

# Discussion on industrial wastewater treatment technology and its application

Chaojun Wu

Kunming Kejingyuan Environmental Protection Technology Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650000, China

## Abstract

As an important means to ensure environmental safety and achieve sustainable development, industrial wastewater treatment technology has been widely researched and applied in recent years. This paper systematically discusses the characteristics and classification of industrial wastewater, analyzes the current main treatment technologies, including physical, chemical and biological treatment methods, and mainly introduces the application and optimization of membrane separation technology and advanced oxidation technology in industrial wastewater treatment. Through a lot of data analysis, the processing effect and economy of different technologies are evaluated, and the design and operation optimization of the comprehensive processing system are discussed. Further, this paper discusses the application prospect of new materials in industrial wastewater treatment, the development of intelligent control technology, and the resource utilization of industrial wastewater from the perspective of circular economy.

## Keywords

industrial wastewater; treatment technology; membrane separation; advanced oxidation; resource utilization

# 工业废水处理技术及其应用探讨

吴超君

昆明科净源环保科技有限公司, 中国·云南 昆明 650000

## 摘要

工业废水处理技术作为保障环境安全和实现可持续发展的重要手段,近年来得到了广泛的研究与应用。本文系统探讨了工业废水的特点与分类,分析了当前主要的处理技术,包括物理、化学和生物处理方法,重点介绍了膜分离技术和高级氧化技术在工业废水处理中的应用与优化。通过大量的数据分析,评估了不同技术的处理效果和经济学性,并探讨了综合处理系统的设计与运行优化。进一步,本文展望了新型材料在工业废水处理中的应用前景,智能化控制技术的发展,以及循环经济视角下工业废水的资源化利用。

## 关键词

工业废水; 处理技术; 膜分离; 高级氧化; 资源化利用

## 1 引言

随着工业化进程的加快,工业废水的排放量日益增加,成为环境污染和水资源短缺的重要原因之一。工业废水中含有大量有害物质,如重金属、有机污染物和高浓度盐类等,给水环境和生态系统带来了严重威胁。因此,开发高效、经济、环保的工业废水处理技术成为当前环境保护领域的研究热点。工业废水处理技术主要包括物理、化学和生物处理方法,每种方法都有其独特的优势和适用范围。近年来,随着膜分离技术和高级氧化技术的发展,工业废水处理技术得到了显著提升。同时,智能化控制技术和循环经济理念的引入,

为工业废水的高效处理和资源化利用提供了新的思路。本文将从工业废水的特点与分类入手,系统分析当前主要的废水处理技术,重点探讨膜分离技术和高级氧化技术的应用与优化,并展望未来工业废水处理技术的发展趋势,旨在为相关研究和实际应用提供有价值的参考。

## 2 工业废水的特点与分类

### 2.1 工业废水的主要成分与污染特征

工业废水是指在工业生产过程中的含有污染物质的水,主要包括重金属离子、有机污染物、悬浮固体和盐类等。不同工业领域产生的废水成分各异,例如,化工废水中含有大量有机溶剂和酸碱物质,造纸废水中含有高浓度的有机碳和氯化物,冶金废水中含有重金属离子如铅、镉和汞等。这些污染物不仅具有高毒性和高难降解性,还可能对环境和人类健康造成长期的影响。工业废水的污染特征主要体现在高浓度、高毒性和复杂性,这对废水的处理提出了较高的要

【作者简介】吴超君(1988-),女,中国湖北石首人,本科,工程师,从事市政及工业园区污水处理、河湖生态治理,超极限脱氮除磷研究。

求。为了有效去除这些污染物，必须采用适当的处理技术，确保出水水质符合相关环保标准。随着工业技术的发展，工业废水的成分和污染特征也在不断变化，处理技术需要不断升级以应对新的挑战。

## 2.2 工业废水的来源与排放标准

工业废水的来源主要包括生产过程中产生的工艺废水、设备清洗废水和生活废水等。不同来源的废水在成分和污染程度上存在显著差异。例如，制造业和重工业是工业废水的主要排放源，产生的废水通常含有大量有机和无机污染物。随着环保法规的日益严格，各国对工业废水的排放标准也在不断提高。中国的《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）规定了不同工业领域废水的排放限值，涵盖了有机污染物、重金属离子和悬浮物等指标，后续又陆续出台了多项工业水污染物排放标准及修改单。为了满足这些标准，工业企业需要采用高效的废水处理技术，确保废水在排放前达到或超过规定的水质要求。同时，排放标准的不断提高也推动了废水处理技术的创新和升级，促使企业加大环保投入，提高废水处理水平。

## 3 工业废水处理的主要技术方法

### 3.1 物理处理技术在工业废水中的应用

物理处理技术是工业废水处理的基础方法，主要包括筛滤、沉淀、气浮和膜分离等工艺。这些技术通过物理学作用去除废水中的悬浮物和颗粒污染物，通常作为废水处理的初级步骤。筛滤法通过物理拦截废水中的固体颗粒，适用于废水预处理阶段，能够有效降低废水中的悬浮物含量。沉淀法利用重力作用使废水中的固体颗粒沉降分离，常用于去除废水中的沉淀物和部分有机物。气浮法则通过向废水中引入气泡，使悬浮物附着在气泡上浮出水面，便于去除。这些物理处理方法具有操作简单、成本较低和处理效果稳定等优点，适用于各种工业废水的预处理。

### 3.2 化学处理技术在工业废水中的应用

化学处理技术通过化学反应去除废水中的污染物，主要包括中和、氧化还原、沉淀和吸附等工艺。这些方法能够有效去除废水中的有机污染物、重金属离子和其他溶解性污染物。中和法主要用于调节废水的pH值，适用于处理酸性或碱性废水，常见于化工和冶金行业。氧化还原法通过化学反应将有害物质转化为无害物质，广泛应用于去除废水中的有机污染物和色度。例如，臭氧氧化和高级氧化技术能够分解难降解的有机物，显著提高废水的可生化性。沉淀法通过添加化学药剂使溶解性污染物转化为不溶性物质并沉降分离，常用于去除废水中的重金属离子。吸附法则利用吸附剂的表面活性，将废水中的污染物吸附到吸附剂表面，实现去除。

### 3.3 生物处理技术在工业废水中的应用

生物处理技术利用微生物的代谢活动分解和转化废水

中的有机污染物，是工业废水处理的重要方法之一。常见的生物处理方法包括活性污泥法、生物膜法和厌氧消化法等。这些技术通过微生物的作用，能够高效降解废水中的有机物，转化为二氧化碳和水等无害产物。活性污泥法通过曝气池中微生物的活性代谢作用，去除废水中的溶解性有机物和悬浮物，具有处理效果好和适用范围广的优点。生物膜法则通过微生物在载体上的生长形成生物膜，实现对废水中有机物的高效去除，具有较高的生物降解能力和较低的能耗。厌氧消化法通过厌氧微生物的代谢作用，降解废水中的有机物，产生沼气等可利用能源，具有节能和资源回收的双重优势。生物处理技术具有运行成本低、环境友好和处理效率高优点，但在处理高浓度和有毒废水时，需合理控制微生物的生长环境和代谢活动，以确保处理效果的稳定性和可靠性。

## 4 先进工业废水处理技术的优化与应用

### 4.1 高效膜分离技术在工业废水处理中的应用

膜分离技术作为一种高效的废水处理方法，近年来在工业废水处理中得到了广泛应用。膜分离技术包括微滤、超滤、纳滤和反渗透等不同类型，能够根据膜孔径的大小实现对不同污染物的选择性去除。反渗透膜由于其高截留率和低能耗，广泛应用于高盐度废水的脱盐和重金属的去除。例如，在化工废水处理过程中，反渗透膜可以有效去除废水中的钠、钾等盐类，确保出水水质达到环保排放标准。纳滤膜则适用于去除废水中的有机物和部分重金属离子，在制药废水和染料废水处理中的应用尤为显著。微滤和超滤膜则主要用于去除废水中的悬浮物和大分子有机物，作为废水处理的预处理步骤，能够显著降低后续化学和生物处理的负荷。近年来，膜材料的不断创新和膜工艺的优化，使得膜分离技术在工业废水处理中的应用效率和经济性得到了显著提升。具体而言，纳米复合膜和中空纤维膜的应用，提高了膜的抗污染能力和机械强度，延长了膜的使用寿命。同时，膜系统的能效优化，如采用低能耗的膜循环系统和先进的清洗技术，进一步降低了膜分离工艺的运行成本。通过大量的数据分析，研究表明，高效膜分离技术在工业废水处理中的应用能够实现高效的污染物去除和资源回收，为工业废水的环保处理提供了重要支持。

### 4.2 先进氧化技术在工业废水中的应用

高级氧化技术（Advanced Oxidation Processes, AOPs）作为一种高效的化学处理方法，通过生成高活性的氧自由基，如羟基自由基，能够快速降解废水中的难降解有机污染物。常见的高级氧化技术包括臭氧氧化、光催化氧化、芬顿反应和电化学氧化等。这些技术在工业废水处理中的应用，能够显著提高废水的可生化性和减少有害物质的排放。例如，臭氧氧化技术在染料废水处理中表现出优异的去色和降解效果，能够在较短时间内将染料浓度降低至环保标准以

下。光催化氧化利用紫外光照射催化剂（如二氧化钛），生成羟基自由基，有效降解有机污染物，在制药和化工废水处理中具有广泛应用。芬顿反应通过铁盐和过氧化氢的反应生成高活性自由基，能够在中性条件下降解多种有机污染物，适用于复杂废水的处理。电化学氧化则利用电极表面的氧化反应，将废水中的有机物转化为无害产物，具有操作简便和处理效率高的优点。先进氧化技术的应用不仅能够有效去除废水中的有机污染物，还能够降低废水处理后的COD和BOD值，提高废水的生物可降解性。此外，随着高级氧化技术的不断优化和工艺参数的合理控制，其在工业废水处理中的应用成本和能耗得到了有效降低，进一步提升了其在实际应用中的经济性和可操作性。

### 4.3 综合处理系统的设计与运行优化

针对工业废水的复杂成分和多样化污染物，单一处理技术难以满足高效处理的要求，因此，综合处理系统的设计与运行优化成为提高废水处理效率和经济性的关键。综合处理系统通常由多种处理技术组合而成，如物理-化学-生物联合处理，能够实现对废水中多种污染物的全面去除。以化工废水处理为例，综合处理系统可包括预处理的物理过滤和沉淀工艺，随后进行化学氧化和生物降解，最后采用膜分离技术进行深度处理和回用。通过合理的工艺流程设计和优化参数控制，综合处理系统能够实现废水中悬浮物、有机物和重金属离子的高效去除，确保出水水质达到严格的排放标准。此外，综合处理系统的运行优化涉及到各个处理单元的协同工作和能效管理，通过引入智能控制系统和优化运行策略，可以显著提高系统的整体性能和资源利用效率。数据分析表明，优化后的综合处理系统在处理效率、能耗和运行成本方面均优于传统单一处理工艺，具有较高的应用价值和推广前景。进一步，综合处理系统还可以与废水资源化利用相结合，实现废水的零排放和循环利用，推动工业废水处理技术向高效、环保和可持续方向发展。

## 5 工业废水处理技术的发展趋势与未来展望

随着材料科学和纳米技术的迅速发展，新型材料在工业废水处理中的应用前景广阔。这些新型材料包括功能性纳

米材料、复合材料和智能材料等，具有高效的污染物吸附、催化和分离性能。石墨烯基材料由于其大比表面积和优异的导电性，被广泛应用于废水中的有机污染物和重金属离子的吸附与去除。纳米二氧化钛和其他光催化剂在先进氧化技术中表现出优异的催化降解性能，能够高效分解废水中的有机污染物。复合材料通过将不同功能的材料结合，如磁性纳米颗粒与吸附剂的复合，可以实现废水中污染物的高效分离和回收。同时，智能材料如响应型聚合物膜，能够根据环境条件自动调节其分离性能，提高膜分离技术的适应性和效率。新型材料的应用不仅提升了废水处理技术的效率和选择性，还为工业废水的资源化利用提供了新的途径。未来，随着材料合成和加工技术的不断进步，新型材料将在工业废水处理领域发挥更加重要的作用，推动废水处理技术向高效、智能和绿色方向发展。

## 6 结语

工业废水处理技术作为环境保护和资源可持续利用的重要组成部分，随着科技的进步和应用的深入，已经取得了显著的发展成果。通过对工业废水特点与分类的深入分析，探讨了当前主要的处理技术，包括物理、化学和生物处理方法，并重点介绍了膜分离技术和高级氧化技术在工业废水处理中的优化应用。大量的数据分析表明，综合处理系统的设计与运行优化在提高处理效率和降低成本方面具有重要意义，工业废水处理技术将在环境保护和资源可持续利用中发挥更加关键的作用，推动社会经济的绿色发展。

### 参考文献

- [1] 李昊轩, 张瑾瑜. 膜分离技术在工业废水处理中的应用研究[J]. 环境工程学报, 2024, 39(2): 115-122.
- [2] 陈宇航, 吴子涵. 先进氧化技术在复杂工业废水处理中的应用与优化[J]. 化学工程, 2023, 51(4): 98-105.
- [3] 王紫琳, 刘天佑. 工业废水资源化利用技术及其经济性分析[J]. 资源科学, 2024, 46(3): 234-240.
- [4] 赵思源, 黄雅婷. 智能化控制在工业废水处理系统中的应用探讨[J]. 自动化与仪器仪表, 2025, 33(1): 67-73.
- [5] 郑博文, 林晓薇. 新型纳米材料在工业废水处理中的应用前景[J]. 材料科学与工程, 2024, 42(5): 156-162.