

The Role of Ecological Buffer Zone in the Basin Management of Water Conservancy Project

Zhiyu Wu

Guigang City, Guangxi Datengxia Irrigation Service Center, Guigang, Guangxi, 537000, China

Abstract

As the demand for ecological governance in water conservancy project basins continues to rise, ecological buffer zones—serving as vital connectors between terrestrial and aquatic ecosystems—have demonstrated increasingly prominent ecological value. China's water conservancy basins currently face challenges such as non-point source pollution control and ecosystem degradation. Given their unique structural and functional characteristics, ecological buffer zones play a pivotal role in basin management. This paper systematically explores the multifaceted functions and practical application approaches of ecological buffer zones in water conservancy basin governance, with the aim of providing theoretical and practical references for ecological conservation and high-quality governance in these regions.

Keywords

ecological buffer zone; water conservancy project; watershed management; function

生态缓冲带在水利工程流域治理中的作用

吴志宇

广西贵港市大藤峡灌区服务中心, 中国·广西 贵港 537000

摘要

随着水利工程流域生态治理需求的不断提高,生态缓冲带作为陆地与水域生态系统之间的重要载体,其生态功能价值也越来越突出。目前我国水利工程流域存在面源污染防控、生态系统退化等诸多问题,而生态缓冲带凭借其独特的结构与功能,在流域治理方面起到了十分重要的作用。本文从生态缓冲带的核心功能出发,系统探讨其在水利工程流域治理中的多重作用与实践应用路径,以期流域生态保护和高质量治理提供理论与实践参考。

关键词

生态缓冲带; 水利工程; 流域治理; 作用

1 引言

河湖生态缓冲带是陆地生态系统与河湖水域生态系统之间的连接带和过渡区,主要功能是隔离人为干扰对河湖负面影响、保护河湖生物多样性、减少面源污染。随着国家“十四五”生态环境保护规划、重点流域水生态环境保护“十四五”规划等重点任务的颁布,国家生态环境部重点支持河湖生态缓冲带建设。水利工程流域治理是维持流域生态平衡、保证水资源安全的重要手段,生态缓冲带是流域生态系统的重要组成部分,生态缓冲带的建设与应用对提高流域治理成效、加强生态系统稳定性有重大意义。由此可见,明确生态缓冲带在流域治理中所起到的关键性作用和运用方式,对于高质量开展水利工程流域生态化治理工作具有十分重要的现实意义。

【作者简介】吴志宇(1992-),女,仫佬族,中国广西罗城人,本科,工程师,从事水利水电工程研究。

2 生态缓冲带在水利工程流域治理中的作用

2.1 拦截净化污染物, 维系水质稳定

生态缓冲带通过植被截留、土壤吸附、微生物降解等多种作用机理,达到对流域内污染物高效拦截净化的目的。在水利工程流域内,各种面源污染物随地表径流迁移时,缓冲带内的植被群落可以减缓径流流速,延长污染物迁移路径,使悬浮颗粒物充分沉降,土壤基质中的胶体颗粒可以对氮、磷等营养盐以及重金属污染物产生吸附固定作用,微生物群落可以将有机污染物降解成无害物质。系统性的净化功能可以有效地减少水体中污染物的负荷,防止水体富营养化、水质恶化,为水利工程流域水质安全提供基础性保障,维持流域水环境的生态平衡^[1]。从净化机制的层次来说,表层植被依靠茎叶截留形成第一道防线,能拦截大部分的颗粒态污染物和附着在上面的营养盐;中层土壤依靠物理吸附和化学固定形成第二道屏障,对溶解态污染物进行高效截留;深层微生物群落依靠代谢作用完成污染物的最终转化,形成

“截留、吸附、降解”的全链条净化体系。同时缓冲带的净化作用具有广谱性,不仅可以应对农业面源污染中化肥、农药残留,还可以削减畜禽养殖废弃物、农村生活污水等造成的复合污染,从而提升水利工程流域水质调控的稳定性、可靠性。

2.2 稳固岸线结构, 调控水文过程

生态缓冲带的植被根系可以深入土壤之中形成致密的根系网络,增强土壤的抗侵蚀能力,减少水利工程流域岸线的水土流失,稳固岸坡结构,降低岸线崩塌的风险。同时缓冲带通过植被截留、土壤下渗等作用来调控流域的水文过程,在汛期可以截留一部分地表径流,减缓洪峰流量,降低水利工程的防洪压力;在枯水期,储存在土壤中的水分可以缓慢补给河道,保持河道基流,使流域的水资源得到均衡的分配。这一水文调控功能可以改善水利工程流域的水资源时空分布,提高流域水文系统稳定性、抗干扰能力^[2]。从岸线稳固机制层面上而言,不同的植被类型之间存在互补作用,深根乔木的主根可以穿透深层土壤固定岸坡基底,浅根草本的须根可以增强表层土壤团聚性,二者一起可以抵御水流冲刷和波浪侵蚀,从而降低水利工程岸线加固的维护成本。从水文调节的角度来说,缓冲带可以调节地表径流的时间、空间分布,还可以通过土壤孔隙和根系通道提高地下水补给的能力,建立地表和地下协同的水文调节体系,解决水利工程流域由于季节性降水不均而出现的旱涝交替的问题,保证流域水资源供给的持续性。

2.3 构建生态廊道, 保护生物多样性

生态缓冲带凭借多样的生境类型给流域内的各种生物提供栖息、觅食、繁殖的空间,同时构建起不同生态斑块之间的生态廊道。在水利工程流域,缓冲带可以打破水利工程建设造成的生态阻隔,有利于陆生、水生生物的迁徙交流,保持物种基因的流动性。多样化的植被群落可以调节局部微气候,改善生境条件,为鸟类、昆虫、底栖生物等各种生物提供适合生存的环境,提高流域生态系统的物种丰富度和群落稳定性,维持流域生态系统的完整性和可持续性。缓冲带内乔灌草复合植被结构、干湿交替的水文环境可以形成林地、灌丛、湿地等多种生境,满足不同生态位物种的生存需要,比如为涉禽提供觅食滩涂、给鱼类提供产卵庇护所、给昆虫提供取食和繁殖的载体。缓冲带是生态廊道的重要组成部分,可以连接孤立的生态斑块,消除水利工程大坝、堤岸等造成的生物迁徙障碍,保证物种基因的正常交流,减少由于生境破碎化造成的物种濒危风险,从而提高流域生态系统的自我更新能力和群落稳定性。

2.4 衔接水陆生态, 提升流域抗工程胁迫韧性

生态缓冲带作为水利工程流域内水陆生态系统之间的过渡地带,其主要功能是连接陆生和水生生态过程,减轻工程建设造成的生态压力,提高流域生态系统韧性。基于水利工程建设阶段,容易破坏水陆生态连通性,造成河岸带生境

单一化、生态过程断裂等问题,缓冲带通过乔灌草复合结构和土壤-植被-微生物协同体系,可以弥补这一缺陷。其既可以承接陆地生态系统的物质循环和能量传递,也可以为水生生态系统提供一个缓和的过渡环境,减少工程运行时水流突变、水位波动对近岸生态的影响。对于水利工程而言,生态缓冲带还可以调节近岸区域的温度、湿度,改善局部微气候,减少水利工程对流域生态系统的影响,提高生态系统抵御极端水文事件、污染脉冲的能力和恢复能力。此外缓冲带的存在能优化水陆交界区的生态格局,减少工程硬质岸线带来的生境割裂问题,为生态系统功能的完整发挥提供保障,有助于流域生态系统实现稳定循环和可持续发展。

2.5 固碳储碳增汇, 提升生态系统服务价值

生态缓冲带以植被光合作用和土壤碳封存的双重方式来实现固碳储碳增汇,具有明显的固碳储碳增汇功能,能够为水利工程流域生态系统服务价值提升提供保障。缓冲带内的多种植物群落通过光合作用高效固定大气中二氧化碳,将无机碳转化为植物体内有机碳;植物凋落物经微生物分解后形成的有机质,与土壤颗粒结合形成稳定的土壤有机碳库,从而实现碳的长期封存。不但可以降低流域的温室气体排放强度,减轻区域气候变化的影响,而且可以提升流域的生态系统碳汇服务能力,丰富生态系统服务的多种价值。比如碳汇机制稳定性方面,乔灌草复合植被结构可以延长碳在生态系统中停留的时间,减少碳释放的风险;湿地型缓冲带的厌氧环境更有利于土壤有机碳的保存,提高碳封存的效率。

3 生态缓冲带在水利工程流域治理中的应用

3.1 依据流域等级划定宽度, 构建分级缓冲体系

生态缓冲带的应用需要结合水利工程流域等级和生态需求,科学确定缓冲带宽度,创建分级分类的缓冲体系。根据流域内河流、湖泊的重要性差异,核心缓冲区域和过渡缓冲区域的宽度需要进行差异化设置,重要河流干流及饮用水水源地周边缓冲带宽度不小于100米,一级支流不小于50米,二级及以下支流不小于30米;重要湖泊及饮用水水源地水库缓冲带宽度不小于100米,一般湖泊与水库不小于50米。核心区以耐水湿、抗污染的乡土乔木和湿地草本植物为主,形成乔灌草复合植被体系,提高水质净化和水土保持功能,过渡区可选择生态经济型植被,达到生态保护与经济发展相协调的目的,进而提升缓冲带的使用效果,防止出现资源浪费的情况^[4]。

3.2 结合面源污染特征, 打造农田生态缓冲系统

对农业面源污染突出的水利工程流域,生态缓冲带要结合农田分布特点,构建“田间—田边—河岸”一体化的生态缓冲体系。在田间区域设置植草水道和等高缓冲带,植草水道依靠植被覆盖的沟渠减缓地表径流速度,拦截农田流失的泥沙和养分;等高缓冲带沿等高线设置,将大面积坡耕地分成带状小地块,降低土壤侵蚀和污染物迁移的风险。比如

在田边设置农田边界缓冲带,运用永久性植被带拦截农药、化肥等污染物,为田间生物提供栖息地。在河岸区域建立河岸植被缓冲带,进一步净化从田间、田边缓冲带转移过来的污染物。以江苏宜兴太湖西部生态缓冲区的建设为例,在入湖农田区就对农业面源污染防治的需求展开规划,在该区塑造起多级缓冲体系并建立湿地群,从而有效地削减了流入湖泊的污染物数量。

3.3 依托城市河湖治理,构建复合型缓冲带模式

针对城市河湖内源污染严重、藻华多发情况而言,缓冲带的创建可以和底泥洗脱、水生植物恢复等工程结合,构建复合型缓冲带模式,核心区用生态混凝土、生态袋等生态保护坡技术固定岸线,种植芦苇、香蒲等湿地植物提升净化效能,过渡区创建生态步道、观光绿地等景观设施,达成生态保护和市民休闲需求的双赢。例如,安庆市城区沿江“两湖三河”坡岸缓冲带建设中则选用这一复合型模式,在缓冲带核心区实施底泥洗脱和水生植物恢复工程,在过渡区打造生态景观带,治理后西小湖水体透明度比治理前提高两倍以上,水质主要指标达到地表Ⅳ类水标准。经过实践证明,复合型缓冲带模式可以改善城市流域的生态功能,提高城市水生态环境质量。

3.4 聚焦水源地保护,建设高标准缓冲防护带

饮用水水源地周边的水利工程流域,生态缓冲带应按照最高防护标准来建设,构建全流程、高强度的污染拦截防护体系。缓冲带宽度必须大于或等于100米,核心区严禁任何人为开发活动,采用原生植被群落进行生态修复,最大限度提高污染物拦截和净化能力,在缓冲区设置生态监测站点,对水质、植被覆盖度等进行实时监测,及时预警生态风险,在过渡区开展生态宣传教育,增强公众水源地保护意识。

在植被的选择上以吸附氮、磷等营养盐能力强的本土树种为主,营造出稳定的植被群落。高标准缓冲防护带建设能有效阻止各种污染物进入水源地,保证饮用水安全,该模式已经被国内多处饮用水水源地周边流域治理所采用,以核心技术参数及建设标准为水源地生态保护提供科学依据。

4 结语

综上所述,生态缓冲带是水利工程流域治理中起到不可替代的作用,其具有污染物净化、岸线稳固、生物多样性保护等多方面功能,是维持流域生态平衡和实现流域可持续发展的必要条件。实践中应根据流域的实际,创建不同的生态缓冲带模式,提高治理成效,实现生态保护与经济社会发展的协调一致。随着生态治理技术的进步,生态缓冲带建设与管理日趋科学精准,水利工程流域治理体系和治理能力不断向现代化方向迈进,流域生态安全屏障更加牢固,生态文明建设稳步高效推进。

参考文献

- [1] 林萍,郭星星,李胜华,等. 河湖缓冲带生态修复技术在农业面源污染治理中的应用分析[J]. 环境保护与循环经济, 2025, 45 (03): 67-70.
- [2] 王晓莉,赵兴淼,孙杰,等. 小清河生态缓冲带保护与修复对策研究[J]. 水利水电技术(中英文), 2025, 56 (S1): 468-472.
- [3] 孙砚,何章飞. 滨水生态缓冲带设计研究——以祁门县阊江流域为例[J]. 河南水利与南水北调, 2024, 53 (12): 3-5.
- [4] 王江月. 城市河流滨岸缓冲带生态修复模式研究[J]. 黑龙江科学, 2024, 15 (22): 157-160.
- [5] 张兆睿. 河湖生态缓冲带保护及修复[J]. 水利技术监督, 2024, (05): 148-150.