



中国大唐集团科学技术研究院

China Datang Corporation Science and Technology Research Institute

燃煤SCR脱硝机组空预器堵塞 原因分析和建议

王海刚

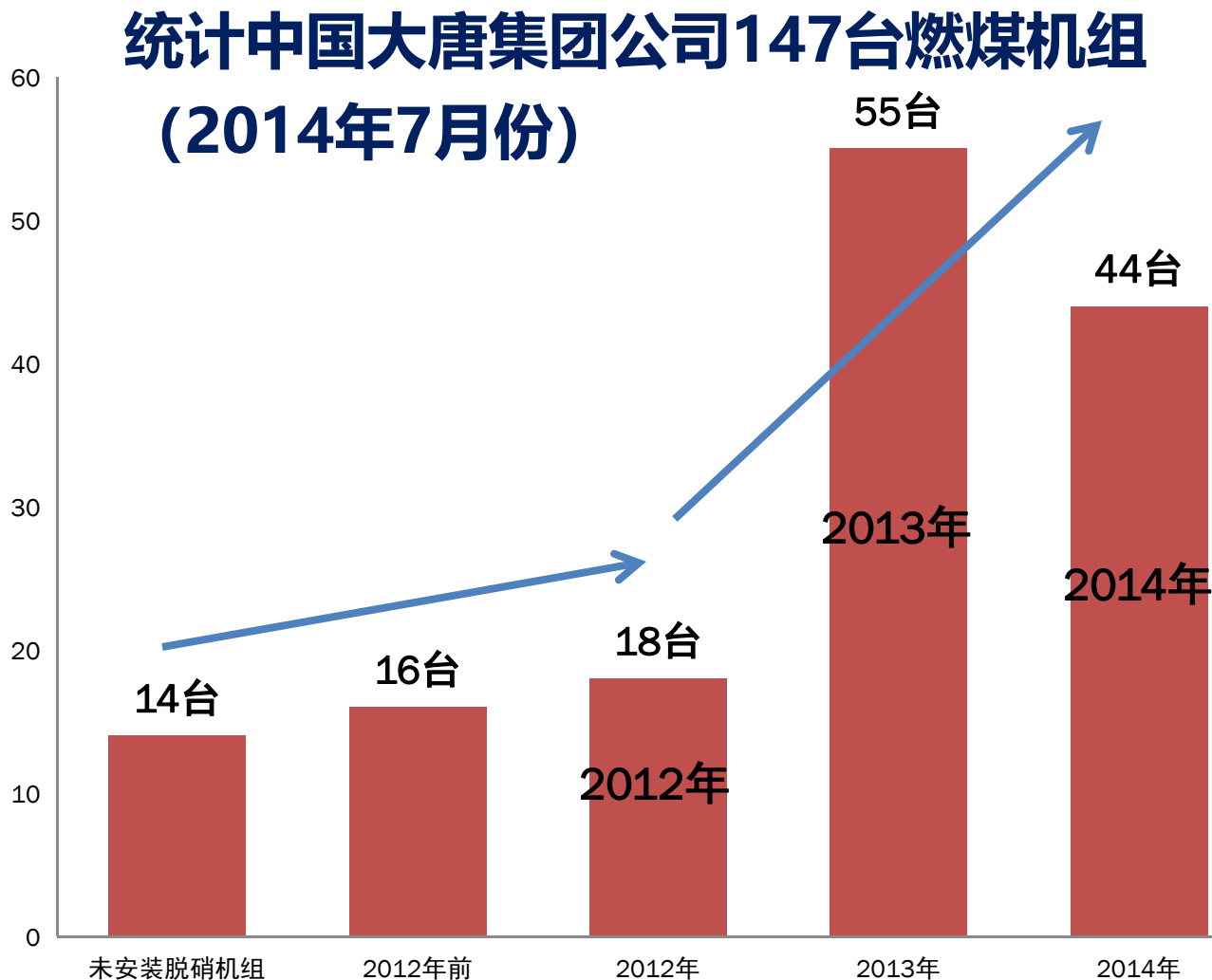
2014年11月

内 容

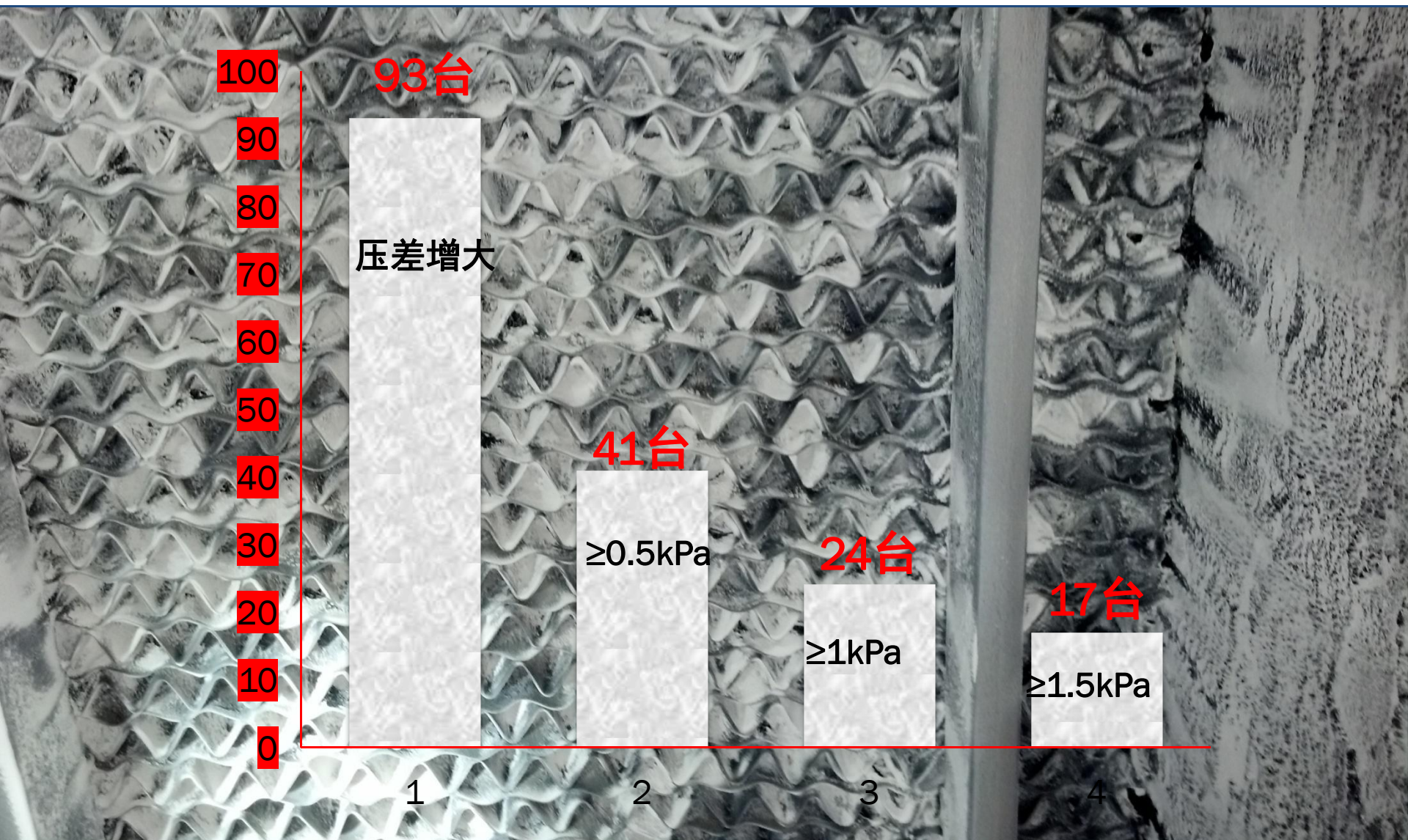
- 一、集团内燃煤机组空预器堵塞情况
- 二、空预器堵塞危害
- 三、典型三台600MW等级机组空预器烟气侧压差
- 四、空预器内部堵塞特征
- 五、原因分析
- 六、对空预器堵塞的认识
- 七、防止空预器堵塞一般性措施



一、集团内燃煤机组空预器堵塞情况—脱硝机组数量



一、集团内燃煤机组空预器堵塞情况

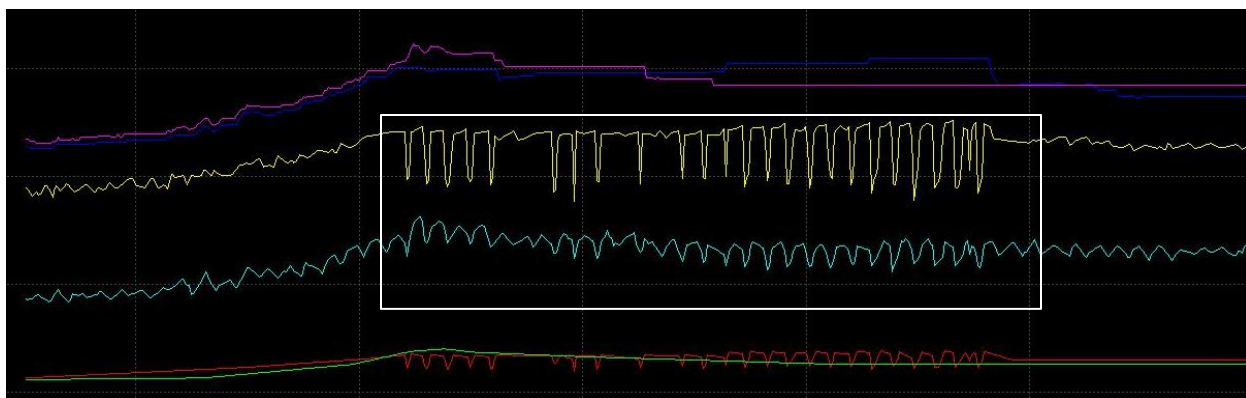


二、空预器堵塞危害

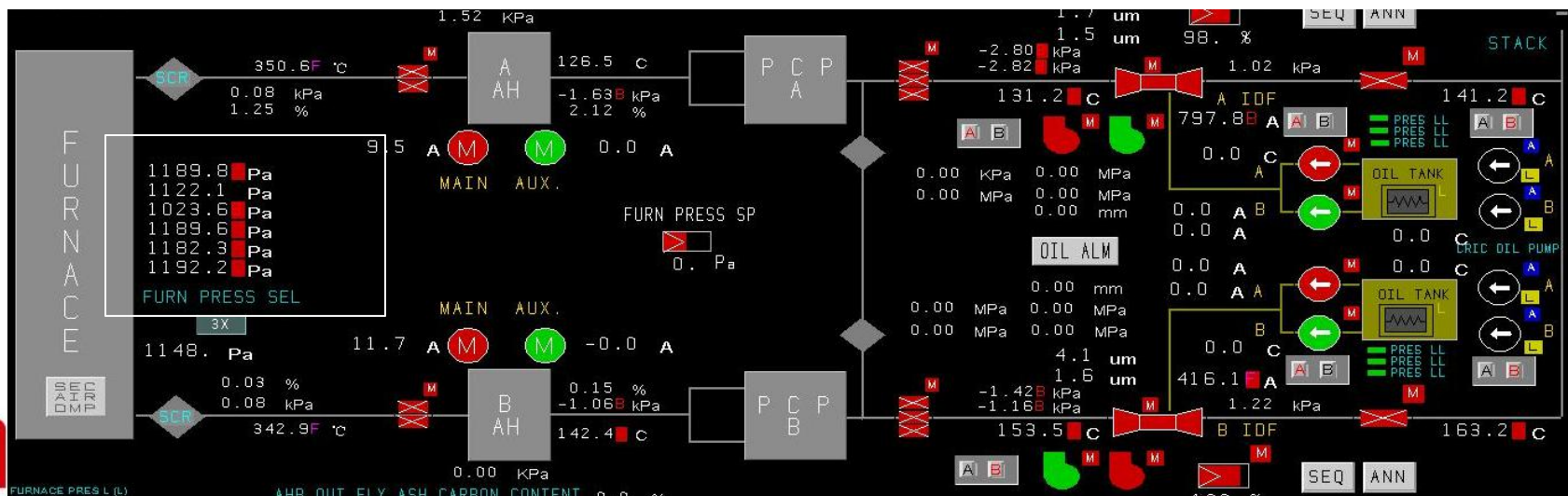
经济
损失

600MW机组为例，空预器烟气侧阻力增加1.5kPa，按550MW计算经济指标，烟气量1800000Nm³/h，电费按0.35元/kWh，运行时间按6000h/年计，平均负荷率70%。仅仅引风机电耗年增加费用132万元。

风机
喘振

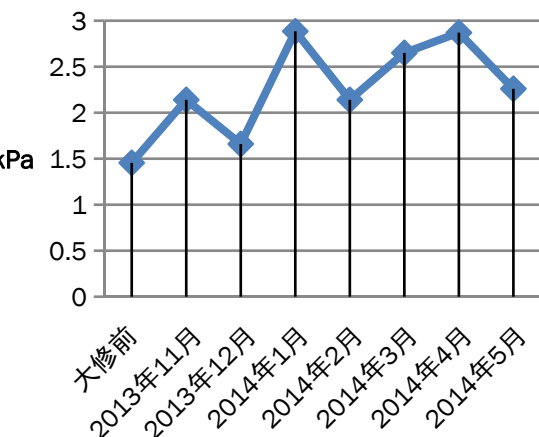


风机
失速

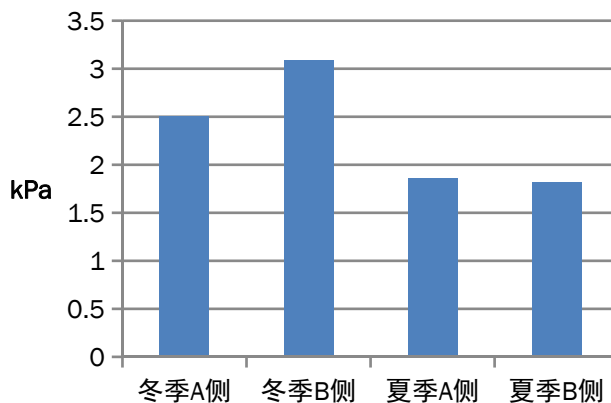


三、三台典型600MW等级机组空预器烟气侧压差

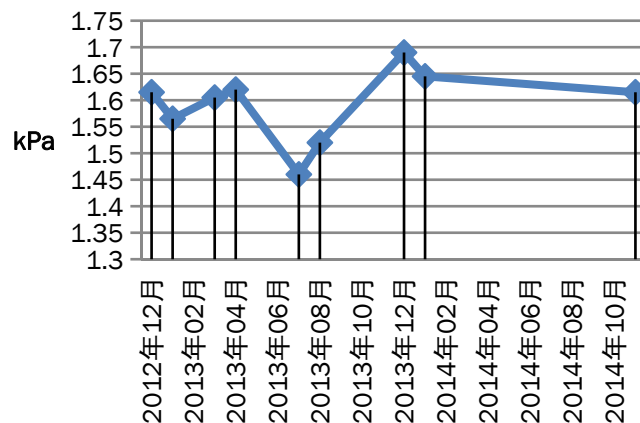
机组	容量	主蒸汽参数	燃烧方式	SCR投运日期	空预器
A	600MW	亚临界	前后墙对冲	2013年10月	配套改造
B	660MW	超超临界	四角切圆	2010年11月脱硝投运，2014年3月脱硝增容改造	配套改造
C	660MW	超临界	四角切圆	2011年1月脱硝投运，2013年4月脱硝增容改造	配套改造



A机组550MW左右空预器平均压差



B机组640MW左右空预器平均压差



C机组660MW左右空预器平均压差

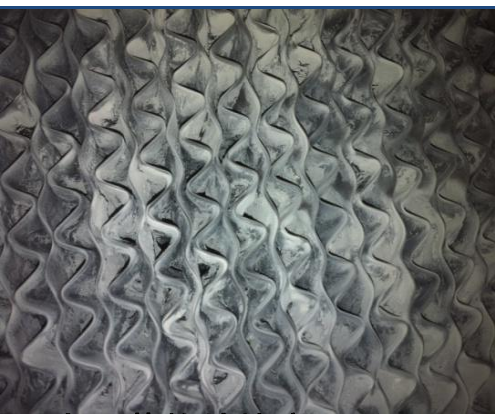


四、空预器内部堵塞特征—堵塞的是什么物质？

对空预器堵塞物进行分析，空预器冷段下部 NH_4^+ 和 SO_4^{2-} 离子含量较大，硫酸氢氨（ NH_4HSO_4 ）中 $\text{NH}_4^+:\text{SO}_4^{2-}=1$ ，因此冷段堵塞物中不仅存在硫酸氢氨还有硫酸盐，通常为硫酸钙，沉积在受热面上的硫酸与钙盐反应生成硫酸钙。沉积在蓄热片的硫酸氢氨作为粘性物质粘附飞灰颗粒与固化的硫酸钙形成坚硬的堵塞物。

取样位置	NH_4^+ 含量		SO_4^{2-} 含量		$\text{NH}_4^+:\text{SO}_4^{2-}$ 摩尔比
B侧空预器冷段下部	13.793mg/g	1.3793%	66.4625 mg/g	6.64625%	0.737886
B侧空预器热段下部	0.036665 mg/g	0.003667%	7.4957 mg/g	0.74957%	0.017394
A侧空预器冷段下部	3.58175 mg/g	0.358175%	37.115 mg/g	3.7115%	0.343126
A侧空预器热段下部	0.128435 mg/g	0.012844%	7.8889 mg/g	0.78889%	0.057888
A侧空预器冷段下部烟道	3.3533 mg/g	0.33533%	56.4015 mg/g	5.64015%	0.211392
电除尘灰样	1.263555 mg/g	0.126356%	14.4472 mg/g	1.44472%	0.310971

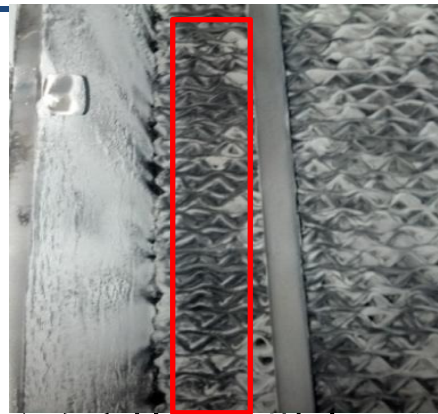
四、空预器内部堵塞情特征—堵塞物在空预器内是怎么分布的？



内圈蓄热片堵塞严重



外圈蓄热片堵塞较轻

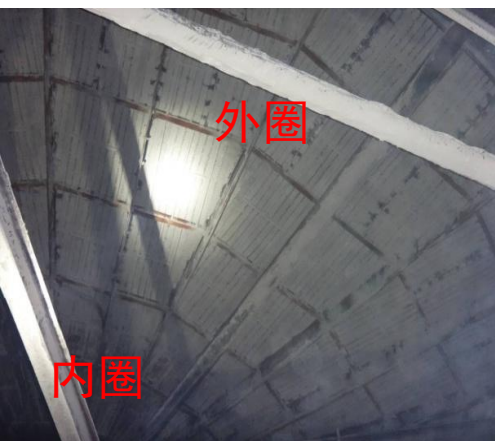


径向密封片外侧堵塞严重



堵塞到冷端上部

A机组空预器蓄热片堵塞情况



内圈蓄热片堵塞较轻、外圈堵塞较重



径向密封片外侧堵塞严重



钢结构部分腐蚀



密封片部分腐蚀

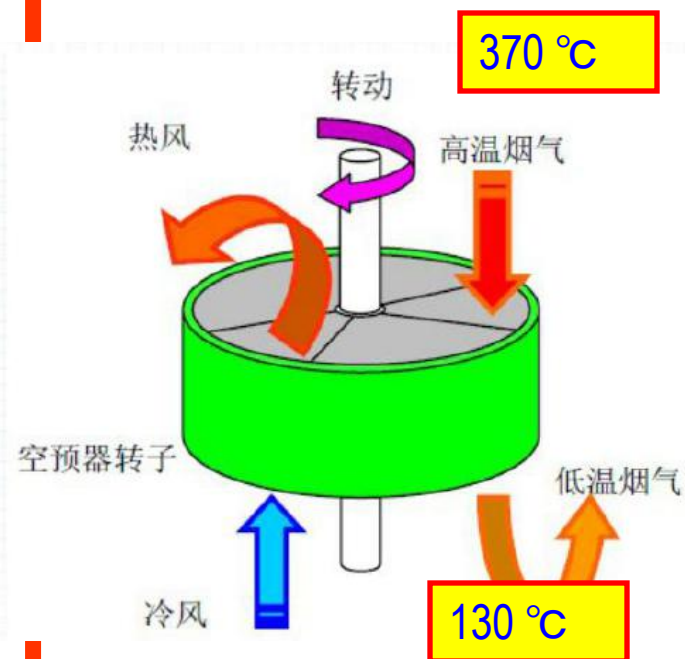
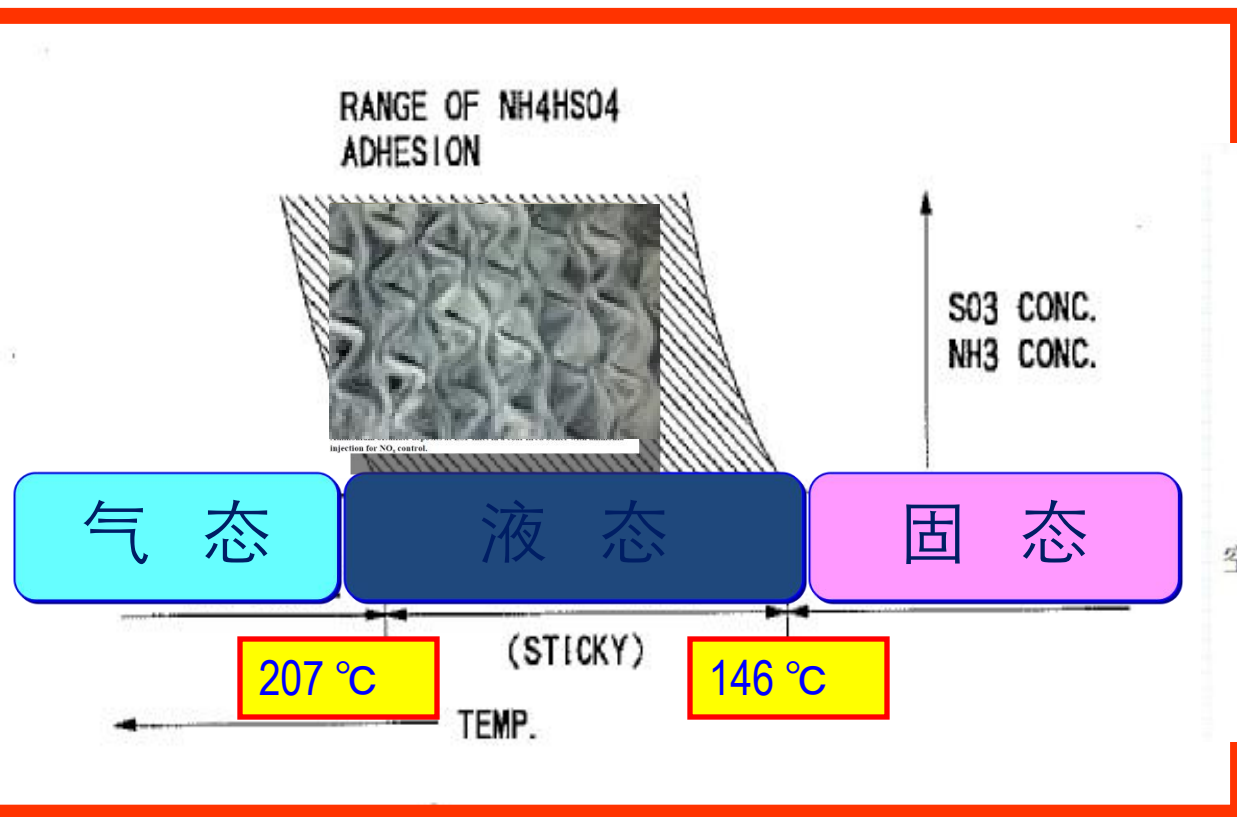
B机组空预器蓄热片堵塞情况



中国大唐集团科学技术研究院

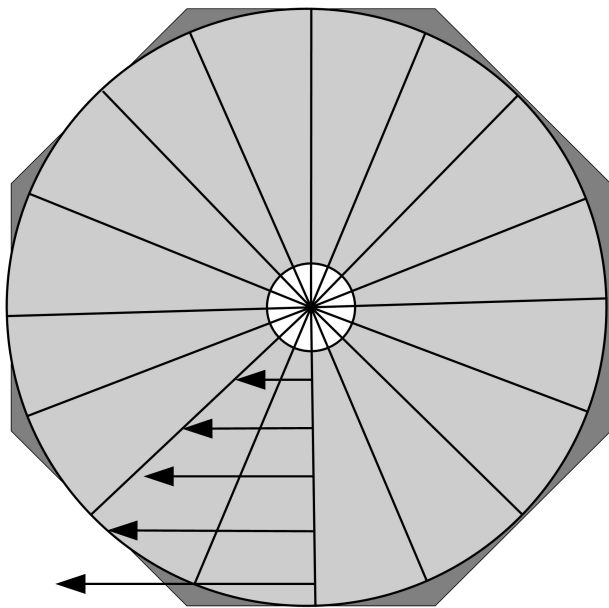
China Datang Corporation Science and Technology Research Institute

五、原因分析—硫酸氢铵的物理特性决定



五、原因分析—空预器堵塞物分布特征原因分析

A机空预器内圈堵塞严重、外圈堵塞较轻？B机组相反



沿径向空预器线速度分布



A机组弱爆吹灰

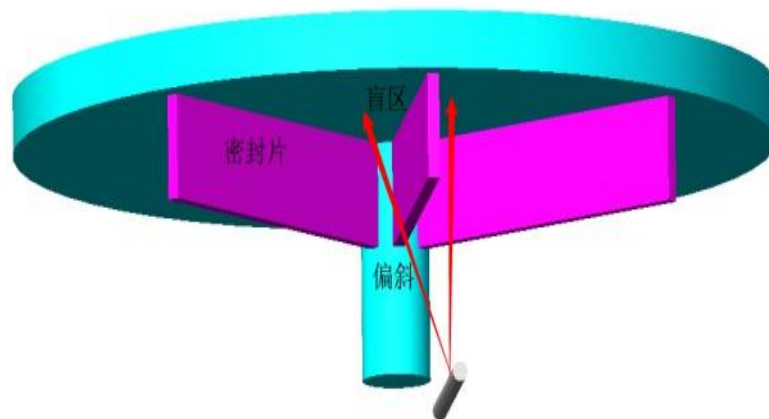
由于A机组空预器外圈辅助有弱爆吹灰，且实行不间断吹灰，因此外圈蓄热片堵塞较轻，采用联合吹灰能减轻堵塞。



五、原因分析—径向密封片外侧蓄热元件堵塞严重原因



蒸气吹灰喷嘴偏斜



空预器吹灰盲区

通过现场检查发现，空预器蒸气吹灰管喷嘴出现偏斜，喷嘴偏斜后由于密封片的阻碍吹灰存在盲区，盲区的位置正是空预器蓄热片易堵塞的位置

五、原因分析—入炉煤含硫量高于设计值，脱硝装置增加SO₃浓度近一倍

A机组设计煤质含硫量

0.47%

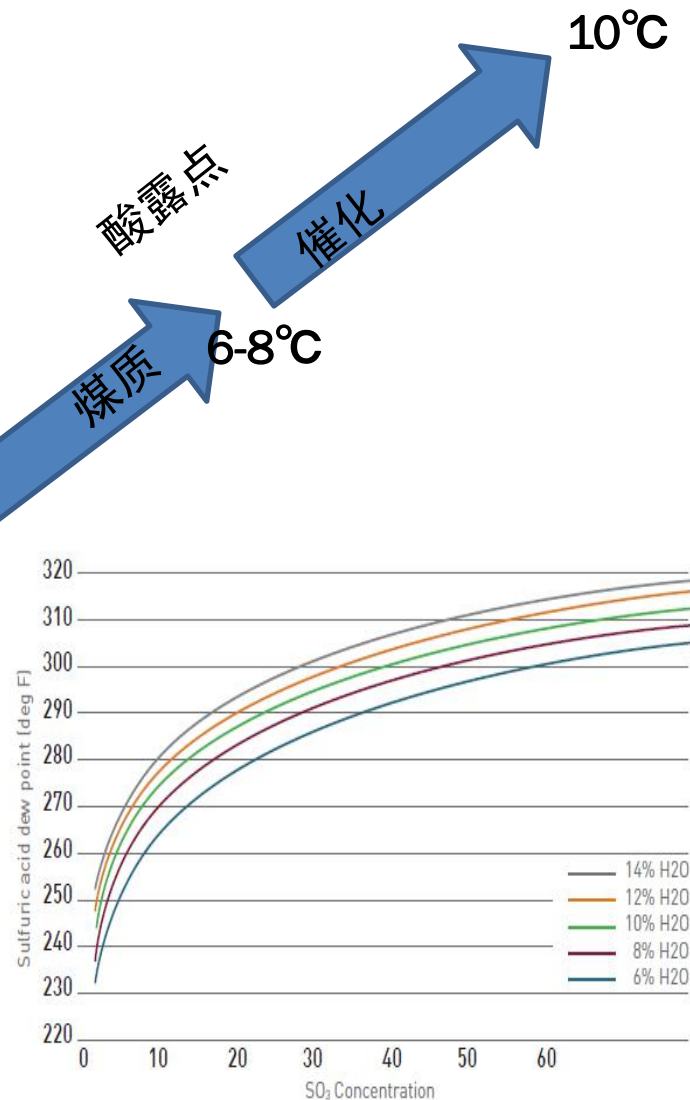
A机组入炉煤含硫量

0.9%左右

名 称	单 位	A机组		B机组		C机组	
		设计煤种	典型入炉煤	设计煤种	典型入炉煤	设计煤种	典型入炉煤
全水分	%	3.84	11.9	7.30	8.90	6.6	11.4
空干燥基水分	%	—	2.26	1.02	1.15	—	3.91
收到基灰分	%	26	26.56	26.38	31.21	17.98	22.85
全硫	%	0.47	0.9	0.28	1.61	0.62	0.76~1.77
低位发热量	MJ/kg	17.98	17.56	22.41	18.09	24.01	20.66
酸露点	℃	90.0	97.6	81.6	110	96.3	99.2

SCR催化剂对SO₂的催化作用

煤种	SO ₂ 转化率（每层催化剂）
烟煤	0.25% ~0.5%
低硫次烟煤	0.75% ~1.25%



SO₃对酸露点的影响

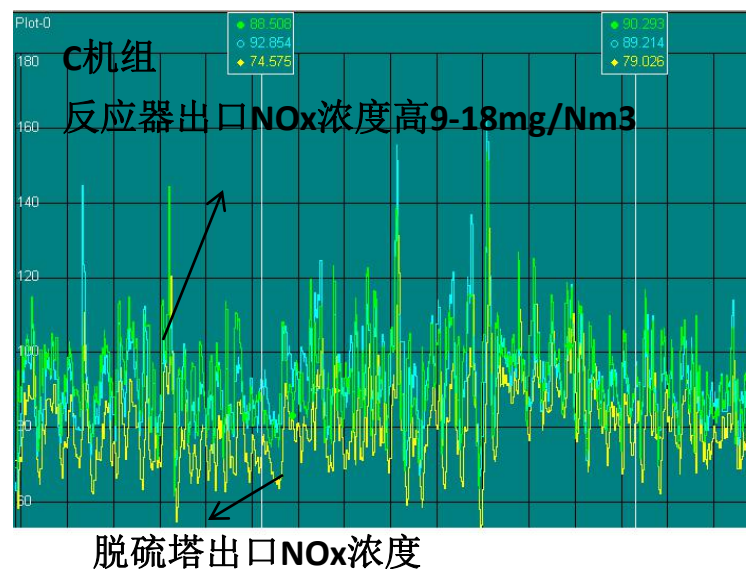
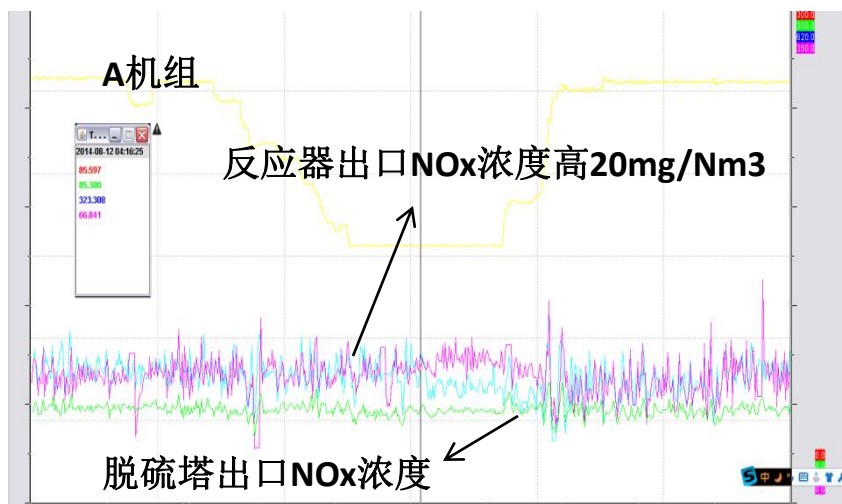


中国大唐集团科学技术研究院

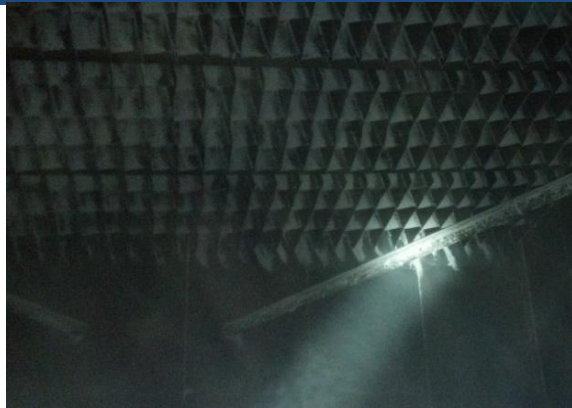
China Datang Corporation Science and Technology Research Institute

五、原因分析—氨过喷或局部过喷

机组	工况	甲侧脱硝反应器		乙侧脱硝反应器	
		实际喷氨量	设计喷氨量	实际喷氨量	设计喷氨量
A	1	120.0 kg/h	129.6 kg/h	136.3 kg/h	131.3 kg/h
	2	65.7 kg/h	73.5 kg/h	60.6 kg/h	82.0 kg/h
	3	121.4 kg/h	113.6 kg/h	118.4 kg/h	116.5 kg/h
B	1	260.12Nm3/h	235.2Nm3/h	260.12Nm3/h	210.4Nm3/h
C 增容前	1	35.03 Nm3/h	53.02 Nm3/h	34.2 Nm3/h	52.9 Nm3/h
	2	34.89 Nm3/h	56.55 Nm3/h	35.4 Nm3/h	55.7 Nm3/h
C 增容后	1	53.99 Nm3/h	72.22 Nm3/h	52.8 Nm3/h	71.4 Nm3/h
	2	27.55 Nm3/h	44.07 Nm3/h	28.6 Nm3/h	45.7 Nm3/h



五、原因分析—存在催化剂磨损



A机组甲侧反应器

声波吹灰

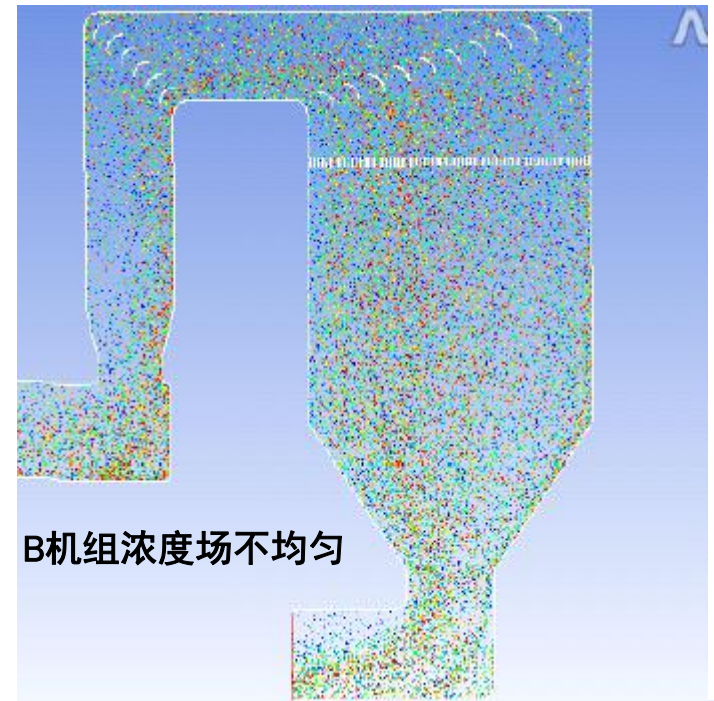
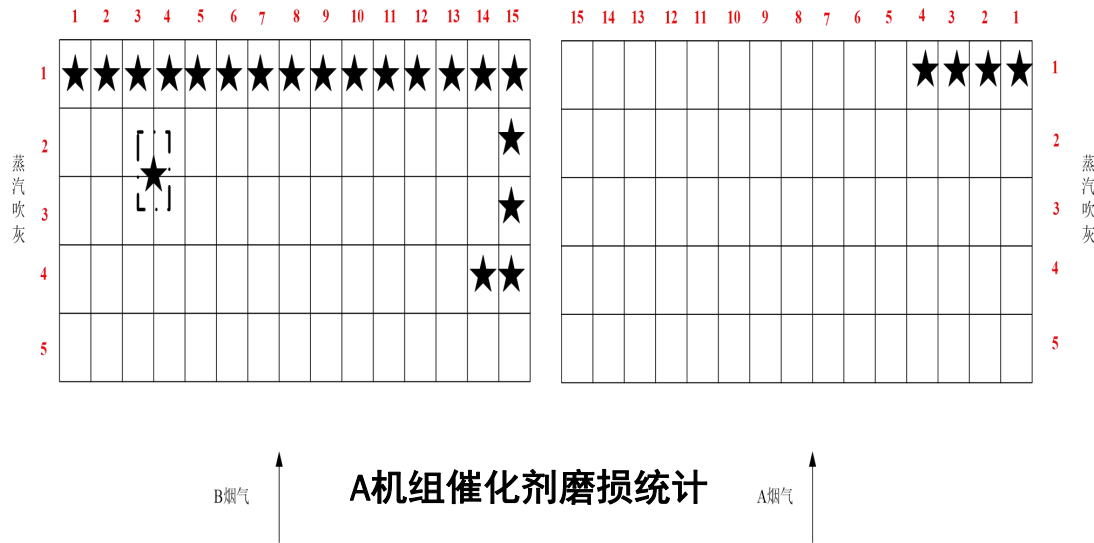


A机组乙侧反应器

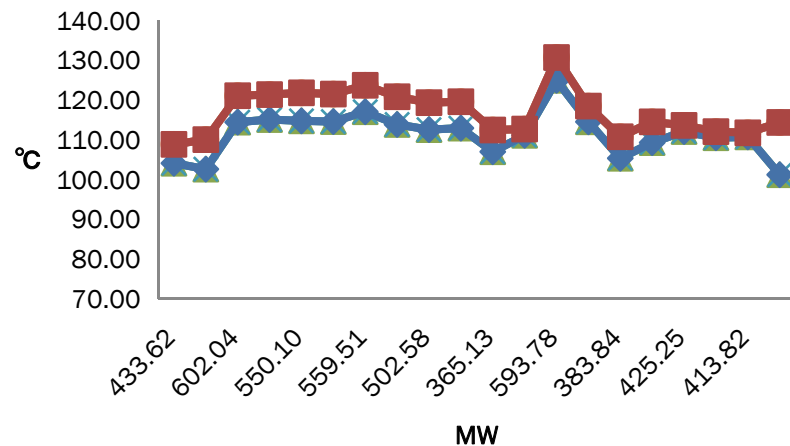
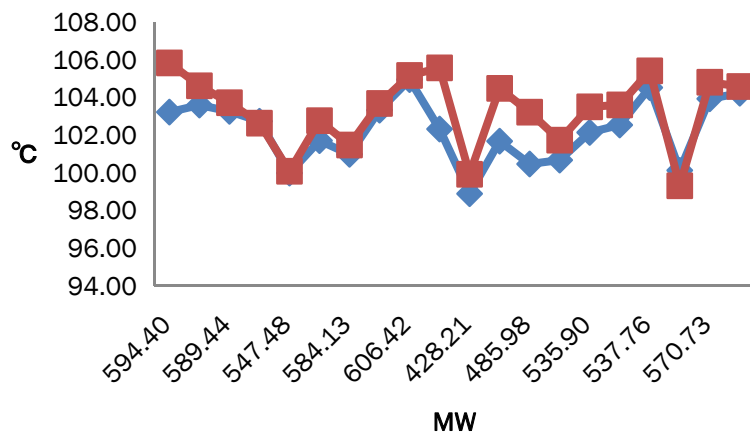
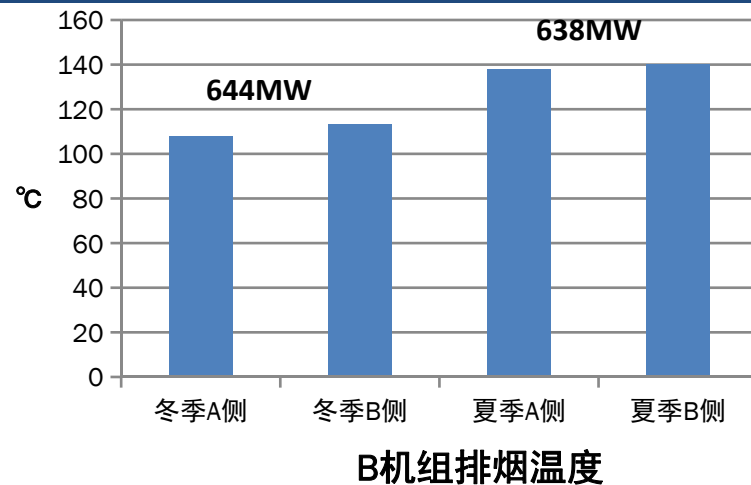
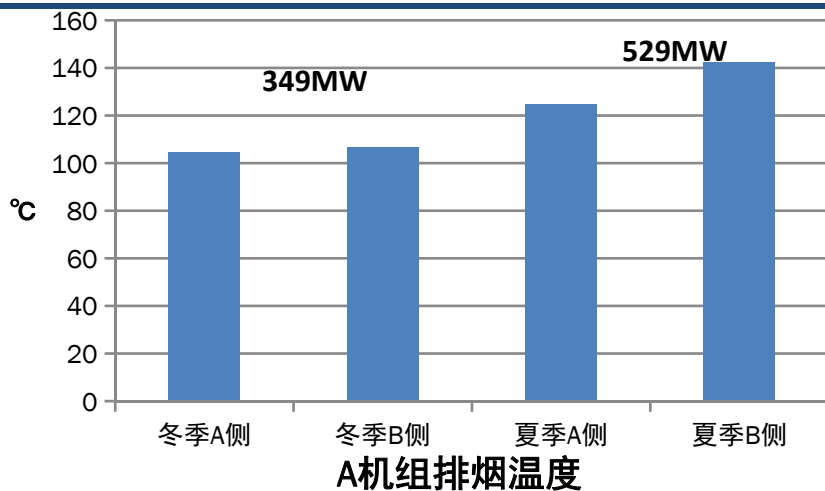
声波吹灰



A机组催化剂磨损情况



五、原因分析—机组排烟温度低



◆ A侧排烟温度°C ■ B侧排烟温度°C

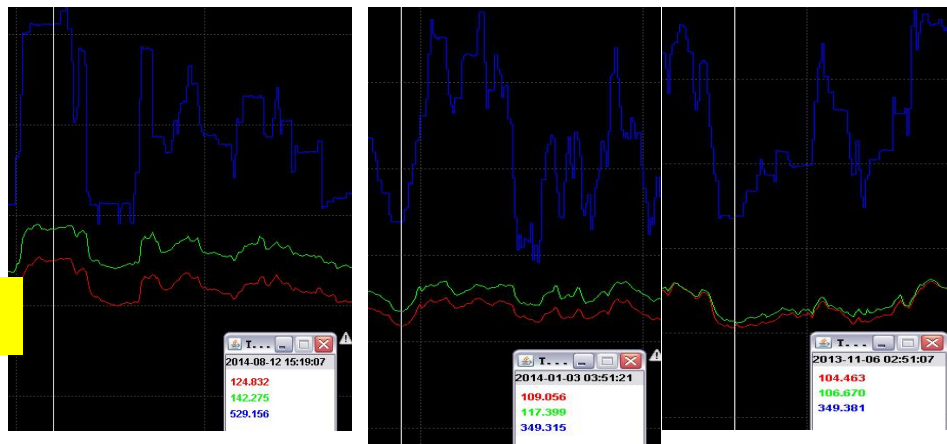
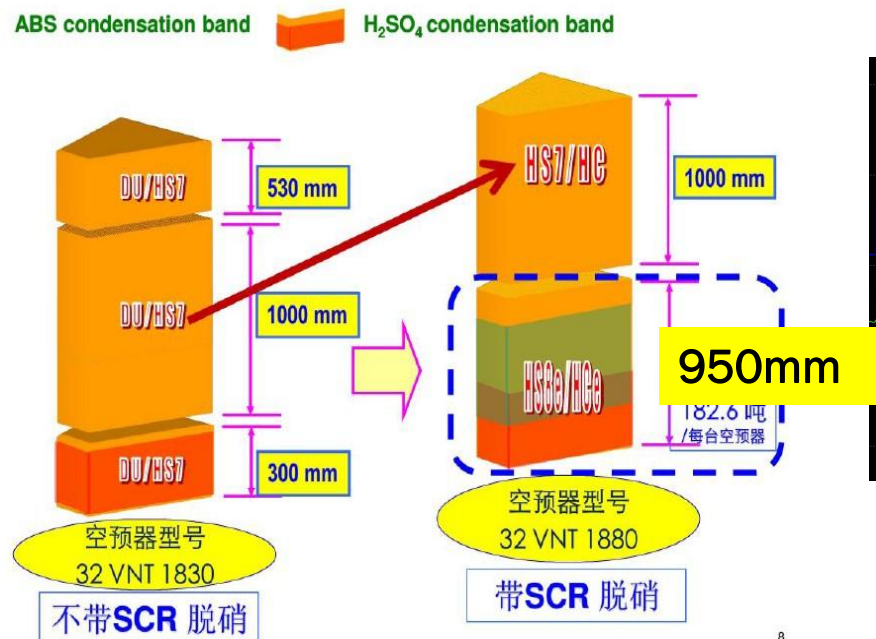
◆ A侧排烟温度°C ■ B侧排烟温度°C

C机组冬季排烟温度

C机组夏季排烟温度



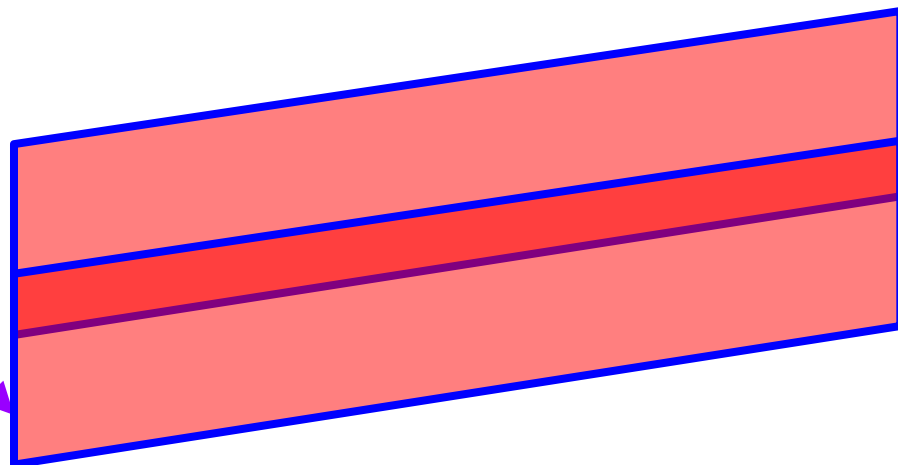
五、原因分析—空预器冷端高度设计存在问题



A机组冬季和夏季排烟温度

空预器改造方案

146°C ~ 207°C
硫酸氢铵沉积区



六、对空预器堵塞的认识

(1) 空预器堵塞是由硫酸氢氨和硫酸的凝结共同造成的，对于不同的机组堵塞的主要原因不同，因此治理空预器堵塞技术路线：降低烟气中氨逃逸、降低SO₃浓度、控制硫酸氢氨和硫酸形成的环境着手。

(2) 由于脱硝催化剂对SO₂的催化氧化作用，使烟气中的SO₃浓度提高近一倍，酸露点提高近10℃，原来基于煤质计算酸露点的方法将不再适用安装脱硝机组，原来设定的暖风器、热风再循环投运条件也将发生改变。

(3) 统计结果表明：空预器堵塞问题不突出的机组，排烟温度普遍较高，因此，提高排烟温度将减轻空预器堵塞。当排烟温度高于135℃时，虽然存在空预器堵塞，但是堵塞不严重，由于大部分机组风机设计余量较大，一般可以满足满负荷运行。

(4) 目前的蒸汽吹灰只能缓解空预器堵塞，不能根除；由于空预器堵塞具有区域性特点，空预器吹灰方式需要优化



七、防止空预器堵塞一般性措施

（一）SO₃控制措施

（1）降低入炉煤含硫量

（2）重新评估入炉煤酸露点

常用的前苏联1973计算酸露点计算标准对上SCR脱硝机组将不再适用，建议电厂给空预器设计厂家提供设计边界条件和空预器日常运行时，重新评估入炉煤的酸露点，优化空预器设计、运行，改变暖风器、热风再循环投运条件。

（二）SCR设计和运行优化

（1）加强对SCR脱硝装置设计审核，重点审查中标单位是否根据实际情况，进行速度场、浓度场数模计算，对脱硝装置速度场、浓度场计算边界条件、模型选择。

（2）氨逃逸测量装置和NO_x测量装置定期校验，在运行过程中，发电企业运行人员应根据喷氨量和氨逃逸之间的相应关系进行初步评估氨逃逸装置监测的准确性，如果发现测量不准，随时进行校验或更换设备。

（3）喷氨量设计值接入DCS系统，与实际喷氨量进行比较，发现与实际偏高，进行调整。

（4）发电企业在运行过程随时对比SCR脱硝装置出口NO_x浓度与脱硫塔出口NO_x浓度的差别，判断NH₃/NO_x摩尔比分布均匀性，一旦发现偏差较大，进行喷氨均匀性试验。

（5）发电企业定期进行脱硝烟气（尘）速度场测试、氨逃逸率测试、喷氨优化调整试验，根据大、小修、临时检查情况，随时进行以上测试内容。

（三）空预器设计和运行优化

（1）空预器冷段高度设计

（2）吹灰运行优化

空预器堵塞具有区域性特点，发电企业根据空预器不同部位堵塞程度的差异，适当调整每步吹扫停留时间和吹灰压力，避免堵塞严重区域出现。



謝 謝

王海刚

010-80732108

wanghaigang@cdsti.com.cn

