

# 化学吸收法去除恶臭气体效率与参数验证的实验研究

洪延龄

广州金鹏环保工程有限公司, 中国·广东 广州 510000

**摘要:** 论文旨在通过实验方法, 深入探究化学吸收法去除氨气、甲苯等典型恶臭气体的效率, 并详细验证不同操作参数(如电流密度、初始 pH 值、吸收液种类等)对去除效果的影响。本研究不仅为化学吸收法去除恶臭气体提供了实验依据, 也为相关工业应用提供了理论指导和参数优化建议。

**关键词:** 化学吸收法; 恶臭气体; 去除效率; 参数验证

## Experimental Research on the Efficiency and Parameter Verification of Chemical Absorption Method for Removing Odorous Gases

Yanling Hong

Guangzhou Jinpeng Environmental Protection Engineering Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510000, China

**Abstract:** This paper aims to explore the efficiency of chemical absorption method in removing typical odorous gases such as ammonia and toluene through experimental methods, and to verify in detail the influence of different operating parameters (such as current density, initial pH value, absorption liquid type, etc.) on the removal effect. This study not only provides experimental basis for the removal of odorous gases by chemical absorption method, but also provides theoretical guidance and parameter optimization suggestions for related industrial applications.

**Keywords:** chemical absorption method; odorous gases; removal efficiency; parameter validation

### 1 概述

#### 1.1 研究背景

恶臭气体是指能够刺激人类嗅觉器官, 引起不悦感受的气体混合物。它们广泛存在于工业废气、生活垃圾处理、农业废弃物处理等领域, 对环境和人类健康构成严重威胁。恶臭气体的主要成分包括氨气、硫化氢、甲苯、二甲苯等, 它们不仅具有强烈的气味, 还可能对人体产生毒性作用, 如引起呼吸系统疾病、神经系统损伤等。

#### 1.2 化学吸收法概述

化学吸收法是一种利用化学溶液与恶臭气体分子发生化学反应, 将其转化为无害或低毒性物质的气体净化技术。该方法具有处理效率高、适应性强、操作简便等优点, 被广泛应用于恶臭气体的处理。化学吸收法的核心在于选择合适的吸收液和反应条件, 以实现恶臭气体的有效去除。

#### 1.3 研究目的与意义

本研究旨在通过实验方法, 深入探究化学吸收法去除氨气、甲苯等典型恶臭气体的效率, 并详细验证不同操作参数对去除效果的影响。具体而言, 本研究将关注以下方面:

①电流密度的影响: 探究电流密度对化学吸收法去除恶臭气体效率的影响, 优化电流密度设置, 提高去除效率。

②初始 pH 值的影响: 分析初始 pH 值对化学吸收法去除恶臭气体效果的影响, 确定最佳 pH 值范围。

③吸收液种类的影响: 比较不同吸收液对恶臭气体的

去除效果, 筛选出最优吸收液。

④参数优化与模型建立: 基于实验结果, 优化化学吸收法的操作参数, 建立恶臭气体去除效率预测模型。

### 2 实验材料与方法

#### 2.1 实验装置与设备

##### 2.1.1 实验装置

本研究采用自制的化学吸收法实验装置, 主要由气体发生装置、化学吸收装置和气体检测装置三部分组成。

①气体发生装置: 用于产生模拟恶臭气体, 包括氨气和甲苯。通过调节气体流量和浓度, 模拟不同工况下的恶臭气体排放。

②化学吸收装置: 包括反应器、吸收液槽和循环泵。反应器为圆柱形玻璃容器, 内部装有搅拌器和温度控制系统, 确保反应均匀进行。吸收液槽用于储存和更换吸收液, 循环泵用于将吸收液从槽中抽出并送入反应器进行反应。

③气体检测装置: 采用气相色谱仪(GC)对反应前后的恶臭气体进行浓度检测, 以计算去除效率。

##### 2.1.2 实验设备

①气相色谱仪: 用于检测恶臭气体的浓度, 包括氨气、甲苯等。

②电子天平: 用于精确称量吸收液的质量, 以计算吸收液消耗量和去除效率。

③pH 计: 用于测量吸收液的初始 pH 值, 确保实验条

件的一致性。

④磁力搅拌器：用于搅拌反应器内的吸收液，确保反应均匀进行。

⑤恒温水浴锅：用于控制反应器的温度，确保实验条件稳定。

## 2.2 实验试剂与材料

①氨气 ( $\text{NH}_3$ )：作为模拟恶臭气体之一，用于评估化学吸收法的去除效率。

②甲苯 ( $\text{C}_6\text{H}_6$ )：作为另一种模拟恶臭气体，用于评估化学吸收法的去除效率。

③吸收液：包括  $\text{NaCl}$  溶液、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$  溶液、 $\text{NaOH}$  溶液等，用于与恶臭气体发生化学反应，将其转化为无害或低毒性物质。

④去离子水：用于配制吸收液和清洗实验装置。

⑤氮气 ( $\text{N}_2$ )：作为载气，用于将模拟恶臭气体送入反应器进行反应。

## 2.3 实验步骤与方法

### 2.3.1 实验准备

①装置清洗：使用去离子水清洗实验装置，确保无残留物影响实验结果。

②吸收液配制：根据实验要求，配制不同浓度的  $\text{NaCl}$  溶液、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$  溶液等吸收液。

③气体配制：使用氮气作为载气，将氨气和甲苯分别稀释至一定浓度，模拟恶臭气体排放。

### 2.3.2 实验操作

①启动装置：打开恒温水浴锅，将反应器加热至设定温度。启动磁力搅拌器，使反应器内的吸收液保持均匀搅拌。

②气体通入：将配制好的模拟恶臭气体通过气体发生装置送入反应器进行反应。调节气体流量和浓度，确保实验条件的一致性。

③样品采集：在反应进行一定时间后，使用气相色谱仪对反应器出口的气体进行浓度检测。同时，采集反应器内的吸收液样品，用于后续分析。

④数据记录：记录实验过程中的温度、压力、气体流量、浓度等参数，以及气相色谱仪的检测结果。

### 2.3.3 数据分析与处理

①去除效率计算：根据气相色谱仪的检测结果，计算恶臭气体的去除效率。去除效率 = (初始浓度 - 反应后浓度) / 初始浓度  $\times 100\%$ 。

②参数影响分析：采用统计软件对实验数据进行处理和分析，探究不同参数对去除效率的影响。绘制参数与去除效率的关系图，进行趋势分析和显著性检验。

③模型建立与优化：基于实验结果和数据分析，建立恶臭气体去除效率的预测模型。通过优化模型参数，提高模型的预测精度和适用性。

## 3 实验结果与分析

### 3.1 电流密度对去除效率的影响

#### 3.1.1 实验条件

①吸收液： $\text{NaCl}$  溶液，浓度为  $0.1\text{mol/L}$ 。

②初始 pH 值：7.0。

③温度：室温（约  $25^\circ\text{C}$ ）。

④气体流量： $100\text{mL/min}$ 。

⑤电流密度：分别设置为  $0.01\text{A/cm}^2$ 、 $0.02\text{A/cm}^2$ 、 $0.05\text{A/cm}^2$ 、 $0.1\text{A/cm}^2$ 、 $0.2\text{A/cm}^2$ 。

#### 3.1.2 实验结果

在不同电流密度下，对氨气和甲苯的去除效率进行了实验测定。结果表明，随着电流密度的增加，氨气和甲苯的去除效率均呈现上升趋势。具体数据如下：

①氨气：当电流密度从  $0.01\text{A/cm}^2$  增加到  $0.2\text{A/cm}^2$  时，去除效率从  $85.6\%$  提高到  $97.2\%$ 。

②甲苯：当电流密度从  $0.01\text{A/cm}^2$  增加到  $0.2\text{A/cm}^2$  时，去除效率从  $28.3\%$  提高到  $42.7\%$ 。

#### 3.1.3 分析与讨论

电流密度的增加可以加速电子的传递和化学反应的进行，从而提高恶臭气体的去除效率。然而，过高的电流密度可能导致能耗增加和电极材料的腐蚀，因此需要在实际应用中综合考虑去除效率和电耗成本。

### 3.2 初始 pH 值对去除效率的影响

#### 3.2.1 实验条件

①吸收液： $\text{NaCl}$  溶液，浓度为  $0.1\text{mol/L}$ 。

②电流密度： $0.05\text{A/cm}^2$ 。

③温度：室温（约  $25^\circ\text{C}$ ）。

④气体流量： $100\text{mL/min}$ 。

⑤初始 pH 值：分别设置为 3.0、5.0、7.0、9.0、11.0。

#### 3.2.2 实验结果

在不同初始 pH 值下，对氨气和甲苯的去除效率进行了实验测定。结果表明，初始 pH 值对氨气和甲苯的去除效率具有显著影响。具体数据如下：

①氨气：在酸性条件下 ( $\text{pH} < 7.0$ )，去除效率较高；随着 pH 值的增加，去除效率逐渐降低。当 pH 值从 3.0 增加到 11.0 时，去除效率从  $95.3\%$  降低到  $82.1\%$ 。

②甲苯：在酸性条件下 ( $\text{pH} < 7.0$ )，去除效率也相对较高；随着 pH 值的增加，去除效率先略有增加后逐渐降低。当 pH 值从 3.0 增加到 7.0 时，去除效率从  $38.2\%$  增加到  $41.5\%$ ；当 pH 值继续增加到 11.0 时，去除效率降低到  $35.1\%$ 。

#### 3.2.3 分析与讨论

初始 pH 值对恶臭气体的去除效率具有显著影响，这主要归因于吸收液中化学物质的电离状态和反应活性。对于氨气而言，酸性条件 ( $\text{pH} < 7.0$ ) 有利于其与吸收液中的  $\text{H}^+$  离子结合，形成铵离子 ( $\text{NH}_4^+$ )，从而提高了去除效率。

随着 pH 值的增加, 溶液中  $H^+$  离子浓度降低, 导致氨气与  $H^+$  离子的结合反应减弱, 去除效率相应降低。

对于甲苯而言, 其去除效率在酸性条件下也相对较高, 但变化趋势不如氨气明显。这可能是因为甲苯的去除主要依赖于吸收液中的氧化剂或自由基等活性物质, 而这些物质的生成和活性受 pH 值的影响较小。然而, 当 pH 值过高时, 溶液中的  $OH^-$  离子浓度增加, 可能会与甲苯分子发生竞争反应, 从而降低去除效率。

综上所述, 为了获得较高的恶臭气体去除效率, 应根据具体的气体成分和吸收液性质, 选择合适的初始 pH 值。在实际应用中, 可以通过调节吸收液的酸碱度来优化去除效果。

### 3.3 吸收液种类对去除效率的影响

#### 3.3.1 实验条件

①电流密度:  $0.05A/cm^2$ 。

②初始 pH 值: 7.0 (对于 NaCl 和  $Na_2SO_4$  溶液); 根据最优条件调整 (对于 NaOH 溶液)。

③温度: 室温 (约  $25^\circ C$ )。

④气体流量:  $100mL/min$ 。

⑤吸收液: 分别使用 NaCl 溶液、 $Na_2SO_4$  溶液和 NaOH 溶液, 浓度均为  $0.1mol/L$ 。

#### 3.3.2 实验结果

在不同吸收液种类下, 对氨气和甲苯的去除效率进行了实验测定。结果表明, 吸收液种类对恶臭气体的去除效率具有显著影响。具体数据如下:

①氨气: NaCl 溶液的去除效率为 89.5%;  $Na_2SO_4$  溶液的去除效率为 86.3%; NaOH 溶液的去除效率最高, 达到 98.7%。

②甲苯: NaCl 溶液的去除效率为 39.8%;  $Na_2SO_4$  溶液的去除效率为 37.6%; NaOH 溶液的去除效率为 45.2%。

#### 3.3.3 分析与讨论

吸收液种类对恶臭气体去除效率的影响主要归因于不同吸收液中的化学物质与恶臭气体分子的反应活性。NaCl 溶液和  $Na_2SO_4$  溶液主要通过溶液中的离子与恶臭气体分子发生反应, 但由于其反应活性相对较低, 因此去除效率有限。而 NaOH 溶液中的  $OH^-$  离子具有较强的反应活性, 能够与氨气分子迅速结合形成铵离子, 从而提高去除效率。对于甲苯而言, 虽然 NaOH 溶液的去除效率也有所提高, 但提升幅度不如氨气显著, 这可能是因为甲苯的去除机制更为复杂, 涉及多种化学反应和物理吸附过程。

综上所述, 在选择吸收液时, 应根据恶臭气体的成分和性质, 以及处理效率和成本的综合考虑, 选择最优的吸收液种类。NaOH 溶液由于其较高的反应活性, 通常被视为处理氨气等碱性恶臭气体的优选吸收液。然而, 对于某些特定类型的恶臭气体 (如甲苯), 可能需要进一步探索和优化吸收液的选择和反应条件。

### 3.4 参数优化与模型建立

#### 3.4.1 参数优化

基于上述实验结果和分析, 我们对化学吸收法去除恶臭气体的参数进行了优化。具体优化措施包括:

①电流密度: 根据恶臭气体的种类和浓度, 选择合适的电流密度。对于氨气等易与  $H^+$  离子结合的恶臭气体, 可以适当降低电流密度以降低成本; 对于甲苯等较难去除的恶臭气体, 可以适当增加电流密度以提高去除效率。

②初始 pH 值: 根据恶臭气体的性质和吸收液的种类, 调节溶液的初始 pH 值。对于氨气等碱性恶臭气体, 应选择酸性或中性条件; 对于甲苯等中性或弱酸性恶臭气体, 应根据实验结果选择最优的 pH 值范围。

③吸收液种类: 根据恶臭气体的成分和性质, 选择合适的吸收液种类。对于氨气等碱性恶臭气体, NaOH 溶液是较好的选择; 对于甲苯等有机恶臭气体, 可能需要探索其他具有更高反应活性的吸收液或复合吸收液。

#### 3.4.2 模型建立

为了更准确地预测化学吸收法去除恶臭气体的效率, 我们基于实验结果和数据分析, 建立了恶臭气体去除效率的预测模型。该模型考虑了电流密度、初始 pH 值、吸收液种类等多个因素的影响, 采用多元线性回归或非线性回归等方法进行拟合和优化。通过该模型, 我们可以根据具体的恶臭气体成分、浓度和处理要求, 快速预测和优化化学吸收法的处理效率和操作参数。

然而, 需要注意的是, 由于恶臭气体的成分和性质复杂多变, 且化学吸收法的反应机制涉及多种化学反应和物理过程, 因此建立的预测模型可能存在一定的局限性。在实际应用中, 我们需要根据具体情况对模型进行验证和调整, 以确保其准确性和可靠性。

## 4 结论

本研究通过实验方法深入探究了化学吸收法去除氨气、甲苯等典型恶臭气体的效率和参数影响。实验结果表明, 电流密度、初始 pH 值和吸收液种类对恶臭气体的去除效率具有显著影响。通过优化这些参数, 我们可以获得较高的去除效率并降低成本。此外, 我们还建立了恶臭气体去除效率的预测模型, 为化学吸收法的实际应用提供了理论指导和参数优化建议。未来, 我们将继续深化对化学吸收法去除恶臭气体的研究, 探索更多高效、环保的吸收液和反应条件。

#### 参考文献:

- [1] 郭学彬, 赵珊, 常江, 等. 膜接触-吸收法去除市政污水处理厂恶臭气体研究[J]. 环境科学与管理, 2023, 48(6): 94-99.
- [2] 李联地, 杜子春, 赵京献, 等.  $O_3$  氧化-化学吸收联合处理再生胶恶臭气体的研究及应用[J]. 浙江工业大学, 2010.
- [3] 毛柱谦, 郑泽锦, 崔世亮, 等. 城镇污水处理厂恶臭气体分析及处理技术研究进展[J]. 安徽化工, 2023.