 299\ m^2$ 增加到 $9\ 958\ m^2$ 。保持原大修支撑结构不变,低温空预器上层管箱高度稍做变化,便于检修、密封和装卸。

3)由于更换要求和管箱拆装过程中损坏等原因,空气预热器区域护板和杂件在改造中也进行更换。高温空气预热器的进口烟气膨胀节更换。

5 优化性检修

1)为优化制粉系统运行,大修集中围绕提高粗粉分离器的分离效率,重点处理折向门损坏部件,核对中心桶高度及杂物的清理。将制粉系统三次风门拆除,增装可调缩孔。

2)一次风测速装置更新为船形一次元件,取代老式靠背管测量元件,提高测量精度。

3)尾部受热面激波吹灰完善性检修。

4)消除炉本体与制粉系统漏风。经治理,消除了炉本体及制粉系统主要漏风点:

- ①水封槽插板腐蚀漏风检修;
- ②三次风燃烧器上方四角水冷壁管排漏风堵塞;
- ③变形的一、二、三次风喷口修复或更换;
- ④炉顶密封泄漏更新,消除穿墙管漏风;
- ⑤烟气系统膨胀节漏风检修或更新;

⑥制粉系统弯头等磨损管线检修或更换,消除系统漏风。

6 运行优化调试

1)通过三次风可调缩孔对四角三次风调平。

2)启动送风机再次对尾部受热面查漏消缺。

3)送引风机入口门开度核对调整,一二次风风速现场与 DCS 核对并调平;燃烧器周界风针对性调整。

4)粗粉分离器折向门开度核对,一致性调整锁定;系统各风门挡板现场与 DCS 标定核对。

7 治理效果检查

1)2010 年 6 月 21 日大修后启动运行,记录锅炉满负荷时尾部受热面参数如表 4。

表 4 410 t/h 负荷尾部受热面参数比对

名称	设计		运行(双磨)	
	进口烟温 /℃	出口烟温 /℃	进口烟温 /℃	出口烟温 /℃
高温省煤器	600	463.5	593	433
高温空预器	463.5	336	433	356
低温省煤器	336	264.8	356	238
低温预热器	264.8	132	238	138

尽管设计煤种与运行煤种以及运行工况存在差异,但是尾部受热面运行参数与设计值仍较相近,达到设计效果。

2)2010 年 7 月 7 日安徽新力公司对 4 号炉进行了常用煤种满负荷 3 个工况热效率及空预器漏风率的测试,试验结果达到了设计改造目标。详见表 5 和表 6。

3)2009 年 7 月总部 4 号炉炉效和漏风标定与 2010 年 7 月安徽新力 4 号炉炉效和漏风标定比对情况分析,改造检修后炉效提高 2.76%,尾部受热面的漏风率下降 17.17%,见表 7。

8 经济效益

以 2009 年 4 号炉运行时间等为基准,按锅炉蒸发量 329 t/h 蒸汽参数 530℃,压力 9.5 MPa 燃煤低位发热量 19 840 J/g 年运行 4 370 h 煤价 550 元/t 计,查焓熵图用正平衡法计算。

表 5 炉效率标定试验

	工况 1	工况 2	工况 3
$W_{ar} / \%$	6.2	6.2	6.2
$V_{daf} / \%$	23.77	23.77	23.77
$N_d / \%$	1.02	1.02	1.02
$C_d / \%$	60.45	60.45	60.45
$H_d / \%$	3.64	3.64	3.64
$A_d / \%$	28.10	28.10	28.10
$Q_{net,ar} / \text{kJ/kg}$	20604	20604	20604
$C_{th} / \%$	1.26	1.94	1.45
$C_{lz} / \%$	16.15	7.99	7.62
$q_f / \%$	1.33	1.14	0.93
$t / ^\circ\text{C}$	138.3	130	130.2
进口氧量 / %	6.08	—	—
出口氧量 / %	6.75	4.56	5.10
$q_e / \%$	6.52	5.20	5.38
$q_f / \%$	0.23	0.21	0.21
$De / (\text{t/h})$	410	410	410
实际蒸发量 / (t/h)	410	400	400
$q_g / \%$	0.59	0.61	0.61
锅炉效率 / %	91.33	92.84	92.87

表 6 工况 1 空预器漏风率

序号	项 目	数值
1	进口烟气氧量 / %	6.08
2	出口烟气氧量 / %	6.75
3	空预器漏风率 / %	4.23

(上接第 70 页)

5) 复合传感器与主变压器传感器孔靴的匹配。

近几年成都电业局所建武侯、安顺桥等 7 个变电站选用了(重庆)ABB 主变压器,其配套用了国内某厂家的温控仪,调试中发现,实验室检定合格的温控仪经现场安装后,无论油温或绕组均存在监控机数值小于本体温控仪数值。且随“负荷”愈重,有温差愈大趋势。经反复检查并卸掉传感器护套,发现主变压器传感器孔深与复合传感器不匹配,致使嵌套在气体温包上部的 Pt100 热电阻有近 1/2 位置不能全部进入油面下,而暴露在箱盖外,使其“本体”与“远方”取样不在同一个条件下。为此将变压器传感器孔洞,复合传感器各部分尺寸绘图传真给厂家,并提出压缩复

表 7 检修前后比对

	2009 年总部	2010 年新力	前后对比
炉效 / %	89.58	92.34	+2.76
漏风率 / %	21.4	4.23	-17.17

改造前每小时耗煤 $= 3.29 \times 10^5 (3454 - 901) / 0.8958 \times 19840 = 47.26 \text{ t/h}$

改造后每小时耗煤 $= 3.29 \times 10^5 (3454 - 901) / 0.9234 \times 19840 = 45.84 \text{ t/h}$

年经济效益 $= (47.26 - 45.84) \times 4370 \times 550 = 341.297 \text{ 万元}$ 。

9 结 语

随着节能环保理念的普及,采用节能高效技术改造老旧设备逐渐增多。通过对 4 号炉尾部受热面治理与优化后,锅炉的排烟温度大幅度降低,漏风率下降明显,锅炉热效率得到有效提升,满足了烟气脱硫及除尘器改造需求,取得了可观的经济效益,提前实现了总部三年炉效达标治理目标。

参考文献

- [1] 西安电力学校编. 热工学基础 [M]. 北京: 电力工业出版社, 1981.

(收稿日期: 2010-09-27)

合传感器尺寸,改进装配的技改方案。厂家积极响应,改换工艺工装,生产出新复合传感器(同时全部更换了与 ABB 变压器配套的温控仪)。

参考文献

- [1] 变电站综合自动化实用技术问答 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.
- [2] 变电站综合自动化实用技术 1 000 问 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2008.
- [3] 变压器温度控制器使用说明书 [Z].
- [4] 温度测量与仪表维修问答 [M]. 北京: 中国计量出版社, 2000.

(收稿日期: 2010-09-28)