

人工湿地技术在城市河道水生态修复中的应用

柏清学

厦门安能建设有限公司 福建 厦门 361000

【摘要】：城镇化快速推进过程中，城市河道普遍面临水质退化、生态结构破损、自净能力减弱等问题，制约了城市水生态环境的可持续发展。人工湿地凭借造价低、能耗低、生态效益优、运维简便等优势，广泛应用于城市河道生态治理领域。本文基于人工湿地的作用机理与技术类型，结合城市河道污染特征，探析该技术在水质净化、富营养化控制、水生态重构及滨水景观优化方面的应用价值。针对工程应用中存在的基质淤堵、植被退化、方案适配性不足等问题，提出优化湿地结构、选用本土植被、完善运维机制等改进对策。实践表明，因地制宜构建的人工湿地系统可有效修复河道受损水生态，能够为城市水环境综合治理与生态提质工作提供可靠的技术借鉴。

【关键词】：人工湿地技术；城市河道；水生态修复；水质净化；生态重构

DOI:10.12417/2811-0722.26.08.017

引言

在城市规模快速扩张、人口高度集聚的发展背景下，生活与生产污染源持续向城市河道汇入，引发水体黑臭、水质退化、水生生物群落消退等一系列水环境问题，使得河道固有自净功能与生态基底持续受损，已然成为阻碍城市人居环境升级、制约区域生态文明建设的关键短板。区别于传统物理、化学治理工艺，人工湿地技术依托自然生态净化机理，融合水质改良、生态修复、景观重塑等多重功能，是契合城市河道轻量化、长效化治理需求的绿色生态治理技术。立足于现阶段城市河道水生态修复的实际诉求，本文系统探究人工湿地技术的应用路径、现存弊端及优化改进策略，为城市河道水环境提质升级、水生态系统结构修复与功能恢复提供可借鉴的实践依据。

1 城市河道水生态现状及人工湿地应用背景

城市河道水系兼具排涝调蓄、生态涵养、景观休闲等多重价值，是维系城市生态健康的关键载体。伴随城镇化快速推进，河道硬质堤岸修建、水系连通受阻、生产生活污染物无序排放等人为活动，严重扰乱了河道原本的生态平衡。水体中有机污染物、营养盐不断累积，水体透明度与溶解氧指标持续走低，原生水生植被大面积退化消亡，河道底泥污染问题日益突出，水生动植物生存空间不断缩减，自然生态循环体系遭到严重破坏。以往河道治理多聚焦于水质应急处置与景观美化，治理模式人工化、硬质化特征明显，无法从根本上实现生态系统长效修复。当前，遵循自然规律的生态原位修复技术逐步成为河道治理主流方向。人工湿地效仿天然湿地运行机理，依靠基质、微生物、水生植物构建一体化协同净化系统，可灵活适配不同受损程度的河道治理需求。该技术在改善水质的同时，能够逐步重构河道生物群落，全面恢复水域生态功能，高度契合城市水生态建设长远规划，在城市河道修复领域拥有广阔的应用前景与推广价值。

2 人工湿地应用于城市河道修复的现存问题剖析

人工湿地虽在城市河道生态修复中具备显著优势，但在实际工程落地与长期运行过程中，受设计理念、施工适配、后期运维等多重因素影响，仍存在诸多短板问题，严重制约河道生态修复的整体质量与长效成效。在系统运行层面，人工湿地长期截留水体悬浮颗粒物、胶体杂质与污染物，极易造成内部基质孔隙淤积堵塞，持续降低水体渗透流通效率，破坏原有水力运行工况与水体停留周期，导致湿地污染物吸附、降解能力持续衰减，整体净化效能逐年弱化。在植被配置方面，部分项目片面追求景观观赏性，盲目引种外来水生植物，忽视本土植被适配性强、易养护、生态稳定性高的核心优势，不仅出现植株长势衰败、存活率低等问题，还造成植被群落结构单一、生态层级简单，无法形成稳定互补的净化体系，难以持续发挥生态治污功效^[1]。在运维管理层面，当前多数湿地项目存在重建设、轻管护的普遍问题，常态化、标准化运维机制不健全，湿地内杂草蔓延、淤泥堆积、植被枯死等问题得不到及时处置，持续加剧系统功能退化。此外，部分工程设计缺乏针对性，照搬标准化建设模板，未结合河道实际水文波动、污染类型、污染程度及场地条件开展个性化规划，设计方案与现场实际适配度不足。多重问题相互叠加，导致人工湿地生态净化潜能难以充分释放，系统运行稳定性不足，严重阻碍城市河道生态修复工作推进，无法有效维系水环境治理的长效成果。

3 城市河道修复中人工湿地技术的优化应用策略

3.1 优化人工湿地工程设计方案

(1) 适配河道水文现状开展个性化设计：开展人工湿地前期规划与方案设计，需全面调研河道径流变化规律、水流特征及场地空间条件，摒弃千篇一律的标准化建设思路。结合水体污染物类别与污染程度，灵活优化湿地整体构造与水力布设形式，合理调控水体停留时间，有效化解水流分布不均、污染物净化不充分等实际问题。如池河明光段结合平原河道平缓水文特征，分段布设人工强化湿地与河滩自然湿地，差异化设计

过水断面,在污染负荷较高的河段布设强化潜流湿地,在水流平缓区域利用滩涂打造自然表流湿地,实现污染分级削减。设计阶段充分依托河道原有生态基底,科学划定湿地建设规模与空间布局,促进人工设施与天然水系有机融合。整个设计过程充分尊重河道原生水文环境与自然风貌,最大限度减少工程施工对原有水系格局的破坏,保持水系连通性与完整性。依托定制化设计实现湿地功能与河道环境深度契合,保障生态净化作用持续稳定发挥,全面提升河道污染治理与生态修复的综合成效。

(2) 改良湿地基质组合结构: 基质淤堵与净化效能衰减是人工湿地长期运行中难以规避的难题,为此需打破传统单一填料的布设模式,构建层级分明的复合基质体系。选用沸石、火山岩、石英砂、陶粒等多孔介质,根据各类材料在吸附、截留、降解污染物上的差异化性能分层铺设,形成功能互补的填料组合,全面强化系统对水体营养盐、有机污染物及悬浮颗粒物的去除能力^[2]。同步建立常态化运维机制,定期对表层、中层基质开展活化处理,对淤堵严重的区域及时更换填料,持续保障基质内部孔隙通畅。从底层构造上优化湿地运行环境,延缓填料老化与功能退化速度,让整套净化系统始终保持稳定工况,长久发挥生态治污作用,为城市河道持续开展生态修复筑牢坚实的硬件基础。

3.2 构建稳定本土化湿地植被体系

(1) 科学搭配复合型水生植被群落: 在水生植被规划配置阶段,优先选用本土原生植物品种,可有效防范外来物种入侵引发的生态隐患,同时保障植株高度适配本地水土与气候环境,提升整体成活率与生长稳定性。九龙江口项目清除 110hm² 入侵物种互花米草后,选用经研究培植的适宜滩涂沼泽地生长的红树林特殊物种,完成 40hm² 人工造林修复,同步划定 10hm² 珍稀水鸟原生栖息地,依托本土树种重建滨海湿地植被群落;池河明光段立足江淮平原乡土水生植物资源开展水生植被恢复工程,构建本土化湿地植被系统。结合挺水、浮水、沉水植物各自的生长特性与生态作用进行分层栽种,打造层次错落、功能互补的复合型植被群落。各类植被优势互补、协同发力,分别吸收水体富余营养盐、改善河道底泥状态、提升水体溶氧水平,形成立体化生物净化体系,多维度削减水中各类污染物。合理的群落布局能够充分释放植被的生态价值,进一步强化人工湿地综合净化能力,持续优化河道水环境质量,丰富水域生物生存载体,为城市河道系统性生态修复构筑可靠的生物屏障。

(2) 动态调控植被生长状态: 结合季节气候变化与水生植物自然生长规律开展精细化管理,按时开展植株修剪、空缺地块补植以及残枝落叶清理等作业,合理把控植被群落的生长密度与覆盖范围。植被无序疯长会挤占水体空间,引发泥沙淤积、水流通畅不畅等问题,直接削弱湿地净化效能,动态调控

能够有效防范此类问题出现。通过常态化管护持续调节植被长势,保证群落结构均衡、生长状态良好^[3]。健康稳定的水生植被可持续吸收并转化水体中的污染物,充分发挥生态净化作用,同时稳固沿岸水土,提升区域生态涵养能力。

3.3 建立常态化湿地运维管护体系

(1) 搭建智能化监测管理体系: 在人工湿地全域布设水质传感器、高清监控等智能终端,全天候采集水体理化指标、植被长势、基质堵塞情况等核心数据,实现对系统运行状态的实时动态监管。依托数字化管控手段,能够第一时间察觉水质波动、植株衰败、填料淤堵等各类运行隐患,做到风险早发现。对采集的监测数据进行整合研判,精准掌握系统运行态势,为运维方案优化、设备检修、技术升级提供科学的数据支撑。这套智能管控模式扭转了传统人工巡检效率不足、处置滞后的短板,推动管护工作从被动整改转向主动预判,大幅提升运维精细化程度与作业效率。见图 1 所示:

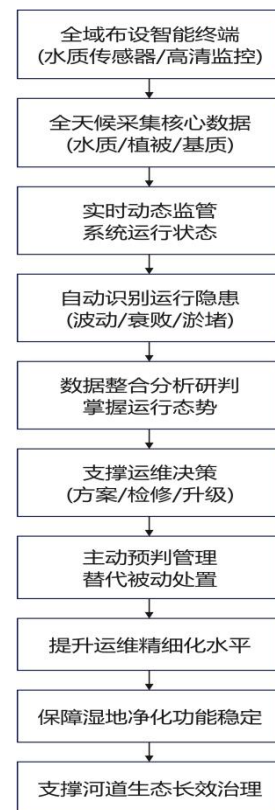


图 1 智能化监测管理体系流程图

(2) 完善长效运维管理制度: 结合人工湿地运行规律与功能特点,制定系统化、标准化的养护管理规程,细化管护事项、作业标准与实施周期,推动淤泥清理、设备巡检、生态消杀等日常运维工作常态化、规范化开展。立足城市河道生态治理整体规划,将湿地管护全面纳入区域水环境统一管理体系,明晰各主体管理职责,构建多方协同、高效联动的管护格局。依托健全的制度体系约束作业流程,补齐管理短板,避免出现管护缺位、养护滞后等问题,保障湿地设施、水生植被与水体

环境始终保持良好状态^[4]。健全长效管理机制能够保障湿地系统平稳持久运行，持续发挥水质净化与生态修复作用，稳步推进城市河道综合治理进程，不断巩固生态治理成效，确保人工湿地长期稳定服务于河道生态保护与水环境提升工作。

4 人工湿地技术修复城市河道的实际应用成效

4.1 河道水体综合水质得到有效改善

人工湿地融合基质吸附截留、微生物分解转化、水生植被吸收富集等多重作用，构建起一体化生态净化体系，持续降解河道内积存的有机污染物与超标营养盐，逐步缓解水体污染压力。池河明光段通过人工湿地、水生植物修复工程，目标将全线水体提升至Ⅲ类地表水标准。湿地内部形成稳定的生态循环环境，有效提升水体溶解氧含量，逐步消除水体浑浊、黑臭等不良状况，恢复河道水体清澈洁净的原生状态。相较于传统治理方式，该生态模式治污效果持久，能够有效抑制底泥释放带来的内源污染，避免水质反复反弹，推动各项水质指标持续优化。

4.2 河道原生水生态系统逐步恢复重构

人工湿地建成投运后，有效打破城市河道硬质护坡居多、生态景观单一的固有格局。层次丰富的植被群落与立体多元的湿地空间，为鱼类、底栖生物、水生昆虫等各类水生生物打造出适宜栖息、繁衍与躲避外界干扰的生存环境。经过持续的生态涵养与修复，河道生物多样性稳步提升，生物种群规模不断扩大，此前断裂的食物链、失衡的生物群落逐步得到修复，彻底扭转了水域生物匮乏、生态活力低迷的现状^[5]。湿地植被与微生物构建起稳定的共生体系，持续改良河道底质，优化底泥理化性状，遏制有害菌群滋生蔓延。在多重生态功能协同作用下，河道逐步恢复自我调节与天然净化能力，生态架构日趋完

整稳固，推动全域水系形成良性循环，最终实现受损河道生态系统的全面修复，保障水生态环境长期健康、稳定运转。

4.3 城市河道生态景观与综合价值提升

人工湿地与城市河道的一体化改造，突破了传统河道治理单纯侧重水质改善、忽视生态景观提质的局限，自然原生态的湿地植被景观取代了固化单调的硬质河道风貌，打造出兼具生态功能与观赏价值的城市滨水生态空间。高低错落的水生植被、澄澈洁净的河道水体以及多样化的生物景观，有效丰富了城市水系的景观层次，优化了城市人居环境。与此同时，修复后的河道湿地生态体系可发挥水土涵养、局部微气候调节、雨水调蓄滞蓄等生态功能，增强城市水系整体生态涵养性能。优质的河道湿地景观能够进一步完善城市生态空间布局，助力城市生态建设与宜居环境打造，实现河道生态效益、环境效益与社会效益的协同提升，为城市生态文明建设提供坚实的生态保障。

5 结语

本文系统探究人工湿地技术在城市河道水生态修复中的实践应用，梳理当前城市河道生态破损现状与治理诉求，明确该技术在生态治水领域的适配优势。研究总结了湿地工程普遍存在的基质淤堵、植被群落稳定性弱、设计适配度不足、运维体系不完善等突出问题，结合河道治理实际工况，提出优化工程设计、构建本土植被体系、完善常态化管护机制等针对性改良策略。本文从水质改善、生态重构、价值提升等维度验证了该技术的应用实效。人工湿地凭借生态性与经济性优势，弥补了传统治理模式的短板，通过自然净化机制实现河道水环境与水生态协同修复，契合城市水生态建设需求，可为同类河道生态治理工程提供有效的实践参考。

参考文献：

- [1] 姜燕珍.水生态修复技术在水环境保护中的应用前景研究[J].水上安全,2025,(23):73-75.
- [2] 朱婷.水生态修复技术在河道治理中的应用[J].中国资源综合利用,2025,43(10):278-280.
- [3] 张立,杨力恺,陈思,等.人工湿地技术在水域生态修复中应用研究[J].节能,2024,43(11):92-94.
- [4] 王建国,王腾,赵赛.水生态修复中人工湿地的应用研究探析[J].皮革制作与环保科技,2024,5(20):70-72.
- [5] 陈榕.人工湿地技术在水域生态修复中的应用[J].山西建筑,2023,49(23):126-128.