

水利工程施工中河道生态护坡技术的应用研究

曾令志 王笙

洪湖市水利水电建筑安装工程有限公司

DOI:10.12238/hwr.v9i5.6331

[摘要] 河道生态护坡技术的应用作为水利工程施工中的重要组成部分,通过融合生态修复与工程防护功能,有效解决了传统护坡技术对生态环境的破坏问题。本文从生态护坡的必要性出发,系统分析其技术原理与关键施工环节,结合水利工程实际需求,提出针对性的应用策略。研究表明,生态护坡技术不仅能提升岸坡稳定性、减少水土流失,还能通过材料选择与结构设计实现环境友好性,为水利工程的可持续发展提供了科学依据。

[关键词] 生态护坡; 水利工程; 水土保持; 岸坡稳定性; 生态修复

中图分类号: TV5 **文献标识码:** A

Study on Application of Ecological Slope Protection Technology in Water Conservancy Project Construction

Lingzhi Zeng Sheng Wang

Honghu Water Conservancy and Hydropower Construction and Installation Engineering Co., Ltd

[Abstract] As an important part of water conservancy engineering, river ecological slope protection technology effectively solves the problem of damage to the ecological environment by integrating ecological restoration and engineering protection functions. Starting from the necessity of ecological slope protection, this paper systematically analyzes its technical principles and key construction links, and puts forward targeted application strategies based on the actual needs of water conservancy projects. The results show that ecological slope protection technology can not only improve the stability of bank slope and reduce soil erosion, but also achieve environmental friendliness through material selection and structural design, which provides a scientific basis for the sustainable development of water conservancy projects.

[Key words] ecological slope protection; Hydraulic engineering; Soil conservation; bank slope stability; Ecological restoration

引言

河道作为水资源调配与防洪减灾的核心载体,其岸坡稳定性直接影响水利工程的整体效能。传统护坡技术多采用混凝土或浆砌石结构,虽具备高强度,但其刚性特征导致生态功能缺失,破坏河道与周边环境的自然联系。随着生态理念的深化,生态护坡技术逐渐成为水利工程的主流选择。该技术通过材料创新与结构优化,实现了岸坡防护与生态恢复的双重目标。本文旨在探讨生态护坡技术在水利工程施工中的应用路径,为提升工程综合效益提供理论支持。

1 生态护坡的必要性分析

1.1 有利于保护生态环境

传统刚性护坡因阻断水土交换,导致河道生物栖息地丧失、植被覆盖率下降,进而引发局部生态失衡。生态护坡通过选用透水材料与植被覆盖,为微生物、水生植物及小型动物提供生存空

间,促进河道与陆地生态系统的物质循环。例如,雷诺护垫技术通过填充天然石块形成多孔结构,既增强抗冲刷能力,又为水生植物根系提供附着条件,从而维持生物多样性。

1.2 有利于提高岸坡稳定性

岸坡稳定性受水力冲刷、土壤侵蚀及地质条件影响显著。生态护坡通过复合结构设计,将工程材料与植被根系系统结合,形成多层防护体系。例如,植被型混凝土护坡利用多孔混凝土为基体,配合植物根系网络,既提升坡面抗剪强度,又通过植物蒸腾作用降低土壤含水量,减少滑坡风险。

1.3 有利于避免水土流失问题

河道水流的持续冲刷易导致岸坡土体流失,传统硬质护坡虽能短期抑制侵蚀,但长期使用易产生结构开裂或局部冲刷。生态护坡通过植被覆盖与透水材料的结合,减缓水流速度,增强土壤颗粒间的粘结力。例如,三维植被网技术通过网格固定土壤,

配合草本植物生长,形成“植物-网材”复合层,显著降低表层土流失量。

1.4有利于延长工程寿命

传统护坡材料易受冻融、化学腐蚀或生物破坏,导致维护成本高昂。生态护坡通过材料耐久性设计与自然修复机制,延长工程寿命。例如,铰接式混凝土砌块采用抗冻混凝土配方,并通过模块化设计实现局部损坏的快速更换,减少整体结构失效风险。

2 河道生态护坡施工技术原理及关键环节

2.1河道生态护坡施工技术原理

2.1.1有效应用生态护坡材料

生态护坡材料的性能需同时满足力学承载与生态功能需求。材料选择需基于河道水力荷载、土壤特性及植被生长条件进行系统性分析。多孔结构材料如生态混凝土通过掺入火山灰或有机纤维形成孔隙网络,既维持材料抗压强度,又为植物根系提供水分存储与养分传输通道。其孔隙率与连通性需通过实验确定,确保在满足抗冲刷能力的同时,避免因孔隙过大导致结构整体性下降。土工材料如非织造土工布通过孔径分级设计,实现过滤与反滤功能,其渗透系数需与地基排水要求匹配,防止土壤颗粒流失的同时保障透气性。材料耐久性需考虑环境因素,如抗冻融、抗腐蚀及抗生物降解性能,通过化学成分调控与表面处理技术提升长期稳定性。材料与植被的协同作用是生态护坡效能的核心,需通过根系-材料界面的力学与生态耦合作用分析,优化材料孔隙分布与表面粗糙度。

2.1.2通过生态护坡结构设计保障护坡效果

结构设计需基于河道水文条件与地质特征构建多层防护体系。高流速区域的复合结构由重力式挡土墙与植被层组成,挡土墙通过自重与基底摩擦力抵抗水流冲击,植被层则通过根系网络与表层覆盖降低剩余流速。结构断面尺寸需根据设计流速与土压力计算确定,挡土墙背面需设置排水孔以平衡内外水压。缓坡区域采用植生袋与坡面缓坡结合的结构,植生袋通过袋内土壤与植物根系形成抗剪网络,其层间连接需保证整体稳定性。结构设计需考虑能量消减层级,如阶梯式坡面通过逐级降低流速,减少直接冲击力。各层材料的力学特性需互补,如刚性材料承担主要荷载,柔性材料适应变形需求。结构设计还需与生态功能结合,如预留动物迁徙通道或设置生态凹槽,促进生物多样性恢复。

2.1.3通过合理运用施工工艺保障护坡效果

施工工艺是材料效能与结构功能实现的关键环节。雷诺护垫施工需分层填充石块并分层压实,每层厚度与填充密度需通过试验确定,确保结构密实度与抗冲刷能力。植被混凝土浇筑需控制水灰比与养护周期,过高的水灰比导致干缩裂缝,过低则影响植物成活率。坡面预处理包括清除腐殖层与松散颗粒,通过机械平整与夯实形成均匀基底,其压实度需达到设计标准以确保材料与地基的结合强度。施工顺序需遵循分段实施原则,如先处理坡脚再逐层向上施工,避免施工荷载对已完成区域的破坏。工艺参数需标准化,如土工材料铺设的张力、植被层播种密度等,

通过施工流程优化减少人为误差。后期养护工艺需与材料特性匹配,如保湿覆盖与定期灌溉,确保植被根系与结构材料的协同生长。施工工艺的科学性直接影响护坡系统的长期稳定性与生态恢复效果。

2.2河道生态护坡施工关键环节

2.2.1基础处理

河道生态护坡的基础处理是保障整体结构稳定性的基础环节。地基承载力不足可能导致护坡沉降或滑移,需通过地质勘探确定地基类型与力学参数。对于软土层区域,需采用换填或加固措施提升承载能力。换填砂砾层通过颗粒级配优化,形成排水与承载复合功能层,其厚度与密实度需根据地基沉降量计算确定。CFG桩加固技术通过桩体与桩间土共同作用,增强复合地基刚度,适用于深厚软土或液化土层。施工中需控制桩体垂直度与成桩工艺参数,确保桩土应力有效传递。此外,基础处理需结合岸坡抗滑稳定性分析,通过锚固或预压措施平衡土体滑动力。地基处理需形成连续承载面,避免局部薄弱点导致结构失稳,其效果需通过静载试验或触探检测验证。

2.2.2坡面覆盖

坡面覆盖是实现生态护坡功能的核心环节,需综合考虑材料特性与植被生长需求。三维植被网通过网格结构约束土壤颗粒,其孔隙率与抗拉强度需与坡面水力荷载匹配。土工布过滤层设置于坡面底部,通过孔径分级控制水流渗透与颗粒流失,需根据土壤粒径与设计渗透系数选择材料参数。植被层需选择适应性植物群落,其根系深度与抗冲刷能力需与坡度及水流速度匹配。对于陡坡区域,生态袋分层铺设形成阶梯结构,每层袋体通过连接件固定,逐层堆叠形成抗剪体系。袋内填充物需具备保水与透气性,其容重与渗透系数需通过试验确定。坡面覆盖需形成多层防护体系,表层植被消减流速,中层材料过滤泥沙,底层结构承载荷载,各层协同作用提升整体防护效能。

2.2.3坡脚防护

坡脚区域受水流直接冲击易发生局部侵蚀,需通过结构设计分散能量并增强抗冲能力。石笼防护利用蜂窝结构形成柔性消能体系,填充石块粒径需根据设计流速计算,确保空隙率与抗冲强度平衡。混凝土齿墙通过齿状结构嵌入地基,其断面尺寸与齿距需结合地基承载力与抗滑稳定性确定。消力池与导流槽通过几何形态改变水流路径,消力池深度与宽度需满足能量耗散要求,导流槽坡度与转弯半径需控制水流速度与方向。铰接式混凝土砌块在坡脚处采用锯齿状排列,通过块体间错位接触形成分流通道,分散集中冲击力。防护结构需与岸坡整体刚度匹配,避免局部刚度过高引发应力集中。

2.2.4生态修复

生态修复是护坡系统与自然环境融合的关键环节,需通过植被恢复与监测实现生态功能的动态平衡。植被选择需遵循乡土物种优先原则,其根系形态与生长周期需与土壤特性及水文条件协调。耐旱灌木与草本植物形成多层次覆盖,根系网络增强土壤抗剪强度,同时通过蒸腾作用调节土壤湿度。监测系统需设

置土壤温湿度、植被覆盖度与侵蚀量等参数监测点,数据采集频率需与生长周期匹配。养护方案需根据监测结果动态调整,如在植被初期生长阶段增加灌溉频率,成熟期则减少人为干预。生态修复需形成自我维持机制,通过植被演替与土壤改良逐步恢复生物多样性,最终实现护坡结构与自然系统的协同稳定。

3 水利工程施工中河道生态护坡技术应用策略

3.1 把握关键技术,保障施工效果

河道生态护坡技术的核心在于材料与工艺的精准匹配。材料选择需综合考虑地质条件、水文环境及生态功能需求。抗腐蚀性材料在酸性或盐渍化土壤区域尤为重要,其化学稳定性直接影响结构耐久性。例如,镀锌钢丝网通过表面处理形成保护层,可有效抑制金属氧化,延长使用寿命。植被混凝土的配比需根据当地气候调整,黏土含量与有机质比例需平衡保水性及透水性,避免因水灰比失调导致开裂或强度不足。土工材料的铺设张力需通过实验确定,过大的张力可能引发材料撕裂,过小则无法形成有效约束。施工工艺参数的控制需建立标准化流程,如植被层的压实度、孔隙率及种子附着率均需符合设计要求。此外,坡面预处理阶段需清除表层腐殖质与松散颗粒,确保基底与护坡材料的紧密结合。材料与工艺的协同作用是保障护坡结构稳定性和生态功能的关键,需通过系统性试验验证其适用性。

3.2 注重技术创新,提高施工水平

技术创新是提升生态护坡技术适应性的核心驱动力。智能监测系统通过传感器网络实时采集坡面位移、水位变化及土壤含水量数据,结合算法模型预测潜在风险,为养护决策提供科学依据。例如,分布式光纤传感技术可沿护坡布设,以毫米级精度监测结构形变,及时预警局部沉降或滑移。模块化施工技术通过预制生态混凝土块或植被模块,实现现场快速拼装,减少对河道自然水文过程的干扰。模块间采用铰接式连接,既保证整体稳定性,又便于局部损坏时的快速更换。此外,3D打印技术可定制异形护坡构件,适应复杂岸坡形态,降低传统模板施工的误差率。技术创新需与工程需求深度结合,优先选择低能耗、易维护的技术方案,避免过度依赖高成本设备。

3.3 加强技术监管,保障施工质量

施工质量监管需覆盖材料采购、现场施工及验收评估全流程。材料进场时,需通过实验室检测验证抗压强度、透水率及抗冻融性能,确保其符合设计标准。施工过程中,无人机航拍可获取坡面宏观影像,结合人工定点检查,识别覆盖层空鼓、植被覆盖率不足或材料铺设不均等问题。例如,植被混凝土的孔隙分布需均匀,可通过钻孔取样分析其内部结构。验收阶段采用标准化评分表,量化评估结构稳定性(如坡面平整度、接缝密实度)与生态指标(如植被存活率、土壤有机质含量)。监管体系需建

立责任追溯机制,明确各环节质量责任人,确保技术要求的严格执行。

3.4 关注后期维护,突出技术应用优势

生态护坡的长期效益依赖于科学的维护管理。维护策略需结合植被生长周期与水文条件,定期清理坡面杂物以保持透水孔畅通,防止堵塞引发积水或侵蚀。灌溉系统应根据季节调整供水频率,湿润气候区可减少灌溉频次,干旱区域则需增加保水措施。对于局部损坏区域,采用模块化修复技术,如更换受损的生态混凝土块或补种耐旱植被,避免大规模开挖破坏已形成的生态平衡。维护过程中需持续监测土壤理化性质与植被群落结构变化,通过数据积累优化养护方案。长期维护可凸显生态护坡技术的可持续性,减少重复施工成本,维持岸坡防护与生态功能的协同效应。

4 结语

河道生态护坡技术通过材料创新、结构优化与施工工艺改进,在水利工程中实现了环境友好与工程效能的统一。其核心价值在于平衡岸坡防护与生态修复需求,为河道系统提供长期稳定的支持。本文提出的施工策略与技术要点,为实际工程提供了可操作的参考框架,未来需进一步结合区域差异深化技术适配性研究。

[参考文献]

- [1]杨韬.河道治理工作中生态护坡的实践应用[J].水利技术监督,2024(3):282-284,288,295.
- [2]赵佳作.水利工程中的河道生态护坡施工技术研究[J].云南水力发电,2024,40(2):126-129.
- [3]朱传庆,张丽娟.水利工程河道生态护坡施工要点[J].水上安全,2024(1):70-72.
- [4]高明军.水利工程中河道生态护坡施工技术[J].国际援助,2023(13):103-105.
- [5]韦敬民.浅析河道生态护坡施工技术在水利工程中的应用[J].黑龙江水利科技,2023,51(10):131-133.
- [6]刘方.河道整治工程中的生态护坡施工技术[J].珠江水运,2023(9):41-43.
- [7]徐广义.水利工程中的河道生态护坡施工技术应用要点分析[C]//新技术与新方法学术研讨会论文集,2024:1-4.

作者简介:

曾令志(1982--),男,湖北洪湖人,大学本科,助理工程师,从事工作:水利水电施工项目管理。

王笙(1992--),男,湖北洪湖人,大学本科,助理工程师,从事工作:水利水电施工项目管理。