

# 低碳视角下化工生产中废水 / 废气处理技术路线研究

梁洪超<sup>1</sup> 张作军<sup>2</sup> 杨中华<sup>1</sup>

1. 费县沂州环境科技有限公司, 中国·山东 临沂 273400

2. 河南能信环保科技有限公司, 中国·河南 濮阳 457000

**摘要:** 随着全球持续关注气候变化和环境问题, 低碳发展已成为产业转型的关键方向。化工行业作为能源和化学品供应链的关键组成部分, 其生产过程中产生的废水和废气排放对环境造成一定影响。基于此, 以低碳视角为出发点, 深入探讨化工企业生产中废水和废气处理的技术路线。废水处理方面, 综合考虑物理、化学和生物处理技术, 并评估各种技术在低碳条件下适用性; 废气处理方面, 关注各种废气排放的成分和来源, 提出相关低碳废气处理技术。

**关键词:** 低碳; 化工企业; 废水 / 废气; 处理

## Research on Technical Route of Wastewater/Waste Gas Treatment in Chemical Production from the Perspective of Low Carbon

Hongchao Liang<sup>1</sup> Zuojun Zhang<sup>2</sup> Zhonghua Yang<sup>1</sup>

1. Feixian Yizhou Environmental Technology Co., Ltd., Linyi, Shandong, 273400, China

2. Henan Nengxin Environmental Protection Technology Co., Ltd., Puyang, Henan, 457000, China

**Abstract:** As the world continues to pay attention to climate change and environmental issues, low-carbon development has become a key direction of industrial transformation. As a key component of the energy and chemicals supply chain, the chemical industry produces wastewater and exhaust emissions that have a certain impact on the environment. Based on this, from the perspective of low carbon, the technical route of waste water and waste gas treatment in chemical enterprises is deeply discussed. For wastewater treatment, consider physical, chemical and biological treatment technologies and assess their suitability under low carbon conditions; in terms of waste gas treatment, attention is paid to the composition and source of various waste gas emissions, and relevant low-carbon waste gas treatment technologies are proposed.

**Keywords:** low-carbon; chemical enterprises; waste water/gas; handle

### 1 引言

近年来, 随着全球气候变化和环境问题日益凸显, 各行业积极探索低碳发展路径。化工企业作为能源和化学品供应链的核心组成, 其生产过程中排放的废水和废气可对周边环境构成威胁, 加剧温室气体排放。废水处理和废气治理作为环保和可持续发展的重要工作, 不仅关系企业可持续经营, 也关乎整个社会生态平衡。因此, 深入研究化工企业生产中废水和废气处理技术至关重要, 通过系统分析各种废水处理和废气治理技术, 构建更加环保、高效的生产解决方案, 以实现推动整个行业向低碳化方向迈进, 实现经济效益和环保效益双赢。

### 2 化工生产中废水 / 废气成分

#### 2.1 废水

化工生产过程中, 常涉及各种有机物使用, 包括溶剂、催化剂、反应中间体等。这些有机物以溶解、悬浮或乳化的形式存在于废水中。有机物的种类和浓度因生产工艺的不同而异, 包括烷烃、芳香烃、醇、酚等, 同时也包含各种无机物, 如酸、碱、盐类等。这些物质源于反应物、中间体或废

水处理过程中使用的化学品<sup>[1]</sup>。无机物浓度和种类因不同生产过程而异, 化工生产中使用的催化剂、催化反应产生的中间体以及其他原材料中可能含有重金属。这些重金属如铜、镍、铬、锌等可能以可溶性或非可溶性的形式存在于废水中, 对水体造成潜在的毒性和环境风险。而氨氮通常来源于氨基化合物的降解或废水处理过程中氯化物的存在。这些物质可能对水体造成富营养化和其他环境问题。并且在一些化工过程中, 硫化物也是常见的废水组成部分, 如炼油、化肥等工艺中。硫化物的存在可能导致废水具有刺激性气味, 并对水体和生态系统产生负面影响。

#### 2.2 废气

化工生产中使用的溶剂、反应中间体和其他有机物可能在废气中以挥发性有机化合物的形式存在。这些化合物包括烃类、醇、酯、醛、酮等, 其挥发性对环境和人体健康具有一定风险。化工过程中一般会涉及高温反应, 导致氮气和氧气反应生成氮氧化物。NO<sub>x</sub> 包括一氧化氮 (NO) 和二氧化氮 (NO<sub>2</sub>), 它们是大气中重要的空气污染物, 与酸雨和臭氧生成有关。在一些化工生产中, 硫化化合物的氧化也会产生二氧化硫 (SO<sub>2</sub>) 和硫三氧化物 (SO<sub>3</sub>)。这些物质对大

气有害,可引起酸雨,对环境和生态系统产生负面影响。

### 3 化工工业废水处理方法概述

工业废水种类较多,如磨光抛光废水、除油脱脂废水、酸洗磷化废水、油墨废水等,则对应的处理技术不同。

#### 3.1 磨光抛光废水的处理技术

废水中大颗粒悬浮物可通过沉淀过程被去除。即通过添加化学混凝剂,如铁盐或铝盐,促使颗粒物聚集形成较大的沉淀物,从而易于分离。废水通过筛选过程,通过筛网或其他过滤介质,去除较小的颗粒物,减轻后续处理装置负担。利用生物处理系统,如活性污泥法或生物滤池,对废水中有机物进行降解。微生物通过新陈代谢将有机物转化为二氧化碳和水,从而实现废水的生物降解。利用微生物的吸附作用,将废水中的有机物吸附在微生物表面,通过后续处理进行去除。废水中的有机物和重金属离子可以通过活性炭等吸附剂吸附。活性炭的大比表面积和孔隙结构有助于去除废水中的有机污染物<sup>[2]</sup>。废水中重金属离子可通过离子交换树脂去除。离子交换树脂能够与废水中的离子发生置换反应,实现重金属的去除和树脂的再生。利用紫外线照射,产生活性氧自由基,对有机物进行氧化降解。将臭氧注入废水中,臭氧与有机物发生反应,产生氧化产物,实现高效氧化降解。

#### 3.2 除油脱脂废水的处理技术

废水通过设置沉淀池,利用油水比重差异,使油脂在废水中沉淀到底部,然后通过污泥沉淀池或沉淀槽进行去除。这是一种简单且经济有效的方法。利用气体细小气泡将悬浮的油脂困持在气泡上浮,形成浮渣,然后通过刮板或其他工具将浮渣从水面上清除。气浮法适用于大规模的油水分离。添加化学凝聚剂,如聚合铝或聚合硅酸铝,使微小的悬浮颗粒和油脂凝聚成较大的团簇,便于后续分离和去除。通过添加金属盐或聚合物混凝剂,形成固体沉淀,将废水中的悬浮物和油脂一同沉淀,然后采用沉淀槽或离心机进行分离。利用生物体,如微生物或植物,对废水中的油脂进行生物降解。这需要合适的微生物群,适当的氧气水平和温度条件来促使油脂降解为水和二氧化碳。利用湿地植物,如芦苇和莎草,通过其根系和微生物的协同作用,吸附和分解油脂,使废水得到净化。

#### 3.3 酸洗磷化废水的处理技术

废水中磷化合物和重金属离子可通过添加金属盐等化学混凝剂形成沉淀,从而被去除。这有助于减少后续处理步骤中的磷和重金属的影响。废水中的酸性物质可以通过添加石灰等中和剂进行中和处理。中和反应将酸性废水中的酸根离子中和为水溶性盐,提高废水的 pH 值,降低酸性对环境的影响<sup>[3]</sup>。废水中的磷化合物可以通过添加金属盐或聚合物混凝剂形成沉淀,进而去除磷。磷化合物会与添加的物质结合形成沉淀颗粒,从而实现磷的沉淀和去除。利用含有磷酸盐还原菌的生物处理系统,通过微生物的代谢作用将废水中

的磷还原为无机磷,然后通过生物体的沉淀或被沉淀除去。通过添加碱性物质,如氢氧化钠或氢氧化钙,对酸性废水进行中和处理,提高废水的 pH 值,减轻对环境的腐蚀性。

#### 3.4 油墨废水的处理技术

废水中的颜料和悬浮物可以通过添加适当的沉淀剂,如氢氧化铁或聚合物混凝剂,形成沉淀颗粒。随后,通过沉淀槽或离心机等设备进行分离。废水通过过滤器或膜分离技术,去除悬浮颗粒和其他大尺寸的污染物。使用强氧化剂如过硫酸盐、臭氧等,氧化降解有机溶剂和色素。这有助于降低化学需氧量(COD)和色度。废水通过含有活性炭的吸附床,活性炭可以吸附有机溶剂和色素,提高废水的净化效果。废水经过光催化剂(如二氧化钛)的催化下,使用紫外光或可见光进行氧化降解。这有助于降解难降解的有机物。废水通过离子交换树脂床,树脂吸附废水中的离子,实现有机溶剂和金属离子的去除。废水通过蒸馏过程,将有机溶剂和水分离。这是一种高效但通常能耗较高的技术,适用于特定的高浓度废水处理。

### 4 化学工业废气处理方法

目前广泛应用废气处理方式有冷凝法、活性炭吸附法、燃烧法、光氧催化法、等离子法、UV 光解法等。不同的方法,去除效果各有差异,本研究重点从工艺角度阐述如何科学而高效地处理工业废气。

#### 4.1 冷凝法

冷凝法的基本原理是根据气体的饱和蒸汽压与温度的关系,通过降低废气温度使有机物气态凝结成液体。一般情况下,通过冷却器或冷凝管道,将废气冷却至其露点以下,从而实现有机物的冷凝和分离。

涂料、油墨、胶粘剂等生产过程中产生的挥发性溶剂蒸发废气可以通过冷凝法进行处理。在炼油过程中,冷凝法常被用于处理蒸馏塔顶气体中的挥发性碳氢化合物。化学品制造中,例如氯化工业中生成的气体中含有有机气体,通过冷凝法也可以进行有效去除。废气通过内部设有冷却水的管道,通过导热传递和对流传热,使有机物冷凝成液体。这种冷凝器结构简单,易于维护。利用多层板式结构,将废气与冷却介质进行热交换,实现冷凝<sup>[4]</sup>。板式冷凝器由于具有较大的表面积,通常能提高传热效率。冷却塔是一种通过水膜冷却的装置,废气从塔顶通过,冷却水从塔底喷洒至塔顶,形成冷却效果。适用于高温有机废气。

水是最常用的冷却介质,通过冷水与废气进行热交换,将有机物冷凝成水。水的使用和处理相对简单,成本较低。空气冷却适用于有机废气中含有易燃或易爆物质的情况,通过空气冷却可以降低安全风险。

冷凝法能够高效地去除有机废气中的挥发性有机物,对于大多数有机废气有较好的适用性。冷凝器的结构相对简单,操作维护较为方便,且稳定性较高。

适用于不同工艺和不同有机废气的处理,具有较强的通用性。

#### 4.2 活性炭处理

活性炭处理是化学工业废气处理中常用的一种技术,主要应用于有机废气的吸附和脱附过程。活性炭处理基于物理吸附的原理,其活性炭表面有大量的微孔和介孔,形成了极大的比表面积。当废气通过活性炭层时,有机分子会在活性炭表面吸附,从而达到净化废气的目的。

活性炭一般可用于挥发性有机物(VOCs)去除:涂料、印刷、油墨、化学品生产等过程中产生的VOCs废气。气相汞去除:汞蒸气是一种有毒有害物质,活性炭可以有效吸附汞蒸气。恶臭物质去除:如硫化氢、氨、甲硫醇等,活性炭对恶臭物质有良好的吸附效果。适用于固定床过滤,废气通过颗粒状活性炭层,有机物质在其表面吸附。将颗粒状活性炭填充在固定床层中,废气通过活性炭床,有机物在其中吸附。活性炭纤维具有较大的比表面积,可以用于制备高效的纤维状吸附剂。活性炭对不同的有机物具有一定的选择性,因此可以根据废气成分调整活性炭种类,提高去除效率。活性炭可以通过热解或蒸汽再生,使其重复使用,降低运营成本。由于其丰富的孔隙结构,活性炭表现出出色的吸附能力,特别是对小分子有机物的吸附效果显著。

例如在汽车喷漆工艺中产生的挥发性有机物废气,通过活性炭处理系统得到有效控制。还有化学工业中产生的气相汞,通过活性炭吸附设备去除,防止对环境对人体造成危害

#### 4.3 UV 光解处理

UV光解处理的基本原理是利用紫外线的高能量来激发气体中的分子,使其发生光化学反应。UV光解过程中,UV光照导致有机分子中的化学键发生断裂,产生自由基或其他高活性物质,从而实现废气中有机物的降解和去除。

在应用过程中要选择合适波长的紫外光源,通常采用低压汞灯、高压汞灯、UV LED等。安装UV光源的反应室,确保废气充分接触UV光,提高反应效率。为防止UV光源过热,通常需要配置冷却系统。监测控制系统主要用于监测废气成分,调节UV光源的辐射强度和反应室温度,以实现最佳处理效果<sup>[5]</sup>。

UV光解过程中产生高能量光子,能够高效降解挥发性有机物和其他有机污染物。与其他化学方法不同,UV光解无需添加额外化学药剂,避免了二次污染。

对多种有机污染物具有较好的处理适用性,同时对气相汞和恶臭物质也有较好的去除效果。应当选择适当的UV波长,通常在254~185nm,以匹配有机物的光解吸收特性。同时设计合理的反应室结构,确保废气在UV光照射下均匀

分布,提高反应速率。灵活调节UV光源的辐射强度,根据废气成分和浓度确定合适的操作参数。

#### 4.4 燃烧法处理

燃烧法的基本原理是将有机废气中的有机物质与足够的氧气在高温条件下进行氧化反应,生成二氧化碳和水。燃烧反应是一个高温、高效的处理方法,适用于挥发性有机物(VOCs)等有机污染物。主要包括油墨、涂料、溶剂挥发产生的VOCs废气、有机化学品生产中的废气处理、石油化工生产中产生的有机废气、食品加工和饮料生产过程中的有机废气。通过将废气直接引入燃烧器,在高温下进行完全燃烧。适用于废气浓度较低的情况。还可以利用陶瓷或金属蓄热体,将废气在蓄热体上预热,提高燃烧效率。专门设计的焚烧炉可以用于处理高浓度、高温度的有机废气,确保完全燃烧。燃烧法通常需要较高的温度,确保有机废气中的有机物能够完全氧化为无机物质。能够高效地去除有机废气中的有机污染物,特别是VOCs。也适用于处理不同种类和浓度的有机废气,具有较好的通用性。

在应用过程中,需要控制好燃烧温度,确保废气中的有机物在高温条件下充分燃烧。确保有足够的氧气供给,以保证完全燃烧反应进行。控制废气在燃烧系统中的停留时间,以保证充分的氧化反应。

### 5 结语

总体而言,低碳视角下废水和废气处理技术研究是推动化工生产可持续发展的关键举措。通过技术不断创新和改进,有望在减少碳排放的同时,提高资源利用效率,降低环境影响,从而推动整个行业朝更加可持续和绿色的方向发展。

#### 参考文献:

- [1] 岳辉.化工环境污染的特点与防治措施[J].石化技术,2023,30(9):220-222.
- [2] 唐大易,吴卿,王松.煤炭化工清洁生产技术研究[J].内蒙古煤炭经济,2023(16):58-60.
- [3] 吴凌冰,贾嘉.化工企业生产过程中的生态环境保护问题与解决路径[J].辽宁化工,2023,52(8):1161-1164.
- [4] 张文冬,付春雨,李俊伟,等.石油化工建设项目环境影响评价分类管理[J].石油化工安全环保技术,2023,39(4):7-9+17+5.
- [5] 乔宇祥.化工行业企业强制性清洁生产与污染防治对策研究[J].皮革制作与环保科技,2023,4(15):11-13.

作者简介:梁洪超(1986-),男,中国山东平邑人,硕士,工程师,从事固废处置及资源化利用研究。

通讯作者:张作军(1988-),男,山东日照人,硕士,中级工程师,研究方向为固废处置及资源化利用。