

# 低温SCR脱硝技术在常压锅炉上的应用

张强胜

(山西兰花集团芦河煤业有限公司)

**摘 要:**针对所有燃气锅炉必须“完成低碳燃烧改造,实现氮氧化物排放浓度不高于 $50\text{mg}/\text{Nm}_3$ ”的要求,以芦河煤业现使用的 $2.1\text{MW}$ 常压燃气锅炉为例,采用低温SCR锅炉烟气脱硝技术,利用尿素溶液热解工艺为SCR系统提供反应剂,将尿素分解为氨并通过SCR系统中氨喷射格栅提供脱硝系统所需的还原剂。稀释空气经加热后也进入热解室,雾化后的尿素液滴在热解室内分解,生成产物分解为 $\text{NH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{CO}_2$ ,经由氨喷射系统进入脱硝反应器。在SCR脱硝反应器中,生成物与烟气中的氮氧化物反应,生成对环境无害的 $\text{N}_2$ 和 $\text{H}_2\text{O}$ 。运行一年多来,各项排放指标符合《中华人民共和国大气污染防治法》和山西锅炉大气污染物排放标准(DB14/1929-2019)有关规定,氮氧化物排放稳定在 $20\text{--}30\text{ mg}/\text{m}^3$ ,系统运行稳定,达到了预期效果。

**关键词:**燃气锅炉改造;低温SCR锅炉烟气脱硝;氮氧化物达标排放

## 1 概述

芦河煤业职工洗浴及冬季供暖采用 $2.1\text{MW}$ 常压燃气锅炉,使用多年,运行稳定可靠,使用气源为本矿瓦斯抽放系统抽排瓦斯,平均浓度 $34\%$ 。依据《中华人民共和国大气污染防治法》和山西锅炉大气污染物排放标准(DB14/1929-2019)有关规定,燃气锅炉自2020年5月1日起执行最新规定,其中氮氧化物排放浓度限值为 $50\text{mg}/\text{m}^3$ ,我矿排放不达标,需进行改造。

## 2 设计方案选择

燃气锅炉烟气脱硝设备降低烟气氮氧化物含量,可采用燃气锅炉低氮燃烧器、PLC智能控制燃烧温度、分级燃烧等方式。烟气脱硝方式主要有SCR烟气脱硝、SNCR烟气脱硝、臭氧烟气脱硝等技术。我矿 $2.1\text{MW}$ 常压燃气锅炉受改造成本和锅炉房空间限制,不宜采用低氮燃烧器,经综合论证,决定采用低温SCR锅炉烟气脱硝技术。

SCR燃气锅炉烟气脱硝主要是指在催化剂的作用下,有选择性的与烟气中的NOX反应,将锅炉烟

气中的氮氧化物还原成氮气和水。SCR燃气锅炉烟气脱硝在催化剂的作用下,可将反应温度降低。燃气锅炉烟气脱硝在保证SCR脱硝效率的同时还可控制氨逃逸和SO<sub>2</sub>的转化率,以保证SCR系统的安全连续运行。烟气流动的均匀性、烟气中氮氧化物和NH<sub>3</sub>混合的均匀以及烟气温度场的均匀性是保证脱硝性能的关键。燃气锅炉烟气脱硝的技术特点:

(1)燃气锅炉烟气脱硝灵活多样,催化剂可选择蜂窝状、板式和波纹板式多种形式,优化催化剂参数,降低催化剂积灰风险,保持较低的烟气压降,方便对催化剂进行管理;

(2)燃气锅炉烟气脱硝经过设计的SCR系统的烟道布置、烟道内导流板布置、喷氨格栅、热解室等,使催化剂内烟气的温度、速度分布均匀,烟气中NOX与NH<sub>3</sub>混合均匀,可以合理利用催化剂,可有效的降低氨的消耗量,减少SCR系统积灰,并保持SCR系统较低的烟气压降;

(3)燃气锅炉烟气脱硝反应器设计合理,方便安装催化剂,并可适应多个主要催化剂提供商生产的催化剂,方便催化剂厂商的更换;

(4)采用PLC自动控制,根据锅炉烟气的负荷、参数、氮氧化物含量以及出口氨逃逸自动控制喷氨量,满足系统脱硝效率。

(5)根据需要燃气锅炉烟气脱硝系统可以提供液氨系统和尿素系统,具有安全、响应快、起停迅速以及能耗低等特点。

### 3 热解工艺系统说明

脱硝用还原剂主要有液氨、氨水和尿素。由于液氨是危化品,随着国家对安全的日益重视,逐渐出台一系列相关限制措施,使得液氨在审批、使用、贮

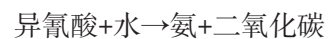
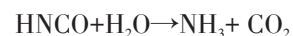
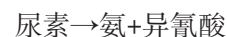
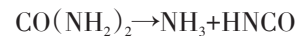
存等方面受到越来越多的制约,氨水也因为其运行成本的居高而受到应用的局限。作为无危险的制氨原料,尿素(Urea)具有与液氨相同的脱硝性能,是绿色肥料,完全没有危险和法规限制,可以方便的被运输、贮存和使用。

#### 3.1 热解工艺系统流程

尿素热解工艺利用尿素溶液热解工艺为SCR系统提供反应剂,将尿素分解为氨并通过SCR系统中氨喷射格栅提供脱硝系统所需的还原剂。

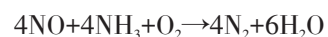
#### 3.2 反应原理

从锅炉引出的约1%总风量的一次或二次空气,达到尿素热解温度,随后将尿素溶液喷入在温度窗内具有适当停留时间的热解室,以确保尿素溶液完全转化为SCR还原剂。含有SCR还原剂氨(NH<sub>3</sub>)的气流导入反应器。整个过程需要监测压力、流量及温度以满足SCR的设计要求,保证尿素热解系统的正常运行。尿素热解工艺的主要反应如下:

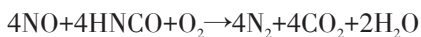


尿素在温度高时不稳定,会分解成NH<sub>3</sub>(氨)和HNCO(异氰酸),HNCO(异氰酸)再和水反应生成NH<sub>3</sub>(氨)和CO<sub>2</sub>(二氧化碳)。该过程产生的反应剂NH<sub>3</sub>通过喷射装置进入脱硝反应器,在催化剂的作用下与烟气中的氮氧化物NOX反应,生成对环境无害的N<sub>2</sub>(氮气)和H<sub>2</sub>O(水)。

主要反应描述如下:



(主要反应)



氮氧化物+异氰酸+氧→氮+二氧化碳+水

(可能反应)

### 3.3 工艺流程

热解系统包括尿素溶液储罐、输送装置、计量分配装置、背压控制阀、热解室、高温风机、电加热器及控制装置等。

尿素溶液保存在不锈钢储存罐中,要保证环境温度不可过低。带泵的循环装置将反应剂提供给每个单元的计量装置,计量后的反应剂被输送过专门设计并安装在热解室入口处的喷嘴。计量装置可根据系统的需要自动控制喷入热解室的尿素量。

尿素溶液经由输送装置、计量分配装置、雾化喷嘴等进入设计的热解室内,稀释空气经加热后也进入热解室,雾化后的尿素液滴在热解室内分解,生成产物分解为 $\text{NH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{CO}_2$ ,经由氨喷射系统进入脱硝反应器。在SCR脱硝反应器中,生成物与烟气中的氮氧化物反应,生成对环境无害的 $\text{N}_2$ 和 $\text{H}_2\text{O}$ 。

根据我矿锅炉使用情况,催化反应温度设计在 $175\sim 200^\circ\text{C}$ ,采用北京方信立华科技有限公司生产的低温SCR脱硝催化剂,这种催化剂是一种基于钒-

钼-钛材料的催化剂,具有高活性、高强度、抗硫性强、抗水蒸气强的特性,对NOX具有较高的反应活性,催化剂开孔率高,能够降低压力损失,并能够选择性地减少NOX的同时防止 $\text{NH}_3$ 转化为NO,同时,催化剂在烟气中存在一些污染物(例如灰分)的情况下能够正常工作。

### 3.4 系统主要设备

本系统主要包括高流量循环装置、背压控制阀、尿素罐、尿素溶液给料泵、尿素溶液储罐、计量和分配装置、绝热分解室、引风机、控制系统、监测系统等。系统布置在锅炉房内,气温四季均能满足运行工况,故未采取夏季防晒和冬季防冻措施。

## 4 结语

芦河煤业低温SCR脱硝改造工程自2019年11月完成设备招标,12月安装调试,运行一年多来,各项排放指标符合《中华人民共和国大气污染防治法》和山西锅炉大气污染物排放标准(DB14/1929-2019)有关规定,氮氧化物排放稳定在 $20\sim 30\text{ mg/m}^3$ ,系统运行稳定,达到了预期效果。

(上接第4页) 果显示, $\text{MoS}_2$ 面内硫原子空位是催化 $\text{CO}_2$ 高选择性加氢到甲醇的活性中心。

值得一提的是,在实验室小试中, $\text{CO}_2$ 在180摄氏度下的单程转化率可达12.5%,甲醇选择性高达94.3%,显著优于此前报道的金属和金属氧化物等传统催化剂,并且性能能够稳定维持3000小时而未见衰减,表现出优异的工业应用潜力。

据悉,《自然—催化》杂志同期以“不同寻常的空位催化”为题刊发了专家评述文章,对该研究进行了

高度评价。德国卡尔斯鲁厄理工学院(KIT)教授Felix Studt表示,这是一个令人惊奇的、有意义的研究工作,该工作有望为二氧化碳加氢制甲醇的工业应用带来巨大的效率提升。

$\text{CO}_2$ 高效转化利用是实现“碳达峰”“碳中和”的重要一环。该研究揭示了二维 $\text{MoS}_2$ 的硫空位在催化反应中的应用潜力,为开发 $\text{CO}_2$ 加氢新型催化剂提供了新思路,希望更多企业能够参与,共同推进 $\text{MoS}_2$ 催化 $\text{CO}_2$ 加氢制甲醇的工业化应用。