

## 回转式空预器烟气压差偏差大的原因分析及治理措施

杜五一

皖能合肥发电有限公司, 安徽 合肥 230041

**[摘要]** 空预器作为锅炉重要的辅助设备, 空预器的运行工况, 直接影响锅炉安全性和经济型。近几年随着煤炭价格上涨, 煤电企业发电成本不断的增加, 燃煤偏离原来的设计煤种, 劣质煤、高硫煤的参烧、混烧情况越来越普遍, 加之近年国家加大对环保治理, 各煤电企业都在对机组进行脱硫、脱硝改造, 空预器堵塞普遍存在, 空预器烟气压差阻塞不断加剧。文章结合现场的检修及治理的实际情况, 重点分析空预器堵塞的问题, 通过分析空预器堵塞因素, 并根据空预器烟气系统的实际布置情况, 尽可能的减少投资情况下, 减缓空预器堵塞, 降低空预器烟气压差偏, 以保证机组安全经济可靠运行。

**[关键词]** 空预器; 堵塞; 因素

DOI: 10.33142/ec.v3i3.1591

中图分类号: TK223

文献标识码: A

### Cause Analysis and Treatment Measures of Big Deviation of Flue Gas Pressure Difference in Rotary Air Preheater

DU Wuyi

Wanneng Hefei Power Generation Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230041, China

**Abstract:** As an important auxiliary equipment of boiler, operation condition of air preheater directly affects safety and economic type of boiler. In recent years, with rise of coal price, the power generation cost of coal-fired power enterprises has been increasing, the coal deviates from the original design coal and situation of low-quality coal and high sulfur coal combustion is becoming more and more common. In addition, in recent years, the state has increased environmental protection treatment, all coal-fired power enterprises are carrying out desulfurization and denitrification transformation for the unit, air preheater blockage is common and air preheater flue gas differential pressure blockage is increasing. Based on actual situation of on-site maintenance and treatment, this paper mainly analyzes the problem of air preheater blockage. By analyzing factors of air preheater blockage and according to actual layout of air preheater flue gas system, we can reduce investment as much as possible, slow down air preheater blockage, reduce air pressure difference deviation of air preheater, so as to ensure the safe, economic and reliable operation of the unit.

**Keywords:** air preheater; blockage; factors

#### 1 空预器概况

本公司的锅炉采用的由东方锅炉(集团)股份有限公司, 空气预热器工程分公司根据美国 C-E 预热器公司技术进行设计和制造的 LAP13494/1900 型空气预热器。转子直径  $\Phi 13494\text{mm}$ , 蓄热元件高度自上而下分别为 200、800 和 1050mm, 冷段 1050mm 蓄热元件为搪瓷传热元件, 其余热段蓄热元件为碳钢, 每台预热器金属重量约 664 吨, 其中转动重量约 296 吨(约占总重 75%)。本空气预热器为三分仓型式, 且在热端预留有一定高度以便业主在以后加装 SCR 时预热器的改造。

LAP13494/1900 是一种以逆流方式运行的再生式热交换器。转速为 0.99 转/分, 转向为烟气侧、二次风到一次风侧。转子部件简介本预热器转子采用模数仓格结构, 每个仓格为  $15^\circ$ , 为布置双密封结构, 每个仓格又分隔为两部分, 全部蓄热元件分装在 24 个模数仓格内。

热段蓄热元件由压制成特殊波形的碳钢板构成, 按模数仓格内各小仓格的形状和尺寸, 制成各种规格的组件。每一组件都是由一块具有垂直大波纹和扰动斜波的定位板, 与另一块具有同样斜波的波纹板一块接一块地交替层叠捆扎而成, 钢板厚 0.6mm。冷段采用搪瓷传热元件, 也按仓格形状制成各种规格的组件, 每一组件都是由一块具有垂直大波纹的定位板与另一块平板交替层叠捆扎而成。

#### 2 空预器堵塞情况

该机组自 2013 年投运以来, 空预器经过两次大的改造, 但是随着煤种参烧、脱硝设备的投用, 空预器蓄热元件的堵塞情况始终存在。机组超低排放改造后, 降低了  $\text{NO}_x$ , 但是空预器的堵塞情况更加严峻, 堵塞速率更快, 特别是空预

器在气温较低是堵塞尤为明显。加之为了维持空预器压差，频繁用吹灰器对空预器冷端原件进行吹灰，导致冷端元件搪瓷脱落吹损腐蚀严重。空预器堵灰，一是引起一次风机、二次风机耗电率升高；二是一次风机、二次风风压较高难以导致一二次风失速、引风机喘振的可能性加大；三是送风困难导致炉膛缺氧燃烧，煤耗增加。四是空预器换热效率变差导致排烟温度升高；五是空预器漏风率增加。六是机组面临增加负荷压力。七是空预器形成烟气通道导致部分区域磨损严重。

调取 sis 参数如下，发现 5 号机组 A 空预器烟气侧压差大大小于 B 空预器烟气侧压差，具体如下图。



调修期间，对 B 空预器进行解体检修，为了便于区分 B 空预器元件布置图，我们设定 B 空预器元件由内向外分别为 A 环、B 环、C 环、D 环、E 环，调停检查情况如下：



图 1 A 环中层元件堵塞情况



图 2 A 环冷端元件堵塞情况

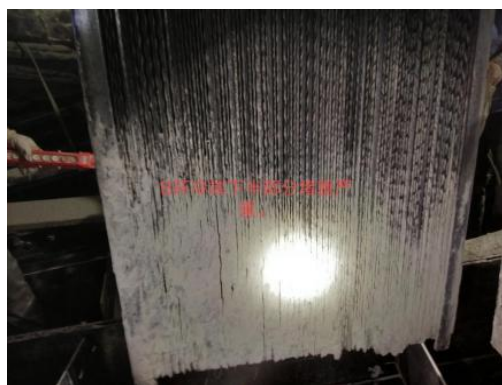


图 3 B 环下层元件的堵塞情况



图 4 B 环中层元件堵塞情况



图5 C环中层蓄热元件堵塞情况



图6 C环下层元件堵塞情况

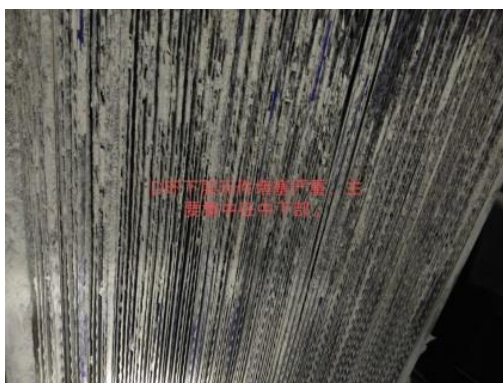


图7 D环下层蓄热元件堵塞情况



图8 D环中层元件堵塞情况

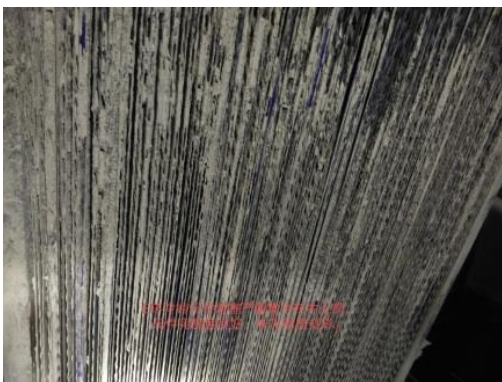


图9 E环下层蓄热元件堵塞情况

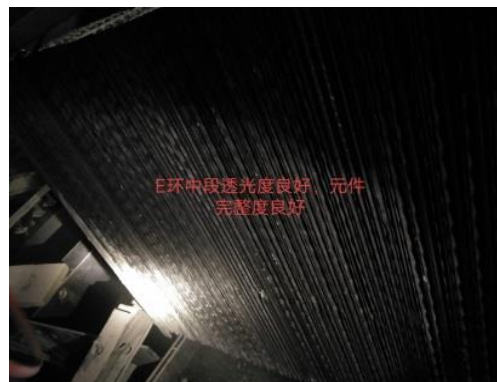


图10 E环中层蓄热元件堵塞情况

通过对蓄热元件进行吊出检查发现，堵塞蓄热元件堵塞的高度从外向内逐渐升高，越是靠近空预器内环堵塞情况越严重。

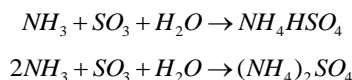
### 3 空预器堵塞原因分析

#### 3.1 硫酸氢氨生成

空预器压差较大，归根揭底是硫酸氢铵（硫酸氢铵易潮解，易溶于水其水溶液呈强酸性，熔点  $147^{\circ}\text{C}$ ，在  $350^{\circ}\text{C}$  时分解）导致。当前煤电机组脱硝技术普遍使用 SCR 脱硝技术，在反应器入口烟道中喷入氨气，氨气与烟气充分混合后进入装有催化剂的 SCR 反应器。在催化剂的作用下，氨气和氮氧化物发生氧化还原反应，生产氮气和水。脱硝过程中， $\text{NH}_3$  的逃逸是客观存在且无法避免。燃煤锅炉炉膛内烟气中的  $\text{SO}_2$  约有  $0.5\%\sim 1.0\%$  被氧化成  $\text{SO}_3$  加装 SCR 系统后，催化剂在把  $\text{NO}_x$ ，还原成  $\text{N}_2$  的同时，将约  $1.0\%$  的  $\text{SO}_2$  氧化成  $\text{SO}_3$ 。SCR 反应器出口烟气中存在的未反应的逃逸氨 ( $\text{NH}_3$ )、 $\text{SO}_3$  及水蒸气反应生成硫酸氢氨或硫酸氨，其主要凝结在空预器冷端元件距离冷端元件下部高约  $30\text{cm}$  处（空预器冷端吹灰器频繁吹灰将硫酸氢氨吹到上部凝结）。当烟气中的  $\text{NH}_3$  含量远高于  $\text{SO}_3$  浓度时，主要生成干燥的粉末状硫酸氨，不会对

空预器产生粘附结垢。当烟气中的  $SO_3$  浓度高于逃逸氨浓度（通常要求 SCR 出口不大于  $3\mu L/L$ ）时，主要生成硫酸氢氨在  $150\sim 220^\circ C$  温度区间，ABS 是一种高粘性液态物质，易冷凝沉积在空预器换热元件表面，粘附烟气中的飞灰颗粒，堵塞换热元件通道，增加空预器阻力并影响换热效果。

硫酸氢氨生产化学方程式：



### 3.2 空预器堵塞原因

一是我公司为降低发电成本，掺烧的煤种含硫量过高，导致烟气露点的降低，进而在空预器冷端结露导致腐蚀。燃煤低位发热量过低，导致燃煤量增大，进而引起烟气流速增大，烟气中的灰量增大，导致空预器阻力增大。特别是在空预器蓄热元件的内环，由于流通截面积较小，更容易引起堵灰。

二是锅炉烟气流程不均匀导致局部喷氨过量，脱硝测点采用的是点测量，无法精确测量，导致部分氨气逃逸，致使硫酸氢氨的生成。

三是原件空预器在由一次风侧进入空预器烟气侧由于空预器冷端蓄热元件片温度低，导致烟气中三氧化硫、硫酸氢氨等在原件片上凝结进一步加剧了空预器的堵塞。

四是 5 号机组低温省煤器安装在空预器后部，导致空预器烟气侧阻力很大，导致空预器出口烟气爬坡段积灰严重（如图 11），进一步导致整个烟气流量较小，B 空预器冷端元件温度低于 A 空预器冷端元件的温度加之氨逃逸较高，进一步加快了空预器堵塞。

机组调停后检查发现：B 空预器后部的低温省煤器处积灰严重（如图 12），A 空预器低温省煤器处积灰较少（如图 13），分析由于 B 侧低温省煤器管道布置密集导致阻力较大。进一步验证了技术人员分析判断。



图 11 B 空预器烟气出口爬坡段积灰严重，深度约 2mm



图 12 B 低温省煤器内部烟道积灰严重高度约 1.5m

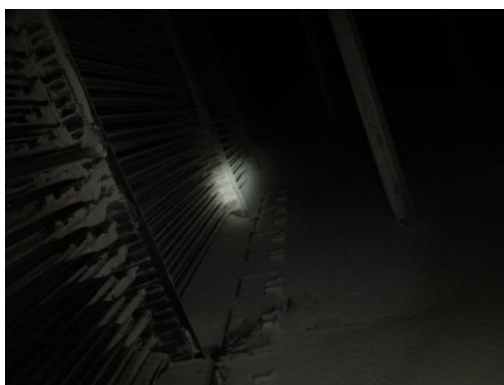


图 13 A 侧低温省煤器烟道及空预器烟道积灰很少

### 4 空预器防堵塞措施

调修时，为提高空预器吹灰器的吹灰效果，对空预器吹灰器疏水管道进行改造，将 AB 空预器冷端吹灰器水平段疏

水管道两端分别抬升 10cm, 中部下降 10cm 增加空预器疏水管道倾斜度达到 0.04, 提高空预器疏水效果。另外, 延长吹灰器疏水时间、提高蒸汽温度至 200℃ 以上, 压力提高至 1.5Mpa。

提高喷氨的准确率降低氨的逃逸率, 对喷氨格栅 (AIG) 优化调整在反应器出口烟气测点位置, A、B 反应器出口烟气取样点各 7 个, 总共 14 个。机组启动后在烟气温度达到 300℃ 的情况下, 进行连续喷氨, 用紫外线烟气分析仪测量各测点烟气 NOX 浓度, 记录数据并对数据分析; 在确定 NOX 浓度值, 调节空氨混合气 42 个进气支管手动球阀, 实时测量催化剂底部烟气测点烟气浓度变化, 使各个测点 NOx 浓度达到均衡。催化剂底部烟气取样点达到均衡后, 烟道出口测点检验 NOX 分布情况, 记录数据。

对空预器进行改造, 从热一次风侧引出一路热风到二次风侧 (管道直径为 1200mm, 并加装圆形闸板门), 保证空预器二次风侧在进入烟气风侧加一个 7.5 度的隔仓, 一方面以保证空预器二次风侧的元件在进入烟气侧前以达到硫酸氢氨的挥发的温度, 另一方面元件温度的提高可以减少硫酸氢氨在元件片上的凝结缓解了空预器的堵塞。

对原件包进行改造, 原有元件包框架为全包结构, 导致原件在框架周边容易积灰。改进型后的元件包为半包结构, 上下筋条错位焊接, 最大限度降低原件包的堵灰的可能性, 又确保水冲洗时, 能够对元件包上下进行冲洗 (避免了筋条阻挡对原件清洗面积, 实现元件包的全方位无死角的冲洗)。元件波形由原来的斜波, 改为直通波型, 元件材质由原来的 0.6mm 考登钢改为基板厚度不低于 0.75mm, 搪瓷涂层的单面厚度不低于 0.15mm, 在空预器两端元件 20cm 高度搪瓷的单面厚度不小于 0.2mm, 以提高元件抗吹损能力。

对 B 侧低温省煤器下部约 1m 高的换热管道及翅片进行拆除, 对割除的管道进行封堵。对部分低温省煤器割除后, 烟气阻力变小, 降低低温省煤器积灰的可能性, 进一步平衡了 AB 侧烟气流通阻力。

## 5 运行后的效果分析

机组在运行半年后, 在 600MW 工况下运行正常, A 空预器主机电流为 13.6A, B 空预器主机电流为 13.4A。A 空预器烟气侧压差为 1.32kpa, B 空预器烟气压差为 1.27kpa, 较机组运行初期的压差增量小于 0.2kpa, 当前 AB 空预器烟气压差稳定没有明显增加。

## 结束语

综上所述, AB 空预器烟气压差存在偏差, 主要是燃烧高硫煤、喷氨不准确导致氨逃逸量较大, 加之锅炉尾部烟道流场不均导致 A 侧烟道烟气流量大于 B 侧烟气流量, 导致 B 侧空预器冷段元件温度低于 A 侧空预器冷段元件温度导致硫酸氢氨更容易在 B 空预器堆积对手。空预器堵塞根本原因就是硫酸氢氨的生成, 但是导致硫酸氢氨堆积因素较多, 需要不断分析, 在机组调停检修时, 要逐条分析排查, 发现问题采取相应的措施, 达到预防空预器堵塞的目的。

## 【参考文献】

[1] 宋光辉. 空预器堵塞原因分析及预防措施[J]. 装备制造技术, 2015, 5(10): 125-127.

[2] 胡亚文. 回转式空气预热器堵灰原因及预防措施[J]. 能源与环境, 2013, 8(3): 54-55.

作者简介: 杜五一 (1985-), 男, 毕业院校: 东北电力大学, 热能与动力工程专业, 职务: 风机点检, 职称: 工程师。