

480 t/h 锅炉低氮燃烧器改造与运行优化调整

单锦宏

(盐城发电有限公司,江苏 盐城 224003)

摘要:介绍了盐城发电有限公司 10 号锅炉 480 t/h 四角切圆低氮燃烧器改造情况,改造后锅炉氮氧化物、飞灰含碳量、排烟温度、锅炉效率等指标都达到了设计要求,投产初期负荷变化过程中汽温波动幅度较大,通过运行优化调整,汽温变化满足负荷变化要求,对同类型机组低氮燃烧器改造与运行优化调整具有较好的参考价值。

关键词:锅炉;低氮燃烧器;改造;运行优化

中图分类号:TK224.1

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2014)06-0076-03

随着世界范围内环保压力的与日俱增,燃煤电厂的 NO_x 排放越来越受到重视,在降低 NO_x 的排放方面,使用低氮燃烧器是一个重要的选择,且具有应用广泛、结构简单、经济等优点,是燃煤电厂 NO_x 控制的首选技术^[1,2]。

1 改造前锅炉概况

盐城发电有限公司 10 号锅炉为上海锅炉厂 2004 年制造,2005 年 7 月投产,锅炉型号为 SG-480/13.7-M775 型,480 t/h 锅炉超高压自然循环锅炉,锅炉本体呈 II 型露天布置,采用全钢双排柱构架悬挂结构方式。燃烧器采用四角布置切向燃烧方式,在炉膛中心形成 D700 mm 的假想切圆,逆时针旋转,燃烧器的箱体固定于水冷壁上,随水冷壁一起向下膨胀;炉膛截面深×宽=9.6 m×9.6 m,宽深比为 1:1,炉膛容积为 2761 m³;燃烧器共设置四层一次风喷嘴,“下下”、“下上”一次风集中布置,采用水平浓淡分离燃烧技术;一次风设计风速为 24 m/s,二次风设计风速为 45 m/s,每组燃烧器各有二次风挡板四组,均由电动执行机构单独操作,燃烧器一次风喷嘴除下一次风不摆动,其余喷嘴均可手动上下摆动。制粉系统采用钢球磨中间储仓式乏气送粉系统,每台锅炉共配置 2 台 TDM350/600 型磨煤机。燃煤设计煤种为烟煤,目前正常为掺配煤入炉。

2 低氮燃烧器改造技术方案

更换现有燃烧器组件,包括四角风箱、风门挡板、燃烧器喷嘴体、角区水冷壁弯管等。对燃烧器进行重新布置,主燃烧器整体下移,改变假想切圆直径,调整各层煤粉喷嘴的标高和间距,增加新的燃尽风组件以增加高位燃尽风量。更换 A 层微油燃烧器和其他 3 层一次风喷口、喷嘴体及弯头,一次风全部采用上下浓淡中间带稳燃钝体的燃烧器;采用新的二次风室,适当减小端部风室、油风室及中间空气风室的面积;主燃烧器

区域下端部 AA 及燃尽风(OFA)、高位燃尽风(SOFA)二次风及一次风为逆时针方向旋转,切圆直径 D831 mm,其他的二次风改为与一次风形成 5° 角偏置,顺时针反向切入,形成横向空气分级;在燃尽风室两侧和 BC 两层一次风喷口之间加装贴壁风,风量重新合理分配,并调整主燃烧器区一二次风喷口面积,使一次风速满足入炉煤种的燃烧特性要求,主燃烧器区的二次风量适当减小,形成纵向空气分级,改造后燃烧器主要设计参数如表 1 所示。

表 1 改造后燃烧器主要设计参数

项目	数值
二次风速/(m·s ⁻¹)	45
二次风温/℃	308
二次风率/%	71
二次风中周界风份额/%	14
二次风中辅助风份额/%	56
二次风中燃尽风份额/%	30
一次风速度/(m·s ⁻¹)	24
一次风温度/℃	60
一次风率/%	25
燃烧器一次风阻力/kPa	1
燃烧器二次风阻力/kPa	0.8
相邻煤粉喷嘴中心距离/mm	1050/1150

在原主燃烧器上方增加 3 层 SOFA 分离燃尽风喷口,在主燃烧器上部两侧墙大风箱上盖开孔,向上衔接 SOFA 燃尽风道,与原来大风箱结构相似,保持较大的流通面积,形成统一的等压大风箱,阻力小,供风量能得到满足,分配足量的 SOFA 燃尽风量,SOFA 喷口可同时做上下左右摆动。改造后燃烧器由下至上依次为:AA 二次风、A 一次风(微油燃烧器)、AB 二次风、B 一次风、BC 二次风(带贴壁风)、C 一次风、CD 二次风(油)、D 一次风、OFA 二次风(带贴壁风)、SOFA1、SOFA2、SOFA3,改造后燃烧器分布方式如图 1 所示。

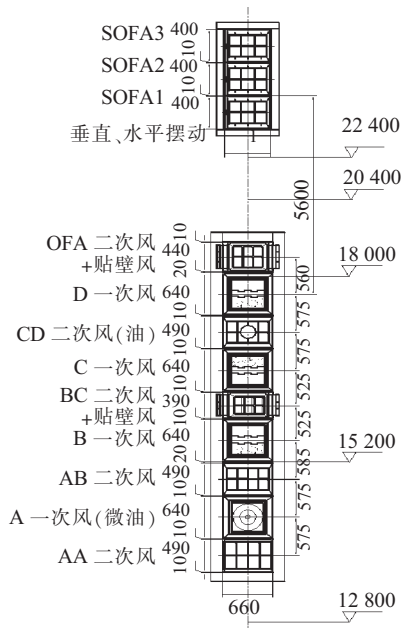


图1 改造后燃烧器分布方式

3 改造后运行调试

(1) 试验中选取 OFA, CD, BC, AB 二次风门, 在 130 MW 左右负荷下保持不同的开度燃烧所得到的飞灰含碳量, 以检验主燃区二次风量大小对飞灰含碳量的影响。试验过程中二次风门开度从 30% 到 100%, 飞灰含碳量从 3.6% 降至 1.6%, 氮氧化物排放从 250 mg/m³ 左右升至 340 mg/m³ 左右。试验结果表明二次风门开度越大, 飞灰含碳量越小, 说明燃烧越充分, 但是氮氧化物排放也随之升高, 而且主燃区局部热负荷也增大, 增加了主燃区结焦的可能性, 因此运行中保持合适的二次风门开度。

(2) 在 130 MW 负荷下测定, 不同氧量对应不同的 NO_x 排放及 CO 排放水平, 试验结果表明, 当实测氧量降低至 2.0% 以下时, 会使 CO 排放显著激增, 达到 25 μL/L, 尤其是尾部烟道的两侧达到 35 μL/L 左右; 增加氧量至 3.0% 时, CO 就会明显降低, 降至 10 μL/L 以下, 但是 NO_x 的排放也相应会升高, 因此在运行中应尽量控制氧量在合理范围内。

(3) 本次改造新增加了三层 SOFA 燃尽风, 试验为了检验 SOFA 风门开关对汽温和氮氧化物的影响, 为以后运行确定最佳开度, 试验选取 SOFA3 进行开关试验。试验结果表明, 当 SOFA 高位燃尽风开启后, 主汽温有小幅上升 3℃ 左右, 再热汽温则变化不明显, 而氮氧化物从 270 mg/m³ 左右降至 240 mg/m³ 左右, 下降 30 mg/m³ 左右, 降氮效果明显。

(4) SOFA 燃尽风摆角试验在 130 MW 负荷下进行, 投入主、再热汽温调节自动, 将摆角由水平位 (50%) 逐渐向下摆动至 20% 后, 观察主蒸汽温度出现小幅降低, 而再热汽温则变化不明显, 同时随着摆角向

下, 还原空间相对减小, 氮氧化物会略有升高, 而后再将摆角逐渐向上摆动, 由 20% 逐渐摆至 70%, 主、再热汽温随之升高 5℃, 减温水量也随之逐渐增大, 而氮氧化物从约 270 mg/m³ 降至约 230 mg/m³, 下降 40 mg/m³。

4 改造后运行优化调整

10 号炉调试期间, 按厂家提供的配风方式进行配风, 即加减负荷时, 调整燃尽风门开度, 二次风门基本不作调整, 加减负荷过程中, 主、再热汽温波动幅度较大, 在运行人员有准备的超前调节、提前干预情况下, 在 120 MW 加至 135 MW 负荷时, 主汽温度最高升至 577℃; 在 110 MW 减至 90 MW 负荷时, 主汽温度最低降至 497℃。加、减 20 MW 负荷时汽温变化幅度达 34℃, 机组负荷自动控制 (AGC) 达不到调度要求, 不能投入运行, 厂家初期提供配风方式如表 2 所示。

表2 厂家初期提供配风指导 %

机组负荷	氧量	SO-FA3	SO-FA2	SO-FA1	OFA	CD	BC	AB	AA
点火启动	5.0% 以上	0	0	0	0	50	50	50	50
70 MW	3.5%~4.0%	0	50	100	30	15	30	15	70
100 MW	3.0%~3.5%	0	100	100	30	30	30	32	80
135 MW	2.5%~3.0%	0	100	100	30	30	30	30	80

经厂家和公司专业技术人员多次试验分析, 认为主燃烧器区的二次风量减小过大, 阻力较大, 送风机出口风压较改造前增加, 二次风和燃尽风配比与设计存在偏差是汽温波动大主要原因。为减少汽温波动, 通过优化运行, 改变配风方式和调整锅炉燃烧方式, 机组 AGC 达到调度要求, 投入运行。

(1) 在加负荷时, 为了防止主燃区过度贫氧, 火焰中心上升, 造成汽温急剧升高, 应提前开启二次风门, 给主燃区加氧, 这样可以阻止火焰中心上升, 如果汽温上升过快, 可以将 SOFA3 关闭, 摆角下摆 (百分比调小), 待汽温稳定后再恢复, 避免汽温急剧升高。减负荷时, 为了防止火焰中心迅速下移, 应提前将二次风门关小, 同时要保证氧量及时跟进, 避免出现大幅波动, 减负荷时如果汽温下降过快, 将 SOFA3 全开 100%, 摆角上摆 (百分比调大), 优化后配风方式如表 3 所示。

(2) 低氮改造前, 锅炉燃烧调整方式是保持 A 层给粉机转速并切换成手动, B, C, D 层给粉机投入燃烧自动控制, 高低负荷时投停 D 层给粉机。为控制加减负荷时汽温波动, 保持 B 层给粉机稳定转速并切换成手动, C 层、D 层给粉机投入燃烧自动控制, 高低负荷时投停 A 层给粉机, 正常运行时, 在低负荷下尽量保持甲磨运行, 增加上层一次风的带粉量。通过配风和燃

表3 优化运行后配风方式

负荷 /MW	氧量 /%	SO-FA3 /%	SO-FA2 /%	SO-FA1 /%	OFA /%	CD /%	BC /%	AB /%	AA /%	周界风 /%
100	4.0	50	100	100	20	20	20	20	80	40
105	4.0	50	100	100	25	25	25	25	80	45
110	3.5	50	100	100	30	30	30	30	80	50
115	3.5	50	100	100	35	35	35	35	80	60
120	3.5	50	100	100	40	40	40	40	80	70
125	3.5	50	100	100	50	50	50	50	100	80
130	3.0	50	100	100	70	70	70	70	100	90
135	3.0	50	100	100	80	80	80	80	100	90

烧方式调整,10号机组加减负荷对锅炉蒸汽参数汽温的影响减少约10℃,投入机组AGC,达到调度要求。AGC投入后,锅炉排烟温度和飞灰可燃物有一定上升。

5 改造后性能试验

锅炉燃烧系统改造后,经过燃烧系统调试,锅炉原有特点及燃煤适应性不变,锅炉出力及主要运行参数达到基准设计值,炉膛未发生严重结焦及高温腐蚀。改造前后性能考核试验部分数据如表4所示。从表4可看出,低氮燃烧器改造后,氮氧化物及一氧化碳排放浓度、飞灰含炭量、排烟温度、锅炉效率等指标均较改造前好转,低负荷段主、再热汽温较改造前偏低,高负荷段减温水量较改造前增加,锅炉耗氧量较改造前增加,主要原因是燃烧器整体下移后,二次风与燃尽风配比与设计存在一定偏差,低负荷段火焰中心下移,主、再热汽温偏低;高负荷段,二次风量供应不足,燃尽风过量,拉长燃烧区域,火焰中心上移,主、再热汽温上升,减温水量上升。低氮燃烧器改造后机组性能试验在稳定工况下进行,在实际机组运行中,为保证主、再热汽温满足负荷调节性能要求,飞灰含炭量、排烟温度、锅炉效率等指标和性能试验工况存在一定偏差。

6 结束语

480 t/h 锅炉因锅炉炉膛空间较小,实施低氮燃烧器技术改造难度相对较大。本次10号炉采用空气分级和煤粉再燃烧技术方案进行改造后,氮氧化物及一氧

表4 改造前后性能考核试验部分数据

工况指标	135 MW		110 MW		90 MW	
	改造前	改造后	改造前	改造后	改造前	改造后
主汽温度 /℃	536	534	535	536	535	536
再热温度 /℃	540	538	537	537	531	526
过热减温水 / (t·h ⁻¹)	1.9	9.1	1.9	6.5	3.6	2.8
再热减温水 / (t·h ⁻¹)	0	1.8	0.2	0	1.4	0
排烟温度 /℃	152.9	131.7	151.5	127.5	145.1	118.6
运行氧量 /%	3.87	4.30	3.57	5.02	4.35	6.47
飞灰可燃物 /%	3.9	1.58	4.0	1.42	5.3	1.32
炉渣可燃物 /%	0.7	1.06	0.3	0.93	0.4	3.04
排烟热损失 /%	6.02	5.33	5.84	5.33	5.72	5.32
未完全燃烧 /%	1.47	0.62	1.52	0.56	2.02	0.60
锅炉效率 /%	90.97	92.84	90.58	92.57	90.48	92.70
修后炉效 /%	91.75	93.28	91.71	93.21	91.21	93.15
NO _x (6%O ₂) / [mg·(m ³) ⁻¹]	560	255	452	263	440	240
CO/(μL·L ⁻¹)	19	15	19	10	5	7

化碳排放浓度、飞灰含炭量、排烟温度、锅炉效率等指标均达到了设计要求,其中氮氧化物排放浓度从450~550 mg/Nm³降到260 mg/Nm³左右,达到国内同类机组先进水平,年减排氮氧化物800 t左右。低氮燃烧器改造后,机组加减负荷过程中,主、再热汽温波动幅度较大,在优化调整后虽基本达到调节要求,但牺牲了飞灰可燃物和排烟温度和炉效一些指标,在后续改造中应对二次风门风道进行调整,合理分配二次风与燃尽风分配比,减少送风阻力,后续改造后应重新进行配风优化调整,并将二次风门投入自动,以减轻运行人员操作强度。

参考文献:

- [1] 吴碧君,刘晓勤. 燃煤锅炉低NO_x燃烧器的类型及其发展[J]. 电力环境保护,2004,20(3):24-27.
- [2] 周俊虎,赵玉晓,刘建忠,等. 低NO_x煤粉燃烧器技术的研究进展与前景展望[J]. 热力发电,2005(8):1-7.

作者简介:

单锦宏(1958),男,江苏盐城人,高级工程师,研究方向为电力工程管理。

Operation Optimization and Retrofit of Low NO_x Combustor of 480 t/h Coal-fired Boilers

SHAN Jinhong

(Yancheng Power Generation Co. Ltd., Yancheng 224003, China)

Abstract: This paper introduces the retrofit of the four corner tangential low NO_x 480 t/h combustor of #10 boiler in Yancheng Power Generation Company. After transformation, all the key parameters including the content of NO_x, carbon content in the fly ash, the temperature of the exhaust gas and the boiler efficiency can meet the design requirements. For the significant steam temperature fluctuations encountered during initial stages after putting the unit into operation, optimization adjustments were implemented and satisfactory effects were finally obtained. This work can provide valuable reference for similar power units performing combustor retrofit and operation optimization.

Key words: boiler; lower NO_x combustor; retrofit; operation optimization