

# 合成氨装置转化炉烟气中氮氧化物达标排放技术改造措施

甘璇

**摘要:** 本文档综述了合成氨装置转化炉烟气中氮氧化物 (NO<sub>x</sub>) 达标排放的技术改造措施。随着环保法规的日益严格,降低NO<sub>x</sub>排放已成为化肥行业的重要课题。本文详细介绍了新型催化剂的开发与应用、优化操作参数以及系统集成与优化等减排技术。这些技术旨在提高转化炉的燃烧效率,减少NO<sub>x</sub>生成,并采用有效的净化措施以符合排放标准。通过实施这些技术改造措施,合成氨装置能够在满足环保要求的同时保持经济效益。

**关键词:** 合成氨装置;氮氧化物;排放技术;改造措施

合成氨是化学工业中生产尿素和其他氮肥的基础原料,其生产过程需要在高温下进行,导致氮氧化物作为有害副产物产生。氮氧化物对环境和人体健康有严重影响,包括形成酸雨、臭氧层破坏和呼吸系统疾病等。因此,降低合成氨装置转化炉烟气中氮氧化物的排放,对于实现可持续发展至关重要。近年来,国内外均制定了更为严格的排放标准,推动行业采取有效措施以达标排放。

## 一、合成氨装置转化炉烟气中氮氧化物排放标准与影响

### 1. 国内外氮氧化物排放标准

在中国,随着环保意识的增强和技术的发展,氮氧化物排放标准日趋严格。根据《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223-2011),规定了不同地区和不同规模的火力发电锅炉氮氧化物排放的限值,其中最严格的限值可达到100mg/m<sup>3</sup>。而在欧洲,欧盟通过《工业排放指令》(IED)制定了严格的排放限值,要求新建设施必须采用最佳可行技术(BAT)来控制污染物排放,氮氧化物排放限值在不同行业中有所不同,但普遍比国内标准更为严格。美国则由环保署(EPA)制定法规,各州可以根据本州的实际情况制定更为严格的排放标准。这些

表1 燃用多种燃料锅炉中氮氧化物生成浓度和控制水平

燃料	气体燃料	C重油	A、B重油	混合燃料
生成浓度	70~250	100~600	70~290	90~430
改善燃料后的浓度	30~170	100~300	30~150	50~130

标准反映了各国对于改善空气质量、保护公众健康和环境的共同承诺<sup>[1]</sup>。

### 2. 氮氧化物的环境影响

氮氧化物是一类重要的大气污染物,对环境和人体健康具有多方面的影响。首先,氮氧化物是形成酸雨的重要前体物之一,它们在大气中与水蒸气反应生成硝酸,落到地面后导致土壤酸化,破坏农作物生长和自然生态系统。其次,氮氧化物在大气中参与一系列光化学反应,形成地表臭氧,也就是人们常说的“阴天”,高浓度的地表臭氧对人体呼吸系统有刺激作用,并对农作物等植物造成伤害。此外,氮氧化物还参与形成细颗粒物(PM<sub>2.5</sub>),这些颗粒物能深入肺部,引起或加剧呼吸系统疾病和心血管疾病。长期暴露于高浓度氮氧化物的环境中,将会增加罹患呼吸道疾病的风险。

表2 我国2011-2019年氮氧化物排放量(单位:万吨)

年度	工业源	生活源	机动车	全国
2011	1, 729.70	36.60	637.60	2, 404.30
2012	1, 658.10	39.30	640.00	2, 337.80
2013	1, 545.60	40.70	640.60	2, 227.40
2014	1, 404.80	45.10	627.80	2, 078.00
2015	1, 180.90	65.10	585.90	1, 851.90
2016	809.10	61.60	631.60	1, 503.30
2017	646.50	59.20	641.20	1, 348.40
2018	588.70	53.10	644.60	1, 288.40
2019	548.10	49.70	633.60	1, 233.90

## 二、合成氨装置转化炉烟气中氮氧化物达标排放技术分析

### 1. 物理法减排技术

物理法减排技术主要通过改变操作条件和设备结构来降低氮氧化物的生成。在合成氨装置转化炉中,可以

**作者简介:** 甘璇(1995.02——),女,满族,本科学历,助理工程师,主要从事化工方面的工作。

通过优化燃烧过程、控制温度和压力等方式减少氮氧化物的产生。例如，采用低氮燃烧器可以有效降低火焰温度，从而减少热力型氮氧化物的生成；同时，合理调整空气过剩系数，确保燃烧充分，也有助于降低氮氧化物的排放。此外，还可以利用烟气再循环技术，将部分烟气重新引入燃烧区域，降低氧气浓度，进一步抑制氮氧化物的生成。这些物理方法具有操作简单、成本较低的优点，但减排效果有限，通常需要与其他技术结合使用以达到更高的减排标准。

## 2. 化学法减排技术

化学法减排技术是通过化学反应将氮氧化物转化为无害物质或易于处理的物质。在合成氨装置转化炉中，常用的化学方法包括选择性催化还原（SCR）和选择性非催化还原（SNCR）。SCR技术是在催化剂的作用下，利用还原剂（如氨水、尿素等）将氮氧化物还原为氮气和水蒸气。这种方法具有高效、稳定的特点，能够大幅度降低氮氧化物的排放浓度。SNCR技术则是在高温条件下，直接将还原剂喷入烟气中，与氮氧化物发生反应生成氮气和水蒸气。虽然SNCR技术的减排效果略低于SCR技术，但其设备投资和运行成本相对较低。化学方法的缺点是需要考虑还原剂的成本和供应问题，以及可能产生的二次污染问题<sup>[2]</sup>。

## 3. 生物法减排技术

生物法减排技术是利用微生物的代谢作用将氮氧化物转化为无害物质。这种方法主要应用于污水处理和土壤修复领域，对于合成氨装置转化炉烟气中氮氧化物的处理尚处于研究阶段。生物法的原理是利用硝化细菌和反硝化细菌的作用，将氮氧化物转化为氮气或其他无害物质。硝化细菌可以在有氧条件下将氨氮氧化为亚硝酸盐和硝酸盐；而反硝化细菌则在厌氧条件下将硝酸盐还原为氮气。生物法的优点是环境友好、成本低，但其处理效率受微生物活性的影响较大，且对环境条件的适应性较差。

## 三、合成氨装置转化炉烟气中氮氧化物达标排放技术改造措施

### 1. 新型催化剂的开发与应用

开发高效的新型催化剂是减少合成氨装置转化炉烟气中氮氧化物排放的有效手段之一。这些催化剂通常用于选择性催化还原（SCR）过程中，其中氮氧化物与还原剂（如氨水或尿素）在催化剂作用下反应生成氮气和水。新型催化剂的研发侧重于提高催化活性、选择性以

及稳定性，同时降低成本和增强抗毒性。例如，采用具有高比表面积和特定微孔结构的材料可以提供较多的活性位点，从而提高催化效率。此外，通过掺杂特定的金属氧化物或利用稀土元素改性，可以进一步提升催化剂的性能。应用方面，合理设计催化剂的形状和尺寸，以及优化其在反应器中的布置，都是提升SCR系统整体性能的关键。同时，针对合成氨装置的具体工况调整催化剂成分和操作条件，也是实现氮氧化物达标排放的重要考虑因素。

### 2. 优化操作参数

优化合成氨装置的操作参数是降低氮氧化物排放的重要措施。操作参数包括燃烧温度、氧气浓度、压力以及烟气在炉内的停留时间等。首先，控制燃烧温度既可以减少热力型氮氧化物的生成，也可以避免过度冷却导致不完全燃烧。适当降低燃烧温度并采用均匀的燃烧方式可以减少局部高温区，从而抑制氮氧化物的形成。其次，调整过剩空气系数以控制氧气浓度，既能确保燃烧充分，又能避免过量的氧气与氮气反应生成氮氧化物。此外，优化炉内压力和烟气停留时间有助于提高燃烧效率和氮氧化物的还原率。通过对这些参数进行实时监控和精确控制，可以实现更高效和清洁的燃烧过程，从而降低氮氧化物的排放量<sup>[3]</sup>。

### 3. 系统集成与优化

对合成氨装置进行系统集成与优化是实现氮氧化物达标排放的综合措施。这涉及到将各种减排技术和设备有机结合起来，形成一个协同工作的整体。例如，将低氮燃烧技术、烟气再循环技术和后端净化处理相结合，可以在不同环节减少氮氧化物的生成和排放。系统集成还包括优化工艺流程，减少能耗和提升效率。通过热能回收利用、压力调整优化以及自动化控制系统的升级，可以提高整个装置的运行效率。此外，集成先进的监测设备和智能数据分析系统可以实时监控烟气成分，及时调整操作参数，确保排放持续稳定达标。

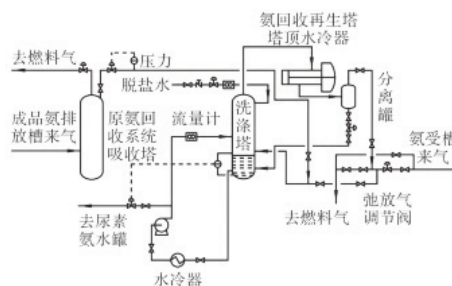


图1 氨回收系统技术改造流程

## 结语

本文探讨了针对合成氨装置转化炉烟气中氮氧化物排放的技术改造措施。通过开发新型催化剂、优化操作参数以及系统集成与优化等方法，可以显著降低NO<sub>x</sub>的排放量，帮助化肥企业遵守日趋严格的环保法规。这些技术不仅有利于环境保护，也有助于企业提高资源利用效率和降低运营成本。在未来，随着环保技术的不断进步和创新，合成氨行业将继续朝着更加绿色和高效的方向发展。

## 参考文献

- [1]唐小东, 张志超.合成氨装置转化炉烟气中氮氧化物达标排放技术改造[J].大氮肥, 2024, 47(01): 32-34+38.
- [2]张少杰, 李连欢.降低锅炉烟气氮氧化物含量实现排放达标[J].天津冶金, 2020, (06): 66-68.
- [3]焦永杰.某厂燃气锅炉烟气氮氧化物排放治理研究[D].兰州交通大学, 2020.