

城市河道生态护岸建设对水生态系统恢复的影响研究

孔维忠

南阳市生态环境局镇平分局 河南 南阳 474250

摘要: 随着快速城市化进程的推进,传统硬质化河道护岸工程在保障防洪安全的同时,严重破坏了河流自然形态与水生态系统功能。生态护岸作为一种融合生态学、水文学与工程学理念的新型河岸治理模式,近年来被广泛应用于城市河道修复实践中。本文通过文献综述、案例分析与机理探讨,系统阐述生态护岸的基本内涵、技术类型及其在城市河道中的应用形式;深入剖析其对水生态系统关键要素(包括水质净化、生物多样性提升、水文连通性改善及生境结构优化)的作用机制;并结合国内外典型工程实践,评估其实际成效与现存挑战。研究表明,生态护岸通过构建多孔隙结构、促进植被覆盖、增强水-土-生物交互作用,显著提升了城市河道的自净能力、栖息地质量和生态服务功能。然而,在设计标准不统一、长期维护不足、生态效益量化困难等方面仍存在瓶颈。未来应加强多学科协同、完善技术规范体系,并推动基于自然解决方案(NbS)的综合流域管理,以实现城市水生态系统的可持续恢复。

关键词: 生态护岸;城市河道;水生态系统;生态修复;生物多样性;水质净化

引言

城市河道不仅承担着防洪排涝、供水灌溉等传统功能,更是维系区域生态平衡、提供休闲游憩空间的关键载体。然而,在过去数十年的城市扩张过程中,为追求短期工程效益与土地利用效率,大量河道被裁弯取直、渠化硬化,采用混凝土、浆砌石等硬质材料构筑护岸。此类“灰色基础设施”虽在短期内提升了防洪能力,却割裂了水陆生态界面,阻断了物质能量交换,导致水体自净能力下降、底栖生物消失、鱼类洄游受阻,最终引发“黑臭水体”、生物多样性锐减等生态退化问题。面对日益严峻的城市水环境危机,生态文明建设理念的提出促使人们重新审视河道治理范式。生态护岸(Ecological Revetment)应运而生,其核心在于模仿自然河岸结构,采用透水、多孔、可植生的材料与构造,重建河岸带的生态功能。相较于传统护岸,生态护岸不仅具备基本的防冲刷与稳定性,更强调对水生态系统整体性的修复与提升。因此,系统研究生态护岸对城市水生态系统恢复的影响,对于指导科学治水、推动城市绿色基础设施建设具有重要的理论价值与实践意义。

1 生态护岸的概念、类型与技术体系

1.1 生态护岸的定义与内涵

生态护岸是指在满足河道防洪、稳定岸坡等基本工程需求的前提下,采用生态友好型材料与结构形式,恢复或重建河岸带自然形态与生态功能的工程技术措施。其核心理念是“近自然治理”(Near-Natural River Management),强调尊重河流的自然演变规律,通过最小人工干预实现最大生态效益。生态护岸的内涵体现在

结构生态性、功能复合性与系统协同性三个层面。结构生态性要求护岸材料具备透水性和多孔性,允许水分、空气与生物在水陆之间自由交换;功能复合性体现为其不仅能抵御水流冲刷,还能发挥水质净化、生物栖息、景观美化等多重作用;系统协同性则强调生态护岸作为水陆交错带的关键节点,应促进整个流域生态系统的物质循环与能量流动,而非孤立的工程单元。这种从单一防洪目标向多元生态目标的转变,标志着现代城市水环境治理理念的根本性进步。

1.2 主要技术类型

根据材料与结构形式的不同,生态护岸可分为植物型、复合型与自然型三大类。植物型护岸主要依赖根系发达的本土草本、灌木或乔木固持土壤,通过植被茎叶减缓水流速度、拦截泥沙,适用于流速较低、岸坡平缓的河段,常见形式包括植草护坡、柳枝扦插和生态袋种植等。这类护岸成本低、生态效益显著,但抗冲刷能力有限,需谨慎应用于高流速区域。复合型护岸则结合了工程材料与植物优势,形成“软硬结合”的稳定结构,如格宾网护岸利用金属网箱填充卵石并内部填土植草,既保证结构强度又提供生物附着空间;生态混凝土护岸通过预制多孔块体嵌入植被槽,兼顾透水性与耐久性;木桩-植被复合护岸则利用原木或再生木材打桩形成骨架,后方回填土壤并种植湿生植物,兼具自然美学与生态功能。自然型护岸则追求最大程度还原河流原始状态,通过保留或重建浅滩、深潭、缓坡湿地等微地形,并辅以枯枝、倒木等自然材料营造复杂生境,适用于生态敏感区或低人为干扰河段。各类技术的选择需综合考

考虑河道水文特征、地质条件、城市空间约束及后期维护能力,避免“一刀切”式应用。

2 生态护岸对水生态系统恢复的作用机制

2.1 改善水质与增强自净能力

传统硬质护岸将水体与岸基土壤完全隔离,切断了自然净化路径,而生态护岸则通过物理、化学与生物过程的协同作用显著提升水质。其多孔结构能够有效截留随水流携带的悬浮颗粒物,降低水体浊度;同时,护岸表面及内部孔隙为微生物膜的形成提供了理想附着基质,这些生物膜富含硝化菌、反硝化菌及有机物降解菌,可高效分解水中的有机污染物并转化氮磷营养盐^[1]。此外,护岸上种植的挺水植物如芦苇、香蒲等,其根系不仅能直接吸收水体中的氮、磷等富营养化物质,还能通过释放氧气改善根际微环境,促进好氧与厌氧微生物的协同代谢。在特定缺氧条件下,护岸根区还可成为反硝化反应的热点区域,将硝酸盐转化为无害的氮气释放至大气,从而实现深度脱氮。

2.2 提升生物多样性与栖息地质量

生态护岸通过重构多样化的微生境,为水生与陆生生物提供了丰富的栖息、觅食与繁殖空间,从而有效提升区域生物多样性。其多孔基质与堆积的有机碎屑为摇蚊、蜉蝣、螺类等底栖动物提供了稳定的附着面和食物来源,而这些底栖生物又是鱼类和水鸟的重要饵料,构成了完整的食物链基础。护岸结构中的石缝、木桩间隙及缓流区可为幼鱼提供避难所,减少被捕食风险,部分精心设计的生态护岸甚至能辅助小型鱼类完成短距离洄游。岸带植被的恢复不仅稳固了土壤,还吸引了传粉昆虫、两栖类及多种鸟类在此栖息繁衍,增强了生态系统的结构复杂性 with 功能稳定性。例如,上海苏州河在实施生态护岸改造后,底栖动物物种数量由改造前的寥寥数种增至十余种,Shannon-Wiener多样性指数显著上升,表明生态系统健康状况得到实质性改善。这种从“单一工程界面”向“多维生命支持系统”的转变,正是生态护岸区别于传统护岸的核心价值所在。

2.3 恢复水文连通性与自然水文节律

生态护岸在恢复河流自然水文过程方面发挥着不可替代的作用。传统垂直硬质岸壁阻碍了洪水期水体向滨河湿地的横向漫溢,割裂了河岸带与主河道的物质能量交换。而生态护岸通常采用缓坡设计,允许汛期水流自然溢出,在岸侧形成临时性湿地或滞洪区,不仅增强了城市的雨洪调蓄能力,也促进了泥沙、有机质与营养盐在河岸带的沉积与循环。这种动态的“河-岸”横向连通是维持河流生态系统活力的基础。同时,生态护岸较少

设置纵向阻隔结构,有助于维持泥沙的自然输移过程,防止下游侵蚀或上游淤积^[2]。更为重要的是,其透水特性促进了地表水与地下水的双向交换,有助于调节局部水文循环,补充地下水源,并在夏季通过蒸发冷却效应缓解城市热岛现象。这种对自然水文节律的尊重与恢复,使河流重新成为一个具有自我调节能力的活体系统,而非静态的排水通道。

2.4 优化河岸带景观与社会服务功能

生态护岸不仅具有生态价值,还显著提升了城市滨水空间的景观品质与社会服务功能。通过合理配置乡土植物、塑造自然岸线形态、融入亲水设施,生态护岸将原本冰冷单调的工程界面转化为富有生机的蓝绿廊道。这种视觉上的自然美感增强了市民对滨水空间的认同感与归属感,为散步、观鸟、垂钓、自然教育等活动提供了理想场所。许多城市在生态护岸建设中同步设置生态解说牌、观景平台与慢行系统,进一步强化了其科普与休闲功能。这种“生态+人文”的融合模式,不仅提升了城市人居环境质量,也潜移默化地增强了公众的生态保护意识,推动形成人与自然和谐共生的城市文化。因此,生态护岸既是生态基础设施,也是重要的公共空间载体,在提升城市韧性的同时,也丰富了市民的精神生活。

3 典型案例分析:北京亮马河生态修复工程

北京亮马河曾因长期渠化硬化、污水直排等问题,水体富营养化严重,生态系统几近崩溃。自2019年起,北京市启动亮马河综合治理工程,其中生态护岸建设成为核心环节。工程摒弃传统垂直挡墙,采用“阶梯式生态挡墙+滨水湿地”的复合模式:下层使用多孔生态混凝土块体提供结构支撑与微生物附着面,上层回填种植土并栽植芦苇、香蒲、鸢尾等本土湿生植物,同时结合缓坡设计设置亲水平台与步行栈道。经过两年运行监测,水体透明度由不足20厘米提升至60厘米以上,溶解氧浓度稳定在5毫克/升以上,黑臭现象彻底消除。生态调查发现,白鹭、翠鸟、鲮鱼等十余种野生动植物重新回归河道,公众满意度调查显示超过九成市民对改造效果表示认可^[3]。亮马河的成功实践表明,在高密度建成区,通过科学设计与系统集成,生态护岸完全可以在保障防洪安全的前提下,实现水质、生态与景观的协同提升。

4 面临的挑战与优化路径

4.1 设计标准与规范缺失

尽管生态护岸理念已广为接受,但在实际工程中仍缺乏统一、权威的技术标准与设计规范。目前各地多依据地方经验或项目需求自行制定参数,导致技术路线五花八门,部分项目过度追求视觉效果而忽视生态功能,

出现“伪生态”现象——如仅在硬质结构表面点缀少量植物，无法形成有效的生态交互。这种标准缺失不仅影响工程实效，也增加了监管与验收难度。因此，亟需由国家或行业主管部门牵头，制定基于生态目标导向的分类设计导则，明确不同水文地质条件下生态护岸的结构形式、材料性能、植被配置及功能指标，确保工程建设从“形似”走向“神似”。

4.2 长期维护机制不健全

生态护岸的功能发挥高度依赖植被的健康生长与生物群落的稳定演替，这决定了其必须纳入长期运维体系。然而，当前多数城市仍将生态护岸视为一次性建设工程，缺乏专项资金、专业队伍与制度化维护计划。随着时间推移，植被可能因病虫害、干旱或人为踩踏而退化，多孔结构也可能被泥沙淤塞，导致生态功能逐步丧失。部分项目甚至因维护不当而出现岸坡失稳，反而增加安全隐患。因此，必须建立“建管并重”的长效机制，将生态护岸纳入市政绿化或水务日常管理体系，设立专项养护资金，并探索社区共治、志愿者认养等多元参与模式，确保其生态效益可持续释放。

4.3 生态效益量化困难

当前对生态护岸成效的评估多停留在水质改善、物种数量增加等单一或定性指标层面，缺乏对生态系统整体服务价值的系统量化。例如，其在碳汇、气候调节、文化服务等方面的贡献难以用货币或标准单位衡量，导致决策者难以将其纳入成本-效益分析框架，影响政策支持力度^[4]。未来应引入生态系统服务价值（ESV）评估、生物完整性指数（IBI）、水生态健康指数等综合评价工具，构建涵盖水质、生物、水文、景观与社会感知的多维度绩效指标体系，并借助遥感、物联网与大数据技术实现动态监测，为科学决策与绩效考核提供坚实依据。

4.4 极端气候适应性不足

在全球气候变化背景下，城市暴雨事件频发、强度增大，对生态护岸的抗冲刷与结构稳定性提出更高要

求。部分以植物或轻质材料为主的生态护岸在极端洪水冲击下易发生局部坍塌或植被冲毁，影响工程安全。对此，未来的生态护岸设计需强化“韧性”理念，在保障生态功能的前提下，适当增强关键部位的结构强度，如在高流速区采用格宾网+生态混凝土复合结构，或引入可调节式生态模块。同时，可结合智慧水务系统，布设水位、流速传感器，实现对护岸状态的实时预警与应急响应，提升其在极端气候条件下的适应能力与恢复力。

5 结语

城市河道生态护岸建设是修复受损水生态系统、实现人水和谐共生的关键路径。本文研究表明，生态护岸通过构建多孔结构、促进植被覆盖、增强水-土-生物交互作用，有效提升了水质净化能力、生物多样性水平与生态服务功能。其作用机制涵盖物理过滤、生物降解、生境营造、水文连通等多个维度。然而，要实现生态护岸从“工程措施”向“生态系统载体”的真正转变，仍需克服技术标准化、长效运维、效益评估与气候适应性等现实瓶颈。未来应以“基于自然的解决方案”（NbS）为指导，推动生态学、水文学、工程学与社会学的深度融合，将生态护岸纳入流域尺度的综合管理框架，强化全生命周期管理。唯有如此，方能在保障城市水安全的同时，系统性重塑充满韧性、生机与人文关怀的城市水生态网络，为高质量城镇化提供坚实的生态支撑。

参考文献

- [1] 许家郡,陈斌,陈焯权,等.生态护岸在城市河道治理中的应用与探讨[J].科技风,2025,(31):91-93.
- [2] 常德龙.生态护岸技术在河道堤防治理工程中的应用[J].珠江水运,2025,(18):154-156.
- [3] 韩婷吉,王崇臣.亮马河:从治理到共生,书写城市水岸新范式[J].环境教育,2025,(03):90-93.
- [4] 田小燕.河道堤防治理工程中生态护岸技术运用研究[J].水上安全,2025,(07):69-71.