

# 化工废水处理技术与资源化利用

许娜

石嘴山工贸职业技术学院 宁夏 石嘴山 753000

**摘要:** 化工废水因其复杂的成分和高浓度的污染物,对环境造成了巨大的压力。随着环境保护意识的逐渐增强,对化工废水的处理和资源化利用技术提出了更高的要求。本文详细探讨了当前主流的化工废水处理技术及其联合应用,并对废水资源化利用的途径进行了深入分析,旨在为化工产业的绿色可持续发展提供全面的技术支持和理论指导。

**关键词:** 化工废水; 处理技术; 资源化利用; 环境可持续发展

## 引言

随着全球化学工业的快速发展,化工废水排放带来的环境问题日益突出。化工废水不仅含有大量有毒有害物质,而且其排放量和污染物种类都在不断增加,给环境带来了极大的挑战。因此,开发高效、可持续的化工废水处理技术和资源化利用方法显得尤为重要。

### 1 化工废水的主要特征及处理难点

化工废水通常含有高浓度的有机物、重金属离子、无机盐等污染物,具有成分复杂、毒性大、生物难降解等特点。这些特征使得化工废水的处理面临诸多难点,如处理成本高、处理效果不稳定等。

### 2 化工废水处理技术详解

#### 2.1 物理-化学联合处理技术

##### 2.1.1 沉淀法与化学沉淀法的联合应用

对于富含重金属离子的化工废水,单独使用沉淀法往往难以达到理想的去除效果,因为废水中除重金属离子外,还常含有大量悬浮颗粒物,这些颗粒物可能包裹或吸附重金属离子,阻碍其有效沉淀。因此,采用沉淀法与化学沉淀法联合处理成为了一种有效的解决方案。具体操作为:首先,通过自然沉淀或加入混凝剂促进悬浮颗粒物的快速沉降,去除大部分悬浮物,减少其对后续化学沉淀过程的干扰。随后,根据废水中重金属离子的种类和浓度,精确投加适量的化学沉淀剂(如硫化钠、氢氧化钠等),使重金属离子与沉淀剂反应生成难溶的沉淀物。这些沉淀物因密度大于水而迅速下沉,通过固液分离设备(如板框压滤机、带式压滤机等)将沉淀物从废水中分离出来,从而达到去除重金属离子的目的。

##### 2.1.2 气浮法与芬顿氧化法的联合应用

气浮法在处理含油废水、悬浮物较多的废水时具有显著优势,它能够通过产生微小气泡将废水中的疏水性污染物粘附并带至水面,实现固液分离。然而,对于难降解有机物,气浮法的效果有限<sup>[1]</sup>。此时,引入芬顿氧化法

可进一步提升处理效果。联合应用时,首先通过气浮法去除废水中的油类、悬浮物等易分离污染物,降低废水的浊度和色度。随后,向处理后的废水中投加亚铁盐和过氧化氢,启动芬顿反应。在酸性条件下,亚铁离子催化过氧化氢分解产生羟基自由基( $\cdot\text{OH}$ ),这些强氧化性的自由基能无选择性地攻击废水中的难降解有机物,使其氧化分解为小分子物质,甚至完全矿化为二氧化碳和水,从而提高废水的可生化性,为后续的生物处理创造有利条件。在联合处理过程中,需要注意控制芬顿反应的条件,如pH值、亚铁离子与过氧化氢的投加比例、反应时间等,以确保反应的高效进行。同时,为防止铁离子的累积对后续处理过程造成不利影响,还需考虑铁离子的去除或回收利用问题。

#### 2.2 生物-化学联合处理技术

##### 2.2.1 芬顿氧化法预处理与生物处理联合应用

针对含有高浓度有机物的化工废水,首先采用芬顿氧化法进行预处理,旨在破坏废水中的大分子有机物结构,提高其可生物降解性。芬顿反应通过亚铁离子催化过氧化氢分解生成强氧化性的羟基自由基( $\cdot\text{OH}$ ),这些自由基能够无选择性地攻击并氧化废水中的有机物,使其分解为小分子物质或完全矿化为二氧化碳和水。

具体操作流程如下:(1)调节pH值:将待处理的化工废水调节至适宜的酸性范围(通常为pH 3-4),这是芬顿反应的最佳pH条件。(2)投加芬顿试剂:按照一定比例向废水中投加亚铁盐(如硫酸亚铁)和过氧化氢。亚铁离子作为催化剂,过氧化氢作为氧化剂,共同启动芬顿反应。(3)反应与沉淀:在控制条件下进行芬顿反应,使废水中的大分子有机物被有效氧化分解。反应结束后,通过调节pH值至碱性(如加入氢氧化钠),使生成的铁离子沉淀下来,同时也有助于去除部分悬浮物和胶体物质。(4)固液分离:通过沉淀、过滤或离心等方式,将废水中的沉淀物、悬浮物等固体物质分离出去,

得到预处理后的废水。(5) 生物处理: 将预处理后的废水送入生物处理系统(如活性污泥法、生物膜法等)进行深度净化。此时, 由于废水中的大分子有机物已被部分或完全分解, 生物处理系统的负荷降低, 处理效率显著提高。同时, 生物处理系统能够进一步去除废水中的溶解性有机物、氨氮等污染物, 使出水水质达到排放标准或回用要求。

在芬顿预处理过程中, 需要精确控制pH值、亚铁盐和过氧化氢的投加量以及反应时间等参数, 以确保芬顿反应的高效进行并避免过量投加导致的不必要浪费和二次污染。预处理后的废水在进入生物处理系统前, 应确保其水质满足生物处理的要求(如适宜的pH值、营养物质比例等), 以充分发挥生物处理系统的效能<sup>[2]</sup>。生物处理系统的运行管理也是确保出水水质的关键环节, 包括污泥的培养与驯化、曝气量的调节、回流比的设定等, 都需要根据实际情况进行优化调整。

### 2.3 物理-生物联合处理技术

#### 2.3.1 膜分离技术预处理与生物膜法联合应用

膜分离技术预处理阶段: 膜分离技术, 如超滤(UF)、纳滤(NF)或反渗透(RO), 能够基于分子大小、电荷或其他物理特性对废水中的成分进行选择性分离。在处理化工废水时, 膜分离技术首先用于去除废水中的悬浮物、胶体、大分子有机物以及部分溶解性固体。这些污染物如果直接进入生物处理系统, 可能会对微生物活性产生不利影响, 甚至堵塞生物处理设备。根据废水特性选择合适的膜组件(如中空纤维膜、平板膜等)和膜材料(如聚醚砜、聚砜等)。调整操作压力、温度、流速等参数, 以优化膜通量和截留效果。定期对膜组件进行物理清洗(如反冲洗)和化学清洗(如使用酸、碱或氧化剂), 以去除膜表面的污染物, 保持膜的通量。

生物膜法处理阶段: 经过膜分离技术预处理后的废水, 其悬浮物、胶体和大分子有机物含量显著降低, 为生物膜法的应用提供了有利条件。生物膜法通过在载体表面附着微生物形成生物膜, 利用微生物的代谢活动降解废水中的溶解性有机物。具体包括: 一是载体选择: 选用比表面积大、亲水性好、化学稳定性高的材料作为生物膜的载体, 如纤维填料、颗粒填料等。二是挂膜与启动: 将载体置于处理系统中, 通过逐渐提高废水负荷, 引导微生物在载体表面附着并形成生物膜。此过程需控制水质、水温、溶解氧等条件, 以促进微生物的生长和繁殖。三是稳定运行: 在生物膜形成后, 保持系统的稳定运行, 通过调节水力停留时间、污泥回流比等参数, 优化处理效果。同时, 监测出水水质, 确保达到处

理目标。

联合处理的优势: (1) 提高处理效率: 膜分离技术有效去除了废水中的悬浮物、胶体和大分子有机物, 减轻了生物处理系统的负担; 生物膜法则进一步降解了溶解性有机物, 提高了整体处理效率。(2) 延长膜使用寿命: 通过预处理减少了膜表面的污染物沉积, 降低了膜污染的风险, 从而延长了膜的使用寿命<sup>[3]</sup>。(3) 降低运行成本: 虽然膜分离技术的初期投资较高, 但通过与生物处理技术的联合应用, 可以减少化学药剂的使用量和污泥的产生量, 从而降低长期运行成本。

## 3 化工废水的资源化利用途径

### 3.1 废水回用

废水回用技术是化工废水资源化利用的重要途径之一。随着水资源的日益紧张和环境保护意识的加强, 废水回用不仅有助于节约新鲜水资源, 而且对于减轻环境压力、实现可持续发展具有重要意义。在化工生产过程中, 冷却、清洗等环节通常需要大量的水资源。传统的做法是直接使用新鲜水, 但这种方式既消耗了大量的水资源, 又增加了污水处理的负担。而经过深度处理的化工废水, 水质得到了显著提升, 可以满足这些环节的水质要求, 因此可以作为一种可再生的资源进行回用。废水回用的关键在于深度处理技术的选择和应用。目前, 常用的深度处理技术包括高级氧化、膜分离、活性炭吸附等。这些技术能够有效地去除废水中的有机物、重金属等污染物, 提高水质。例如, 通过高级氧化技术, 可以将废水中的难降解有机物氧化为易降解的小分子物质, 甚至完全矿化; 而膜分离技术则可以利用不同孔径的膜材料, 选择性地过滤掉废水中的杂质, 从而获得清澈透明的水质。废水回用的实施, 不仅可以减少新鲜水的使用量, 降低生产成本, 还可以减少污水排放, 减轻对环境的压力。同时, 废水回用也有助于提高企业的环保形象, 增强企业的社会责任感。

### 3.2 资源回收

化工废水中的资源回收是实现废水资源化利用的重要手段。废水中含有的有机物、无机盐和重金属等资源, 如果得到有效的回收和利用, 不仅可以减少环境污染, 还能为企业带来经济效益。有机物是化工废水中的重要组成部分, 这些有机物往往具有较高的经济价值。通过萃取、蒸馏等分离技术, 可以将这些有机物从废水中提取出来。萃取技术利用溶质在不同溶剂中的溶解度差异, 实现有机物的分离和富集。而蒸馏技术则通过加热废水, 使有机物汽化后冷凝回收。回收后的有机物可以作为化工原料, 用于生产其他化学品, 或者作为燃料

使用,从而实现资源的再利用。除了有机物,化工废水中还含有大量的无机盐和重金属。这些物质如果直接排放到环境中,将对生态造成严重影响。然而,通过结晶、电解等技术手段,我们可以将这些无机盐和重金属提取出来,变废为宝。结晶技术是通过控制溶液的温度、浓度等条件,使溶质以晶体形式析出。而电解技术则利用电解原理,将废水中的金属离子还原为金属单质。提取出的无机盐和重金属可以用于生产化肥、金属材料等,从而实现资源的循环利用<sup>[4]</sup>。值得注意的是,资源回收过程中应严格控制操作条件,确保回收产品的质量和安全性。同时,针对不同的废水成分和处理要求,需要选择合适的回收技术和工艺流程。

### 3.3 能源转化

化工废水中的有机物,除了可以回收作为化工原料或燃料直接使用外,还可以通过生物技术或热化学技术进一步转化为生物质能源或合成气等可再生能源。这种能源转化方式不仅为化工废水处理提供了新的思路,也为能源结构的优化和环境保护做出了积极贡献。生物技术在这方面发挥着重要作用,尤其是厌氧消化技术。通过将化工废水中的有机物在厌氧条件下进行发酵,可以产生沼气。沼气主要由甲烷和二氧化碳组成,是一种清洁的可再生能源。它可以直接用于燃烧产生热能,或进一步提纯作为天然气使用。此外,生物技术还可以将废水中的有机物转化为生物质,这些生物质再通过气化或液化技术,可以进一步转化为合成气或生物燃油,从而提供更多的能源选择。热化学技术则是通过高温高压等条件,将化工废水中的有机物进行热解或气化,转化为合成气。合成气主要由一氧化碳和氢气组成,是一种重要的化工原料和能源。通过进一步的处理和利用,合成

气可以用于发电、制氢、合成甲醇等多种用途。这种技术不仅可以高效处理化工废水,还能产生高附加值的能源产品。这种能源转化方式的实施,不仅实现了化工废水的资源化利用,减少了废物的排放,还有助于减少化石能源的消耗。在当前全球能源危机和气候变化的背景下,这种转化方式显得尤为重要。它不仅可以为企业提供可持续的能源供应,降低能源成本,还有助于减少温室气体排放,推动绿色低碳发展。

### 结语

化工废水的处理与资源化利用是实现化工行业绿色转型和可持续发展的重要途径。本文系统介绍了化工废水的处理技术的联合应用及其资源化利用方法,为解决当前环境问题提供了有益的思路 and 方案。然而,随着化工行业的不断发展和环保要求的提高,仍需要不断创新和完善相关技术,以实现更高效、更环保的化工废水处理和资源化利用。未来,期待通过跨学科的合作和技术创新,推动化工废水处理与资源化利用领域取得更大的突破和进展。

### 参考文献

- [1]耿晓玲,李奇聪.化工废水处理技术研究[J].皮革制作与环保科技,2024,5(07):15-17.
- [2]张雪琴,陈树华,付艳鹏,等.煤化工企业废水处理及资源化利用技术研究及应用[J].山西化工,2024,44(03):213-216.
- [3]路瑞.化工企业生产废水处理与中水回用方案分析[J].山西化工,2024,44(03):249-251.
- [4]陈文林,于洋,周林成.化工废水处理与科技创新[J].当代化工研究,2024,(03):92-94.