

河道生态护岸优化设计研究

王雪瑞

洛阳水利勘测设计有限责任公司 河南 洛阳 471000

摘要:为实现河道护岸生态效益与防洪安全的协同提升,本文围绕河道生态护岸优化设计展开研究。界定了生态护岸的内涵特征与核心功能,明确优化设计的生态优先、因地制宜等核心原则及多维度目标。重点探究四大关键技术:基于行洪安全的水文精准计算、适配水文特征的断面优化、兼顾稳定与适配性的材料选型及区域协同生态适配设计。研究成果为河道生态护岸科学设计提供技术支撑,助力实现岸线生态系统可持续发展与流域防洪安全保障的双重目标。

关键词:河道生态护岸;优化设计;水文计算;断面优化;材料选型

引言:随着生态文明建设推进,传统刚性护岸对河道生态系统的破坏问题日益凸显,生态护岸因兼具防洪与生态修复功能成为河道治理的重要方向。当前生态护岸设计存在生态与安全协同不足、技术适配性差等问题,影响治理成效。基于此,本文以河道生态护岸优化设计为研究对象,系统梳理生态护岸的内涵与功能,明确设计原则与目标,深入剖析关键技术要点,旨在构建科学完善的优化设计技术体系,为提升河道治理质量、维系流域生态平衡提供理论与实践参考。

1 河道生态护岸概述

1.1 生态护岸的内涵与特征

生态护岸的内涵在于以生态优先为核心,通过采用生态友好型材料与结构,构建能够促进河道与周边陆地生态系统物质循环、能量流动及生物交流的岸线形态。其核心特征体现为生态兼容性,能够为各类生物提供适宜的生存环境,维系生物多样性;同时具备动态稳定性,可通过自身结构与植被的协同作用,适应水流、地形等自然条件的动态变化,而非依靠刚性结构抵御自然外力;此外还具有系统协调性,能够与河道水文过程、周边景观格局及生态系统功能形成良性互动,实现岸线生态系统的自我修复与可持续发展。

1.2 生态护岸的核心功能

防洪功能是生态护岸的基础保障功能,通过合理的结构与植被固土作用,有效削减水流冲刷力,减缓岸坡侵蚀,提升岸线抗冲击能力,保障河道行洪安全。生态功能是其核心价值体现,能够修复河道岸线的生态连通性,维系水陆交错带的生态廊道功能,促进水体与土壤的物质交换,改善河道水质,为各类生物提供栖息、繁衍与迁徙的场所,维系生态系统的完整性与稳定性。景观功能体现为通过自然化的岸线形态与植被配置,融入周边自然与人

文环境,营造和谐自然的滨水环境,提升区域景观品质。社会服务功能则表现为为公众提供休闲、休憩与生态教育的场所,提升居民生活质量,增强公众的生态保护意识,同时助力区域生态文明建设与可持续发展^[1]。

2 河道生态护岸优化设计原则与目标

2.1 优化设计核心原则

生态护岸优化设计要坚守多维度核心原则,其中生态优先是根本导向,强调以维系河道生态系统原生性与完整性为前提,减少对自然生态过程的人为干预,保障生物栖息地的连续性与连通性。因地制宜原则要求充分适配河道所在区域的自然地理条件、水文特征及生态基底,使设计方案与区域环境形成良性适配。安全稳定是基础保障原则,需在满足生态效益的同时,确保护岸结构能够抵御水流冲刷、风浪侵蚀等自然外力,保障河道行洪排涝安全。此外需遵循经济性与可持续性原则,在控制工程建设与运维成本的基础上,构建能够实现自我调节与修复的长效生态系统。

2.2 分维度优化目标

生态护岸优化设计的目标呈现多维度协同特征,生态维度以恢复和提升生态系统完整性为核心,旨在改善水体水质、维系生物多样性、强化生态系统的自我修复能力。防洪维度聚焦提升岸线抗冲击能力与行洪通畅性,通过科学的结构设计降低岸坡侵蚀风险,保障流域防洪安全。景观维度追求与周边自然及人文景观的协调性,通过自然化的岸线形态与植被配置营造和谐的滨水环境,提升区域景观品质。社会维度则以满足公众生态需求为导向,提升滨水空间的生态服务功能,助力生态文明建设与区域可持续发展^[2]。

3 河道生态护岸优化设计关键技术

3.1 基于行洪安全的水文条件精准计算技术

水文条件是河道设计的基础前提,该技术要结合河道流域特征,重点开展设计洪水计算、径流调节分析及水流形态模拟三大核心工作,为后续设计提供精准数据支撑。(1)设计洪水参数精准测算。设计洪水的洪峰流量、洪水总量及洪水历时是确定河道断面尺寸、护岸高度的关键参数。实际设计中需采用“实测数据校验+模型推演”的双重方式提升测算精度:首先收集河道流域内长期气象站、水文站的实测降水、径流数据,明确流域暴雨强度公式、径流系数等基础参数;针对缺乏实测数据的区域,采用邻近流域类比法结合暴雨推理公式进行初步计算,再通过HEC-HMS水文模型对不同重现期的洪水过程进行推演,最终确定符合区域实际的设计洪水参数。例如在北方季节性河道设计中,需重点考虑融雪径流与暴雨径流的叠加效应,避免因参数遗漏导致设计缺陷。(2)径流调节与水资源供需平衡分析。河道设计需兼顾行洪安全与水资源利用需求,通过径流调节分析明确河道生态基流、灌溉用水、景观用水等不同用水需求的水量分配方案。采用水量平衡方程结合MIKE11水文水力模型,模拟不同水文年(丰水年、平水年、枯水年)的河道径流过程,确定最小生态基流阈值,确保河道基本生态功能的同时,保障周边生产生活用水。同时,结合河道沿线水利工程(如水库、闸坝)的调控能力,优化径流调度方案,使护岸设计能够适配不同径流条件下的河道水位变化,避免因水位波动过大导致护岸冲刷或干涸破坏。(3)河道水流形态数值模拟。水流形态直接影响护岸的冲刷程度、河道泥沙淤积分布,需通过数值模拟精准预判河道内流速、水深、剪切力等水力参数的空间分布。采用RNGk- ϵ 湍流模型结合MIKE21平面二维水力模型,对河道现状及设计方案下的水流形态进行模拟,重点关注弯道处、护岸转折处、桥涵附近等关键区域的水流特性。针对模拟发现的局部流速过大、涡流冲刷等问题,提前在设计中采取增设消能结构、优化护岸线型等措施,降低水流对护岸的破坏风险,保障护岸结构长期稳定。

3.2 适配水文特征的河道断面优化设计技术

河道断面是河道行洪、输水的核心载体,该技术要避免单一断面形式套用,坚持“一河一策”的设计原则,结合实际条件选择最优方案。(1)断面形式适配选型。根据河道所在区域的地形地貌、水文特征及功能定位,常见的优化断面形式包括梯形断面、矩形断面、复式断面及不规则自然断面四类。平原地区地势平坦、行洪需求突出,优先采用复式断面,其主槽用于宣泄洪水,滩地可兼顾生态缓冲与临时行洪,同时降低护岸高

度,减少工程投资;山区河道坡度较大、水流流速快,宜采用梯形断面,通过增大边坡比降低水流冲刷,同时便于山体汇水快速宣泄;城市河道受用地限制,可采用矩形或半矩形断面,结合挡墙结构提升土地利用效率;乡村河道则可采用不规则自然断面,适配原有河道形态,减少对周边地形的破坏。例如在某平原河道优化设计中,将原有单一梯形断面改为“主槽+双侧滩地”的复式断面,行洪能力提升30%以上,同时降低了护岸工程量。(2)断面尺寸精准确定。断面尺寸需基于前文水文计算结果,结合河道行洪能力校核公式进行确定,核心参数包括河道底宽、水深、边坡比及护岸高度。首先根据设计洪峰流量,采用曼宁公式计算河道过流能力,初步确定底宽与水深的合理比例;再结合边坡稳定分析,确定适宜的边坡比;护岸高度则需在设计洪水位基础上,预留0.5-1.0m的安全超高,避免洪水漫溢破坏护岸。同时要考虑河道泥沙淤积特性,预留10%-20%的断面富余尺寸,延长河道维护周期。(3)河道线型平滑衔接。线型设计需遵循“顺势而为”的原则,减少人工裁弯取直,避免因线型突变导致水流紊乱。对于原有弯曲河道,若不影响行洪安全,可保留自然弯道,仅对弯道凹岸进行防护加固;若需裁弯取直,需保证新航线的曲率半径不小于5倍河道底宽,确保水流顺畅。河道上下游、左右岸的线型需平滑衔接,桥涵、闸坝等构筑物的进出口需设置渐变段,渐变长度不小于3-5倍的断面最大尺寸,降低水流水头损失与局部冲刷风险^[3]。

3.3 兼顾稳定与适配性的护岸材料选型技术

护岸材料是保障护岸结构稳定的核心要素,设计中要根据河道水流特性、地质条件、工程造价及周边景观需求,科学选择护岸材料及组合形式,提升护岸结构的综合性能。(1)护岸材料分类及适配场景。根据材料特性及应用场景,护岸材料可分为刚性材料、半刚性材料及柔性材料三类。刚性材料包括混凝土、浆砌石、干砌石等,具有强度高、抗冲刷能力强、耐久性好的优势,适用于山区流速大、冲刷严重的河道,或城市河道等用地紧张区域;半刚性材料包括生态混凝土、连锁块、格宾网等,兼具刚性材料的稳定性与一定的生态通透性,适用于平原行洪河道、乡村河道等对生态有一定要求的区域;柔性材料包括土工织物、植物护岸等,生态效果好,但强度较低,仅适用于流速较小、冲刷轻微的河道支流或生态缓冲带。例如在某山区河道设计中,采用浆砌石挡墙结合混凝土压顶的刚性护岸形式,成功抵御了30年一遇洪水的冲刷,结构稳定性良好。(2)材料选型的核心原则。一是安全性原则,优先保证材料的强度、

抗冲刷能力及耐久性,需通过材料力学性能试验、抗冲刷试验验证材料适用性,确保在设计洪水条件下不发生破坏;二是经济性原则,结合工程造价合理选择材料,避免过度追求高端材料导致投资浪费,可采用“核心区域用刚性材料、次要区域用半刚性材料”的组合方式控制成本;三是适配性原则,材料外观、质感需与周边环境协调,城市河道可选择仿石材混凝土、彩色连锁块等美观性较好的材料,乡村河道则可采用当地石材、生态混凝土等本土化材料,提升与周边环境的融合度;四是维护便捷性原则,选择施工简单、后期维护成本低的材料,降低河道长期管护压力。(3)材料组合优化设计。单一材料往往难以满足复杂河道条件的需求,实际设计中需采用材料组合形式提升护岸性能。例如在流速较大的河道主槽段,采用“混凝土挡墙+格宾网护底”的组合形式,挡墙保障结构稳定,格宾网护底减少水流对河底的冲刷;在河道滩地段,采用“生态混凝土+植被种植”的组合形式,生态混凝土提供结构支撑,植被提升生态缓冲能力;在弯道凹岸等冲刷严重区域,采用“浆砌石加固+消能齿坎”的组合形式,通过消能齿坎降低水流流速,减少对护岸的冲刷破坏。

3.4 基于区域协同的河道与生态适配设计技术

生态适配设计作为辅助技术,设计中需聚焦河道与周边植被、水文连通、生物栖息地的适配性,在保障河道核心功能的前提下,融入适度生态优化措施,提升区域生态系统的完整性。(1)河道与周边植被系统的适配。植被选择需以乡土物种为主,避免引入外来入侵物种,根据河道不同区域的水文条件选择适宜的植被类型:河道水位变动区可选择芦苇、菖蒲等耐淹植物,起到缓冲水流、减少冲刷的作用;滩地区可选择狗牙根、结缕草等草本植物,结合乔木、灌木形成复合植被带,提升生态缓冲能力;护岸顶部可选择乡土乔木,起到固土、遮阳的作用,改善周边生态环境。植被种植需避免影响护岸结构稳定,距离护岸基础的距离不小于1.5m,防止根系破坏护岸结构。(2)河道与区域水文连通的适

配。河道改造需保障区域水文连通性,避免切断地下水与地表水的交换通道。设计中需保留河道原有支流、坑塘等水文节点,通过生态沟渠、涵洞等设施实现河道与周边水体的连通,提升水资源循环利用效率;在护岸设计中,可在滩地设置渗透孔、透水铺装等,增强地表水入渗能力,补充地下水。同时避免在河道内设置永久性挡水设施,确需设置闸坝时,需预留鱼类洄游通道,保障水生生物的正常迁徙。(3)河道与生物栖息地的适度适配。在不影响河道行洪安全的前提下,可在河道局部区域设置简易生物栖息地,如乱石堆、人工鱼巢等,为水生生物、两栖动物提供生存空间;在植被种植时,预留一定的开阔水域,保障水生植物的光合作用,提升水体自净能力。需注意的是,生物栖息地设计以“适度补充”为主,不可过度改造河道断面,避免影响行洪能力。例如在某乡村河道设计中,在滩地设置乱石堆及人工鱼巢,同时种植乡土耐淹植被,既保障了行洪安全,又提升了河道的生物多样性,实现了河道功能与生态效益的平衡^[4]。

结束语:本文系统完成了河道生态护岸优化设计的相关研究,明确了生态护岸的内涵特征、核心功能及优化设计原则目标,深入阐述了水文精准计算、断面优化、材料选型及区域生态适配四大关键技术。研究表明,生态护岸优化设计要坚守安全与生态协同理念,通过科学技术手段实现岸线功能提升与生态保护的平衡。

参考文献

- [1]田小燕.河道堤防治理工程中生态护岸技术运用研究[J].水上安全,2025(7):69-71.
- [2]刘红刚.河道护岸结构设计与材料选择研究[J].全面腐蚀控制,2025,39(8):172-174.
- [3]任颖.生态护岸技术在河流生态修复中的选型与优化设计[J].中国高新科技,2025(10):155-157.
- [4]刘子源.河道生态护岸优化设计研究[J].地下水,2021,43(1):224-225.