

河湖缓冲带生态保护与修复技术研究进展

朱丹丹

河海大学设计研究院有限公司

DOI:10.32629/eep.v9i4.3149

[摘要] 本文通过研究河湖缓冲带的主要生态功能,并按照植被修复、土壤修护以及水文调控等方面对现阶段主流技术展开深入探讨,在此基础上结合相关的量化数据分析了各类技术的应用参数和效果,在总结现阶段所采用技术存在的问题的同时提出了通过技术创新、体系完善以及持续监管等发展的建议。本文通过对河湖缓冲区主流修护技术和体系的研究,旨在进一步完善现有的技术,并且可以有效促进河流域的生态环境治理水平,为提升我国河流环境质量奠定基础。

[关键词] 河湖缓冲带; 生态保护; 修复技术; 污染截留; 生态重构

中图分类号: Q958.116 文献标识码: A

Research Progress on Ecological Protection and Restoration Technologies of River and Lake Buffer Zones

Dandan Zhu

Institute of Design and Research, Hohai University Co., Ltd.

[Abstract] This paper studies the main ecological functions of river and lake buffer zones and conducts in-depth discussions on the current mainstream technologies in terms of vegetation restoration, soil remediation, and hydrological regulation. Based on this, it analyzes the application parameters and effects of various technologies through relevant quantitative data. While summarizing the problems existing in the current adopted technologies, it also puts forward suggestions for development through technological innovation, system improvement, and continuous supervision. Through the research on the mainstream restoration technologies and systems of river and lake buffer zones, this paper aims to further improve the existing technologies and effectively promote the ecological environment governance level of river basins, laying a foundation for improving the water quality of rivers in China.

[Key words] River and lake buffer zones; Ecological protection; Restoration technologies; Pollution interception; Ecological reconstruction

引言

河湖缓冲带作为特殊的生态走廊是阻止外源性污染物质进入水体的天然屏障也是维持整个流域平衡的关键所在。由于城镇化、集约化农业的发展和围垦造田、废水直排、过度养殖等人为活动严重影响河湖缓冲带结构导致出现水体富营养化、生物多样性下降等生态问题。近几年加大对生态环境的治理力度缓冲带修复技术也在不断革新,应用模式多样化。基于目前已有研究成果系统分析了各类修复技术原理与特点并对其修复效能进行评估,阐述行业中现存问题,预测修复发展方向从而为科学有效地指导河湖缓冲带规范化修复提供理论支撑。

1 河湖缓冲带基本功能和主要问题

1.1 基本生态功能

缓冲带处于陆地生态系统和水生生态系统交错地带,受到两个方向环境因素的综合影响。其生态功能十分复杂、多元。结

合当前流域治理实际情况,河湖缓冲带主要具备如下四项生态功能:一是污染截留与净化作用。作为截留和消减面源污染进入河湖的第一道防线,其内部植被、土壤、微生物等构成复合体共同发挥净化功能,通过土体吸附、植物吸收以及微生物分解等多种机制一起实现降雨径流中氮素、磷素、悬浮物质及微量有害成分的拦截与吸纳,削减了大量的外部污染源输入量,从源头处减轻了湖泊水体富营养化程度。二是水土保持功能。缓冲地带密布的地表植物群落能够有效减弱坡面雨水径流冲刷强度、复杂,且发达的植物根系能牢固地固定住地表疏松物质从而减小水力侵蚀和风力侵蚀能力、防止岸坡溃塌、减少泥沙损失、保持岸带地形结构稳定。三是栖息地功能。复杂的湿度、光照和水文等多变条件构成了异质性强、多样化的生态环境,为陆生、水生、湿生植被及底栖动物、昆虫等微生物提供较为丰富、繁衍生长的空间,完善的食物链条有利于保持流域物种多样性。

四是调节水文功能。缓冲带疏松孔隙结构具备较强渗水、蓄水性能,在雨期可有效地积蓄降水,滞留径流延长汇流过程、减小洪峰;在枯水期释放储存水分并补给河湖水,改善流域自然水循环周期。上述四种作用当中,缓冲带植被群落结构决定了污染物拦截与净化能力大小,复合型的乔灌木搭配要比单纯的植被结构的拦截能力强且生态系统更稳定。

1.2 主要生态问题现状

当前河湖缓冲带生态损害问题普遍存在,主要体现在以下4个方面:(1)植被退化。天然植被由于人类活动遭到破坏,人工种植的植被结构单一,乔、灌木及草比例不当,生态系统稳定性弱;(2)土壤功能变质。长期累积造成缓冲带内土壤有机质含量过高,透气性差,出现土壤板结现象;(3)水文过程受限。通过硬质堤岸改造阻隔了河道内外的物质交流,使河岸带自然节律紊乱;(4)后期管控措施不足,修复工程多关注治理效果忽视维护管理,近35%的人工修复河湖缓冲带在建成运行2 a之内发生植物死亡状况^[1]。

2 河湖缓冲带主流修复技术及应用分析

2.1 植被生态恢复技术

河湖缓冲带是水体周边地带,具有截留污染物、保持水土以及提供栖息地等多项生态功能,对实现流域生态环境治理具有十分重要的意义。植被修复技术是缓冲带生态恢复的根本技术,也是现阶段最为成熟且效果最明显的绿色技术,该技术通过植物吸收、富集、根系微生物等作用达到清除水体污染物,改善生境结构的效果。根据其干预强度可分为原生植被保护和人工植被配置两种应用方式,其中原生植被保护主要通过封禁管理和人为干扰限制来实现,封禁管理主要是通过禁止踩踏和围垦等方式来控制对植被的人为破坏,并保持原有土壤基质以及原有的植被结构,利用自然演替规律促进本土植被的自然繁衍能力^[2]。该方式具有较大的局限性,其干扰最小并且风险性也较小,主要适用于具有良好的生态本底并且拥有较多残留植被的河湖缓冲带地区。而植被配置是在纵向分层、横向连片原则的基础上结合不同的落差梯度,近水域选择一些湿生草本植物,中间地带以耐水灌木植物为主,离岸较远处种植比较耐旱的乔木形成乔、灌、草结合在一起复合群落,改变原有植物结构、增强植被的空间结构和根系结构。研究表明,由多层次复合植被群落所形成的植物交错性的根系分布能够加强径流滞留功能,同时对于营养盐(氮磷)的截留与吸附明显要强于单纯的草本群落植物,并且表现出较强的稳定性^[3]。总的来说,植被修复技术具备建设成本低、生态相容性强和景观效益高等优点,在绝大多数情况下都可以在缓冲带修复工程中使用,应用是最广泛的。

2.2 土壤修复改良技术

对广泛存在土壤营养盐累积、重金属微量累积、土壤板结以及孔隙度减小的河湖缓冲带退化问题主要采用物理、化学和生物3类改良修复技术对其进行修复。其中,物理改良作为基础无添加治理模式,通过深耕翻土、砂掺合料或表层覆土置换等措施粉碎了硬结土块体,提高了孔隙率,改善了土壤透气透水性能,

加快了氧化还原作用过程,减弱了长期积水造成的环境恶化程度。在化学改良方面是利用无机改良剂对污染物进行固化,通过定量添加石灰、沸石、膨润土等改性改良剂改变土壤酸碱度,并吸收固定土壤中可溶态和可代换态重金属离子及氮磷元素,降低迁移转化风险并抑制再释放过程。而腐殖质、生物炭和高效微生物菌剂等有机材料的使用是一种绿色可持续性的生物改良方式,能够优化和调节土壤微生物群落结构及其活性,强化其硝化与反硝化作用,加快有机物降解。但单行改良修复局限性大,在工程实践中常与植被修复相结合,改良后的疏松基质也为植被根系延伸提供空间,并提升根部吸氧能力,解决由于土壤退化造成成活率较低及衰败现象,形成“改土促植、植固”的良性循环^[4]。

2.3 水文与岸线优化技术

水文连接受限、硬质堤岸阻断是当前河湖缓冲带生态恢复的两大主要限制因子,水文和岸边调控技术主要用于修复河岸交错带的水文连通性、消除传统不透水混凝土等护岸结构带来的生态屏障影响。目前主要有以下几种应用比较广泛的方法:(1)边坡改型护岸工程;(2)分流/截流工程;(3)湿地连通工程,其中边坡改型护岸摒弃了以往不透水硬质结构护岸如水泥块石等结构材料,采用多孔的砖石或天然石块和植物纤维织物垫等新型结构代替传统的混凝土结构,并保留岸壁的渗水、透气和透泥性等特性,以维持水分、盐分以及养分在岸线上的交换。分流/截流措施是通过改变径流水系浅渠和滞留洼地等地表径流路径的改造从而改变了降雨径流的速度,使得径流携带污染物有更多的时间与土壤及植被充分接触吸附^[5]。而湿地联通措施则在于恢复隔离的缓冲区与河湖主渠道之间的联系,使其恢复自然的水利节奏并得以循环供水。这种控制技术可以同时改善缓冲区分水力学条件和岸边环境结构、增强防洪能力和滞洪能力,极大地提高了缓冲区抗水流冲击的能力及其承受大的水文波动的能力,使河岸为水生生物提供连续和稳定的生存场所。

表1 不同河湖缓冲带修复技术关键参数对比表

修复技术类型	总氮去除率/%	总磷去除率/%	单位面积施工成本/(元·m ⁻²)	适用场景
复合植被修复技术	42.6	38.5	28.6	轻度污染、植被退化缓冲带
生物土壤改良技术	35.2	41.3	45.2	土壤板结、重度污染缓冲带
生态护岸优化技术	29.8	26.7	86.5	硬质堤岸、水文阻隔缓冲带

3 技术应用现存短板与优化发展趋势

3.1 技术应用现存短板

现阶段河湖缓冲带修复技术在我国虽然日趋成熟,但在工程实施过程中,在技术应用的合理性、适配性和后续管理方面还存在较大缺口,影响了整体的工程效果。一是技术应用缺乏匹配度,目前尚无标准且差异化的分级修复技术可循,大多数工程使

用同质化模板对缓冲带植被进行修复设计,而未考虑缓冲带坡度与地形、土壤污染负荷和水文动力条件的详细勘测,忽视了缓冲带的不同退化程度以及本底植被等差异。二是技术整合度不高。植被修复技术和土壤修复技术和水文恢复技术大多是零星地分散地独立使用,技术关联性不大,大多数项目只是单独提升植被或岸线条件,尚未形成“植物固土,土壤净化,水文连通”的协同理念,各部分修复不能发挥增益效应,其综合生态功能严重受制于这一局限性。三是管护缺乏常态化。修复工程结束后,由于缺少后期的管理和专门的资金来源支持,经常性的巡护、补种、养护等相关措施不能及时开展。调查表明约有40%的恢复缓冲带因后续的管护缺失,在三年左右出现植被退化,土壤二次板结和排水渠道淤塞现象,失去了修复的效果。“重建轻管”现象长期存在,责任主体不清晰,相关技术标准不完善以及考核监督缺位等问题并存,削弱了修复技术的持续作用。

3.2 技术优化趋势

从当前河湖缓冲带修复面临的难点问题与技术瓶颈、行业治理修复的现实需求出发,并结合生态科学发展的趋势,未来河湖缓冲带修复技术将沿着复合集成化、低碳智能性及长效稳态化等三个技术方向不断迭代与完善,逐步形成更加科学合理、系统综合、可持续修复的新格局。首先技术复合集成发展,在现有单项或简单复配的修复技术基础上突破应用限制,推动植被改良、土壤调理、水文调控等多学科技术和手段相融合形成1体联动的“植物—土壤—水文”一体化修复措施群组合包。依据缓冲带受损程度梯度式地进行搭配组合运用针对重度污染地段采取“生物—化学改良+复合种植模式”,针对硬质堤岸段配合“生态护岸+径流调节”。通过组合利用来克服和补足单一技术的局限,达到对污染物的多级拦截与生境的立体构建以最大限度提高综合效能,实现1+1+N的效果;其次是走向低碳智能管理,在绿色低碳环保理念的指引下重点研制和推广使用低扰动、易降解、费用低的自然绿色修复改良剂、材料来减少因化学药物、工程建材带来的次级生态破坏和干扰。而随着智能化技术的应用与发展可结合物联网传感器、大数据分析处理及远距离监视等手

段监控感知缓冲带区内的氮、磷浓度,基质空隙度大小,植物覆盖率,水流速率变化等多种指标来实现对于生态环境系统的动态监控预警与精准化控制从而降低由于人为的盲目的管控造成的损耗。最终是朝向生态的稳定长久发展,构建自我维持系统为主的目标优化植物乔、灌、草组成结构优先考虑并选育抗逆性强(抗污能力强、耐贫瘠等),抗洪涝灾害能力优良的本地种规避外来物种入侵风险。

4 结束语

河湖缓冲带作为流域生态系统中一道重要防线,其生态修复对于提升水环境质量,保护生物多样性意义深远。该文全面总结植被恢复、土壤改善和水文学优化三类核心修复技术,通过数据对比分析得出各类修复技术的利弊,在此基础上对当前存在的修复技术适用性低、结合率不高以及养护机制欠缺等痛点问题展开剖析。在未来应当在对河湖缓冲带生态基底充分认识的基础上,遵循因势利导理念,科学组合修复措施,并将绿色低碳与智能监测相结合,完善监管与管养制度,不断提升缓冲带截污能力及防止水土流失能力,保障河湖生态系统良好运转,为进一步推进水生态环境及流域可持续发展夯实基础。

[参考文献]

- [1]金国华.吉林省典型河湖生态缓冲带构建及运营管理长效机制研究.吉林省,吉林省环境工程评估中心,2022-09-22.
- [2]钱树芹,姜宇,罗欢.新形势下深圳市河湖建设生态修复技术探讨[J].中国防汛抗旱,2021,31(S1):1-5.
- [3]杨文俊.河湖生态岸坡及滨水带综合治理关键技术.湖北省,长江水利委员会长江科学院,2021-09-04.
- [4]聂天一.基于生态修复理念的城市河流景观改造设计研究[D].山东农业大学,2020.
- [5]文字立,马乐宽,赵越.河湖生态缓冲带政策框架设计研究[J].人民长江,2019,50(11):18-23.

作者简介:

朱丹丹(1992--),女,汉族,江苏省宿迁市人,硕士研究生,工程师,研究方向:水环境综合治理项目咨询及设计。