

有色冶炼烟气同时脱硫脱硝技术研究

易 兵

甘肃白银市白银区华鑫九和再生资源有限公司 甘肃 白银 730900

摘要: 本文重点讨论有色金属冶炼过程中同时实现烟气脱硫和脱硝的技术。首先阐述了有色冶炼烟气的特点,包括成分复杂、温度高、气量波动大等,并分析了其对环境和人体健康的危害。接着详细介绍了现有脱硫脱硝技术的分类,如湿法、干法、半干法等,探讨了它们的原理和特点。还深入研究了同时脱硫脱硝技术在不同领域的应用情况,包括湿法、干法和生物法等技术的应用效果和优势。

关键词: 有色冶炼; 烟气; 脱硫脱硝; 技术研究

引言: 随着有色冶炼行业的快速发展,其产生的大量烟气带来了严重的环境污染问题。有色冶炼烟气具有独特的特点,给治理工作带来巨大挑战。当前,单独的脱硫或脱硝技术已难以满足环保要求,同时脱硫脱硝技术的研发和应用成为当务之急。本文旨在深入探讨有色冶炼烟气同时脱硫脱硝技术,为解决行业污染问题提供思路和方法。

1 有色冶炼烟气的特点及危害

1.1 有色冶炼烟气的特点

(1) 成分复杂: 有色冶炼过程中产生的烟气成分多样,除了常见的二氧化硫(SO_2)和氮氧化物(NO_x)外,往往还夹杂着多种其他污染物,如重金属(铅、镉、汞等)、颗粒物、氟化物、氯化物等。这些复杂的成分使得治理难度大幅增加。例如,某些有色金属矿石中本身就含有氟和氯元素,在冶炼过程中会以氟化物和氯化物的形式释放到烟气中。(2) 温度较高: 有色冶炼烟气的温度通常处于100-300℃之间。高温不仅增加了处理设备的耐热要求,也对后续的冷却和净化工艺提出了挑战。(3) 气量波动大: 由于生产工艺的不稳定性,有色冶炼烟气的产生量以及其中污染物的浓度会出现较大幅度的变化。这要求处理系统具备良好的适应性和调节能力。

1.2 有色冶炼烟气的危害

有色冶炼烟气对环境和公共健康构成了严重的威胁。二氧化硫(SO_2)和氮氧化物(NO_x)的排放是导致酸雨形成的主要“元凶”。酸雨降落至地表,导致水体酸碱度降低,进而对水生生物的生存及繁衍带来负面影响,破坏了水生态平衡。土壤在酸雨的侵蚀下,肥力逐渐下降,影响农作物的生长和质量。植被也难以幸免,酸雨会损害叶片,阻碍光合作用,导致植物生长不良甚至死亡。此外,建筑物的表面,尤其是由大理石、石灰石等材料构成的部分,会在酸雨的作用下发生腐蚀和风

化,缩短其使用寿命。

长期生活在富含 SO_x 和 NO_x 的环境中,人类的呼吸系统首当其冲。这些污染物会刺激呼吸道黏膜,引发咳嗽、哮喘等症状,增加患上慢性支气管炎、肺气肿等呼吸系统疾病的风险。而且,它们还可能进一步影响心血管系统,诱发心血管疾病,对人体健康造成严重威胁。

1.3 现有脱硫脱硝技术概述

为了减轻有色冶炼烟气对环境造成的不良影响,科研人员和工程师们经过不懈努力,研发出了多种多样的脱硫脱硝技术。在脱硫技术方面,湿式洗涤法利用液体吸收剂与二氧化硫发生化学反应,从而将其从烟气中去除^[1]。这种方法具有较高的脱硫效率,但存在废水处理和设备腐蚀等问题。喷雾干燥法通过将吸收剂制成雾状与烟气接触,实现脱硫,具有工艺相对简单的优点,但脱硫效果可能受到一定限制。循环流化床法则依靠气固两相的充分接触来达到脱硫目的,具有较好的适应性,但操作控制要求较高。脱硝技术中,选择性催化还原(SCR)通过催化剂促使氮氧化物与氨气反应转化为无害物质,脱硝效率高,但催化剂成本较高且易中毒。选择性非催化还原(SNCR)在高温下使氮氧化物与还原剂反应,投资相对较低,但脱硝效率一般。吸附法则利用吸附剂对氮氧化物进行吸附和脱附,操作较为灵活,但吸附剂的再生和更换是需要考虑的问题。

2 有色冶炼烟气同时脱硫脱硝技术分类

2.1 湿法同时脱硫脱硝技术

湿法同时脱硫脱硝技术是通过液体吸收剂与有色冶炼烟气中的污染物发生化学反应,从而实现同时去除二氧化硫(SO_2)和氮氧化物(NO_x)的目的。

2.1.1 络合吸收法

络合吸收法是利用某些金属络合剂与NO形成稳定络合物来达到吸收NO的效果。常见的络合剂如亚铁络合

剂、钴络合剂等，能够迅速与NO结合。这种方法的优点在于反应速度较快，能够对NO进行高效吸收，尤其在NO浓度较低的情况下也能发挥较好的作用。

然而，络合吸收法存在一些局限性。络合剂通常价格昂贵，增加了处理成本。并且，络合剂的再生过程较为复杂，循环使用难度大，进一步提高了运行成本。

2.1.2 氧化吸收法

首先，氧化吸收法通过将NO转化为高价氮氧化物，如NO₂、N₂O₅等，然后再通过吸收剂将其吸收去除。该方法的优点是适用范围较广，对不同工况下的有色冶炼烟气都有一定的处理效果，且脱硫脱硝效率相对较高。但氧化吸收法也有不足之处。在氧化过程中，所使用的氧化剂往往成本较高，增加了运行费用。同时，还可能产生二次污染，需要额外的处理措施来消除这些潜在的环境风险。

2.2 干法同时脱硫脱硝技术

干法同时脱硫脱硝技术是指在不使用液体吸收剂的情况下，通过固体吸附剂或其他物理化学手段对有色冶炼烟气中的二氧化硫和氮氧化物进行去除。

2.2.1 活性炭吸附法

活性炭具有较大的比表面积和多孔性，能够有效移除有色金属冶炼过程中的硫和氮氧化物。其工作原理是：活性炭表面的孔隙和活性位点能够吸附气体分子，将二氧化硫和氮氧化物固定在活性炭上。在一定条件下，吸附达到饱和后，可以通过加热或其他方法对活性炭进行再生，使其恢复吸附能力。

这种方法的优点在于能够同时去除多种污染物，并且在处理过程中不会产生废水。然而，活性炭吸附法也存在一些缺点。活性炭容易因中毒或孔隙堵塞而失活，需要频繁更换或再生，这增加了运行成本。此外，投资成本也相对较高。

2.2.2 等离子体法

等离子体法是利用高能电子、自由基等活性粒子与有色冶炼烟气中的二氧化硫和氮氧化物进行化学反应，将其转变为无害物质，将其转化为无害物质。

其原理是：通过高压放电等方式产生等离子体，其

中的活性粒子具有高能量和强氧化性，能够迅速分解二氧化硫和氮氧化物分子。

该方法的优点是反应迅速，对污染物的去除效率高，尤其适用于处理低浓度的烟气。并且操作较为灵活，可以根据实际情况进行调整。但是，等离子体法也有明显的不足。其能耗较高，需要消耗大量的电能来维持等离子体的产生和反应。同时，设备复杂，投资和维护成本高。

2.3 半干法同时脱硫脱硝技术

半干法同时脱硫脱硝技术介于湿法和干法之间，兼具两者的部分特点。

2.3.1 喷雾干燥法

喷雾干燥法是将脱硫脱硝的吸收剂制成浆液，通过喷雾装置将其喷入含有有色冶炼烟气的反应室中。

其工作原理为：浆液在喷雾过程中形成细小的液滴，与高温烟气接触后，液滴中的水分迅速蒸发，吸收剂与烟气中的二氧化硫和氮氧化物发生化学反应，实现同时脱硫脱硝。

该方法的优点在于工艺流程相对简单，系统操作方便，而且对设备的腐蚀性较小^[2]。然而，喷雾干燥法也存在一定的局限性。其吸收剂的利用率相对较低，导致需要消耗较多的吸收剂。同时，脱硫脱硝的效率相对有限。

2.3.2 循环流化床法

循环流化床法是在流化床内，使吸收剂在气流的作用下处于流化状态，与有色冶炼烟气充分接触并发生反应。

其原理是：通过控制气流速度和流化床内的条件，保证吸收剂与烟气的良好混合和充分反应。

这种方法的优点是气固接触良好，反应效率较高，能够适应较大的烟气量和污染物浓度变化。但循环流化床法也有缺点，即对床内的流化状态和反应条件控制要求较为严格。如果控制不当，可能会影响脱硫脱硝的效果。

3 同时脱硫脱硝技术的应用研究

3.1 湿法同时脱硫脱硝技术的应用

湿法同时脱硫脱硝技术作为一种有效的烟气处理手段，在工业领域发挥着重要作用。

脱硫系统入口烟气参数(单套)见表1:

表1 脱硫系统入口烟气参数(单套)

标况烟气流速 Nm ³ /h	烟气温度 °C	烟气含尘mg/Nm ³	烟气压力 Pa	烟气主要成分 V%					
				CO ₂	H ₂ O	SO ₂	N ₂	O ₂	共计
3×54798.24	≤ 140	10	4000	14.33	12.72	0.75	66.15	6.05	100

其工作原理是通过液体吸收剂与烟气中的污染物接触并进行化学反应来实现其功能，从而实现对二氧化硫

(SO₂)和氮氧化物(NO_x)的去除。所使用的吸收剂多种多样，水溶液能够溶解部分污染物，碱性溶液如氢氧化

化钠溶液可以与酸性的二氧化硫发生中和反应，而氧化剂则能将氮氧化物氧化为更易被吸收的形态。

在实际的工业应用中，该技术展现出了显著的优势。以某铜冶炼厂为例，他们采用湿式石灰石-石膏法来处理烟气，并巧妙地通过添加氧化剂来增强对 NO_x 的去除效果。这一举措取得了令人瞩目的成果， SO_2 的去除率高达95%以上， NO_x 的去除率也成功超过了80%。这不仅显著降低了污染物的排放，也为企业实现可持续发展、履行环保责任奠定了坚实基础。此外，还有许多其他企业也成功应用了湿法同时脱硫脱硝技术，并根据自身的生产特点和烟气成分进行了优化和改进。例如，有的企业通过调整吸收剂的浓度和配比，进一步提高了脱硫脱硝的效率；有的则在设备选型和工艺流程设计上做文章，降低了运行成本和维护难度。

然而，湿法同时脱硫脱硝技术也并非十全十美。在实际应用中，它可能存在一些问题，比如处理后的废水需要妥善处理，以避免造成二次污染；设备容易受到腐蚀，需要选用耐腐蚀的材料或采取防腐措施等。

3.2 干法同时脱硫脱硝技术的应用

干法同时脱硫脱硝技术作为一种高效且环保的烟气处理手段，在工业领域正逐渐展现出其独特的优势。

该技术主要依靠固体吸附剂或催化剂与烟气中的二氧化硫(SO_2)和氮氧化物(NO_x)在处理污染物的过程中，通过物理或化学反应达到清洁效果。其显著优点之一便是无需处理大量的废液，从而极大地降低了二次污染的风险，减少了对环境的潜在危害。

在铅锌冶炼行业中，活性炭吸附法作为一种典型的干法同时脱硫脱硝技术得到了广泛应用。通过精心筛选和优化活性炭的种类，如选择具有高比表面积和丰富孔隙结构的活性炭，能够显著提高其吸附性能。同时，合理调控吸附条件，包括温度、湿度、气体流速等因素，能够进一步增强活性炭与污染物之间的相互作用，提高脱硫脱硝效率。

实际应用结果表明，这种技术在处理铅锌冶炼烟气时表现出色。 SO_2 和 NO_x 的去除率均超过了90%，有效地减少了污染物的排放。更为重要的是，在吸附过程中，还能够回收一些有价值的金属元素，如铅、锌等。这些回收的金属元素可以作为宝贵的资源进行再利用，不仅降低了生产成本，还实现了资源的循环利用，符合可持

续发展的理念。

除了铅锌冶炼行业，干法同时脱硫脱硝技术在其他领域，如钢铁、化工等行业的应用也在不断拓展和深化。随着技术的不断进步和创新，相信未来干法同时脱硫脱硝技术将会在更多的工业场景中发挥重要作用，为保护环境和实现资源的高效利用做出更大的贡献。

3.3 生物法同时脱硫脱硝技术的应用

生物法同时脱硫脱硝技术作为环保领域的新兴力量，正逐渐展现出其独特的魅力和巨大的应用潜力。

这一技术的核心在于巧妙地利用微生物的强大代谢能力，将烟气中有害的二氧化硫(SO_2)和氮氧化物(NO_x)进行降解或转化^[3]。微生物通过一系列复杂的生化反应，将这些污染物转化为无害物质或能够被进一步处理的中间产物。

在某锡冶炼厂的成功应用案例中，科研人员经过精心筛选，找到了具有高效脱硫脱硝能力的微生物菌株。这些菌株如同环保“战士”，具备特异性的酶系统和代谢途径，能够针对性地处理烟气中的污染物。

为了让这些微生物充分发挥作用，这些微生物被安置在特制的生物反应器里。生物反应器能够为微生物的生长提供适宜的生态环境，包括适宜的温度、湿度以及所需营养物质等条件。使其能够稳定地进行代谢活动。

研究结果令人振奋，在经过优化的适宜操作条件下，生物法展现出了出色的性能。高达85%的 SO_2 去除率和70%以上的 NO_x 去除率，不仅有效减少了污染物的排放，更证明了该技术在实际应用中的可行性和有效性。

结束语

通过本文对各类技术的探讨，我们看到了现有技术的成效与不足。未来，应继续加大研发投入，优化现有技术，降低成本，提高效率。同时，加强技术创新，探索更高效、环保、经济的新方法，为推进有色金属行业的持续发展，实现经济与环境的双重效益。

参考文献

- [1]李建舟.有色冶炼烟气脱硫脱硝技术研究[J].基层建设,2020,14(16):135-136.
- [2]赵志龙,王芳,童震松.有色冶炼烟气脱硝技术现状及展望[J].环境科学与管理,2020,45(10):78-81.
- [3]徐云龙,梁均方,等.金属氧化物催化法在烟气脱硫脱硝中的应用研究[J].工业安全与环保,2020,46(5):90-92.