

城市化进程中地表水环境污染防治与水质提升路径研究

尹文芝

湘西土家族苗族自治州生态环境局吉首分局

DOI:10.32629/eep.v8i11.2949

[摘要] 随着我国城市化水平持续提升,城市人口集聚、产业结构调整与空间扩张不断加剧地表水污染负荷,使城市河流水生态功能受到不同程度的破坏。为进一步提升城市地表水环境质量,本文在分析城市化进程中污染成因的基础上,引入典型城市地表水污染调查资料,对生活污水直排、农业面源扩散、工业排放及城市管网系统失效等核心问题进行系统论述,并构建适用于不同城市发展阶段的污染防治与水质提升路径。研究采用文献分析、污染源分区测算、水质指标对比等方法,总结城市化对水环境影响的主导因素,提出包括污染源精准治理、生态修复、智慧水务建设、面源削减与治理体系完善在内的综合策略。研究表明,生活源与城市面源污染是多数城市地表水超标的主要原因,而污水处理系统效率不足、雨污混接等问题进一步加剧污染负荷。文章认为,应从源头削减、过程控制与末端协同治理三方面入手构建综合防控体系,以实现城市地表水水质持续改善与水生态系统稳定修复。

[关键词] 城市化; 地表水污染; 面源污染; 水生态治理; 水质提升

中图分类号: F407.9 文献标识码: A

Study on the Prevention and Control of Surface Water Pollution and the Improvement of Water Quality in the Process of Urbanization

Wenzhi Yin

Jishou Branch of the Ecological Environment Bureau of Xiangxi Tujia and Miao Autonomous Prefecture

[Abstract] With China's urbanization level continuously advancing, the concentration of urban populations, industrial restructuring, and spatial expansion have intensified surface water pollution loads, resulting in varying degrees of ecological damage to urban river systems. To further improve urban surface water quality, this study analyzes pollution causes during urbanization and incorporates field investigation data from typical cities. It systematically addresses core issues including direct domestic sewage discharge, agricultural non-point source pollution, industrial emissions, and urban pipeline system failures, while developing pollution control and water quality enhancement pathways tailored to different urban development stages. Through methods such as literature analysis, pollution source zoning assessments, and water quality indicator comparisons, the research identifies dominant factors affecting water environments under urbanization. Comprehensive strategies are proposed, encompassing precise pollution source management, ecological restoration, smart water infrastructure development, non-point source reduction, and governance system optimization. The study reveals that domestic and urban non-point source pollution are the primary causes of excessive surface water levels in most cities, while inadequate sewage treatment system efficiency and rainwater-sewage mixing further exacerbate pollution loads. The paper proposes establishing a comprehensive prevention and control system through three key approaches: source reduction, process control, and end-of-pipe coordinated treatment, aiming to achieve sustained improvement in urban surface water quality and stable restoration of aquatic ecosystems.

[Key words] urbanization; surface water pollution; non-point source pollution; water ecosystem management; water quality improvement

引言

城市化是现代社会发展的重要动力,但在城市扩张、人口集

聚和产业结构调整过程中,地表水环境污染呈现多源化、复合化和持续化趋势。城市生活污水排放量显著增长、农业面源输入

强度不减、部分工业污染仍具有潜在风险,加之城市排水系统不完善导致的雨污混接、管网溢流等现象,使城市地表水体普遍存在氨氮、总磷、化学需氧量等指标超标问题。随着国家生态文明建设战略的推进,城市水环境治理被提升至前所未有的高度。然而,从近年多地监测状况看,部分城市河流水质改善仍面临压力,城市化进程中的结构性矛盾与治理短板亟须系统分析与应对。基于此,本文在吸收已有研究成果的基础上,结合典型城市地表水污染调查资料(如生活源占比达88.53%,农业氮磷流失持续贡献污染负荷等),从污染成因、污染负荷构成与治理体系缺陷等方面展开分析,并提出面向城市化背景的综合防控路径,以期在城市水生态修复、水质提升与可持续治理体系构建提供理论支持与实践参考。

1. 城市化进程中地表水环境污染的成因与作用机制

1.1 人口增长与生活污水排放的持续压力

城市化加速导致人口不断向中心城区集聚,居住密度大幅提升,使生活污水排放总量呈现持续上升趋势。随着城市生活方式现代化,单位人口生活用水量增加,厨房垃圾、洗涤剂残留、厕所排水等污染物浓度显著提高,导致生活污水中有机物、氮磷营养盐、表面活性剂等含量普遍偏高。根据典型区域监测数据,生活源往往贡献超过城市水体COD的80%,氨氮占比更是可达到90%左右,这说明生活污水是多数城市河流水质下降的首要因素。城市人口的剧烈增长不仅增加污水产生量,还使得污水处理厂的负荷不断逼近甚至超过设计能力,从而引发部分生活污水未经处理或处理不达标的情况。此外,老城区由于管网建设历史悠久,雨污混接十分普遍,一旦降雨量增加,截流井溢流将直接导致未经处理的污水排入河道,形成突发性污染峰值。城市化带来的社会空间结构变化、人口活动密度提升,使生活污水成为难以缓解的持续性污染压力源。

1.2 城市基础设施滞后导致污染输入途径扩张

在快速城市化背景下,排水管网建设往往滞后于城市发展需求,部分地区存在管网覆盖率不足、老旧损坏严重、雨污混接普遍、泵站能力不足等问题。排水系统的功能缺陷使污染物在途经阶段无法得到有效截留和输送,形成管网渗漏、溢流等问题,导致污水在进入污水处理厂之前已大量泄入周边水体。尤其是城市道路硬化面积显著增加使地表径流量快速增长,在降雨条件下,街道积尘、垃圾残留、道路油污等被雨水冲刷形成高浓度径流污染,并在短时间内汇入河道。雨季时节,管网因满负荷甚至超负荷运行而出现排水不畅、雨污混流等现象,使地表水体迅速恶化。雨水口与溢流口监测结果显示,暴雨条件下COD、氮磷浓度可达干旱早期的数倍,体现出基础设施滞后导致的污染脉冲效应。城市空间硬化与管网系统缺陷形成叠加,使城市化过程中水体污染呈现更加复杂和难以预测的特征。

1.3 产业结构变化引发污染物种类多样化

随着城市产业结构不断调整,传统高污染行业逐步退出中心城区,但新兴产业、加工制造业以及小微企业仍可能产生具有潜在危害的工业废水。尽管工业废水排放量比生活污水排放量

少,但部分城市工业源仍贡献约10%的COD和一定比例的氮磷负荷,其污染物类型复杂、浓度不稳定、含有难降解物质和微量有毒有害物质,对水体生态安全构成长期风险。

2 城市地表水污染负荷结构与水质变化特征

2.1 生活源污染呈现高浓度、持续性与时段性特征

由于生活污水排放具有连续性与高浓度特点,其污染负荷对城市河流构成长期压力。生活污水中COD、BOD₅、氨氮、总磷等指标普遍较高,而现有处理系统在高峰时段难以完全消化排放量,使得部分城市水体呈现昼夜水质差异明显的现象。典型监测资料表明,生活污水直排量可占总排污比例的50%以上,加之洗涤剂和生活用品中含有的表面活性剂会影响水体溶氧水平,使自净能力下降,进一步加剧污染累积。此外,人口密度高的区域用水行为具有明显时段性规律,早晚尖峰时段污水量激增,导致排水系统压力骤增,在短时间内可能出现局部溢流,加速污染向河道传输。

2.2 农业面源污染长期影响城市边缘区水体

城市化推动城市边缘地区的土地利用方式快速转变,但部分区域仍保留一定规模的农业活动。农业生产中长期依赖化肥和农药,使氮磷面源污染成为影响城市外围水体的重要因素。面源污染具有不连续性、隐蔽性和随降雨流动性强的特点,在干季表现不明显,在雨季却可能瞬间形成高强度污染输入。监测数据中农业氮磷流失量每年可达氨氮4.16吨、磷1.74吨,这些污染物随着地表径流进入城市水体,对水生态健康造成累积压力。农业面源污染的区域性强且治理分散,使其成为城市水环境治理中的难点问题之一。

2.3 工业污染具有浓度高、类型多样与长期累积性

工业污染虽在总量上呈下降趋势,但类型复杂、稳定性差,常含有难降解有机物、重金属及其他特殊污染物,对水体生态系统具有潜在长期威胁。工业污染物通过隐蔽管道、企业内部排污口进入水体,即使排放量不大,也可能因毒性强、累积性高而影响水体底泥与食物链安全。工业企业通常集中在城市周边区域,污染有可能通过支流或雨洪径流进入城市主水体,导致治理成本进一步提高。因此,工业污染在城市化进程中虽非主要负荷,但其风险性与不确定性使其仍需高度关注。

3 城市地表水污染防控的结构性难点与瓶颈

3.1 多源污染叠加使治理复杂度不断增加

城市水体污染源包括生活污水、管网溢流、农业面源、道路径流与工业排放等多种途径,污染物成分交织叠加,使得污染成因难以精准归因。不同污染源之间的叠加往往导致氮磷浓度显著升高,引发水体富营养化。同时,在城市化快速发展背景下,新增建设项目不断改变地表结构,使污染负荷呈现动态变化特征,给治理策略的制定带来不确定性。

3.2 自然生态系统受损导致水体自净能力下降

由于城市河道普遍采用硬化改造方式,水体原有的生态缓冲带、水生植被、自然湿地等生态结构被破坏,使得水体的自净能力显著降低。硬质岸坡减少水体与土壤的界面作用,使污染

物在水中滞留时间延长。此外,水体连续性被阻断也削弱水体交换能力,使污染物难以随流动扩散或被自然净化。生态系统衰退与污染物输入增加形成负向循环,使治理难度进一步加大。

3.3 治理体系碎片化导致协同不足

城市水环境管理涉及住建、生态环境、水利、农业等多个部门,但在职责界定、信息共享和联合执法方面协同性不足。不同部门对水环境管理的重视程度和治理侧重点不同,使得治理措施缺乏整体性,难以形成统一高效的执行体系。此外,部分城市缺乏以流域为单元的整体治理规划,使治理措施停留在局部治理、水体修补的阶段性行为上,无法形成持续改善的长效机制。

4 城市地表水污染防控的综合策略与水质提升路径

4.1 综合策略

4.1.1 实施源头削减与控制,实现污染物输入最小化

源头削减是城市水环境治理的基础,应从生活源、工业源、农业源等多方面入手构建全链条削减体系。第一,提升生活污水收集率,通过系统排查雨污混接点、补齐老旧管网短板、完善污水提升泵站能力,实现污水全收集、全处理。第二,推进农业绿色发展,通过农业面源阻断带、缓冲带建设,推广减量施肥与农药替代技术,降低氮磷流失。第三,加强工业源监管,通过在线监测、预处理规范化、总量控制制度,提高工业污染源稳定达标排放水平。

4.1.2 构建生态修复体系恢复城市水体生态功能

生态修复是提升水体自净能力、实现长期改善的关键路径。生态护岸、城市湿地、水生植物群落重建等措施可有效改善水体栖息环境,促进水体对污染物的自然吸收与分解。此外,构建生态滞留带、生态缓冲带可在暴雨径流形成之初就截留污染物,减少面源污染进入水体的概率。城市生态系统的恢复不仅提升景观功能,更能增强河流对污染负荷的抵抗力,实现自然—人工系统协同净化。

4.1.3 建设智慧水务系统实现精准监管与动态治理

智慧水务通过大数据、物联网传感器、遥感监测等技术实现对水质、管网、排口等的实时监控,为治理提供科学决策支持。智慧排水系统可监测雨污管网负荷、预测溢流风险,提前启动分流或调节措施,减少污染进入河道的概率。利用水质监测断面数据可精准定位污染源,提高执法效率。同时,通过构建智慧化监管平台实现跨部门信息共享,有助于形成系统化、统一化的治理格局。

5 城市水生态系统修复与治理体系创新方向

5.1 构建以流域为单元的综合治理体系

城市水治理应突破行政区划限制,采用流域整体治理模式,从源头、水体、排口、生态节点等多维度统筹规划治理措施。通过流域一体化治理可实现污染源精准削减、水资源统一调度、水生生态系统连通性恢复等目标,提高治理效率。

5.2 推动社会参与与公众共治

城市水环境治理是一项系统工程,需广泛动员社会各界力量共同参与,构建多元协同的共治格局。通过开展形式多样的公众教育活动,能够增强居民对水资源保护重要性的认识,促使绿色生活方式逐步内化为自觉行为。建立志愿者监测网络,让公众参与到水质巡查与问题反馈过程中,不仅提高了治理的透明度,也增强了政策执行的公众监督效应。

6 结论

城市化进程中地表水污染呈现污染源多样化、负荷高强度、治理难度大等特点。通过调查发现,生活污染源与农业面源构成城市地表水污染的主要压力,排水系统缺陷加剧污染输入,而工业污染虽总体可控仍需警惕潜在风险。城市水质提升应坚持源头削减、过程控制、生态修复并重,构建现代化智慧水务体系和多主体协同治理机制。未来,应深化城市水生态系统恢复研究,优化污染负荷核算模型,推动城市发展与水环境承载力之间的协调,实现城市水环境与生态文明建设的可持续发展。

[参考文献]

- [1]王俊峰,刘晶晶.城市化进程对地表水环境质量的影响研究[J].环境科学与管理,2021.
- [2]周立华,张明,李超.面源污染控制与城市水环境治理路径探析[J].中国环境管理,2020.
- [3]陈思远,黄卓.城市河流水质变化特征及污染治理技术研究[J].水资源保护,2022.
- [4]李娜,李志强.城市地表水污染负荷分析与水质改善策略研究[J].环境保护科学,2020.
- [5]张强,陈浩.城市水生态治理体系创新与实践[J].水生态学杂志,2021.

作者简介:

尹文芝(1992--),女,土家族,湖南省湘西州龙山县人,硕士研究生,中级工程师(专九),论文方向(具体):地表水治理保护。