



SCR 脱硝 + 氨法脱硫技术在柳钢烧结烟气治理的应用

戴鑫杰¹, 杨家容¹, 杨明江², 文 轩¹

(1. 广西钢铁炼铁总厂, 广西 防城港 538003; 2. 柳钢股份炼铁总厂, 广西 柳州 505001)

摘要: 矿粉烧结过程中产生的废烟气, 需要经过脱硫、脱硝工序才能达到超低排放标准, 减少污染问题。由于柳钢部分烧结系统投产较早, 配套的脱硫、脱硝设备无法满足超低排放条件, 因此相关人员必须要加强对该技术的研究与分析, 不断提高烟气脱硫脱硝的水平, 以此来提高烟气处理的质量与效果, 减少大气污染。文章阐述了 SCR 脱硝 + 氨法脱硫技术的基本原理, 并详细描述了通过对现有设备升级改造, 采用该技术在柳钢烧结烟气超低排放治理的实际应用方案, 为后续造烧结烟气超低排放治理绿色发展方面提供了真实的成功案例和改造经验, 以期可为柳钢的绿色发展提供一条方便、实用的新途径。

关键词: 烧结烟气; 氨法脱硫; SCR 脱硝; 超低排放

中图分类号: X757

文献标识码: A

文章编号: 1673-8993(2024)12-0069-04

doi: 10.13402/j.gcjs.2024.12.164

Application of SCR denitrification + ammonia desulfurization technology in the treatment of sintering flue gas at Liugang

DAI Xinjie¹, YANG Jiarong¹, YANG Mingjiang², WEN Xuan¹

(1. Guangzhou Iron and Steel Group Ironmaking Plant, Fangchenggang 538003, Guangxi, China;

2. Liugang Sintering Plant, Liuzhou 505001, Guangxi, China)

Abstract: The waste gas from sintering production of mineral powder can reach the ultra-low emission standards only by desulfurization and denitrification, thus reducing the pollution. Because of the early production of parts of sintering systems in Liugang, the matched desulfurization and denitrification devices can not meet the ultra-low emission standards, so related personnel have to enhance the research and analysis of the technology, continuously improve the level of desulfurization and denitrification of flue gas, so as to elevate the quality and effect of flue gas treatment and reduce air pollution. This article elaborates on the basic principles of SCR denitrification + ammonia desulfurization technology, and describes in detail the practical application plan of using this technology in the ultra-low emission control of sintering flue gas at Liugang through upgrading and transforming existing equipment. It provides a real successful case and transformation experience for the green development of ultra-low emission control of sintering flue gas in the future.

Key words: sintering flue gas; ammonia desulfurization; SCR denitrification; ultra low emissions

随着经济的发展, 钢铁企业环保问题逐渐成为制约企业发展的根本因素, 烧结烟气排放占整个排放的60%以上。2019年4月生态环境部、国家发展改革委员会、工业和信息化部、财政部、交通运输部联合发布了《关于推进实施钢铁行业超低排放的意见》环大气〔2019〕35号, 对钢铁企业超低排

放的各项指标做出了明确要求, 文中明确“烧结机头、球团焙烧烟气颗粒物、SO₂、氮氧化物排放质量浓度小时均值分别不高于10、35、50 mg/m³”。

目前, 国内长流程钢铁企业的烧结烟气脱硫工艺主要采用石灰石膏法的湿法方式脱硫, 或者循环流化床等半干法脱硫, 采用氨法脱硫的钢铁企业数

收稿日期: 2024-02-29

作者简介: 杨家容(1991—), 女, 助理工程师, 从事环保方面的研究工作。

量极少。柳钢烧结为能够有效治理烧结机头烟气,利用氨水作为脱硫剂,在脱硫塔中与烟气中所含 SO_2 接触后发生化学反应形成硫酸铵,能够有效脱除烟气中所含的 SO_2 。同时,氨法脱硫的过程产物为硫酸母液,经过蒸发-浓缩-结晶处理后得到产品硫酸铵,可广泛应用于下游工业生产。在柳钢烧结实际环保治理中发现,采用氨法脱硫工艺具有以下优势:一方面,脱硫效率较高,能达到 95% 以上;其次,满足“以废治废”的绿色循环理念,可以采用焦炭生产过程中产生的蒸馏氨水,不需要购入外来氨水,能够有效减少外购氨水和运输费用;此外,采用该技术进行脱硫处理能够有效避免废水、废渣等固废的产生,同时进行硫资源回收副产物硫酸铵可产生较好的经济效益。

氨法脱硫技术在烧结烟气的处理过程中发挥着非常重要的作用,具有较强的脱硫能力以及可靠性。2019 年我国明令颁布了超低排放标准,明确要求钢铁行业外排烟气需要达到的各项污染物指标,规定各企业需要在 2025 年前完成改造任务^[1]。为了达到超低排放标准,需对目前使用的脱硫技术进行优化改造。

1 方案设计

1.1 设计思路

烧结机的机头烟气中含有大量的 SO_2 ,其温度的变化区间较大,组成成分复杂,导致普通的 SCR 脱硝技术无法应用其中,且其中的 SO_2 等各种物质影响脱硝剂的脱硝效果。为解决此类问题,对烧结机烟气的特点、氨法脱硫技术以及脱硝技术等进行了全面的研究与分析,确保脱硫脱硝技术能够相互结合使用,从而有效地对烧结烟气进行处理。

在目前的烧结烟气的处理过程中采用了氨法脱硫技术,该技术的应用对于烟气的温度有相应的要求,必须控制在 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下,而 SCR 脱硝技术对于烟气的温度要求则在 $280\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上。为了使得两个技术能够相互结合应用,就必须对其特点进行综合考虑与分析^[2],从而制定合理设计方案与计划。首先通过对烧结烟气的特点进行全面的分析与研究,并在柳钢 110 m^2 烧结机上开展了多次的试验工作,以此研发出了多种新技术;其次,通过与电力行业的

烟气治理工作的学习以及多次的验证工作;制定了烧结烟气脱硝脱硫技术^[3]的设计方案:根据实际情况先进行脱硫处理之后再行脱硝处理,在处理工作完成之后将烟气进行排放处理。

1.2 优化与改造的主要内容

首先需要以往所使用的烧结烟气氨法脱硫系统进行不断的优化与改造,需要对喷淋吸收、除雾等系统进行改造,采用浆液冷凝、丝网除雾器、旋流曝气、强制氧化等多种较为先进的技术,提高脱硫工作的质量与效率,避免在实际工作的过程中氨气逃逸问题的出现;其次,需要根据实际情况建立相应的 SCR 脱硝系统,并对其中的工艺方法不断进行优化与改造。

在经过优化与改造之后,主要采取的步骤:

(1) 将烧结主抽风机送来的原烟气经过脱硫 MGGH 换热器将热量传递给脱硫净烟气。

(2) 降温后的原烟气进入脱硫副塔,经过浓缩段喷淋后进一步降温,利于吸收段脱硫反应效率。

(3) 脱硫后的烟气经过水洗喷淋后去除烟气中夹带的脱硫液滴以及其颗粒物。

(4) 烟气再次通过除雾器初步拦截水汽后进入湿式电除尘,进一步脱除烟气中的水汽和颗粒物。

(5) 脱硫后的烟气在脱硫 MGGH 换热器吸收原烟气传递来的热量后进入脱硝系统。

(6) 烟气进入脱硝 GGH 换热器原烟气侧接收脱硝 GGH 换热器净烟气侧传递来的热量。

(7) 通过补燃系统炉膛内煤气燃烧给烟气升温至 SCR 反应最佳反应温度区间,与氨气混合进入 SCR 反应器,将氮氧化物转化为氨气和水。

(8) 净烟气经过脱硝 GGH 将热量传递至原烟气侧后,经过增压风机抽送排放至大气。

1.3 主要创新内容

(1) 技术的创新。将氨法脱硫技术与 SCR 脱硝技术相互结合应用,能够有效地实现脱硫以及脱硝工作,提高整体工作的效率,从而满足目前国家提出的低排放的要求。

(2) 采用较为先进的喷淋技术,能够促使烟气脱硫工作的顺利开展,同时能够使得脱硫塔上形成相应的旋流喷雾层,以此能够很大程度的增加表面积,提高整体的效率,其次,在脱硫塔内

部也形成相应的稳定层, 以此能够有效的避免氨气逃逸问题的出现, 通过以上内容能够有效的提高脱硫工作的效率与质量。

(3) 采用了冷凝除尘以及除雾一体化的装置, 能够有效地将烟气脱硫过程中产生的液体进行快速的冷凝处理, 同时在相应的设计之后使得其能够产生较强的离心力, 之后被甩到波纹板上后会被快速的消除, 能够有效地避免粉尘物质造成的影响。

(4) 通过对烧结烟气的研究与分析, 采用了符合实际要求的中高温 SCR 催化剂, 避免在实际的工作过程中缺失活性的问题。

(5) 将换热器进行合理的分配, 合理地利用烟气中所含有的热量, 以此开展相关的各项工作, 同时满足各项工作对于温度的要求, 完成烟气消白工作, 烟囱口再也看不见“滚滚白烟”。

2 改造实施过程

2.1 氨法脱硫系统优化

(1) 在脱硫塔内设置分布气流模块等等。

(2) 在喷淋层上设置相应的旋流以及雾化层。

(3) 将脱硫塔顶部的喷淋层去除, 安装冷凝以及除雾一体的装置。

(4) 将除雾器进行改造, 并对冲洗水进行重新设计, 以此保证无死角的进行冲洗工作。

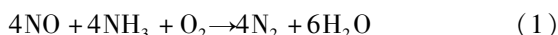
(5) 在脱硫烟气最末端安装丝网除雾器, 进一步除去烟气中的小水滴。

(6) 合理布置脱硫 MGGH 降温器和升温器, 满足氨法脱硫温度要求, 降低气溶胶的产生。

2.2 工艺的改造内容

在氨法脱硫装置后安装相应的 SCR 脱硝装置,

相关的化学反应流程如式(1)~(3)所示, 相关的工艺流程图如图 1 所示。SCR 脱硝装置——选择性催化还原(SCR)脱硝的原理是高温烟气在催化剂的作用下, 与喷入的 NH_3 在发生还原反应, 生成无毒无污染的 N_2 和 H_2O , 实现脱除氮氧化物的目的, 并且 NH_3 在催化剂和 O_2 的存在的条件下, NH_3 优先与 NO_x 发生还原反应, 而不与烟气中的氧进行氧化反应, 相关化学反应如式(1)、式(2), NO_x 的脱除率计算如式(3)。并且需要建立完善的 GGH 换热系统, 以此能够保证烟气在经过重重的处理之后, SO_2 以及氮氧化物被有效的处理, 满足实际需求, 同时达到烟气消白效果。



NO_x 的脱除率由如式(3)计算:

$$\eta_{\text{NO}_x} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\% \quad (3)$$

式中: η_{NO_x} 为脱硝效率, %; m_1 为反应器入口 NO_x 质量浓度, mg/Nm^3 ; m_2 为反应器出口 NO_x 质量浓度, mg/Nm^3 。

2.3 主要采用的设备

2.3.1 SCR 反应器设备

SCR 反应器是 SCR 脱硝技术处理烧结烟气的核心装备, 将直接关系到烧结烟气的处理效果。烧结烟气处理过程中催化剂的选择非常关键, 因为它会直接影响到烧结烟气的处理效果。在选择催化剂的过程中应该根据烧结烟气当中的温度、粉尘浓度等特性来针对性选择, 由于烧结脱硫后烟气中粉尘浓度低, 温度低, 同时还要能够满足同步脱硝、脱重金属及二噁英等要求, 因此在具

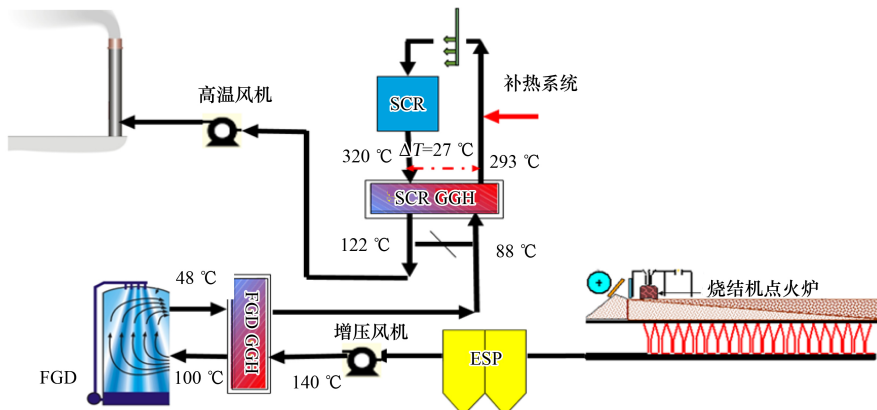


图 1 工艺流程

体应用过程中决定选用蜂窝式催化剂,因为这是一种活性利用率及保值率高的催化剂。为了保证催化剂符合烟气流向、温度等要求,在反应器进出口位置设置导流板,同时在入口处还应该设置气流均布整流装置,以此来促进烟气的均匀分布^[6],保证温度场、流场、氨混合度更加均匀,从而达到有效的脱硝效率。

2.3.2 回转形式烟气换热器

GGH 换热器能够有效提高烟气换热,减少能耗,促进脱硝、脱硫等工作的顺利开展。GGH 换热器在烧结烟气处理过程中扮演着非常重要的角色,GGH 换热器在烧结烟气处理过程中的主要功能是要对“进出脱硝系统的原、净烟气进行换热,使脱硝系统需要的热量绝大部分留在脱硝系统内部循环使用”,利用脱硝后的高温净烟气把原烟气从 130 ~ 150 °C 加热到 290 °C 左右,然后通过补燃系统将原烟气从 290 °C 左右提升到约 320 °C 后进入脱硝反应器。通过利用这一设备将进一步降低烟气再热所需要的能量,进而能够有效降低脱硝系统运行费用。为了确保 GGH 不易积灰堵塞,在原烟气与净烟气端各加装一台耙式吹灰器,SCR 反应器吹灰器吹灰顺序按由上层到下层顺序进行吹灰。同时,还配备有离线低压水冲洗。在实际应用过程中,原烟气一旦泄露到净烟气之后就会严重影响到脱硝效率,为了避免这种情况的出现,应该在 GGH 换热器当中配置低泄漏风机,这样就能够将部分净烟气增压从而送回到 GGH 换热器的中部,避免原烟气泄露到净烟气中,以确保泄漏率不大于 1.5%。

2.3.3 补燃系统

补燃系统使脱硝入口烟气温度达到 SCR 工艺要求。在 GGH 换热器的原烟气侧出口、SCR 入口烟道前段设置烟气补燃装置,主要包括:焦炉煤气燃烧器、燃气管道系统、助燃空气系统等,烟气补燃装置的燃料采用焦炉煤气。靠近 GGH 原烟气侧出口的一段脱硝入口烟道为点火烟道,在点火烟道内设置 3 只焦炉煤气燃烧器。在 SCR 脱硝装置投入运行前,补燃系统必须投入运行,只有补燃系统投入运行且脱硝入口烟气温度达到 SCR 工艺要求,SCR 才能投入运行。

2.3.4 氨注射系统(AIG)

采用带静力式混合器的氨注射系统(AIG),布置在 SCR 入口烟道上,AIG 的喷嘴在烟道截面上均匀分布。取部分升温后的原烟气,经过氨气混合器,将原烟气与氨气混合的混合气体,通过一个母管上的 18 个支管喷入 SCR 反应器前入口烟道内。每个喷氨支管的管径大小根据支管内介质的流量确定,每个喷氨支管在沿烟道纵深方向上对应 1 个喷嘴,共计有 18 个喷嘴均布在烟道横截面上。每个喷氨支管上均设置有一个手动调节阀,可以在系统调试阶段根据烟道截面上的烟气分布情况,进行手动调节由该喷氨支管喷入原烟气中的还原剂量,使从每个喷嘴喷入的氨量与其覆盖区域的 NO_x 质量浓度匹配。

2.3.5 MGGH 换热器设备

MGGH 换热器设备对降温以及升温的区域都进行了合理的设计,利用循环除盐水来传递热量,换热形式为烟气-水换热器,经过换热处理之后的热水输送到能够被合理应用。烟气冷却器利用主抽风机后高温烟气加热热媒介质,降低进入脱硫系统的烟气温度,烟气再热器利用热媒介质加热脱硫塔出口低温烟气,提高进入后续脱硝系统的烟气温度。

目前,该方案在广西钢铁 1[#]500 m² 烧结机、2[#]500 m² 烧结机、500 万吨球团、中金钢铁 220 m² 烧结机等权到实施,实施后污染物 SO₂、NO_x、颗粒物排放指标控制在不高于 35、50、10 mg/m³,满足国家超低排放的标准。SCR 脱硝技术是目前成熟可靠的烧结烟气处理技术,能有效提升烧结烟气处理效率,烟气达到全消白的效果,在烧结烟气处理中有很好的应用前景,社会效益显著。

3 结 语

综上所述,在烧结生产过程中,为了满足环保排放等各项工作的需求,需要对烧结机头烟气的脱硝以及脱硫技术进行不断优化与改造,从而能够有效地减少各种污染物质的排放量,进而达到保护生态环境的作用^[7]。虽然目前我国的环境监测体系已逐渐完善与成熟,但是一些相关的技

(下转第 81 页)

参考文献:

- [1] 陈梓迁,周俊兆,刘静伟. 钢筋混凝土检查井优化设计研究[J]. 中国设备工程. 2019(4):66-68.
- [2] 贺梦琦,魏连雨. 城市道路检查井井周受力分析研究[J]. 河北工业大学学报. 2014(3):110-112.
- [3] 蒋佳骏,吴张永,王文菊等. 基于 ANSYS 塑料检查井井壁加筋结构仿真分析[J]. 软件. 2020(6):158-163.
- [4] 何维,王勇,王艳丽,等. 检查井沉陷病害产生的力学机理与处治方法[J]. 给水排水工程. 2018(5):157-160.
- [5] 潘永清,饶勤波,张仪萍. 城市道路检查井结构破坏原因分析[J]. 交通工程. 2011(19):134-137.
- [6] 刘深华. 基于振动理论分析城市道路检查井纵向位移研究[D]. 杭州:浙江大学,2007.
- [7] 饶静波. 交通荷载下检查井受力变形研究[D]. 杭州:浙江大学,2010.
- [8] 赵全满,王鑫均,卢晓锦,等. 检查井及井周路面影响下的车辆荷载动态特性[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版). 2023. 7,60-68.
- [9] 赵全满,刘瑶,吴楠,等. 井周路面病害特性及平整度模型研究[J]. 中外公路. 2021(4):64-69.
- [10] 何维,王勇,刘伟,等. 市政道路检查井病害调研与成因分析[J]. 市政技术. 2019. (2):186-190.

(上接第 68 页)

- [12] 王帅亮. 超厚基础底板中大跨度组装式钢筋支架的应用——以苏州中南中心为例[J]. 工程建设,2024,56(5):47-52.
- [13] 陈川,胡文,王帅亮,等. 苏州中南中心工程桩永临结合坡道设计与施工[J]. 工程质量,2024,42(2):36-39.
- [14] 段尚磊. 软土深基坑被动区裙边加固方案优化研究[J]. 工程建设,2022,54(9):31-36.

(上接第 72 页)

术与管理方法并没有随之优化与改进,一些浓度比较低的污染物质虽然不会对环境造成严重的污染,但是经过长期的积累会造成严重的影响。因此,需要秉承习总书记的指导“绿水青山就是金山银山”的发展理念^[8],严格地按照相关的制度与要求开展工作,以此促进企业的发展,提高企业的经济效益,使得企业朝着绿色、节能、环保的方向发展。

参考文献:

- [1] 张彩赛. 二氧化硫以及氮氧化物治理及运行控制[J]. 建筑设计. 2016(13):922-922.
- [2] 李洪. 建筑工程造价的动态管理控制分析[J]. 建筑
- 工程技术与设计. 2017(25):773-773.
- [3] 魏淑娟,王爽,周然. 我国烧结烟气脱硫现状及脱硝技术研究[J]. 环境工程. 2014(2):95-97.
- [4] 张范. 电厂脱硫技术与环保措施分析[J]. 城市建设理论研究. 2015(9):5420-5421.
- [5] 褚定杉. 烟气脱硫脱硝一体化技术研究探讨[J]. 科技尚品. 2017(3):24.
- [6] 胡小娟. 热电厂烟气脱硝技术改造[J]. 中国科技纵横. 2015(22):7.
- [7] 穆远庆. 化学工程与工艺中的绿色化工技术研究[J]. 山东化工. 2019(19):139.
- [8] 王永康. 打造“生态保护与生态经济”双示范区[J]. 今日浙江. 2015(6):24-25.