

化工企业氨法脱硫工艺的设备选型与优化

户耀博

国家能源集团宁夏煤业煤制油分公司动力厂

DOI: 10.12238/jpm.v5i10.7314

[摘要] 随着环保法规的日益严格，化工企业对大气污染物的控制需求不断增强。氨法脱硫作为一种高效、经济的脱硫技术，其在化工企业中的应用日益广泛。本文主要探讨了氨法脱硫工艺中的关键设备选型问题，并提出了相应的优化策略。分析了氨法脱硫工艺的基本原理和工艺流程；针对脱硫塔、吸收剂制备系统、氧化系统等关键设备进行了详细的选型分析；基于实际工程案例，探讨了设备运行参数对脱硫效率的影响，并提出了优化措施；对氨法脱硫工艺的经济性和环境效益进行了综合评价。

[关键词] 氨法脱硫；设备选型；工艺优化；化工企业；环保

Equipment selection and optimization of ammonia desulfurization process in chemical enterprises

Hu Yaobo

National Energy Group Ningxia Coal to Oil Branch Power Plant

[Abstract] With the increasingly strict environmental regulations, chemical enterprises have a growing demand for controlling atmospheric pollutants. Ammonia desulfurization, as an efficient and economical desulfurization technology, is increasingly being applied in chemical enterprises. This article mainly discusses the selection of key equipment in the ammonia desulfurization process and proposes corresponding optimization strategies. Analyzed the basic principles and process flow of ammonia desulfurization technology; Detailed selection analysis was conducted on key equipment such as desulfurization tower, absorbent preparation system, and oxidation system; Based on actual engineering cases, the influence of equipment operating parameters on desulfurization efficiency was explored, and optimization measures were proposed; A comprehensive evaluation was conducted on the economic and environmental benefits of the ammonia desulfurization process.

[Key words] ammonia desulfurization; Equipment selection; Process optimization; Chemical enterprises; environment protection

引言：

在当前环保政策的推动下，化工企业面临着严峻的大气污染治理挑战。氨法脱硫技术以其高效性和经济性，成为化工行业脱硫的首选技术之一。然而，设备选型和工艺优化是确保脱硫效率和经济效益的关键因素。本文旨在通过深入分析氨法脱硫工艺中的关键设备选型问题，并提出相应的优化策略，以期为化工企业提供一种切实可行的脱硫解决方案。本文的研究不仅有助于提高化工企业的脱硫效率，还能促进企业经济效益的提升，具有重要的理论价值和实践意义。

一、氨法脱硫工艺概述

氨法脱硫工艺是一种广泛应用于工业烟气脱硫的化学方

法，其核心原理是利用氨作为吸收剂，与烟气中的二氧化硫（SO₂）发生化学反应，生成硫酸铵或硫酸氢铵，进而实现SO₂的去除。这一工艺不仅能有效降低烟气中的SO₂含量，还能回收利用生成的硫酸铵作为肥料，具有环保和经济双重效益。氨法脱硫工艺的实施通常包括烟气预处理、吸收、氧化、分离和副产品处理等步骤。在烟气预处理阶段，主要目的是去除烟气中的粉尘和调节烟气温度，为后续的脱硫反应创造良好条件。吸收阶段，烟气与氨溶液在脱硫塔内进行充分接触，SO₂与氨反应生成亚硫酸铵。

在氧化阶段，亚硫酸铵被氧化成硫酸铵，这一过程通常在脱硫塔中完成，需要加入氧化剂如空气来促进反应。分离阶段，

生成的硫酸铵溶液通过结晶、过滤等方法从烟气中分离出来，形成副产品。在副产品处理阶段，硫酸铵经过干燥、造粒等工艺处理，转化为可用作肥料的产品。氨法脱硫工艺的关键在于选择合适的吸收剂和催化剂，以及优化反应条件，如 pH 值、温度和停留时间等。这些因素直接影响脱硫效率和副产品的产量与质量。例如，pH 值的控制对于确保 SO₂ 与氨的反应效率至关重要，而温度的调节则影响氧化反应的速率和硫酸铵的结晶过程。在实际应用中，氨法脱硫工艺需要考虑多种因素，如烟气的成分、流量、SO₂ 浓度以及企业的经济承受能力等。工艺的设计和运行需要综合考虑这些因素，以实现最佳的脱硫效果和经济效益。

对于高硫烟气，需要增加氨的投加量和优化氧化条件，以提高脱硫效率。而对于烟气流量较大的情况，则需要设计更大的脱硫塔和更高效的分离设备。氨法脱硫工艺的运行稳定性和可靠性也是设计和运行中需要重点关注的问题。这涉及到设备的选型、材料的耐腐蚀性、控制系统的精确性以及维护管理的有效性等方面。通过采用先进的监测和控制技术，可以实时监控脱硫塔内的反应条件，及时调整运行参数，确保工艺的稳定运行。总之，氨法脱硫工艺作为一种成熟的工业烟气脱硫技术，其在化工企业中的应用具有广阔的前景。

二、氨法脱硫关键设备选型分析

氨法脱硫工艺中，关键设备的选型直接影响着整个脱硫系统的效率、稳定性和经济性。脱硫塔作为氨法脱硫工艺中的核心设备，其设计和选型至关重要。脱硫塔的设计需考虑烟气流量、SO₂ 浓度、操作压力以及所需的脱硫效率等因素。塔体通常采用耐腐蚀材料，如玻璃钢或不锈钢，以抵御硫酸铵溶液的腐蚀。塔内填料或托盘的设计也需重点考虑，以确保烟气与氨溶液之间的充分接触和混合，从而提高脱硫效率。吸收剂制备系统是另一个关键环节，它负责将氨源转化为适合脱硫反应的氨溶液。氨源可以是液态氨、氨水或无水氨，其选择取决于现场条件和成本效益分析。

制备系统的设计需确保氨的准确计量和稀释，以及与水的均匀混合，避免氨的过度挥发。氧化系统的作用是将亚硫酸铵氧化为硫酸铵，这一步骤对于提高副产品的质量和稳定性至关重要。氧化剂通常为空气，通过氧化风机送入脱硫塔或直接注入脱硫塔。脱硫塔的设计需考虑氧化剂的分布均匀性，以确保亚硫酸铵的完全氧化。在氨法脱硫工艺中，副产品的分离和处理同样重要。硫酸铵溶液需要通过结晶、过滤和干燥等步骤转化为固体肥料。分离设备如离心机或过滤机的选择，需根据硫酸铵溶液的性质和处理量来确定。干燥系统的设计则需考虑干燥效率、能耗和产品的质量要求。

控制系统的选型对于保证氨法脱硫工艺的稳定运行同样

关键。自动化控制系统可以实现对 pH 值、温度、流量等关键参数的实时监测和调节，确保脱硫反应在最佳条件下进行。控制系统的设计需集成先进的传感器、执行器和控制算法，以实现精确控制和故障诊断。氨法脱硫工艺中还需考虑辅助设备的选型，如烟气预处理系统中的除尘器、增压风机等。这些设备的选择需与整个脱硫系统的工艺参数相匹配，以确保烟气的有效处理和系统的稳定运行。

三、设备运行参数对脱硫效率的影响

氨法脱硫工艺中，设备运行参数的优化对提高脱硫效率至关重要。脱硫效率受多种参数影响，包括 pH 值、温度、停留时间、氨的投加量以及氧化剂的用量等。这些参数的精确控制是确保化学反应顺利进行，从而达到高效脱硫的关键。

pH 值是影响氨法脱硫效率的一个关键因素。在脱硫塔中，pH 值的控制直接影响到氨与 SO₂ 的反应速率和产物的生成。理想情况下，pH 值应维持在一定范围内，以保证亚硫酸铵的生成和随后的氧化反应。pH 值过高或过低都会影响脱硫效率，甚至可能导致副反应的发生，如氨的挥发损失。温度对脱硫效率同样具有显著影响。在适当的温度下，化学反应速率加快，有助于提高脱硫效率。过高的温度可能会导致氨的挥发损失，而过低的温度则可能减慢反应速率，影响脱硫效果。因此，温度的精确控制对于优化脱硫工艺至关重要。

停留时间是指烟气在脱硫塔内的停留时间，这一参数决定了烟气与氨溶液的接触时间，进而影响 SO₂ 的吸收效率。较长的停留时间有助于提高脱硫效率，但同时也会增加系统的能耗。因此，需要根据实际情况，通过实验和模拟确定最佳的停留时间。氨的投加量直接关系到 SO₂ 与氨的反应程度。过量的氨不仅会增加运行成本，还可能导致氨的挥发和环境污染。因此，精确计算并控制氨的投加量，以满足脱硫需求而不超过反应所需，是提高脱硫效率和降低成本的重要措施。

氧化剂的用量也是影响脱硫效率的重要因素。适量的氧化剂可以确保亚硫酸铵的完全氧化，生成硫酸铵。氧化剂用量不足会导致氧化不完全，影响副产品的质量和稳定性；而过量则可能增加运行成本，并可能引起塔内结垢等问题。除了上述参数外，烟气的成分和流量也会对脱硫效率产生影响。烟气中的其他污染物，如粉尘和氧气，可能会干扰脱硫反应，影响脱硫效率。因此，烟气的预处理和成分分析对于优化脱硫工艺同样重要。氨法脱硫工艺中设备运行参数的精确控制对于提高脱硫效率至关重要。通过实时监测和调整 pH 值、温度、停留时间、氨的投加量和氧化剂的用量等关键参数，可以确保脱硫反应在最佳条件下进行，从而实现高效、经济的脱硫效果。

四、氨法脱硫工艺的优化策略

氨法脱硫工艺的优化旨在提高脱硫效率、降低能耗和运营

成本,同时确保副产品的质量和稳定性。实现这一目标需要综合考虑工艺流程、设备性能、运行参数和控制策略等多个方面。在工艺流程方面,优化策略包括对烟气预处理、吸收、氧化、分离和副产品处理等各个环节的细致调整。例如,在预处理阶段,通过增加高效除尘设备,可以减少烟气中的粉尘含量,避免对脱硫塔填料的堵塞,提高烟气与吸收剂的接触效率。在吸收阶段,通过优化脱硫塔的设计,如增加塔高、改进填料结构,可以增加烟气与吸收剂的接触面积,提高SO₂的吸收率。

设备性能的优化同样关键。选择耐腐蚀、耐高温、易维护的材料和结构,可以延长设备的使用寿命,减少维护成本。同时,采用高效的搅拌器和喷嘴,可以提高氨溶液的分散性和与烟气的混合均匀性,从而提高脱硫效率。运行参数的精确控制是实现工艺优化的重要手段。通过实时监测pH值、温度、氨的投加量等关键参数,并根据反馈信息进行自动调节,可以保持脱硫反应在最佳条件下进行。通过优化氧化剂的投加策略,如采用分段氧化或脉冲式投加,可以提高氧化效率,减少氧化剂的用量。

控制策略的优化也是提高氨法脱硫工艺性能的有效途径。采用先进的自动化控制系统,可以实现对整个脱硫过程的精确控制。通过集成先进的传感器、执行器和控制算法,可以实现对关键参数的实时监测和自动调节,提高系统的稳定性和可靠性。副产品的回收和利用也是优化策略的重要组成部分。通过改进硫酸铵的结晶、过滤和干燥工艺,可以提高副产品的质量 and 市场价值。探索硫酸铵在农业、建材等领域的应用,可以拓宽副产品的市场,提高整个脱硫工艺的经济效益。在实际操作中,还需要考虑氨法脱硫工艺的可持续性。通过采用清洁能源和循环经济的理念,可以减少氨法脱硫工艺对环境的影响。

五、氨法脱硫工艺的经济与环境效益评价

氨法脱硫工艺不仅在技术上具有显著优势,其经济与环境效益同样不容忽视。从经济角度来看,氨法脱硫工艺的运行成本相对较低,主要体现在原料成本、能耗和设备维护等方面。氨作为一种廉价且易于获取的原料,其价格波动对脱硫成本的影响较小。氨法脱硫工艺的能耗相对较低,主要来自于烟气增压、氨溶液制备和副产品处理等环节,通过优化工艺流程和设备选型,可以有效降低能耗。环境效益方面,氨法脱硫工艺能有效减少SO₂的排放,降低酸雨的形成,对改善空气质量具有重要作用。SO₂的大量排放会导致土壤和水体酸化,对生态系统造成破坏。通过实施氨法脱硫,可以显著减少这些污染物的排放,保护环境和人类健康。氨法脱硫工艺产生的副产品硫酸铵具有较高的经济价值。

硫酸铵是一种重要的化肥原料,可以用于农业生产,提高

作物产量。通过回收和利用这些副产品,不仅可以减少对环境造成的污染,还可以为企业带来额外的经济效益。氨法脱硫工艺也存在一定的局限性。例如,氨的挥发可能导致氨的损失和环境污染,因此需要采取有效的控制措施,如优化氨的投加方式和控制pH值等。副产品的处理和运输也需要考虑成本和环境影响,需要建立完善的副产品回收和利用体系。为了全面评价氨法脱硫工艺的经济与环境效益,需要进行详细的成本效益分析。这包括对原料成本、能耗、设备投资、运行维护费用、副产品收益等方面的综合考量。

还需要评估脱硫工艺对环境质量的改善程度,如SO₂减排量、对酸雨的影响等。在实际操作中,还需要考虑政策因素和市场需求。随着环保法规的日益严格,氨法脱硫工艺的实施将得到更多政策支持和市场认可。企业通过实施氨法脱硫,不仅可以满足环保要求,还可以提升企业形象,增强市场竞争力。氨法脱硫工艺在经济和环境方面均具有显著优势。通过优化工艺流程、设备选型和控制策略,可以有效降低运行成本,提高副产品的经济价值。同时,通过减少SO₂排放,氨法脱硫工艺对改善环境质量具有重要作用。因此,氨法脱硫工艺是化工企业实现清洁生产、提升经济效益和环境效益的有效途径。

结语:

氨法脱硫工艺作为一种高效、经济的烟气脱硫技术,在化工企业中的应用具有显著的环境和经济效益。通过优化工艺流程、设备选型、运行参数和控制策略,可以有效提高脱硫效率,降低能耗和运营成本。同时,副产品的回收利用不仅减少了环境污染,还为企业带来了额外的经济效益。然而,氨法脱硫工艺的实施也需要考虑氨挥发控制、副产品处理等挑战。综合考虑成本效益分析和政策市场因素,氨法脱硫工艺是化工企业实现清洁生产、提升环境和经济效益的有效途径。随着环保法规的日益严格和市场需求的增长,氨法脱硫工艺的发展前景广阔,有望在未来的环保领域发挥更大的作用。

[参考文献]

- [1]赵宏宇, 王晓峰.氨法脱硫技术在化工企业的应用研究[J].环境工程, 2018, 36(2): 85-90.
- [2]李建华, 张丽华.氨法脱硫工艺优化与副产品利用[J].化工环保, 2019, 39(4): 45-49.
- [3]陈晨, 刘洋.氨法脱硫技术的经济与环境效益分析[J].工业安全与环保, 2020, 46(1): 72-76.
- [4]周杰, 刘强.氨法脱硫工艺中关键设备选型与优化[J].化学工程, 2021, 49(3): 34-38.
- [5]孙涛, 韩梅.氨法脱硫工艺的运行参数对脱硫效率的影响研究[J].环境科学与管理, 2022, 47(2): 58-62.