

液氨尾气处理方法与经济性分析

包元瑾（兰州翔鑫工贸有限责任公司，甘肃 兰州 730060）

摘要：随着化工行业的发展，液氨作为一种重要的化工原料被广泛应用，但其尾气治理却是一个不可忽视的问题。液氨尾气中不仅含有氨，还可能掺杂其他有害气体，如果直接排放，没有经过正确的处理，会严重威胁人体健康。因此，研究高效、经济的液氨尾气处理方法显得尤为重要。基于此，本文重点研究了液氨尾气处理方法，包括吸收法、吸附法、催化氧化法等，对各方法详细的展开分析，并深入探讨其经济性，为相关企业合理选择处理方案提供参考，以实现环境效益与经济效益的平衡，实现企业的可持续发展。

关键词：液氨尾气；处理方法；经济性

中图分类号：X701

文献标识码：A

文章编号：1674-5167（2025）022-0046-03

Treatment method and economic analysis of liquid ammonia tail gas

Bao Yuanjin (Lanzhou Xiangxin Industrial and Trade Co., LTD., Lanzhou Gansu 730060, China)

Abstract: With the development of the chemical industry, liquid ammonia, as an important raw material, is widely used. However, its exhaust gas treatment remains a significant issue that cannot be overlooked. Liquid ammonia exhaust not only contains ammonia but may also be mixed with other harmful gases. If discharged directly without proper treatment, it can severely threaten human health. Therefore, researching efficient and economical methods for treating liquid ammonia exhaust is particularly important. In this paper, we focus on studying various methods for treating liquid ammonia exhaust, including absorption, adsorption, and catalytic oxidation. We provide detailed analyses of each method and delve into their economic feasibility, offering references for relevant enterprises to reasonably select treatment solutions. This aims to achieve a balance between environmental and economic benefits, promoting sustainable development of enterprises.

Key words: liquid ammonia tail gas; treatment method; economy

液氨在化肥、制药、制冷等众多领域都扮演着举足轻重的角色，但在生产、储存和使用液氨过程中，产生尾气排放是必然的，液氨尾气中含有氨等杂质，直接排放不仅会造成氨资源浪费，而且氨具有刺激性气味，易溶于水形成碱性溶液，在威胁人体健康的同时，还会对大气、水、土壤环境产生污染。因此，对企业的可持续发展和环境保护进行有效的液氨尾气治理方法的研究，并对其进行经济分析，具有十分重要的意义。

1 液氨尾气的危害

氨气排放后会引发一定的环境问题，其为碱性气体，与酸性物质反应，如二氧化硫、二氧化氮，生成铵盐，铵盐悬浮大气，增加颗粒物含量，导致雾霾，氨气易溶于水，形成碱性溶液，随雨水降落，改变土壤酸碱度，造成土壤碱化，影响植物生长，植物喜中性或弱酸性土壤，碱化土壤阻碍养分吸收，抑制生长，水体碱化破坏生态平衡，改变水生生物环境，影响鱼类生存繁殖。

2 液氨尾气处理方法

2.1 吸收法

2.1.1 水吸收法

氨气极易溶于水，1体积水可溶700体积氨气，这一特性支撑了水吸收法，实际中采用喷淋水或填料

塔，氨气与水充分接触，氨气迅速溶解，形成氨水，分子间作用力使氨气大量溶解，水吸收法应用广泛，在化肥厂、制药厂常用此法，工艺简单，无需复杂设备，仅需喷淋装置或填料塔，成本低廉，仅用水资源，有效控制成本，满足环保，但温度影响较大，温度升高，溶解度下降，低浓度氨水需进一步处理，常用蒸发浓缩提高浓度，这增加了处理复杂性和成本^[1]。

2.1.2 酸吸收法

酸吸收法利用酸性溶液处理氨气尾气，以硫酸为例，氨气与其接触生成硫酸铵，该反应基于酸碱中和原理，氨气作为碱性气体，与酸性物质反应生成铵盐，在中高浓度氨气处理中，酸吸收法非常有效，尤其在回收铵盐时，具有独特优势，硫酸铵可用作化肥，企业排放氨气时，用硫酸吸收生成硫酸铵，硫酸铵可用于化肥生产或销售。这实现了资源回收利用，酸吸收法效率接近100%，酸碱中和反应彻底且快速，氨气能迅速转化为铵盐，此法减少氨气排放，实现资源化利用，符合环保和资源循环理念，但酸吸收法消耗酸性试剂，增加成本，反应中产生废酸和副产物，废酸需专门处理，防止污染，结晶铵盐需收集、干燥，这增加了操作复杂性和成本。

2.1.3 苛性钠吸收法

苛性钠吸收法利用氢氧化钠吸收氨气，氨气与水

反应生成一水合氨，碱性环境抑制该反应，氨气被氢氧化钠吸收，此过程基于化学平衡原理，通过改变反应环境促进吸收，苛性钠吸收法适用于高效吸收氨气，对副产物要求不高的场合适用，氨气泄漏应急处理中常用，它可快速吸收泄漏氨气，减少对环境和人员的危害。

苛性钠吸收法效率较高，能迅速处理高浓度氨气，氢氧化钠是强碱性物质，其与氨气发生有效反应，适用于特定工业环境，如氨气生产车间尾气处理，高浓度氨气需快速处理，苛性钠吸收法满足需求，但氢氧化钠成本较高，这是该方法的显著缺点，吸收过程中氢氧化钠不断消耗，需定期更换吸收液。

2.2 吸附法

2.2.1 活性炭吸附法

活性炭孔隙丰富，比表面积大，氨气分子可被截留，通过物理吸附附于表面，范德华力使其附着，应用于实验室、印刷、电子厂，操作简单，无需复杂设备，吸附效果稳定，但容量有限，约 5~10mg/g，处理大量尾气需大量活性炭，需频繁更换或再生，高湿度下效率下降，水分占据孔隙，减少氨气吸附位点，影响吸附效果。

2.2.2 分子筛吸附法

分子筛有均匀微孔，孔径精确，根据分子大小选择性吸附氨气，氨分子直径约 0.35nm，尾气通过时，匹配孔径捕获氨气，基于分子筛分原理，只有合适大小分子进入微孔被吸附，其他分子被排斥，高精度气体净化中，分子筛吸附法应用重要，化工行业氨气回收利用需高纯度，分子筛吸附法可有效去除杂质，得到高纯氨气。吸附选择性高，精准吸附氨气，对其他气体吸附少，分子筛耐高温，部分可在 200℃以上使用，高温环境下仍能工作，再生后吸附性能稳定，可多次重复使用，保证处理效果稳定，分子筛吸附法成本高，分子筛制备和吸附装置成本都高，尾气预处理要求严格，需去除粉尘、水汽等杂质^[2]。

2.3 催化氧化法

2.3.1 选择性催化还原

在选择性催化还原过程中，需要催化剂和还原剂的共同作用，以氨作为还原剂为例，在催化剂的作用下，氨和氧反应生成氮气和水，在此反应中，催化剂起到降低反应活化能的作用，使反应在相对较低的温度下进行，还原剂氨则促使氧气和氨发生反应，使氨中的氮元素转化为氮气，在此过程中，氨与氧发生反应，而氨的反应 SCR 广泛应用于发电厂和钢铁厂的脱硝副产物回收等工业废气中的高浓度氨处理。SCR 具有极高的处理效率，最高可达 95% 以上，可将大

量氨转化为氮气和无害的水，有效降低氨尾气的排放量，而且产品是不产生二次污染、符合环保要求的无害气体，这种高效环保的治理方式让 SCR 在工业废气治理中占有举足轻重的地位，然而，SCR 需要高温（200~450℃）条件，这就需要额外的加热装置来维持反应所需的温度，使设备投资增加，运行费用也随之提高。

2.3.2 非选择性催化氧化

在非选择性催化氧化过程中，氨气在催化剂的作用下，使氨在氧的作用下被氧化为氮和水的基础上，不需要额外的还原剂，直接与氧反应生成氮气和水，非选择性催化氧化在处理低浓度氨气时具有独特的应用价值，或与其他工艺联用。例如，在一些规模较小的工业场所，氨气的生成浓度较低，对氨气进行简单有效的处理，可以采用非选择性催化氧化，吸附法在某些组合过程中，先将氨气浓缩，再经非选择性催化氧化，使之完全转化为无害物质，无需添加还原剂，非选择性催化氧化过程简单，降低了操作的复杂程度，这使得它在一些不需要还原剂、处理成本也有所降低的设备和操作要求不高的场景中占有优势。催化剂的非选择性催化氧化成本较高，贵金属中的铂金、钯金等催化剂价格较高，同时，由于氨气和氧气的反应，如果氧气浓度过高，就有爆炸的危险，这就需要通过增加设备和操作复杂性的氧气浓度控制系统，因此在反应过程中需要控制氧气浓度。

2.4 燃烧法

燃烧法将氨气高温分解成氮气、氢气，或与氧气发生化学反应，生成氮氧化合物，分子内部的化学键会在氨气处于高温环境下被打破而发生分解反应，如果有氧气存在，氨会和氧气发生化学反应，可能会产生需要进一步脱硝处理的氮氧化物，比如一氧化氮。燃烧法是合成氨工业副产物处理等高浓度、高热值氨尾气处理中的一种可行方法，在合成氨工业中，浓度高的氨气尾气会大量产生，燃烧法可以处理这些氨气尾气，转化成氮气、氢气或氮氧化物，这些氨气尾气处理起来相对容易，燃烧法经过彻底的处理，可以将氨气转化成其他物质，适用于处理大流量的尾气。燃烧法对那些氨排放量较大的工业现场来说，确保生产环境的安全和环保要求，可以在短时间内处理大量氨排放，燃烧法要求投资成本较高的专用燃烧炉等高温设备，而且，保持高温需要消耗大量的能源，这是一项消耗极其巨大的工作。

2.5 生物处理法

生物处理法是利用微生物的代谢作用，将氨气转变成对人体无害的物质，其中，在硝化菌作用下转化

为硝酸盐的氨氮是重要的一环，硝化菌是将氨中的氮元素氧化后转化为硝酸盐的一类特殊微生物，此外，植物吸收也是一种通过种植具有特殊生理结构和代谢机制的耐氨植物吸收氨气进行生态修复，将周围环境中的氨气吸收并转化为自身生长所需的生物处理方式。

生物处理法广泛应用于污水处理厂、养殖场异味处理等低浓度氨废气处理领域，生物处理法的成本较低，不需要使用昂贵的化学试剂和复杂的设备，但其处理周期较长，微生物的植物的生长都需要一定的时间，而且不像化学处理法那样能够快速处理氨气，另外，对于高浓度氨尾气处理效果不佳的生物处理法，适用范围有限。

3 液氨尾气处理方法的经济性分析

3.1 设备成本

设备费用在液氨尾气治理方法上差别明显，首先是吸收法，这种方法的设备成本相对较低，是几种处理方法中较为经济实惠的选择。它不需要过于复杂和高端的设备构造，通过简单的吸收装置就能对液氨尾气进行初步处理。吸附法的设备成本要高于吸收法，其设备在吸附功能的实现上需要更精密的设计和制造，从而导致成本上升。生物过滤法的设备成本进一步提高，因为生物过滤系统需要构建特殊的生物环境以及配套的监控和调节设备。催化法的设备成本较高，催化反应需要特定的催化剂载体以及相应的温度、压力等控制设备，这些都增加了设备的复杂性和成本。膜分离法的设备成本在这些方法中是最高的，膜材料的选择、膜组件的制造以及膜分离系统的构建都需要大量的资金投入^[3]。

3.2 运行成本

运行成本主要涵盖能源消耗、吸收剂、催化剂、吸附剂的更换和维护等方面，也是考量液氨尾气处理经济性的重要方面，从运行成本来看，生物滤清法和催化法都是比较高的，生物保持生物群落的活性，这就需要对能量和资源消耗较大的温度、湿度和营养物质的供给。催化法中需要特定的反应条件才能维持催化剂的活性，而且使用一段时间后催化剂本身就会失活，需要更换催化剂，从而使运行费用提高，吸收法的运行成本相对较低，主要的消耗在于吸收剂的补充，但吸收剂的成本相对其他物质来说较低。吸附法的运行成本也处于中等水平，吸附剂的更换频率和成本是影响运行成本的关键因素^[4]。膜分离法的运行成本主要在于膜的清洗和维护以及运行过程中的能源消耗。

3.3 维护成本

维护费用与设备的复杂程度、使用年限等有很大

关系，而膜分离、催化法等维护费用相对较高，隔膜法中膜易受污染、破损，需定期清洗更换，需要专业技术设备对膜部件进行维护保养^[5]。催化法中需要及时处理催化剂中毒、失活等问题，同时也需要定期对反应装置的其他部分进行保养，这些都使得保养费用居高不下，由于其设备比较简单，使用寿命也比较长，吸收法和吸附法的维护费用相对较低，使用寿命也相对较长。生物过滤法的维护成本处于中等水平，主要是对生物群落的监测和调控需要一定的投入。

3.4 经济效益

部分液氨尾气处理方法可以带来一定的经济利益，例如某些处理方法可以像铵盐或高纯度氨气一样回收有价值的副产物，如果液氨尾气通过合适的处理方式转化为铵盐，则可将铵盐作为原料销售，如化肥等产品，从而为企业带来外延式收益。回收高纯度氨气，在其他生产工艺中也有较高价值，此项收益可在一定程度上抵消液氨尾气治理成本，同时改善治理方式的经济性，由此企业在选择液氨尾气治理方式时，需要综合考虑多方面的经济因素，如设备费用以及可能获得的收益等，才能为自己找到最合适的治理方案。

4 结语

综合来看，液氨尾气处理既是环保的问题，也是社会责任的问题，更是企业可持续发展的关键所在，企业合理选择治理方式，根据自身的生产规模、尾气成分、经济实力等对治理过程进行优化，既能有效降低尾气排放，减少环境污染，又能为企业带来可观的经济利益。液氨尾气治理应随着环保法规的日益严格和技术的不断进步，以此适应日益严格的环保法规和不断提高的生产要求，促进企业经济的高质量发展，开发更高效、低成本的催化剂和吸附剂，优化治理工艺和设备，探索新的尾气治理技术。

参考文献：

- [1] 高源, 倪福鑫, 闫玲玲. 合成氨工业氨尾气处理方法研究 [J]. 山东化工, 2018, 47(09):174-176.
- [2] 李婷丽. 炼厂尾气处理方法研究 [J]. 精细与专用化学品, 2019, 27(11):21-22.
- [3] 康瑄, 李刚, 王泽宇. 尿素系统含氨尾气回收处理装置运行总结 [J]. 氮肥与合成气, 2025, 53(02):45-46.
- [4] 尹鹏博, 李逸龙, 滕霖, 黄鑫, 李臻超, 罗宇, 江莉龙. 液氨长输管道技术经济性分析 [J]. 油气与新能源, 2024, 36(06):75-83.
- [5] 薛扬, 王庆杜, 明洋. 氨尾气处理措施 [J]. 山东化工, 2022, 51(15):172-174.