

加装烟气脱硝装置后锅炉空预器改造

肖艳龙

(盐城发电有限公司, 江苏 盐城 224003)

摘 要: 当前, 大量火力发电厂进行了脱硝改造, 运行工况的改变要求空预器也要进行相应的调整, 以适应运行需要。盐城发电有限公司 10 号机组进行了增设脱硝装置配套的空预器改造, 现已投入运行。为消除加装 SCR 脱硝装置导致空预器漏风率增大的不利影响, 对换热元件、密封装置及吹灰系统等进行了一系列改造, 从而有效的降低漏风率, 提高了机组运行的经济性和安全稳定性。

关键词: 脱硝装置; 空预器; 漏风率

0 引言

为响应环保部颁发的《火电厂大气污染物排放标准》(GB13233-2011) 的要求, 新建燃煤机组均同步建设了脱硝设施, 现役机组也都相继进行了脱硝改造。目前应用最多而且最有成效的烟气脱硝技术是以氨气做为还原剂的选择性催化还原 (SCR) 技术, 它可以大大降低烟气中氮氧化物的含量。但是, 增设 SCR 脱硝装置后, 空预器受到的阻力、受热面腐蚀、吹灰特点等发生了改变, 导致漏风率会增大。针对盐城发电有限公司 10 号机组空预器的实际情况, 进行改造, 并对改造前后空预器运行效果进行对比分析。

1 工程背景

盐城发电有限公司 2×135MW (10 号、11 号) 机组锅炉均是由上海锅炉厂生产的超高压、一次中间再热自然循环汽包锅炉, 型号为 SG—480/13.7—M775, 每台锅炉配置两台二分仓回转式空气预热器, 在锅炉本体两侧呈甲、乙侧对称布置。空预器型号为 24.5VI, 转子直径: 6890mm, 转速: 1.56rpm, 传动方式: 齿轮围带传动。2014 年 4 月 25 日 10 号炉进行了增设 SCR 脱硝装置配套的空预器改造, 于同年 6 月 23 日投运; 11 号炉空预器改造预计在同年 8 月底开始。

江苏方天电力技术有限公司于 2014 年 3 月 14 日对 10 号锅炉进行改造前性能试验, 空预器漏风率试验数据见表 1。

空预器漏风测试结果表明: 在负荷 90MW 工况下, 甲/乙空预器漏风率为 8.03%/8.37%; 在负荷

110MW 工况下, 甲/乙空预器漏风率为 7.72%/7.85%; 在负荷 135MW 工况下, 甲/乙空预器漏风率为 7.35%/7.40%。10 号锅炉两台空预器之前一直处于长期运行状态, 漏风率比最初的设计要求偏大, 且锅炉的排烟温度高。

表 1 空预器漏风率测试结果

| 项目 | 90MW | | 110MW | | 135MW | |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 甲侧 | 乙侧 | 甲侧 | 乙侧 | 甲侧 | 乙侧 |
| 入口氧量/% | 2.55 | 3.12 | 2.10 | 2.02 | 2.60 | 2.33 |
| 入口过量空气系数 | 1.1379 | 1.1743 | 1.1114 | 1.1067 | 1.1414 | 1.1246 |
| 出口氧量/% | 4.06 | 4.64 | 3.60 | 3.55 | 3.99 | 3.75 |
| 出口过量空气系数 | 1.2395 | 1.2834 | 1.2068 | 1.2032 | 1.2347 | 1.2171 |
| 漏风率/% | 8.03 | 8.37 | 7.72 | 7.85 | 7.35 | 7.40 |

2 空预器漏风改造的必要性

从空预器的结构设计分析, 漏风主要有直接漏风和携带漏风。直接漏风是正压空气通过各密封间隙直接漏入负压烟气。直接漏风的计算公式如下:

$$Q=K A \sqrt{\rho \Delta P}$$

式中, Q --直接漏风量, m^3/s ; K —泄漏系数; A —密封间隙 (漏风间隙) 面积, m^2 ; ΔP —空气侧与烟气侧的压差, Pa ; ρ —气体密度, kg/m^3 。

直接漏风与密封间隙的大小以及两侧压差的平方根成比例关系。携带漏风是指传热元件空隙中的空气随转子转动而带到烟气侧, 携带漏风量与转子转速有关, 转速高则漏风量大, 转速低则漏风量小。对该空预器而言, 携带漏风率很小。因此直接漏风是空预器漏风的重要原因, 它与空气、烟气两侧压差、密封间隙有关。

增加 SCR 脱硝装置后, 空预器烟气侧阻力增加, 漏风率会有所增大, 同时还会加剧空预器堵灰,

进一步增大漏风率，甚至会危及机组运行的安全。为使烟气脱硝后空预器安全稳定运行，故对其进行部分改造，最大限度的减小压差与密封间隙，以保证改造后达到表 2 中的设计要求。

表 2 空预器的主要设计参数 (BMCR 工况)

| 项目 | 数值 |
|--------------|-------|
| 漏风率/% | 5.87 |
| 排烟温度/℃ (修正后) | 131.8 |

3 改造方案

3.1 换热元件改造

原空预器的换热元件分三层布置，总高度为 2133mm，现改为两层布置，原有的换热元件全部更换，重新调整换热元件高度。根据运行煤质，计算出硫酸氢铵腐蚀的分布带。将空预器冷端换热元件高度设置为 950mm，使得硫酸氢铵易沉积的区域在冷端换热元件的区域，这样可以有效的降低硫酸氢铵对空预器的影响。空预器冷端采用防堵塞、易清洁的大通道、直波纹 L 型换热元件波形，采用搪瓷元件，“湿法静电喷涂”工艺。搪瓷波纹板的基材采用进口零碳钢，零碳钢厚度为 1mm，单侧搪瓷厚度为 0.15mm。

根据空预器情况，利用原有空预器高度，通过核算换热面积，确定热端换热元件高度为 1200mm，材质采用低碳钢，厚度为 0.5mm。

改造后的空预器换热元件总高度为 2150mm，即保证了空预器的换热性能又满足了空预器两端腐蚀、堵塞及吹扫的要求，保证空预器安全、经济运行。

3.2 转子隔仓改造

空气预热器转子扇形隔仓角度及数量不变，仍然为 15°、24 隔仓，由于空预器换热元件由三层改为两层，隔仓需要局部调整。切除原换热元件支撑栅格，按新的换热元件框架尺寸进行隔仓改造，并重新安装支撑块。

3.3 密封系统改造

拆除原有的三向密封片，进行重新设计与调整，原来的一道径向密封片改造成由一道径向密封片与两道软密封片组合的拖拽式密封型式。在安装密封片前，对转子找正，确保转子的垂直度。

径向密封：径向密封片安装在与转子转向相同的径向隔板上。热端内外侧径向密封预留间隙均为 0mm。冷端间隙的控制采用冷态预留热态弥补的办

法，即在冷态安装调整时，冷端内侧间隙为 0 mm，而外侧预留一定间隙，热态运行时，内侧间隙由 0 mm 变为支撑端轴的膨胀值，外侧间隙由于转子的蘑菇状下垂趋近于 0 mm。

轴向密封：轴向密封片装在转子外壳上，与轴向弧形密封板相互配合构成轴向密封。调整轴向间隙时，在弧形板的上、下端加装补隙片来消除密封盲区，并调整弧形板，使轴向密封在热态时达到似碰非碰的状态，最大程度减少轴向漏风。

环向密封：在转子外圈上下两端装设环向密封装置，密封片与 T 字钢之间形成环向密封，对其间隙重新调整。

施工过程中，对中心筒密封间隙进行检查、调整，冷热端预留间隙均为 3mm。还对转子外壳及烟风道上漏点与支撑进行堵漏、修复；对空预器壳体局部磨损、变形、漏点等进行修补，防止空预器向外漏灰。使其达到最佳的密封效果。

根据经验及设计要求三向密封预留间隙见表 3，保证各间隙值的最小预留量。

表 3 三向密封预留间隙表

| 名称 | 位置 | 设定间隙/mm |
|------|------|---------|
| 径向间隙 | 热端内侧 | 0 |
| | 热端外侧 | 0 |
| | 冷端内侧 | 0 |
| | 冷端外侧 | 8 |
| 轴向间隙 | 热端 | 7 |
| | 冷端 | 3 |
| 环向间隙 | 热端 | 3.5 |
| | 冷端 | 8 |

3.4 吹灰系统改造

原空预器只在冷端安装了蒸汽吹灰器，改造后在空预器热端布置蒸汽吹灰器（利旧原冷端吹灰器），冷端设置由戴蒙德电力机械（湖北）有限公司生产的半伸缩式双介质吹灰器，每台炉配置一套压力达 15MPa 的高压水冲洗管路，以供需要时冷端冲洗使用，使之能够有效地吹扫和清洗换热元件，保持换热面的洁净和通道的畅通，以保证换热元件的换热性能、减少烟风阻力，同时也能够提高换热元件的使用寿命。

4 空预器改造后的效果

10 号炉空预器改造结束后，江苏方天电力技术有限公司于 2014 年 7 月 17 日进行了性能试验（给水温度及燃烧煤种与改造前试验一致）。见表 4。

表 4 改造后空预器漏风率测试结果

| 项目 | 90MW | | 110MW | | 135MW | |
|----------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| | 甲侧 | 乙侧 | 甲侧 | 乙侧 | 甲侧 | 乙侧 |
| 入口氧量/% | 5.98 | 5.19 | 4.13 | 4.15 | 3.46 | 3.42 |
| 入口过量空气系数 | 1.3982 | 1.3283 | 1.24461 | 1.2460 | 1.1973 | 1.1943 |
| 出口氧量/% | 6.83 | 6.11 | 4.98 | 5.05 | 4.31 | 4.28 |
| 出口过量空气系数 | 1.4819 | 1.4098 | 1.3112 | 1.3163 | 1.2583 | 1.2563 |
| 漏风率/% | 5.39 | 5.53 | 4.82 | 5.07 | 4.58 | 4.67 |

改造后，在 135MW 负荷工况下，甲侧空预器的漏风率由原来的 7.35%下降到 4.58%，乙侧空预器的漏风率由原来的 7.40%下降到 4.67%。同时改造前后锅炉其他参数变化见表 5。

表 5 锅炉参数统计表

| 项目 | 改造前 | 改造后 | 差值 |
|-------------|--------|--------|-------|
| 空预器入口烟气温度/℃ | 342.11 | 339.36 | 2.75 |
| 排烟温度/℃（修正后） | 152.99 | 131.79 | 21.20 |
| 干烟气热损失/% | 5.50 | 4.77 | 0.73 |

测试表明：改造后空预器漏风率及排烟温度均达到了设计要求。改造后，

（1）空预器进出口烟气温差增大，空预器的换热能力得到了提高。

（2）漏风率和排烟温度降低，提高了锅炉效率。空预器漏风的降低，使送风有效地利用了排烟热量，降低了锅炉的排烟热损失。

（3）漏风率的降低，也使送、引风机电耗不同程度下降，节省了厂用电。

（4）机组运行可靠性提高。漏风率降低后，锅炉烟风系统裕量增加。

5 结论

（1）盐城发电有限公司 10 号炉增设 SCR 脱硝装置配套的空预器改造于 2014 年 6 月投产，通过换热元件、三向密封及吹灰系统等改造，减小了漏风率，达到了设计要求，收到了满意的效果，同时对即将开始的 11 号炉空预器改造具有指导意义。

（2）烟气脱硝技术在我国还处于探索阶段，脱硝装置的长期运行，势必会对下游的空预器产生影响，须加强运行管理。

作者简介：

肖艳龙（1984—），男，黑龙江兰西人，助理工程师，从事火电厂锅炉维护工作。