

城市河道水质改善关键技术与治理效果评价

张旭，董军益

中国水利水电第四工程局有限公司，青海 西宁 810000

DOI:10.61369/ERA.2026060011

摘 要： 城市河道水质改善正遭遇严峻的污染难题，传统治理办法成效欠佳，故有必要探寻更高效的技术途径。运用物理治理、化学处理与生态修复相融合的综合技术，可有效改良水质，使水生态系统功能得以恢复。具体做法涵盖建设水质净化设施、管控污染源、修复人工湿地以及恢复水生植物植被等，借助先进监测技术，配合水质评估指标体系，对治理成效予以量化评估，保障治理举措的科学性与可持续性，研究显示，这些技术手段既有效削减了水体污染物浓度，又优化了水体生态环境，增强了水质稳定性，丰富了生物多样性，具备广泛的应用前景与实际价值。

关 键 词： 城市河道；水质改善；物理治理；生态修复；水质评价

Key Technologies for Improving Water Quality in Urban Rivers and Evaluation of Treatment Effects

Zhang Xu, Dong Junyi

Sinohydro Engineering Bureau 4 Co., Ltd., Xining, Qinghai 810000

Abstract： The improvement of water quality in urban rivers is facing severe pollution challenges, and traditional treatment methods have shown limited effectiveness, making it necessary to explore more efficient technological approaches. By integrating comprehensive techniques that combine physical treatment, chemical processing, and ecological restoration, water quality can be effectively improved, and the functions of the aquatic ecosystem can be restored. Specific practices include constructing water purification facilities, controlling pollution sources, restoring constructed wetlands, and reviving aquatic plant vegetation. Advanced monitoring technologies, coupled with a water quality assessment index system, are employed to quantitatively evaluate treatment outcomes, ensuring the scientific and sustainable nature of treatment measures. Research indicates that these technological approaches not only effectively reduce the concentration of pollutants in water bodies but also optimize the aquatic ecological environment, enhance water quality stability, and enrich biodiversity, demonstrating broad application prospects and practical value.

Keywords： urban rivers; water quality improvement; physical treatment; ecological restoration; water quality assessment

引言

伴随城市化进程的加快，河道水质污染问题愈发突出，对生态环境和居民健康造成影响。传统治理手段常常难以从根本上化解水质恶化问题，所以，探索高效且可持续的技术方法十分必要。将物理治理、生态修复与先进监测技术相结合，能够大幅提升水体自净能力，改善水质情况，这些技术不仅利于控制污染源，还能让河道生态系统功能得以恢复，推动水环境的长期健康发展，深入研究水质改善关键技术及其效果评价，对推进城市水环境治理意义重大，能为城市生态环境的优化提供有力支撑。

一、城市河道水质改善的技术体系

（一）城市河道污染成因与治理需求

城市河道水质变差，主要是多种污染负荷共同作用的结果。工业废水里存在大量有机物、重金属以及难以降解的物质，生活污水则富含氨氮、总磷等营养盐类，这些污水长期排入河道，让水体富营养化问题愈发严重，城市地表径流会汇集面源污染物，

降雨时大量污染物被冲进水体，使得污染问题变得更为复杂。河道因泥沙和有机物长时间堆积而出现淤积，导致河道自净能力下降，水体黑臭、缺氧等典型问题频繁出现，严重影响生态功能和城市景观价值，治理城市河道，不只是为了提升水质指标，还需恢复河道生态系统的结构与功能，让其在防洪、调节气候以及为公众提供休闲空间等方面发挥更大作用。

由于污染源种类多、治理难度大，仅靠单一治理措施无法达

到预期效果，需要构建系统化技术体系，在源头控制、过程净化以及末端恢复等环节都要部署相应技术，形成联防联控的综合治理策略，这样既能有效降低污染物浓度，又能增强水体稳定性，实现水质长期改善与生态系统的健康稳定发展。

（二）物理干预技术

物理干预技术作为改善城市河道水质的关键部分，能迅速缓解污染状况并优化水体通量，截污治污工程搭建起完备的雨污分流系统、污水收集与排放管网，把未处理污水截留下来送往污水处理厂，降低污染物直接排入河道的几率，引水冲污、曝气增氧等物理手段可提升水体流动性与溶解氧水平，为后续生态处理创造有利条件。

清淤技术着眼于河道底泥富集难题，利用机械或环保清淤方式去除富含有机物的淤泥层，降低内源污染释放的风险，运用“薄层多次”清淤策略能减少对生态的干扰，清除后的泥料经无害化处理后实现资源化利用，提升治理效率与环保效益。

水流调控技术借助闸坝、水闸等设施调节河道水位与流速，增强水体自净能力，缩短污染物滞留时间，合理调节水流还能改善水生态连接性，对整体水质提升意义重大，有助于营造更健康的河道生态环境。

（三）生物与生态修复技术

生态修复技术用于河道治理时，着重借助自然过程来增强水体净化能力与生态功能，构建人工湿地系统开展湿地建设，凭借湿地植被、沉积介质和微生物的共同作用，可高效去除氮、磷等污染物，推动水体生态功能的恢复，还能增强水体缓冲能力，有效应对污染峰值情况。

生态补水技术引入高质量水源补给低流量河段，让水体维持动态平衡，改善稀释条件，提高整体水质稳定性，结合水量调控进行补水能增强自净能力，降低污染物浓度^[1]，水生植物修复依靠水生植物的吸收、富集作用及其根际微生物协同降解机制，可有效减少水中营养盐及有机污染物含量，建立水生植物群落既能净化水质，又有助于恢复水体生态结构和生物多样性。

（四）综合修复与绿色基础设施

综合修复技术注重工程与生态手段深度结合，以提升河道治理的可持续性和长效性，生态护岸与自然岸线恢复技术通过恢复自然岸线形态、种植本土植被等方式，使河岸更具侵蚀抵抗力，为水生生物提供栖息空间，进而改善生态环境^[2]。

绿色基础设施像“海绵城市”与低影响开发（LID）措施，从源头减污和雨水管理着手，利用透水铺装、雨水花园、截留设施等构建城市水循环系统，实现雨污分离和污染削减，这些措施既能改善城市水环境，又能增强城市对极端天气的适应能力和韧性，为河道水质改善提供更全面保障^[3]。

二、治理效果评价的理论与方法

（一）治理效果评价指标体系构建

量化城市河道水质改善成效，构建综合评价指标体系是根基，该体系要涵盖水质、生态与社会等多维度指标，水质指标一般选取常规理化指标，像化学需氧量（COD）、氨氮（NH₃-N）、总磷（TP）和总氮（TN）等，这些指标能够反映污染物削减程度和水体达标水平，还可利用溶解氧（DO）监测水体氧化还原

状态与自净能力，生态指标引入生物多样性、生物完整性指数（IBI）等，用于定量评价水生态系统结构与功能改善状况，同时结合水体叶绿素 a 评判富营养化程度，社会指标涵盖公众满意度、亲水性指数等，以此综合反映治理成效的社会受益范围和治理举措的被接受程度，指标体系要依照国家和行业标准，如《地表水环境质量标准》GB 3838 及生态监测规范来选取和加权^[4]。

常见的指标体系结构运用多层次设计，包含目标层、准则层和指标层，各层级指标权重可借助定量分析方法来确定，从而让评价结果更具科学性与可比性，水质达标率、污染物削减率及生物多样性变化等指标可于二维矩阵中展现并构成综合评分表格，给后续综合评价提供清晰的数据支撑。

（二）数据采集与监测方法

治理效果评价需系统的数据采集与监测作支撑，现场水质监测通过设置采样点位定时采集水样，按照标准方法测定化学需氧量（COD）、氨氮（NH₃-N）、总磷（TP）等理化指标，同时结合生物监测收集浮游植物、底栖动物等生物样本，以此获取多层次生态信息。标准化监测可依照《河流生态环境质量监测与评价技术规范》等国家技术规范开展，保证数据准确且具有可比性。

遥感技术与在线监测系统能弥补现场采样在时空上的局限，高频在线传感器可对酸碱度（pH）、溶解氧、电导率等参数进行实时监测，为动态模型提供高时间分辨率的数据，卫星或无人机遥感影像可用于大范围水体叶绿素 a 分布、浮藻覆盖等情况的监测，统一监测频次与空间布局利于构建时间序列数据库，为分析治理成效趋势提供数据支撑^[5]。

（三）综合评价方法

综合评价方法用于把多指标数据转化为治理效果量化结果，模糊综合评价法能应对指标间的不确定性与模糊性，通过设定隶属函数将指标值映射到评价等级并算出综合得分，层次分析法（AHP）通过构建层次结构模型，结合专家判断确定指标权重，进而对评价结果科学加权。AHP 与模糊评价结合的模型可借助熵权等客观赋权方法优化权重分配，让评价结果更具代表性，实际应用中可把各类评价方法和统计分析相结合，以构建雷达图或综合得分矩阵等图表形式呈现治理成效差异，为决策者提供直观评价参考。

（四）模型与数值模拟

水动力与水质耦合模型作为预测和剖析不同治理方案成效的关键技术手段，像水质 - 水动力耦合模型（像 SWMM、EFDC）能够对河道流速以及污染物输移和扩散过程予以模拟，设定不同治理措施情景，诸如增加补水量、改变湿地净化面积等，以此评估其对水体 COD、NH₃ - N 等指标改善的贡献。模拟输出能用于计算污染物削减率、富营养化缓解程度，为治理策略的优化提供量化支撑。

模型结果可搭配情景分析表格来比较不同方案预期效果，在表格里列出不同方案下关键水质指标预测值，给工程选择提供量化对比参照表1。表中呈现不同治理方案下水质与生态指标预测值对比情况。如表1所示：

表1 不同治理方案下水质与生态指标预测值对比					
方案	COD (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	TP (mg/ L)	DO (mg/ L)	生态指标 得分
基准	30.5	2.8	0.15	5.2	0.62

方案	COD (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	TP (mg/ L)	DO (mg/ L)	生态指标 得分
滤床 + 湿地	22.1	1.9	0.10	6.1	0.78
动态补水 + 生态岸	18.7	1.5	0.08	6.8	0.85

将模型模拟与评价指标体系相结合，可全方位展现治理措施对水质改善和生态修复起到的综合作用，更深入且全面地反映整体状况。

三、综合治理效果分析与案例讨论

（一）城市河道治理典型案例分析

城市河道综合治理在国内外都不乏成功范例，上海苏州河环境综合整治便是其中的典型，苏州河治理工程于1988年开启，累计投入超400亿元，采取了分期截污、建设污水处理设施、清淤疏浚以及水系连通等一系列综合治理举措，治理后苏州河全线监测断面水质都达到国家地表水Ⅲ类标准，河段黑臭现象基本消除，水生生物多样性得以恢复，着生动物与底栖无脊椎动物种类增多，岸线公共空间实现贯通开放，城市滨水环境与生态功能得到有效提升^[6]。

国内还有常德市穿紫河生态修复这一典型案例，穿紫河经过“五水一体”统筹治理，水质从劣Ⅴ类提升至Ⅲ类，生态滤池出水处化学需氧量较进水降低约59.6%，水生植物覆盖度和生物多样性大幅提高，治理过程融合源头截污、清淤疏浚、生态护岸建设等多项技术，达成了水质改善与生态恢复的协同提升。

对比不同技术组合能发现，截污、清淤、生态修复与智慧调控相结合的综合治理模式明显比单一技术措施更具优势，在处理黑臭水体以及提升生态系统稳定性方面效果更佳^[7]。

（二）治理效果实证评价

治理效果的实证评价要依据治理前后水质指标和综合评价体系得分对比，以穿紫河来说，治理前化学需氧量、氨氮等主要污染物指标长期超标，治理后化学需氧量显著降低，出水段化学需氧量低于30mg/L，氨氮情况明显好转，水质稳定达到Ⅲ类标准，生态指标如溶解氧和叶绿素a等呈上升趋势，意味着自净能力增强，结合构建的综合评价体系进行周期性得分分析，能够量化展现治理成效趋势，为后续治理优化提供参考依据。如表2所示。

表2 不同治理阶段水质指标对比

指标	治理前	初期治理	持续治理	目标值（Ⅲ类）
COD (mg/L)	45.2	32.7	28.1	≤ 30
NH ₃ -N (mg/L)	3.5	2.4	1.8	≤ 1.5
TP (mg/L)	0.20	0.15	0.11	≤ 0.15
DO (mg/L)	3.2	4.5	5.8	≥ 5.0

参考文献

[1] 胡朝伟, 李利红. 探讨城市黑臭水体治理与水质长效改善保持技术 [J]. 环境与发展, 2020, 32(11): 67-68.
[2] 裴菲. 城市污染河道生物生态修复研究进展 [J]. 绿色科技, 2021, 23(08): 85-87.
[3] 翟毕娇. 城市河道景观评价与优化 [D]. 山西农业大学, 2021.
[4] 孙玥. 臭氧混合曝气增氧技术在城市河道水质改善中的应用 [J]. 水利技术监督, 2022, (08): 15-18.
[5] 王宝强, 陈姚, 刘合林. 城市水系统安全评价与生态修复 [M]. 华中科技大学出版社: 202110: 235.
[6] 李永华, 黄振虎, 肖飞, 等. 城市河道生态环境治理的研究分析与应用 [J]. 建筑施工, 2022, 44(11): 2693-2696.
[7] 韩志军. 试析城市河道水环境污染治理对策 [J]. 水上安全, 2023, (08): 88-90.
[8] 管桂玲, 符锐, 李萍, 等. 城市河道水环境综合治理实践与思考 [J]. 水利规划与设计, 2023, (05): 80-85.

该类对比表直观反映治理措施实施过程中水质改善趋势及指标达标情况。

（三）关键技术实施成效与问题

综合治理技术实施成效颇佳，特别是生态修复技术，像湿地处理、生态浮岛以及自然岸线设计，能长久有效净化水体，提高水质，恢复水生态系统功能，既推动了水生生物的多样发展，又改善了水体景观，增强了公众参与感与认同感。智慧监测与调控系统达成了对流域水质的实时监测、数据采集和动态调节，让治理措施更精准高效。

不过实施过程中也存在挑战，非点源污染控制效果有限，降雨径流时污染物快速积聚进入水体，使水质波动加剧。生态修复技术初期投资成本高，后期维护要求大，增加运营成本和管理难度，生态系统稳定性受季节性变化影响，保持生态修复技术长期效果还需进一步优化完^[8]。

（四）对策与建议

为提升城市河道水质综合治理效果，要强化流域尺度治理和污染源头控制，建立雨污分流、截污管网完善体系及农田面源污染控制措施，从源头减少污染物输入，缓解水体污染压力。推动数字化水环境监测和智能评价体系建设，利用物联网技术构建水质大数据平台，实现对水质关键指标实时监测和动态预测，优化治理效果。

实施生态修复技术要保障长期效益，建立多方参与长效维护机制，鼓励公众参与监督，确保生态技术持续发挥作用。推广成功案例和经验，让更多地区在水质治理中借鉴先进做法，实现可持续水环境改善。

四、结语

城市河道水质改善的综合治理是复杂系统工程，需物理、化学和生态修复等技术手段与管理措施协同应用，能显著提升水质、恢复生态功能、增强水体自净能力。治理效果综合评价体系为政策制定和技术优化提供科学依据，保证治理工作持续可操作。虽面临非点源污染控制和生态系统稳定性等挑战，但随技术进步和数字化智能监控手段应用，城市河道水质治理将更精准高效。推动流域综合治理和源头控制，能进一步提升城市水环境质量，为生态文明建设添砖加瓦。