

# Comprehensive Technical Analysis of River Pollution Source Control and Water Quality Improvement

Juan Bai<sup>1</sup> Tong Chen<sup>1</sup> Faju Chen<sup>2</sup> Xihua Fu<sup>2</sup>

1. Shandong Water Conservancy Survey and Design Institute Co., Ltd., Jinan, Shandong, 250014, China

2. Jinan Water Conservancy Engineering Service Center of Shandong Province, Jinan, Shandong, 250014, China

## Abstract

As an important carrier of water resources and a component of ecosystem, rivers carry multiple functions such as water supply, irrigation and transportation. However, with the acceleration of industrialization and urbanization, the problem of river pollution has become increasingly serious, and the deterioration of water quality has become a major environmental problem in the world. There are many kinds of pollution sources, including industrial wastewater, agricultural non-point source pollution, urban domestic sewage, etc. These pollutants directly affect the quality of water bodies, destroy the ecological environment, and threaten human health. This paper will discuss the comprehensive treatment method of water quality improvement through the analysis of river pollution sources and their control technology, aiming at providing theoretical basis and technical support for river pollution prevention and control.

## Keywords

river pollution; pollution source control; water quality improvement; comprehensive treatment; ecological restoration

## 河流污染源控制与水质改善综合技术分析

白娟<sup>1</sup> 陈彤<sup>1</sup> 陈法举<sup>2</sup> 付希华<sup>2</sup>

1. 山东省水利勘测设计院有限公司, 中国·山东 济南 250014

2. 山东省济南市水利工程服务中心, 中国·山东 济南 250014

## 摘要

河流作为重要的水资源载体和生态系统的组成部分, 承载着供水、灌溉、交通等多重功能。然而, 随着工业化和城市化进程的加速, 河流污染问题日益严重, 水质恶化已经成为全球范围内的重大环境问题。污染源的种类繁多, 包括工业废水、农业面源污染、城市生活污水等, 这些污染物直接影响水体质量, 破坏生态环境, 威胁人类健康。论文将通过分析河流污染源及其控制技术, 探讨水质改善的综合治理方法, 旨在为河流污染防治提供理论依据和技术支持。

## 关键词

河流污染; 污染源控制; 水质改善; 综合治理; 生态修复

## 1 引言

近年来, 随着社会经济的快速发展和工业化、城镇化进程的推进, 中国部分地区的河流曾一度面临较为严峻的污染问题。然而, 随着国家对生态文明建设的高度重视, 水污染防治行动不断深化, 全国范围内的河流水质已经取得了显著改善。据监测数据显示, 多数区域的河流水质逐步向好, 部分污染严重的水体开始恢复生机。但由于污染源种类繁多, 分布广泛, 且成分复杂, 河流污染防治工作仍需持续努力。特别是工业废水、农业面源污染和城市生活污水在某些流域仍然存在, 对水环境质量构成一定压力。值得注意的是, 在雨季或汛期, 由于水量增大, 污染物通常被稀释, 短期内河流水质有所改善, 但也可能因部分区域雨污分流不彻底而

带来新的挑战。因此, 在当前国家管控不断加强、水质持续改善的大背景下, 进一步探讨河流污染源的控制及水质改善技术, 既具有现实意义, 也为生态环境保护与可持续发展提供了重要的理论与实践依据。

## 2 河流污染源分析与分类

### 2.1 河流污染源的主要类型

河流污染源的类型多种多样, 主要包括工业污染、农业污染和生活污水等。工业污染源通常来自化工、冶金、电力等行业, 排放的废水中含有大量有毒有害物质, 如重金属、化学品等。这些污染物进入水体后, 难以自然降解, 严重影响水质。农业污染源主要由化肥、农药以及农村生活污水等组成。农业面源污染通常具有分散性, 污染物通过雨水径流进入河流, 带来氮、磷等营养物质, 导致水体富营养化。城市生活污水是河流污染的重要来源, 尤其是在城市化进程

【作者简介】白娟(1976-), 女, 中国山东菏泽人, 本科, 高级工程师, 从事环境科学与水土保持研究。

中,人口密集、排水管网不完善的地区,未经处理或处理不充分的生活污水直接排放到河流中,给水质带来极大压力。除此之外,固体垃圾、建筑废弃物等非点源污染也会对河流造成一定程度的污染。

## 2.2 河流污染源的分布特征

河流污染源的分布特征通常受到地理位置、经济发展水平和人类活动方式的综合影响。在上游地区,污染源主要以农业面源污染为主,如化肥、农药的过量使用以及土壤侵蚀带来的悬浮物质。这些污染物通过地表径流汇入河流,对水质造成威胁。中游区域由于人口密集和工业活动频繁,污染源类型复杂且浓度较高,工业废水、生活污水和养殖废水是主要来源,特别是一些工业企业的点源排放对水体环境的影响尤为显著。下游地区因承载上游及中游污染物的汇集效应,污染负荷进一步加重,常表现为有机物、重金属和营养盐的高浓度聚集,整体来看,污染源分布表现为由上游到下游逐渐由分散型向集中型过渡,不同区域的污染特征反映了河流生态系统的复杂性和脆弱性。

## 3 河流污染防治与水质改善技术分析

### 3.1 污水处理与排放控制技术

污水处理技术是河流污染防治的关键手段之一。根据不同污染物种类和浓度,处理方法有所不同。在工业废水处理方面,采用化学沉淀法可以去除水中的重金属,如铅、锌、镉等,沉淀率可达到85%以上。对于含油废水,采用气浮法和膜分离技术相结合,能够去除水中约90%的油污。在城市生活污水处理中,传统的活性污泥法仍是最常用的技术,能够有效去除BOD(生物化学需氧量)、COD(化学需氧量)等有机污染物。通过二级处理,生活污水的BOD5值可降低至30mg/L以下,COD值降至100mg/L以下。在农业污水处理方面,利用人工湿地技术处理农业废水,湿地植物如芦苇、香蒲等能够吸附氮、磷等养分,减少水体富营养化现象。据统计,湿地处理系统可去除氮、磷的效率分别为70%和60%。此外,膜过滤技术和紫外线消毒技术也广泛应用于各类污水处理工艺中,具有高效、环保的优势。

### 3.2 农业面源污染控制技术

农业面源污染主要来源于化肥、农药的过度使用以及畜禽粪便的管理不当。在减少化肥使用方面,精准施肥技术逐渐得到应用,通过土壤测试来确定肥料的实际需求,减少肥料过量使用。数据显示,通过实施精准施肥,每公顷农田的氮肥用量可减少约15%~20%,磷肥和钾肥的使用量也可以相应减少。在农药管理方面,采用病虫害预警系统和生物防治技术,可以减少农药使用量。利用植物保护系统(PPS)和无人机喷洒农药,喷洒效率提高了30%以上,且农药的使用量减少了25%以上,降低了水体中的农药残留。在畜禽养殖污染控制方面,采取畜禽粪便综合利用技术,合理处理和利用畜禽粪便,减少粪便直接排入水体的风险。数据显

示,通过粪污处理设施的建设和应用,畜禽养殖污染物的排放量可减少50%以上。此外,生态缓冲带技术也已被广泛应用,通过在农田与水体之间种植植被带,能够有效截留流入水体的污染物,减少农业面源污染。据统计,生态缓冲带可减少流入水体的氮、磷污染物达到60%。

### 3.3 城市水污染防治技术

城市水污染防治涉及多个方面的技术措施。污水管网系统是城市水污染防治的基础设施,通过合理设计和优化管理,可以提高污水的收集与处理效率。数据显示,中国一些大城市的污水管网覆盖率已达到95%以上,污水处理厂的处理能力也得到了显著提升。据统计,2019年全国城镇污水处理能力已达到2.6亿吨/日,处理率达到90%以上。在污水处理技术方面,膜生物反应器(MBR)技术得到了广泛应用,MBR系统能够有效去除水中的悬浮物和有机物,并且占地面积较小,适用于城市人口密集区。根据研究,MBR技术可以使BOD和COD的去除率分别达到98%和99%。在雨水污染控制方面,雨水收集和再利用系统已成为城市防治水污染的重要手段。据统计,上海市每年通过雨水收集系统回收的雨水量已达到5000万立方米,可以用于城市绿化和清洁等非饮用水用途。此外,城市湿地公园作为一种新型的水污染处理方式,通过自然湿地植物净化水质,逐步成为城市水体修复和污染防治的重要组成部分。城市湿地可以去除水中90%以上的氮、磷等营养物质。

### 3.4 河流生态修复技术

河流生态修复技术的目的是通过恢复河流生态系统的自然功能,提升水体的自净能力,改善水质。河流底泥修复是其中的重要手段之一。通过物理、化学或生物修复手段,可以有效去除底泥中的污染物,减少其对水质的二次污染。例如,采用生物扰动和絮凝沉淀法,底泥中重金属和有机污染物的去除率可达到60%以上。此外,生态工程技术,如种植水生植物、建设人工湿地等,也被广泛应用于河流修复中。植物通过吸收水中的氮、磷等营养物质,有效减缓水体富营养化现象。通过在污染河流中种植水生植物,能够减少河流中氮磷含量40%以上。生物修复技术也是河流生态修复中的一项重要方法,采用微生物处理污水或底泥,能够加速有害物质的降解,利用微生物降解有机污染物的效率可达到75%以上,有效减少了水体的有机污染负荷。

## 4 综合治理策略与水质改善措施

### 4.1 全流域水环境管理

全流域水环境管理是现代水污染防治的一个系统性和综合性策略,强调从流域整体角度出发,进行跨区域、跨部门的协调与合作。流域管理不仅仅关注某一水体的污染治理,而是全面考虑上下游、左岸右岸的各类污染源和生态环境状况,以实现水质的可持续改善。通过建立流域管理协调机制,各级政府和相关部门可以制定统一的水质标准和污染

控制措施,协同实施水资源保护、污染防治与生态修复等工作。在全流域水环境管理中,强调污染源的全面排查与监管,特别是对农业、工业和城市污水的源头控制。在一些重点流域,已采取流域水质改善规划,并通过实施污染减排项目,推动治理效果的长期性与持续性。此外,数据监测与信息共享机制的建设也至关重要,通过流域水质监测系统,实时获取水质数据,指导后续的管理与决策。全流域的治理要求多部门、多领域的合作,注重流域内外的水环境联动,以实现流域内水质的整体提升。

#### 4.2 污染源削减与综合修复

污染源削减与综合修复是河流污染治理中的核心技术之一,旨在通过减少污染物排放并修复受损的生态环境,实现水质的长期改善。在污染源削减方面,政策导向是关键,通过加强排污许可制度、严格污染物排放标准及实施清洁生产,推动企业和农业减排。例如,要求工业企业实施废水循环利用与深度处理技术,可以使其污染物排放减少50%以上。农业面源污染的削减则依赖于精准农业技术的推广,通过土壤检测与养分管理,实现化肥与农药的科学施用,减少了30%以上的农田化学物质流失。污染源削减的同时,综合修复技术的应用也显得尤为重要。河流的底泥修复技术通过生物降解、物理吸附等手段,能够有效去除水体中的重金属与有机污染物,修复率达到60%以上。此外,生态工程技术如湿地建设与水生植物种植,也在一定程度上恢复了水体的自净功能,减轻了水质恶化。综合修复不仅着眼于污染物的清除,更注重生态功能的恢复,从而实现环境与水质的双重提升。

#### 4.3 水质评估模型与预警系统

水质评估模型与预警系统是现代水环境管理中的重要工具,能够实时监测、评估水体污染状况,并在污染风险加剧前进行预警,从而为决策者提供科学依据。水质评估模型通过采集水体中的化学需氧量(COD)、生物需氧量(BOD)、氮、磷等指标数据,结合水文气象条件,建立数学模型,模拟水质变化趋势。通过建立多维度、全方位的水质评估模型,可以精准预测不同污染源对水质的影响,并提供相应的治理对策。例如,某些流域已经实现了基于模型的实时水质监测和动态评估系统,污染物浓度的预测误差通常在10%以内。

预警系统通过设置污染浓度阈值,当水体污染指标达到预警值时,系统自动发出警报,并触发相关部门的应急响应。通过对历史数据的积累与分析,预警系统不仅可以识别污染源变化,还能够提前预测季节性污染事件。根据研究,某些区域的水质预警系统成功率可达到90%以上,有效减少了水体污染带来的突发性风险,并且在污染治理的初期即能介入,减少了治理成本。

## 5 结语

综上所述,河流污染防治和水质改善是一个复杂的系统工程,需要综合运用多种技术和策略。通过对污染源的有效控制和削减,可以大幅降低污染物的排放,减少对水体的负面影响。污水处理技术的不断创新和改进,尤其是在工业废水和农业面源污染治理方面,取得了显著成效。与此同时,生态修复技术的应用,为水体提供了自净能力,促进了水环境的可持续发展。全流域水环境管理的实施,不仅优化了资源配置,还提高了区域合作的效率,使得污染防治工作能够全方位、多层次地展开。水质评估模型和预警系统的应用,提升了水质监控的精度和响应速度,为及时处理突发污染事件提供了有力保障。未来,随着技术的进一步发展和治理模式的不断优化,河流污染防治将取得更加显著的成效。只有通过全社会的共同努力,才能实现水环境的长效治理与可持续发展,最终恢复水生态系统的健康与稳定。

## 参考文献

- [1] 叶永,陈雪倩,汪旭.基于MIKE21水质与水动力模型的清江流域水质改善措施影响研究[J/OL].中国农村水利水电,1-11[2025-01-15].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1419.tv.20241021.1800.006.html>.
- [2] 韩奇颖,李思东,张丽伟.生态修复对河流水质改善与排污控制的作用[J].皮革制作与环保科技,2024,5(18):170-171+183.
- [3] 杨凤娥,杨萍萍,苏社飞,等.基于主成分分析的洱海北部入湖河流水质评价及变化趋势研究[J].四川环境,2024,43(4):41-49.
- [4] 高文郑,熊文浩,陈超,等.城市河流黑臭水体形成原因与水质改善技术研究[J].工程技术研究,2023,8(14):225-227.
- [5] 黄殿男,白茹冰,叶汉峰,等.北方城市河流的水质模拟及参数的敏感性分析[J].环境污染与防治,2023,45(7):940-946.