

脱硝、脱硫协同处理的高效策略探究

单西海

江苏爱尔沃特环保科技有限公司, 江苏 徐州 221100

摘要：在当前环保大潮下，研究脱硝与脱硫一体化工艺是提高工业废气治理效能的重要途径，将脱硝与脱硫有机结合不但可以大幅降低污染物的排放，而且对节能降耗具有重要意义。因而深刻探究二者之间的协同效应与相互作用机制，对推动环境管理向高效、可持续方向发展具有重要意义，相关人员必须思考如何巧妙地融合环保措施与经济效益，以达到最佳的平衡效果。只有当环保战略与经济增长策略能够相辅相成，形成一种相互促进的良性循环时，人们才能在保障生态系统健康的同时实现经济上的增值和社会福祉的提升。希望通过本文的研究可以为政策制定提供科学依据，为企业实践提供指导，共同绘制出一条既符合自然规律又适应人类需求的绿色发展之路。

关键词：脱硝；脱硫；协同处理；高效策略

Study on Efficient Strategies of Denitrification and Desulfurization Collaborative Treatment

Shan Xihai

Jiangsu Erwert Environmental Protection Technology Co., LTD. Xuzhou, Jiangsu 221100

Abstract： In the current tide of environmental protection, the study of denitrification and desulfurization integration process is an important way to improve the efficiency of industrial waste gas treatment, the organic combination of denitrification and desulfurization can not only greatly reduce the emission of pollutants, but also has important significance for energy saving and consumption reduction. Therefore, to deeply explore the synergistic effect and interaction mechanism between the two is of great significance to promote the development of environmental management to an efficient and sustainable direction. Relevant personnel must think about how to skillfully integrate environmental protection measures and economic benefits to achieve the best balance effect. Only when environmental protection strategy and economic growth strategy can complement each other and form a virtuous circle of mutual promotion, people can realize economic value-added and social well-being while protecting the health of the ecosystem. It is hoped that the research of this paper can provide scientific basis for policy formulation, provide guidance for enterprise practice, and jointly draw a green development road that conforms to the law of nature and ADAPTS to human needs.

Keywords： denitration; desulfurization; collaborative processing; efficient strategy

引言

在当今这个日益关注环境质量和人类健康的时代，脱硝与脱硫技术的结合不仅是应对当前严峻大气污染挑战的关键措施，也是实现大气环境保护目标、推动绿色发展战略的重要途径。工程人员通过这种协同处理方式，可以有效地减少氮氧化物（NO_x）和二氧化硫（SO₂）的排放，从而显著降低空气污染水平，改善空气质量，并对保护人民群众的身心健康产生积极影响。因此深入研究和开发高效的脱硝与脱硫协同控制策略显得尤为迫切，它对于提高我国乃至全球的环保技术水平具有重要意义，同时是为子孙后代创造一个更加清新、健康的生存环境的责任所在。

一、大气污染中氮氧化物（NO_x）和二氧化硫（SO₂）排放的危害

NO_x 和 SO₂ 是我国空气质量的主要组分，其排放会对环境造成严重的危害。氮氧化物（NO_x）可参与光化学过程，生成

光化学烟雾，导致空气质量下降，给交通、人民生活带来负面影响，同时也会刺激呼吸道、诱发肺部疾病等。另外，氮氧化物（NO_x）也是酸雨生成的主要前体物质，它会对土壤、水体、建筑等产生侵蚀与损伤，进而对生态平衡及人类居住环境产生不利影响。^[1]

作者简介：单西海（1992.02-），男，汉族，江苏省徐州市铜山区人，本科，工程师，研究方向：脱硝，脱硫，脱硝催化剂，煤气精脱硫。

二氧化硫 (SO₂) 也是造成酸雨的重要原因, 它进入大气后会发生一系列的化学变化, 如硫酸, 并随雨水降落引起土壤酸化, 对作物的生长造成严重的危害, 严重时还会造成森林植物的枯死。同时高浓度 SO₂ 对人类呼吸道也具有较强的刺激性, 容易引起呼吸道疾病, 如咳嗽、气喘等, 甚至会引发更严重的健康问题。

二、脱硝、脱硫基本原理

(一) 脱硝原理

氮氧化物 (NO_x) 的去除是一种重要的技术, 目前常用的脱硝技术主要有选择性催化还原 (SCR)、选择性非催化还原 (SNCR) 等。选择性催化还原 (SCR) 是在催化剂的作用下, 利用还原剂 (如氨气) 将 NO_x 还原为氮气和水, 其化学反应式为: $4NO + 4NH_3 + O_2 \rightarrow 4N_2 + 6H_2O$ (以 NO 为例)。在这个过程中, 催化剂起到关键作用, 它能够降低反应的活化能使反应在较低温度下高效进行。

而选择性非催化还原 (SNCR) 则是在没有催化剂的情况下, 直接将还原剂喷入到高温烟气中, 使 NO_x 与还原剂发生反应生成氮气和水。^[2] 一般反应温度要求较高, 通常在 850 - 1100°C 之间, 其反应式例如: $4NO + 4NH_3 + 3O_2 \rightarrow 4N_2 + 6H_2O$ (以 NO 为例)。

(二) 脱硫原理

脱硫的过程是为了有效地除去烟气中的二氧化硫 (SO₂), 以达到排放标准。目前广泛应用的脱硫方法主要包括石灰石和石膏法, 该方法利用石灰石与石膏反应生成的氢氧化钙来吸附和分解二氧化硫。其中干法脱硫则通过添加化学吸收剂, 如亚硫酸钠或硫酸钠等, 在不产生湿式所需的水时进行吸收; 半干法脱硫会采用介于上述两种方法之间的工艺, 它结合部分湿法的效果, 同时减少对环境的影响。这些脱硫方法各有其特点和适用场景, 企业可根据自身的需求和条件选择最合适的脱硫技术。另外, 石灰石 - 石膏法是目前应用较为广泛的脱硫技术, 其原理是利用石灰石 (CaCO₃) 作为吸收剂, 在吸收塔内, SO₂ 与石灰石浆液发生反应, 生成亚硫酸钙 (CaSO₃), 然后亚硫酸钙被氧化为硫酸钙 (CaSO₄), 最终生成石膏 (CaSO₄ · 2H₂O)。主要反应式为: $SO_2 + CaCO_3 + 1/2O_2 \rightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O + CO_2$ 。

三、脱硝、脱硫协同处理的现有技术与问题分析

(一) 现有协同处理技术概述

目前已有多种协同处理脱硝和脱硫的工艺, 如将脱硝与脱硫一体化的集成装置或流程, 通过反应区域的选择、反应条件的调控, 实现 NO_x 与 SO₂ 的同步高效脱除。还有技术利用特定的复合催化剂对 NO_x 起到催化还原作用, 也对 SO₂ 进行吸附或反应转化, 从而在一定程度上实现协同处理效果。^[3]

(二) 存在的主要问题

1. 催化剂中毒与失活

在脱硝和脱硫一体化工艺中, 催化剂是关键, 但在实际操作

过程中, 催化剂易受各种因素的影响而发生毒化和失活。如燃煤烟气中的粉尘、重金属 (砷、汞等)、碱金属 (钾、钠等) 会吸附于催化剂上, 使其活性位被阻塞, 不能正常工作。此外, 部分硫化物 (如硫化氢等) 还会与催化剂发生化学反应, 导致催化剂的化学结构发生变化, 从而导致催化性能下降, 甚至彻底失去活性。

2. 副产物处置困难

在进行协同加工的过程中, 工程人员常常会发现一系列副产品的产生, 例如溶剂残留物、化学品残留以及其他化学物质, 它们通常具有特定的用途和价值。在一些脱硝过程中, 除产生氮、水之外, 还会生成少量的 NO_x 二次污染物 (如氧化亚氮等), 其治理过程较为复杂, 目前尚无高效的治理手段。^[4]

3. 设备腐蚀与堵塞

在进行脱硝处理和脱硫技术时, 由于烟气的成分中含有氮氧化物 (NO_x) 和二氧化硫 (SO₂) 等酸性物质, 这些物质一旦与设备直接接触, 便会迅速产生化学反应, 这一过程会导致设备材料表面的快速腐蚀, 进而可能对设备造成严重损害。因此为防止这种情况发生, 工程人员必须采取适当的保护措施, 如使用耐酸性涂层或特殊设计的材料来增强设备的抗腐蚀性。同时定期检查和维护也是确保设备长期稳定运行的关键, 尤其在某些湿法加工过程中, 由于废液中含有大量的酸液, 会对金属零件造成持续的腐蚀, 从而降低设备的使用寿命。^[5]

四、高效脱硝、脱硫协同处理策略探究

(一) 新型催化剂研发与应用

为了应对催化剂因中毒或失活而导致的种种挑战, 研发新型催化材料显得尤为关键, 这些材料应当具备高度稳定性和高效性, 以确保在各种工业过程中发挥出色的性能。^[6] 工程人员通过不断地实验探索与技术创新能够克服现有的限制, 推动催化科技向前发展。而新的催化材料必须具有较强的耐毒性, 以此有效抵御烟尘中多种有害物质 (粉尘、重金属、碱金属、硫化物等) 的腐蚀。^[7]

(二) 协同处理工艺优化与创新

1. 工艺流程改进

工程人员通过对现有脱硫脱硝联合处理流程的改进, 能够显著提升处理效率, 同时也能有效降低整个过程中所需的能耗和成本, 这种改造不仅可以增强系统的环保性能, 还能在不牺牲任何质量标准的前提下实现更经济、更高效地运行。例如工程人员通过对反应区布置的优化, 实现 NO_x 与 SO₂ 的充分反应, 降低无反应性气体的排放, 通过对反应条件 (如温度、压力、停留时间等) 的调控, 保证反应在最优的反应条件下进行, 从而提高反应的转化率。^[8]

2. 多技术联合应用

综合运用多种脱硝和脱硫技术是一条行之有效的革新途径。比如将 SCR 技术与石灰石 - 石膏工艺相结合充分发挥 SCR 脱硝性能和石灰石 - 石膏工艺的优势, 实现 NO_x 与 SO₂ 的协同、高效

治理。工程人员也可以考虑将干法脱硫技术与 SNCR（选择性非催化还原）工艺巧妙地整合，因为这样不仅能够根据实际工作环境中的具体条件来灵活调整，还能充分发挥各自在烟气处理方面的优势。

（三）过程控制与智能化管理

1. 实时监测与控制系统构建

为了实现氮氧化物（NO_x）和二氧化硫（SO₂）排放的精确控制，工程人员需要构建一个集成了多项关键参数的在线监控系统，实时监测 NO_x、SO₂ 浓度，详细记录温度、压力和流速等关键参数。工程人员通过这种全方位的在线监测机制，可以有效地实现高效脱硝与脱硫技术的协同运作，确保污染物得到最佳处理效果，同时也保证环保法规的严格遵守。这一创新的监控系统将为工业生产中的环境保护提供强有力的技术支持，通过在重要部件上加装传感器，能够实时掌握设备的工作状况，从而对故障进行检测和处理。例如如果氮氧化物的含量突然上升，说明脱硝系统有问题，要对催化剂和还原剂的供应状况进行检查。^[9]

2. 智能化运行管理策略

在当今这个数据驱动的时代，通过大规模搜集环境监测的数据，并运用先进的大数据分析技术进行深入分析，工程人员可以揭示出一些以往被忽视的规律与问题。同时利用这些数据科研人员能够对 NO_x 和 SO₂ 这两种主要污染物的排放情况进行细致的

探究。比如他们可以研究在不同季节中这些污染物排放的变化趋势，或者在特定的工作条件下，不同的气象条件、交通流量或工业活动水平等因素是如何影响这些污染物的排放的。^[10]

通过这样的分析，科学家们就能提前预测可能出现的污染峰值，从而制定出更为有效的应对措施，比如调整能源使用策略、优化车辆路线规划、改进工业生产流程以减少污染物排放。这种前瞻性的数据管理和分析技术既可以提高环境保护的效率，也能够为政策制定者提供了强有力的数据支持，使得工程人员能够更加精准地实施环保措施，推动社会朝着更绿色、更可持续发展的方向迈进。

五、结语

综上所述，将脱硝和脱硫相结合对降低空气污染具有重要意义。目前虽然已有一些研究成果，但仍然存在着一系列亟待解决的问题，制约着该技术在实际应用中的效率与环境效益。为此亟需对该工艺进行进一步的研究与完善，以满足更高的环境需求。本文通过对新催化剂的开发与应用、协同处理过程的优化与创新、工艺调控与智能化管理等方面的研究，以期提高协同处理工艺的效能，降低空气污染，提高环境品质，促进经济与环境的和谐发展。

参考文献

- [1] 朱骏. 火电厂锅炉烟气脱硫脱硝协同控制技术探析 [J]. 电力设备管理, 2024, (18): 283-285.
- [2] 王玮. 赤泥协同添加剂在烟气脱硫脱硝中的应用实验研究 [J]. 山西化工, 2024, 44(05): 162-164. DOI: 10.16525/j.cnki.cn14-1109/tq.2024.05.060.
- [3] 保德山, 任梵, 张秋林. 焦炉烟气低温钒系 NH₃-SCR 脱硝应用与展望 [J]. 云南化工, 2024, 51(03): 13-15+27.
- [4] 赵婉莹. 船舶舱底油污水与废气洗涤废液的协同处理方法 [D]. 大连海事大学, 2023. DOI: 10.26989/d.cnki.gdlhu.2023.001390.
- [5] 周龙, 王军正, 欧阳丹丽. 校企“协同”育人模式下“烟气脱硫脱硝及副产物资源化”课程建设与实施 [J]. 云南化工, 2023, 50(05): 201-204.
- [6] 杨敏. 火电厂锅炉烟气脱硫脱硝协同控制技术研究 [J]. 清洗世界, 2023, 39(03): 69-71.
- [7] 潘俊萍, 汤秀丽, 刘浩. 烟气一体化超低排放技术的应用与研究进展 [J]. 资源节约与环保, 2022, (09): 1-4. DOI: 10.16317/j.cnki.12-1377/x.2022.09.002.
- [8] 王军, 唐遥, 李朝进, 等. 马钢焦炉烟气脱硫脱硝装置的运行实践 [J]. 冶金动力, 2023, (01): 30-34. DOI: 10.13589/j.cnki.yjdl.2023.01.016.
- [9] 谢伟. 燃煤电厂脱硫智能控制技术和智慧协同管理平台应用 [C] // 浙江省电力学会2021年度优秀论文集. 浙江大唐乌沙山发电有限责任公司, 2022: 3. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2022.018158.
- [10] 侯长江, 张余亮, 田京雷, 等. 烧结烟气脱硫协同脱硝副产物在水泥中的应用 [J]. 河北冶金, 2022, (06): 70-76. DOI: 10.13630/j.cnki.13-1172.2022.06.15.