

附件：

**《国家鼓励发展的重大环保技术装备目录  
(2020年版)》供需对接指南之四  
脱硝技术装备典型案例**

## 目录

案例一：徐州燃烧控制研究院有限公司燃气超低氮燃烧系统.....	1
案例二：西安西矿环保科技有限公司选择性催化还原水泥窑烟气脱硝装备.....	4
案例三：江苏科行环保股份有限公司选择性非催化还原法与催化还原法复合水泥窑 脱硝装备.....	7
案例四：天津中材工程研究中心有限公司水泥窑精准选择性非催化还原成套技术装备.....	10
案例五：上海宝川自控成套设备有限公司高效精准智能选择性非催化还原脱硝系统.....	13
案例六：山东乐辰节能环保科技有限公司高纯氧化镁窑炉超高浓度氮氧化物治理 技术及装备.....	16
案例七：北京京诚凤凰工业炉工程技术有限公司轧钢加热炉超低氮排放无焰燃烧 技术及装备.....	19

## 案例一：

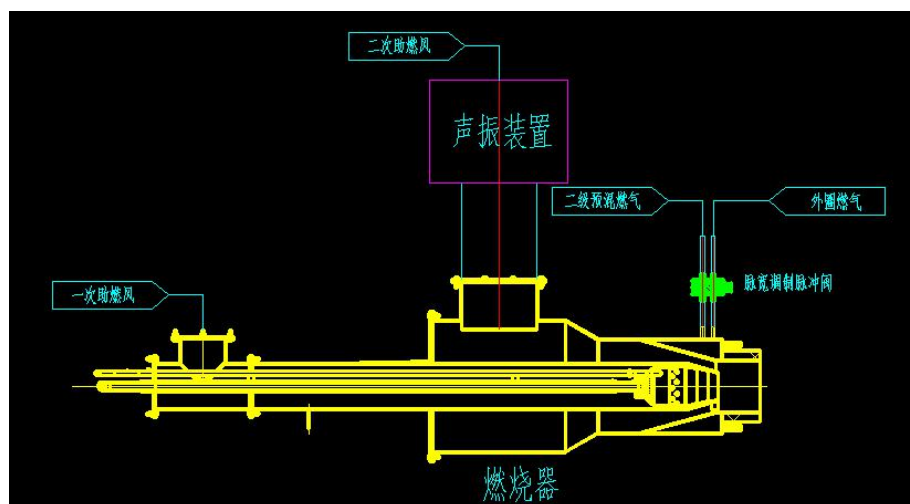
# 徐州燃烧控制研究院有限公司燃气超低氮燃烧系统

### 一、技术适用范围

化工、冶金、轻工等行业气体燃料锅炉。

### 二、技术原理及工艺

通过燃烧膨胀功自加速技术,使燃气在中心火焰筒内燃烧、产生热量,并膨胀做功。燃烧所产生的高温烟气以 150m/s 的速度从火焰筒出口迅速喷出。一方面,减少燃烧产物在高温区的停留时间,降低热力型  $\text{NO}_x$  的生成。另一方面,由于烟气流速高、动量大,加强了烟气的内循环,进一步降低了  $\text{NO}_x$  的排放。此外,双脉冲降氮提高换热效率技术通过安装在燃气管路上的脉宽调制脉冲阀和安装在风箱入口的声震动装置,实现了燃料和助燃风的双脉冲降氮,大幅度降低  $\text{NO}_x$  的生成。



技术路线图

### 三、技术指标

燃烧器喷口烟气流速速度  $\geq 100\text{m/s}$ ; 天然气锅炉排放  $\text{NO} \leq 25\text{mg}/\text{Nm}^3$ ,  $\text{CO} \leq 25\text{mg}/\text{Nm}^3$ ; 双脉冲降氮提高换热效率技术

的降氮效率  $\geq 20\%$ ; 脉宽调制负荷调节比  $\geq 4:1$ 。

#### 四、技术特点及先进性

##### (一) 燃烧膨胀功自加速技术

该技术提高了烟气流速，减少了烟气在高温区的停留时间。燃烧器分级着火，内燃烧部分利用燃烧过程中的膨胀功自推动提速，使燃烧器喷口烟气流速从  $25\text{m/s}$  上升到  $150\text{m/s}$ ，增强炉内烟气内循环的引射作用，使烟气在高温区停留时间比常规燃烧器下降  $75\%$  以上，产生的热力型  $\text{NO}_x$  下降  $75\%$  以上。

##### (二) 双脉冲降氮提高换热效率技术

调节脉冲频率范围  $5\text{Hz} \sim 50\text{Hz}$ ，与振幅达成一定关系，使燃烧所产生的  $\text{NO}_x$  含量骤然降低。脉冲燃烧技术能够使燃烧更加充分、烟气温度更加均匀，增加烟气侧换热系数，从而降低燃料的消耗量及排烟温度，使锅炉效率得到提升。脉冲燃烧技术在现有燃烧器前连接脉冲阀，与现有的降氮技术不产生冲突，可进一步降低  $\text{NO}_x$  的排放量。

##### (三) 脉宽调制流量调节技术

脉宽调制流量调节技术将原本振芯上的方形连接孔改为梯形，在进气接头与出气接头位置不变的情况下，左右推动振芯，进行脉宽调制，从而控制燃气流量。

与现有的燃气低氮燃烧器相比，脉宽调制流量调节技术可以在不使用烟气外循环的条件下，使气体燃料燃烧所产生的  $\text{NO}_x$  排放小于  $25\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $\text{CO}$  排放量小于  $25\text{mg}/\text{m}^3$ ，并使燃烧器的负荷调节比达到  $4:1$ ，满足用户的使用要求。

脉宽调制脉冲阀在实现脉冲频率调节的同时可实现脉

宽调制，使燃料量可调，脉宽调制脉冲阀结构简单，成本远低于常见的压力调节阀，降低了燃料管路上的设备成本。

## 五、推广前景

应用该技术的燃烧器  $\text{NO}_x$  排放小于  $25\text{mg}/\text{m}^3$ 、负荷调节比达到 4:1，相比目前市场上  $\text{NO}_x$  排放值高、负荷调节比仅能达到 2:1 的燃烧器有明显优势，预期其在燃气锅炉上应用的市场容量约 100 亿/年。

## 案例二：

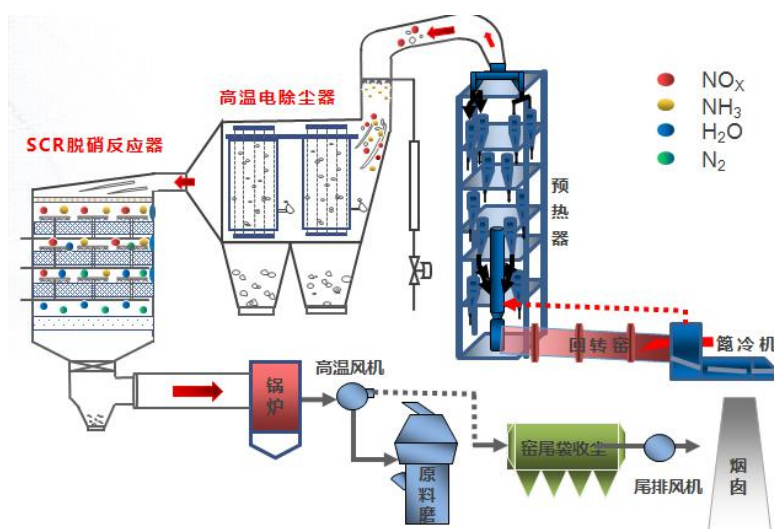
# 西安西矿环保科技有限公司选择性催化还原水泥窑烟气脱硝装备

### 一、技术适用范围

水泥行业氮氧化物超低排放控制。

### 二、技术原理及工艺

选择性催化还原脱硝系统放置于预热器出口与余热锅炉之间，以氨为还原剂，在一定温度和催化剂的作用下，将烟气中的  $\text{NO}_x$  还原成  $\text{N}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ 。自预热器出口引烟气进入高温电除尘器进行预除尘，将烟气中的粉尘浓度降低至  $30\text{g}/\text{Nm}^3$  以下，以降低高浓度粉尘对催化剂不良影响，提高催化剂的机械及化学寿命，降尘后的烟气进入 SCR 脱硝系统实现  $\text{NO}_x$  的高效脱除。



技术路线图

### 三、技术指标

温度： $200^{\circ}\text{C} \sim 380^{\circ}\text{C}$ ；进口参数： $\text{NO}_x \leq 1000\text{mg}/\text{Nm}^3$ ；出口参数： $\text{NO}_x \leq 50\text{mg}/\text{Nm}^3$ ；氨逃逸  $\leq 5\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。

#### 四、技术特点及先进性

(一) 氮氧化物出口可长期稳定在  $50 \text{ mg/Nm}^3$  甚至  $30 \text{ mg/Nm}^3$  以下，满足超低排放环保要求。

(二) 氨氮比合理，氨逃逸小于  $5 \text{ mg/Nm}^3$ ，优于  $8 \text{ mg/Nm}^3$  的国家标准，杜绝二次污染。

(三) 高温电除尘器可大幅降低粉尘浓度，杜绝系统堵塞风险，可显著延长脱硝催化剂寿命。

(四) 研发水泥专用催化剂，具有耐磨损、抗碱金属中毒能力强的特点。

(五) 系统阻力小、温降少，运行成本低；气流分布、氨氮混合均匀，脱硝效率高；组合吹灰效果显著，脱硝系统运行稳定；显著降低现有 SNCR 系统喷氨量，消除末端设备腐蚀。

#### 五、应用案例

项目名称：登封市宏昌水泥有限公司 4500t/d 水泥窑烟气 SCR 脱硝超低排放工程

项目概况：项目于 2018 年 9 月 20 日成功投运，并于 2018 年 10 月 14 日通过了郑州市环保局组织的现场核查。项目运行稳定，实现了水泥行业烟气超低排放要求， $\text{NO}_x \leq 40 \text{ mg/Nm}^3$ ，氨逃逸  $\leq 2.5 \text{ mg/Nm}^3$ 。优于《水泥工业大气污染物排放标准》(GB 4915-2013) 的排放限值要求 ( $\text{NO}_x \leq 320 \text{ mg/Nm}^3$ ，氨逃逸  $\leq 8 \text{ mg/Nm}^3$ )，符合当前大部分重点区域  $\text{NO}_x$  超低排放要求，且大幅降低脱硝过程中的二次污染。项目总投资成本约 3000 万元，综合运行成本增加约 1.5 元/吨熟料。该项目实施后，

每年  $\text{NO}_x$  排放总量减少 729 吨，节约氨水 5600 吨，具有良好的社会效益和生态环保效益。

## 六、推广前景

水泥窑烟气中低温 SCR 催化脱硝技术的成功应用具有广阔的市场前景。截至 2017 年底，全国水泥熟料产能超过 20 亿吨，新型干法水泥熟料生产线在运行有 1700 多条，其中日产 2500 吨以上熟料生产线占 80% 以上。每吨熟料的产能约产生  $2000\text{m}^3$  烟气量，该项目的成功研发和工业应用，可实现氮氧化物排放标准降至  $50\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，实现水泥行业氮氧化物超低排放，每年累计可脱除氮氧化物 60 万吨。



### 案例三：

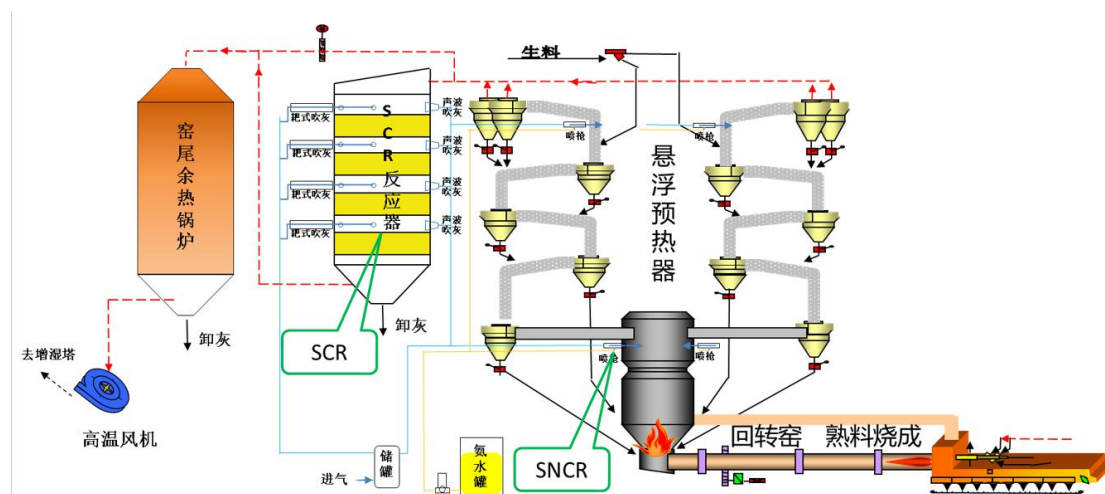
## 江苏科行环保股份有限公司选择性非催化还原法与催化还原法复合水泥窑脱硝装备

### 一、技术适用范围

水泥行业烟气脱硝。

### 二、技术原理及工艺

采用防堵结构耦合喷吹清灰技术，增强了催化剂抗堵塞、抗磨损能力，保证了 SCR 脱硝催化剂在高尘浓度下的稳定运行；采用“多级联控”控制技术，智能分配 SNCR 与 SCR 氨水喷射量，实现了喷氨量随  $\text{NO}_x$  波动实时调整，自动寻找最佳喷射量配比，实现系统最佳经济运行。



技术路线图

### 三、技术指标

烟气温度： $280^{\circ}\text{C} \sim 340^{\circ}\text{C}$ ；进口参数：SNCR 入口  $\text{NO}_x$ ： $700\text{mg}/\text{Nm}^3 \sim 800\text{mg}/\text{Nm}^3$ ；SCR 入口  $\text{NO}_x$ ：约  $400\text{mg}/\text{Nm}^3$ ；出口参数： $\text{NO}_x < 50\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，氨逃逸  $\leq 3\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。

### 四、技术特点及先进性

### （一）氨水精细化稳定计量技术

根据 SNCR+SCR 复合脱硝实际工况条件，脱硝所需氨水量小，导致精细化稳定计量困难。开发出氨水精细化稳定计量技术，流量调控主要经历柱塞计量泵的粗调过程、回流管路背压阀与脉冲阻尼器调控、流量调节阀与流量变送器的精细调控三级调控过程，最终实现微量氨水精细化稳定计量调控效果。

### （二）“双联双控”喷氨调控技术

SNCR-SCR 复合脱硝技术应用中，喷射量的调控是关键点。针对当前行业部分试验工程中不计量喷射量，无自动调控的现状，开发适用于水泥 SNCR-SCR 复合脱硝使用的控制技术。

“双联双控”喷氨调控技术，解决  $\text{NO}_x$  反馈值与喷氨量之间存在时间延迟、喷氨量不能随着  $\text{NO}_x$  浓度波动及时准确调节的问题。

### （三）反应器内流场均匀、喷入的氨混合均匀。

## 五、应用案例

项目名称：苏州东吴水泥 2500t/d 烟气脱硝项目

项目概况：苏州东吴水泥有限公司 2500t/d 烟气脱硝项目位于长江经济带，江苏省苏州市吴江区。项目采用复合脱硝工艺，对烟气中  $\text{NO}_x$  进行综合治理。通过两级脱硝装置对烟气进行深度净化，在系统烟道中安装第一级 SNCR 脱硝装置，将烟气中氮氧化物浓度降至  $400\text{mg}/\text{Nm}^3$  以下，再将烟气引入第二级 SCR 反应器中，对烟气进一步深度净化，最后排放到大气中。该项目为国内首条水泥窑中温高尘 SNCR+SCR

复合脱硝示范工程，项目经第三方检测氮氧化物浓度小于 $30\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，脱硝效率大于90%，优于国家标准要求。建设投资成本约1450万元。

## 六、推广前景

目前电力行业已基本完成了超低排放工作，对水泥行业而言，随着未来环保政策的趋紧，势必要求排放量减小，但现在使用的SNCR及低氮燃烧效率不能达到要求。该技术装备广泛适用于水泥行业不同规模的水泥厂烟气脱硝，可实现氮氧化物排放 $50\text{mg}/\text{Nm}^3$ 以下，脱硝效率90%以上，具有良好的减排效果。

## 案例四：

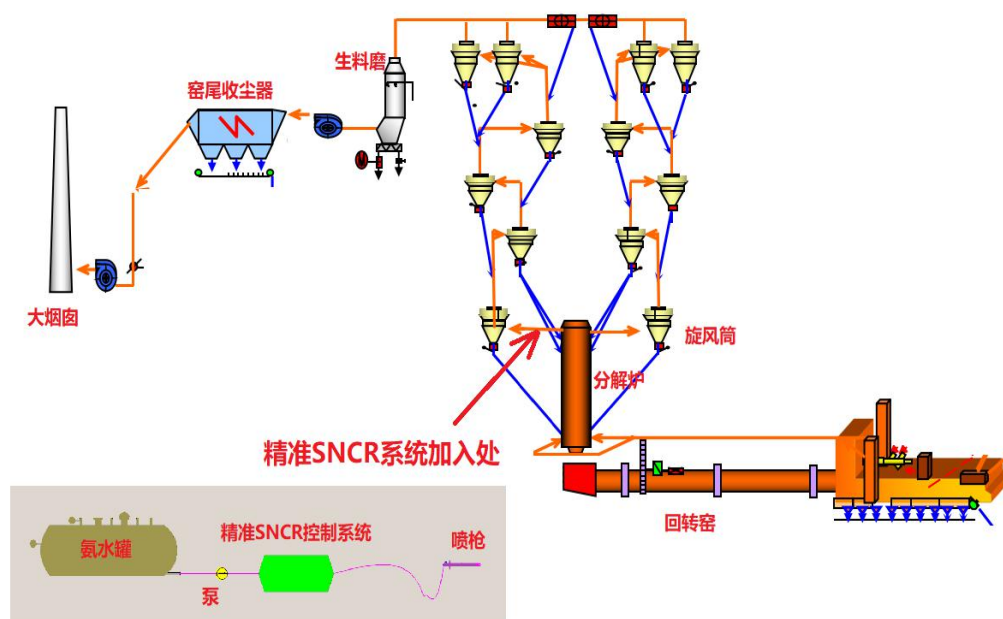
# 天津中材工程研究中心有限公司水泥窑精准选择性非催化还原成套技术装备

### 一、技术适用范围

水泥窑烟气处理。

### 二、技术原理及工艺

通过研发不同雾化形状喷嘴的喷枪、进一步组成喷枪组和喷枪层，解决了氨水雾化效果不好、氨水与烟气混合不均匀等问题，SNCR 脱硝效果显著提升，氨的利用率上升而氮氧化物排放浓度下降；同时开发精准 SNCR 控制系统，可以实现氨水流量与压缩空气流量调节，不同分组喷枪、不同分层喷枪也根据实际工况调节。成套技术装备实现了连续、稳定运行。



技术路线图

### 三、技术指标

分解炉出口温度：850℃～920℃；进口参数： $\text{NO}_x$ ：400mg/Nm<sup>3</sup>～1000mg/Nm<sup>3</sup>；出口参数： $\text{NO}_x$  < 50mg/Nm<sup>3</sup>；氨逃逸：5mg/Nm<sup>3</sup>～8mg/Nm<sup>3</sup>；喷射系统雾化角度：20°～30°；喷射颗粒（粒径：40 μm～50 μm）概率 > 95%；喷射出口速度：150m/s～200m/s；还原剂颗粒喷入覆盖率 > 95%。吨熟料氨水消耗量 < 2.75 kg/t.c1（20%浓度氨水）。

### 四、技术特点及先进性

（一）开发喷枪多层布置技术，采用多层布置，在其他条件不变情况下，增加氮氧化物与氨气混合均匀度，提高脱硝效率。

（二）在烟气流速较高的部位选择穿透力较强的锥形喷枪，在烟气流速较低的部位选择覆盖面积较大的扇形喷枪，大大增加了氨与氮氧化物的接触，提高脱硝效率。

（三）开发喷枪喷嘴分组、分层调节的控制技术，改善喷嘴雾化效果。保证氨水始终在喷嘴的工作曲线上工作，雾化效果好，与烟气混合后氨气的释放时间短，提高了氨的利用效率。

（四）可进行远程诊断、远程分析、数据挖掘、反馈控制，远程控制系统运行，提升系统运行指标。

（五）研发了精准 SNCR 系统喷枪配套保护装置，减少水泥窑系统结皮，保持生产稳定，降低精准 SNCR 系统对水泥窑生产的不利影响。

### 五、应用案例

项目名称：湖州白岷南方水泥有限公司精准 SNCR 系统

项目概况：湖州白岷南方水泥有限公司 5000t/d 水泥熟料生产线，未经处理时氮氧化物排放浓度  $750\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，原有 SNCR 系统氨水消耗量  $0.55\text{m}^3/\text{h}$  时可以保证氮氧化物排放浓度低于  $320\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，但是排放浓度无法降低到  $100\text{mg}/\text{Nm}^3$  以下，不能满足新标准的要求。采用精准 SNCR 系统后，同等情况保持氮氧化物排放浓度低于  $320\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，氨水消耗量降低到  $0.4\text{m}^3/\text{h} \sim 0.45\text{m}^3/\text{h}$ ，氨水用量下降 20%~30%，同时可保证氮氧化物排放浓度低于  $100\text{mg}/\text{Nm}^3$  并长期连续运行，氨水消耗量  $0.65\text{m}^3/\text{h} \sim 0.75\text{m}^3/\text{h}$ ，可根据实际需要，通过进一步增加氨水消耗量将氮氧化物排放浓度控制在  $50\text{mg}/\text{Nm}^3$  以内。项目每年氨水消耗量减少 720 吨。吨熟料运行成本 1.98 元/吨~2.00 元/吨。

## 六、推广前景

目前，我国共有水泥熟料生产线 2000 多条，氮氧化物排放浓度普遍在  $320\text{mg}/\text{Nm}^3$  以下，尚不能满足低于  $100\text{mg}/\text{Nm}^3$  的超低排放要求。当前能够满足超低排放要求的技术主要是 SCR 技术，但是其投资大，运行成本高，约是精准 SNCR 系统一倍以上。而传统 SNCR 系统会极大增加氨水喷射量，虽然氮氧化物排放可实现达标，但氨水消耗量过大。与上述二者相比，精准 SNCR 技术装备具有投资、运行成本较低，氨水消耗量较少的优点，具有广阔市场前景。

## 案例五：

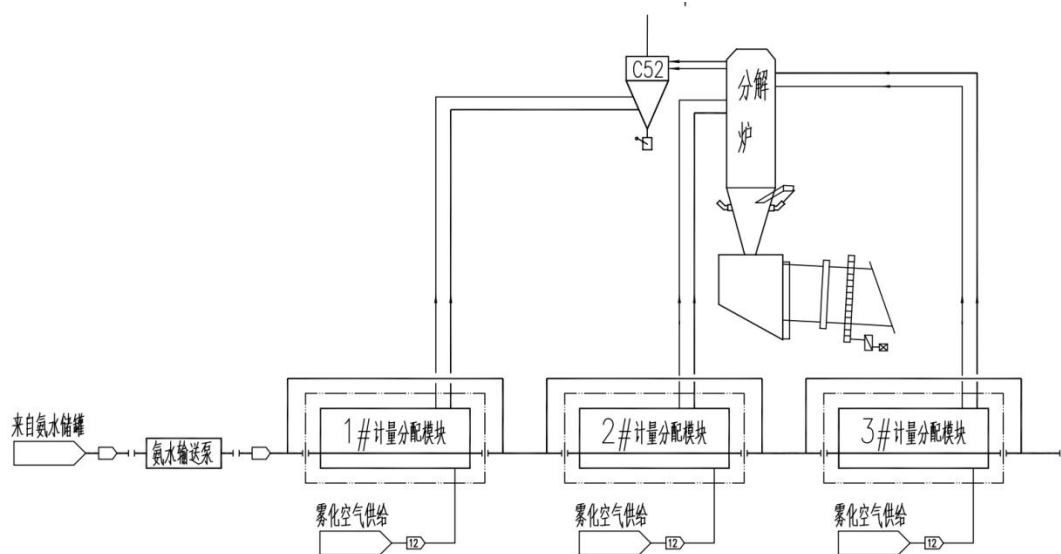
# 上海宝川自控成套设备有限公司高效精准智能选择性非催化还原脱硝系统

### 一、技术适用范围

水泥窑熟料生产线烟气脱硝治理。

### 二、技术原理及工艺

采用建模分析与智能化控制相结合的方式，通过冷态和热态模型的大数据进行计算分析，追踪温度场、压力场、流速场，以及烟气中的含氧分布场、二氧化碳分布场、氮氧化物分布场的浓度及数值曲线变化，选取最佳的还原反应区域。同时通过独立开发的专用喷枪，采用智能化的调节控制系统，对炉内氮氧化物的浓度变化进行趋势判断。并通过预先指令调节控制，降低氮氧化物排放浓度的剧烈变化，解决了早期SNCR盲喷带来的氮氧化物排放浓度变化较大、还原反应效率低、氨水耗量较高，以及缺乏有效的自动化控制等问题。



工艺流程图

### 三、技术指标

入口参数： $\text{NO}_x$ :  $600\text{mg}/\text{Nm}^3 \sim 1000\text{mg}/\text{Nm}^3$ ; 出口参数： $\text{NO}_x < 50\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、 $\text{NH}_3$ 逃逸率： $5\text{mg}/\text{Nm}^3 \sim 8\text{mg}/\text{Nm}^3$ ; 喷射角： $30^\circ$ ，雾化颗粒： $40\ \mu\text{m} \sim 60\ \mu\text{m}$ ，喷射覆盖率  $> 95\%$ 。

### 四、技术特点及先进性

(一) 根据水泥熟料生产线的特点，针对分解炉内燃烧复杂的工况，对炉窑系统进行 1: 1 建模分析，通过计算机仿真模拟，分析温度场、速度场、压力场等，精确定位喷射器位置以及喷射方式，采用高穿透性的精确喷枪，实现较高的脱硝效率。

(二) 改造周期短（整个周期 30 日以内），安装调试期间无需停窑。

### 五、应用案例

项目名称：冀东水泥重庆合川有限公司 4500t/d 熟料生产线 HSNCR 脱硝系统

项目概况：冀东水泥重庆合川有限公司 4500t/d 熟料生产线，未经处理时  $\text{NO}_x$  排放浓度约  $800\text{mg}/\text{Nm}^3 \sim 1000\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。使用传统 SNCR 系统，并保证氨水消耗量达到  $0.65\text{m}^3/\text{h}$  时，可使  $\text{NO}_x$  排放浓度降低到  $320\text{mg}/\text{Nm}^3$  以下。虽符合原有排放标准要求，但不能满足新标准要求。当增加氨水消耗至  $1.11\text{m}^3/\text{h}$  以上时，可满足新标准要求，但会大大提高运行成本。通过高效精准智能化脱硝系统对原有系统进行改造后，当氨水消耗量为  $0.73\text{m}^3/\text{h}$  时，可实现  $\text{NO}_x$  排放浓度低于  $100\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，氨逃逸在  $5 \sim 8\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，氨水用量减少 33%；当氨水消耗量为



0.95m<sup>3</sup>/h 时，可实现 NO<sub>x</sub> 排放浓度低于 50mg/Nm<sup>3</sup>，且系统可完全实现智能化自动控制。NO<sub>x</sub> 排放浓度低于 100mg/Nm<sup>3</sup> 时，吨熟料运行成本在 1.6 元/吨 ~ 1.8 元/吨，节约了运行成本。

## 六、推广前景

国内现有水泥熟料线 2000 余条，普遍采用的是传统 SNCR 脱硝技术，NO<sub>x</sub> 排放量在 280mg/Nm<sup>3</sup> 到 300mg/Nm<sup>3</sup> 之间，将全部面临提标改造的问题。该技术装备市场前景约 50 亿。从节约氨水消耗量的角度来看，使用该技术装备每年可以节约成本 100 ~ 200 万元。

## 案例六：

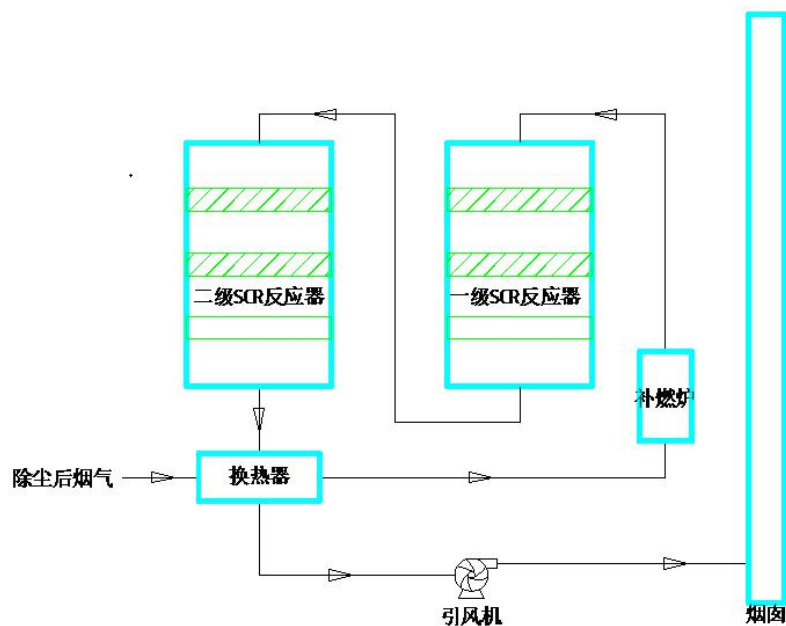
# 山东乐辰节能环保科技有限公司高纯氧化镁窑炉超高浓度氮氧化物治理技术及装备

### 一、技术适用范围

高纯氧化镁窑炉烟气处理。

### 二、技术原理及工艺

采用选择性脱硝还原（SCR）烟气脱硝技术，以氨气为还原剂，在一定条件下通过催化剂作用将 $\text{NO}_x$ 还原为 $\text{N}_2$ 和 $\text{H}_2\text{O}$ 。该技术装备对反应温度要求高，需经换热器进行换热，并在补燃炉进行补燃，使烟气温度为 $330^\circ\text{C}$ 方可满足使用需求。具体工艺为除尘后的烟气首先经过换热器进行预热，然后经过补燃炉使温度达到所需温度后，烟气进入一级SCR反应器进行初次净化脱硝，随后烟气再进入二级SCR反应器继续脱硝。经二次净化后的烟气经换热器降温后由烟囱排出。



技术路线图

### 三、技术指标

进口参数： $\text{NO}_x \leq 8000\text{mg}/\text{Nm}^3$ ；出口参数： $\text{NO}_x \leq 50\text{mg}/\text{Nm}^3$ ；氨逃逸  $\leq 5\text{mg}/\text{Nm}^3$ ；使用寿命  $\geq 2.5\text{a}$ 。

### 四、技术特点及先进性

（一）在前端采用补燃炉补燃升温，补燃产生的高温气体与原烟气直接混合，热利用率高，同时采用烟气混合装置，冷热烟气充分混合，形成良好的温度场；

（二）后端设置列管式换热器，对原烟气进行预热。解决了因原烟气中的氧化镁粉尘具有可粘着性，导致的换热器堵塞和结垢问题；

（三）采用双级反应器和两级喷氨方式，使各层催化剂的活性能够充分发挥。

### 五、应用案例

项目名称：辽宁海城光大高纯镁砂有限责任公司年产 5 万吨高纯氧化镁窑烟气脱硝项目

项目概况：辽宁海城光大高纯镁砂有限责任公司年产 5 万吨高纯氧化镁窑烟气脱硝项目，项目设计烟气量  $30000\text{m}^3/\text{h} \sim 50000\text{m}^3/\text{h}$ （工况），引风机出口烟气温度  $60^\circ\text{C} \sim 70^\circ\text{C}$ ，氧含量  $18\% \sim 19\%$ ， $\text{SO}_2 \leq 600\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，烟尘  $\leq 100\text{mg}/\text{Nm}^3$ ， $\text{NO}_x$  高达  $6000\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。经此技术装备处理后  $\text{NO}_x$  降至  $50\text{mg}/\text{Nm}^3$  以下，脱硝效率可达到 99.2%。采用柴油作为补燃燃料，运行费用折合吨产品在 100 元以内；采用天然气作为补燃燃料，运行费用折合吨产品在 70 元以内。

### 六、推广前景

该技术装备氮氧化物减排能力约为 3500 吨/年。预计三年后市场占有率可达到 30%，氮氧化物减排能力达到 35000 吨/年，经济收益可达到 8000 万元。

## 案例七：

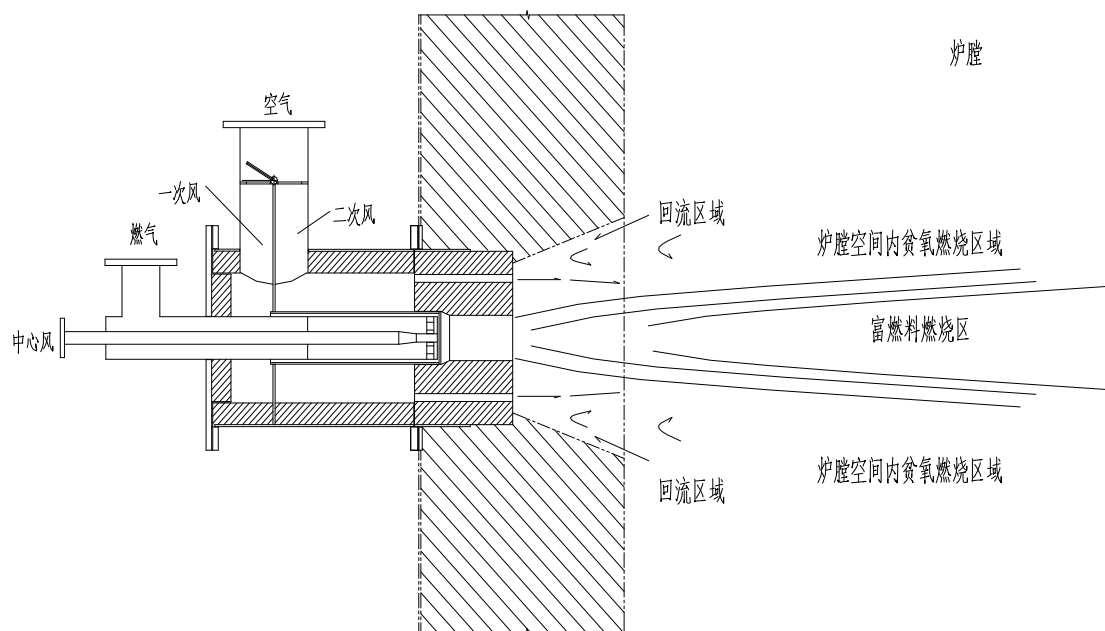
# 北京京诚凤凰工业炉工程技术有限公司轧钢加热炉超低氮排放无焰燃烧技术及装备

### 一、技术适用范围

钢铁行业轧钢加热炉氮氧化物源头减排。

### 二、技术原理及工艺

通过研发空气和煤气分级比例、介质喷射速度、一次燃烧区域与二次燃烧区域分布等关键技术，采取降低燃烧反应区氧浓度，缩短烟气高温区停留时间、降低燃烧峰值温度等策略，消除火焰强烈燃烧反应区，从而抑制高温下热力型氮氧化物的生成反应，提高了加热物料的温度均匀性。目前已开发了适用于天然气、焦炉煤气以及混合煤气的多种燃烧装备及控制技术，实现加热炉燃烧过程的安全、稳定和低污染物排放。



工艺流程图

### 三、技术指标

最大烟气量  $\leq 5 \times 10^5 \text{m}^3/\text{h}$ ; 炉膛温差  $< 20^\circ\text{C}$ ; 氧化烧损率  $< 0.5\%$ ;  $\text{NO}_x$  排放量  $\leq 100\text{mg}/\text{m}^3$  ( $8\%\text{O}_2$ )。

#### 四、技术特点及先进性

(一) 优化空气分级结构, 使得燃烧区域火焰扁平化, 改善了燃烧区域温度场的均匀性;

(二) 优化介质喷射速度, 在分级结构的作用下, 建立富燃料燃烧区、炉膛空间贫氧燃烧区域, 降低火焰锋面氧浓度, 炉膛燃烧区域呈“透明”状态, 消除火焰强烈燃烧反应区, 从而抑制高温下热力型氮氧化物的生成反应;

(三) 开发适用于传统比例调节系统和脉冲燃烧系统的氧浓度闭环控制系统, 实现生产过程中氧浓度控制稳定, 燃料燃烧完全, 同时保证氮氧化物的极低排放量;

(四) 适用于不同燃料、炉膛空间的加热需求;

(五) 可根据加热设备的特点, 定制燃烧技术与加热装备, 实现极低的氮氧化物排放。

#### 五、应用案例

项目名称: 安钢加热炉低氮燃烧改造总承包项目

项目概况: 安阳钢铁股份有限公司的 6 座常规轧钢加热炉 ( $74\text{t}/\text{h} \sim 150\text{t}/\text{h}$ ) 采用最新一代混合煤气超低  $\text{NO}_x$  燃烧器, 综合采用空气分级和烟气回流技术, 实现了高效燃烧、低氧化烧损以及均匀加热, 促进了安钢工业炉窑的整体性能提升。改造之前加热炉  $\text{NO}_x$  排放均值大于  $240\text{mg}/\text{m}^3$ , 改造后  $\text{NO}_x$  排放均值小于  $100 \text{mg}/\text{m}^3$ , 实现年减排  $\text{NO}_x$  214 吨, 满足国家和地区超低排放最新要求。项目投资成本约 430 万元, 不额外增

加运行成本。

## 六、推广前景

轧钢加热炉超低氮排放技术及装备从源头上降低轧钢加热设备在燃料燃烧过程中的氮氧化物排放，无需另建运行成本较高的废气处理设备。国内钢铁行业的轧钢加热炉众多，使用的燃料种类、热值、炉型以及加热温度等不尽相同，定制化设计的超低氮燃烧技术及燃烧装备，能有效改善温度均匀性，提高加热质量。该技术装备可在新建工程中直接应用，亦可通过对原有燃烧装置的替代或整体超低氮燃烧技术的改造，实现极低的氮氧化物排放。