

# 回转式空气预热器双密封节能改造

胡兰海, 赵文军, 张燕飞, 王 鑫

(河北衡水发电有限责任公司, 河北 衡水 053000)

**摘 要:** 空气预热器的单密封结构决定了漏风偏大, 影响机组安全运行及经济性。衡水公司采用美国 ABB-API 公司“空预器双密封”技术, 在 2003 年 2 月 1 号机组大修中投资 252 万元进行了空预器双密封节能技术改造, 漏风率由 13.92% 降至 6.36%, 年创经济效益约 114 万元。该项节能技术在 2004 年 2 号机组空预器改造中得到推广应用。

**关 键 词:** 空气预热器; 双密封; 节能改造

中图分类号: TK223.3 文献标识码: B

## 1 概 述

河北衡水发电有限责任公司一期工程 2×300 MW 机组, 锅炉为北京巴威公司产 B&WB-1025/18.3-M 型亚临界、中间再热和自然循环煤粉锅炉, 每炉配套两台上海锅炉厂空预器公司产 29VI(T)-2083 型转子回转式三分仓空气预热器(以下简称空预器), 自 1995 年 12 月投产至 2002 年底已运行 5.2×10<sup>4</sup> h, 2002 年空预器漏风率平均达到 13.92%, 河北省电研所在 2002 年 11 月对空预器进行了改造前性能试验, 结果见表 1。

## 2 改造必要性

### 2.1 设计结构及规范

回转式空预器采用模数仓格式结构, 沿周向均匀分为 24 个 15° 扇形仓格。由扇形板将转子截面分成四种区域: 烟气区(165°)、一次风区(15°)、二次风区(135°)和密封区(烟气区、一次风区及二次风区相邻之间由扇形板构成的密封区均为 15°)。传热元件在仓格内沿轴向分 3 层布置, 热段层、中间层和冷段层高度分别为 1 067 mm、711 mm 和 305 mm。额定负荷时进入空预器烟气流 1 182.8 t/h; 进/出口烟气温度为 414/135 °C; 进/出口空气温度(二次风/一次风)为(20/20)/(370/350) °C; 漏风率设计值为运行第一年内不大于 10%, 一年后不大于 12%。

### 2.2 结构缺陷

空预器密封系统设置了径向、轴向和旁路密封装置, 此外还装有中心筒密封、热端静密封、冷端静密封以及轴向静密封。在径向、轴向和旁路密封间

表 1 改造前空预器性能试验数据

额定负荷	A 侧		B 侧	
	空预器入口	空预器出口	空预器入口	空预器出口
平均氧量/ %	2.971	5.401	3.152	5.598
过剩空气系数	1.165	1.346	1.177	1.363
漏风系数	0.181		0.186	
漏风率/ %	13.98		14.22	
空预器烟气温度/ °C	450.1	138.1	442.7	129.3
空预器一次风温度/ °C	-2	357.4	-2	350.6
空预器二次风温度/ °C	-2	364.2	-2	359.0
空预器烟气侧压力损失/ Pa	1 410.3		1 362.7	
按设计条件修正后排烟温度/ °C			145.4	
锅炉排烟热损失/ %			6.50	

收稿日期: 2004-06-09; 修订日期: 2004-09-17

作者简介: 胡兰海(1970-), 男, 河北衡水人, 河北衡水发电有限责任公司工程师。

隙中, 径向密封间隙漏风量最大, 约占总漏风量的 70%。空预器每个仓格扇形角度与扇形板角度均为  $15^\circ$ , 转子转动时在径向和轴向通常只有一道密封起作用, 即单密封结构, 这种单密封结构决定了漏风偏大。另外, 静密封结构不合理, 径向、轴向和旁路密封间隙过大, 也会导致漏风加剧。

### 2.3 漏风率偏高的危害

空预器漏风率的升高, 使引、送、一次风机电耗增加, 高负荷时不能保证足够的过剩空气系数, 影响锅炉燃烧稳定性, 造成排烟温度升高、飞灰可燃物超标、锅炉掉焦、空预器低温腐蚀, 缺风严重时迫使锅炉降出力运行, 直接影响机组的安全经济性。

## 3 改造方案

依据美国 ABB-API 公司“空预器双密封”技术, 制定以下改造方案。

### 3.1 双密封改造

将转子的 24 个扇形仓格改为 48 个, 将原有的 24 道径向、轴向密封片各增加一倍变为 48 道。运行中至少有两条径向、轴向密封片分别与扇形板、弧型板相配合形成双密封, 使密封片两侧压差下降 50%、直接漏风量下降约 30%, 如图 1 所示。

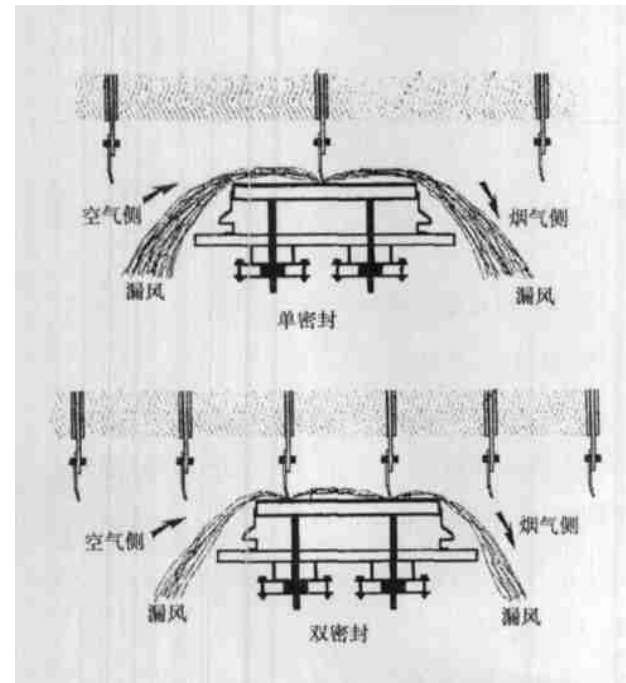


图 1 双密封改造示意图

### 3.2 径向密封片调成“V”形

通过计算, 确定转子热态蘑菇状变形数值, 根据其变形曲线, 密封调整时将径向密封片预调成反变形“V”形, 在转子产生热态蘑菇状变形后, 径向密封片近似成为直线, 与刚性扇形板形成良好密封配合。

### 3.3 静密封改造

热端静密封由原来单侧改为双侧, 采用迷宫式静密封。冷端采用胀缩式静密封, 既可保证完全密封, 又能在冷态或热态时对冷端径向间隙做适当调整, 如图 2 所示。

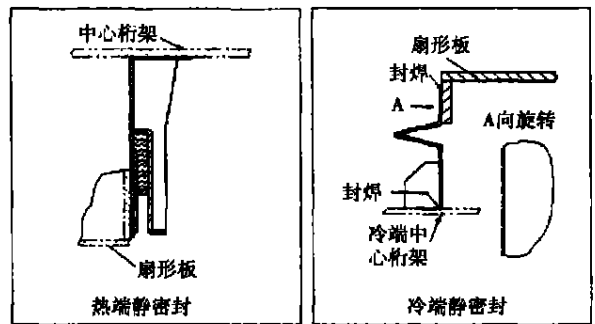


图 2 静密封改造示意图

### 3.4 旁路密封优化

加装冷端“T”型钢平法兰, 现场加工保证平面度, 在冷端“T”型钢平法兰下增加一圈旁路密封片, 提高旁路密封效果。

### 3.5 传热元件改造

根据设备实际情况, 综合考虑漏风率期望值及改造费用等条件, 仅对冷段层传热元件进行全部更换, 由原  $15^\circ$  扇形传热元件盒更换为新的  $7.5^\circ$  扇形传热元件盒。对热段及中间层传热元件进行现场切割, 重新组装成  $7.5^\circ$  扇形传热元件盒后回装。

## 4 改造效果

在 2003 年 2 月 1 号机组大修中投资 252 万元进行了空预器双密封改造, 2003 年 4 月由河北省电研所对空预器进行了改造后性能试验, 结果见表 2。

## 5 效益分析

空预器双密封节能改造后漏风率平均可降低 7%, 单机年发电量平均为  $17.5 \times 10^8$  kWh, 年平均运行 7 500 h, 标煤单价为 260 元/t, 分析计算经济效益。结果如下:

表 2 改造后空预器性能试验数据

额定负荷	A 侧		B 侧	
	空预器入口	空预器出口	空预器入口	空预器出口
平均氧量/ %	3. 019	4. 139	3. 452	4. 613
过剩空气系数	1. 168	1. 248	1. 195	1. 281
漏风系数	0. 080		0. 086	
漏风率/ %	6. 21		6. 52	
空预器烟气温度/ °C	441. 3	146. 2	439. 0	142. 8
空预器一次风温度/ °C	24	373. 4	24	363. 1
空预器二次风温度/ °C	25	395. 6	25	376. 3
空预器烟气侧压力损失/ Pa	1 085. 6		1 057. 1	
按设计条件修正后排烟温度/ °C			143. 1	
锅炉排烟热损失/ %			5. 97	

5.1 漏风率降低效益

空预器漏风率每降低 1%，可降低发电煤耗 0. 16 g/ (kWh)，年产生效益 50. 96 万元。

5.2 风机节电效益

根据以往热力试验数据统计，空预器漏风率每降低 1%，送风机电流下降 0. 5 A、引风机电流下降 0. 8 A、一次风机电流下降 0. 2 A，风机节电年产生效益 48 万元。

5.3 排烟温度下降效益

排烟温度每降低 1 °C 可降低发电煤耗 0. 166 g/ (kWh)。改造后锅炉排烟热损失比改造前减少 0. 53%，排烟温度下降在 2 °C 左右，年产生效益 15. 11 万元。

综上所述，空预器双密封节能改造年产生经济

效益 114 万元，两年半内即可收回改造投资。

6 结 论

由于改造后空预器漏风率降低和压差减小，炉膛内配风及燃烧状况得到改善，飞灰及大渣含碳量降低，风机电耗下降和排烟损失减少，使锅炉效率提高、煤耗下降并减少了大气污染物的排放，收到了较好的经济效益和环保效益。

参考文献:

- [ 1 ] 郑鸿翔. 电业节能手册[ M ] . 北京: 中国建材工业出版社, 1992.
- [ 2 ] 宋汉武. 火力发电设备技术手册(第四卷 火电站系统与辅机)[ M ] . 北京: 机械工业出版社, 2001.

(何静芳 编辑)

几种参考文献的书写格式(其中空格、标点符号、字母照写)

- 连续出版物: [标引序号] 作者. 文题[ J ] . 刊名, 年, 卷(期); 起始页码—终止页码.
- 专 著: [标引序号] 作者. 书名[ M ] . 出版地: 出版者, 出版年.
- 译 著: [标引序号] 作者. 书名[ M ] . 译者. 出版地: 出版者, 出版年.
- 论 文 集: [标引序号] 作者. 文题[ A ] . 编者. 文集[ C ] . 出版地: 出版者, 出版年. 起始—终止页码.
- 学位论文: [标引序号] 作者. 文题[ D ] . 所在城市: 保存单位, 年份.
- 专 利: [标引序号] 申请者. 专利名[ P ] . 国名: 专利号, 发布日期.
- 技术标准: [标引序号] 技术标准代号, 技术标准名称[ S ] .
- 技术报告: [标引序号] 作者. 文题[ R ] . 报告代码及编号, 地名: 责任单位, 年份.

联合循环电厂主蒸汽管道稳压吹管方法 = **Stable-pressure Steam Blowing-out Method for a Combined Cycle Power Plant** [刊, 汉] / ZONG Hong-wei (Harbin Power Plant Engineering Co. Ltd., Harbin, China, Post Code: 150040), YANG Li, LIU Huan (Harbin No. 703 Research Institute, Harbin, China, Post Code: 150036) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2005, 20(2). — 201 ~ 202, 207

The aim, principle and acceptance criteria of steam blowing-out during the erection and commissioning test stage of a power plant are described along with a brief account of the commonly used pressure-reduction and stable-pressure blowing-out method. A detailed discussion is conducted of the specific features of a combined cycle power plant and the stable-pressure steam blowing-out. It is noted that the stable-pressure blowing-out method is more suitable for use in a combined cycle power plant. Meanwhile, some specific cases of employing stable-pressure blowing-out method in power plant engineering are presented. **Key words:** steam blowing-out, stable-pressure steam blowing-out, combined cycle power plant, heat recovery steam generator

自动可调叶栅煤粉分配器在富拉尔基发电总厂锅炉的应用 = **The Application of a Pulverized-coal Distributor with Auto-adjustable Cascades for Boilers at Fulaerji Power Plant General Works** [刊, 汉] / ZHAO Zhen-qi, BI Da-peng, ZHANG Heng-wei, et al (College of Energy Science & Engineering under the Harbin Institute of Technology, Harbin, China, Post Code: 150001) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2005, 20(2). — 203 ~ 207

Fulaerji Power Plant General Works has successfully modified and installed for boilers No. 3 and No. 4 a pulverized-coal distribution device fitted with auto-adjustable cascades. By using this device it is possible to regulate the distribution of air and pulverized coal during boiler operation, thus realizing the effective control of pulverized coal distribution. As a result, the furnace outlet temperature can be properly adjusted to eliminate or alleviate slag formation in the boiler. This in turn can greatly enhance the ability of the boilers to maintain a stable combustion at low loads without resorting to oil firing. Moreover, as the fuel during its combustion in the furnace is divided into two portions, namely, excessive thick and excessive thin, good economic and social benefits can be attained with  $\text{NO}_x$  emissions being lowered to less than  $37.3 \text{ mg/m}^3$  and mechanical incomplete combustion loss reduced by 1.166%. **Key words:** combustion, stable combustion at low loads, thick and thin burner, boiler, distribution device

回转式空气预热器双密封节能改造 = **Energy Saving-oriented Modification of a Rotary Air Preheater through the Adoption of a Double Seal** [刊, 汉] / HU Lan-hai, ZHAO Wen-jun, ZHANG Yan-fei, et al (Hebei Hengfeng Power Generation Co. Ltd., Hengshui, Hebei Province, China, Post Code: 053000) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2005, 20(2). — 208 ~ 210

A single seal structure used for air preheaters can lead to an excessive air leakage, thus affecting boiler safe and economic operation. Hengfeng Co. has adopted “air preheater double seal” technology of ABB-API Co. of USA. During the overhaul of boiler No. 3 in February of 2003 the Hengfeng Co. had invested nearly RMB 2, 520, 000 yuan to undertake an energy saving-oriented modification by introducing a double seal for the air preheaters. With the air leakage rate being reduced from 13.92% to 6.36% the annual economic benefits amount to about RMB 1, 140, 000 yuan. The above-mentioned energy-saving technology has also been applied to the air preheater modification of No. 2 boiler in 2004. **Key words:** air preheater, double seal, energy saving-oriented modification