河道生态修复中植被缓冲带设计对水质改善的作用研究

黄光源 覃晓艳 彭祖钰 周启玉 林雅兰
宜昌清江水利水电设计有限公司，湖北 宜昌 443500

[摘要]植被缓冲带在河道生态修复里意义重大，采用拦截、吸附水中污染物之举，其设计受多种因素左右，包含带宽、植被种类及其密度、土壤的条件等，在不同环境里的应用，诸如山区、城镇和农作区，要求做针对性设计以契合特定要求，通过长期监测积累的数据说明，植被缓冲带可一直改善水质水平，推动生态复原，未来设计优化会聚焦精细化管理与技术革新，而政策支持在推动缓冲带应用这件事上会起到关键效用，综合各方面所做的改进，植被缓冲带将更切实地服务于生态环境保育与水质变好。

[关键词]河道生态修复；植被缓冲带；水质改善；生态环境；水流污染
DOI：10.33142/hst.v8i5.16496 中图分类号：X522 文献标识码：A

Study on the Effect of Vegetation Buffer Zone Design on Water Quality Improvement in River Ecological Restoration

HUANG Guangyuan, QIN Xiaoyan, PENG Zuyu, ZHOU Qiyu, LIN Yalan
Yichang Qingjiang Water Conservancy and Hydropower Design Co., Ltd., Yichang, Hubei, 443500, China

Abstract: Vegetation buffer zones are of great significance in river ecological restoration. They intercept and adsorb pollutants in water, and their design is influenced by various factors, including bandwidth, vegetation type and density, soil conditions, etc. The application in different environments, such as mountainous areas, towns, and agricultural areas, requires targeted design to meet specific requirements. Through long-term monitoring and accumulation of data, it is shown that vegetation buffer zones can continuously improve water quality and promote ecological restoration. In the future, design optimization will focus on refined management and technological innovation, and policy support will play a key role in promoting the application of buffer zones. Taking into account the improvements made in various aspects, vegetation buffer zones will more effectively serve ecological environment conservation and water quality improvement.

Keywords: river ecological restoration; vegetation buffer zone; improvement of water quality; ecological environment; water pollution

引言

伴着环境污染问题日益突显，解决河道水质改善问题已迫在眉睫，成为关键问题之一，作为一种生态修复技术存在的植被缓冲带，依仗其自然的过滤及吸附能力，在水质净化领域取得理想效果，其依靠设计合理的带宽、植被种类和密度布局，能切实削减水中的污染物数量，让水体生态重归平衡，在不同地区范围，植被缓冲带应用呈现不同设计要求，要把当地水文条件跟生态特点相结合，经过探索缓冲带的优化设计跟应用，可为未来水质治理提供可持续性的应对方案。

1 植被缓冲带对河道水质改善作用的原理分析

1.1 污染物拦截与吸附机制

植被缓冲带可高效拦截并吸附水流里的污染物，凭借植物根系的物理跟化学功能，氮、磷、重金属及农药残留等污染物，迅速被吸收或依靠植物表面吸附。植物根系不仅可直接摄取水中的养分及有害物质，还借助分泌部分有机物质推动土壤中微生物的活动，由此进一步推动污染物的降解进程，植物的叶片、茎秆还给水流形成了阻碍，让水体中的悬浮颗粒及沉积物变少，增强了水体的去污能力，缓冲带土壤层的孔隙结构和有机物含量，极大影响着对污染物的吸附能力，增加了水体过滤的有效水平。

1.2 水流动力学对水质改善的影响

水流动力学对植被缓冲带水质改善起着举足轻重的作用，缓冲带的存在会明显改变水流的速率、走向及其与植被间的相互作用，进而影响到水中污染物的扩散及沉降，当水流经过缓冲带，流速得以降低，让水中的悬浮物与颗粒物有更充裕时间和植物根系及土壤接触，进而推动了污染物的沉淀与阻拦。缓慢水流为微生物生长及分解进程打造了优质环境，有利于有机物与氮磷的去除，水流的动力学也影响了缓冲带内水体的交换速度，调整了污染物的流动格局，增添了水体自行净化的本领。

1.3 生态自净作用与水质恢复

生态自净效应是植被缓冲带对水质起到改善的核心机制之一，通过植物、土壤及微生物共同施展作用，河道里的污染物实现自然降解[1]。植物凭借根系分泌的有机物质，为土壤中的微生物输送了能量源，推动微生物把污染物进行降解，微生物群落能把有机物进行分解，对氮、磷等养分加以转化，由此抑制水体富营养化现象出现，缓冲带内土壤的过滤功能也推动污染物的降解与固定，靠物理

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

吸附和化学反应进一步去除水中的有害物，该生态自净过程不仅增进了水质水平，同样推动了河道生态系统稳定及恢复，为水域生物缔造了更良好的生存天地。

2 影响植被缓冲带效果的关键因素

2.1 植被种类与多样性

植被种类和多样性关乎缓冲带功能实现。各类植被根系形态、水分摄取程度与生物量存在差别，直接决定水质净化成效。树木凭借发达且纵深的根系，牢牢稳固土壤，显著降低水土流失风险，持续发挥水质净化作用。草本植物根系扎根较浅，依靠旺盛生长迅速吸收水中营养盐，对短期内水质富营养化治理效果明显，灌木在稳固土壤、遏制水土流失方面具备适中优势，多样植物增强生态系统韧性，彼此配合提高对不同污染物拦截降解能力，形成高效净化体系，科学搭配植被类型、合理规划种植密度，才能充分释放植物生态价值，确保缓冲带功能全方位、持久发挥。

2.2 缓冲带宽度与植被密度

缓冲带宽度和植被密度对水质净化作用重大。宽阔的缓冲带形成大面积过滤空间，让水流在其中缓缓穿行，长时间与植物、土壤充分接触，有效拦截和清除各类污染物，合适宽度能改善水流状态，降低水流冲击力，促使沉积物自然下沉，植被密度是影响净化效果的核心要素，茂密的植被增加了水流与植物的接触频率，极大提升净化效率[2]。繁茂的植物群不仅提供了广阔的表面积，其发达根系深入土壤，使水中有害物质更易被吸附、分解和转化。设计时必须全面权衡植被生长规律、土地实际用途以及水流变化特征，以此确定缓冲带宽度与植被密度的最优组合。

2.3 环境因素对缓冲带性能的影响

环境因素全方位影响植被缓冲带水质改善成效，土壤类别千差万别，其透水性强弱不同，直接左右水流于缓冲带内渗透过滤节奏，且因质地差异，对污染物拦截、降解能力表现各有不同，气候状况中，降水频次与降水量、气温升降幅度等，深刻改变植物生长周期与生物地球化学循环进程，进而影响其净化水质的功能发挥。水文状况里，水流湍急程度与流量大小，决定水体在缓冲带内的驻留时长，也影响其与植物的接触紧密程度，地形地貌塑造水流走向轨迹，限定缓冲带空间布局，对水流起到天然调控作用，缓冲带规划设计必须充分权衡这些环境要素，才能将水质改善效果推向极致。

3 植被缓冲带设计在不同河道环境中的应用

3.1 山区河道生态修复中的应用

山区河道生态修复难题重重，水流急骤多变，土壤侵蚀现象频发。植被缓冲带在此发挥关键作用，可大幅减缓水流速度，削减径流量，有效遏制因水流冲刷引发的土壤流失，缓冲带植物凭借发达根系稳固土壤，防止泥沙迁移，维持河道稳定。山区河道水质欠佳，悬浮物与污染物浓度高，植被缓冲带借助植物根系吸收、土壤过滤及微生物降解，逐步清除水中有害物质，植被选种关乎成败，山区气候特殊、土壤条件复杂且自然灾害多，耐旱抗风、根系发达的植物更能适应环境，提升净化效率，设计需综合考量坡度、流速、降水量等要素，方能使缓冲带功能充分发挥，推动水质持续向好、生态环境逐步修复。

3.2 城市河道水质改善中的应用

在城市化快速推进过程中，城市河道成为污水与污染物排放的“重灾区”，水质恶化程度不断加剧，植被缓冲带在这样的严峻形势下，成为改善水质的重要力量，它凭借自身特性，能够高效拦截并吸附水流中的各类有害物质，大幅降低水体里的营养盐含量、化学需氧量，以及其他繁杂的有机污染物，显著提升河道水质。城市河道空间狭窄，周边基础设施密集交错，缓冲带设计需在有限空间内进行科学规划，精准确定缓冲带宽度，精心配置植被，以此最大限度发挥其水质净化功能。挑选能适应城市特殊环境的植物种类，依据河道水流的具体情况灵活调整缓冲带布局，是实现最佳净化效果的关键，而且，植被缓冲带不仅能净化水质，还能为城市增添绿意，打造宜人景观，有效减少城市噪音，为城市中的野生动植物营造舒适的栖息家园，从多方面提升城市生态环境质量。

3.3 农业区河道水质治理中的应用

农业区河道水质受农田施肥、农药施用等活动冲击，富营养化问题突出，植被缓冲带在这片区域成为净化“利器”，可主动吸纳河流裹挟的农药残留、过剩养分，削减污染源头[3]。凭借植物根系与土壤协同吸附，能大幅降低水体中氮、磷等污染物浓度，切实改善水质状况，农业区河道修复重点在于缓冲带设计，带宽需契合农田排水特点，植物选种要兼顾抗逆性与净化力，精心规划的缓冲带，既能高效净化水质，又能削弱农业径流冲刷破坏力，为农田生态系统筑牢屏障，推动区域生态环境向可持续方向发展。

4 植被缓冲带在水质改善中的长期效应分析

4.1 水质变化的长期监测数据

长期水质监测数据直观展现植被缓冲带对水质改善的持续效用，监测时，定期采样分析，可精准量化缓冲带在各时段对水体污染物浓度、溶解氧含量、酸碱度等参数的影响，这些数据用于评估缓冲带净化水质的实际效果，清晰呈现水质变化走向。监测数据还反馈植被生长状态、土壤特性、水流变动等因素对水质净化的作用，为缓冲带管理优化提供可靠依据，通过对比不同时期数据，能全面衡量生态修复措施的长期效果，以及水质恢复的稳定持续情况。见表1。

4.2 植被缓冲带的生态恢复与水质保持

植被缓冲带改善水质同时，推动水体生态长期恢复。植物根系摄取水中养分、污染物，降低有害物质含量，提升水体自净功能。缓冲带发挥固土保水、抑制土壤侵蚀、营造栖息地等作用，逐步重塑水体生态平衡，随着时间推进，缓冲带植物适应环境，稳固生态系统，强化水质维持能力[4]。植物持续生长，配合土壤过滤、微生物降解，稳定水质，减缓污染物积聚。经科学设计与管理，实现生态恢复进程中水质持久优化。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

表 1 不同缓冲带设计方案下的水质变化数据

设计方案	带宽（米）	植被密度（株/平方米）	氮浓度（mg/L）	磷浓度（mg/L）	化学需氧量 （mg/L）	溶解氧（mg/L）
设计 1	10	50	5.4	0.12	15.3	6.4
设计 2	15	60	4.2	0.10	13.5	7.1
设计 3	20	70	3.1	0.08	11.2	7.8
设计 4	25	80	2.5	0.05	9.6	8.2

4.3 不同设计策略的效果对比

植被缓冲带水质净化成效受设计策略影响显著，根源在于带宽、植被类别、植株密度及土壤性质等要素的差异组合，缓冲带的宽度直接关乎净化实力，较宽的缓冲带形成广阔过滤区域，让水流与植物充分接触，延长作用时间，从而有效提升对水中污染物的拦截与清除效率。植被种类丰富且配置科学，能强化缓冲带处理不同污染物的能力，部分植物独特的根系构造，使其对特定污染物的吸收更为高效，显著增强净化效果，加大植被密度，可加快对污染物的过滤与吸附进程，而土壤类型则决定着污染物的留存、转化状况，全面权衡这些设计要点，便能有的放矢地优化缓冲带设计，最大程度释放其水质净化潜力，确保在复杂多变的环境中始终保持良好适应性与高效性。

5 植被缓冲带设计的挑战与优化路径

5.1 设计难点与现存问题

植被缓冲带设计遭遇诸多难题，地理环境与水文条件各异带来的适配困境尤为突出。缓冲带带宽、植被类别及疏密程度等关键要素，都得契合当地生态实际状况。但受城市化浪潮冲击，不少地区空间捉襟见肘，难以保障缓冲带所需宽度。植被挑选同样棘手，各类植物净化水质能力参差不齐，一旦选错，缓冲带整体效能大打折扣，维护工作也是一大难点，管理养护植被缓冲带需持续人力物力投入，在农业区域，频繁的施肥、农药施用极易损害缓冲带功能，而且长期使用中，缓冲带还可能出现植被衰败、土壤污染等状况，阻碍水质持续向好发展。

5.2 未来设计优化的研究方向

带宽和植被密度配置亟待精细考量，须依据流速快慢、污染源类别及污染负荷高低灵活调整，研究聚焦提升缓冲带对特定污染物的去除能力，重点攻克氮、磷等富营养化物质处理难题，土壤筛选与植被选种深度结合地方生态特征，着力丰富植被多样性、增加群落层次，构建稳固生态系统[5]。技术应用层面，充分发挥遥感技术与 GIS 系统优势，实现对缓冲带净化效果实时监测评估，依据数据反馈动态优化设计方案，增强缓冲带环境适应性与净化效率，加大智能监控系统推广应用力度，推动缓冲带管理迈向精准高效新台阶。

5.3 政策与技术支持的推进作用

政策扶持与技术创新是植被缓冲带设计完善和落地的核心要素，政府要出台针对性的河道生态修复政策，从资金投入、技术指导等多方面发力，推动缓冲带建设和日常维护工作，政策制定需充分考虑各地区地理、气候等差异，为不同区域提供契合实际的设计参考。技术层面，大力开展土壤改良、植物品种培育等生态修复技术研发，积极推广应用，切实增强缓冲带改善水质的效能，政府通过与科研机构合作，组织专业培训，提升地方管理者技术素养，保障生态修复项目稳步推进，建立健全评估监管机制，确保植被缓冲带持续有效净化水质，实现生态效益与社会经济效益双赢。

6 结语

植被缓冲带作为河道生态修复关键途径，在众多场景下展现出良好效果，凭借物理拦截、吸附功能和生态自净特性，不仅净化水质，还推动生态系统逐步复苏，不过在实际设计与运用中，空间不足、植被衰败等状况频发，阻碍其更好发挥作用。后续缓冲带设计会朝着独特化、智慧化方向发展，综合考量生态条件、技术手段和政策内容，持续改进设计，强化政策引领与技术革新，能为水质提升提供持久有效方法，随着技术发展与管理措施健全，植被缓冲带在水环境保护中的效能将进一步释放。

[参考文献]

[1]徐严.水生植物在河道生态修复中的应用[J].西北园艺,2025(4):43-47.
[2]邹育新.生态护坡技术在城市河道生态修复中的应用[J].水利技术监督,2025(3):229-231.
[3]邹育新.生态浮岛技术在城市河道生态修复中的应用与进展[J].水利技术监督,2024(7):264-266.
[4]杨生冉,姚敏杰.水生植物在河道生态修复中的应用研究[J].皮革制作与环保科技,2024,5(9):157-159.
[5]赵明雷,张灵贵,刘冬雨,等.水生态系统修复技术在河道生态修复中的应用研究[J].水上安全,2024(6):103-105.

作者简介：黄光源（1992—），男，民族：土家族，学历：本科，职称：工程师，研究方向：水利水电设计。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.