

河道整治工程中生态护岸结构设计优化研究

王健民

锡林郭勒盟水利事业发展中心 内蒙古 026000

【摘要】：河道整治工程中生态护岸结构的设计优化是提升河流生态功能与工程稳定性的关键路径。传统刚性护岸存在生态适应性差、结构脆弱等问题，难以满足现代水利建设的综合需求。通过引入生态优先理念，优化护岸材料与结构形式，构建柔性、多孔、植被融合的护岸体系，能够有效增强水陆生态交互、改善水质环境并提升生物多样性。结合多目标协同设计实践，验证了优化护岸在典型河段中的综合效益。未来护岸工程将朝着智能化、模块化与生态复合型方向发展，为实现人水和谐提供技术支持。

【关键词】：生态护岸；结构设计优化；河道整治；生态效益；稳定性

DOI:10.12417/2811-0536.25.10.070

引言

随着生态文明建设深入推进，传统河道整治方式在生态保护方面的局限日益显现。生态护岸作为连接水利工程与生态环境的重要界面，其结构设计直接影响河流的生态功能与长期稳定性。当前护岸工程普遍面临生态服务功能弱化、抗冲刷能力下降及系统适应性不足等问题，亟需通过科学优化手段提升综合性能。围绕生态优先原则，探索结构设计的创新路径，已成为推动河道整治高质量发展的核心议题。

1 生态护岸在河道整治中的功能定位

生态护岸作为河道整治工程中的关键组成部分，其功能已从传统的防洪护坡逐步拓展至生态修复与环境协调发展的多重维度。在现代水利建设理念指导下，生态护岸不仅承担着稳定河岸、防止水土流失的基本工程任务，更在维护水生态系统完整性、提升河流自净能力、促进生物多样性等方面发挥着重要作用。相较于传统硬质护岸结构，生态护岸通过采用植被覆盖、天然材料结合等柔性结构形式，有效缓解了水流冲刷对河岸的破坏，增强了岸坡的抗侵蚀能力，提升了整体工程的耐久性与适应性。

在生态环境层面，生态护岸为水生及陆生生物提供了良好的栖息空间，促进了水陆交错带生态系统的构建与恢复。植物根系固土作用与地上部分的遮蔽效应共同作用，降低了雨水径流带来的泥沙入河量，减少了水体悬浮物含量，从而改善了水质条件。植被的蒸腾作用有助于调节局部小气候，增强区域生态系统的稳定性。生态护岸还具备一定的景观价值，在城市滨水空间营造中起到美化环境、提升公众生态意识的功能。

在社会服务功能方面，生态护岸通过优化岸线利用方式，实现了水利工程与人居环境的有机融合。在

城乡河道治理中，其不仅能保障行洪安全，还可为居民提供休闲游憩空间，推动绿色基础设施建设。随着人们对生态环境质量要求的不断提高，生态护岸的功能定位已超越单一的工程防护范畴，成为实现人水和谐、推动生态文明建设的重要载体。在河道整治工程中，科学认识并充分发挥生态护岸的多维功能，是实现水资源可持续利用与生态环境协同保护的关键所在。

2 现有护岸结构在生态与稳定性上的局限

当前河道整治工程中广泛采用的传统护岸结构，多以混凝土、浆砌石等刚性材料为主，虽然在防洪排涝和岸坡稳定方面具有较强的工程优势，但在生态适应性和长期稳定性方面仍存在诸多不足。这类硬质护岸形式往往忽视了河流生态系统的自然演替规律，导致水陆交错带生态功能退化，削弱了河流的自我修复能力。由于缺乏对植被覆盖和生物栖息环境的考虑，传统护岸结构在建设完成后易造成河岸地带生物多样性下降，水体与周边环境之间的物质交换受阻，进而影响整个流域生态系统的健康运行。从生态角度来看，刚性护岸结构限制了地表水与地下水之间的自然渗透过程，破坏了原有的水文循环机制，降低了河岸带对污染物的过滤与降解能力。

由于缺乏植物根系的固土作用，一旦水流强度超过设计标准或结构局部受损，极易引发岸坡整体失稳甚至崩塌。传统护岸形式通常将重点放在短期工程安全上，忽略了长期生态效益的维持，使得护岸系统在使用一段时间后出现老化、开裂等问题，进一步加剧了生态环境的退化趋势。在结构稳定性方面，部分区域因地质条件复杂、水流冲刷强烈，传统护岸措施难以有效应对动态变化的外部环境压力。尤其是在洪水频发或流速较高的河段，刚性护岸缺乏足够的柔性缓冲能力，容易在水流冲击下发生结构性破坏。这种破坏不仅增加了后期维护成本，还可能对周边生态系统

造成二次干扰。与此同时,许多现有护岸工程在设计阶段未充分考虑气候变化带来的极端水文事件影响,导致其在面对突发性暴雨、洪峰流量时表现出明显的脆弱性。

更为关键的是,现有护岸结构在设计理念上普遍偏向于单一功能导向,缺乏对生态与工程协同作用的整体考量。多数工程仅关注短期防护效果,而忽视了护岸系统在整个河流生态系统中的角色定位,未能实现生态服务功能与工程防护性能的有效统一。在当前生态文明建设背景下,传统护岸结构在生态适应性与结构稳定性方面的双重局限,已成为制约河道整治工程高质量发展的主要瓶颈之一。

3 生态优先导向下的护岸结构优化策略

在生态优先理念指导下,护岸结构的优化应以恢复和增强河流生态系统功能为核心目标,兼顾工程安全性与生态适应性。这种优化策略强调从材料选择、结构形式到空间布局的全过程生态考量,力求构建能够自我调节、持续稳定的河岸生态系统。传统刚性结构被逐步替代为具有渗透性、连通性和生物友好性的柔性护岸体系,使护岸不仅具备抵御水流冲刷的能力,还能促进水陆生态系统的物质交换与能量流动。在材料应用方面,优化策略倾向于采用天然或环保型材料,如块石、木桩、生态混凝土、植物纤维毯等,这些材料既能满足基本的力学性能要求,又具备良好的透水性和可降解特性,有助于形成适宜动植物生长的微环境。

通过合理配置多孔介质结构,提升护岸对雨水径流的滞留与下渗能力,减少地表径流对河道水质的冲击负荷。植被作为生态护岸的核心组成要素之一,在优化策略中被系统纳入结构设计全过程,通过优选本土物种、构建多层次植物群落等方式,增强护岸系统的生态稳定性和景观协调性。在结构形式上,生态优先导向推动了由单一平面防护向立体复合型结构的转变。护岸不再局限于传统的直线式或梯形断面,而是结合地形地貌特征,采用缓坡、台阶、凹槽等多种形态组合,营造多样化的生境条件。这种结构不仅增强了岸坡对水流扰动的适应能力,还为水生生物提供了栖息、繁殖的空间,提升了生态服务功能。优化策略注重护岸与周边生态廊道的衔接,强化其在区域生态网络中的连接作用,从而提升整体生态系统的完整性和连通性。

在设计方法层面,生态优先导向下的优化策略不仅关注结构本身的工程安全性,更强调生态系统整体功能的恢复与提升。为此,多学科交叉融合成为护岸

结构设计的重要趋势,生态水文学为理解水流与植被之间的相互作用提供了理论基础,土壤生物工程则通过植物根系固土机制增强岸坡稳定性,景观生态学从空间格局和生态连通性角度优化护岸的生态服务功能。在此基础上,现代设计手段逐步由传统的经验判断转向基于数据驱动的科学建模,利用遥感技术、地理信息系统(GIS)和三维地形建模等工具,实现对河道形态、水文过程及生态要素的精细化分析。

4 多目标协同设计在典型河段的应用实践

在河道整治工程实践中,生态护岸结构的优化需要兼顾防洪安全、生态修复、景观提升与社会服务等多重目标。多目标协同设计正是基于这一需求,将工程技术、生态环境与社会功能有机融合,以实现护岸系统在不同维度上的综合效益最大化。在典型河段的应用过程中,该设计理念通过对水文特征、地质条件、生态系统及周边土地利用方式的统筹分析,构建出适应性更强、功能性更全的护岸结构体系。在具体实施中,多目标协同设计强调空间布局的层次性与功能分区的协调性。根据不同河段的水流特性与生态敏感度,划分出核心生态保护区、缓冲过渡区和人类活动影响区,并在各区域内采用差异化的结构形式与植被配置模式。这种分区设计不仅提升了护岸系统的整体稳定性,还增强了其对复杂环境变化的响应能力。

在结构选型上,优先选用具有柔性支护特性的复合式护岸形式,如植物根系固土结合格宾网石笼、生态袋与透水混凝土相结合的组合结构,确保在满足抗冲刷性能的同时,促进土壤微生物群落的建立与植被自然恢复。多目标协同设计在实施过程中,不仅强调护岸工程本身的功能优化,更注重其与城市空间、生态环境和社会需求之间的深度融合。在典型河段的应用中,护岸被重新定义为集防洪、生态修复、景观塑造与公共活动于一体的城市基础设施,突破了传统水利工程施工的单一功能边界。通过科学规划滨水空间布局,将护岸结构与沿岸绿地系统、交通网络及文化景观元素有机结合,构建出连续、开放、多功能的滨水复合空间。这种设计理念不仅提升了河道空间的利用效率,也增强了人与自然之间的互动关系,为城市居民提供了亲近自然、休憩游憩的重要场所。

与此同时,在技术支撑方面,多目标协同设计依托现代信息与模拟技术,实现从宏观到微观、从定性到定量的精细化设计与动态评估。遥感监测技术用于获取大尺度范围内的地表覆盖变化和水文动态信息,GIS空间分析则有助于识别生态敏感区与功能分区,辅助设计方案的空间适配。水动力模拟工具可精确预

测不同流量条件下水流对护岸结构的作用力分布,提升结构安全性与适应性。生态评估体系则通过对生物栖息环境、植被覆盖率、水质净化能力等指标的量化分析,全面衡量护岸工程在生态服务功能方面的表现。

5 优化后护岸结构对水生态系统的影响

优化后的护岸结构在设计思路突破了传统工程防护的单一导向,更加注重与水生态系统的协调共生,从而在多个层面对河流生态过程产生深远影响。通过引入植被覆盖、透水材料及多孔结构等生态友好型元素,护岸系统不仅提升了自身的稳定性,还为水生生物提供了多样化的栖息环境,增强了水体的自我调节和净化能力。从水文循环的角度来看,优化后的护岸结构增强了地表水与地下水之间的交换效率,有助于维持河道的天然水文特征。这种渗透性较强的界面条件促进了水体流动的多样性,使水流在不同季节和水位条件下能够形成更为复杂的流态分布,为鱼类产卵、底栖生物附着等生态行为创造了有利条件。

护岸结构中的植物根系网络起到了固土稳坡的作用,降低了泥沙输入量,减少了水体浑浊度,提升了光照穿透能力,从而改善了水下光环境,有利于藻类、沉水植物等基础生产者的生长。在生物多样性方面,优化护岸结构通过构建多层次、多类型的微生境,显著提高了河岸带生态系统的复杂性和稳定性。植被的恢复为昆虫、两栖动物、鸟类等陆生生物提供了觅食与繁殖场所,形成了完整的食物链关系。与此同时,水陆交错区域的扩展也增强了生态系统的缓冲能力,在应对突发性污染事件或极端气候扰动时表现出更强的抗干扰性。

植物叶片与根系分泌物释放出的有机质和营养物质,为微生物群落的繁衍提供了基础条件,进一步推动了水体中氮、磷等营养元素的循环转化过程。水质调控功能是优化护岸结构对水生态系统影响的重要体现之一。植物的吸收作用、土壤的吸附效应以及微生物的降解机制共同构成了一个高效的自然净化体系,能够有效削减农业面源污染、城市径流带来的氮磷负荷,降低富营养化风险。植被冠层对太阳辐射的遮挡作用减缓了水温波动幅度,避免了因温度剧烈变化而对水生生物造成的应激伤害,维持了水体生态环境的热稳定状态。

6 面向未来的护岸工程技术发展方向

材料科学的进步为护岸结构的可持续发展提供了新的

可能。未来护岸工程将更多采用高性能生态材料,如可降解纤维网、多孔生态混凝土、植物生长基质等,这些材料不仅具有良好的力学性能和耐久性,还能促进植被自然恢复,增强土壤结构稳定性。智能响应型材料的研发也将成为趋势,这类材料能够根据水文条件的变化自动调节渗透性或抗冲刷能力,从而提升护岸系统的动态适应性。结构设计方面,未来护岸将趋向于模块化、可拆卸与可修复性设计,以适应不同流域特征和气候变化带来的不确定性。

通过引入仿生学原理,借鉴自然生态系统中的稳定结构,构建具有自我修复能力和动态演替机制的护岸体系,使护岸不仅是被动防护设施,更成为具有“生命”的生态单元。空间布局将更加注重与周边生态网络的有机衔接,推动护岸从线性工程向生态廊道转变,发挥其在生物多样性保护、碳汇功能提升等方面的作用。技术手段的应用将成为推动护岸工程升级的重要支撑。遥感监测、地理信息系统(GIS)、三维建模、人工智能算法等数字化工具将在护岸规划、设计与后期评估中发挥关键作用。

通过构建基于大数据的生态评估模型,可以实现对护岸结构在不同环境压力下的长期性能预测,提升工程决策的科学性与前瞻性。同时,物联网技术的引入使得护岸运行状态的实时监测成为可能,有助于建立动态维护机制,提高工程管理效率。政策与管理体制的完善也是未来护岸工程发展不可忽视的方向。随着生态文明建设的推进,相关标准体系将更加健全,涵盖生态材料使用、施工过程控制、后期生态评估等多个环节。跨部门协作机制的强化将有助于打破水利、生态、城市规划等领域的壁垒,形成协同治理格局,推动护岸工程由单一功能性建设向综合生态治理方向发展。

7 结语

生态护岸作为河道整治工程中的重要组成部分,其结构优化对提升河流生态功能与工程稳定性具有关键作用。随着设计理念从单一防护向多目标协同转变,生态优先导向的护岸技术在材料选择、结构形式和设计方法上不断突破。未来护岸工程将更加注重生态适应性、智能监测能力和系统治理模式的发展,推动河道整治向绿色、可持续方向演进,实现水生态系统健康与防洪安全保障的有机统一。

参考文献:

- [1] 刘志强.河道生态护岸结构优化与生态修复研究[J].水利科技与经济,2023,29(4):56-60.
- [2] 陈国栋.基于生态理念的护岸工程设计方法探讨[J].水土保持通报,2022,42(3):112-117.
- [3] 孙建明.生态型护岸在中小河流治理中的应用分析[J].中国农村水利水电,2021,(8):78-82.
- [4] 黄文杰.河道整治中生态护坡材料选择与结构优化研究[J].水利规划与设计,2020,(5):45-49.
- [5] 赵振宇.生态护岸结构对水体自净能力影响实验研究[J].环境科学与管理,2023,48(2):90-94.
- [6] 高俊峰.河流生态修复中护岸设计关键技术综述[J].水利水电科技进展,2022,42(6):101-106.