

# 氨法脱硫工艺的经济性分析与运行成本优化策略研究

孙朝霞（河北正元氢能科技有限公司，河北 黄骅 061100）

**摘要：**氨法脱硫技术作为一种高效的烟气脱硫工艺，已广泛应用于电力、化工等行业，能够有效去除烟气中的二氧化硫。然而，氨法脱硫工艺在实际运行过程中，其经济性问题日益凸显，尤其是初期投资、运行成本及长期效益的管理，已成为企业亟待解决的核心问题。本文基于氨法脱硫工艺的原理与技术特点，分析其在不同行业中的应用，深入探讨氨法脱硫的经济性，重点分析初期投资成本、运行成本及长期运营效益。

**关键词：**氨法脱硫；经济性分析；运行成本优化

中图分类号：T-9

文献标识码：A

文章编号：1674-5167(2025)015-0055-03

## Economic analysis and research on optimization strategies for operating costs of ammonia desulfurization process

Sun Chaoxia (Hebei Zhengyuan Hydrogen Energy Technology Co., Ltd., Huanghua Hebei 061100, China)

**Abstract:** Ammonia desulfurization technology, as an efficient flue gas desulfurization process, has been widely used in industries such as power and chemical, and can effectively remove sulfur dioxide from flue gas. However, in the actual operation of the ammonia desulfurization process, its economic issues have become increasingly prominent, especially the management of initial investment, operating costs, and long-term benefits, which has become a core problem that enterprises urgently need to solve. This article is based on the principle and technical characteristics of ammonia desulfurization process, analyzing its application in different industries, and deeply exploring the economic feasibility of ammonia desulfurization. The focus is on analyzing the initial investment cost, operating cost, and long-term operational benefits.

**Keywords:** ammonia desulfurization; Economic analysis; Optimization of operating costs

随着环保法规日益严格，氨法脱硫工艺作为一种高效、低能耗的脱硫技术，已经广泛应用于电力、化工等行业。然而，氨法脱硫在实际应用中面临着较高的初期投资和运行成本问题，这直接影响其经济效益和行业推广。因此，研究氨法脱硫工艺的经济性，探索其成本优化策略，具有重要的现实意义。本文将从氨法脱硫的基本原理与技术特点出发，深入分析其经济性，重点探讨初期投资、运行成本及长期运营效益，进而提出相应的优化策略，涵盖原料采购、能源消耗、设备维护及工艺流程优化等方面，以期为相关企业提供可行的成本控制与经济效益提升方案。通过系统的经济性分析，本文旨在为氨法脱硫技术的可持续发展和产业化推广提供理论支持。

### 1 氨法脱硫工艺概述

#### 1.1 氨法脱硫的基本原理与技术特点

氨法脱硫技术是一种利用氨作为吸收剂的湿法脱硫技术。其核心原理是通过氨水吸收烟气中的二氧化硫( $\text{SO}_2$ )，将其转化为硫酸铵等副产品。在氨法脱硫过程中，烟气中的 $\text{SO}_2$ 与氨水发生化学反应，生成硫酸铵溶液，随后该溶液经过进一步浓缩、结晶等处理，最终产生可销售的硫酸铵晶体<sup>[1]</sup>。该过程不仅能够有效去除烟气中的二氧化硫，还能够将硫酸铵副产

物回收用于农业等行业，具有较高的经济效益。相较于传统的石灰石-石膏法脱硫，氨法脱硫技术的主要优势在于脱硫效率高、设备投资少以及能够实现副产品的回收利用，从而大大降低运行成本。尤其是在二氧化硫排放标准日益严格的背景下，氨法脱硫因其良好的脱硫性能和环保效益，已被广泛应用于电力、化工等行业。

氨法脱硫技术主要通过湿法吸收的方式进行脱硫，其显著的技术特点包括：高效性：氨法脱硫能够在较低的温度下高效去除烟气中的 $\text{SO}_2$ ，且吸收效率通常能达到95%以上。副产品利用：反应过程中生成的硫酸铵是一种有价值的副产品，可以进一步加工用于化肥生产，提供经济回报。环境友好：相比其他脱硫技术，氨法脱硫不仅减少 $\text{SO}_2$ 的排放，还能有效去除烟气中的微量污染物，减少对环境的负面影响。设备要求：氨法脱硫工艺对于设备的要求较高，特别是需要设计合理的吸收塔和循环系统，以确保烟气与吸收液的有效接触，从而提高脱硫效率。

#### 1.2 氨法脱硫在不同行业中的应用

氨法脱硫广泛应用于多个行业，尤其是电力和化工行业，其良好的经济性和环境效益使其成为脱硫技术的首选方案之一。电力行业，氨法脱硫的应用较为

普遍，特别是在燃煤电厂中，氨法脱硫系统可以有效去除烟气中的二氧化硫，同时利用氨水生成的副产品硫酸铵，降低原料成本并提高经济效益<sup>[2]</sup>。例如，某大型火力发电厂在实施氨法脱硫技术后，其烟气中二氧化硫浓度降低 90% 以上，并且每年通过销售硫酸铵副产品，实现数百万元的经济回报。这不仅降低环保成本，还促进化肥行业的原料供应，实现多方共赢。在化肥生产领域，氨法脱硫同样具有广泛应用。化肥企业通过采用氨法脱硫技术，不仅能够减少有害气体的排放，还能将脱硫过程中产生的硫酸铵作为原料用于肥料生产，进一步降低生产成本。以某化肥企业为例，实施氨法脱硫后，其年生产的硫酸铵副产品不仅满足企业的需求，还能够出售剩余部分，带来可观的收入。

## 2 氨法脱硫的经济性分析

### 2.1 初期投资成本分析

氨法脱硫工艺的初期投资成本主要包括设备采购与安装、建设工程和前期调试等费用。设备采购方面，氨法脱硫系统需要购置反应塔、吸收塔、泵设备、循环水处理系统等设施，这些设备的成本通常较高。施工安装则涉及脱硫塔、管道和电气系统的建设，需要专业技术人员参与，建设过程中可能还涉及土建工程的施工，增加初期的投入<sup>[3]</sup>。此外，前期调试和工程验收也需要较大的资金支持。在预算中，初期投资的资金占比往往较高，但通过对比其他脱硫方法，氨法脱硫的投资回收期相对较短，因为其能产生硫酸铵等副产品，为企业提供额外的收入来源。不同的项目由于设计要求不同，所需的设备和材料有所不同，这也导致初期投资的波动。

### 2.2 运行成本分析

氨法脱硫工艺的运行成本主要由原料成本、能源消耗、人工成本和设备维护费用等几个方面组成。原料成本是运行中的主要支出之一，尤其是氨水或氨气的采购费用。氨水作为吸收剂，需定期补充，其价格波动可能会对成本产生影响<sup>[4]</sup>。能源消耗方面，氨法脱硫过程需要消耗一定的电力用于维持反应和设备的运转，尤其是在高温环境下，能效优化显得尤为重要。此外，设备的日常维护和更新也占据运行成本的一部分，尤其是对于一些高频率的机械故障和部件损耗，需要持续投入以保证系统的稳定运行。人工成本也是不可忽视的部分，尤其是对于大型脱硫装置的管理和操作人员，其工资支出是工厂长期运营中的一项固定成本。

### 2.3 长期运营效益分析

在长期运营过程中，氨法脱硫工艺面临的主要经

济问题之一是原料成本的波动。氨水作为脱硫过程中的关键原料，其市场价格会受到多种因素影响，如氨的生产成本、运输费用以及政策变动等。这种价格波动可能导致脱硫装置的运营成本增加，尤其是在长时间运行的情况下，原料的采购成本往往会逐渐累积，进而影响整体的经济效益。此外，设备的长期使用也可能带来隐性经济压力。尽管氨法脱硫系统具有较高的脱硫效率，但由于装置中涉及多个复杂的设备和工艺，如除尘系统、洗涤系统及水处理设施等，设备的老化、磨损和维护需求会增加长期运行的经济负担。特别是在长期运营中，设备维修和替换成本逐步上升，可能对企业的财务状况产生不小的压力。

## 3 运行成本优化策略

### 3.1 原料采购与资源利用优化

氨法脱硫工艺的经济性首先受到原料采购成本的影响，尤其是氨水和氨气的采购。通过优化原料采购渠道和加强供应商的价格谈判，可以有效降低原料采购成本<sup>[5]</sup>。例如，某化肥厂采用批量采购的方式与多家供应商签订长期合同，确保获得优惠价格，并对采购过程进行严格监控，以避免过度采购和库存积压。此外，资源的高效利用同样至关重要。提高氨水的循环利用率是降低运行成本的关键措施之一。通过在系统中安装精密计量设备，实时监控氨水的使用量，减少不必要的浪费。在一些案例中，工厂通过安装循环泵和回收装置，将冗余氨水回收再利用，达到显著的成本节约效果，原料消耗降低 15% 以上，显著提高经济效益。

### 3.2 能源消耗与设备维护优化

能源消耗是氨法脱硫工艺中最大的运行成本之一。为了减少能源消耗，一些企业采取节能技术改造，例如采用变频驱动设备来调节风机和泵的运行速度，从而优化电力使用。在一项案例中，某钢铁厂在其氨法脱硫系统中引入变频调速技术，使得其烟气引风机的电力消耗降低 20%。此外，设备的维护成本也是一个不可忽视的开支。设备故障往往会造成高昂的修理费用和停机损失，因此定期的设备维护和预防性保养至关重要。通过引入智能监控系统，实时检测设备的运行状态并提前预警，企业能够减少因设备故障导致的停机时间，降低维修成本。某电厂通过智能化监控设备维护，提高设备的运行效率，延长设备使用寿命，从而减少年均 15% 的维护支出。通过这些优化措施，企业不仅提高设备的运行效率，还有效降低能源消耗和设备维护成本，提升整体经济效益。

### 3.3 自动化与智能化改造

推行自动化与智能化改造不仅提高脱硫作业生产

效率，而且在降低生产成本方面有决定性作用。有的氨法脱硫项目显示，运用最新化自控管理系统能够让企业及时掌握装置状况，准确地设置控制参数，从而优化生产运行能降低生产能耗和人工成本。例如，一个大型氨法脱硫工程项目中采用自控管理系统，企业可以及时发现氨水量和烟气量的波动，然后再调整投加配比。

这种方式让氨水的使用更精确，避免人为失误导致浪费资源的情况，也防止过量使用原料和不必要的能耗浪费。例如，在某化肥生产企业的氨法脱硫系统中，智能化改造实现氨水投加量和烟气流量的自动调节。该系统能根据实时监测数据进行动态调整，确保脱硫效果和能源消耗达到最佳平衡。

过去，由于操作人员对设备参数掌握不全，经常出现投加量过多或过少的情况，导致原料浪费和能源过度消耗。改造后，智能系统通过精准计算和调整，最大限度减少能耗浪费，降低生产成本。数据显示，改造后的氨法脱硫系统运行成本降低 12%，每年为企业节省大量能源费用。

更重要的是，智能化改造不仅仅体现在能效提升，还显著提高系统的稳定性。在遇到设备故障时，智能化系统可及时定位故障并发出预警信号，通过对备用设备的自动选择或切换，尽可能地在最短的停产时间内减少故障时间，以此避免生产停产所造成的经济效益的损失。例如，在该企业智能化改造后的初期，设备出现过一次轻微故障，系统及时报警并自动切换到备用装置，保证生产持续运行。这样的快速响应减少停产时间，也降低因故障带来的额外修复费用，进一步提高整体经济效益。

### 3.4 工艺流程优化与操作管理

在氨法脱硫工艺中，优化工艺流程与操作管理是减少运行成本、提升经济效益的关键。通过对工艺流程的细致调整和操作管理的优化，不仅可以提高脱硫效果，还能有效降低资源浪费和操作风险，从而实现经济性的提升。一个典型的案例是河北正元氢能科技有限公司的氨法脱硫装置。该装置在运行中出现烟尘异常升高的问题，经过分析，发现烟尘升高主要由锅炉除尘装置的异常漏灰、锅炉点火使用有机燃料产生的泡沫问题以及清洗水系统的设计不合理所导致。通过一系列操作管理的改进和工艺流程优化，企业成功降低烟尘排放，并显著减少环境治理和设备维护成本。

首先，在锅炉除尘装置方面，企业强化设备的检查和维护，确保除尘设备在每次锅炉启动前进行全面检查。通过及时发现问题并进行维修，避免除尘系统的不正常运行，减少粉尘的超标排放，从而降低设备

的长期维护成本和环保罚款。这一操作的优化，不仅提升系统的运行效率，还有效地避免高额的环境治理成本。

其次，消泡剂的添加也在这一过程中起到关键作用。当清洗水槽溢流口出现泡沫时，企业通过在新鲜水槽中适量添加消泡剂，进行在线冲洗，有效控制泡沫的产生。这种操作避免因泡沫过多而导致的清洗段功能失效，减少由于粉尘突破清洗段引发的排放超标问题。在经济上，这一措施使得消泡剂的使用量最小化，同时保持脱硫系统的稳定运行，避免不必要的停机时间和维修费用。

通过这些工艺流程优化和操作管理措施，企业不仅降低环保风险，还提升整体经济效益。这些优化策略的实施，有效控制资源浪费，减少设备的故障率，并确保脱硫装置的高效运行，从而实现较为可观的成本节约。

### 4 结语

本文针对氨法脱硫工艺的经济性分析与运行成本优化策略展开深入研究。通过对初期投资成本、运行成本及长期运营效益的详细分析，探讨影响氨法脱硫经济性的多重因素。在优化策略方面，针对原料采购、能源消耗、设备维护、自动化技术及工艺流程优化等方面提出切实可行的措施。这些策略不仅有助于降低运行成本，还能提高整体经济效益，并在实际应用中为企业实现节能减排、提高生产效率提供宝贵的参考。随着氨法脱硫工艺的持续发展和技术创新，未来在环保领域的应用潜力巨大。企业应不断优化其工艺流程，完善运营管理，才能更好地适应日益严格的环保法规，实现可持续发展。

### 参考文献：

- [1] 赵强, 王守春, 冯鹏. 氨法脱硫系统的烟气阻力分析及优化措施 [J]. 工业炉, 2024, 46(03): 20-24.
- [2] 刘伟, 曾贞, 刘亭. 脱硫副产硫酸铵溶液在磷复肥生产中的应用 [J]. 磷肥与复肥, 2024, 39(03): 32-33+52.
- [3] 牟守文, 李顺旗. 湿氨法脱硫生产中关键问题研究 [J]. 新疆有色金属, 2024, 47(06): 47-48.
- [4] 张红, 张特. 氨法脱硫工艺降本增效措施及应用 [J]. 云南冶金, 2023, 52(04): 156-160.
- [5] 刘大川, 严军喜, 何栋, 等. 焦炉烟气氨法脱硫系统运行实践与优化改进 [J]. 中国设备工程, 2024, (04): 96-98.

### 作者简介：

孙朝霞 (1984.12-) , 女, 汉族, 河北沧州人, 本科, 工程师, 研究方向: 化工工艺。