

# 第一届空气预热器综合治理专题技术交流会



张发文

江苏江阴热电有限公司总工程师，从事热电厂技术管理及安全管理，主要研究方向是电厂节能改造，节能运行、安全技术，经历过电厂供热管网建设、电厂机组扩建、锅炉烟气超低排放改造等项目建设。先后组织锅炉烟气低品位热量利用项目改造、全厂疏放水低品位能集中回收系统技术改造、全厂疏放水及雨排水集中回收治理利用系统建设。发表论文三篇。

## 回转式空预器在50MW机组的运用

2018年5月29-30日 中国·济南



**第一届空气预热器综合治理专题技术交流会**

# **回转式空预器在 50MW 机组上的应用**

**江阴热电 总工/高级工程师 张发文**

**2018年5月 济南**

# 目录

- 1、本公司锅炉空预器配置情况**
- 2、回转式空预器漏风原因及处理**
- 3、回转式空预器堵塞原因及处理**
- 4、回转式空预器腐蚀原因及处理**
- 5、回转式空预器吹损原因及处理**
- 6、总结及建议**

# 1、锅炉及空预器配置情况

本公司目前拥有4台220t/h高温高压煤粉锅炉。其中#1、2锅炉1988年投产，#3锅炉2003年投产、#4锅炉2014年投产。锅炉先后经历低氮燃烧器改造、超低排放改造。目前采用低氮燃烧器+SCR脱硝工艺、石灰石湿法脱硫系统、电袋除尘器进行烟气处理。



锅炉配套上海空预器厂有限公司生产的 $\Phi 6700\text{mm}$ 回转式空预器。空预器运行至今经历**增加分仓、密封系统改进、吹灰器喷嘴更换、冷段传热元件更换为搪瓷波形板、安装中压冲洗水系统等改造**。使用过程中发生过不同程度的漏风、堵塞、吹损、腐蚀问题，经过处理基本恢复正常。

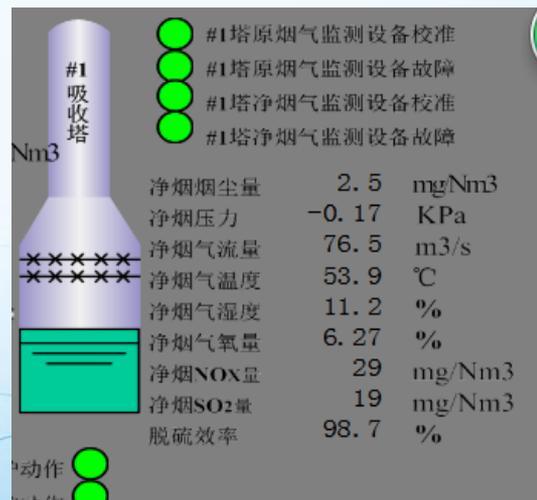


指标	直径	分仓数量	进口烟温	排烟温度	进口风温	热风温度
单位	mm	个	℃	℃	℃	℃
#1炉空预器	6700	24	363	132	28	330
#2炉空预器	6700	24	380	143	28	347
#3炉空预器	6700	24	停运	停运	停运	停运
#4炉空预器	6900	36	370	140	28	352

## 2、回转式空预器漏风问题

### 2.1空预器漏风大的危害

- 空预器漏风严重时**增加风机电耗**，影响锅炉的安全经济运行，锅炉风机余量不足时，**限制锅炉出力**。
- 空预器漏风会降低排烟温度，增加**低温腐蚀**风险。
- 空预器漏风会导致烟气中含氧量增加，**污染物折算浓度上升**，**影响烟气排放指标**。



## 2、回转式空预器漏风问题

### 2.2空预器漏风大的原因

- 空预器在**自重**变形及工作**温差**的影响下，形成**蘑菇状变形**，导致密封间隙增大，漏风增加。
- **空预器**传热元件间隙**携带漏风**，携带一定风量到烟气侧，这部分漏风量与转速有关。 $<0.5\%$
- 检修人员担心间隙过小会引起启动后卡，在安装、检修时保持**较大密封间隙**，造成漏风大。
- **密封片磨损**后没有及时调整，漏风量持续处于高位状态。
- 空预器**堵灰**或锅炉**改造后**烟气阻力增加，导致空预器空气侧和烟气侧压差增大，增加漏风。

## 2、回转式空预器漏风问题

### 2.3空预器漏风大的解决途径

- **运行方面：解决腐蚀、堵灰、吹损问题。**
- **检修方面：停炉前后检测漏风率，停炉期间调整密封间隙。**
- **改进结构：增加仓室、采用双密封结构、采用自动密封控制系统。**
- **技术在进步，新设计的回转式空预器已从多方面考虑减少漏风的措施。**

## 2、回转式空预器漏风问题

### 2.4 空预器漏风大的解决案例

**改造方案：**#1、2锅炉回转式空预器原是12仓结构，2008年，进行了重新分仓改造：原每个仓增加一道隔板，由原12个仓改造为24个仓。增加径向密封，轴向密封，改造后在扇形密封板范围始终有2-3个径向密封，漏风量明显减少。

**改造效果：**改造前，空预器漏风率12-17%，改造后，空预器漏风率在6-9%，风机电耗也从3.8kWh/t汽下降至3.6kWh/t汽。



# 3、回转式空预器堵塞问题

## 3.1 空预器堵塞的危害

- 增大烟气阻力、增加**风机电耗**，严重时限制锅炉出力。
- 空预器传热效果下降，热风温度下降、排烟温度升高，**锅炉效率**下降。



# 3、回转式空预器堵塞问题

## 3.2 空预器堵塞的原因

- 排烟温度过低（锅炉设计原因、锅炉低负荷），空预器冷段温度低，低于酸露点以下时**结露粘灰**（腐蚀和积灰同时恶化）。
- **吹灰蒸汽疏水不充分**，汽温过热度太小，传热板潮湿粘灰。
- **氨逃逸硫酸氢铵生成，导致硫酸氢铵堵塞。**
- 回转式空预器内部开始积灰至一定程度时，蒸汽吹灰器难以深度清灰，当通道完全堵灰时，在线处理难度大。

# 3、回转式空预器堵塞问题

## 3.3空预器堵塞的预防处理途径

- 入炉煤采用**低硫煤**，降低结露的风险。
- 运行调整**排烟温度**不致过低。
- 长时间排烟温度过低，需要考虑锅炉受热面改造。
- **防止吹灰蒸汽带水**，使用前充分疏水，保证过热度。
- 脱硝运行时，要**降低氨逃逸**。
- 轻微堵塞：增加吹灰频次，或使用水冲洗，直到冲洗干净，重新投入使用前要充分干燥。
- 严重堵塞：吊出换热波纹板、割开板箱，用钢丝刷**清理每一片蓄热板**，清理后原位回装。

# 3、回转式空预器堵塞问题

## 3.4 空预器堵塞的案例

2016年12月，#3炉完成锅炉烟气超低排放改造，锅炉出口烟气NO<sub>x</sub>排放浓度控制50mg/NM<sup>3</sup>以下，运行5个月以后，空预器的差压从正常值600Pa逐渐上升至2000Pa以上，吹灰处理无效。停炉后淋水冲洗3天恢复正常。抽样检查化验确定为**硫酸氢铵堵塞**。



# 3、回转式空预器堵塞问题

## 3.5 SCR设计要注意的问题

控制较低的烟气NO<sub>x</sub>排放浓度，会增加氨逃逸，在空预器冷段存在硫酸氢铵积聚堵塞的风险。

➤ SCR方案设计要注意以下几点：

- (1) 做好SCR进口流场设计，在SCR进出口布置足够的手工测量孔。
- (2) 氨逃逸在线测量布置很难有代表性，可以考虑多点切换测量。
- (3) 注意烟道内部结构设计，防止支撑杆、加强板、密封板等积灰。因为积灰落下时会堵塞催化剂、空预器局部。
- (4) 设置催化剂备用层，在催化剂性能下降后可以增加催化剂量，减少氨逃逸。
- (5) 配置合适的吹灰器。

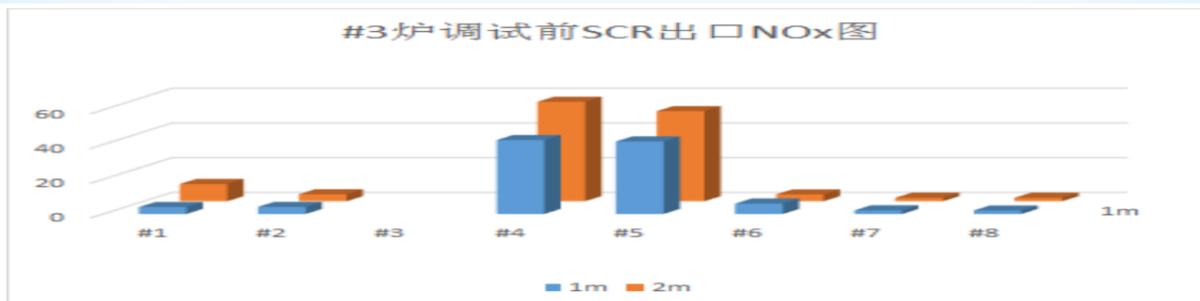
# 3、回转式空预器堵塞问题

## 3.6 SCR前后流场检测调整案例

2017年4月，本公司因#3炉空预器有硫酸氢铵堵塞现象对#3炉SCR前后氮氧化物浓度进行检测，结果如下（SCR出口）：



分析：#3 炉 SCR 入口 NO<sub>x</sub> C.V 值为 9.15%，进口氮氧化物浓度较均匀。



#3 炉调试前 SCR 出口 NO<sub>x</sub> 图（北墙东边第一孔为#1，依次为 2、3 测量孔）

分析：结果显示 C.V 值在 129%，超过标准值 30%，均匀性很不理想（#3 点被柱子挡住，未测）。

# 3、回转式空预器堵塞问题

## 3.7 SCR前后流场检测调整案例

因出口氮氧化物分布很不均匀，对喷氨支管进行调整，**调整后**



#3 炉调试后 SCR 出口 NOx 柱状图

#3 炉氨气用量的统计

日期	调整前			调整后		
	3. 20	3. 21	3. 22	4. 9	4. 10	4. 11
日平均蒸发量 t/h	191	190	193	185	183	188
日平均氨气用量 kg/h	26. 98	25. 84	28. 1	21. 8	20. 85	20. 75
氨气用量 kg	647	620	674	523	500	498
吨汽氨用量 (kg 氨气/每 t 蒸汽)	0. 43	0. 425	0. 43	0. 344	0. 339	0. 332

# 3、回转式空预器堵塞问题

## 3.8超低排放运行后，本公司采取的主要措施

### 运行控制：

- 控制氨逃逸浓度，进行除尘器灰斗**灰中氨检测对比**（采用分光光度计法，**小于50mg/kg**）。
- **限制供氨调整门的开度，按正常喷氨量最大值的110%设定限值**，防止严重超量供氨。运行中控制NOX浓度在达标范围内的较高值。
- 制订合理的**考核激励措施**（氨耗指标评比、排放浓度超标考核）

### 检修检查：

- 进行SCR前后NOX浓度、烟气流速分布**检测**（**每年一次，安排在停炉前进行**）。
- **停炉期间检查催化剂积灰及冲刷情况，消除撑杆及烟道积灰。检查供氨喷嘴的堵塞与积灰情况。**
- **定期进行催化剂活性检测**（**每年停炉时抽样一次**），必要时进行再生或换新。

## 4、回转式空预器腐蚀问题

### 4.1空预器腐蚀的危害

轻微腐蚀导致传热表面粗糙，**增加积灰的风险**。  
严重腐蚀就会**降低传热效果，传热元件松动影响安全运行（回转式空预腐蚀不明显）**。

### 4.2空预器腐蚀的原因

燃料中二氧化硫在催化剂（ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{V}_2\text{O}_5$ ）的作用下进一步氧化生成 $\text{SO}_3$ ， $\text{SO}_3$ 与烟气中的水蒸汽结合生成硫酸蒸汽，**硫酸蒸汽使烟气的露点升高**。预热器冷段的壁温低于烟气酸露点时，**结露造成酸腐蚀**。

SCR\SNCR烟气脱硝对空预器有 $\text{NH}_4\text{HSO}_4$ **腐蚀风险**。



# 4、回转式空预器腐蚀问题

## 4.3空预器腐蚀的控制

- 使用热风再循环（锅炉效率降低，风机能耗增加）**保持排烟温度不致过低。**
- 使用耐腐蚀的传热材料，如不锈钢、**搪瓷**、陶瓷材料。
- **使用低硫煤， $<0.7\%$ 。**
- 燃烧调整方面采用低氮燃烧器。低氮燃烧能降低炉膛中心温度、**减少三氧化硫生成。**
- **注意吹灰控制，使用蒸汽吹灰前充分疏水。**
- **控制氨逃逸浓度，预防 $\text{NH}_4\text{HSO}_4$ 腐蚀。**



# 5、回转式空预器吹损问题

## 5.1空预器吹损的危害

- 传热面积减少，降低传热效果，锅炉效率下降。
- 吹损搪瓷表面，增加腐蚀的风险。
- 回转式空预器传热元件松散，散件可能掉落卡住空预器。
- 增加携带漏风。



# 5、回转式空预器吹损问题

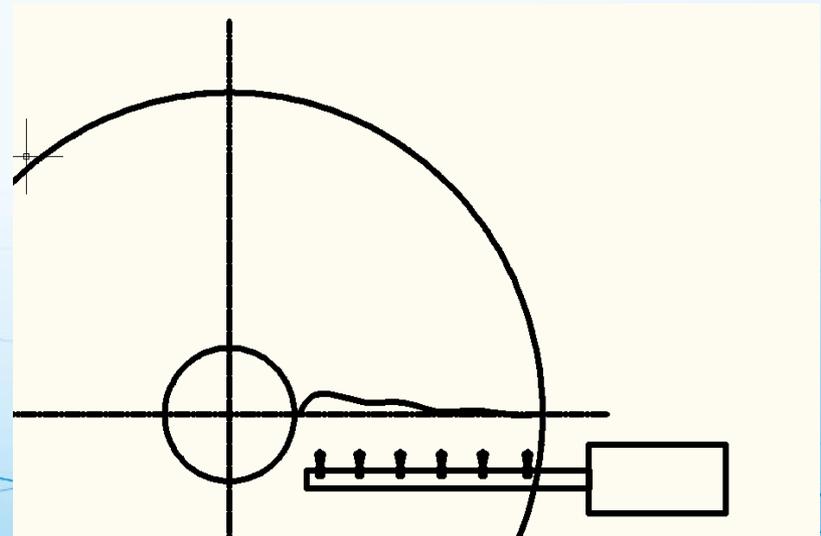
## 5.2空预器吹损的原因

- 吹灰时间过长。
- 吹灰器安装位置、**喷嘴选型不当**。
- 蒸汽吹灰器**蒸汽带水**。

## 5.3减少空预器吹损采取的两个措施

- 加装吹灰蒸汽疏水温度在线检测，吹灰前充分疏水（疏水过热度20℃以上再吹灰）。
- 步进式吹灰器喷嘴根据各喷嘴的位置**采用不同直径的喷嘴**，空预器内圈线速度低选用口径较小的喷嘴。例如我厂的空预器步进式吹灰器原是6只 $\Phi 16\text{mm}$ 喷嘴，使用一年后发现中心区域吹损严重，现将接近中心的三只喷嘴直径改为 $\Phi 11.5\text{mm}$ ，使用半年后检查吹损明显好转，吹灰效果没降低。
- 控制吹灰频次，不过度吹灰。

## 5、回转式空预器吹损问题



# 6、总结及建议

## 6.1总结

- 本公司空预器投产时间较早，运行上基本正常，后期在新技术产生后也进行了一些改造。
- 空预器漏风问题经空预器厂改造后有了明显的提高；空预器吹损问题自加强运行控制及喷嘴改造后有了明显改善；空预器堵塞问题在运行控制氨逃逸后未发生过；空预冷段已更换为搪瓷波形板，空预器腐蚀问题不明显。
- 漏风、堵灰、腐蚀、吹损问题往往是并发的，难分先后，但仍能通过查找运行历史发现主要原因。
- 漏风、堵灰、腐蚀、吹损任一状况出现，都可能引发其它状况，只是引发时间和程度不同。需要从其中找出主要问题和首发因素加以解决。

# 6、总结及建议

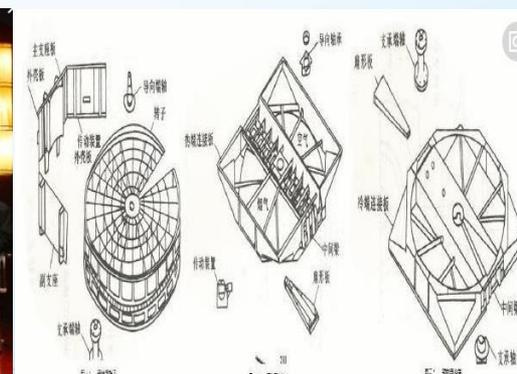
## 6.2 提几条建议

- 烟气脱硝和深度调峰的燃煤锅炉，优先考虑回转式空预器，已使用管式空预器的建议改造为回转式空预器（要考虑布置、投资）。
- 运行管理：
  - （1）排烟温度控制（防止点炉过程排烟温升过快导致膨胀不均磨损密封结构；正常运行期间防止排烟温度过低导致腐蚀等）
  - （2）氨逃逸控制（合理控制出口 $\text{NO}_x$ 浓度；限制供氨量；增加催化剂量、定期测量调整）
  - （3）吹灰控制（合理控制吹灰时间，控制蒸汽压力及过热度）。
- 检修管理
  - （1）催化剂的活性及外观检测、流场调整、检查清理积灰。
  - （2）空预器材料选择、密封调整、间隙检测、外观检查。

# 6、总结及建议

## 6.3解决问题的途径

- 召集专业人员进行专题讨论；  
参加经验交流会、技术研讨会；  
向制造厂寻求改造方案。
- 出现问题**从运行管理，设备维护、技术改造方面采取措施。**



本内容只是个人工作中遇到的问题和处理情况，  
内容缺少系统性，仅供参考。

感谢中国电力科技网提供这个交流的机会，感谢专家及制造厂对用户提供技术支持。

# 谢谢