

河道生态修复技术与工程实践案例研究

洪波

麻城市水利事业发展中心

DOI:10.32629/btr.v8i6.4819

[摘要] 随着城市化进程的加速和人类活动的不断扩张,全球范围内河流生态系统普遍面临水质恶化、生物多样性锐减、河岸带退化、水文情势改变等一系列严峻挑战。传统的以“防洪保安”和“硬化渠化”为核心的河道治理模式已难以适应新时代生态文明建设的要求。在此背景下,河道生态修复作为一种旨在恢复河流自然形态、重建健康生态系统的综合性技术路径,日益成为水资源管理和环境保护领域的核心议题。本文系统梳理了河道生态修复的核心理念与目标,深入剖析了包括水文情势修复、水质净化、河床与河岸形态重塑、生物群落重建等在内的关键技术体系。在此基础上,选取中国浙江“五水共治”背景下的浦阳江生态廊道修复工程、美国基西米河(Kissimmee River)修复项目两个具有代表性的国内外典型案例,对其修复策略、技术应用及成效进行深入剖析。最后,文章总结了当前河道生态修复实践中存在的共性问题,并对未来的发展趋势进行了展望,以期为我国乃至全球的河流生态修复工作提供理论参考与实践借鉴。

[关键词] 河道生态修复; 生态工程技术; 工程实践; 案例研究; 生态系统服务

中图分类号: X171.4 文献标识码: A

River Ecological Restoration Technology and Engineering Practice Case Studies

Bo Hong

Macheng Water Conservancy Development Center

[Abstract] With the acceleration of urbanization and the continuous expansion of human activities, river ecosystems worldwide are facing a series of severe challenges, including deteriorating water quality, sharp declines in biodiversity, degradation of riparian zones, and altered hydrological regimes. The traditional river management model centered on "flood control and safety" and "hardening and channelization" is no longer adequate to meet the demands of ecological civilization construction in the new era. Against this backdrop, river ecological restoration, as a comprehensive technical approach aimed at restoring natural river forms and rebuilding healthy ecosystems, has increasingly become a core issue in water resource management and environmental protection. This paper systematically reviews the core concepts and objectives of river ecological restoration, delving into the key technical systems, including hydrological regime restoration, water quality purification, riverbed and riparian morphology reshaping, and biological community reconstruction. Building on this, two representative domestic and international case studies are selected for in-depth analysis: the Puyang River Ecological Corridor Restoration Project under the background of Zhejiang's "Five Water Co-Governance" initiative in China and the Kissimmee River Restoration Project in the United States. Their restoration strategies, technology applications, and outcomes are thoroughly examined. Finally, the article summarizes common issues in current river ecological restoration practices and prospects future development trends, aiming to provide theoretical references and practical insights for river ecological restoration efforts in China and globally.

[Key words] River Ecological Restoration; Ecological Engineering Technology; Engineering Practice; Case Studies; Ecosystem Services

引言

河流是地球生命支持系统关键部分,为人类提供淡水、航

运、灌溉等资源,还维系生物多样性与生态过程。但过去一个多世纪,为满足防洪等单一功能,全球大规模开展河道渠化、筑坝

建闸等工程。这些工程虽短期带来显著效益, 但对河流生态造成深远持久负面影响, 如河道固化、蜿蜒性消失、植被清除、栖息地破碎, 导致河流自净能力丧失、水温异常、鱼类洄游受阻, 沦为“排水沟”。21世纪, 可持续发展理念深入人心, 生态文明建设全面推进, 人们认识到健康河流生态对区域生态安全、人居环境品质提升和应对气候变化意义重大。逆转河流退化、恢复生态完整性成全球重大课题, 河道生态修复应运而生。其核心是摒弃“人定胜天”思维, 采用生态工程方法, 通过综合措施重建河流物理、化学和生物过程, 使其自我维持调节并提供服务。

1 河道生态修复的核心理念与目标

1.1 核心理念

现代河道生态修复的核心理念可概括为“近自然修复”。这一理念强调将河流视为一个由水、沙、生物、能量等要素构成的动态复杂系统, 修复工作需统筹考虑上下游、左右岸、干支流的关系, 以及水文、地貌、生态等多维度过程的耦合。它不再追求对河流的绝对控制, 而是致力于重建河流关键的生态过程, 如泥沙输移、洪水漫溢、物质循环和能量流动等, 使河流具备自我修复和演替的能力^[1]。同时, 修复工作应在保障防洪安全等基本功能的前提下, 协调兼顾生态、景观、休闲、文化等多种功能, 实现人水和谐共生。此外, 必须充分考虑区域的自然地理条件、社会经济发展水平和历史文化背景, 制定符合当地实际的修复策略, 避免“一刀切”式的标准化工程, 真正做到因地制宜、因河施策。

1.2 修复目标

基于上述理念, 河道生态修复通常设定多层次、多维度的目标体系。在水质层面, 目标是改善水体理化性质, 降低污染物浓度, 恢复水体自净能力; 在水文层面, 则致力于恢复或模拟自然的水文情势, 包括流量过程、流速分布、水位变幅等, 为生态系统提供必要的水动力条件。在地貌层面, 修复工作旨在重塑河流的平面形态(如蜿蜒度)、横断面形态(如深潭-浅滩序列)和纵剖面形态(如纵向连续性), 以重建物理结构的多样性。在此基础上, 进一步创造多样化、结构复杂的水生和滨水栖息地, 为各类生物提供生存、繁殖和庇护空间。最终, 通过上述物理和化学环境的改善, 恢复本土物种的种群数量和生物多样性, 重建稳定的食物网结构。此外, 修复还应关注社会文化价值的提升, 通过优化滨水空间的景观美学和亲水体验, 传承河流的历史文化, 增强公众的生态认同感。

2 河道生态修复的关键技术体系

2.1 水文情势修复技术

健康的水文情势是河流生态系统赖以生存的基础。为此, 修复实践中常采用水库生态调度技术, 通过优化水库的下泄流量过程, 模拟天然径流节律, 为下游生态系统提供必要的生态流量, 特别是在鱼类产卵、幼鱼生长等关键时期, 以保障其生命周期的顺利完成。针对历史上因修建水坝、堰闸等构筑物造成的河流纵向连通性中断问题, 拆除废弃的阻隔设施或增设鱼道、旁通水道等过鱼设施成为重要手段, 旨在恢复水生生物的洄游通

道, 促进基因交流和种群繁衍。此外, 为恢复河流与洪泛平原的横向联系, 修复工程往往通过拆除侵占行洪断面的构筑物, 或建设可控的分洪、滞洪区, 让洪水有空间自然漫溢, 从而促进营养物质交换、湿地生态功能激活以及河岸带植被的更新演替, 从根本上提升河流系统的韧性与活力。

2.2 水质净化与污染控制技术

水质改善是生态修复的前提和基础。在点源污染控制方面, 完善城镇污水收集与处理系统, 确保达标排放, 是从源头上遏制污染输入的关键举措。而对于更为分散、治理难度更大的面源污染, 则主要依赖生态净化技术。人工湿地作为一种高效低耗的生态工程, 利用土壤-植物-微生物复合系统的物理截留、化学吸附和生物降解作用, 能够有效去除氮、磷等营养盐及有机污染物。生态浮岛或浮床技术则通过在水面设置载体并种植挺水或浮叶植物, 利用其根系吸收和附着微生物的协同作用净化水质, 同时为水生动物提供额外的栖息空间^[2]。此外, 在河道两侧构建一定宽度的植被缓冲带, 是连接陆地与水体的关键生态屏障, 能够有效拦截、过滤和吸收来自农田、道路等陆域的面源污染物(如化肥、农药), 显著减轻入河污染负荷。

2.3 河床与河岸形态重塑技术

在河岸防护方面, 摒弃传统的硬质护岸(如浆砌石、混凝土), 转而采用格宾石笼、雷诺护垫、生态袋、植生毯以及木桩、抛石等生态工法, 不仅能够稳固岸坡、抵御冲刷, 更重要的是其透水性和多孔隙结构为植物生长、水体交换以及小型生物栖息创造了有利条件。在河床层面, 通过抛置块石、沉放树干(即大木工法)等方式, 人为营造深潭、浅滩、急流、缓流等多样化的微生境, 可以有效增加水流紊动, 提高溶解氧含量, 并为不同生活习性的水生生物提供适宜的生存空间。在空间条件允许的情况下, 对历史上被过度裁弯取直的河段进行适度的复弯, 延长河道长度, 减缓流速, 不仅能增加栖息地多样性, 还能增强河流的滞洪能力和泥沙沉降功能, 从而全面提升河流的生态服务价值。

2.4 生物群落重建技术

在物理和化学环境得到显著改善的基础上, 主动引入生物措施是加速生态系统恢复进程的有效途径。根据水深、流速、底质等具体条件, 科学选择并配置沉水植物(如苦草、眼子菜)、浮叶植物(如睡莲)和挺水植物(如芦苇、香蒲), 可以构建起结构稳定、功能完善的水下森林。这片“森林”不仅能有效抑制藻类爆发, 还能为底栖动物和鱼类提供丰富的食物来源与庇护所, 形成良性循环。在评估生态系统承载力的前提下, 有计划地放流本地土著鱼类、贝类等水生动物, 有助于重建食物链, 恢复生态平衡, 但必须严格防范外来物种入侵带来的生态风险^[3]。此外, 向水体中投加特定功能的微生物菌剂, 可以加速有机污染物的分解和氮磷的转化, 作为辅助手段强化水体的自净能力, 为更高层次的生物群落恢复奠定基础。

3 工程实践案例研究

3.1 案例一: 中国浙江浦阳江生态廊道修复工程

浦阳江曾是浙江省内污染最严重的河流之一, 沿岸密集的

小水晶加工产业导致水体长期发黑发臭,河道被大规模渠化,生态系统几近崩溃。面对这一严峻局面,当地政府以“五水共治”战略为引领,启动了全域、系统性的生态修复工程。该工程首先从源头入手,关停数千家高污染小作坊,并建设高标准污水处理厂,彻底切断了主要污染源。随后,对全流域进行了大规模清淤疏浚,清除沉积多年的内源污染。在此基础上,全线拆除原有的硬质堤岸,采用格宾石笼、生态连锁砖等技术重建生态护岸,并结合数十公里长的滨水绿道和湿地公园建设,将生态修复与城市景观、市民休闲功能深度融合。同时,通过打通被阻隔的池塘、沟渠,构建起一个互联互通的“活水”网络,显著增强了水体的流动性与自净能力。为确保修复成果长效化,项目还建立了水质在线监测系统,实现了智慧化监管。经过数年的努力,浦阳江水质从劣V类跃升至III类及以上,重现“水清、流畅、岸绿、景美”的景象,并成功创建国家级水利风景区,生动诠释了生态效益、社会效益与经济效益协同共赢的修复范式。

3.2 案例二: 美国佛罗里达州基西米河(Kissimmee River)修复项目

20世纪60年代,为满足防洪和排水需求,全长167公里的基西米河被裁弯取直成一条90公里长的笔直运河,这一工程导致超过90%的洪泛平原湿地永久消失,鱼类和水鸟数量锐减80%以上,生态系统遭受了毁灭性打击。自1990年代起,美国启动了全球规模最大、最具雄心的河流修复工程——基西米河修复项目,其核心目标是“去渠道化”,即逆转历史上的工程干预。项目通过回填部分笔直的C-38运河,并重新开挖出24公里长的历史蜿蜒河道,使河流重获其自然的曲折形态。同时,沿河的数座水坝被系统性拆除,全面恢复了河流的纵向和横向连通性。最关键的是,工程设计确保了河水能够再次周期性地漫溢到两侧广阔的洪泛平原,从而激活了湿地的水文功能。项目完成后,超过1万公顷的洪泛平原湿地得以重生,水生无脊椎动物和鱼类的丰度与多样性显著回升,涉禽和水禽的栖息地面积也大幅增加。基西米河的成功修复雄辩地证明,即使是对大型河流进行过深度人为改造,只要秉持科学理念并坚定执行,生态系统依然蕴藏着强大的自我修复潜力。

4 讨论与展望

通过对上述案例的分析,可以发现成功的河道生态修复工程普遍遵循了系统性、过程导向和多功能协同的原则。然而,在实践中仍面临诸多挑战。生态系统的恢复本身是一个漫长且充满不确定性的过程,其最终效果受气候波动、极端水文事件等多种外部因素影响,这要求我们必须建立长期的监测体系和适应性管理机制。同时,生态修复工程不仅初期投入巨大,后续的

植被养护、设施维护等也需要持续的资金保障,这对地方政府的财政能力提出了考验^[4]。此外,河流管理涉及水利、环保、城建、园林等多个部门,权责不清、标准不一常常成为项目推进的体制性障碍。部分项目还存在公众参与不足的问题,未能充分调动社区居民的积极性,导致后期管护困难或公共空间使用率不高。

展望未来,河道生态修复将呈现更加智慧化与精细化的趋势。借助物联网、大数据、人工智能等现代信息技术,可以实现对河流生态状况的实时感知、精准诊断和智能调控,大幅提升管理效率。同时,“基于自然的解决方案”(NbS)的理念将进一步深化,更加注重利用和模仿自然过程来解决水安全、水环境和水生态问题,而非过度依赖高能耗、高成本的灰色基础设施。修复的尺度也将从单点、单段的局部治理,转向全流域的系统性规划与实施,真正践行山水林田湖草沙一体化保护和修复的整体观。最后,通过科学方法量化修复工程所带来的生态、经济和社会效益,不仅能够为决策提供更坚实的依据,还将有助于探索生态产品价值实现的新路径,从而形成可持续的投入与回报机制。

5 结语

河道生态修复是实现人与自然和谐共生现代化的必然要求和重要途径。它超越了传统水利工程的单一功能局限,以重建河流健康生态系统为核心目标,融合了水文学、生态学、地貌学、环境工程等多学科知识,形成了一套以“近自然”为指导思想的技术体系。浙江浦阳江、美国基西米河的成功实践雄辩地证明,通过科学的规划、适宜的技术和坚定的决心,即使是受损严重的河流也能够重获生机。未来的河道生态修复工作,必须坚持系统观念,强化顶层设计,创新体制机制,并充分利用现代科技手段,推动修复模式从“工程主导”向“生态引领”转变,从“被动治理”向“主动适应”升级。唯有如此,才能真正守护好我们的母亲河,为子孙后代留下清水绿岸、鱼翔浅底的美丽河湖画卷,为全球生态文明建设贡献中国智慧与中国方案。

[参考文献]

- [1]钟武宏.生态修复技术在河道治理工程中的应用[J].城市建设,2025,(17):80-82.
- [2]彭杏峰.河道治理工程设计中生态修复技术的应用研究[J].水上安全,2025,(18):97-99.
- [3]张胜利,乔亮.基于生态修复理念的河道整治工程优化研究[J].农业科技创新,2025,(30):51-53.
- [4]王建亚.基于河道水域生态修复视角的河水环境综合治理[J].生态与资源,2025,(08):157-159.