

# 烧结烟气脱硫脱硝

宋 斐

中化环境科技工程有限公司 辽宁 沈阳 110000

**摘要：**烧结烟气脱硫脱硝技术在钢铁行业中扮演着至关重要的角色，它不仅是减少大气污染的核心手段，更是实现绿色生产的必要途径。该技术通过高效去除烟气中的硫氧化物和氮氧化物，大幅降低了污染物的排放量，保护了环境。面对日益严格的环保标准，该技术持续优化和创新，致力于提升脱除效率、降低运营成本，为钢铁行业的绿色可持续发展提供了强有力的技术支持。

**关键词：**烧结烟气；脱硫脱硝；技术

引言：烧结烟气作为钢铁生产过程中的主要废气排放源，含有大量硫氧化物和氮氧化物，对大气环境造成严重污染。因此，烧结烟气脱硫脱硝技术应运而生，成为钢铁行业减少大气污染的关键技术。随着环保要求的不断提升，烧结烟气脱硫脱硝技术通过不断优化与创新，旨在提高治理效率、降低运行成本，推动钢铁行业的绿色可持续发展。

## 1 烧结烟气概述

烧结烟气是钢铁行业中一个不可或缺环节所产生的废气，其是在烧结混合料点火并在高温燃烧的条件下烧结成型的复杂过程中产生的工业废气。这一过程中，涉及到了原料的预处理、烧结机的运行以及后续的冷却和筛分等多个步骤，每一步都伴随着烟气的产生。第一，烧结烟气的主要特点体现在其复杂多变的成分上。这些成分主要包括二氧化硫（ $\text{SO}_2$ ）、氮氧化物（ $\text{NO}_x$ ）、一氧化碳（ $\text{CO}$ ）、二氧化碳（ $\text{CO}_2$ ）以及大量的粉尘和烟尘等。其中， $\text{SO}_2$ 和 $\text{NO}_x$ 是主要的污染物，它们对环境 and 人体健康都具有极大的危害。此外，烧结烟气中还含有微量的高致癌物质，如二噁英和呋喃，这些物质对环境 and 人体健康的潜在风险不容忽视。

第二，烧结烟气的另一个显著特点是其温度波动性和含湿量。由于烧结过程需要在高温下进行，因此产生的烟气温度往往较高，而且随着工艺操作状况的变化，温度波动范围较大。同时，为了提高烧结混合料的透气性，混合料在烧结前需要加适量的水制成小球，这使得烧结烟气的含湿量也较大。第三，烧结烟气的排放对环境 and 人类健康造成了严重的影响<sup>[1]</sup>。由于其中含有大量的有害物质，烧结烟气的排放不仅会导致空气污染和酸雨的形成，还会对土壤和水源造成污染，有害物质还会对人体健康造成危害，如呼吸系统疾病、心血管疾病等。

## 2 烧结烟气脱硫脱硝技术

### 2.1 脱硫碱性吸收剂浓度

烧结烟气脱硫脱硝技术是现代钢铁行业减少大气污染物排放的重要技术手段，其中脱硫碱性吸收剂浓度是影响脱硫效率的关键因素之一。一方面，我们需要了解脱硫碱性吸收剂在脱硫过程中的作用。在烧结烟气脱硫过程中，碱性吸收剂（如石灰石、石灰等）与烟气中的二氧化硫（ $\text{SO}_2$ ）发生化学反应，将其转化为硫酸盐或亚硫酸盐等固态产物，从而达到脱硫的目的。因此，碱性吸收剂的浓度直接影响到脱硫反应的速率和效率。当脱硫碱性吸收剂的浓度较高时，脱硫反应速率会相应加快，脱硫效率也会提高。这是因为高浓度的吸收剂能够提供更多的活性位点，与烟气中的 $\text{SO}_2$ 发生反应。然而，这并不意味着吸收剂浓度可以无限提高。过高的吸收剂浓度可能导致反应体系中的离子浓度过高，从而抑制反应的进行。另一方面，如果脱硫碱性吸收剂的浓度过低，虽然可以降低运行成本，但脱硫效率也会显著下降。这是因为低浓度的吸收剂无法提供足够的活性位点与 $\text{SO}_2$ 发生反应，导致脱硫效果不佳。在实际应用中，需要根据烟气中 $\text{SO}_2$ 的浓度、流量以及处理要求等因素来确定脱硫碱性吸收剂的最优浓度。一般来说，可以通过试验或模拟计算等方法来确定最优浓度范围。在确定了最优浓度后，还需要注意保持吸收剂浓度的稳定，避免出现浓度波动导致脱硫效率下降的情况。

### 2.2 湿法脱硫+中低温SCR脱硝技术

烧结烟气脱硫脱硝技术是钢铁行业中减少大气污染、实现绿色生产的关键技术。其中，湿法脱硫与中低温SCR脱硝技术的结合，以其高效、稳定的性能，成为了当前钢铁企业烟气治理的重要选择。（1）湿法脱硫技术主要基于碱性吸收剂与烟气中的二氧化硫（ $\text{SO}_2$ ）进行化学反应，实现脱硫效果。在烧结烟气治理中，常用的

湿法脱硫技术有石灰石-石膏法、氨法等。这些技术通过将石灰石浆或氨水等碱性吸收剂喷洒到烟气中,与 $\text{SO}_2$ 反应生成硫酸钙( $\text{CaSO}_4$ )或硫酸铵等固态产物,从而实现脱硫。另外,湿法脱硫技术具有反应速度快、脱硫效率高、技术成熟等优点。但同时也存在设备复杂、占地面积大、投资和运行费用较高等问题。为了克服这些问题,钢铁企业在湿法脱硫技术的选择和优化上进行了大量的探索和实践。(2)中低温SCR脱硝技术是在选择性催化还原(SCR)技术的基础上,通过优化催化剂和反应条件,使脱硝反应在较低的温度下进行。该技术以 $\text{NH}_3$ 作为还原剂,在催化剂的作用下,将烟气中的氮氧化物( $\text{NO}_x$ )还原为氮气( $\text{N}_2$ )和水( $\text{H}_2\text{O}$ )。再者,中低温SCR脱硝技术具有反应温度低、催化剂活性高、脱硝效率高优点。由于该技术适用于较低的温度范围,因此可以与湿法脱硫技术相结合,形成湿法脱硫+中低温SCR脱硝的复合治理技术。(3)将湿法脱硫与中低温SCR脱硝技术相结合,可以充分发挥两种技术的优势,实现烧结烟气的高效治理。首先,湿法脱硫技术可以高效去除烟气中的 $\text{SO}_2$ ,为后续的脱硝反应提供良好的环境。其次,中低温SCR脱硝技术可以在较低的温度下高效去除 $\text{NO}_x$ ,进一步提高烟气治理效率。此外,两种技术的结合还可以减少设备占地面积和投资成本,降低运行费用。

### 2.3 活性焦脱硫脱硝协同治理技术

活性焦脱硫脱硝协同治理技术是一种先进的烟气治理技术,特别适用于烧结烟气中的二氧化硫( $\text{SO}_2$ )和氮氧化物( $\text{NO}_x$ )的去除。该技术结合了活性焦的物理吸附和化学催化特性,实现了高效、稳定的脱硫脱硝效果。一方面,活性焦是一种具有发达孔隙结构和丰富表面官能团的碳质材料,其制备过程主要包括原料预处理、炭化和活化等步骤。活性焦表面积大,比表面积可达数千平方米每克,这为其提供了强大的吸附能力,活性焦表面含有丰富的含氧官能团和极性表面氧化物,这些官能团能够参与和加速脱硫脱硝的化学反应。另一方面,在活性焦脱硫脱硝协同治理技术中,活性焦的脱硫原理主要基于其表面的物理吸附和化学催化作用。烟气中的 $\text{SO}_2$ 在活性焦表面被吸附,并在一定条件下与氧气和水蒸气反应生成硫酸,进而被固定在活性焦的孔隙中。而脱硝过程则利用活性焦的催化特性,在低温条件下促使 $\text{NO}_x$ 与还原剂(如 $\text{NH}_3$ )发生选择性催化还原反应,生成无害的氮气和水。除此之外,活性焦脱硫脱硝协同治理技术具有一定的优势<sup>[2]</sup>。高效性:活性焦脱硫脱硝协同治理技术具有较高的脱硫率和脱硝率,能够有效降低烟气中的 $\text{SO}_2$ 和 $\text{NO}_x$ 排放浓度。稳定性:该技术运行稳定可靠,适

用于不同规模和类型的烧结机。环保性:该技术属于干法烟气处理技术,无需消耗大量水资源,且产生的固体废物可资源化利用。经济性:虽然初期投资较高,但长期运行成本较低,具有较好的经济效益。

## 3 烧结烟气脱硫脱硝技术的优化与创新

### 3.1 催化剂的优化与再生

在烧结烟气脱硫脱硝技术中,催化剂扮演着至关重要的角色,其性能直接影响脱硝效率和系统的经济性。传统的SCR脱硝催化剂主要以钒钛基催化剂为主,但近年来,随着环保要求的提高和技术的进步,新型催化剂材料如分子筛、纳米材料等逐渐被引入到脱硝催化剂的研发中。这些新型材料具有更高的催化活性和选择性,能够在更低的温度下实现高效的脱硝效果。另外,催化剂的结构设计也是影响其性能的重要因素。通过优化催化剂的孔结构、比表面积和活性组分分布等,可以提高催化剂的传质效率和反应活性,从而进一步提高脱硝效率。通过调整反应温度、空速、氨氮比等参数,可以使催化剂在最佳的工作状态下运行,从而提高脱硝效率并降低运行成本。随着催化剂使用时间的增长,其活性会逐渐降低,需要进行再生处理。目前,常用的催化剂再生技术包括热再生、化学再生和生物再生等。其中,热再生技术操作简单、成本较低,但可能对催化剂的结构造成一定破坏;化学再生技术能够较好地恢复催化剂的活性,但操作复杂、成本较高;生物再生技术则是一种新兴的再生技术,具有环保、低成本的优点,但尚处于研究阶段。延长催化剂的再生周期是降低运行成本的重要措施。通过优化催化剂的配方、结构和反应条件等,可以延长催化剂的使用寿命和再生周期,从而降低系统的运行成本。利用先进的自动化和智能化技术,对催化剂的再生过程进行实时监控和管理。通过数据分析和智能决策,实现催化剂再生过程的优化和自动化控制,提高再生效率和降低运行成本。

### 3.2 脱硫脱硝工艺的创新

在烧结烟气脱硫脱硝技术的优化与创新中,脱硫脱硝工艺的创新是一个至关重要的方向。随着环保要求的日益严格和技术的不断进步,传统的脱硫脱硝工艺已经难以满足现代钢铁行业对排放标准的严格要求。因而开发新型、高效、环保的脱硫脱硝工艺成为了行业发展的必然趋势。传统的湿法脱硫工艺虽然脱硫效率高,但存在能耗大、水资源消耗多等问题。而干法脱硫工艺则具有能耗低、无废水排放等优势。因此,将湿法与干法相结合的脱硫工艺成为了创新的重要方向。这种工艺可以在保证脱硫效率的同时,降低能耗和水资源消耗,实

现绿色、低碳的排放。当然,随着技术的不断进步,脱硫脱硝设备逐渐向集成化、模块化的方向发展。这种设计可以使设备更加紧凑、高效,降低占地面积和投资成本。最后,智能化、自动化的控制系统是脱硫脱硝工艺创新的另一个重要方向。通过引入先进的传感器、控制器和算法等技术,实现对脱硫脱硝过程的实时监控和智能控制。这种控制系统可以根据烟气成分、流量等参数的变化,自动调节设备的运行参数,保证脱硫脱硝效率的稳定性和可靠性。

### 3.3 烟气处理技术的集成与优化

在烧结烟气脱硫脱硝技术的优化与创新中,烟气处理技术的集成与优化是提升整个烟气治理系统性能的关键环节。烟气处理技术的集成是将多种烟气治理技术有机结合,形成一个完整的、高效的烟气治理系统。这种集成不是简单的技术叠加,而是要根据烟气成分、排放标准和治理要求,综合考虑各种技术的优缺点,选择最适宜的技术进行组合和优化。在集成过程中,需要关注,技术匹配性:确保所选技术能够相互匹配,形成一个协调、高效的系统。经济性:综合考虑投资成本、运行成本和维护成本,选择性价比最高的技术方案。环保性:确保治理后的烟气能够达到排放标准,同时减少二次污染。随后,在集成的基础上,还需要对烟气处理技术进行优化,以进一步提升治理效果和降低运行成本<sup>[1]</sup>。操作参数优化:通过调整操作参数,如反应温度、压力、流量等,使系统在最佳状态下运行。催化剂优化:针对具体烟气成分和排放标准,选择合适的催化剂并进行优化,提高脱硝效率。设备结构优化:对设备结构进行优化设计,减少能耗和占地面积,提高设备的可靠性和稳定性。

### 3.4 副产品资源化利用

随着环保法规的日益严格和资源的日益紧张,将脱硫脱硝过程中产生的副产品转化为有价值的资源,不仅可以降低环境治理成本,还能促进资源循环利用和可持续发展。在烧结烟气脱硫脱硝过程中,通常会产生一系列副产品,如石膏、硫酸铵、氮氧化物等。这些副产品如果处理不当,不仅会增加环境治理成本,还可能对环境造成二次污染。因此,将副产品进行资源化利用,将

其转化为有价值的资源,对于降低环境治理成本、提高资源利用效率具有重要意义。

#### 3.4.1 石膏的资源化利用

石膏是湿法脱硫过程中产生的主要副产品。经过加工处理后,石膏可用于建筑、水泥、农业等领域。例如,将石膏加工成石膏板、石膏砌块等建筑材料,具有防火、隔音、保温等优点;将石膏用于水泥生产,可以提高水泥的强度和耐久性;将石膏用于农业领域,可作为肥料和土壤改良剂。

#### 3.4.2 硫酸铵的资源化利用

硫酸铵是氨法脱硫过程中产生的主要副产品。硫酸铵是一种重要的氮肥原料,可直接用于农业生产。此外,硫酸铵还可用于生产复合肥、过磷酸钙等化肥产品,提高肥效和利用率。

#### 3.4.3 氮氧化物的资源化利用

在脱硝过程中,氮氧化物被还原为氮气和水。虽然氮气是一种惰性气体,但可以通过特定的技术将其转化为其他有价值的化合物。例如,通过催化还原技术将氮气转化为氨气,氨气可用于生产氮肥、合成纤维等产品;另外,氮气还可用于工业制冷、气体保护等领域。

### 结语

总的来说,烧结烟气脱硫脱硝技术的广泛应用不仅有效减轻了钢铁行业对大气环境的污染,同时也展现了工业发展与环境保护相协调的可行性。展望未来,随着技术的不断进步和创新,我们有理由相信,烧结烟气脱硫脱硝技术将在提高治理效率、降低运行成本方面取得更大突破,为钢铁行业的绿色可持续发展注入更强劲的动力。

### 参考文献

- [1]吴振山,吕万峰,宋克龙,等.活性炭烟气脱硫脱硝技术在烧结机中的应用调试[J].硫磷设计与粉体工程,2020(4):38-42.
- [2]赵冯韬,王钊.利用烟气循环协同脱硫脱硝处理烧结废气的可行性研究[J].低碳世界,2019(10):7-8.
- [3]张奇,万利远,丁志伟.烧结烟气脱硝工艺探讨[J].矿业工程,2019,15(10):43-46.