

# SCR脱硝系统氨管道堵塞原因分析及对策

邢希东

(天津大唐国际盘山发电有限责任公司, 天津 301907)

**摘要:**某600MW机组脱硝系统在运行中发生锅炉侧脱硝系统供氨流量下降、供氨压力下降、脱硝出口氮氧化物含量上升的异常现象,主要原因是采用碳钢管做为供氨管道,导致铁的氧化物杂质堵塞了供氨系统阀门门芯,而冬季过低的环境温度影响了氨气流量是杂质在门芯等位置积存的诱因,通过更换氨管道材质并对供氨管道加强保温解决了异常现象,保证了脱硝的正常运行。

**关键词:**环保达标排放;氮氧化物;SCR脱硝;液氨;氧化物;不锈钢

**中图分类号:**X701 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-5377(2015)03-0024-04

## 引言

我国当前的大气环境形势依然严峻,区域性大气污染问题突出,直接影响了经济可持续发展和人民群众的身体健康。2010年我国二氧化硫、氮氧化物排放总量位居世界第一位,重点区域城市的二氧化硫、可吸入颗粒物年均浓度是欧美发达国家的2~4倍。“十二五”期间是我国全面建设小康社会的关键时期,工业化、城镇化将继续快速发展,为了切实改善环境质量,降低大气中氮氧化物的含量,国家规定加快燃煤机组低氮燃烧技术改造及脱硝设施建设,单机容量20万千瓦及以上、投运年限20年内的现役燃煤机组全部配套脱硝设施。本文介绍了天津某发电公司利用大修机会对两台机组进行锅炉脱硝改造,对在烟气脱硝系统运行期间,发生因氨管道被杂质堵塞无法正常供氨的异常现象进行了研究。

## 1 设备及项目概述

### 1.1 机组概述

天津某发电公司2×600MW火电机组是我国华北地

区建设投产最早的600MW亚临界火电机组,是京津唐电网的主力机组。被国家计委列为1996年利用国家外汇储备购买国产发电设备发展民族工业的试点项目。工程于1998年10月开工,其中三号机组于2001年12月18日正式投产,四号机组于2002年6月5日正式投产。

锅炉为哈尔滨锅炉有限责任公司制造HG-2023/17.6-YM4型锅炉,亚临界、一次中间再热、固态排渣、单炉膛、Π型半露天布置、全钢构架、悬吊结构、控制循环汽包锅炉。锅炉采用三分仓回转式空气预热器,平衡通风,摆动式四角切圆燃烧器。设计燃料为准格尔煤。6套正压直吹式制粉系统,配置ZGM123型中速磨煤机,A、B磨煤机对应的燃烧器装有等离子点火装置,设计上未预留脱硝系统安装位置。

### 1.2 SCR脱硝系统介绍

该公司的脱硝系统采取选择性催化还原法(SCR)去除烟气中NO<sub>x</sub>。还原剂采用纯氨(纯度≥99.6%),由液氨槽车运送,利用卸料压缩机,将液氨从槽车输入液氨储罐内,并依靠自身重力和压差将液氨储罐中的液氨输送到液氨蒸发槽内,利用辅汽提供的热蒸发为氨气,后

经与稀释风机鼓入的空气在氨/空气混合器中混合后，送氨喷射系统。在SCR入口烟道处，喷射出的氨气和来自锅炉省煤器出口的烟气混合后进入SCR反应器，SCR反应器采用高灰型工艺布置（即反应器布置在锅炉省煤器与空气预热器之间），通过催化剂进行脱硝反应，最终从出口烟道至锅炉空预器，达到脱硝目的。整套脱硝装置主要由SCR反应区和氨站区两个区域组成。

脱硝系统布置在锅炉省煤器和空预器之间的位置（见图1）。根据锅炉机组现状，SCR反应器系统按一台机组配置两台脱硝反应器，烟道分两路从省煤器后接出，经过垂直上升后变为水平，接入SCR反应器，反应器为垂直布置，经过脱硝以后的烟气经水平烟道接入空预器入口烟道。

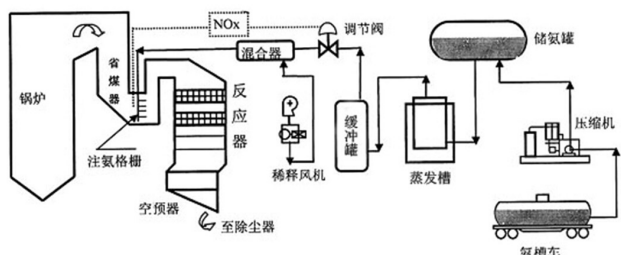


图1 脱硝SCR工艺系统（单侧）布置图

选择性催化还原法是利用氨对 $\text{NO}_x$ 的还原功能，使用氨气作为还原剂，将体积浓度为5%的氨气通过氨注入装置（AIG）喷入温度为 $280^\circ\text{C} \sim 420^\circ\text{C}$ 的烟气中，在催化剂作用下，氨气将烟气中的 $\text{NO}$ 和 $\text{NO}_2$ 还原成无公害的氮气和氨水，“选择性”的意思是指氨有选择地进行还原反应，在这里只选择 $\text{NO}_x$ 还原。

催化剂是整个SCR系统的核心和关键，催化剂的设计和选择是由烟气条件、组分来确定的，影响其设计的三个相互作用的因素是 $\text{NO}_x$ 脱除率、 $\text{NH}_3$ 的逃逸率和催化剂体积。

上述脱硝反应是在反应器内进行的，反应器布置在省煤器和空气预热器之间。反应器内装有催化剂层，进口烟道内装有氨注入装置和导流板，为防止催化剂被烟尘堵塞，每层催化剂上方布置了吹灰器。SCR脱硝反应所需的还原剂氨气，可以通过液氨、氨水及尿素三种化学药品获取。在能保证药品正常供应的情况下，优先选择液氨作为还原剂。

该工程烟气在锅炉省煤器出口处被平均分为两路，

每路烟气垂直布置的SCR反应器，经过均流器后进入催化剂层，每台锅炉配有2个SCR反应器，经过脱硝以后的烟气直接接入空预器入口烟道，然后经空预器、电除尘器、引风机和脱硫装置后，排入烟囱。在进入烟气催化剂前设有氨注入的系统，烟气与氨气充分混合后进入催化剂反应，脱去 $\text{NO}_x$ 。锅炉SCR区供氨系统布置见图2。

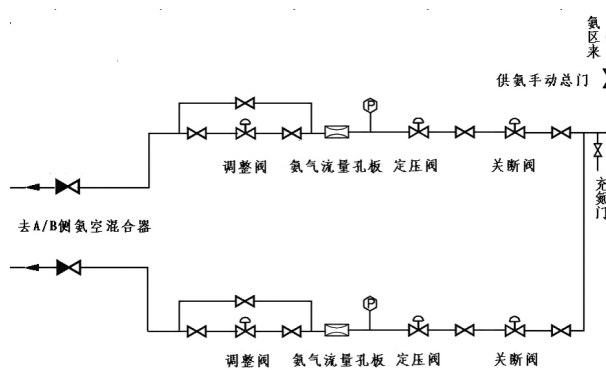


图2 锅炉SCR区供氨系统阀门布置图

## 2 脱硝系统SCR区供氨压力下降分析及解决

脱硝系统在运行中遇到了一些较为重大的问题，该公司技术人员通过分析、测试等大量工作，解决了遇到的难点问题，保证了脱硝系统稳定达标运行。

### 2.1 异常过程及现象

在冬季，锅炉脱硝SCR系统发生了多起管道阀门堵塞异常，主要表现为供氨压力从正常的 $85\text{kPa}$ 降至 $20\text{kPa}$ 以下，经采取有关措施后，系统恢复正常。主要的处理过程为：1）就地手动开关活动供氨关断阀门；2）发现阀芯有黑色粉末异物，活动阀门失效，检修更换定压阀；3）未解体管道及阀门，提高氨区供氨压力，强制吹扫；4）发现阀芯及管道内壁有一定量的黑灰色粉末，拆除阀门疏通阀芯，用压缩空气进行管道吹扫。

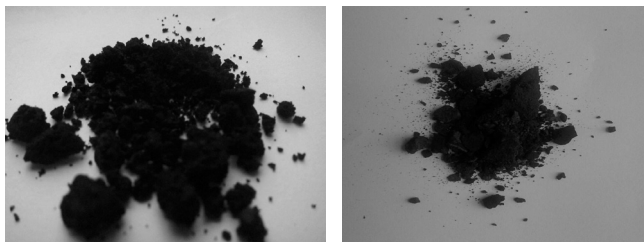
### 2.2 杂质样品化验分析

经现场检查，自立式调压阀阀芯及后面管道中均发现粉末状杂物，从异常处理过程可以看出，供氨管道中有杂物，氨气流速降低，杂质堵塞供氨系统的节流处（调节阀、定压阀阀芯等处），导致供氨不畅，SCR区供氨压力下降。因此查清楚杂质来源是解决该问题的关键。

经电厂技术人员和化验人员对杂质进行初步分析，结果如下。

### (1) 外观分析

从供氨管道和阀门中取出的杂质见图3。取出杂质的颜色有黑色和土黄色两种，除杂质的干湿度有不同之外，外观基本一致，为粉末或结块形状，结块可碾碎，均有明显的臭味及氨气刺激味。



a: 黑色粘湿杂质

b: 土黄色较干杂质

图3 从供氨管道和阀门中取出的杂质

### (2) 杂质磁性分析

在电厂化验室通过磁铁试验，发现该杂质能够被磁铁吸附（见图4），表明其中含有铁或铁的氧化物；由于该电厂不具备化验条件，具体成分需送至电科院进行分析。

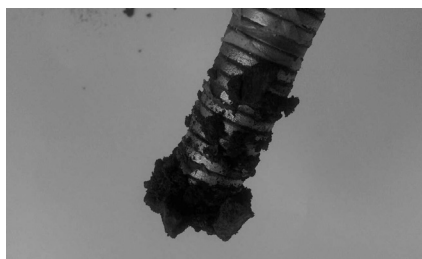


图4 杂质磁性试验

### (3) 杂质溶性分析

在该电厂化验室中，取少量杂质放入水中，搅拌均匀后杂质在水中沉淀，并明显分层（见图5），说明该杂质不溶于水。



图5 杂质溶性试验

将现场提取的杂质样品送至相关电科院进行成分分析，结果如下表。从上述样品氧化物含量的分析结果看，杂质中的主要氧化物为 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 。

某电科院对杂质样品氧化物含量分析表

成分	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{CuO}$	$\text{ZnO}$	$\text{SiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$
含量 (%)	—	0.04	—	0.22	51.26	0.05	0.08	—	—

## 3 氨管道内产生异物的原因分析

### 3.1 液氨品质问题

如果采购的液氨本身含有杂质，那么必然会造成液氨蒸发区和氨气管道中带有杂质，堵塞管道。华中某发电公司也曾发生过因液氨品质问题导致氨蒸发区调整门门芯堵塞，经更换液氨厂家后，问题得到了解决。该公司一直采用的是同一厂家的液氨产品，经厂家化验，液氨纯度 $>99.6\%$ ，残留物含量 $<0.04\%$ ，符合产品要求，结合本次该厂发生异常现象前的运行情况，基本可以排除液氨来源的问题。

### 3.2 管道安装遗留物问题

脱硝系统管道在安装时均采用封堵措施，投运前也经过吹扫和氨气置换，有粉末状残留物存留的可能性不大。华东某发电厂曾发生过因管道和氨罐中有残留物，导致运行中发生堵塞阀门门芯的异常，但取样的样品外观与该公司的样品明显不一样，因此基本可排除是遗留物的问题。

### 3.3 管道材质的影响

该公司的氨存储区、蒸发区和SCR区内的主要管道设计、施工均是采用碳钢管。本次管道堵塞杂物样品的化验结果也表明，碳钢氨管道和氨发生腐蚀形成铁的氧化物的可能性较大，同时结合某些氨泄漏事故分析结论，考虑到碳钢的耐腐蚀性不强，为防止碳钢管道因酸腐蚀尤其是焊口等高应力部位因腐蚀而发生泄漏，该公司决定利用年终机组小修的机会对氨管道进行更换。

### 3.4 环境温度的影响

通过对发生SCR区氨气管道堵塞时间段的各相关参数分析，发现近期恰逢秋冬交替季节，环境温度明显下降，夜间最低温度接近于 $0^\circ\text{C}$ 。同时，SCR区的氨气管道布置在户外的露天场所，平台处的风力较大，氨气在

氨蒸发器的出口温度最低在40℃以上，但SCR区的氨气温度最低在10℃以下。环境温度的明显下降，导致供氨管道外壁结露严重，有可能造成氨气密度增大流速相对降低，如果氨气管道中有一定的粉末状杂质，对其携带能力下降，极易在阀门、阀芯等节流明显的部位形成沉积，最终会导致出现堵塞，出现供氨压力、流量下降的异常现象。

#### 4 采取的措施

基于对氨管道内出现异物的可能原因的分析及排除，该公司采取了如下措施：

(1) 向环保局申请退出脱硝系统，对整个氨管道采取分段对空压缩空气吹扫，彻底清除管道内杂质及异物；

(2) 对SCR区供氨阀门门芯进行疏通及清理，部分阀门更换新阀门；

(3) 对SCR区主要管道、阀门采取加棉被等临时保温的措施，同时对SCR区域平台加装了临时挡风墙加强了保温；并计划利用检修机会对SCR区管道增加蒸气伴热系统；

(4) 利用年底机组检修机会，更换了从氨罐第一道法兰至SCR区氨气空气混合器之间所有的液氨、气氨

管道，更换为耐腐蚀性更好的不锈钢管道；

(5) 安排专业技术人员继续进行对氨管道内产生异常的情况跟踪分析，并持续关注国内同行单位相似情况的处理及解决方法。

通过采取上述措施，该公司的脱硝系统氨管道内产生异物堵塞管道的异常现象得到了控制，脱硝系统运行恢复正常。

#### 5 结语

燃煤发电机组采用烟气脱硝除氮技术是降低氮氧化物排放的主要技术手段，也是国家进行雾霾治理的主要方法之一。但对于火力发电企业而言，烟气脱硝运行维护技术仍属于近几年接触的新技术，成功运行的经验积累尚不足。国内企业通过现场勘查、技术分析、实际试验等多种手段成功解决了脱硝运行中遇到的难题，保证了烟气脱硝系统的正常稳定运行，为大气减排工作做出了贡献。

#### 参考文献：

国家环境保护部、国家发展和改革委员会、国家财政部. 重点区域大气污染防治“十二五”规划[Z]. 2012.

## Reason Analysis and Countermeasure on Ammonia Pipeline Jam of SCR Denitration System

XING Xi-dong

(Tianjin Datang International Power Generation Co., Ltd, Tianjin 301907, China)

**Abstract:** A certain 600MW generating set denitration system takes place abnormality phenomena, such as decline of flux and pressure of ammonia supply from denitration system of boiler side, and ascent of nitrogen oxides content at exit of denitration in its operation. The main reason is to take carbon steel tube as ammonia supply tube so as to cause oxidation impurity of iron to stop the valve core of ammonia supply system. The lower temperature in winter affect the ammonia air flow which causes to happen impurity deposit in the valve core. By replacing the materials of ammonia tube and by taking heat preservation and resolving the abnormality phenomena in ammonia supply tube, the normal operation of denitration is ensured.

**Keywords:** complying emission of environmental protection; nitrogen oxide; SCR denitration; liquid ammonia; oxide; stainless steel