

火电厂烟气脱硝工程设计与设备

报告人：胡永锋

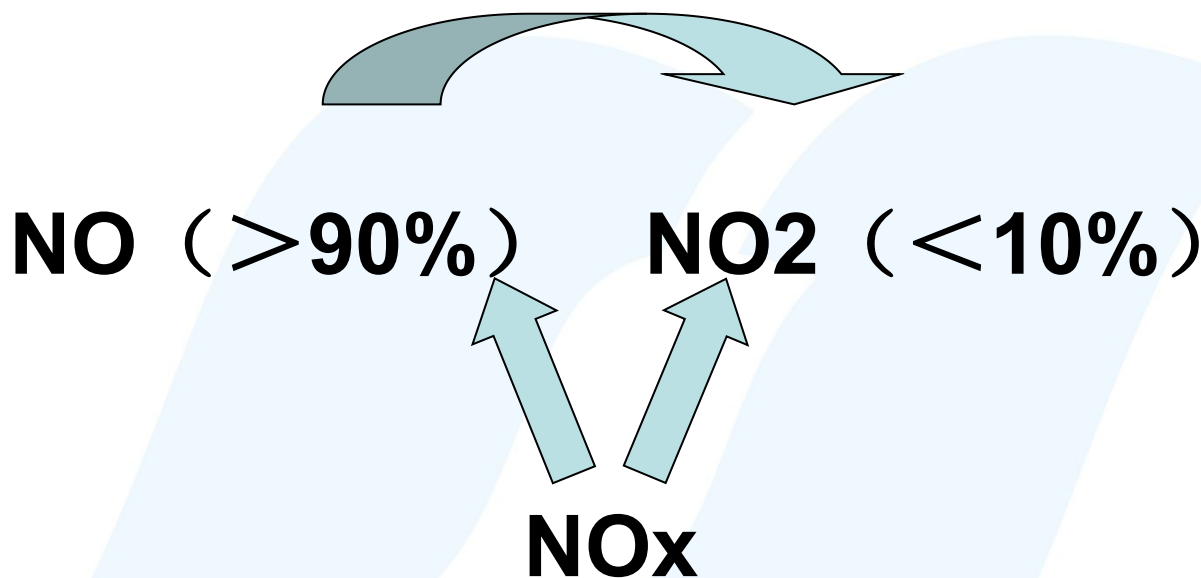
中国华电工程（集团）有限公司

2015.06

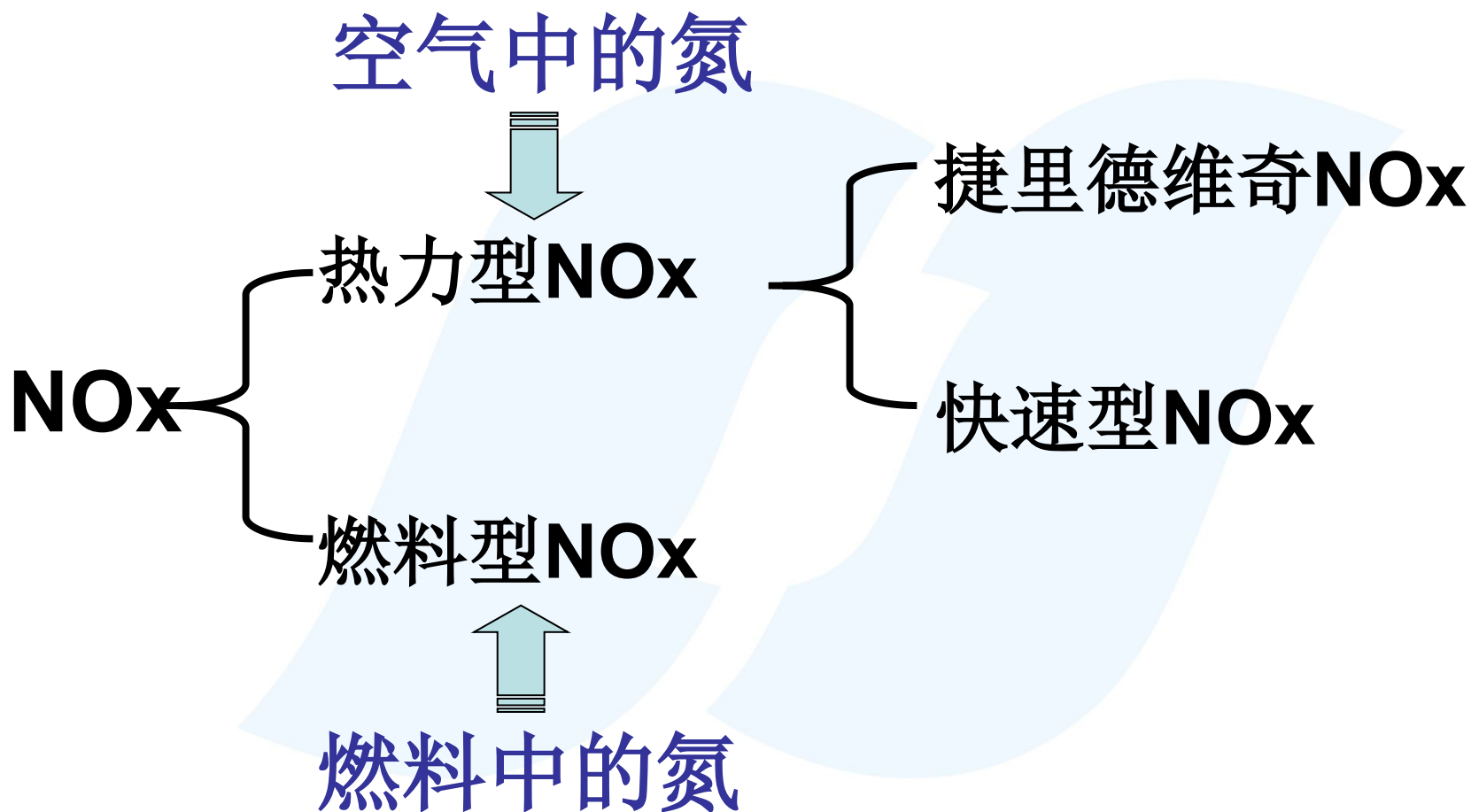
目 录

- 一、氮氧化物生成机理
- 二、火电厂**NO_x**防治技术政策
- 三、火电厂脱硝技术
- 四、**SCR**脱硝技术
- 五、总结

一、氮氧化物生成机理



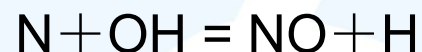
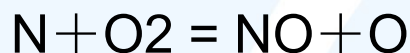
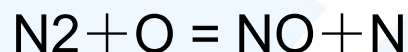
一、氮氧化物生成机理



一、氮氧化物生成机理

捷里德维奇NO_x

捷里德维奇NO_x主要产生于温度高于1800K的高温区，反应机理为：



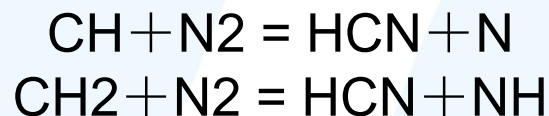
捷里德维奇NO_x的浓度随温度和氧浓度的增大而增加，其生成速度比较缓慢，主要是在火焰带的下游的高温区生成。

- 降低捷里德维奇NO_x的基本原理就是降低氧的浓度、降低火焰温度以及缩短高温区的停留时间等。
- 在停留时间较短时，捷里德维奇NO_x随停留时间的增加而增加，但超过一定时间后，捷里德维奇NO_x不再受停留时间的影响。

一、氮氧化物生成机理

快速型NO_x

快速型NO_x是碳氢类燃料在过量空气系数<1的富燃料条件下，在火焰面内快速生成的NO_x，其生成过程经过了空气中的N₂和碳氢类燃料分解的HCN、NH、N等中间产物等复杂的化学反应。快速型NO_x的生成机理十分复杂，其反应过程简化如下：



快速型NO_x对温度的依赖性很低。

煤燃烧时首先是挥发分的析出，挥发分中的氮主要以HCN、NH₃等形式存在，因此，在挥发分的燃烧过程中将产生快速型的NO_x。

一、氮氧化物生成机理

燃料型NO_x

燃料型NO_x是煤燃烧过程NO_x生成的主要来源，约占总的NO_x生成量的80%~90%。

根据煤种的不同，煤中的含氮量大约在0.4%~4%之间变化，煤燃烧过程生成的挥发分HCN、NH_i与自由基O、OH、O₂等的氧化反应生成燃料型NO_x (主要是NO)，同时生成的NO又与挥发分HCN、NH_i等发生还原反应生成N₂。

燃料型NO_x既受燃烧温度、过量空气系数、煤种、煤颗粒大小等的影响，同时也受燃烧过程中的燃料-空气混合条件的影响。

二、火电厂NO_x防治技术政策

火电厂氮氧化物防治技术政策

燃煤电厂氮氧化物控制技术选择应因地制宜、因煤制宜、因炉制宜，依据技术上成熟、经济上可行及便于操作来确定；

低氮燃烧技术应作为燃煤电厂氮氧化物控制的首选技术；

当采用低氮燃烧技术后，氮氧化物排放浓度不达标或不满足总量要求时，应建设烟气脱硝设施。

三、火电厂脱硝技术

3.1 低氮燃烧技术

3.2 SNCR脱硝技术

3.3 SNCR+SCR脱硝技术

3.4 SCR脱硝技术

三、火电厂脱硝技术

主要脱硝技术

■ 低氮燃烧技术	DeNOx: 30~60%
■ SNCR脱硝技术	DeNOx: 30~60%
■ SNCR+SCR脱硝技术	DeNOx: 30~75%
■ SCR脱硝技术	DeNOx: 可达90%以上

可行的脱硝技术路线

低氮燃烧+SCR;
低氮燃烧+SNCR+SCR。

3.1 低氮燃烧技术

煤燃烧过程中影响NO_x生成的主要因素:

- 煤种特性，如煤的含氮量等；
- 燃烧区域的温度峰值；
- 反应区中氧、氮、一氧化氮和烃根等的含量；
- 可燃物在反应区中的停留时间等。

3.1 低氮燃烧技术

低氮燃烧技术主要途径：

- 减少炉内过剩空气系数，以减少炉内空气总量；
- 在氧浓度较少的条件下，维持足够的停留时间；
- 降低温度峰值，以减少热力型NO_x的生成；
- 加入还原剂，将生成的NO_x还原分解。

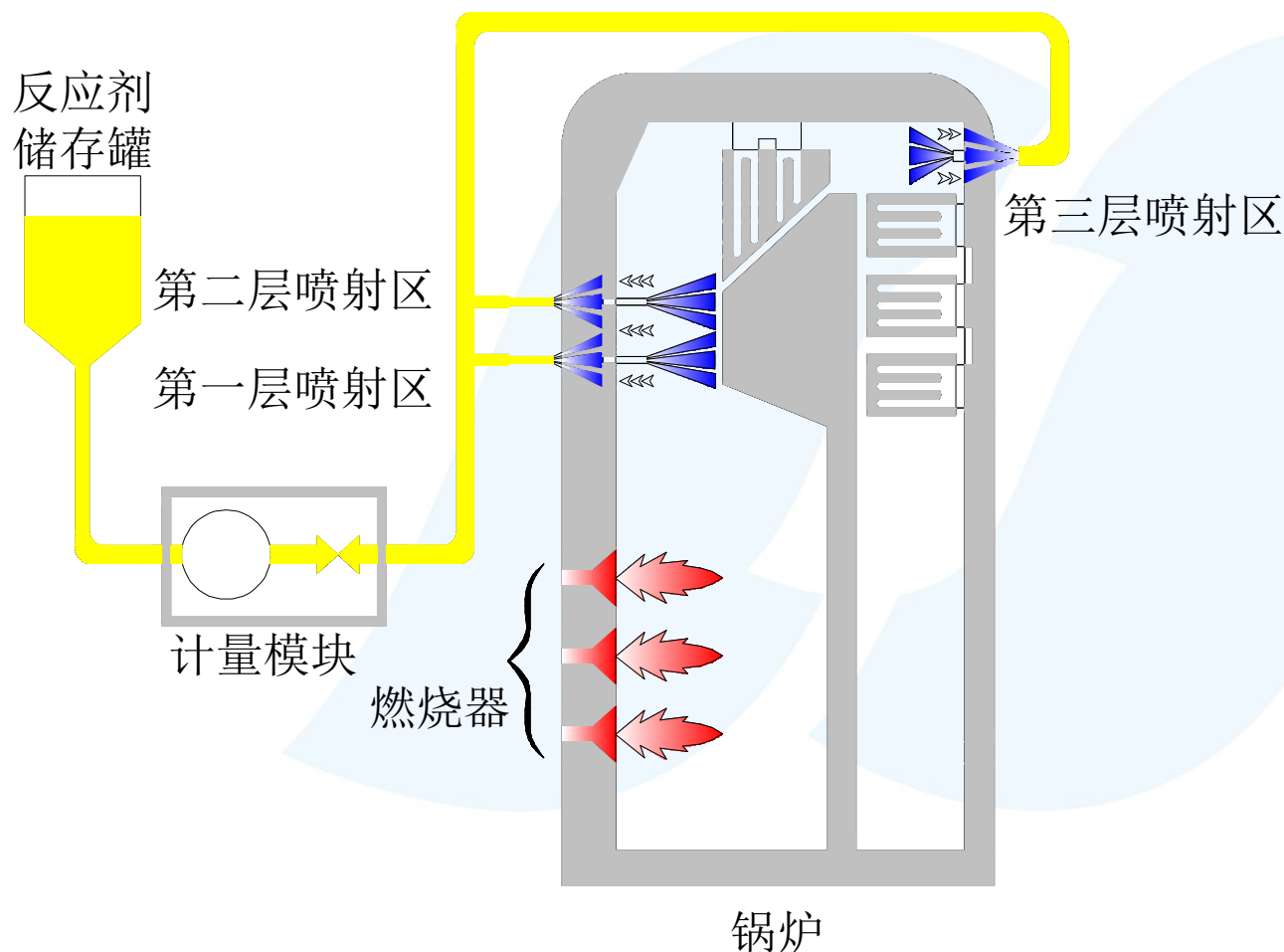
具体方法有：分级燃烧、燃料再燃、浓淡偏差燃烧、低过剩空气燃烧和烟气再循环等。

3.1 低氮燃烧技术

不同煤质/炉型低氮燃烧排放推荐值

炉型	燃烧器布置方式	NO _x 排放浓度 (mg/m ³)				
		烟煤	褐煤	贫煤	无烟煤	煤矸石
煤粉炉	切圆	200~300	200	400	700	/
	墙式	200~300	200	400	/	/
	W火焰	/	/	700	700	/

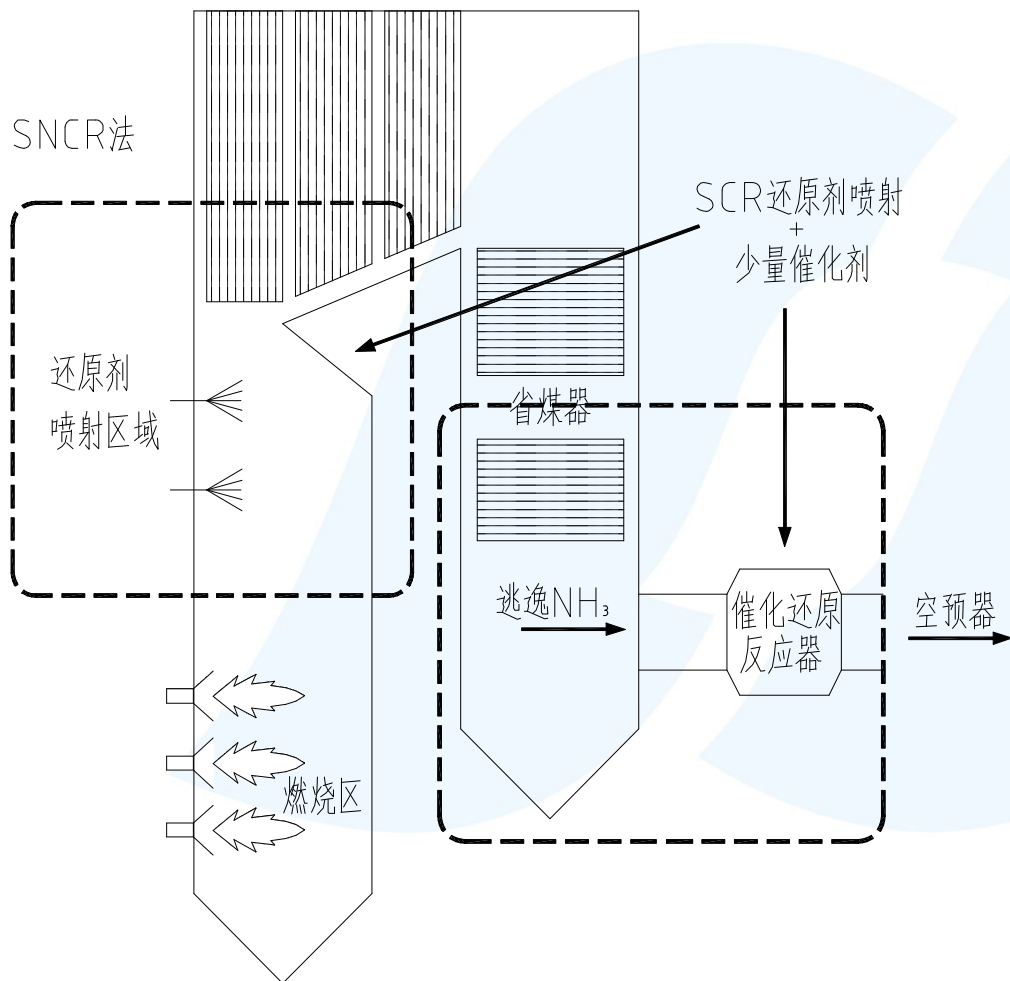
3.2 SNCR脱硝技术



反应温度在
850~1100℃之
间，常布置在
锅炉炉膛上部
和屏式过热器
后；其反应原
理与SCR法相同。

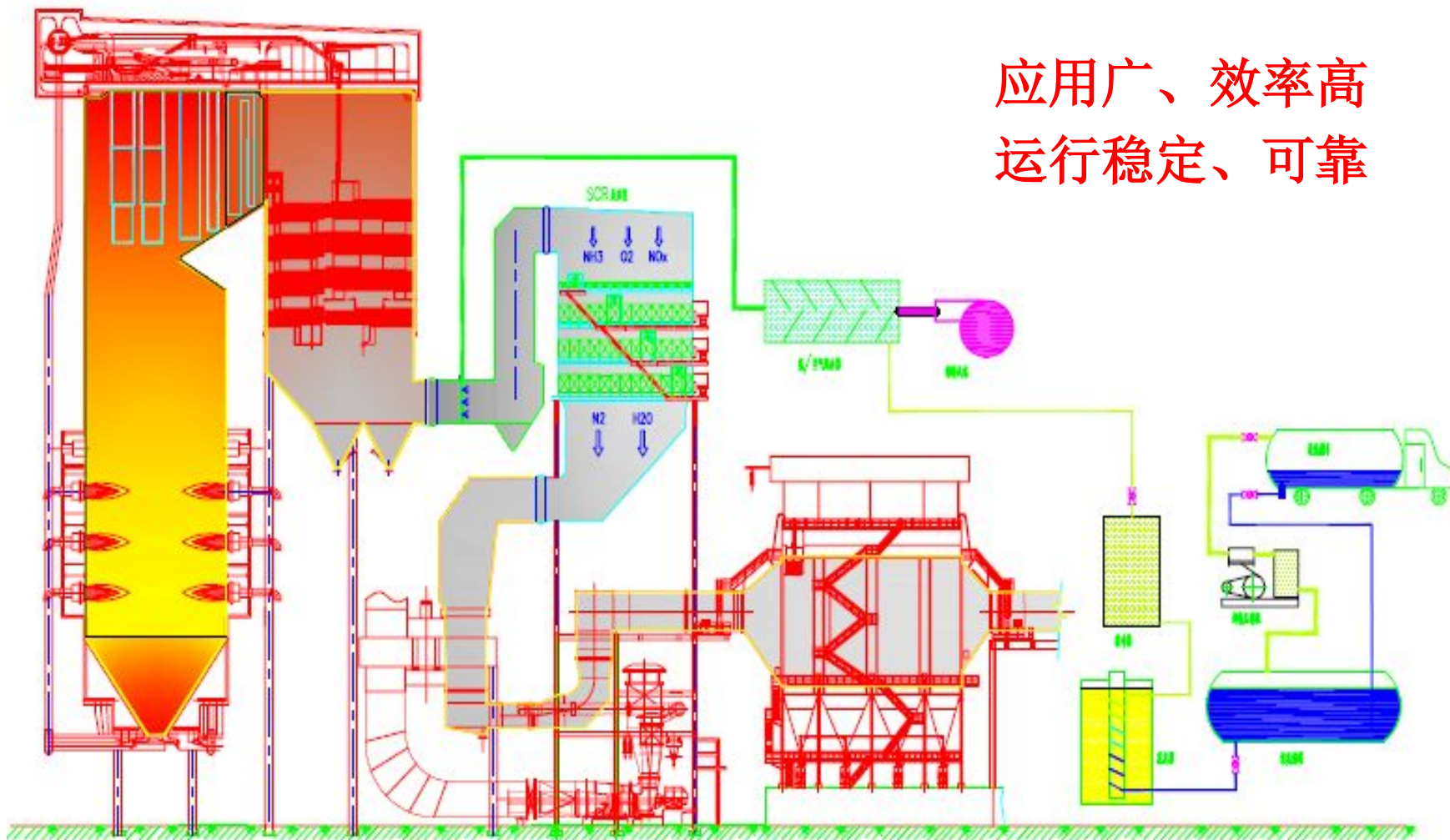
3.3 SNCR+SCR脱硝技术

还原剂从锅炉炉膛喷入，先发生高温还原反应，脱除烟气中的 NO_x ，剩余的未反应的还原剂通过布置在省煤器之后的SCR装置时，在催化剂存在条件下，发生中温还原反应，脱除剩余的 NO_x 。



3.4 SCR脱硝技术

应用广、效率高
运行稳定、可靠



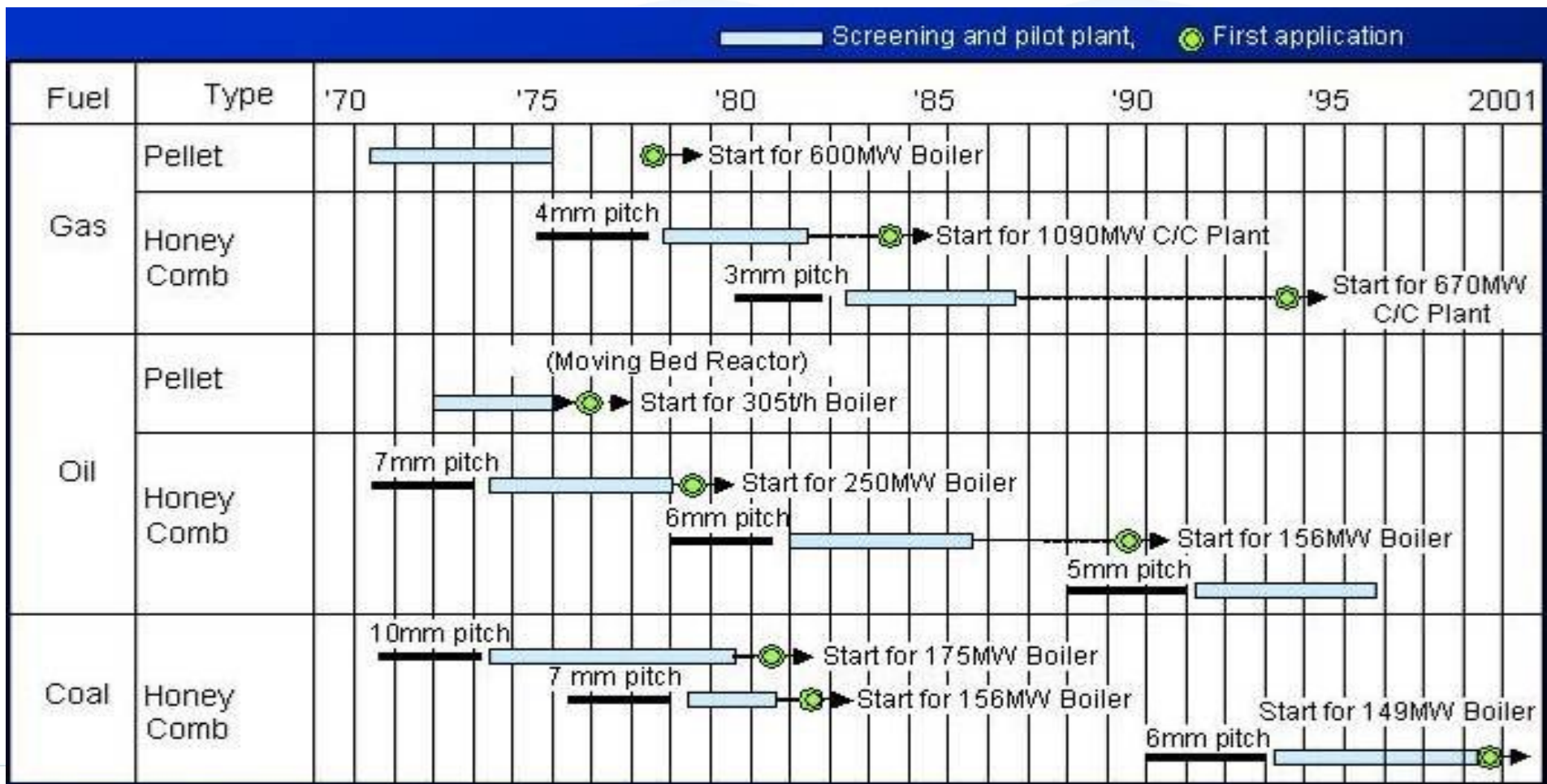
四、SCR脱硝技术

- 4. 1 SCR技术起源
- 4. 2 SCR反应原理
- 4. 3 SCR还原剂
- 4. 4 SCR布置方式
- 4. 5 SCR工艺流程
- 4. 6 SCR主要设备
- 4. 7 SCR控制原理
- 4. 8 SCR主要性能指标
- 4. 9 SCR关键技术
- 4. 10 SCR脱硝注意事项

4.1 SCR技术起源

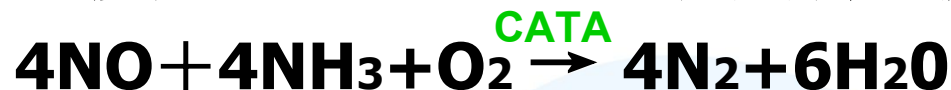
美国: Eegelhard 公司1959年申请专利

日本: 上世纪七十年代后期工业化应用

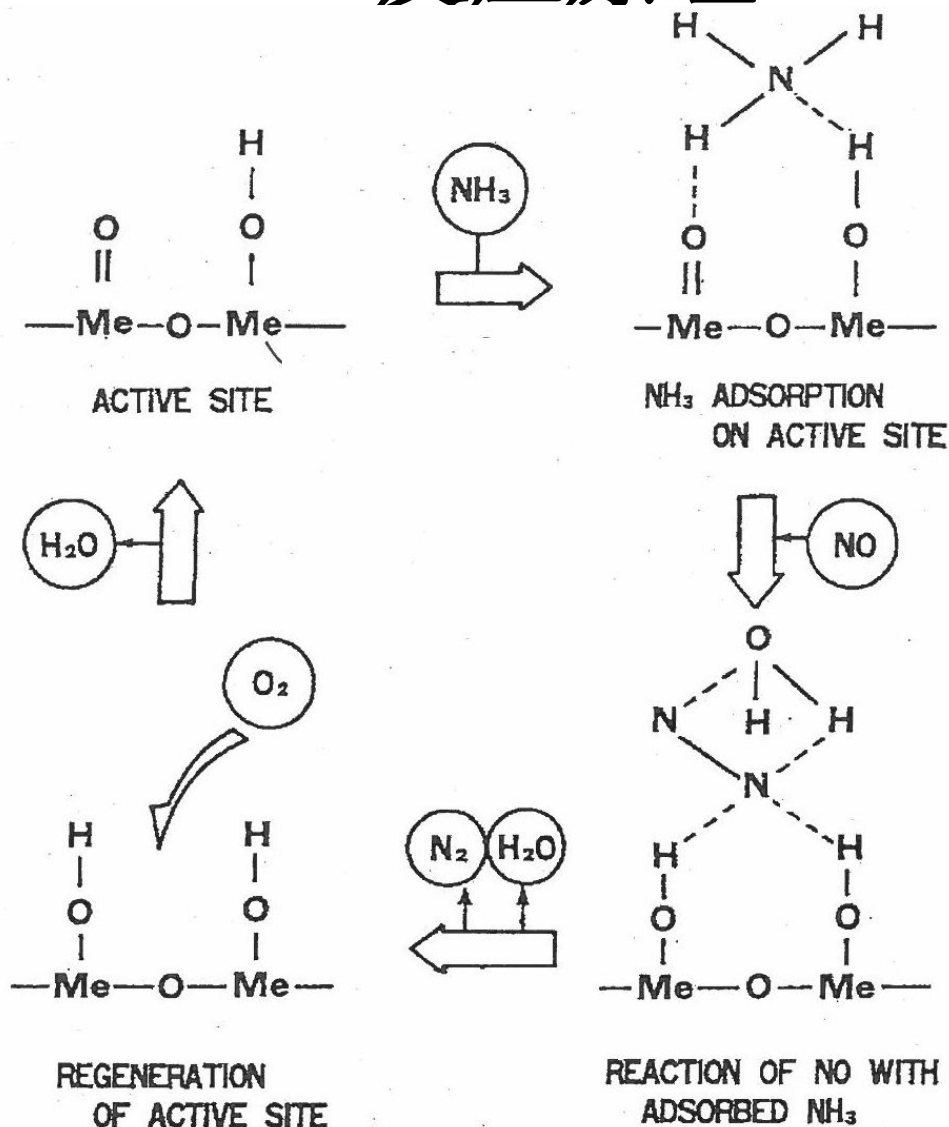


4.2 SCR反应原理

反应温度在300~420℃之间，主反应方程式如下：



SCR反应原理



4.3 SCR还原剂

液氨；氨水；尿素（热解、水解）

SCR还原剂	液氨	氨水	尿素
脱硝剂成本	便宜（100%）	贵（~170%）	最贵（~180%）
生成1kg氨所需原料量	1.01kg	5kg	1.76kg
安全性	有毒	有害	无害
运输成本	便宜	较贵	便宜
存储条件	高压	常压	常压、干态
存储方式	储罐（液态）	储罐（液态）	料仓（颗粒状）
初始投资费用	较贵	便宜	贵
运行费用	便宜，需要热量蒸发液氨	较贵、需要高热量蒸发氨水	贵，需要高热量热解、水解尿素溶液
设备安全要求	有相关法律规定	需要	基本不需要

液氨区与相邻建(构)筑物的防火间距

单位: m

项目			液氨储罐				卸氨区
			总几何容积V (m³)				
			30<V ≤ 50	50<V ≤ 200	200<V ≤ 500	500<V ≤ 1000	
			单罐几何容积V (m³)				
			V ≤ 20	V ≤ 50	V ≤ 100	V ≤ 200	
居住区、村镇和学校、影剧院、体育馆等重要公共建筑(最外侧建筑物外墙)			34.0	37.0	52.0	67.0	30.0
工业企业(最外侧建筑物外墙)			20.0	22.0	26.0	30.0	15.0
明火或散发火花地点，室外变、配电站(围墙)			34.0	37.0	41.0	45.0	25.0
民用建筑，甲、乙类液体储罐，甲、乙类仓库(厂房)，稻草、麦秸、芦苇、打包废纸等材料堆场			30.0	34.0	37.0	41.0	25.0
丙类液体储罐、可燃气体储罐，丙、丁类厂房(仓库)			24.0	26.0	30.0	34.0	15.0
助燃气体储罐、木材等材料堆场			20.0	22.0	26.0	30.0	15.0
其他建筑	耐火等级	一、二级	13.0	15.0	16.0	19.0	10.0
		三级	16.0	19.0	20.0	22.0	12.0
		四级	20.0	22.0	26.0	30.0	14.0

液氨区与相邻建(构)筑物的防火间距

单位: m

厂外公路、道路(路边)	高速公路 I、II 级，城市快速		20.0	25.0		15.0
	III、IV 级		20.0			15.0
架空电力线(中心线)			1.5倍杆高			
架空通信线(中心线)	I、II 级		22.0	30.0		15.0
	III、IV 级		1.5倍杆高			
厂外铁路(中心线)	国家铁路线		45.0	52.0	60.0	40.0
	厂外企业铁路专用线		25.0	30.0	35.0	25.0
国家或工业区铁路编组站(铁路中心线或建筑物)			45.0	52.0	60.0	40.0
通航江、河、海岸边			25.0			20.0
装卸油品码头(码头前沿)			52.0			45.0
地区埋地输气管道(管道中心)	埋地		22.0			
	地面		34.0			
地区输油管道	原油及成品油(管道中心)	埋地	22.0			
		地面	34.0			
	液化烃(管道中心)	埋地	45.0			
		地面	67.0			

WWW.CHEC.COM.CN

CHEC Copyright ©2009

CHINA HUADIAN ENGINEERING CO.,LTD

液氨系统设备布置防火间距

单位: m

项目	控制室、值班室	汽车卸氨鹤管	卸氨压缩机	液氨储罐	液氨输送泵	液氨蒸发器	氨气缓冲罐
控制室、值班室	-						
汽车卸氨鹤管	15.0	-					
卸氨压缩机	9.0	-	-				
液氨储罐	15.0	9.0	7.5	较大罐直径			
液氨输送泵	9.0	-	-	-	-		
液氨蒸发器	15.0	9.0	-	-	-	-	
氨气缓冲罐	9.0	9.0	-	-	-	-	-

液氨区内各设施与围墙、道路的防火间距

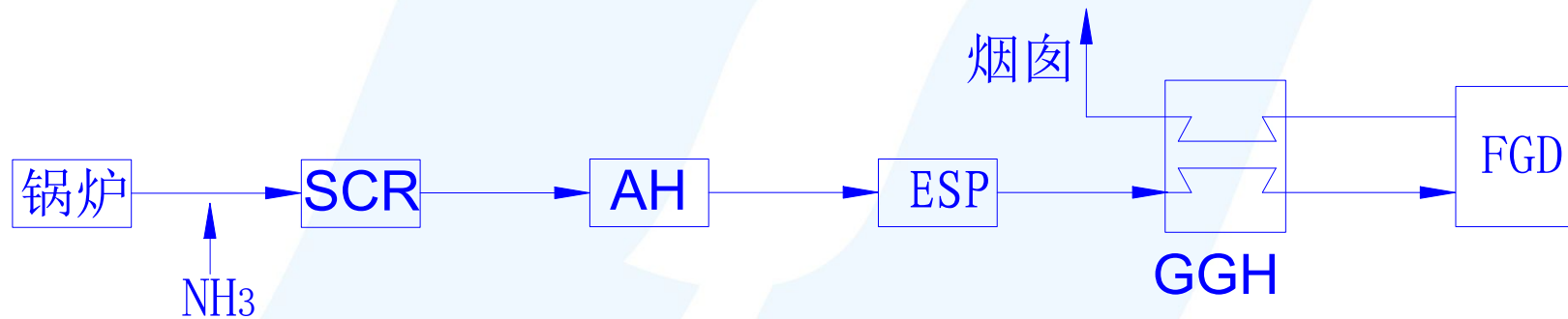
单位: m

项目			液氨区内各设施						备注
			汽车卸氨鹤管	卸氨压缩机	液氨储罐	液氨输送泵	液氨蒸发器	氨气缓冲罐	
围墙	液氨区围墙		10	10	10	5	5	5	
	厂区围墙(中心线)或用地边界线		15	15	20	15	15	15	-
道路 (路边)	液氨区内道路		-	-	12	5	5	5	-
	液氨区外道路	主要	15	15	15	15	15	10	厂内道路
		次要	10	10	10	10	10	5	

4.4 SCR布置方式

• 高尘布置

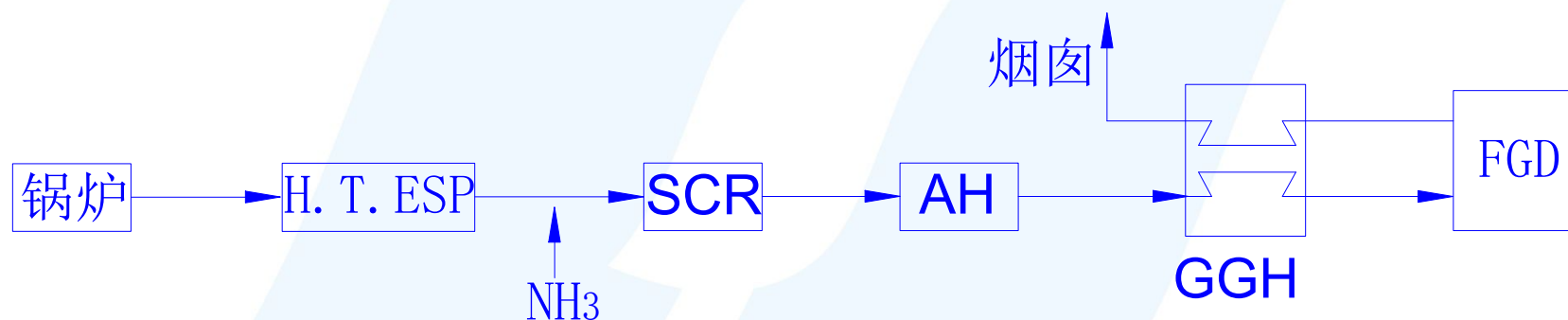
脱硝装置布置在锅炉的省煤器与空预器之间：



SCR布置方式

- 高温除尘低尘布置

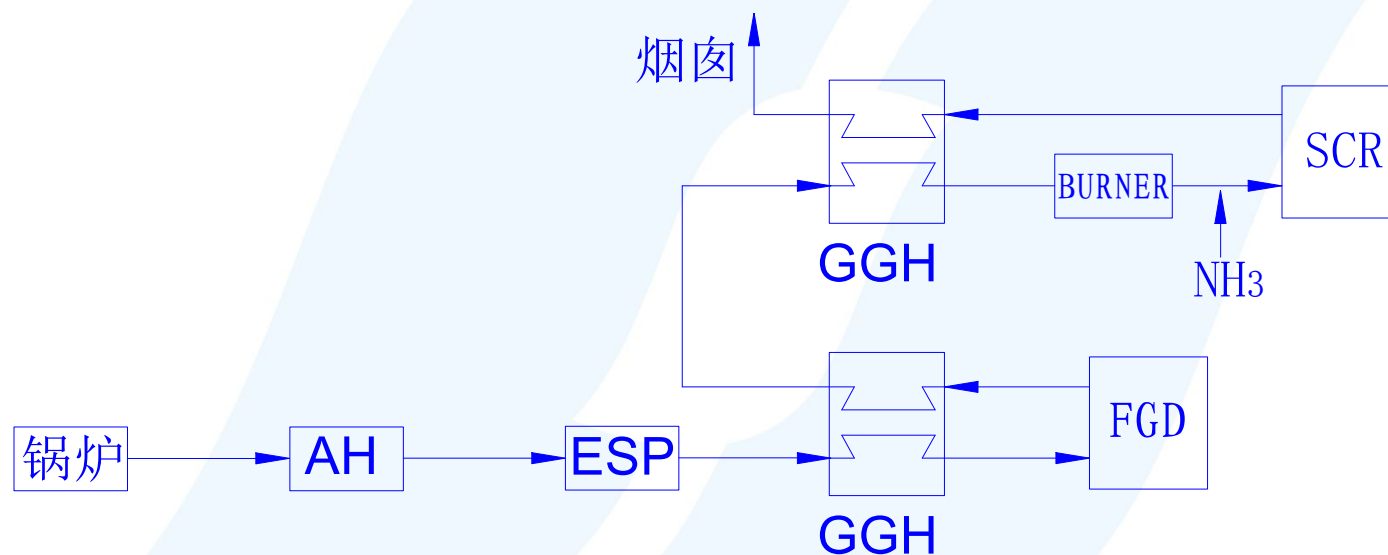
脱硝装置布置在高温除尘装置后：



SCR布置方式

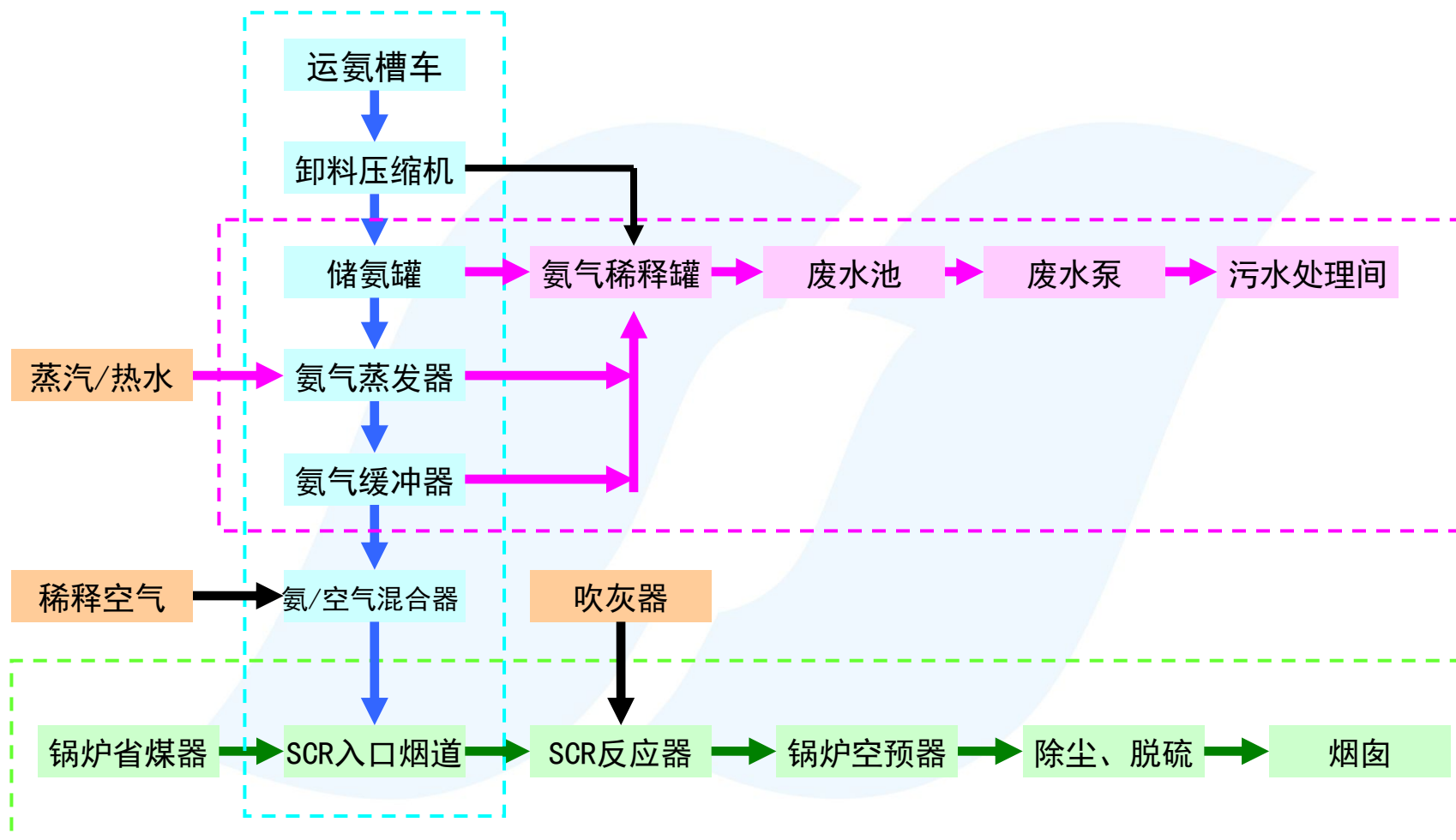
- 脱硫后低尘布置

脱硝装置布置在脱硫装置后:



目前已建SCR法脱硝装置大都采用高尘布置。

4.5 SCR工艺流程



4.6 SCR主要设备

- 烟气系统
 喷氨格栅
 导流板
 碎灰装置
 整流层
 反应器及其支撑
 催化剂等



SCR主要设备

- 反应器吹灰系统

常用有： 声波吹灰器
蒸汽吹灰器



SCR主要设备

- 液氨存储与供应系统:

卸氨压缩机

液氨储罐

液氨蒸发器

氨气缓冲罐

氨气稀收罐

废水泵

洗眼器

水喷雾、喷淋装置

稀释风机

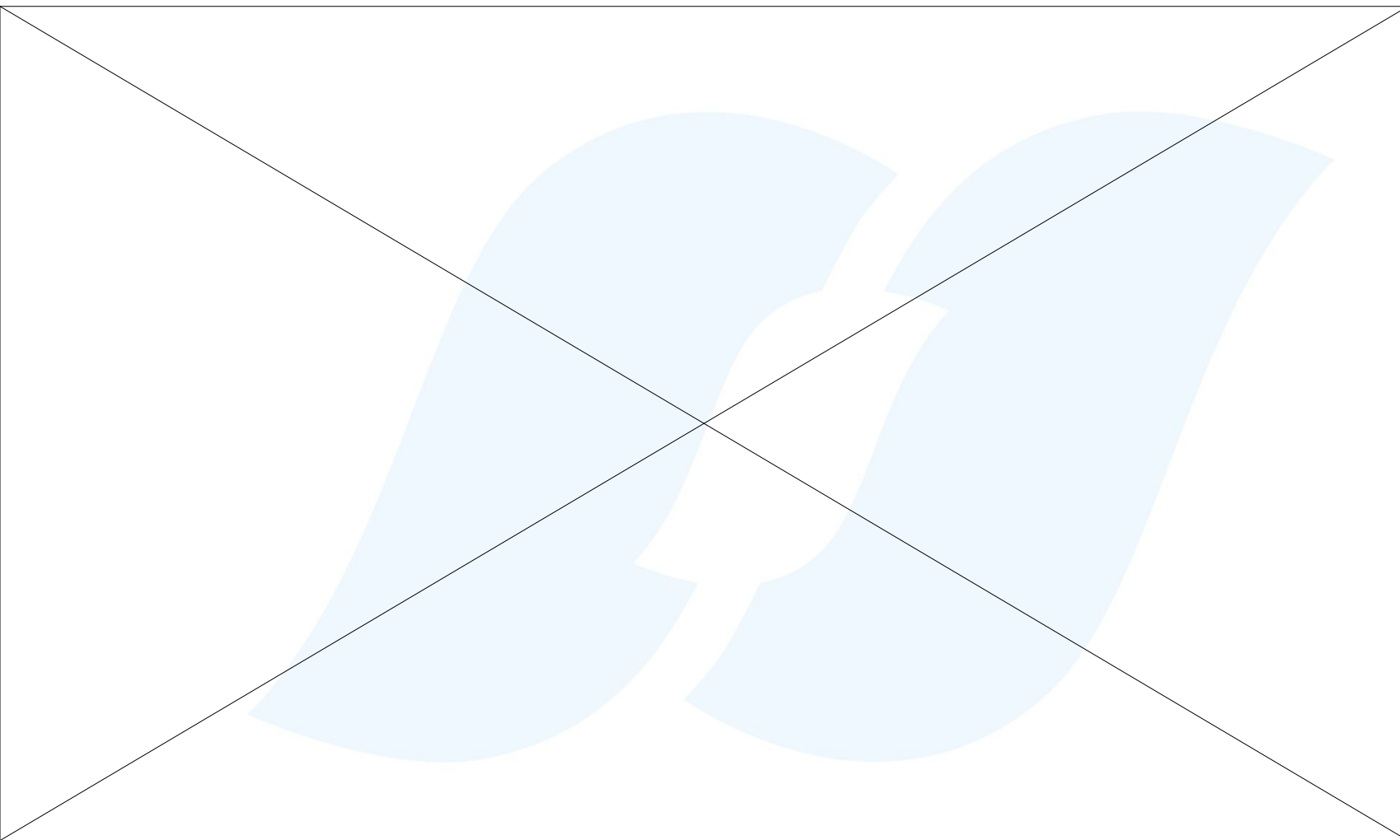
阻火器

氨/空气混合器

氨喷射装置等



4.7 SCR控制原理



4.8 SCR主要性能指标

NO _x 脱除率	70~95%
NH ₃ 逃逸	≤3 ppm
SO ₂ /SO ₃ 转化率	≤1 %
催化剂化学寿命	24000h
催化剂机械寿命	≥63000h
系统压损	≤1200pa

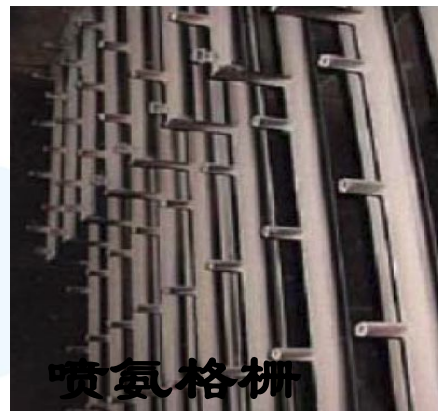
4.9 SCR关键技术-1



涡流混合器



静态混合器



喷氨格栅



矩齿喷氨格栅

项 目	涡流混合器	静态混合器	常规喷氨格栅	矩齿喷氨格栅
结构形式	简单	复杂	中	中
引起烟气阻力(pa)	150~200	180~230	150~200	100~150
要求的混合距离	长	较短	短	短
混合效果	一般	较好	较好	好
适应负荷变化性	差	较好	好	好
建设成本	低	高	中	低
运行维护成本	中	高	低	低

SCR关键技术-2

• 流场模拟试验

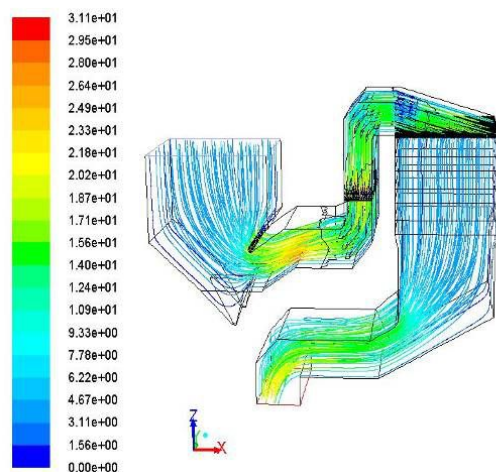
反应器催化剂层烟气入口条件

烟气速度偏差 $\leq 10\%$;

烟气温度偏差 $\leq 10^{\circ}\text{C}$;

NH_3/NO_x 摩尔比偏差 $\leq 5\%$;

烟气入射催化剂角度 $\leq 10^{\circ}$ 。



SCR关键技术-3

• 催化剂选型与计算

催化剂种类

氧化钛基催化剂 (250~400℃)

氧化铁基催化剂 (380~430℃)

沸石催化剂 (300~430 °C)

活性炭催化剂 (100~150 °C)

燃煤锅炉脱硝常用氧化钛基催化剂

基体/载体: TiO_2 80~90%

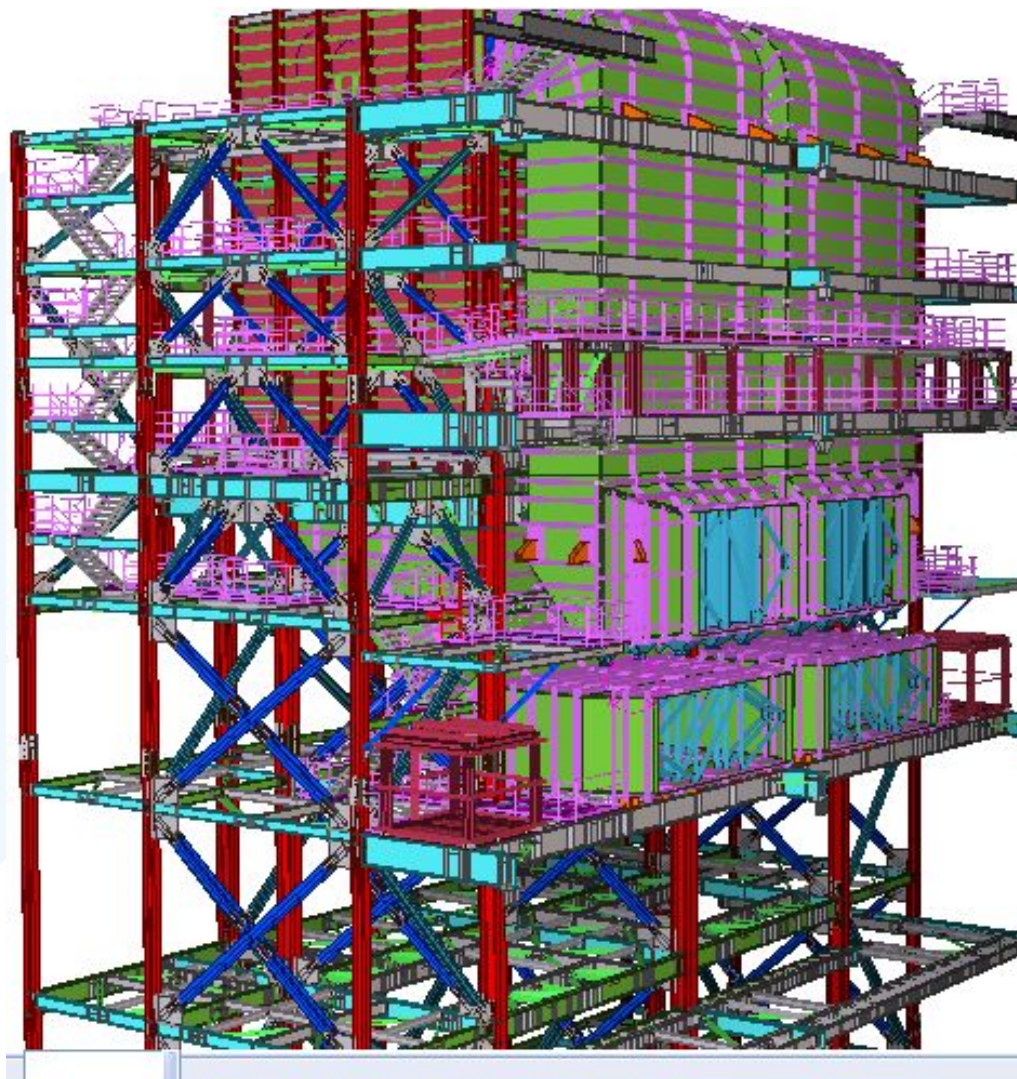
活性成分: V_2O_5 0.2~4%

MoO_3 5~10%

WO_3 3~10%

SCR关键技术-4

- 反应器系统设计
入口烟道设计;
反应器设计;
脱硝灰斗设计;
吹灰系统设计等。

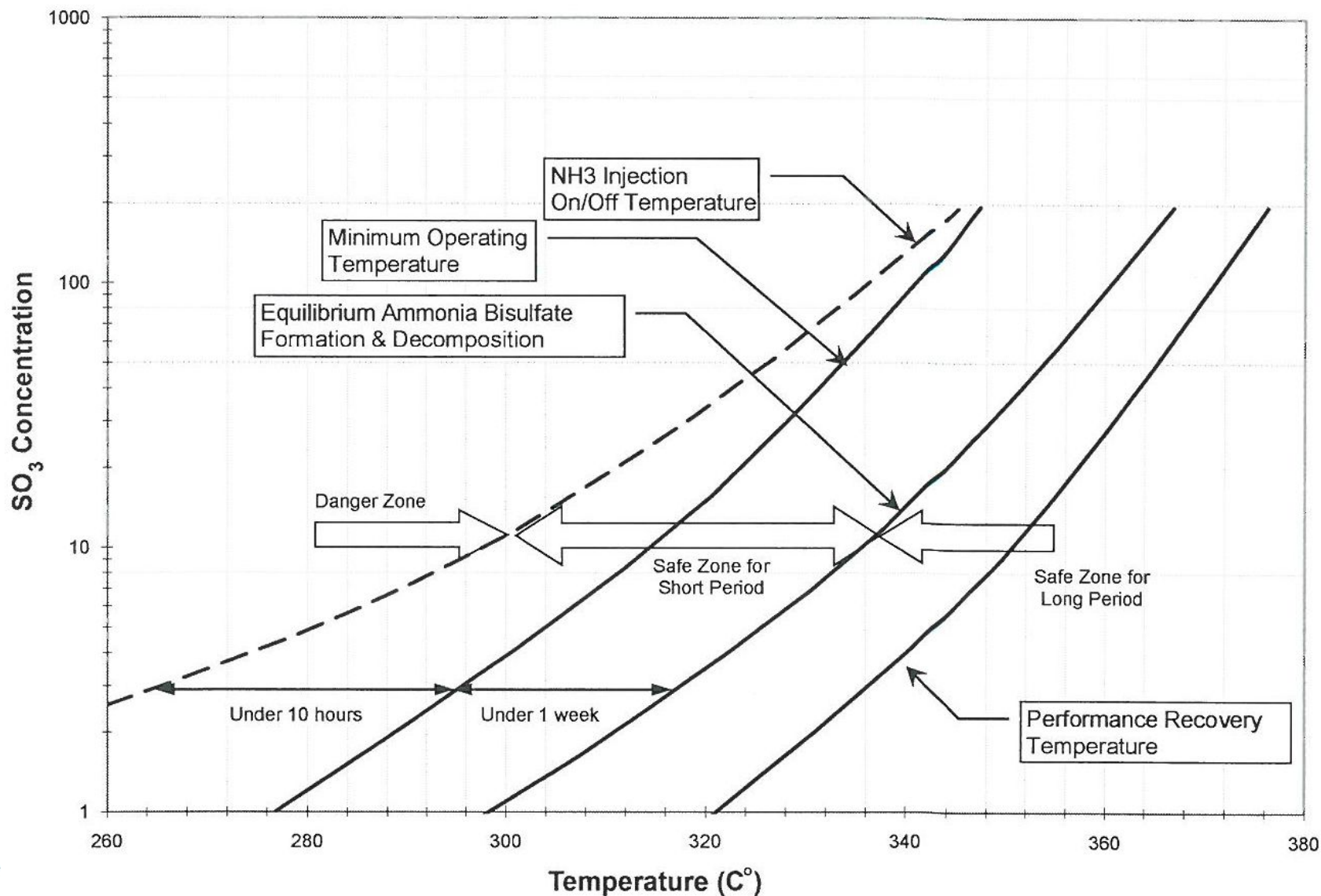


4.10 SCR脱硝注意事项

4.10.1 设计

- 设计条件的确定（烟气量、**NO_x**浓度等）
- 还原剂的选择
- 还原剂位置的选取
- 旁路设置（省煤器旁路与**SCR**反应器旁路）
- 输灰系统的设置
- 空预器是否改造
- 引风机是否改造
- 流场模拟实验
- 最低运行温度

SCR脱硝注意事项



SCR脱硝注意事项

4.10.2 设备选型

- 氨区设备容量确定（液氨储罐、蒸发器）
- 催化剂类型与催化剂量
- 吹灰器的选型

4.10.3 施工

- 液氨储罐安装
- 反应器安装
- 催化剂的安装

SCR脱硝注意事项

4.10.4 调试

- 管道系统密封试验
- 氨的卸料
- 喷氨装置调试
- 催化剂的保护

SCR脱硝注意事项

4.10.5 运行维护

SCR运行中常出现的问题:

- 1) 催化剂堵塞, 由于氨盐沉积和飞灰沉积造成催化剂堵塞, 局部堵塞影响催化剂的磨损, 严重时影响锅炉机组正常运行。
- 2) 催化剂磨损, 由于高温烟气携带的飞灰碰撞催化剂表面造成, 主要是煤质灰分增加、催化剂局部堵塞或SCR反应器设计不合理。
- 3) 催化剂中毒, 由于烟气中的碱性金属Na、K等或As、Ca等引起催化剂中毒, 很快降低催化剂活性。

SCR脱硝注意事项

4.10.5 运行维护

SCR运行中常出现的问题:

- 4) 空预器堵塞、腐蚀, 主要由于SO₃浓度增加, 提高烟气酸露点温度, 增加下游设备的酸腐蚀; 另外, 如果SCR反应器出口逃逸NH₃较高则会与烟气中SO₃反应生成NH₄HSO₄和(NH₄)₂SO₄, 此类硫酸盐具有粘结性和腐蚀性, 导致空预器换热面堵塞和腐蚀。
- 5)、灰中氨味较大, 影响灰品质, 主要是NH₃逃逸量过高引起的, 当NH₃的逃逸量高于5Ppm, 飞灰会有氨的气味。

SCR脱硝注意事项

4.10.5 运行维护

SCR系统运行监测主要数据:

- SCR入口烟气温度
- 催化剂层阻力变化
- 空预器阻力变化
- 氨耗量变化
- 输灰系统运行

五 总结

1 氮氧化物生成机理

锅炉燃烧的 NO_x 主要为 NO 和 NO_2

NO_x 产生主要为热力型（捷里德维奇、快速型）和燃料型

2 火电厂 NO_x 防治技术政策

低氮燃烧+烟气脱硝技术

3 火电厂脱硝技术

低氮燃烧技术、烟气脱硝技术

SNCR脱硝技术

SNCR+SCR脱硝技术

SCR脱硝技术

4 SCR脱硝技术

技术起源、反应原理、还原剂、布置方式、工艺流程、主要设备、控制原理、性能指标、关键技术、注意事项等

谢谢!

地 址：北京市丰台区汽车博物馆东路6号
邮 编：100160
电 话：010-63918349
传 真：010-62265522