

# Analysis on the Flue Gas Desulfurization and Denitration Technology of the Coal-fired Power Plant Boiler

Debin Zhou

Xinjiang Coking Coal Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830025, China

## Abstract

In the flue gas dust removal technology in coal-fired power plant boiler, desulfurization and denitration is a key link. Firstly, the paper summarizes the research progress in China and other countries; secondly, the paper analyzes and introduces the existing research results of other advanced countries and China, and puts forward the transformation methods and precautions according to the actual situation of China; finally, through the principles of absorption and neutralization, this paper expounds the absorption process flow and the principles and steps of parameter selection, as well as the specific contents and operation points of conversion working medium between each process, so as to provide a reference basis for subsequent related technical optimization.

## Keywords

desulfurization and denitration; coal-fired power plant; flue gas dust removal

## 对燃煤电厂锅炉烟气脱硫脱硝技术的探析

周德彬

新疆焦煤集团有限责任公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 830025

## 摘要

在燃煤电厂锅炉烟气除尘技术中, 脱硫脱硝是个关键的环节。首先, 论文对中国和其他国家已有研究进展进行了综述归纳总结; 其次, 论文分析介绍了其他先进国家和中国已有研究成果, 并结合中国实际情况提出改造方法及注意事项; 最后, 通过吸收、中和等原理来阐述吸收工艺流程及其参数选择原则与步骤以及各工序间转化工质的具体内容和操作要点等方面进行深入的探析, 为后续相关技术优化提供参考依据。

## 关键词

脱硫脱硝; 燃煤电厂; 烟气除尘

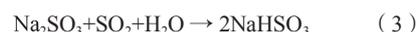
## 1 引言

随着社会经济的发展, 环境污染的情况日益严重, 众所周知, 在电厂燃煤中所排放的硫化物等都是造成大气污染的主要成分之一。中国是一个以煤炭为主要能源的国家, 如何有效地控制燃煤电厂排放的  $\text{SO}_2$  与  $\text{NO}_3$  变得尤为重要。

## 2 烟气脱硫技术

### 2.1 烟气脱硫原理

论文采用了常规脱硫技术, 该方法是采用双碱法湿法脱硫, 将烟气中的  $\text{SO}_2$  污染物进行处理。通过对脱硫循环水的加药处理, 使脱硫循环水的 pH 值达到 9~10 的范围内, 脱硫循环水经脱硫泵输送到脱硫塔的喷淋层, 经喷头雾化后与烟气进行逆行混合, 使之进行化学反应。其中, 化学式为:

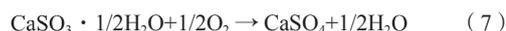


其中, 式 (1) 为启动阶段  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液吸收  $\text{SO}_2$  的反应; 式 (2) 为再生液 pH 值较高时 (高于 9 时), 溶液吸收  $\text{SO}_2$  的主反应; 式 (3) 为溶液 pH 值较低 (5~9) 时的主反应。

①折叠再生过程:



②氧化过程 (副反应):



### 2.2 烟气脱硫的特点

脱硫效率 90% 以上, 脱硫剂采用钠碱和石灰, 塔内清液吸收, 有效避免塔内结垢。液气比小。可脱硫除尘一体化。一次投资省, 运行成本低, 国产程度高, 适应范围广。烟气脱硫技术是一种高效、低毒的环保方法。它通过酸碱的中和反应, 从而达到净化空气, 减少烟气中  $\text{SO}_2$  含量。

【作者简介】周德彬 (1973-), 男, 中国四川蓬溪人, 安全助理工程师, 从事锅炉烟气治理研究。

### 2.3 烟气脱硫技术的发展与应用

随着中国经济的快速发展，燃煤电厂锅炉烟气脱硫技术也取得了长足进步。目前，脱硫塔、喷淋降温等设备在其他国家应用较为广泛。高压喷射型烟道。采用高压水雾化工艺来完成对含二氧化硫进行吸收和氧化反应所需浓度较低的废气处理系统称为低压喷射式除尘装置；该装置具有高效脱硫效率高等特点而被广泛应用于电厂。

### 3 烟气脱硝技术的研究

烟气脱硝技术主要有干法（选择性催化还原烟气脱硝、选择性非催化还原法脱硝）和湿法两种。与湿法烟气脱硝技术相比，干法烟气脱硝技术的主要优点是：基本投资低，设备及工艺过程简单，脱除 NO<sub>x</sub> 的效率也较高，无废水和废弃物处理，不易造成二次污染。基于中国和其他国家成熟的 NO<sub>x</sub> 控制技术，通过可行性研究，得出以下结论：采用 SNCR+SCR 联合脱硝技术，实现烟气中的氮氧化物的超低排放。

#### 3.1 烟气脱硝基本理论

SNCR-SCR 是一种新型的烟气脱硝技术（除去烟气中的 NO<sub>x</sub>），其流程如下见图 1。

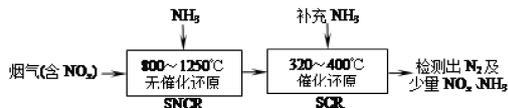
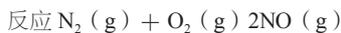
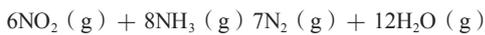
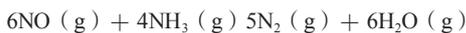
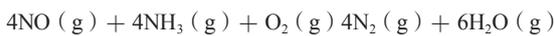


图 1 新型的烟气脱硝技术流程图

① 反应  $2NO + 2CO \rightarrow 2CO_2 + N_2$  能够自发进行，则该反应的  $\Delta H - T \Delta S < 0$ ，该反应的  $\Delta S < 0$ ，所以  $\Delta H < 0$ 。

② SNCR - SCR 流程中发生的主要反应有：



③ NO 和 NH<sub>3</sub> 在 Ag<sub>2</sub>O 催化剂表面的反应活性随温度的变化曲线见图 2。

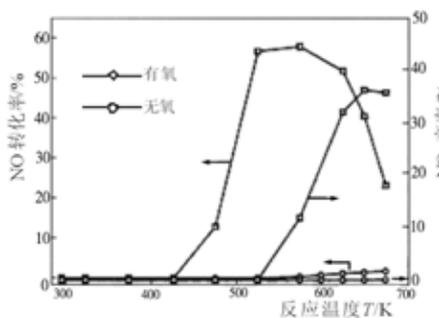


图 2 催化剂表面反应活性变化曲线图

在 SCR 反应器内，烟气与 NH<sub>3</sub> 的混合物在通过催化剂层时，烟气中的 NO<sub>x</sub> 在催化剂的作用下与 NH<sub>3</sub> 反应生成 N<sub>2</sub>

与 H<sub>2</sub>O。因此，除去烟气中的 NO<sub>x</sub> 烟气流程为：锅炉炉内高温区喷稀释尿素燃烧→锅炉省煤器→SCR 脱硝反应器→锅炉空预器→布袋除尘器→锅炉引风机→脱硫塔→烟囱排放。如图 3 所示，SO<sub>2</sub>/SO<sub>3</sub> 转化率不大于 1%。

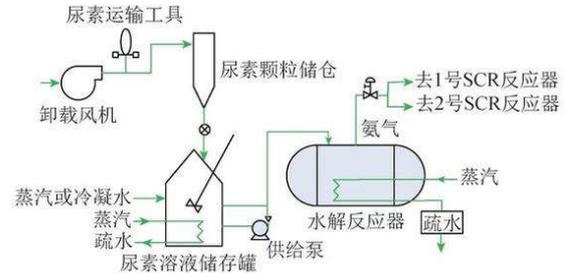


图 3 去烟气中的 NO<sub>x</sub> 烟气流程图

#### 3.2 烟气脱硝技术可行性

切实做好各项施工管理和技术措施的组织落实，在施工准备中特别注意以下工作的开展：施工场地的科学规划和综合利用，为立体交叉施工创造条件，合理界定施工场地及施工顺序，保证文明施工和现场安全。

本工程工艺设备成熟、可靠，设备安装工作量大，建筑工程施工时要注意预留预埋控制和施工测量控制<sup>[1]</sup>。工程现场施需制定了详细的技术措施。充分考虑 SCR 催化剂的安装位置，对锅炉现场不符合条件的进行技术改造，大多是对锅炉的省煤器改造安装，省煤器的位置与催化剂的进口温度有严格的技术标准，脱硝温度直接影响脱硝效果，也是能否完成脱硝效率的关键点。设备和脱硝管线复杂多变，数量大，对管道的试压尤其是高压风和尿素管道是工程能否按时投产及安全生产的关键，在施工中予以高度重视。也要对技术管理、人员素质提出较高要求。锅炉本体打洞，安装尿素喷射器，这个位置也是工程设计的难点，也是最关键点，SNCR 喷头安装的位置达不到最佳，就会造成锅炉出力降低，或者有可能造成尿素因温度达不到和量达不到导致尿素无法产生足够的氨气进行还原。省煤器安装焊接需向特种设备特检院备案项，属于特种设备焊接，焊接完成要通知特检院现场 X 检验，出检验报告。

#### 3.3 烟气脱硝主要组成系统

尿素溶液制备和输送系统：尿素颗粒（袋装）通过溶解罐，溶解成 30% 的尿素溶液，然后将该浓尿素溶液转存至尿素溶液储罐内，通过稀释模块内的除盐水泵和尿素溶液输送泵，使尿素溶液在管道内与除盐水混合和输送。主要设备有尿素溶解罐、尿素储存罐、除盐水箱、除盐水输送模块、尿素溶液输送模块、计量混合模块。具体设备参数详见设备清单。该系统主要完成尿素溶液的制备、计量和输送。

① 尿素储存间：尿素储存区，储量按三台锅炉至少 5 天所需。

② 尿素溶解罐：1 只尿素溶解罐。在溶解罐中，用除盐

水制成约 30% 的尿素溶液。当尿素溶液温度过低时，蒸汽加热系统启动使溶液的温度高于 40℃（确保不结晶）。材料采用 304 不锈钢。

③尿素溶液储：尿素溶液经由尿素溶液混合泵（尿素转存泵）进入尿素溶液储罐。设置两（1）只尿素溶液储罐，满足两台锅炉至少 5 天的系统用量（30% 尿素溶液）要求。储罐采用 304 不锈钢制造。储罐为立式平底结构，装有液面、温度显示仪、人孔、梯子、通风孔及蒸汽加热装置（保证溶液温度高于结晶温度 5℃）等。设置尿素溶液加热盘管，尿素溶液管道由尿素溶解罐及存储罐的加热蒸汽疏水进行伴热或保温。

④尿素溶液给料泵：尿素溶液给料泵为不锈钢本体，碳化硅机械密封的离心泵，尿素储存罐出口设四台泵三运一备，并列布置，一台锅炉一台。此外，溶液给料泵还利用溶解罐所配置的循环管道将尿素溶液进行循环，以获得更好混合。

⑤尿素溶液循环装置：锅炉设置尿素溶液供应与循环装置，两台以上锅炉同时运行互不影响。尿素溶液循环装置包含 3 台全流量的多级离心泵（带变频器）、2 只背压阀及用于远程控制和监测循环系统的压力、温度、流量以及浓度等仪表等<sup>[2]</sup>。

### 3.4 计量混合模块

除盐水输送模块输送除盐水，尿素溶液输送模块输送 30% 的尿素溶液，两个模块均进入尿素输送至锅炉的管道内，在管道内，尿素溶液被稀释到 10% 左右，通过调节阀组和流量计进行配比。分配模块：输送至炉前的尿素稀溶液，通过分配模块分配至各个喷枪，分配模块主要由转子流量计、手动调节流量阀等组成，可以针对性地调节每一个喷枪的流量。喷射系统：喷射系统有喷枪、套管、软管等组成，布置在锅炉的合适位置，分为 SNCR 喷枪和 SCR 喷枪，主要区别在于流量和型式，有扇形和锥形之分。

SCR 反应器系统由 SCR 反应器、催化剂、吹灰器等组成。反应器为 Q345B 的钢壳体材质，催化剂的陶瓷状的 TiO<sub>2</sub> 基体+V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 催化剂组成，做成蜂窝状，吹灰器采用声波吹灰器，简单有效。几年后，用过的催化剂由具有回收资质的单位进行回收。在 SCR 反应器内，烟气与 NH<sub>3</sub> 的混合物在通过催化剂层时，烟气中的 NO<sub>x</sub> 在催化剂的作用下与 NH<sub>3</sub> 反应生成 N<sub>2</sub> 与 H<sub>2</sub>O，从而除去烟气中的 NO<sub>x</sub>。脱硝反应器采用高灰型布置工艺，锅炉设 1 台反应器，反应器内的烟气竖直向下流动。反应器内部各类横向的加强板、支架、密封、钢架

等设计成不易积灰的型式，同时考虑热膨胀的补偿措施。反应器上安装设备的平台宽度不小于 1.2m，以方便催化剂的运输和安装。脱硝反应器的设计将易于建设、安装和检修维护，整个结构符合堵灰条件下安全承重和抵御强风。

反应器的设计能满足催化剂互换的需要。反应器设声波吹灰器（备用层催化剂预留吹灰器接口，备用层吹灰器不配备）。SCR 备用层吹灰器设计并安装有设备检修平台。在每个反应器进出口各设置一套 NO<sub>x</sub>/O<sub>2</sub> 烟气取样分析系统，采样探头配套自动反吹系统。每个反应器出口设置一套氨逃逸分析系统。吹灰器系统：每台炉设置足够数量的吹灰系统。根据 SCR 反应器本体内设置的催化剂层数及数量来设置吹灰装置，按每一层催化剂设置声波吹灰器进行设计。吹灰器的吹灰介质为压缩空气吹灰介质为压缩空气，数量和布置将催化剂中的积灰尽可能多地吹扫干净，尽可能避免因死角而造成催化剂失效导致脱硝效率的下降和反应器烟气阻力的增加。催化剂预留层初装时不安装吹灰器，但预留以后安装同样的原配置的吹灰器的位置、压缩空气接口，方便增加备用层催化剂时安装吹灰器<sup>[3]</sup>。

## 4 结语

脱硝站的安全措施是非常重要的，在运行中发现隐患时应立即停止燃烧并及时处理。当锅炉出现事故时，应该第一时间进行维修。烟气除尘器安装合理性分析：对运行过程中会产生大量粉煤灰和含硫气体、NO<sub>x</sub> 超标气体等危险因素存在情况下都要采取有效控制；同时，还需要注意的是烟气量的大小也是影响脱硝站安全隐患的重要原因之一。在对电厂锅炉烟气脱硝技术进行设计的时候，需要考虑到经济性、安全性以及可靠性等方面。首先是安全性能，对于火力发电厂来说，其燃烧后产生大量含氮化合物和 NO<sub>x</sub>；其次就是烟尘的污染程度比较严重并且含有很多有毒气体（如一氧化碳）且不容易被发现而造成二次事故发生且不易处理；最后针对锅炉炉膛内温度控制而言，由于燃煤电厂在运行过程中存在着火工况、受热面以及结渣。

### 参考文献

- [1] 顾卫荣,周明吉,马薇.燃煤烟气脱硝技术的研究进展[J].化工进展,2012,31(9):2084-2092.
- [2] 杨利.火电厂的污染和防治技术的简述[J].科技创新与应用,2020(34):147-148.
- [3] 郭杰斌.高温除尘脱硝超低排放一体化技术[J].机电技术,2020(1):9-11+17.