

# 钢铁企业脱硝系统中的新型节能技术

张鹏程<sup>1</sup>, 胡海洋<sup>1</sup>, 田颖<sup>1</sup>, 张凯<sup>2</sup>

- 包钢集团节能环保科技产业有限公司, 内蒙古包头 014010;
- 北京永博洁净科技有限公司, 北京 102200)

**摘要:**在脱硝过程中,由于脱硝反应温度要求较高,需要对烟气进行加热,此过程消耗较多的高炉煤气,产生大量的CO<sub>2</sub>。为实现节能降碳,使用节能型内置式直燃炉代替传统加热炉,节能型内置式直燃炉通过引燃烟气中的CO释放热量加热烟气,减少高炉煤气消耗,降低碳排放,同时满足脱硝温度需求。经过使用对比,节能型内置式直燃炉可减少17.9%的高炉煤气用量,实现年减排CO<sub>2</sub> 35 000 t以上,年节约费用达400万元以上,在满足脱硝反应的前提下,亦可满足钢铁企业节能降碳的需求。

**关键词:**钢铁企业;碳减排;高炉煤气;直燃炉;节能

中图分类号:X757

文献标识码:B

文章编号:1009-5438(2024)03-0090-04

## New Energy Saving Technologies in Denitrification System of Steel Enterprises

Zhang Peng - cheng<sup>1</sup>, Hu Hai - yang<sup>1</sup>, Tian Ying<sup>1</sup>, Zhang Kai<sup>2</sup>

- Baotou Steel Group Energy Saving and Environmental Protection Technology Industry Co., Ltd., Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China;
- Beijing Yongbo Clean Technology Co., Ltd., Beijing 102200, China)

**Abstract:** In the denitrification process, flue gas needs to be heated due to the temperature requirements of denitration reaction are high, more blast furnace gas is consumed so that a large amount of CO<sub>2</sub> is generated. In order to achieve the energy conservation and carbon reduction, energy saving type built-in direct fired furnace is used instead of traditional heating furnace. The flue gas is heated with the heat released by igniting the CO in flue gas with energy saving type built-in direct fired furnace so that the consumption of blast furnace gas and carbon emission are reduced as well as temperature requirements of denitrification could be met. The consumption of blast furnace gas is reduced by 17.9% with energy saving type built-in direct fired furnace, annual CO<sub>2</sub> emission reduction of over 35 000 t is achieved and annual cost saving could reach over RMB 4 million yuan through applications and comparisons, which could meet the requirements of energy conservation and carbon reduction for steel enterprises on the premise of meeting requirements of denitrification reactions.

**Key words:** steel enterprises; carbon emission reduction; blast furnace gas; direct fired furnace; energy conservation

随着全球气候变化,我国提出二氧化碳(CO<sub>2</sub>) 排放力争于2030年前达到峰值,努力争取2060年

前实现碳中和<sup>[1]</sup>。实现“双碳”目标企业需要加强技术创新,提高能源利用效率。企业应加强对清洁生产技术的研发和应用,还应加强环保意识,积极履行社会责任,推动可持续发展。

在此背景下,钢铁企业作为重大的碳排放源头之一<sup>[2]</sup>,在钢铁生产过程中的碳减排是至关重要的。使用减少碳排放的技术对钢铁企业生产实现碳减排有着重要的意义<sup>[3]</sup>。我国是世界第一的钢铁大国,2023年粗钢产量可达10.19亿t,占全球粗钢总产量的54%,同年钢铁行业碳排放量约占我国碳排放总量的15%,钢铁行业碳减排备受关注。

## 1 项目概况

目前某钢厂500 m<sup>2</sup>烧结机脱硫脱硝的主要工艺流程为:烧结机机头烟气→机头静电除尘器→主抽风机→增压风机→脱硫系统→烟气冷凝器→湿式静电除尘器→烟道除雾器→烟气换热器→补燃系统→中高温SCR脱硝→烟气换热器(降温侧)→引风机→烟囱。补燃系统通过燃烧高炉煤气产生高温

热风,通过热风与烟气混合来提高烟气温度,在此过程中会产生CO<sub>2</sub>、CO,如图1、图2所示。

在钢铁生产过程中,会有大量烟气产生,烟气中含有大量的氮氧化物(NO<sub>x</sub>),该物质对大气环境造成严重的破坏<sup>[3-5]</sup>,需对钢铁生产过程中产生的烟气进行脱硝处理。一般使用中高温选择性催化还原(SCR)脱硝技术,通过SCR脱硝设备,将NO<sub>x</sub>还原为N<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O<sup>[6-7]</sup>。中高温SCR脱硝系统反应温度为260~350℃<sup>[8-9]</sup>,而烧结烟气处理流程为先脱硫后脱硝,经脱硫后进入脱硝系统的烟气不足以达到SCR反应要求的温度<sup>[10]</sup>,难以完成烟气脱硝。为达到脱硝反应温度条件,需燃烧高炉煤气提高烟气温度,达到催化反应温度要求。在此过程中,传统加热炉在烟气加热过程中需要额外的燃料,造成大量能源消耗<sup>[11-12]</sup>,并存在换热效率低、热损失大、产生CO<sub>2</sub>量大等缺点。因此,在烟气加热环节,可以通过改造加热装置,提高热效率和资源利用率,实现节能降碳的目的。

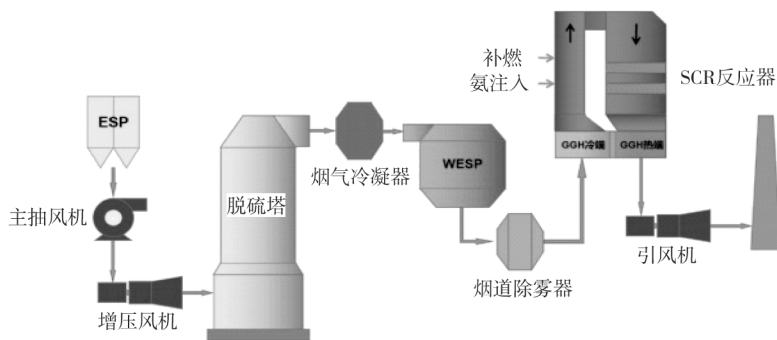


图1 烟气处理路线

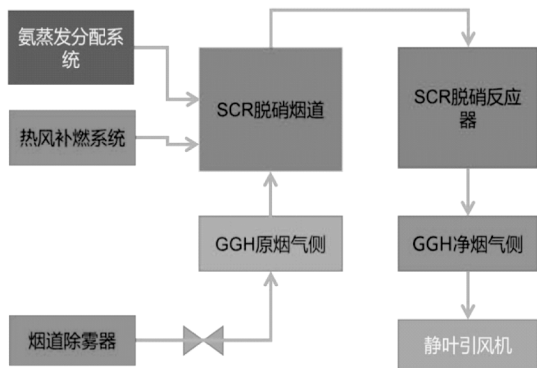


图2 脱硝系统

## 2 节能型内置式直燃炉简介

### 2.1 节能型内置式直燃炉结构

节能型内置式直燃炉主要由烟气系统、燃烧系统组成。

烟气系统主要由烟气导流装置、燃烧器组成,见图3。烟气通过导流装置后,部分烟气通过烟道两侧的燃烧器区域,加热烟气同时冷却燃烧器,之后与中间的烟气在后端混合。燃烧系统由燃烧器、助燃风系统、点火系统、燃气系统及辅助系统组成。烟道设置2台燃烧器,助燃风系统根据实际需求进行助燃,烟道负压低于-3 000 Pa时使用助燃风机,负压

大于  $-3\ 000\ \text{Pa}$  则无需助燃风机介入。在烟气氧含量超过  $15\%$  时使用烟气助燃,在烟气氧含量不足  $15\%$  时利用空气助燃。等离子点火器可在低热值、高负压的环境条件下完成点火。

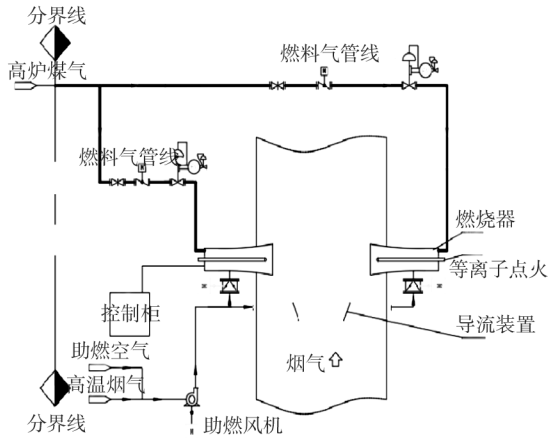


图 3 节能型内置式直燃炉结构图

## 2.2 节能型内置式直燃炉的优点

对比传统加热炉,节能型内置式直燃炉在碳减排、经济性、可靠性等方面均有一定的提高。表 1 为节能型内置式直燃炉与传统加热炉对比。

## 2.3 节约高炉煤气量

烧结烟气中  $\text{CO}$  浓度为  $0.5\% \sim 1\%$ ,节能型内置式直燃炉可引燃烧结烟气中部分  $\text{CO}$ ,释放热量加热烟气,从而减少高炉煤气消耗。

## 2.4 节能环保

$\text{CO}$  排放是环保部门的一项重点监测指标,节能型内置式直燃炉可燃烧结烟气中部分  $\text{CO}$ ,实地检测  $\text{CO}$  烧失量约为  $10\%$ ,可降低排入大气的  $\text{CO}$  量。表 2 为某钢厂  $500\ \text{m}^2$  1#烧结机节能型内置式直燃炉加热前后  $\text{CO}$  浓度变化。

通过与除烟气加热炉外其他配置相同的 2# 烧结机高炉煤气消耗对比可得,1# 烧结机平均高炉煤气消耗约为  $25\ 600\ \text{m}^3/\text{h}$ ,2# 烧结机平均高炉煤气消耗约为  $31\ 200\ \text{m}^3/\text{h}$ 。经计算节能型内置式直燃炉比传统加热炉节能  $17.9\%$ 。以每年运行  $8\ 000\ \text{h}$  计算,安装节能型内置式直燃炉每年可节省高炉煤气约  $4\ 480\ \text{万}\ \text{m}^3$ ,节约高炉煤气费用  $448$  万元,折算节约标煤  $5\ 700\ \text{t}$ , $\text{CO}_2$  减排  $35\ 000\ \text{t}$ , $\text{CO}$  减排  $14\ 000\ \text{t}$ ,节约的高炉煤气可通过燃气-蒸汽联合循环发电 (CCPP) 系统进行发电,以每  $2.5\ \text{m}^3$  高炉煤气发一度电计算,可发电  $1\ 700\ \text{万}\ \text{kW}\cdot\text{h}$ ,按  $0.4\ \text{元}/(\text{kW}\cdot\text{h})$  计算,可带来  $680$  万元/年的经济效益。

表 1 节能型内置式直燃炉与传统加热炉对比

项目	节能型内置式直燃炉	传统加热炉
投资收益	可通过节约燃料实现收益,短期内收回投资成本,后期没有维护修理费用	无节能收益,且后期有维护修理费用
经济性	比传统加热炉节约 $15\%$ 以上高炉煤气	高能耗,高炉煤气浪费
安全性	燃烧空间大, $\text{CO}$ 浓度在安全范围,发生爆燃事故风险极低	在狭小密闭空间内燃烧, $\text{CO}$ 浓度易达到爆炸极限
可靠性	故障率低、设备故障点少,可长期连续运行,可利用烧结机停机检修时间进行维护	风道和炉膛耐材容易脱落,严重时需停机检修,烧结机被迫停机,产生较大经济损失
点火方式	采用电子或等离子点火器,可远程操作,方便、安全、快捷	采用焦炉煤气、乙炔、液化气等点火,温度达到一定程度可使用高炉煤气,现场存放存在安全隐患
升温速度	在大烟道内燃烧,高炉煤气量受空间限制程度低,升温速度快,迅速达到 SCR 反应温度	高炉煤气量受限于炉膛空间,为防止炉膛超温和爆燃,升温速度较慢
$\text{CO}$ 减排	可通过引燃消耗 $\text{CO}$	无法处理 $\text{CO}$
$\text{CO}_2$ 减排	降低高炉煤气消耗,降低 $\text{CO}_2$ 排放量	无法降低 $\text{CO}_2$ 排放量
占用空间	占用空间小,可在烟道内部安装	需额外占用外部空间
安装施工	安装流程简便,周期短	安装流程复杂,施工量大

表2 节能型内置式直燃炉加热前后 CO 浓度变化

项目	温度/℃	CO 浓度/%
加热前	266	0.955 7
加热后	303	0.862 9
前后差值	37	-0.092 8

### 3 技术应用

某钢厂对 500 m<sup>2</sup> 1<sup>#</sup> 烧结机进行改造,使用节能型内置式直燃炉,改造后某钢厂 500 m<sup>2</sup> 1<sup>#</sup> 烧结机脱硝系统如图 4 所示。

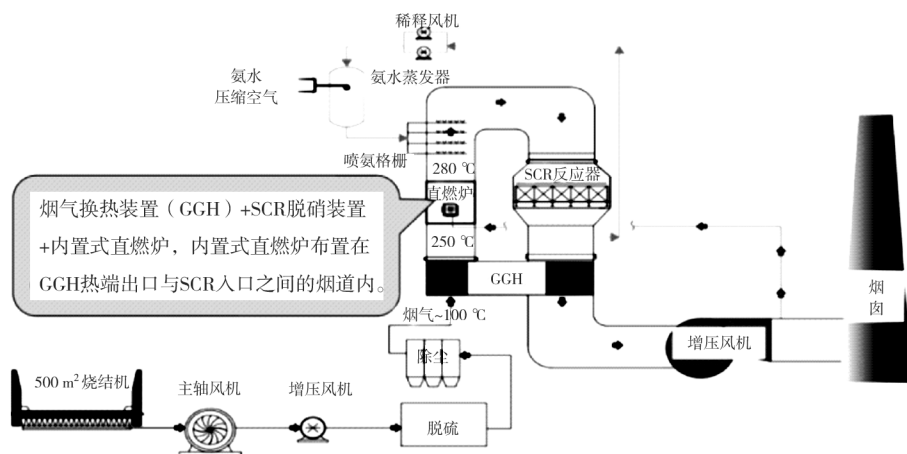


图4 改造后脱硝系统流程图

### 4 结束语

节能型内置式直燃炉的使用,相比传统加热炉,可节约 17.9% 的高炉煤气,每年可减少 CO<sub>2</sub> 排放 35 000 t,节约高炉煤气费用 448 万元。降低高炉煤气消耗的同时实现碳减排,为钢铁企业实现节能减排提供新的技术方案。

#### 参 考 文 献

- [1] 李娜,杨景胜,陈嘉茹.“双碳”背景下能源行业的机遇和挑战[J]. 中国国土资源经济, 2021,34(12):63-69.
- [2] 熊慎凯. 冶金技术在钢铁工业低碳发展中的运用探析[J]. 冶金与材料, 2023,43(9):105-107.
- [3] 田月. 钢铁企业加热炉烟气脱硝技术分析[J]. 智慧中国, 2023(11):94-95.
- [4] 肖庆超,刘莉萍,白云,等. 焦炉烟气脱硫脱硝超低排放改造工艺探析[J]. 环境工程, 2023,41(S1):621-624.
- [5] 张柏林,洪华,王天球,等. 钢铁工业烟气脱硝技术应用进展及前景[J]. 工程科学学报, 2023,45(9):1602-1612.
- [6] 王来勇. 焦炉烟气 SCR 脱硝反应系统的流场模拟及结构优化[D]. 马鞍山:安徽工业大学, 2020.
- [7] 吴小冬,江波,刘磊. 浅析钢铁企业加热炉烟气脱硝技术[J]. 工业炉, 2023,45(1):22-24,28.
- [8] 张鑫,张金成,丁勇山. 烧结烟气双加热中低温 SCR 脱硝技术分析研究[J]. 冶金动力, 2021(4):94-97,101.
- [9] 韦晋科,张强,李永光. 烧结机中温 SCR 脱硝催化剂失活原因分析[J]. 河北冶金, 2021(12):75-79.
- [10] 林澎山. 烧结 SCR 脱硝不同运行温度的适应性分析[J]. 节能与环保, 2023(9):76-79.
- [11] 王超,岳勇,甄众,等. 烧结烟气脱硝 SCR 工艺补燃系统节能降碳的探索[J]. 天津冶金, 2021(5):55-59.
- [12] 陈磊. 烧结烟气半干法脱硫后 SCR 脱硝中温设计低温运行研究与应用[J]. 现代矿业, 2023,39(10):207-210.