

# 有色冶炼烟气同时脱硫脱硝技术研究

冯 纪

河南中原黄金冶炼厂 河南 三门峡 472000

**摘 要:** 本文主要针对有色冶炼烟气同时脱硫脱硝技术展开分析, 思考了有色冶炼烟气同时脱硫脱硝技术的内容, 明确了有色冶炼烟气同时脱硫脱硝技术的要点以及相关的措施, 对于如何更好的使用有色冶炼烟气同时脱硫脱硝技术, 我们要更加深入的研究, 将其实际的应用情况和当前的应用的要求进行思考, 才能够推出更好的技术方法, 提高整体的效果。

**关键词:** 有色冶炼烟气, 脱硫脱硝技术; 研究

## 1 烟气脱硫脱硝除尘一体化技术概述及其优势

### 1.1 概述

烟气脱硫脱硝除尘一体化技术是指将烟气脱硫、脱硝和除尘等工序整合在一起, 共同处理烟气中的二氧化硫、氮氧化物和颗粒物等有害物质。该技术结合了脱硫、脱硝和除尘的工艺, 能够同时降低燃煤电厂排放的 $SO_2$ 、 $NO_x$ 和颗粒物的浓度, 达到环境保护要求。烟气脱硫脱硝除尘一体化技术的主要原理是在燃烧过程中, 通过添加脱硫剂和脱硝剂来减少烟气的 $SO_2$ 和 $NO_x$ 的含量, 同时通过静电除尘器等设备将烟气中的颗粒物去除。具体工艺包括干法脱硫、湿法脱硝和静电除尘等工序。在干法脱硫环节中, 常用的方法包括石灰石脱硫法和海产品脱硫法。石灰石脱硫法是将石灰石作为脱硫剂, 通过喷射石灰石粉末与烟气中的 $SO_2$ 反应, 生成石膏并沉降在除尘器底部。而海产品脱硫法则是将海产品作为脱硫剂, 通过喷射海产品粉末与烟气中的 $SO_2$ 反应, 生成硫酸铵并沉降在除尘器底部。湿法脱硝的常用方法是选择性催化还原法(SCR)和湿法氧化吸收法(WFGD)。SCR技术是将氨气或尿素作为还原剂, 通过反应将烟气中的 $NO_x$ 还原为水和氮。WFGD技术则是将石灰乳或钠碱溶液喷射到烟气中, 通过反应将烟气中的 $NO_x$ 吸收, 并以石膏或硝酸盐的形式沉降下来。静电除尘器是烟气脱硫脱硝除尘一体化技术中用于除尘的设备。它利用静电力和电场作用原理, 将烟气中的颗粒物带电, 然后通过电场的作用使其沉积到收集极板上, 最终实现除尘效果<sup>[1]</sup>。总之, 烟气脱硫脱硝除尘一体化技术是一种综合处理燃煤电厂烟气污染物的高效方法。通过优化工艺和设备, 可实现烟气中 $SO_2$ 、 $NO_x$ 和颗粒物的综合减排, 减少环境污染, 保护大气环境。

### 1.2 优势

烟气脱硫脱硝除尘一体化技术是近年来烟气治理领

域的一项重大突破, 它综合了脱硫、脱硝和除尘三大技术, 具有多种优势。第一, 烟气脱硫脱硝除尘一体化技术能够实现排放污染物的全面减排。通过脱硫工艺, 可以有效地去除烟气中的二氧化硫, 降低大气酸雨的发生概率。同时, 脱硝工艺可以减少烟气中的氮氧化物排放, 有效地防止大气中的臭氧生成。除尘工艺则能够去除烟气中的颗粒物, 保证了环境的清洁和卫生。第二, 烟气脱硫脱硝除尘一体化技术具有设备结构简单、占地面积小等优势。相较于传统的分散式烟气治理技术, 一体化技术将脱硫、脱硝和除尘设备有机地结合在一起, 有效减少了设备的数量和占地面积, 降低了工程的投资成本。第三, 烟气脱硫脱硝除尘一体化技术还具有运行稳定可靠、操作管理方便等优势。由于该技术统一了系统设计和运行管理, 设备之间的配合更加紧密, 能够达到更高的除尘效率和脱硫脱硝效果<sup>[2]</sup>。此外, 一体化技术还采用了智能控制系统, 可以实现对整个烟气治理过程的自动化控制, 方便了操作人员的管理。烟气脱硫脱硝除尘一体化技术在烟气治理领域具有明显的优势, 不仅可以实现污染物的全面减排, 而且设备结构简单、运行稳定可靠, 是未来有色冶炼烟气同时脱硫脱硝技术的发展趋势。

## 2 烧结烟气的产生和特点

烧结工艺是一种高温熔合的矿石冶炼工艺, 由于矿石中含有硫、氮等杂质, 烧结过程中产生的烟气中含有大量的二氧化硫、氮氧化物等有害物质。烧结烟气的特点主要表现在以下几个方面: (1) 高温高浓度: 烧结过程中, 烟气温度一般在 $800^{\circ}C$ 以上, 并且烟气中含有大量的有害气体, 如 $SO_2$ 、 $NO_x$ 等, 浓度较高。(2) 复杂组成: 烧结烟气中的有害物质种类繁多, 既有酸性气体如 $SO_2$ 、 $HCl$ 等, 也有氮氧化物、重金属等。(3) 高湿度: 烧结烟气中含有大量的水蒸汽, 湿度较高, 对脱硫脱硝

技术的选择和运行产生了一定影响。(4)粉尘高含量: 烧结过程中, 原料中的一些细小颗粒物随烟气一同排放, 使烟气中的粉尘含量较高<sup>[3]</sup>。

### 3 有色冶炼烟气成分及对环境的影响

有色冶炼行业在生产过程中产生大量烟气, 其中含有的有害物质对环境和人类健康产生严重影响。本文将介绍有色冶炼烟气的成分及对环境的影响。有色冶炼烟气中的有害成分主要包括金属类、非金属类和有机类。金属类主要包括铅、汞、砷等重金属, 非金属类包括氟、氯等非金属元素, 有机类则包括多环芳烃等致癌物质。这些有害物质中, 有些是剧毒的, 如铅、汞等, 对人体健康产生严重威胁; 有些可以导致空气污染, 如氟化物、氯化物等; 有些甚至可能破坏生态系统, 如有机污染物。有色冶炼烟气对环境的影响主要体现在以下几个方面: 首先, 由于烟气中含有的大量颗粒物和重金属, 它们在空气中会形成污染带, 对空气质量产生严重影响, 甚至影响周边居民的健康; 其次, 有色冶炼烟气中的有害物质会通过大气扩散, 破坏周边环境的生态平衡, 影响动植物的生长繁殖; 最后, 由于有色冶炼行业的生产活动, 会导致周边水源受到污染, 影响周边居民的饮用水安全<sup>[4]</sup>。例如, 一项关于某有色冶炼厂的实证研究显示, 该厂排放的烟气中含有的重金属已超过国家标准, 对周边环境和人类健康产生了严重影响。有色冶炼烟气的成分对环境的影响不容忽视。为了保护和人类健康, 有色冶炼行业应积极采取有效措施, 减少烟气中有害物质的含量。同时, 政府和相关部门也应该加强监管和执法力度, 确保有色冶炼行业的可持续发展与环境保护相互促进。

## 4 联合脱硫脱硝技术

### 4.1 炭质材料吸附法

联合脱硫脱硝技术是一种有效降低燃煤排放物中二氧化硫和氮氧化物的方法, 而炭质材料吸附法则是其中的一种重要技术。在联合脱硫脱硝技术中, 炭质材料吸附法主要利用炭质材料的吸附性能, 将燃煤烟气中的 $\text{SO}_2$ 和 $\text{NO}_x$ 吸附在材料表面, 并通过化学反应将其转化为无害物质。这种方法具有较高的吸附效率和较低的成本, 同时还可以回收硫资源。

具体来说, 炭质材料吸附法主要包括以下步骤:

(1) 吸附剂准备: 选择合适的炭质材料, 如活性炭、椰壳炭等, 将其制成颗粒状或粉末状, 并进行预处理, 以提高其吸附性能。(2) 吸附剂装填: 将炭质材料装入吸附床中, 确保其分布均匀, 并留有一定的空隙, 以便烟气通过。(3) 吸附反应: 将燃煤烟气引入吸附床, 在一

定温度和湿度条件下, 炭质材料与 $\text{SO}_2$ 和 $\text{NO}_x$ 发生化学反应, 生成硫酸和硝酸。(4) 再生: 当炭质材料吸附饱和后, 通过加热或水洗等方法使其再生, 以便重复使用。联合脱硫脱硝技术炭质材料吸附法的优点在于其具有较高的吸附效率和较低的成本, 同时还可以回收硫资源。此外, 由于炭质材料具有较高的化学稳定性, 因此其使用寿命较长, 且易于维护。不过, 这种方法也存在一定的局限性, 例如需要控制反应条件以保证吸附效果等。总之, 联合脱硫脱硝技术炭质材料吸附法作为一种高效、低成本且可回收的脱硫脱硝技术, 在燃煤烟气处理领域具有广泛的应用前景<sup>[1]</sup>。

### 4.2 CuO吸附法

在联合脱硫脱硝技术中, CuO吸附法主要利用CuO与 $\text{SO}_2$ 和 $\text{NO}_x$ 之间的相互作用, 将它们有效地吸附在CuO表面, 并通过化学反应将其转化为无害物质。该技术具有较高的吸附效率和较低的成本, 同时还可以实现硫资源的回收利用。

具体来说, CuO吸附法主要包括以下步骤: 选择合适的CuO原料, 将其制成颗粒状或粉末状, 并进行预处理, 以提高其吸附性能。将CuO颗粒或粉末装入吸附床中, 确保其分布均匀, 并留有一定的空隙, 以便烟气通过。将燃煤烟气引入吸附床, 在一定温度和湿度条件下, CuO与 $\text{SO}_2$ 和 $\text{NO}_x$ 发生化学反应, 生成硫酸和硝酸。当CuO吸附饱和后, 通过加热或酸洗等方法使其再生, 以便重复使用。联合脱硫脱硝技术CuO吸附法的优点在于其具有较高的吸附效率和较低的成本, 同时还可以实现硫资源的回收利用。此外, 由于CuO具有较高的化学稳定性和易制备性, 因此其使用寿命较长, 且易于维护。不过, 这种方法也存在一定的局限性, 例如需要控制反应条件以保证吸附效果等。

### 4.3 电子束法

电子束法是一种物理和化学相结合的脱硫脱硝技术, 通过使用电子束照射燃煤烟气, 使烟气中的 $\text{SO}_2$ 和 $\text{NO}_x$ 等有害气体在强电子束的照射下被离解, 形成硫酸和硝酸等高腐蚀性液体, 同时也会产生一部分氨气。这些高腐蚀性液体在与碱性吸收剂(如 $\text{CaO}$ 、 $\text{CaCO}_3$ 等)接触后, 会形成中性盐, 从而实现 $\text{SO}_2$ 和 $\text{NO}_x$ 的净化<sup>[2]</sup>。

具体来说, 电子束法的工艺流程包括以下几个步骤: (1) 吸收剂制备: 制备适当的碱性吸收剂, 如 $\text{CaO}$ 、 $\text{CaCO}_3$ 等, 并将其送入吸收塔中。(2) 烟气处理: 将燃煤烟气引入吸收塔, 在吸收塔中, 电子束照射使 $\text{SO}_2$ 和 $\text{NO}_x$ 被离解, 同时与碱性吸收剂反应形成中性盐。(3) 废渣处理: 将反应后的废渣从吸收塔底部排

出，送入灰渣场进行进一步处理。(4) 废水处理：将吸收塔排出的废水进行中和处理，使废水达到排放标准后再排放。电子束法具有较高的脱硫脱硝效率和较低的能耗，同时对环境影响较小。然而，电子束法也存在一定的局限性，如需要使用大量的电力来产生电子束，因此电价较高时不宜使用。此外，该方法还需要对废渣和废水进行处理，增加了工艺流程的复杂性。

#### 4.4 金属氧化物催化法

金属氧化物催化法主要利用某些金属氧化物作为催化剂，在一定温度和压力条件下，催化燃煤烟气中的 $\text{SO}_2$ 和 $\text{NO}_x$ 反应，生成无害物质。该技术具有较高的催化效率和较低的成本，同时还可以回收硫资源。

具体来说，金属氧化物催化法主要包括以下步骤：

(1) 催化剂选择与制备：选择具有较高催化活性的金属氧化物催化剂，如 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CuO}$ 等，并将其制成颗粒状或粉末状，以方便装填到反应器中。(2) 催化剂装填：将金属氧化物催化剂装入反应器中，确保其分布均匀，并留有一定的空隙，以便烟气通过<sup>[3]</sup>。(3) 催化反应：将燃煤烟气引入反应器，在一定温度和压力条件下，金属氧化物催化剂催化 $\text{SO}_2$ 和 $\text{NO}_x$ 反应生成硫酸和硝酸。(4) 产物分离：将生成的硫酸和硝酸从反应器中分离出来，以便进一步处理或利用。金属氧化物催化法的优点在于其具有较高的催化活性和较低的成本，同时还可以回收硫资源。此外，由于金属氧化物催化剂具有较高的化学稳定性和易制备性，因此其使用寿命较长，且易于维护。

#### 4.5 脉冲电晕法

脉冲电晕法主要是利用高能脉冲电场产生的高电压来电离并激发烟气中的 $\text{SO}_2$ 和 $\text{NO}_x$ ，使它们与脉冲电场中的羟基自由基等强氧化剂反应，生成无害物质。该技术具有处理效果好、设备简单、能耗低等优点，同时还能有效地避免二次污染。脉冲电晕法主要包括以下步骤：

(1) 脉冲电场产生：通过高能脉冲电场产生的高电压来电离并激发烟气中的 $\text{SO}_2$ 和 $\text{NO}_x$ ，使它们与脉冲电场中的羟基自由基等强氧化剂反应<sup>[4]</sup>。(2) 电离与反应：高电压脉冲电场能够使烟气分子电离并激发，促进其与羟基自由基等强氧化剂发生反应，形成无害物质。(3) 废气处理：将经过脉冲电晕法处理的废气引入后续的吸收塔

中，通过喷淋洗涤等方法将废气中的有害物质去除。脉冲电晕法的优点在于其具有高效、简单、节能等优点，同时还能有效地避免二次污染。

#### 4.6 离子液脱硫+臭氧脱硝

离子液脱硫是一种新型的脱硫技术，它利用离子液体作为吸收剂，能够有效地吸收烟气中的二氧化硫。离子液体具有高溶解度、低挥发性和不燃性等优点，因此具有较高的安全性和稳定性。通过将离子液体与烟气中的二氧化硫反应，能够生成稳定的硫酸盐，从而有效地降低二氧化硫的排放。

臭氧脱硝是一种新型的脱硝技术，它利用臭氧与烟气中的氮氧化物反应，能够生成二氧化氮，从而降低氮氧化物的排放。生成的二氧化氮可以被吸收剂吸收，从而进一步降低氮氧化物的排放。臭氧脱硝具有反应速度快、操作简单、效率高等优点，因此被广泛应用于各种烟气净化系统中。这种技术具有高效、安全、可靠等优点，被广泛应用于各种发电厂、工业炉窑等燃煤烟气净化系统中。它的应用不仅能够有效地减少污染物排放，还能够提高空气质量，对环境保护具有重要意义。

#### 结束语

有色冶炼烟气同时脱硫脱硝技术的研究对于环境保护和人类健康具有重要意义。虽然目前已经有多种方法可以同时脱除 $\text{SO}_2$ 和 $\text{NO}_x$ ，但是在选择时需要注意实际应用情况。联合法的出现为有色冶炼烟气同时脱硫脱硝技术的发展提供了新的思路和方向。未来研究应致力于探索更高效、更环保的联合脱硫脱硝技术，并加强工程应用方面的研究，以便更好地保护环境和人类健康。

#### 参考文献

- [1]单志峰, 黄友明.国外烟气同步脱硫脱硝技术现状[J].冶金环境保护, 2017, 4: 40-45.
- [2]郑东升.火电厂烟气脱硫脱硝技术应用与节能环保[J].科技创新与应用, 2019(36):127-128.
- [3]唐志军.探究燃煤电厂烟气脱硫脱硝一体化技术发展趋势[J].资源节约与环保, 2019(02):17-18.
- [4]孙晶, 徐铮.活性炭材料在火电厂烟气脱硫脱硝中的应用[J].电力环境保护, 2020, (1): 75.