

# 南热 600MW 超临界机组回转式空预器传热元件改造

张 光

(江苏南热发电有限责任公司, 江苏 南京 210035)

**摘 要:** 南热 2×600MW 超临界机组自投运以来排烟温度一直居高不下, 影响脱硫系统安全运行, 锅炉效率降低, 供电煤耗增加。通过对#1 机组空预器进、出口运行参数进行分析, 得出空预器的传热效果较低的结论, 并由此对空预器的传热元件进行了改造, 提高传热效果, 降低排烟温度, 提高锅炉效率。

**关键词:** 回转式空预器; 传热元件; 排烟温度; 锅炉效率

## 0 引言

传热元件是影响回转式空预器传热效果的关键因素, 传热效果偏低, 冷风和高温烟气不能较好的进行热交换, 使得排烟温度增加, 热一、二次风温均较低, 从而导致锅炉效率降低。因此, 提高空预器的传热效果, 可以降低排烟温度, 提高热一、二次风温度, 有效提高锅炉效率, 降低发电煤耗, 提高机组经济性。

## 1 设备概述

江苏南热发电有限责任公司(以下简称“南热”)2×600MW 超临界机组 HG-1965/25.4-YM5 型锅炉是哈尔滨锅炉厂有限责任公司(以下简称“哈锅”)设计、制造的。锅炉为一次中间再热、超临界压力变压运行带内置式再循环泵启动系统的直流锅炉, 单炉膛、平衡通风、固态排渣、全钢架、全悬吊结构、 $\pi$  型布置。锅炉岛为露天布置。锅炉同步安装 SCR 脱硝装置。锅炉设计煤种为神府煤, 校核煤种为淮南煤。

南热 2×600MW 超临界机组锅炉空预器采用哈锅预热器公司生产的三分仓回转式空预器, 型号为: 31.5-VI(T)-1850-SMR 空气预热器。传热元件分两层布置, 热端传热元件采用 0.5mm 厚碳钢钢板, DU3 板型布置, 热端所有传热元件高度为 950mm; 冷端传热元件采用 0.8mm 钢板两面涂搪瓷, 涂搪瓷后总厚度为 1.2mm, DFC 板型布置, 冷端所有传热元件高度 900mm。冷、热端传热元件均采用模式布置, 共分 48 小仓, 与冷、热端扇形板形成双、三密封(图 1、2)。

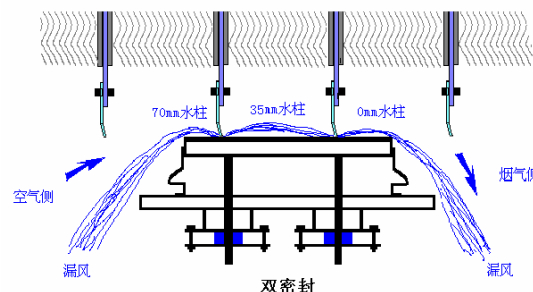


图 1 冷、热端传热元件与冷、热端扇形板形成双密封

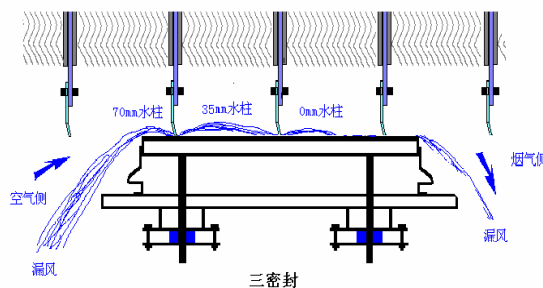


图 2 冷、热端传热元件与冷、热端扇形板形成三密封

## 2 运行情况分析

南热#1 机组于 2010 年 1 月 21 日通过 168h 试运行, 投运后一直存在排烟温度较高的问题。2010 年夏季, 排烟温度经常达到 150℃ 以上, 最高时达 170℃, 严重影响脱硫系统的安全运行, 同时使得锅炉效率降低, 发电煤耗增加。对#1 锅炉在 2010 年 04 月~12 月期间 A/B 侧空预器进、出口的相关参数进行统计, 详见表 1。

通过表 1 数据可以看出: 空预器进口烟温基本正常, 而排烟温度相对较高, 热一、二次风温则相对较低, 由此推断空预器的传热效果较低。为了更准确的找出造成#1 锅炉排烟温度较高的原因, 2010

年6月邀请江苏方天电力技术有限公司对#1机组进行了性能试验，试验结果和设计工况进行了对比，见表2。

表 1 2010 年 04 月~12 月 A/B 侧空预器进出口运行参数   ℃

月份	A 侧空预器								B 侧空预器							
	进口 烟温	出口 烟温	进口 一次 风温	出口 一次 风温	进口 二次 风温	出口 二次 风温	进口 烟温	出口 烟温	进口 一次 风温	出口 一次 风温	进口 二次 风温	出口 二次 风温	进口 烟温	出口 烟温	进口 一次 风温	出口 一次 风温
04	338	142	26	299	17	266	335	142	26	301	17	264				
05	337	146	34	300	25	263	329	145	35	300	25	260				
06	329	148	35	293	27	264	319	148	35	293	27	261				
07	326	150	41	292	32	266	316	148	42	292	32	263				
08	333	152	42	300	33	267	323	151	42	300	33	265				
09	322	142	37	288	28	258	311	141	37	287	28	255				
10	327	140	30	291	21	262	319	139	30	291	21	259				
11	331	137	25	294	16	262	322	136	26	293	16	259				
12	320	138	19	288	11	256	311	117	20	275	11	250				

表 2 试验结果和设计工况对比

序号	名称	设计工况 (BRL 工况)	性能试验 (BRL 工况)
1	预热器二次风进口温度/℃	23	25.5
2	预热器一次风进口温度/℃	23	35
3	空气预热器入口/℃	360	344
4	预热器出口一次风温度/℃	336.7	307
5	预热器出口二次风温度/℃	309.4	281
6	排烟温度(修正前)/℃	125	144
7	A/B 空预器漏风率/%	6/6	5.07/4.18

通过对比，在 BRL 工况下，A/B 空预器漏风率较小，空预器进口烟气温度低于设计值 16℃，排烟温度反而高出设计值 19℃，空预器出口一次风温低于设计值近 30℃，出口二次风温低于设计值 28.4℃。而且，哈锅空预器热端采用 DU3 板型，该板型阻力小，传热效果相对较差。由此分析，造成排烟温度高的主要原因是空预器传热元件的传热效果不好，没有达到设计要求。

3 改造方案的选择

通过上述分析，造成排烟温度较高的根源在于空预器传热效果不理想，故针对此现象提出对空气预热器进行改造调整，以达到降低排烟温度的目的。由于电厂燃煤煤质变化较大，为保证制粉系统较高的一次风混合温度，对预热器旋转方向不作改变仍然采用顺转方式（即空气侧旋转时先经过一次风，再经过二次风的旋转方向）。通过与哈锅预热器公司设计人员多次沟通，针对南热现场实际情况现提出

以下三种改造方案。

方案一：更换热端传热元件，保留冷端传热元件，不对预热器内部结构进行改造。

具体改造内容：将现在DU3 板型、高度 950mm 的热端传热元件，改为FNC板型、高度 1000 的传热元件。原DU3 板型元件每台炉（两台预热器）重量为 183t，更换后FNC板型重量约为 222t，换热面积（8 万m<sup>2</sup>）增加 20%左右。更换板型后，可使空气流通路径增加还能起到扰流作用。此方案可在改造前排烟温度基础上有效降低 10℃以上。

费用：更换的 FNC 板型元件由哈锅预热器公司供货，费用约 220 万/台炉，原有的 DU3 板型可由哈锅预热器公司回购，回购费用在 30~40 万/台炉，施工安装费用约 30~40 万/台炉。每台炉实际改造费用约为 220 万左右。

施工工期：由于此方案仅需更换热端传热元件，不需要对预热器内部结构做出改变，所以施工难度小，周期短。每台炉施工工期约为 15 天。

方案二：更换热端传热元件，保留冷端传热元件，并对预热器内部结构做出改造。

具体改造内容：将原有 DU3 板型、高度 950mm 的热端传热元件改为 FNC 板型、高度 1100 的传热元件。原 DU3 板型元件每台炉（两台预热器）重量为 183t，更换后 FNC 板型重量约为 248t。更换后传热元件重量增加，换热面积增加，并且由于板型原因可使空气流通路径增加还能起到扰流作用。可在改造前排烟温度基础上有效降低 15℃左右。

但由于增加传热元件高度超过设计值，需对预热器内部结构进行改造，将热端扇形板高度提升 100mm，部分零件也需重新制作。例如：扇形仓加高焊接钢板，转子径向密封片、中心筒密封片、轴向密封片、转子密封角钢、旁路密封角钢等重新加工、制作。增加其改造费用和施工难度。

费用：更换的 FNC 板型元件由哈锅预热器公司供货，成本费用在 245 万/台炉，原有的 DU3 板型可由哈锅预热器公司回购，回购费用在 30~40 万/台炉，包括施工安装费用约 60 万/台炉，需改造零部件成本费用约 50 万，故每台炉实际改造费用约为 320 万左右。

施工工期：由于此方案不仅需更换热端传热元件，还需要对预热器内部结构进行改造，所以施工难度大，周期长。每台炉施工工期为 36 天左右。

方案三：降低冷端传热元件高度，更换热端传热元件板型并增加热端传热元件高度。

由于是脱硝机组，更容易造成预热器冷端低温腐蚀，所以在正常排烟温度时，冷端传热元件高度不能低于 813mm 的设计下限，目前冷端传热元件高度为 900mm，且材质为搪瓷钢板，已满足并接近设计高度，不宜改造。

如果采用降低冷端元件高度来增加热端传热元件高度，在不改变扇形仓高度的前提下，改造难度较高，工作量较大。有两种改造办法：办法一，需将所有热端元件抽出并拆掉周向隔板，再重新焊接周向隔板装入更换后的热端元件盒；办法二，与方案二内容基本相同。以上两种办法，在施工时间和难度上都较高。另，更换冷端传热元件成本较高，而此方案不仅需要更换冷端传热元件，而且热端元件也需如方案一或方案二进行更换和改造，总体费用巨大。

对于以上三种方案作出总结见表 3。

表 3 三种方案对比

	方案一	方案二	方案三
内容	更换热端传热元件板型，并增加 50mm 元件高度。	更换热端传热元件板型，并增加 150mm 元件高度。需对预热器内部进行改造。	降低冷端搪瓷元件高度，更换热端元件板型，增加热端元件高度。对预热器内部进行改造。
优点	费用较低，施工周期短。	排烟温度降低较多（15℃）。	排烟温度降低较多。
缺点	排烟温度降低相对较低（10℃）。	费用较高；施工难度大，施工周期长。	费用巨大；施工难度大，施工周期长；可行性低。

综合比较，结合 2011 年的#1 机组 C 级检修工期，选择改造方案一，即：更换热端传热元件并增加 50mm 高度，保留冷端传热元件，不对预热器内部结构进行改造。

4 改造效果

2011 年 2 月 8 日~3 月 1 日，南热#1 机组进行了一次 C 级检修，利用此次检修机会，对空预器按照方案一的要求，进行了改造。改造后效果明显：排烟温度平均降低约 10℃，热一次风温提高约 25℃，热二次风温提高约 30℃。空预器改造后，对#1 锅炉在 2011 年 03 月~06 月期间 A/B 侧空预器进、出口的相关参数进行统计，详见表 4。

表 4 空预器改造后运行参数统计 °C

月 份	A 侧空预器						B 侧空预器					
	进口		出口		进口		出口		进口		出口	
	一次		一次		二次		二次		一次		一次	
	烟温	烟温	烟温	烟温	烟温	烟温	烟温	烟温	烟温	烟温	烟温	烟温
03	336	125	22	316	14	289	335	125	23	312	14	285
04	346	136	29	325	20	298	345	136	29	323	21	295
05	342	138	34	322	27	296	349	136	35	325	27	294
06	336	138	37	316	29	293	342	134	38	317	29	289

为了更好的评估空预器改造的效果，选取#1 机组相对运行工况较为相近（#1 机组平均负荷均在 530MW）的 2010 年 5 月和 2011 年 5 月这两个月份的运行参数进行比对分析。

（1）2010 年 5 月#1 机组空预器出口烟温平均为 145℃，2011 年 5 月#1 机组空预器出口烟温平均为 136℃，锅炉排烟温度降低 9℃。见图 1。

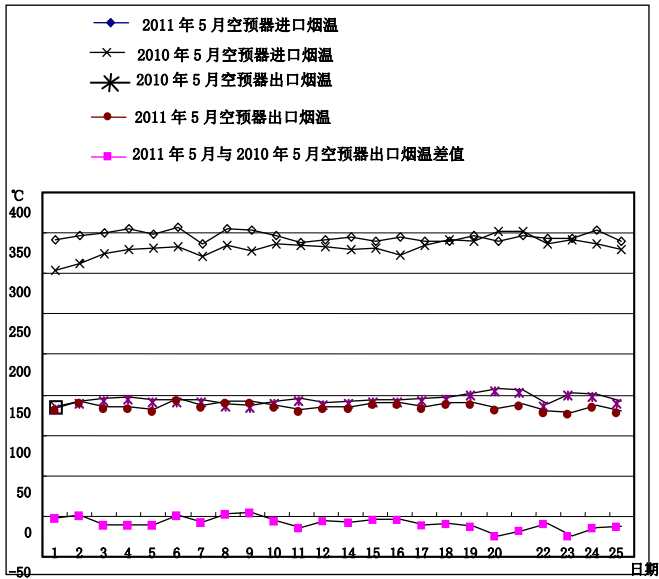


图 1 2010 年 5 月与 2011 年 5 月空预器进、出口烟温对比

（2）2010 年 5 月#1 机组空预器进、出口烟温差平均为 187℃，2011 年 5 月#1 机组空预器进、出口烟温差平均为 209℃，空预器进、出口烟温差提高约 22℃。见图 2。

（3）2010 年 5 月#1 机组空预器出口热一次风温平均为 299℃，2011 年 5 月#1 机组空预器出口热一次风温平均为 323℃，空预器出口热一次风温提高 24℃。见图 3。

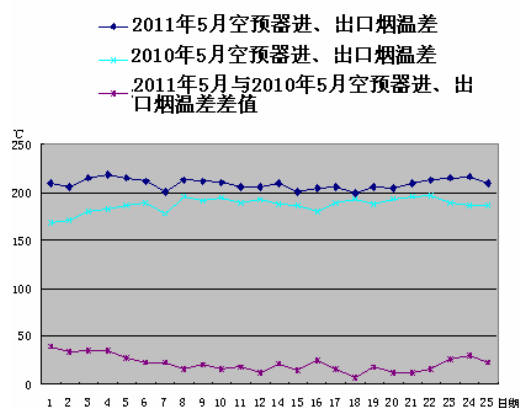


图2 2010年5月与2011年5月空预器进、出口烟温差对比

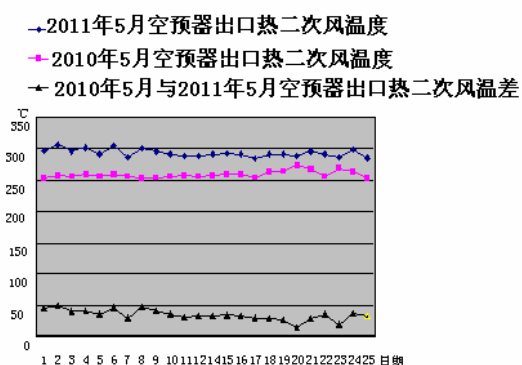


图3 2010年5月与2011年5月份空预器出口热二次风温度对比

(4) 2010年5月#1机组空预器出口热二次风温平均为259℃, 2011年5月#1机组空预器出口热二次风温平均为294℃, 空预器出口热二次风温提高35℃。见图4。

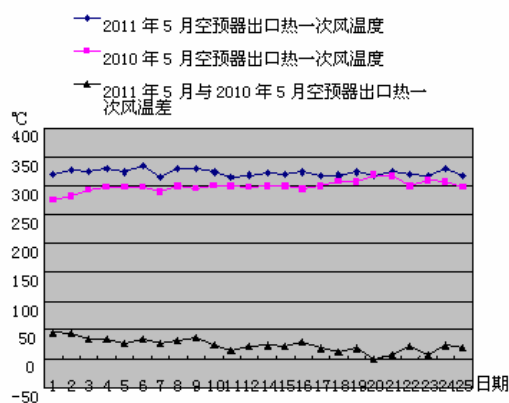


图4 2010年5月与2011年5月份空预器出口热一次风温度对比

## 5 结束语

南热#1机组进行空预器改造后,提高了热端传热元件的传热效果,锅炉排烟温度降低约10℃,热一次风温、热二次风温均有所提高,达到了预期目标,提高了机组运行的经济性和安全性。

在经济性方面,排烟温度降低10℃,可提高锅炉热效率0.5%,降低供电煤耗约1.66 g/kWh,年节约标准煤约4695 t(年等效满负荷运行小时按6600h,燃煤按5000 kCal/kg计算),约合人民币470万元/年。

在安全性方面,排烟温度的降低,可减轻高温烟气对脱硫系统运行的危害。

### 参考文献:

- [1] 冯俊凯,沈幼庭.锅炉原理及计算[M].北京:科学出版社,1995.
- [2] 常晨,陈英涛.锅炉热效率变化对供电煤耗影响的定量分析[J].华北电力技术,2004,(9).
- [3] 魏星,闫卫东.锅炉主要参数对机组煤耗影响的分析与计算[J].东北电力技术,2001(6).

### 作者简介:

张 光(1980—),男,锅炉专业工程师,主要从事锅炉技术管理工作。