

# Research status and prospect of industrial wastewater pollution control technology

Jiawen Yuan

Nanjing Yuanheng Environmental Research Institute Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210000, China

## Abstract

Industrial wastewater, characterized by its complex composition and high toxicity, is a significant source of pollution that poses a serious threat to the ecological environment and human health. This article reviews the current research on industrial wastewater pollution control technologies, including physical, chemical, biological treatment methods, and comprehensive management approaches. It focuses on analyzing the applicability, effectiveness, and technical limitations of each method. While traditional technologies have played a crucial role, they face limitations in terms of treatment efficiency, cost control, and adaptability to different pollutants. To address these issues, the article explores the application trends of new materials and technologies, such as nanotechnology, membrane separation technology, and enhanced biodegradation technology. These technologies hold great potential for improving treatment efficiency, reducing energy consumption, and achieving wastewater resource utilization. Finally, the article looks ahead to future development directions, proposing that breakthroughs in wastewater treatment technology can be achieved through technological innovation, interdisciplinary collaboration, and policy support, providing a reference for green environmental protection and sustainable development.

## Keywords

industrial wastewater treatment; pollution treatment technology; sustainable development

## 工业废水污染治理技术的研究现状与展望

袁佳雯

南京源恒环境研究所有限公司, 中国·江苏·南京 210000

## 摘要

工业废水成分复杂、毒性高,是重要污染源,严重威胁生态环境与人类健康。本文综述了工业废水污染治理技术研究现状,涵盖物理、化学、生物处理技术及综合治理方法,重点分析了各技术的适用范围、处理效果与技术瓶颈。传统技术虽发挥重要作用,但在处理效率、成本控制及对不同污染物的适应性上存在局限。针对这些问题,探讨了纳米技术、膜分离技术、强化生物降解技术等新型材料和技术的应用趋势,这些技术在提高处理效率、降低能耗及实现废水资源化方面潜力巨大。最后展望未来发展方向,提出通过技术创新、多学科交叉与政策支持推动废水治理技术突破,为绿色环保与可持续发展提供参考。

## 关键词

工业废水治理; 污染处理技术; 可持续发展

## 1 引言

工业废水是环境污染的主要源头之一,不但形成了一种严重的环境问题,也在很大程度上损害了生态环境与人类健康。如何高效地管理工业废水,减少其对生态环境的负面影响,已成为科研人员和环保单位的一项关键工作。废水处理技术便是其中极为重要的环节。现有的工业废水管理技术主要涵盖物理、化学和生物处理技术,这些技术已在减少工业废水对环境的损害方面发挥了作用,但在处理效率、成本控制、对不同污染物的适应性等方面,传统技术仍存在局限

性。为了解决这些问题,新的废水处理技术,例如纳米技术、膜分离技术、强化生物降解技术等,正在逐步被引入。研究表明,这些新技术在提升工业废水处理效率、减少能耗、实现废水资源化方面展现出显著潜力,给工业废水处理提供了新的发展方向。

## 2 工业废水污染的现状与挑战

### 2.1 工业废水的污染特征与来源

工业废水是生产过程中释放的主要污染源,其污染特征表现为成分复杂、浓度高、毒性大。由于行业类型和生产工艺的差别,工业废水的成分存在显著不同,含有大量重金属离子、有机污染物、无机盐类以及难以降解的化学物质等有害成分<sup>[1]</sup>。这些污染物难以降解,对生态环境和人体健康

【作者简介】袁佳雯(1991-),女,中国江苏靖江人,硕士,工程师,从事环境管理研究。

造成长期危害。例如重金属铬、镉、铅进入水体中，通过生物富集作用进入生态链，对生物系统造成永久性重大损害。有机污染物，如石油类、苯系物、农药残留等，会导致水质恶化，对环境和人体健康构成重大威胁。

工业废水的主要来源包括化工、冶金、电镀、制药、造纸等行业，化工和冶金等行业使用的原料复杂，生产过程中的化学反应强度大，导致排出的废水中污染物种类繁多，毒性强。在废水排放过程中，部分企业处理设施不完善，排放管理机制不健全，导致水环境受到损害。全面理解工业废水的特点和来源，是制定合理治理技术方案的重要基础。

## 2.2 工业废水对生态环境与健康的影响

工业废水对生态环境和人类健康具有严重的破坏作用，导致诸多负面影响。废水含有重金属、有毒有机物及难降解污染物，这些物质进入自然水体后，会破坏水生态系统结构，造成生物多样性锐减。废水中的有毒成分通过食物链聚集，危害动植物及人类健康。部分工业废水含有致癌、致畸及致突变化学物质，长期排放会降低周边居民的生活质量，可能增加疾病风险。如果农田灌溉或饮用水源受到污染，工业废水中的残留污染物会对人体造成危害，包括神经系统损伤及免疫功能下降。工业废水污染问题已成为生态保护及公共健康领域亟待解决的重大挑战。

## 2.3 当前废水治理面临的主要技术难题

在工业废水治理技术的应用中会遇到许多不同的问题。复杂废水中的各种污染物混杂在一起，导致传统技术无法顺利完成彻底分离和完全净化。有些污染物具有极高的化学稳定性和生物惰性，使得处理过程耗时长且难度大。在处理高浓度、高毒性废水时，现有技术在处理效率和成本控制之间难以达到良好的协调。此外，有些治理工艺还会产生二次污染，降低了环境保护的成效<sup>[2]</sup>。废水治理技术的推广还受到地区差异和产业化程度的限制。这些问题共同阻碍了工业废水治理技术的进一步优化改进和广泛使用。

# 3 工业废水治理的主流技术进展

## 3.1 物理处理技术的发展与应用

物理处理技术是工业废水治理的基础方法，其技术发展和在废水处理领域的应用具有关键作用。常用的物理处理技术包括沉淀、过滤、吸附和离心分离等多种方式<sup>[3]</sup>。这些方法利用物理原理去除废水中的悬浮固体、油脂和颗粒物。技术运行简单且高效，例如，沉淀法利用重力分离悬浮物，过滤法依赖多孔材料拦截杂质，吸附法通过吸附剂表面吸附污染物，离心分离则依赖离心力分离不同密度的物质。虽然物理处理技术在初步去除废水中较大颗粒物时效果显著，但在处理溶解性污染物和细小颗粒方面效果有限，需要结合其他技术进行处理。研究工作致力于提升技术的加工能力和运行效率，研发新型吸附材料，改进过滤膜的性能和使用寿命，更新离心分离设备。相关改进措施可望扩大物理处理技术的

适用范围，取得明显进步，促进复杂工业废水处理实现卓越效果，满足多种实际需求。

## 3.2 水化学处理技术的创新与局限

水化学处理技术在工业废水处理中具有非常显著的作用，其主要机理是利用化学试剂与废水中的污染物发生化学反应，达到去除或转化污染物的目的。常用的方法包括化学混凝、氧化还原处理、电化学处理等，这些方法在清除重金属和分解有毒有害化合物方面表现出优异效果。研究人员通过多项技术改进提升效能和维护生态环境，例如开发高性能低毒的氧化剂和光催化技术，利用光能加快污染物分解速度。研究还注重改良化学试剂的剂量，以减少处理费用和缓解二次污染问题。然而，水化学处理技术在实际应用中仍面临明显局限，包括对多样化污染物的适应性较弱，处理过程可能生成副产物或残留物，以及设备维护繁琐且能耗较高。如何针对不同废水特性提升技术的适应性及稳定性已成为未来研究的关键方向。

## 3.3 生物处理技术的优势与技术瓶颈

生物处理技术在处理工业废水方面展现出突出优点，具备完全清除有机污染物和部分毒性物质的能力、且能耗少、环境友好。技术难点主要包括对复杂废水处理的适应性差、生物系统常被外界条件干扰、部分污染物生物降解效果差、微生物培养和维护成本高。这些问题限制了技术的广泛使用，迫切需要通过工艺改进和技术创新实施有效处理，从而提高废水处理效率和系统运行稳定性，保证治理效果更好<sup>[4]</sup>。

# 4 新兴技术在工业废水治理中的应用潜力

## 4.1 纳米材料与纳米技术的应用前景

纳米材料与纳米技术在工业废水治理领域展示出非常广阔的应用前景。纳米材料因其独特物理化学性质，具有相当大的比表面积、极为优秀的催化性能和对特定污染物非常高效的吸附能力，在废水净化中显示出显著优势。例如，纳米金属氧化物可以迅速清除重金属离子或有效分解毒性有机污染物，而纳米炭材料作为吸附剂可以大幅提高污染物清除效率。纳米技术的开发持续推动了复合材料以及功能性薄膜的应用，使膜分离技术在处理复杂废水时具有更高的过滤精度和更强的抗污染能力<sup>[5]</sup>。纳米催化剂在增强高级氧化过程中发挥重要作用，能够在较低能耗条件下快速分解生物难降解污染物。虽然这些技术在实验室研究中获得了优异效果，但其广泛推广和实际应用仍面临制造成本高、循环利用性较差等挑战。随着纳米技术的持续发展和规模化生产成本的降低，其在工业废水治理中的实际应用潜力将进一步发挥，为处理复杂污染问题提供高效途径。纳米材料的可控设计与绿色合成方向同样值得深入研究，以促进废水处理技术向可持续方向前进。

## 4.2 膜分离与组合工艺的技术突破

膜分离技术已成为工业废水处理的关键技术之一，其

高效的分离功能和环保特性引起了广泛关注。开发新型膜材料增强了净化效率、抗污染能力和稳定性。超滤、反渗透、纳滤等膜分离工艺实现了从单一分离向多功能组合的技术进步,为复杂废水中的多种污染物去除提供了新方法。整合膜分离与其他处理工艺的组合技术显著改善了水质处理效果和速度,减少了能源消耗。新型膜材料的开发和膜组件模块化设计的不断发展,为工业废水处理提供了可持续的技术支持和实际应用。

#### 4.3 强化生物降解技术在复杂废水中的表现

生物降解技术治理复杂废水展现关键实用价值,科学调整微生物群体和代谢过程,极大提升彻底清除顽固有机污染物的速度。生物降解技术使用特殊菌株或基因改造微生物,加强清除能力,处理传统生物治理技术应对复杂工业废水的缺陷。优化培养基、添加促进剂和协同作用的优秀方法,生物降解技术在高毒性、高盐度环境下展示非常出色稳定性和适应性。生物降解技术还能完成污染物的部分回收利用,为废水治理开辟了可持续发展的新道路。

### 5 工业废水治理技术的未来发展方向

#### 5.1 绿色低碳与资源化综合治理的趋势

绿色低碳与资源化综合治理已成为工业废水处理技术发展的重要趋势。在能源危机和资源紧张的背景下,传统的高能耗处理工艺已难以满足环保和经济发展的双重需求。借助技术革新,研究以低耗能、高效率为特征的废水处理解决方案已成为各界关注的重点。通过引入先进的工艺技术提升废水处理环节的能量转换效率,促进余热回收和废水循环利用,可显著减少处理总能耗。在资源化利用方面,废水中的有用组分,如重金属、微量元素和有机物,正被视为潜在的二次资源,通过采用适宜的分离和提取技术,不仅可以降低污染负荷,还能实现废水价值的最大化。精简工艺流程、改良设备设计,有利于增强废水治理的经济性和环境效益,契合绿色环保理念。综合治理理念的导入,为不同技术之间的协调发展开辟了道路,能够显著改善复杂废水的治理效果。这种趋势正在推动工业废水治理技术朝更加生态友好和可持续化的方向发展,为解决污染问题提供了更具前景的技术路径。

#### 5.2 多学科融合与技术创新的推动

多学科融合与技术创新在工业废水治理中的推动作用日益显现。废水治理技术的发展需综合化学、材料科学、生

物学、环境工程等多学科的协作,以强化对复杂污染物的识别和处理能力。新型材料的研发与应用,如功能性纳米材料和智能响应型膜材料,以其优异的性能提升了治理效率。生物技术与信息技术的结合,为微生物群落优化和废水处理过程监控提供了科学依据。通过数据科学与工程技术的联动,构建数字化仿真与智能化控制系统,可实现治理过程的动态优化与能效提升。多领域的协同创新成为突破当前技术瓶颈、提升废水资源化利用水平的关键路径,为工业废水的高效处理和绿色发展提供了技术动力。

#### 5.3 政策支持与产业化的可行路径

政策支持与产业化路径是促进工业废水治理技术进步的关键环节。通过优化法律法规、拟定经济激励措施,可以高效推进企业应用环保治理技术。强化行业标准化建设,为技术产业化提供一致规范。在政策的指导下,整合技术研发与市场推广,通过构建产学研合作平台,实现技术从实验室至实际应用的转化。应当激励社会资本加入,协力促进废水治理技术的市场化进程,为实现可持续发展筑牢稳固基础。

### 6 结语

本文审视了工业废水治理技术现状,探讨了物理、化学、生物处理和综合技术的适用性、效果与瓶颈,表明传统技术在应对复杂污染物、能耗管理和资源化利用方面的局限性。研究表明,纳米技术、膜分离技术和强化生物降解等新兴技术在提高效率和降低成本方面具有巨大潜力,但也面临成本高、技术推广难等问题。未来需要加强跨学科协同创新,精准匹配污染物与技术研究,促进智能化与数字化管理,并借助政策与补贴推动绿色技术应用,以实现工业废水治理的全面进步。

#### 参考文献

- [1] 王洪才,王庭鹏,李强.工业废水污染治理途径与技术发展需求[J].中国高新科技,2021(22):139.
- [2] 李志华.工业废水污染治理技术研究[J].资源节约与环保,2021,36(04):83-84.
- [3] 吕金万晓.工业废水污染治理途径与技术研究发展需求[J].区域治理,2020(39):0150-0151.
- [4] 车赛男.关于工业废水污染治理途径与技术的研究[J].资源节约与环保,2020,35(09):91-92.
- [5] 苏宁.工业废水污染治理途径与技术研究发展需求分析[J].区域治理,2020(37):127.