

高效低氮燃烧器改造在江苏徐塘发电公司的应用

魏中照, 李 昂

(徐塘发电有限责任公司, 江苏 邳州 221300)

摘 要: 某发电厂 320MW 机组锅炉存在 NO_x 排放量高, 无法满足排放要求等问题, 对此, 采用双尺度低 NO_x 燃烧技术对锅炉燃烧器进行了改造。改造后, 锅炉在现有煤种、机组负荷 165~330MW、保证锅炉效率的前提下, NO_x 排放量能够稳定控制在 300mg/m³ 以内, CO 排放浓度在 100μL/L 以内。

关键词: 低 NO_x 燃烧器; NO_x 排放量; 燃烧

0 引言

某电厂 320MW 机组锅炉存在 NO_x 排放量高, 无法满足排放量要求等问题。为达到节能减排要求, 我电厂采用双尺度低 NO_x 燃烧技术对 4 号锅炉燃烧器进行了改造。改造完成后, 炉膛出口 NO_x 值达到预期要求, 但由于炉内燃烧工况的改变, 对锅炉运行参数产生了一定的影响, 尤其是主汽温度降低, 严重影响了机组安全、经济运行。

1 锅炉概况

该机组为 SG-1025/17.44-M850, 为亚临界压力、中间一次再热、控制循环锅炉, 上海锅炉厂采用美国燃烧工程公司的转让技术制造, 为单炉膛、Π 型露天布置、全钢架悬吊结构、四角切圆燃烧、固态排渣炉。锅炉采用正压直吹式制粉系统, 配置五台 ZGM---95 型中速磨煤机, 布置在炉前, 四台磨煤机可带 MCR 负荷, 一台备用。燃烧器采用四角布置, 切向燃烧, 每台磨煤机出口由 4 根煤粉管道连接到一层煤粉喷咀, 最上层燃烧器喷口中线标高 26160mm, 距分隔屏屏底距离 19660mm, 最下层燃烧器喷口中心标高 20024mm, 至冷灰斗转角距离为 4494mm, 每角燃烧器风箱中设有三层启动及助燃油枪。锅炉主要设计参数见表 1。

锅炉过热器系统由顶棚、旁路过热器、后烟井包墙过热器、低温过热器、分隔屏、后屏和末级过热器组成, 在分隔屏入口和末级过热器入口分别设有 I、II 级减温器。再热器系统由墙式再热器、屏式再热器和末级再热器组成, 再热汽温主要通过燃烧器摆角改变燃烧中心区的位置, 以调节炉膛内各

辐射受热面的吸热量。另外, 在墙式再热器入口两侧管道上设置有事故喷水减温器作为辅助调整手段。

表 1 锅炉主要设计参数

项目		数值
过 热 蒸 汽	最大连续蒸发量 (BMCR) / t·h ⁻¹	1025
	额定蒸发量 (BRL) / t·h ⁻¹	912
	额定蒸汽压力 (过热器出口) / MPa(a)	17.44
	额定蒸汽压力 (汽轮机出口) / MPa(a)	17.20
	额定蒸汽温度 (过热器出口) / °C	540
再 热 蒸 汽	蒸汽流量 (BMCR / TRL) / t·h ⁻¹	829 / 744
	进口 / 出口蒸汽压力 (BMCR) / MPa	3.80 / 3.62
	进口 / 出口蒸汽压力 (TRL) / MPa	3.39 / 3.23
	进口 / 出口蒸汽温度 (BMCR) / °C	327 / 540
	进口 / 出口蒸汽温度 (TRL) / °C	317 / 540
给 水 温 度	给水温度 (BMCR) / °C	280
	给水温度 (TRL) / °C	273

2 改造方案

2.1 原锅炉燃烧特点

(1) 现有锅炉燃烧器为采用均等配风燃烧器, 不利于抑制 NO_x 生成。

(2) 二次风混入过早, 炉内燃烧可控性较差, 不利于控制炉内结渣。

(3) 炉膛空间较为充裕, 改造可充分利用炉膛空间优势, 结合双尺度燃烧技术, 实现强防渣、防腐蚀、高效燃烧、低 NO_x 排放多功能一体化。

因此, 拟将现有燃烧器部分拆除, 重新更换现有燃烧器一二次风组件; 拆除原有的一层 SOFA 燃尽风, 加装新的燃尽风组件, 对炉内射流进行重新布局, “创造”出较大的燃尽空间及还原空间, 也就是说燃烧器必须较大规模地改动。拟整体改变一次风组件、二次风喷口及组件形式, 在主燃烧器上部加装新的燃尽风 (SOFA) 系统。风门执行器、风箱

拟利旧。

为配合燃尽风系统取风，拟在两侧墙二次风风道上取风，新增燃尽风风箱实现燃烧器改造后精确配风需要。

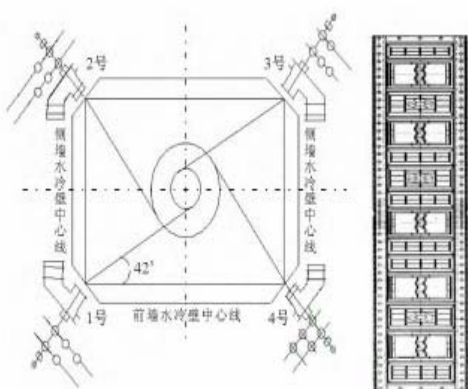


图1 改造前燃烧器

2.2 改造方案

2.2.1 煤质资料

锅炉设计燃用烟煤，实际入厂煤比较混杂，煤质波动较大。2010年1月至2011年12月的入炉煤质分析月平均汇总见表2。

表2 2010.1-2011.12月入厂煤质统计（工业分析）

煤种	Q _{net,ar}		M _{t,ar}	A _{ad}	V _{ad}	S _{t,ad}
	MJ/kg	Cal/g	%	%	%	%
2010年01月	21.1	5049	10.3	24.6	23.1	1.0
2010年02月	21.3	5090	10.5	23.8	24.1	1.2
2010年03月	21.3	5090	14.0	18.5	30.8	1.0
2010年04月	19.2	4592	12.0	28.5	23.0	1.2
2010年05月	18.6	4452	9.7	33.9	20.0	1.1
2010年06月	18.5	4412	9.4	34.5	19.5	1.1
2010年07月	18.7	4483	8.5	33.9	20.5	1.0
2010年08月	18.4	4404	9.8	33.7	20.9	1.1
2010年09月	19.1	4574	11.8	28.3	24.3	1.0
2010年10月	19.0	4554	10.6	31.0	22.0	1.1
2010年11月	19.4	4645	8.7	32.9	20.7	1.1
2010年12月	18.4	4398	9.1	35.0	21.2	1.0
2011年01月	19.1	4565	12.7	27.7	25.3	1.1
2011年02月	18.3	4376	12.86	29.2	20.4	0.8
2011年03月	19.5	4657	13.5	27.5	27.3	1.0
2011年04月	18.6	4442	13.7	28.5	25.6	1.3
2011年05月	19.7	4714	10.6	29.7	23.7	1.1
2011年06月	20.2	4839	14.5	22.8	28.2	0.9
2011年07月	20.8	4981	11.7	24.6	26.7	0.95
2011年08月	20.1	4812	11.3	27.3	23.7	1.1
2011年09月	20.7	4948	10.1	27	23.8	1.3
2011年10月	19.4	4643	12.2	28.3	22	1.2
2011年11月	20.4	4890	12.2	25.2	23.4	1.1
2011年12月	21.2	5076	12.9	21.9	28	0.9
月平均	19.6	4695	11.4	28.3	23.7	1.1

(1) 煤中分析基灰含量月平均约18.5~35.0%，平均值约28.3%。

(2) 煤中分析基挥发分月平均含量约19.5~30.8%，平均值约23.7，接近设计值25%。

(3) 低位发热量月平均值在18.3~21.3MJ/kg，

平均值约19.6，低于设计值21.61%，且发热量呈下降趋势。

(4) 煤中分析基硫分含量约0.8~1.3%，平均值1.1%，高于设计值0.8%。

改造方案主要针对实际较常用煤质进行，改造设计煤为中等挥发分煤种，较易着火和易燃尽，从降低NO_x角度看，便于采用空气分级及其它低NO_x手段，是较理想的煤种。

借鉴以往多台锅炉改造经验及技术方案，江苏徐塘发电有限责任公司4号锅炉低氮燃烧器改造设计时必须确保高效、不结渣的前提下实现低NO_x排放，将高效及防止结渣作为燃烧器低NO_x改造的前提条件。

2.2.2 改造后燃烧器布置

经过技术论证和调研，最终选定双尺度低NO_x燃烧技术对锅炉燃烧器进行改造。改造后燃烧器布置如图2、图3所示。

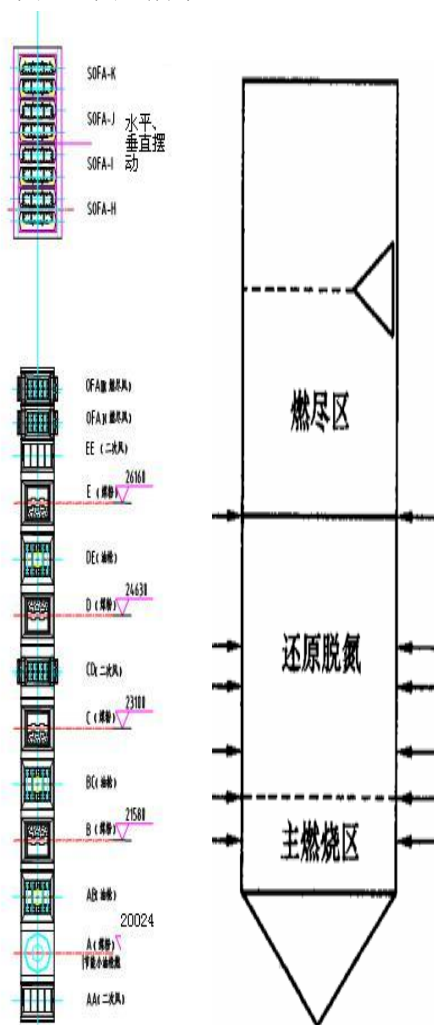


图2 燃烧器纵向三区分布示意图

由于实现纵向空气分级，相对地燃烧器区域有所扩大，燃烧器区域热负荷降低，炉内温度峰值降低，可以减少或消除热力型 NO_x 产生。

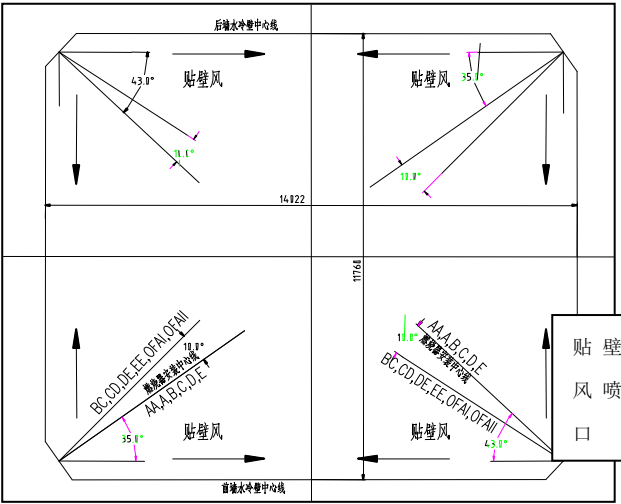


图 3 燃烧器横向双区布置示意图

对炉内射流进行重新调整，将原有的一二次风同轴射流改为一、二次风差异向射流。两层一次风之间还会布置贴壁风喷口，形成横向空气分级。这种横向布置，可使一次风初始燃烧时，二次风不能过早混合进来，形成缺氧燃烧，在火焰内进行 NO_x 还原，抑制 NO_x 产生。在火焰末端，二次风再及时掺混合进来，使缺氧燃烧时产生的焦炭再燃烧。横向空气分级与纵向空气分级一起形成空间空气分级。

2.2.3 低 NO_x 燃烧器

除小油枪喷口外，其它一次风设计喷口为上下浓淡分离形式，中间加装稳燃钝体形式，浓淡燃烧除可降低 NO_x 外，还可对煤粉稳燃、提前着火有积极作用。同时钝体能优先增加卷吸的高温烟气流，进一步强化稳燃。

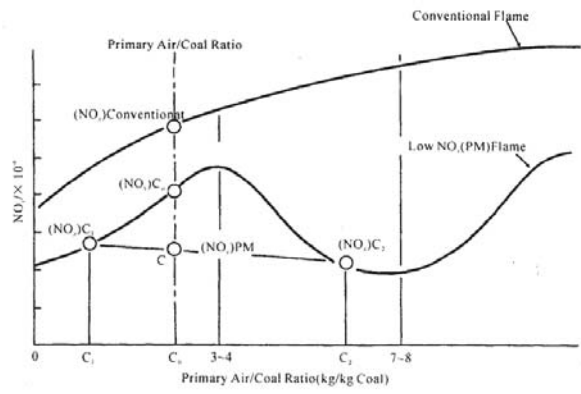


图 4 浓淡燃烧低 NO_x 原理图

2.2.4 节点功能区的建立

除小油枪喷口外，将下层一次风设计为上浓下淡燃烧器喷口，上层一次风布置为下浓上淡一次风喷口，两层一次风喷口中间的二次风小角度与一次风射流偏置，同时布置贴壁风喷口。这样的喷口组合，同时具有稳燃、降低 NO_x 的作用，将中间二次风和贴壁风风门开大，可实现 NO_x 和飞灰可燃物同时降低。

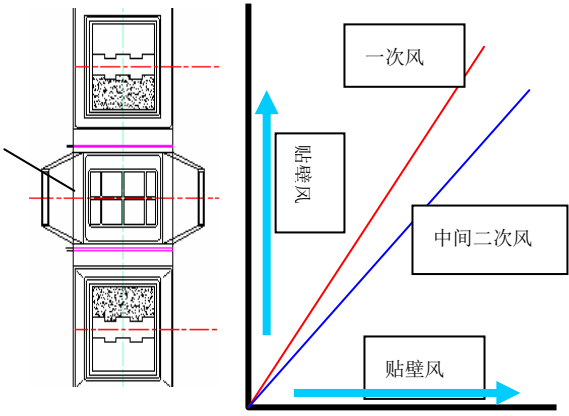


图 5 节点功能区示意图

2.2.5 SOFA 风喷口布置

本方案拟在主燃烧器上方，布置类椭圆形穿透性强的燃尽风喷口，如图 6 所示，SOFA 可水平、垂直摆动，随着角度的变化可实现燃尽风对后期的炉膛全覆盖。同时，SOFA 可作为调整炉膛火焰中心的有效手段。布置的四层 SOFA 喷口的不同摆动角度的组合射流可努力实现向炉膛中心补氧，同时可兼顾到距离水冷壁较近区域的补氧条件。这种布置方式的主要特点是在空间内形成不同的组合射流，加大了后期的混合，对煤粉的后期燃尽有积极作用。

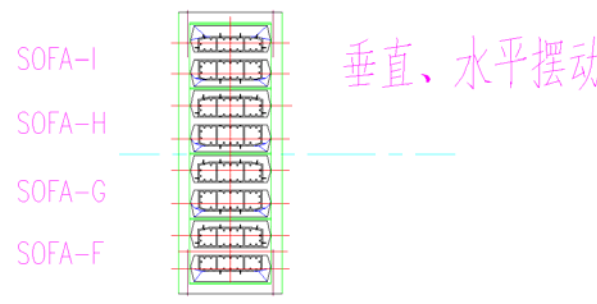


图 6 SOFA 风喷口布置图

3 改造效果

改造后的锅炉通过配煤掺烧和燃烧优化调整，

锅炉在燃用现有煤种、机组负荷 165~330MW、保证锅炉效率的前提下，能有效控制 NO_x 排放量在 $300\text{mg}/\text{Nm}^3$ 以内，CO 排放浓度不大于 $100\mu\text{L}/\text{L}$ ，较改造前排放指标大幅度下降。节约了液氨费用及脱硝运行费用。改造前、后 NO_x 测试结果对比见表 3。

表 3 改造前、后 NO_x 测试结果对比

项目		工况 1	工况 2	工况 3	工况 4	工况 5
改造前	机组有功功率/MW	330	300	280	250	165
	省煤器出口烟气含氧量/%	2.3	1.9	1.6	3.0	3.5
	省煤器出口烟气 NO_x 含量/ $\text{mg}\cdot\text{Nm}^{-3}$	442	392	420	420	514
	省煤器出口烟气 CO 含量/ $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$	195	102	46	12	6
	锅炉热效率/%	92.55	92.76	92.35	92.05	92.13
	飞灰可燃物含量/%	0.91	0.45	0.28	0.47	0.36
	飞灰含碳量/%	1.88	1.52	1.5	0.85	1.15
改造后	机组有功功率/MW	330	300	250	200	165
	省煤器出口烟气含氧量/%	2.68	2.68	2.76	4.55	5.75
	省煤器出口烟气 NO_x 含量/ $\text{mg}\cdot\text{Nm}^{-3}$	95	90	78	68	69
	省煤器出口烟气 CO 含量/ $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$	75	75	70	33	30
	锅炉热效率/%	92.90	93.15	93.56	93.21	93.09
	飞灰可燃物含量/%	1.88	1.52	1.5	0.85	1.15
	飞灰含碳量/%	1.88	1.52	1.5	0.85	1.15

参考文献：

- [1] 烟台龙源电力技术股份有限公司.江苏徐塘发电有限责任公司 4、5 号锅炉低氮燃烧器改造工程技术协议[Z].烟台：烟台龙源电力技术股份有限公司，2013.
- [2] 徐旭常，毛健雄，曾瑞良，等.燃烧理论与燃烧设备[M].北京：机械工业出版社，1990.
- [3] 宋国良.高浓度煤粉着火低 NO_x 排放特性的机理及试验研究[D].杭州：浙江大学，2007.
- [4] 韩才元，徐明厚，周怀春，等.煤粉燃烧[M].北京：科学出版社，2001.
- [5] 苟湘.直流煤粉低 NO_x 燃烧和再燃烧技术的试验、理论与数值模拟研究[D].杭州：浙江大学，2008.
- [6] 高小涛，杨璐，汪向华，等.扬州发电有限公司 4 号炉燃烧系统的技术改造[J].电力建设，2003，24（5）56-58
- [7] 王龙，张吉祥，李峰，席广辉.4、5 号机组锅炉检修规程[M].江苏：江苏徐塘发电有限责任公司.

作者简介：

魏中照（1983-），男，江苏邳州人，工程师，从事火力发电厂设备检修管理工作，E-mail: tm820704@126.com;

李 昂（1988-），男，江苏邳州人，助理工程师，从事火力发电厂设备检修工作，E-mail: liang8809@126.com。