

水利工程中的河道生态护坡施工技术研究

刘晓亮 何承香

湖北省水利水电规划勘测设计院有限公司

DOI:10.12238/eep.v8i6.2737

[摘要] 随着生态文明建设的不断推进,传统硬质护坡在防洪安全与生态可持续性之间的矛盾日益凸显。河道生态护坡作为现代水利工程中兼顾防洪安全与生态修复的重要技术手段,逐渐成为河道治理的核心方向。本文系统阐述了河道生态护坡的基本概念与核心功能,深入分析其在防止水土流失、改善生态环境、增强防洪能力及美化自然景观等方面的作用。在此基础上,重点探讨了生态混凝土护坡、自然原型施工、土工固土、三维植被网以及厚层基材喷涂等关键技术的施工要点与工程适应性。通过多维度技术对比与实践案例分析,提出生态护坡应遵循因地制宜、系统集成与动态维护的原则,实现工程安全与生态功能的深度融合。研究成果为水利工程中生态护坡的科学设计与高效施工提供了理论支持与实践参考。

[关键词] 河道治理; 生态护坡; 水土保持; 生态修复; 施工技术; 植被恢复

中图分类号: TV52 **文献标识码:** A

Research on the Construction Technology of River Ecological Slope Protection in Water Conservancy Engineering

Xiaoliang Liu Chengxiang He

Hubei Provincial Water Resources and Hydropower Planning Survey and Design Institute Co., Ltd

[Abstract] With the continuous promotion of ecological civilization construction, the contradiction between traditional hard slope protection and flood control safety and ecological sustainability is becoming increasingly prominent. As an important technical means in modern water conservancy engineering that balances flood control safety and ecological restoration, river ecological slope protection has gradually become the core direction of river governance. This article systematically elaborates on the basic concepts and core functions of river ecological slope protection, and deeply analyzes its comprehensive benefits in preventing soil erosion, improving the ecological environment, enhancing flood control capabilities, and beautifying natural landscapes. On this basis, the construction points and engineering adaptability of key technologies such as ecological concrete slope protection, natural prototype construction, geotechnical soil stabilization, three-dimensional vegetation network, and thick substrate spraying were discussed in detail. Through multidimensional technology comparison and practical case analysis, it is proposed that ecological slope protection should follow the principles of adapting to local conditions, system integration, and dynamic maintenance, to achieve a deep integration of engineering safety and ecological functions. The research results provide theoretical support and practical reference for the scientific design and efficient construction of ecological slope protection in hydraulic engineering.

[Key words] River management; Ecological slope protection; water and soil conservation; Ecological restoration; Construction technology; vegetation restoration

引言

河道生态护坡是一种以生态学原理为基础,融合水利工程学、土壤学、植物学等多学科知识,通过人工构建具有自我调节与修复能力的近自然护坡系统,以实现水土保持、生态恢复与景观美化等多重目标的技术体系。与传统以混凝土、浆砌石等刚

性材料为主的护坡方式不同,生态护坡强调“以柔克刚”的治理理念,注重利用植物根系、天然材料及生态工法来增强边坡稳定性,同时促进生物多样性与生态系统功能的恢复。

生态护坡的发展源于对传统工程化治理模式局限性的反思。长期以来,河道整治多以“防洪优先”为导向,大量采用硬

质护岸,虽然短期内提升了防洪能力,但其对河流自然形态的破坏、水陆生态廊道的割裂以及水体自净能力的削弱等问题日益突出。生态护坡正是在这一背景下应运而生,其核心在于恢复河流的“生命性”,即通过模拟自然河岸结构,重建水—土—植物—生物之间的良性互动关系。这种互动不仅体现在物理结构的稳定性上,更体现在生态系统服务功能的持续供给上。

从结构形式来看,生态护坡可分为植被型、材料型与复合型三大类。植被型护坡以草本、灌木等植物为主体,依靠根系固土与茎叶减蚀;材料型护坡则借助土工合成材料、生态混凝土等人工材料提供初期稳定性;复合型护坡则是两者的有机结合,通过材料与植物的协同作用,实现长期生态效益与短期工程安全的统一。

1 河道生态护坡的作用

1.1 防止水土流失

水土流失是河道岸坡面临的主要地质灾害之一,尤其在降雨集中、坡度较陡或土壤结构松散的区域,水流冲刷极易导致岸坡崩塌、泥沙入河,进而加剧河道淤积与水质恶化。生态护坡通过多层次的物理与生物机制有效遏制水土流失。首先,植被的地上部分能够显著降低雨滴对地表的直接冲击力,减缓地表径流速度;其次,植物根系在土壤中形成纵横交错的网络结构,增强了土壤的抗剪强度与整体稳定性,使土体在水流冲刷下不易发生滑移或剥离。研究表明,根系密度每增加10%,土壤抗冲刷能力可提升15%以上。

此外,生态护坡中的有机质积累与微生物活动也有助于改善土壤结构。植物凋落物在分解过程中形成腐殖质,提高了土壤的团聚性与持水能力,从而进一步降低了侵蚀风险。

1.2 改善生态环境

生态护坡的本质是生态系统的重建过程。通过引入适宜的乡土植物群落,生态护坡为水生与陆生生物提供了栖息、觅食与繁殖的微生物境,显著提升了河道生态系统的生物多样性。例如,挺水植物如芦苇、香蒲等不仅能够净化水质,其密集的茎秆结构还为鱼类、两栖类提供了庇护空间;而岸坡上的灌木与草本植物则吸引了昆虫、鸟类等陆生动物,形成完整的食物链网络。

更为重要的是,生态护坡促进了水陆生态系统的物质与能量交换。植物根系通过泌氧作用改善了根际微环境,增强了微生物对有机污染物的降解能力;同时,植物吸收水体中的氮、磷等营养盐,有效缓解了富营养化问题。在一些城市河道治理项目中,生态护坡的应用使水体透明度提升了30%以上,底栖生物密度增加近一倍。这种生态服务功能的提升,不仅改善了局部环境质量,也为城市居民提供了更优质的生态福祉。

1.3 增强防洪能力

尽管生态护坡以“柔性”著称,但其防洪能力并不逊于传统硬质护坡。关键在于其“动态稳定”机制。在洪水期间,生态护坡通过植被的柔性结构吸收和分散水流冲击能量,减少对岸坡的直接冲刷。同时,植被覆盖降低了地表糙率,有助于调节水流速度,防止局部冲刷坑的形成。对于复合型护坡,如土工格室与

植被结合的结构,其初期由人工材料提供支撑,后期则由植物根系与土壤共同承担荷载,形成“材料—植物—土壤”三位一体的稳定体系。

值得注意的是,生态护坡的防洪效益具有时间累积性。随着植物生长与根系扩展,护坡的抗冲刷能力逐年增强,而传统护坡则可能因材料老化、接缝开裂等问题导致性能衰减。此外,生态护坡还能通过截留雨水、增加下渗等方式,调节流域水文过程,间接降低洪峰流量。在一些中小流域治理中,生态护坡的应用使洪水峰值削减了10%~15%,显示出良好的流域尺度防洪潜力。

1.4 美化自然景观

在城市化进程加快的背景下,河道不仅是防洪排涝的工程通道,更是市民休闲游憩的重要公共空间。生态护坡以其自然、亲和的外观,有效提升了河道的景观价值。与冷硬的混凝土护岸相比,生态护坡呈现出四季变化的植物色彩与纹理,营造出“虽由人作,宛自天开”的自然意境。春季新绿萌发,夏季绿意盎然,秋季层林尽染,冬季枝干疏朗,形成了动态的景观序列。

此外,生态护坡的设计还可融入地域文化元素,如选用具有乡土特色的植物品种,或结合地形塑造微地貌景观,增强场所的识别性与归属感。在一些滨水公园与绿道建设中,生态护坡与亲水平台、栈道、观景亭等设施有机结合,构建了多层次的滨水空间体验。这种“功能—生态—美学”三位一体的设计理念,使河道从“灰色基础设施”转变为“绿色生命线”,极大提升了城市人居环境品质。

2 河道生态护坡施工要点

生态护坡的成功实施不仅依赖于技术选择,更取决于施工过程的精细化管理。施工要点贯穿于设计、材料准备、现场作业与后期养护等各个环节,任何环节的疏漏都可能导致护坡功能失效。

首先,前期勘察与设计优化是施工的基础。河道生态护坡施工需对河道的水文特征、地质条件、土壤性质、植被现状及周边环境进行系统调查,明确护坡的主要功能需求(如防冲刷、固土、景观等),并据此选择适宜的技术类型与植物配置方案。设计中应充分考虑坡度、坡长、水流速度等参数,避免因设计不当导致后期冲刷或滑坡。

其次,材料选择与质量控制至关重要。生态护坡所用材料既包括植物种子、苗木等生物材料,也包括土工布、生态袋、混凝土骨料等非生物材料。植物材料应优先选用适应性强、根系发达、生长迅速的乡土物种,避免引入外来入侵种;非生物材料则需符合相关技术标准,如土工合成材料的抗拉强度、生态混凝土的孔隙率与抗压强度等。材料进场后应进行抽样检测,确保其性能满足设计要求。

第三,施工工艺的精准执行是保障工程质量的关键。不同技术对应的施工流程差异较大,但均需遵循“分层作业、均匀铺设、及时养护”的原则。例如,在植被种植环节,应根据植物生长习性确定播种密度与深度,避免过密导致竞争过强或过疏导致覆盖不足;在材料铺设环节,如三维植被网或土工格室的安装,需

确保其与坡面紧密贴合, 锚固牢固, 防止因水流冲刷导致位移或剥离。

最后, 后期养护与监测不可忽视。生态护坡的初期稳定性较弱, 需通过定期浇水、补植、病虫害防治等措施促进植被成活与生长。同时, 应建立长期监测机制, 跟踪护坡的稳定性、植被覆盖度、生物多样性等指标, 及时发现并处理潜在问题。养护期一般不少于一个生长季, 直至植被群落稳定、根系网络形成。

3 水利工程中河道生态护坡具体施工技术

3.1 生态混凝土护坡技术

生态混凝土护坡技术是在传统混凝土中引入多孔结构, 使其具备透水、透气、植被生长等功能的复合型护坡技术。其核心在于通过优化骨料级配与胶凝材料配比, 形成连通孔隙率在15%~30%之间的多孔基体。这种结构不仅允许水分与空气自由交换, 还为植物根系提供了生长空间。施工时, 通常采用现场浇筑或预制安装的方式。现场浇筑适用于坡度较缓、地形复杂的区域, 可实现与原坡面的无缝衔接; 预制安装则适用于标准化程度高的河段, 施工效率高, 质量可控。

生态混凝土的植被化可通过“预植法”或“后植法”实现。预植法是在混凝土浇筑前将植物种子或幼苗植入孔隙中, 待混凝土硬化后直接生长; 后植法则是待混凝土结构稳定后, 通过人工播种或喷播方式引入植物。前者成活率较高, 但施工难度大; 后者灵活性强, 但需额外养护。在实际工程中, 常结合厚层基材喷涂技术, 先在混凝土表面喷射富含有机质的基材, 再进行植被恢复, 显著提高了植物定植成功率。

3.2 自然原型施工技术

自然原型施工技术强调最大限度地保留与利用原有自然要素, 如天然植被、石块、枯木等, 通过最小干预实现生态修复。该技术适用于生态本底较好、人为干扰较少的河段。施工过程中, 首先对现有植被进行评估, 保留具有固土能力的乔灌木, 清除入侵物种与病弱植株; 其次, 利用河道清理出的石块或木材构建护脚结构, 既增强抗冲刷能力, 又为水生生物提供栖息地; 最后, 通过补植乡土植物, 完善植被群落结构。

该技术的优势在于生态演替过程自然, 生物多样性恢复快, 且维护成本低。但其适用范围受限, 通常需与其他技术结合使用。例如, 在坡脚易冲刷区域采用石笼或木桩加固, 上部坡面则采用自然植被恢复, 形成“刚柔并济”的复合护坡体系。

3.3 土工固土施工技术

土工固土技术利用土工合成材料(如土工格室、土工网、生态袋等)对松散土壤进行约束与加固, 为植被生长提供稳定基质。土工格室是一种蜂窝状三维结构, 铺设后填充种植土, 可有效分散荷载, 防止坡面浅层滑动; 生态袋则是一种可降解的织物袋, 内装营养土与种子, 逐层堆叠后形成柔性挡墙, 兼具防护与绿化功能。

施工时, 需确保土工材料与坡面充分接触, 锚固钉间距合理, 防止鼓胀或滑移。填充材料应选用肥沃、透水性好的土壤, 避免使用建筑垃圾或重粘土。该技术特别适用于高陡边坡或土壤贫瘠区

域, 其初期防护效果显著, 后期随植物生长逐渐转化为生态护坡。

3.4 三维植被网施工技术

三维植被网由聚乙烯或聚丙烯等高分子材料制成, 呈网状立体结构, 铺设于坡面后可有效固定表土, 防止雨水冲刷。其施工流程包括坡面清理、网材铺设、锚固、覆土与播种。网材应自上而下铺设, 搭接宽度不小于10cm, 锚钉间距一般为50~80cm。覆土厚度以覆盖网材为宜, 过厚会影响种子出苗, 过薄则无法提供足够养分。

三维植被网的优势在于施工简便、成本低廉, 尤其适用于短期快速绿化项目。但其耐久性有限, 一般为3~5年, 长期稳定性依赖于植被根系的替代作用。因此, 需选择生长迅速、根系穿透力强的植物品种, 确保在网材降解前形成稳定的植被层。

3.5 厚层基材喷涂施工技术

厚层基材喷涂技术是将由种植土、有机质、保水剂、粘结剂、植物种子等组成的混合基材, 通过专用设备高压喷射到岩石或混凝土坡面上, 形成厚度10~20cm的稳定生长层。该技术适用于陡峭、裸露的硬质边坡, 可快速实现植被覆盖。基材配比需根据坡面材质、气候条件与植物需求进行优化, 确保其具有良好的附着力、保水性及养分供给能力。

喷播后需及时覆盖无纺布, 防止雨水冲刷与种子流失, 并加强水分管理, 直至植被出苗稳定。该技术施工效率高, 植被均匀度好, 但设备投入较大, 且对基材材料质量要求高, 需严格控制粘结剂用量, 避免影响土壤透气性。

4 结束语

河道生态护坡作为现代水利工程中融合生态理念与工程技术的重要实践, 不仅有效解决了传统护坡带来的生态退化问题, 更在水土保持、环境改善、防洪安全与景观提升等方面展现出显著的综合效益。通过生态混凝土、自然原型、土工固土、三维植被网与厚层基材喷涂等多种技术的科学应用, 实现了护坡结构从“刚性封闭”向“柔性开放”的转变, 推动了河流生态系统的自我修复与可持续发展。施工过程中, 前期勘察、材料选择、工艺执行与后期养护的系统化管理, 确保了生态护坡功能的长期稳定。实践表明, 生态护坡不仅是技术手段的革新, 更是治水理念的升华, 为实现人水和谐提供了切实可行的路径。

[参考文献]

- [1]王德华.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,2024,52(8):111-112,163.
- [2]井翔翔.水利工程中的河道生态护坡施工技术应用研究[J].工程技术研究,2024,9(13):87-89.
- [3]孙炳阔.水利工程河道生态护坡施工技术应用研究[J].工程技术研究,2024,9(8):69-71.
- [4]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.

作者简介:

刘晓亮(1983--),男,武汉人,高级工程师,本科、研究方向或从事工作: 水利工程。