

锅炉回转式空预器脱硝、节能改造

张军军

(国电常州发电有限公司, 江苏常州 213033)

摘 要: 介绍了回转式空气预热器作用和某电厂空预器设备概况; 介绍了本次空预器改造的背景和方案, 并根据空预器改造特点提出了注意事项; 最后对空预器改造效果进行了对比, 并进行节能效益经济性分析。

关键词: 锅炉; 回转式空气预热器; 脱硝、节能改造; 节能经济性分析

0 引言

空气预热器是锅炉的重要部件之一, 是利用锅炉尾部的烟气热量加热锅炉燃烧用空气的一种热交换装置。它回收排烟中的大量热量, 降低了排烟温度; 由于空气的预热, 改善了燃料着火和燃烧过程, 减少了燃料的不完全燃烧损失。这两方面都有助于锅炉热效率的提高, 减低燃料的消耗。回转式(容克式)空气预热器是目前电站锅炉最广泛采用的节能设备之一。

目前, 空预器密封类型共有两类: 一种是密封可调式即 VI 型。另外一种密封不可调型, 即 VN 型。某厂采用的空预器属于 VI 型, 生产 VI 型空预器的厂家在国内以哈尔滨锅炉厂、上海锅炉厂为代表。生产 VN 型空预器的厂家以豪顿华为代表。由于国家环保要求的提高, 为了适应该公司锅炉增加脱硝装置和节能降耗的需要, 锅炉空预器必须进行重新设计改造。

1 设备概况

某厂 2×600MW 锅炉是哈尔滨锅炉厂有限责任公司设计、制造的, 一期工程装设两台 600MW 燃煤发电机组, 锅炉为超临界压力、循环泵式启动系统、前后墙对冲低 NO_x 轴向旋流燃烧器、一次中间再热、单炉膛平衡通风、固态排渣、全钢构架的变压本生直流炉。原配用的空预器是由哈尔滨锅炉厂引进技术制造的三分仓回转式空气预热器, 型号为 31.5-VI(T)-1833-SMR, 采用逆流式进行再生热交换。空预器采用中心驱动, 转速为 0.91r/min, 转子直径为 13010mm; 采用模数仓格结构, 全部蓄热元件分别装在 48 个仓格; 蓄热元件分三层, 下层冷端蓄热元件用耐腐蚀“考登”钢板制造, 高度为

333mm; 上部热端 2 层蓄热元件用碳钢板制作而成, 高度分别为 1000mm 和 500mm; 主要密封系统采用双径向、双轴向、环向密封, 热端径向密封采用自动跟踪调整装置。原空预器设备参数见表 1。

表 1 原空预器设备参数

序号	项 目	单位	技术规范
1	型号		31.5-VI(T)-1833-SMR
2	型式		三分仓回转式
3	转子速度	主传动(电动)	r/min 0.91
		备传动(电动)	r/min 0.91
4	换热元件	热端(高度/形式/材质)	mm 1000/DU 型/碳钢
		中温端(高度)	mm 500/DU 型/碳钢
		冷端(高度)	mm 333/DU3 型/考登钢
5	制造厂		哈尔滨锅炉厂

2 改造背景

2.1 满足锅炉脱硝改造后安全运行的需要

改造前, 该厂一期机组锅炉 NO_x 排放浓度较高, 达不到新版火电厂污染物排放标准规定的 2014 年后低于 100 mg/Nm³ 的要求。电厂每年需支付巨额的 NO_x 排污费, 严重影响了电厂的经济效益和社会环保效益。为满足国家环保要求, 锅炉必须增加脱硝装置。由于机组配置 SCR 进行脱硝的过程中所产生的硫酸氢氨将对空气预热器的运行带来较大的负面影响, 硫酸氢氨会牢固粘附在空气预热器传热元件的表面上, 使传热元件发生强烈腐蚀、积灰。这些沉积物将减小空气预热器内流通截面积, 从而引起空气预热器阻力的增加, 对引风机和送、一次风机造成较大的影响, 同时降低空气预热器传热元件的效率。所以需对原空预器进行重新设计改造。

2.2 节能降耗, 提高锅炉效率, 降低机组煤耗

改造前, 该厂一期机组锅炉存在排烟温度偏高, 锅炉热效率低于设计值的问题。为了提高锅炉效率,

必须降低锅炉热损失，而锅炉排烟热损失为全部热损的最大项。根据该厂锅炉的运行及修前性能试验报告，空预器入口烟气温度与一二次热风温度存在较大的温度差，所以通过增加空预器传热元件，可以降低烟风温度差，将能提高空预器的换热效率，从而降低锅炉排烟温度，减少锅炉热损失，提高锅炉效率。

3 改造方案

3.1 空预器传热元件更换

将空预器传热元件进行重新设计更换，最主要的是使其中冷端传热元件要涵盖液态 NH_4HSO_4 的生成温度范围；这样就避免了在硫酸氢氨沉积区域分段、空气预热器分段处局部堵灰状况的恶化造成的瓶颈。

3.2 空预器冷端传热元件采用 DU3E 板

空预器冷端传热元件采用 DU3E 板型作为 SCR 脱硝系统中空气预热器下部元件的专用板型（这种板型常用于脱硝预热器）。由于该板型为封闭式（CLOSE）板型，非常有利于飞灰和粘结物的清除。

3.3 提高空预器冷端传热元件的抗粘附特性

采用搪瓷钢板镀搪瓷。搪瓷元件可以防止低温腐蚀，搪瓷表面比较光滑，受热元件不易粘污，即使粘污也易于清除。实际经验证明采用搪瓷镀层换热元件后硫酸氢氨的结垢速率明显降低。氨逃逸率为 3.3ppm 时，搪瓷层换热元件表面的结垢只有非搪瓷镀层换热元件的 15%；氨逃逸率为 0.7ppm 时，搪瓷层换热元件表面的结垢只有非搪瓷镀层换热元件的 25%；因此采用镀搪瓷的换热元件是防止空气预热器低温段堵灰的有力措施。

3.4 增大预热型号器型号

利用原空气预热器结构进行改造，增大预热器的型号至 32 号，热端采用 1100mm FNC 板型，中间层采用 500mm DU3 板型，冷端采用 900mm DU3E 板型，预计排烟温度将下降 10°C 以上，工作如下：

(1) 提高扇形板，加高传热元件：由于无预留层，需要对预热器内部结构进行改造。将热端扇形板两侧静密封伸缩节拆除后，将扇形板向上提起到适当高度。

(2) 在原有设备基础上增大预热器转子直径。此工作量相当大，需要加大预热器的转子直径，同时对预热器的外壳部分进行全部的改造，需提供全

新的扇形板、转子外壳、轴向密封板、外壳板、栅架、支撑管、外护板等设备。

(3) 将原预热器传热元件及栅架全部拆除，安装全新的栅架。

(4) 安装冷端 DU3E 板型搪瓷元件，高度为 900mm，安装热端及防磨层传热元件，热端采用 1100mm FNC 板型，中间层采用 500mm DU3 板型。

哈锅空气预热器提供给客户的 FNC 板型传热元件是一种高效、具有强制传热的受热面。FNC 板型由两块形状相同的槽形板（定位板）交叉放置组成，槽口相互交叉，因其扰动及混合强烈，故传热效率高。因此，FNC 板型的传热元件能替代现有的传热元件，在相等的热力参数（排烟温度、热风温度）的前提下，使用 FNC 板型的传热元件比采用其它板型的传热元件，可以降低受热面的高度从而降低烟风阻力，减少受热面的重量。FNC 板型效果图如图 1 所示。

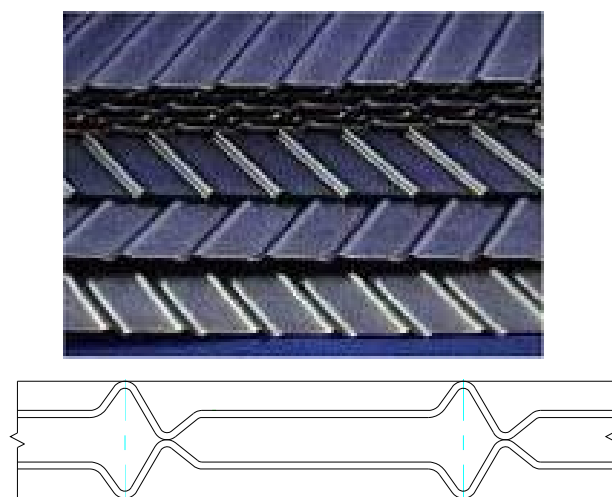


图 1 FNC 板型效果图

(5) 配置双介质吹灰器，保持传热元件清洁。

(6) 改造烟风道。

(7) 构架加固。

3.5 改造前后空预器数据结构

改造前后空预器数据结构见表 1。

4 改造实施时间、注意事项

(1) 结合 2012 年 #1/2 炉大修进行空预器改造，空预器改造工期需 50~55 天左右。

(2) 严格按照验收节点进行验收，为了降低空预器漏风率，尤其需注意空预器密封角钢安装、加工和空预器密封间隙的安装调整。

表 1 改造前后空预器数据结构

序号	比较项目	改造前	改造后
1	型号	31.5	32
	传热元件总高/mm	1833	2500
	热端传热元件高度/mm	1000	1100
	热端传热元件板型	DU	FNC
	热端传热元件材质	Q215-A.F	Q215-A.F
	中间层传热元件高度/mm	500	500
2	中间层传热元件板型	DU	DU3
	中间层传热元件材质	Q215-A.F	Q215-A.F
	冷端传热元件高度/mm	333	900
	冷端传热元件板型	DU3	DU3E
	冷端传热元件材质	CORTENA	搪瓷元件
	传热元件总重/t	223	342
3	吹灰器本体	蒸汽	热端蒸汽、冷端配置双 介质吹灰器
	蒸汽吹灰器设计压力/MPa	1.0	热端 0.8; 冷端 1.37
	高压水泵系统(包括 管路、阀门、控制)	无	一台炉一套
4	高压水压力/MPa	无	18~20

(3) 由于原空预器漏风自动控制系统可靠性差(基本不投用),所以此次改造必须进行重新改型更换。该厂采用哈尔滨博汇达的新型漏风自动控制系统,它通过对空预器前后温度差控制和测量间隙双重功能的调节方式,保证对漏风控制系统调节的安全性和经济性。

表 2 空预器改造前后锅炉性能试验结果对比

项目	符号	单位	结果(改造前)	结果(改造后)	效果
环境温度偏差修正后的排烟温度	$\theta_{py,hjxz}$	℃	139.43	120.91	降低 18.52
保证条件下的排烟损失	$q_{2,b}$	%	5.74	4.67	减少 1.07
保证条件下的锅炉热损失	$q_{total,b}$	%	6.58	5.34	减少 1.24
保证条件下的锅炉热效率	η_b	%	93.42	94.66	提高 1.24
空预器漏风率	A_L	%	8.30/7.73	4.97/4.79	降低 3

(2) 改造后空预器漏风率降低 3%左右,效果比较明显,通过运行数据估算每年可使一次风机、送风机和引风机减少电耗 90 万 kWh。同时空预器漏风率的降低,相当于在一定程度上提高了风烟系统裕量。

(3) 改造后热二次风温度提高 15~20℃,对锅炉燃烧和节能带来较大的好处。

(4) 改造后锅炉排烟温度降低 18.52℃,使得锅炉排烟热损失降低 1.07%,此项可降低煤耗 3.2 g/kWh 左右。

(5) 改造后锅炉热效率提高 1.24%,其中空预器改造对锅炉热效率提高的贡献率达到 86.3%。

(6) 改造后空预器可满足锅炉增加脱硝装置后

(4) 对于原空预器上下轴承是否利旧需慎重,如要利旧,建议得到空预器厂和原轴承生产厂家的认可,并由原轴承厂家专业人员到现场确认。

(5) 热态调整密封间隙。

1) 调整空预器圆周上的三块轴向密封圆弧板,调节调整螺栓,使圆弧板与轴向密封片先轻微碰撞,然后向后调节园弧板,使碰撞声消失,使轴向密封片与圆弧板在最大负荷时达到了似碰非碰的状态。

2) 把径向密封的冷端调整到最佳。将烟气侧的扇形板调节螺栓从初始的最大位移处向上调节扇形板,当听见与径向密封片有轻微碰撞声时,适当向下调节扇形板,消除碰撞声后,即是机组满负荷时的最佳状态。按以上步骤逐个调整一次风侧、二次风侧扇形板。

3) 热态调整密封应在空预器最大膨胀状态下进行(即空预器入口烟温在高值时),并且调整要缓慢,防止空预器过电流跳闸。

5 改造效果对比及效益分析

(1) 空预器改造前后锅炉性能试验结果对比,见表 2。

的安全正常运行。

(7) 节能经济性计算(按一台机组年发电量 40 亿 kWh 计算)

六大风机节电: $900000 \times 0.45 = 40.5$ 万元

煤耗降低节能:

$3.2 \times 40 \times 10^8 = 12800$ t

$12800 \times 800 = 1024$ 万元(标煤按 800 元/t 计算)

6 改造总结

#1 炉空预器改造在 2012 年大修中已顺利完成。通过大修前后的性能试验表明,改造取得圆满成功。通过空预器改造,既满足了#1 炉脱硝运行的要求,又达到了节能降耗的目的,其中节能的经济性达到

了每年每台机组节省费用 1064.5 万元。对比空预器改造费用 2100 万元,此次改造的费用只需 2 年就可全部回收。

参考文献:

- [1] 哈尔滨锅炉厂预热器有限责任公司.回转式空气预热器运行和维修说明书[Z].2008.
- [2] 哈尔滨锅炉厂预热器有限责任公司.32-VI(T)-2500-QMR 空气预热器图纸[Z].2012.
- [3] 江苏方天电力技术有限公司.#1 炉大修前性能试验报告[R].2012.
- [4] 江苏方天电力技术有限公司.#1 炉大修后性能试验报告[R].2012.