

The relationship between the optimization of aquatic plant community structure and water quality improvement in urban river ecological restoration

Xiaoyuan Liang

Shanghai Hongmu Environmental Technology Co., Ltd., Shanghai, 200000, China

Abstract

Urban river ecological restoration has become a critical approach to enhancing water quality and restoring ecological functions. The structural optimization of aquatic plant communities plays a vital role in improving water quality. Properly configuring emergent, submerged, and floating-leaf plants not only enhances the water body's capacity to absorb pollutants like nitrogen and phosphorus but also effectively regulates the physical and chemical environments of the water, stabilizing the ecosystem structure. This paper focuses on common water quality issues in urban rivers and the ecological functions of aquatic plants, systematically examining how plant community structures influence water quality indicators. It proposes community optimization strategies based on river characteristics and hydrological conditions, aiming to provide practical technical support and theoretical foundations for the ecological restoration of urban water bodies.

Keywords

urban river; aquatic plant; community structure; ecological restoration; water quality improvement

城市河流生态修复中水生植物群落结构优化与水质改善关系

梁晓媛

上海鸿穆环境科技有限公司, 中国·上海 200000

摘要

城市河流生态修复已成为提升水环境质量与恢复生态功能的关键手段,其中水生植物群落的结构优化在水质改善中发挥着重要作用。合理配置挺水植物、沉水植物与浮叶植物,不仅能增强水体对氮磷等污染物的吸收能力,还能有效调节水体的物理与化学环境,稳定生态系统结构。本文围绕城市河流常见水质问题与水生植物的生态功能,系统梳理了植物群落结构对水质指标的影响路径,并提出基于河道特征和水文条件的群落优化策略,以期城市水体生态修复提供可行的技术支撑和理论依据。

关键词

城市河流;水生植物;群落结构;生态修复;水质改善

1 引言

城市化进程加快导致河流水质恶化、生态系统退化等问题日益突出,严重制约了水体的生态功能发挥与人居环境的可持续发展。生态修复作为治理城市河流的重要策略,强调通过恢复自然生态过程提升水体自净能力和生态稳定性。水生植物作为河流生态系统中的核心组成部分,具备污染物吸收、底泥稳定、营养循环调节等多重功能,其群落结构的合理优化被广泛应用于生态修复工程之中。然而,当前水生植物的种类选择、空间配置与动态管理仍存在不合理现象,

影响修复效果。本文从城市河流水质特征、水生植物生态功能与群落结构配置出发,探讨植物群落优化与水质改善之间的内在关系,力求为生态工程提供科学指导。

2 水生植物在城市河流生态系统中的功能定位

水生植物在城市河流生态系统中承担着重要的结构与功能双重角色,通过物理、生物和化学等多种机制影响水体生态过程。挺水植物具有稳定河岸、过滤地表径流的作用,沉水植物则能够调节水体透明度、抑制藻类生长,浮叶植物有助于调节水温与减缓水面蒸发,三类植物共同维系河流的生态平衡。水生植物根系系统能够吸收水体中的氮、磷等营养盐,有效降低富营养化程度,并为微生物提供附着空间,促进有机污染物的分解转化。它们在物质循环与能量流动中发挥着枢纽作用,通过与浮游动物、底栖生物等形成复杂的

【作者简介】梁晓媛(1985-),女,蒙古族,中国内蒙古呼伦贝尔人,硕士,工程师,从事水生态修复、水域环境治理、生态规划设计、环保咨询研究。

食物网,提升生态系统的稳定性和韧性。

3 城市河流水质问题的主要特征与影响因素

城市河流水质污染具有成因复杂、分布广泛、波动频繁的特征,主要表现为氮磷浓度升高、溶解氧含量下降、水体浑浊、pH值失衡和异味问题显著。源自生活污水、工业排放、道路雨水径流等多重污染物长期汇入,造成河流水体富营养化程度不断加剧,藻类异常繁殖成为常态。城市硬化地表面积大、排水系统密度高,使污染物在短时间内集中进入水体,造成污染负荷瞬时增幅明显。水文条件的改变也是关键因素,诸如水流速度减缓、水位频繁波动、补水断续等现象破坏了水体自净机制。此外,人为干扰与水岸生态隔离导致植物退化、生物多样性下降,生态系统调控能力削弱。

4 水生植物群落结构优化的生态调控路径

优化水生植物群落结构需结合城市河流实际生态状态与水质目标,通过物种选择、配置比例与空间布局的多维度调控,建立稳定高效的植物群落系统。挺水植物应布设于水岸缓坡区域,以增强岸带过滤功能与景观生态效益,沉水植物分布于水体透明度较高区域,借助其光合作用提升溶解氧水平,浮叶植物则适用于缓流静水区,形成水面遮蔽带减缓光照与水温变化。植物种类应优选本土耐污染能力强、根系发达、净化效率高的品种,构建物种多样性丰富、结构层次分明的复合群落。群落间应保持合理比例与间距,形成不同生态位的互补协同效应,在水质改善与生态平衡维系方面发挥综合优势。

5 水生植物修复对河流水质指标改善的作用关系

5.1 对氮磷含量降低的影响机制与净化效果

水生植物在氮磷削减方面具备显著的净化效应,根系吸收、微生物协同及植物残体的分解再利用构成其主要作用机制。植物通过根际吸收直接从水体与底泥中摄取氨氮、硝态氮与磷酸盐,降低水体中可溶性营养盐浓度。根区氧化还原界面的形成促使反硝化菌大量繁殖,加速硝酸盐向氮气转化,减少无机氮的累积。同时,部分挺水植物和浮叶植物叶茎的遮蔽作用可减缓阳光照射,抑制蓝藻繁殖,间接限制藻类吸收氮磷形成生物富集。群落层次丰富的结构有利于吸附悬浮颗粒与营养盐,提升净化效率。实测数据显示,在群落优化配置下,总氮和总磷去除率可分别达到30%以上和40%以上。通过科学选型与配置,水生植物可长期稳定维持水体营养水平在合理范围,成为控制水体富营养化的生态关键。

5.2 对溶解氧、浊度及 pH 值的调控功能

水生植物对水体溶解氧浓度、浊度以及 pH 值的调控功能体现了其在维系生态平衡中的核心地位。沉水植物通过光合作用释放氧气,改善水体的溶氧状况,有效缓解因有机物

积累和微生物耗氧导致的缺氧风险。根系对底泥扰动的缓冲作用能够稳定颗粒沉降,减少悬浮物上浮至水体表层,从而降低水体浑浊度。植物体表结构也提供了颗粒吸附位点,使部分无机物和胶体颗粒有效沉积于植物表面。群落冠层遮光降低藻类光合速率,间接降低浮游植物引起的浊度上升问题。植物体液与代谢产物对水体 pH 具有一定的缓冲能力,通过与水中碳酸盐体系共同作用,使 pH 维持在中性偏弱碱性的适宜区间。这些调节机制协同作用,促使水体理化指标向稳定、适宜生物生存的方向演进,有助于营造良性循环的生态环境。

5.3 对重金属与有机污染物吸附能力的定量评估

水生植物对重金属与有机污染物的吸附净化主要依靠植物体表吸附、根际沉积与代谢降解等复合作用机制,在不同污染类型水体中展现出较强的净化能力。植物细胞壁富含羧基、羟基等活性基团,能与镉、铅、铜、锌等重金属离子发生络合反应,实现在根、茎、叶等部位的富集与固定,部分种类对重金属的吸收浓度可达水体浓度的10倍以上。浮叶与挺水植物可通过表面粘附与沉积作用对有机污染物进行捕捉,部分沉水植物则具有释放酶类物质、促进有机物降解的潜力。在底泥区域,植物根系分泌物可刺激微生物活性,提高持久性有机污染物的分解速率。定量实验结果表明,在复合群落修复模式下,对典型重金属污染物的综合去除率可达40%至60%,对有机污染物的吸附与降解率也稳定维持在30%以上,展现出良好的生态修复前景。

6 城市河流生态修复中水生植物配置的综合优化策略

6.1 基于水质目标的植物群落设计参数体系构建

水生植物群落的优化配置应以具体水质改善目标为导向,结合河流水文条件、污染物类型及生态功能需求,构建科学的设计参数体系。在物种选择方面应注重本地化适应性与净化能力并重,群落结构需具备多层次、多功能和高稳定性特征。在空间布局上,挺水、浮叶和沉水植物应根据不同流速、光照和水深环境科学划分种植区域,形成协同净化效应。植物密度、植被覆盖率、群落多样性等核心指标应纳入定量设计范围,以实现总氮、总磷、COD、浊度等关键水质指标的针对性控制,为生态修复工程的系统化、标准化实施提供理论依据与技术支撑。例如,在江苏省常州市武进区滆湖河水环境综合整治工程中,针对水体富营养化和透明度低的水质问题,制定了“以沉水植物为主,挺水植物辅助”的群落结构优化策略。项目实施前,通过水质监测明确目标值:总磷控制在0.1mg/L以下,总氮控制在0.5mg/L以内,并维持水体透明度大于60cm。在种植配置中,于岸坡缓流区密植香蒲、芦苇、黄菖蒲等挺水植物,在主河道水深区集中栽植金鱼藻、眼子菜等沉水植物,浮叶植物如荇菜点缀于河道转弯及静水区域。整个区域的植物覆盖率控制在70%

以上,密度设置为每平方米4至6株不等。项目运行一年后,水体总磷下降了43%,总氮下降了38%,透明度提升至68cm,群落结构稳定,水质改善效果明显,形成了以水质目标为核心的植物群落配置标准化样板。

6.2 结合河道类型与水文特征的物种选择原则

城市河流具有河道形式多样、水文条件差异显著等特点,在水生植物配置中必须根据河道类型、水深变化、水流速度和光照条件等要素科学匹配植物种类。蜿蜒河道适宜布设挺水植物稳定边坡结构,宽阔缓流区可作为沉水植物的生长核心,渠道式河道则需增强植物耐冲刷能力。水深超过1米的区域宜选择透光性好、生长势强的沉水种类,水浅或岸边地带应配置根系发达、耐干湿交替的挺水植物。物种选择还需考虑当地气候条件与水文季节性变化,优先选用本地原生植物,提高植物的存活率与系统长期稳定性,构建因地制宜、结构稳定、生态功能完善的群落系统。

例如:在浙江省杭州市上城区港南河生态修复工程中,项目河道属于典型的都市箱涵式明渠,河宽5米,常年水深约0.8米,流速0.1至0.3米每秒,光照受两侧建筑遮蔽影响较大。工程实施时根据水文条件选择了金鱼藻、轮叶黑藻等耐低光照、适宜缓流的沉水植物作为主导种群,在河岸及浅滩区域配置芦苇、黄菖蒲等挺水植物稳固河坡,部分水面布设浮叶植物如荇菜以抑制藻类繁殖。根据测定,工程前河段总磷浓度达0.32mg/L,透明度低于40cm,三个月后总磷降至0.18mg/L,透明度提升至65cm。群落稳定性增强,沉水植物覆盖率达到55%,挺水植物存活率保持在93%以上,有效适应了城市密集建成区水文压力下的生态修复需求,展现出基于河道类型进行物种适配的科学成效。

6.3 水生植物养护管理与群落演替动态监测机制

在城市河流生态修复工程中,水生植物养护管理工作与群落演替过程需同步统筹,构建动态监测与调控机制。养护管理不仅包括病虫害防控、枯叶清除、水位调节等日常工作,还需定期对植物密度、群落结构、覆盖率及生长状态进行系统评估。群落演替过程可能引发优势种过度扩张、外来种入侵或沉水植物退化等问题,需通过人工干预或生态调控方式加以控制。动态监测体系应涵盖水质指标联动数据、植物种群演替轨迹、微生物群落变化等内容,形成以遥感监测、水下摄影与地面调查相结合的立体化观测手段,为群落调控与生态稳定性维护提供决策依据,保障水生植物长期健康运

行与修复功能持续发挥。

例如:在山东省济南市玉符河生态修复项目中,针对水生植物群落更新缓慢与管理难度较大的问题,工程团队构建了“物种动态-指标联动”型监测机制。项目修复区域总长1.8公里,河道水宽平均9米,常年水深0.6至1.2米,设立7个植物监测样点与3个水质监测断面。养护期内组织定期割除枯死植物残体,防止腐殖质积累造成水体二次污染,同时实施生物防治方式控制福寿螺等害虫种群扩张。系统记录每月植物种类数量与覆盖率变化,对沉水植物如轮叶黑藻的密度与生长速率进行追踪。通过三维激光扫描与无人机航拍图像分析,判断群落结构空间分布变化趋势,并与水质数据建立模型进行动态关联分析。项目运行一年后,沉水植物覆盖率稳定在58%,挺水植物自然扩张比例控制在15%以内,生态系统稳定性明显提升,为城市水生植被群落的科学管养积累了数据支撑和管理经验。

7 结语

水生植物在城市河流生态修复中的应用不仅是水质改善的有效手段,更是构建生态系统稳定性的核心环节。通过合理配置群落结构、因地制宜选择物种类型,并辅以动态监测与精细化管理,能够实现对氮磷、有机物、重金属等污染物的持续净化。群落的演替过程与生态功能呈现出高度关联性,科学干预可有效提升系统的自我修复能力。当前修复实践表明,以水质指标为导向开展植物配置与管理策略制定,具备显著的环境与生态双重效益。构建以植物为核心的多维生态修复机制,已成为推动城市水环境质量提升与绿色可持续发展的重要路径。

参考文献

- [1] 张聪,陈晓宇,白国梁,游立新.沉水植物群落搭配对河流水体净化效果研究[J].水道港口,2024,45(02):271-276.
- [2] 潘保柱,孙长顺,胡恩,李刚.无定河流域和延河流域水生态健康评价[M].中国水利水电出版社:202402.
- [3] 陈秋红.水生植物在河道生态修复中的应用研究[J].工程建设与设计,2023,(20):84-86.
- [4] 陈静.寒区乡村河流生态修复工程的生态环境效应及效果评价研究[D].导师:何春光.东北师范大学,2023.
- [5] 水利部国际经济技术合作交流中心.河流和湖泊流域水生生态系统管理与修复手册[M].中国水利水电出版社:202205.