

# 生态护坡技术在河道整治工程中的设计与施工应用

马忠平

宁夏海原县树台乡人民政府 宁夏 中卫 755200

**摘要:** 生态文明建设理念深入,传统刚性河道护岸模式因割裂河流生态、致生物多样性下降,难满足新时代可持续发展需求。生态护坡技术融合工程安全与生态修复目标,正日益成为河道整治工程的核心方向。本文系统阐述了生态护坡技术的基本内涵、核心原理及其相较于传统护岸的优势;深入剖析了当前主流的植被型、土工材料复合型及多孔透水结构型三大类生态护坡技术体系,并对其适用条件、结构特点及生态功能进行了详细论述;在此基础上,重点探讨了生态护坡工程从前期调查、方案比选到详细设计的全过程设计方法,并提出了涵盖施工准备、关键工序控制、植物配置与养护等环节的精细化施工管理策略。研究表明,科学合理的应用生态护坡技术,能够有效实现河道“安全、生态、景观、亲水”的多重目标,为我国水生态文明建设提供坚实的技术支撑。

**关键词:** 生态护坡;河道整治;生态水利工程;设计方法;施工技术;生态修复

## 引言

河流是区域生态与经济命脉,但过去快速城市化与工业化中,我国大量河道被裁弯取直、硬化渠化,采用“三面光”传统治理模式。虽短期抵御了水流冲刷,却隔绝了水体与土壤交换,破坏河岸带生态功能,导致生物多样性锐减、河流自净能力退化,生态系统脆弱。21世纪以来,“两山”理念成国家发展方略,相关法律法规出台和“命运共同体”理念提出,对河流治理要求更高、更全面,目标转向综合性。在此背景下,生态护坡技术迅速发展,它尊重自然,构建复合型护岸体系,是工程技术革新与治水理念变革,代表从“对抗自然”到“和谐共生”的范式转移。系统研究其设计理论与施工实践,对指导我国河道生态修复意义重大。本文将梳理其体系构成,探讨关键环节,分析综合效益,为工程实践提供参考。

## 1 生态护坡技术概述

### 1.1 基本内涵与核心原理

生态护坡,是指在满足边坡(或河岸)稳定性、抗冲刷性等基本工程安全的前提下,遵循生态学、水文学、土壤学及景观美学等多学科原理,采用生态友好的材料、结

构和植物,构建一个具有生命力、能进行自我调节和修复的护岸系统<sup>[1]</sup>。其核心目标是重建或强化河岸带的生态功能,使其重新成为连接水域与陆域的活力纽带。生态护坡的核心原理主要体现在以下几个方面:(1)系统耦合原理:将工程结构系统与生态系统视为一个有机整体。工程结构(如格宾网、生态袋、多孔混凝土等)提供初期的力学支撑和抗冲刷能力,而植被系统则通过根系固土、茎叶消能等方式,在中长期发挥主导的防护作用,并逐步替代或强化工程结构的功能。(2)自组织与自修复原理:通过引入乡土植物群落,利用其强大的适应性和繁殖能力,使护坡系统能够随着时间的推移,自发地演替、优化,形成稳定的顶级群落。即使局部受损,也能依靠系统内部的生物过程进行一定程度的自我修复。(3)物质能量循环原理:多孔、透水的结构设计允许水、空气、养分和微生物在水-土-植物之间自由流通,重建了被传统硬质护岸切断的物质循环和能量流动路径,从而激活了河岸带的生态代谢功能。

### 1.2 与传统护岸技术的对比优势

相较于传统的刚性护岸,生态护坡技术展现出显著的综合优势:

表1:与传统护岸技术的对比

对比维度	传统刚性护岸	生态护坡
工程目标	单一防洪、抗冲刷	防洪安全+生态修复+景观营造
结构特性	封闭、不透水、刚性	开放、透水、柔性/半柔性
生态影响	隔绝水土交换,破坏栖息地,生物多样性低	促进水土交换,创造多样生境,提升生物多样性
环境效益	无自净能力,易形成热岛效应	具备水质净化、降温增湿、固碳释氧等功能
景观效果	单调、生硬、缺乏亲和力	自然、美观、富有季相变化,提升滨水空间品质
长期成本	初期投资高,后期维护简单但功能单一	初期投资可能略高,但长期维护成本低,综合效益高
社会价值	功能单一	提供休闲、教育、文化等多重社会服务功能

由表(1)可见,生态护坡不仅是一种技术选择,更是一种面向未来的、更具韧性和可持续性的治水哲学。

## 2 主要生态护坡技术类型及应用

### 2.1 植被型生态护坡

这是最接近自然状态的护坡形式,主要依靠植物的根、茎、叶来实现固土、防冲和生态功能。(1)三维植被网/植生带护坡:在坡面上铺设由聚丙烯等可降解材料制成的三维网垫,其内部空间可填充种植土并播种草籽。网垫能有效防止种子和土壤流失,为幼苗提供稳定的生长环境。适用于流速较低、冲刷较弱的缓坡河岸。(2)液压喷播植草护坡:将草籽、木纤维、粘合剂、保水剂、肥料等混合成泥浆,利用专用设备高压喷射到处理好的坡面上。该方法施工效率高,覆盖均匀,能快速形成植被覆盖层。常用于大面积、坡度适中的土质边坡。(3)生态混凝土植草护坡:在多孔混凝土(孔隙率15%-25%)的孔隙中填充改良的种植基材,并植入耐淹、耐旱的草本或小灌木。多孔混凝土骨架提供强度,植被提供生态功能。适用于需要较高抗冲刷能力的城市河道或重要堤段。

### 2.2 土工材料复合型生态护坡

这类技术将现代土工合成材料与植被有机结合,兼顾了工程强度与生态效益。(1)生态袋护坡:采用高分子聚合物制成的、具有透水不透土特性的生态袋,装填种植土后垒砌成挡墙或护面。袋体表面可直接喷播或插植植物。其柔性结构能适应一定的地基变形,施工简便快捷,广泛应用于各种河道岸线。(2)土工格室护坡:由高强度HDPE或PP焊接而成的蜂窝状三维网格,展开后填充种植土并植草。格室约束了土体的侧向位移,极大地提高了浅层土体的整体性和抗剪强度。特别适用于坡度较陡、土质松散的岸坡<sup>[2]</sup>。(3)加筋麦克垫护坡:将60-80mm厚的双绞合六边形钢丝石笼网(麦克垫)与土工格室或植被结合。麦克垫提供强大的抗冲刷能力和整体稳定性,其上覆土植草后形成生态表面。适用于水流湍急、冲刷严重的险工段。

### 2.3 多孔透水结构型生态护坡

这类技术通过构建具有大量孔隙或空腔的硬质结构,为水生生物提供栖息地,并促进水体交换。(1)格宾/雷诺护垫护坡:由镀锌或覆塑钢丝编织成的箱笼或扁平垫状结构,内部填充块石。其柔性、透水、整体性强的特点,使其能很好地适应地基沉降,水流可自由穿过,底部和缝隙成为鱼类、昆虫的理想庇护所。是目前应用最广泛的生态护岸形式之一。(2)鱼巢砖/生态砌块护坡:预制混凝土砌块被设计成带有规则孔洞或凹槽的特殊形状,砌筑后形成连续的多孔表面。这些孔洞既是植物的

生长空间,也是小型水生生物的“公寓”。其外观规整,兼具工程稳固性和生态美观性。(3)木桩-抛石-植被复合护岸:在近岸处打入木桩形成屏障,桩前抛填块石消能,桩后回填种植土并栽植湿生、水生植物。这是一种仿自然的护岸形式,能有效营造丰富的近岸生境,常用于生态修复要求高的河段。

在实际工程中,往往根据河道断面的不同高程(常水位以下、常水位至洪水位之间、洪水位以上)采用“下部硬、中部柔、上部绿”的复合式断面设计,即分区选用不同的护坡技术,以实现最优的综合效益。

## 3 生态护坡工程的设计方法

### 3.1 前期调查与评估

设计始于详尽的现场踏勘与资料收集,主要包括:(1)水文水动力分析:获取河道的历史洪水资料、设计洪水位、流速分布、冲淤规律等,这是确定护坡结构抗冲能力的基础。(2)工程地质与土壤调查:查明岸坡的土层结构、物理力学性质(如内摩擦角、粘聚力)、渗透系数及地下水位情况。(3)生态环境本底调查:记录现状的动植物种类(特别是乡土物种)、植被覆盖度、水体水质、底泥状况等,为生态修复目标的设定和植物选型提供依据<sup>[3]</sup>。(4)社会人文因素考量:了解河道周边的土地利用、交通状况、居民需求及历史文化背景,确保护岸设计能融入地方特色,满足公众亲水需求。

### 3.2 设计原则与目标体系构建

基于前期调查,确立清晰的设计原则和多层次目标体系:一是安全性原则:确保在设计洪水条件下,护坡结构整体稳定,不发生滑坡、崩塌或严重冲刷。二是生态优先原则:最大限度地保护和恢复河岸带的生态结构与功能,优先选用乡土物种和近自然工法。三是因地制宜原则:设计方案必须紧密结合场地的具体自然和社会条件,避免生搬硬套。四是经济合理性原则:在满足功能的前提下,优化方案,控制全生命周期成本。五是目标体系:明确工程需达成的具体指标,如防洪标准(如20年一遇)、植被覆盖率(>85%)、乡土植物比例(>90%)、水质改善目标(如COD降低X%)等。

### 3.3 技术方案比选与详细设计

方案比选方面,根据设计目标和约束条件,初步拟定2-3种可行的技术方案。通过建立评价指标体系(可包含技术可行性、生态效益、景观效果、工程造价、施工难度、后期维护等维度),采用层次分析法(AHP)或专家打分法进行综合比选,确定最优方案。详细结构设计方面包括:(1)稳定性验算:对选定的护坡结构进行抗滑、抗倾覆、整体圆弧滑动等稳定性计算,确保满足规

范要求。(2)抗冲刷设计:根据水流流速,校核护面材料的粒径、厚度或结构尺寸。例如,格宾网的网孔大小需与填充石料的粒径匹配,以防止石料被水流掏空。(3)排水设计:设置必要的排水管、盲沟或利用材料自身的透水性,及时排除坡体内的渗水,降低孔隙水压力,保证边坡稳定。(4)植物配置设计:这是生态设计的灵魂。需根据立地条件(光照、水分、土壤pH值等),构建乔、灌、草相结合的复层植物群落。常水位以下可选择沉水、浮叶植物;常水位至洪水位之间选择耐淹、根系发达的湿生植物(如芦苇、香蒲、蔺草);洪水位以上则可配置观赏性强的乡土灌木和地被。同时要考虑植物的季相变化,营造四季有景的滨水景观。

#### 4 生态护坡工程的施工关键技术

##### 4.1 施工准备

一是季节选择:植物种植应避开极端天气,最佳时间为春季(3-5月)或秋季(9-10月),此时温度、湿度适宜,有利于植物成活。二是材料检验:对所有进场的工程材料(如格宾网丝的抗拉强度、镀锌量;生态袋的透水性、抗老化性能;植物种子的发芽率、纯度)进行严格检验,杜绝不合格品入场。三是坡面整理:清除坡面上的杂物、树根、大块石等,对松散土体进行夯实或换填,确保坡面平整、密实,为后续施工提供良好基础。

##### 4.2 关键工序控制

(1)格宾/雷诺护垫施工:严格按照设计图纸进行组装、绑扎,相邻单元间必须用相同材质的钢丝牢固连接。填充石料应选用坚硬、不易风化的块石,粒径需符合设计要求,填充时应分层、密实,外露面应人工砌垒,保证美观。(2)生态袋/土工格室施工:生态袋填充土应选用肥沃的种植土,填充饱满度控制在70%-80%,以利袋体相互咬合。垒砌时应采用“品”字形错缝搭接,并用连接扣或锚杆加固。土工格室张拉应到位,固定桩(钉)的长度和间距需满足设计要求<sup>[4]</sup>。(3)植被建植施工:一是播种:播种前应施足基肥,播种后及时覆盖无纺布或稻草帘,防止雨水冲刷和鸟食,并保持土壤湿润。二是栽植:对于灌木和大型草本,应带土球移植,栽植深度适

宜,栽后立即浇透定根水。

##### 4.3 后期养护管理

生态护坡的成功,三分在建,七分在养。(1)水分管理:在植被成坪或成活前(通常为3-6个月),必须保证充足的水分供应,特别是在干旱季节,需建立灌溉系统进行定期浇水。(2)杂草与病虫害防治:及时清除入侵性强的杂草,以免与目标植物竞争。发现病虫害应优先采用生物或物理防治方法,慎用化学农药。(3)补植与修剪:对死亡或长势不良的植株应及时补植。对生长过盛的植物进行适度修剪,维持良好的景观效果和生态功能。(4)监测与评估:建立长期的监测机制,定期对护坡的结构稳定性、植被生长状况、水质变化、生物多样性等指标进行跟踪评估,为后续的维护和优化提供数据支持。

#### 5 结语

生态护坡技术是现代河道整治核心,代表人水和谐发展方向。本文系统论述其内涵等得出:生态护坡是集成多学科知识的复杂系统工程,成功实施依赖对场地条件的理解与多目标协调;无通用技术,需根据具体条件科学比选、灵活运用或创新组合;精细化施工管理与长期养护监测是关键,要改变传统思维,将养护成本纳入全生命周期考量。展望未来,生态护坡技术未来将朝智能化发展,利用物联网等实时监测预警;材料上不断创新,研发可降解、高强且具特定生态功能的新型复合材料;功能上进一步拓展,与海绵城市建设等宏大生态网络融合,在国土空间生态修复中发挥更重要角色。

#### 参考文献

- [1]陈泽云.河道整治项目中的生态护坡设计方案研究[J].水利科学与寒区工程,2024,7(11):54-57.
- [2]江野立.河道整治中的生态护坡技术的应用研究[J].皮革制作与环保科技,2021,2(06):94+96.
- [3]黎宇浩.综合生态护坡技术在河道岸坡整治中的应用[J].水利科学与寒区工程,2024,7(10):128-131.
- [4]刘方.河道整治工程中的生态护坡施工技术[J].珠江水运,2023,(09):41-43.