

基于生态方法的河流恢复技术与实践

孙先锋¹ 肖登均²

1 大连理工环境工程设计研究院有限公司 2 大连迈克环境科技工程有限公司

DOI:10.12238/eep.v7i6.2119

[摘要] 本文探讨了基于生态方法的河流恢复技术与实践。通过综述相关文献与实地考察,分析了当前河流生态恢复的主要技术及其在实践中的应用效果。文章着重介绍了物理修复、化学修复、生物修复及生态工程技术,并结合具体案例,阐述了各种技术的优缺点及适用范围。本文旨在为河流生态保护与修复提供理论支持和实践指导。

[关键词] 河流恢复; 生态方法; 物理修复; 化学修复; 生物修复; 生态工程

中图分类号: X522 **文献标识码:** A

River restoration technology and practice based on ecological methods

Xianfeng Sun¹ Dengjun Xiao²

1 Dalian Institute of Environmental Engineering Design and Research Co., Ltd

2 Dalian Mike Environmental Technology Engineering Co., Ltd

[Abstract] This paper explores the techniques and practices of river restoration based on ecological methods. Through a review of relevant literature and field investigations, it analyzes the main technologies of current river ecological restoration and their application outcomes in practice. The article focuses on physical restoration, chemical restoration, biological restoration, and ecological engineering techniques. By combining specific case studies, it elaborates on the advantages, disadvantages, and applicability of various technologies. This paper aims to provide theoretical support and practical guidance for river conservation and restoration efforts.

[Key words] River restoration; Ecological methods; Physical repair; Chemical remediation; Bioremediation; Ecological Engineering

河流作为地球生态系统的重要组成部分,不仅为人类提供了水资源、水能等重要资源,还具有调节气候、维持生物多样性等生态服务功能。然而,随着工业化和城市化的快速发展,人类活动对河流的干扰和破坏日益严重,如河道渠化、水污染、水资源过度开发等,导致河流生态系统退化,生态功能丧失。为了恢复河流的生态健康,保障其生态服务功能的持续供给,基于生态方法的河流恢复技术应运而生。近年来,全球范围内已有多个成功案例证明了这些技术的有效性,但仍需进一步研究和优化以满足不同河流环境的需求。

1 河流生态恢复技术的理论基础

1.1 生态恢复的概念与原则

生态恢复是一种旨在重建或再生受损生态系统的活动,其核心在于通过人为干预促进自然过程的恢复,以重建生态系统的结构和功能,恢复其原有的生态完整性与生物多样性。这一过程遵循一系列基本原则,包括:生态完整性——恢复至接近原始状态的生态系统;生态适应性——考虑生态系统对环境变化的响应能力;生态多样性——确保物种多样性以维持生态系统

的稳定;社会接受度——生态恢复方案应得到当地社区的支持和参与;可持续性——恢复行动应考虑长期生态效益和经济效益的平衡^[1]。生态恢复的目标不仅仅是物理环境的修复,更在于促进生态服务功能的恢复,如水文调节、土壤保持、碳储存和生物栖息地的恢复。

1.2 河流生态系统的特点与功能

河流生态系统作为地球上最重要的淡水生态系统之一,具有独特的动态特性和复杂的功能。它们不仅是众多水生和陆生动物的栖息地,还承担着地球水循环中的关键角色,包括水源供给、水质净化、洪水调节和养分循环等重要功能。河流的流动特性决定了其在物质和能量传输上的高效性,同时也影响着沉积物的分布和生态系统的格局。河流生态系统中的生物多样性和生态过程共同维系着生态系统的稳定性,使其能够在面对自然灾害和人类干扰时展现出一定的韧性。

1.3 生态恢复技术的分类与选择

生态恢复技术可以根据其主要目标和方法分为几个主要类别,包括生物恢复、物理恢复、化学恢复和社会经济恢复。生物

恢复技术关注于恢复生态系统中的生物成分，如通过植树造林、植被重建、鱼类和无脊椎动物的增殖放流等手段来恢复生物多样性和生态食物链。物理恢复技术则侧重于改善河流的物理结构和水文条件，如河岸稳定、河床重构、水流调控等，以恢复自然的水动力学过程。化学恢复涉及水质净化和污染控制，如使用生物过滤和人工湿地系统去除污染物^[2]。

2 基于生态方法的河流恢复技术

2.1 物理修复技术

①河道疏浚与拓宽：河道疏浚与拓宽是物理修复技术中的基本方法，旨在通过移除河床沉积物和拓宽狭窄河段来改善水流条件和恢复河流的自然形态。生态导向的疏浚特别注重最小化对水生生物和河岸植被的影响，避免破坏底栖生物的栖息地。通过精准定位和适度疏浚，可以有效减少河流淤积，改善水动力学条件，增强河流的自我清洁能力。拓宽河段时，生态工程师会设计自然弯曲的河道轮廓，模仿天然河流的形态，以促进生态系统的恢复和生物多样性。同时，采用生态护岸材料和植被覆盖，可以进一步加强河岸的稳定性，减少侵蚀，营造适宜的生物栖息环境。②河岸带植被恢复：河岸带植被的恢复是物理修复技术中的重要环节，对于维持河流生态平衡和提升水体质量具有显著效果。恢复过程中，优先选择本土树种和草本植物，这些植物能够更好地适应当地气候和土壤条件，促进生态系统的自然恢复^[3]。植被的根系不仅能够稳固土壤，防止水土流失，还能吸收水中的营养盐，减轻富营养化现象。

2.2 化学修复技术

①污染物去除技术：化学修复技术专注于水体中污染物的去除，特别是工业废水和农业径流带来的重金属、有机污染物和营养盐。利用化学沉淀、氧化还原反应和吸附等方法，可以将这些有害物质转化为无害或低毒的化合物，或者将其浓缩并安全移除出水体。例如，通过添加石灰石或碳酸钙可以提高水体的pH值，促使重金属形成沉淀；而活性炭和沸石等吸附剂则能有效捕捉有机污染物。②水质改善技术：水质改善技术致力于提升水体的透明度和溶解氧水平，促进水生生物的健康生长。通过增加水体的流动性，可以改善氧气的自然补充，促进微生物的活性，加速有机物的分解。人工曝气装置和水车等设备在缺氧区域尤为有效，它们能够提高水体的氧气交换率，改善水生生物的生存环境。此外，通过构建生态浮岛或种植水生植物，可以利用植物的根系和微生物的共生作用，进一步提高水质，同时美化河流景观，增强生态系统的自净能力。

2.3 生物修复技术

①微生物修复：微生物修复技术利用特定微生物的代谢能力来降解水体中的有机污染物和转化重金属，是一种环境友好的修复手段。微生物，尤其是某些细菌和真菌，能够将污染物转化为无害物质或生物可用的营养素。通过筛选和培养高效的微生物菌株，可以在受污染的水体中投放，加速污染物的降解过程^[4]。微生物修复技术不仅能够改善水质，还能恢复河流生态系统的生物多样性，促进生态平衡的重建。②植物修复技术：植物修复技术利用植物的生理机能来吸收、转化或固定土壤和水体中的污染

物，是一种绿色、可持续的生态恢复方法。通过种植超积累植物，可以直接从水体中吸取重金属，然后通过收割植物体来移除这些污染物。此外，植物的根系能够促进土壤和水体中的微生物活动，加速有机污染物的生物降解。

2.4 生态工程技术

①湿地建设与恢复：湿地作为自然界的“肾脏”，在河流生态恢复中扮演着至关重要的角色。通过恢复或构建人工湿地，可以显著提升水体的自净能力，减少污染物的负荷。湿地中的水生植物和微生物共同作用，通过物理过滤、化学反应和生物降解，有效去除水体中的悬浮颗粒、营养盐和有害化学物质。湿地还能提供重要的栖息地，吸引鸟类和其他野生动物，促进生态系统的完整性和生物多样性。②生态浮床技术：生态浮床技术是一种创新的生态工程手段，通过在水面上构建人工浮床并种植特定的水生植物，实现水质净化和生态恢复。生态浮床能够吸收水体中的氮、磷等营养盐，抑制藻类过度繁殖，同时其根系为微生物提供附着点，促进有机物的分解^[5]。此外，生态浮床还能创造新的生境，吸引水禽和其他水生生物，增强生态系统的多样性和稳定性。

3 河流恢复技术的实践应用与分析

3.1 河流恢复实践案例

案例一：A河流的物理与生物联合修复

位于华南某省的A河流，曾因长期的工业排放和城市化进程，导致水体富营养化严重，生物多样性急剧下降。2018年启动的修复项目采取了物理与生物修复技术的联合应用，成效显著。首先，通过河道疏浚，清除了约50万立方米的淤泥，恢复了河流的自然流态，改善了水动力学条件。其次，在河岸带进行了大规模的植被恢复工作，种植了超过20万株本地适生植物，如芦苇、香蒲和水杉，有效控制了水土流失，增强了河岸的稳定性。

生物修复方面，项目团队引入了微生物强化技术，投放了经过筛选的高效降解菌株，显著降低了水体中的氨氮和总磷含量，分别下降了35%和28%。同时，通过种植超积累植物，如凤眼莲和水芹，成功移除了大量重金属，其中铅和镉的浓度分别降低了40%和35%。这些措施协同作用下，河流的透明度明显提高，由原来的不足0.5米提升至1.2米，溶解氧水平也从2mg/L上升至6mg/L，生物多样性指数从2018年的1.2增加到2021年的3.8，恢复了鱼类、两栖动物和昆虫等多种水生生物的栖息地。

案例二：B河流的化学与生态工程修复

华中某省的B河流由于农药和化肥的广泛使用，导致严重的化学污染，严重影响了周边居民的生活质量和农业生产。针对这一问题，2019年启动的修复项目采取了化学与生态工程修复技术相结合的方式。

在化学修复方面，项目采用了高级氧化技术，通过向水体中加入过氧化氢和紫外光照射，有效降解了水体中的有机污染物，如多环芳烃(PAHs)和邻苯二甲酸酯(Phthalates)，其浓度分别下降了42%和38%。同时，通过定期添加石灰石粉末，调节水体的pH值，使水体更接近中性，减少了重金属的毒性效应，铅和汞的可溶性降低了30%和25%。

生态工程方面,项目在河流两侧构建了总面积达150公顷的人工湿地,湿地中的水生植物如香蒲和睡莲,以及微生物的协同作用,大大提升了水体的自净能力。监测数据显示,经过湿地处理后的水体,氮和磷的含量分别下降了55%和45%,水质从V类提升至III类,满足了国家对饮用水源的水质标准。此外,项目还采用了生态浮床技术,在水面上铺设了总面积约20公顷的浮床,种植了水生植物,进一步提升了水体的透明度和溶解氧水平,为水生生物提供了更佳的栖息环境。

3.2 实践效果评估与对比分析

为了量化河流恢复的效果,研究对比了两个案例修复前后的水质参数和生物多样性指数,具体数据如下表所示:

表1 两条河流在恢复前后水质参数和生物多样性指数情况表

参数	A 河流(华南)		B 河流(华中)	
	恢复前	恢复后	恢复前	恢复后
氨氮(mg/L)	2.5	1.6	2.3	1.3
总磷(mg/L)	0.3	0.22	0.4	0.22
铅(μ g/L)	20	12	15	10.5
镉(μ g/L)	10	6.5	8	6
透明度(m)	0.5	1.2	0.6	1.4
溶解氧(mg/L)	2	6	1.8	4.5
生物多样性指数	1.2	3.8	1.5	3.2

从上述数据可以看出,两个案例中的河流在经过物理、生物、化学及生态工程修复后,各项水质指标均得到了显著改善,生物多样性指数也有大幅提高,证明了生态方法下的河流恢复技术的有效性和实用性。

4 总结

本文通过对河流生态恢复技术的深入探讨,展示了基于生态方法的河流恢复技术在实践中的应用及成效。但河流恢复技术面临诸多挑战,在技术选择方面需综合考虑河流特性、恢复目标及成本效益,在环境影响上应评估技术对生态系统的影响,确保恢复措施与环境相协调,同时要关注技术的持续性和长期效益,以推动河流生态的可持续发展。未来应进一步加强跨学科合作,综合运用生态学、水文学、环境科学等多学科知识,为河流恢复提供更全面、科学的解决方案。

[参考文献]

- [1]田雨欣.乌兰木伦河流域生态恢复成效评估[D].河南:郑州大学,2023.
- [2]张卫东,翟宇翔.北方城市河流景观生态恢复设计方法探讨[J].规划师,2010,26(z1):44-48.
- [3]罗波.河流生态恢复的基本思路与对策[J].中国农村水利水电,2008(7):22-23.
- [4]侯巍,张晓晖,胡雪,等.浅谈河流生态恢复内容和技术[J].中国水土保持,2011(12):40-42.
- [5]李娇娇,毛明海.河流生态恢复及其实证分析研究[J].科技通报,2007,23(1):131-136.