

# 河道整治工程生态护坡施工工艺优化应用

文会 黄巧玲 张建培

中科信德建设有限公司

DOI:10.32629/hwr.v10i2.6853

**[摘要]** 河道整治工程中生态护坡的施工质量直接影响边坡稳定性与河道生态功能的协同实现。针对传统护坡施工工艺在河道水位频繁变动、水流冲刷侵蚀等复杂环境下暴露出的工艺适配性不足问题,以某河道整治工程为依托,从坡面基础处理、护坡材料选配、植被种植、防渗排水结构及施工养护五个关键环节入手,对生态护坡施工工艺实施系统性优化。优化后的工艺体系在坡面稳定性、植被成活率及排水效能等核心指标上取得显著提升,为同类河道整治工程的生态护坡施工提供了可借鉴的工艺路径。

**[关键词]** 河道整治工程; 生态护坡; 施工工艺优化; 植被配置; 防渗排水

中图分类号: TV147 文献标识码: A

## Optimization of Ecological Slope Protection Construction Technology in River Channel Rehabilitation Projects

Hui Wen Qiaoling Huang Jianpei Zhang

Zhongke Xinde Construction Co., Ltd.

**[Abstract]** The construction quality of ecological slope protection in river channel rehabilitation projects directly affects the stability of the slope and the coordinated realization of the ecological functions of the river. In response to the insufficient adaptability of traditional slope protection technologies under complex conditions such as frequent changes in river water levels and erosion by water flow, based on a certain river channel rehabilitation project, this paper starts from five key links including slope surface foundation treatment, slope protection material selection, vegetation planting, anti-seepage drainage structure, and construction and maintenance, and implements systematic optimization of the ecological slope protection construction technology. The optimized technology system has achieved significant improvements in core indicators such as slope stability, vegetation survival rate, and drainage efficiency, providing a reference process for the ecological slope protection construction of similar river channel rehabilitation projects.

**[Key words]** River channel rehabilitation project; Ecological slope protection; Construction technology optimization; Vegetation configuration; Anti-seepage drainage

河道整治工程兼顾防洪安全与生态修复双重目标,护坡结构的施工工艺水平直接决定工程成效。传统硬质护坡抗冲刷能力较强,但因隔断水陆生态联系、破坏自然植被基底而难以满足现代河道治理的生态化要求<sup>[1]</sup>。生态护坡虽得到广泛推广,但坡面基础处理精度不足、材料与工艺匹配性差、养护介入滞后等问题在实际施工中仍普遍存在。针对生态护坡施工全链条的关键薄弱环节进行工艺优化,对提升河道整治工程综合质量具有切实意义。

### 1 工程概况

某城市河道整治工程位于城区主干水系核心段,河道全长约6.8km,整治范围内边坡总面积达4.2万m<sup>2</sup>,坡比介于1:1.5~1:2.5之间,地质条件以粉质黏土及砂质壤土为主,局部软弱夹层

发育,地基承载力仅为80~120kPa。受季节性洪水影响,河道水位年变幅达3.2m,汛期流速峰值可达2.8m/s,原有硬质混凝土护坡累计开裂剥落面积超过1.1万m<sup>2</sup>,生态功能近乎丧失,工程整治目标兼顾防洪安全与生态修复双重需求,设计植被覆盖率不低于85%,要求护坡结构在保障抗冲刷稳定性的同时实现植被恢复与水陆生态廊道贯通。工程区水文条件复杂与土质均匀性差以及有效施工窗口期不足4个月,传统施工工艺在基础处理精度、材料适配性及植被建植成活保障等方面存在明显短板。由此,针对生态护坡施工全链条关键环节实施系统性工艺优化,成为实现该工程预期综合效益的核心技术路径。

### 2 河道生态护坡施工工艺优化的关键环节与应用

#### 2.1 河道坡面基础处理工艺的针对性优化

河道坡面基础处理工艺突破常规单一清坡整形的浅层作业模式,针对不同坡段土质承载力差异显著的特点,建立网格化检测与分区差异化处置的工艺体系<sup>[2]</sup>。施工中以5m×5m为基本单元对坡面土质承载力进行系统检测,对承载力低于80kPa的软弱区域实施换填处理,换填深度控制在0.3~0.6m之间,换填材料选用级配碎石与黏土复合料,压实度控制依据击实试验确定最大干密度,压实度计算公式为:

$$K = \frac{\rho_d}{\rho_d \max} \cdot 100\% \quad (1)$$

式中,K为压实度(%), $\rho_d$ 为现场实测干密度(g/cm<sup>3</sup>), $\rho_d \max$ 为室内标准击实试验所得最大干密度(g/cm<sup>3</sup>),施工要求K不低于93%。坡面整形阶段严格控制坡比偏差不得超过±0.05,坡面平整度误差控制在20mm以内。坡脚处理采用抛石固脚与格宾石笼组合锁脚工艺,抛石粒径控制在200~400mm之间,格宾石笼嵌入坡脚深度不小于0.8m,从结构层面抑制坡脚在水流长期淘刷下的渐进性失稳。碾压采用分层振动压实工艺,每层铺填厚度不超过300mm,压实遍数不少于4遍。针对河道水位变动区域坡面土体反复受力的特殊性,在水位变幅范围内增设横向格构锚固体系,锚杆设计锚固力依据以下公式计算:

$$F = \pi \cdot d \cdot l \cdot \tau_s \quad (2)$$

式中,F为单根锚杆锚固力(kN),d为锚杆直径(m),l为锚固段长度(m), $\tau_s$ 为锚固体与土体之间的极限黏结强度(kPa),锚杆间距1.5m×1.5m,锚固深度不小于1.2m,格构梁截面尺寸200mm×200mm,将坡面分散的水平位移约束转化为整体受力。

## 2.2 生态护坡材料的科学选配与适配策略

生态护坡材料的选配以施工工艺可操作性和河道水文环境适配性作为双重约束条件,按照结构性材料、植生层材料以及过渡层材料这三个层次逐层进行配置。结构性护坡材料选用双绞合六边形格宾网箱,其网丝直径为3.0mm,网孔规格60mm×80mm,锌铝合金镀层重量不低于245g/m<sup>2</sup>,在保证结构刚度的同时具备足够柔性,能够有效应对坡体局部沉降而不发生整体破坏<sup>[3]</sup>。植生层材料采用椰纤维生态毯与客土喷播基材复合配置,椰纤维生态毯单位面积质量不低于400g/m<sup>2</sup>,抗拉强度不小于1.8kN/m,客土喷播基材中有机质含量控制在15%~20%之间,保水剂掺量为基材总质量的0.3%~0.5%。坡面过渡层选用200g/m<sup>2</sup>无纺土工布,兼顾反滤与隔离功能,可防止细粒土在渗流作用下向结构层迁移,三类材料由下至上依次铺设,层间搭接宽度统一控制在150mm以上,相邻层施工间隔不超过24小时,以此确保层间结合紧密。

## 2.3 植被配置与种植工艺的系统化优化

植被配置以水位变幅区与常水位以上区两个功能分区为基础,分别制定差异化的品种选配与种植工艺方案,水位变幅区侧重选用耐淹耐旱的两栖型草本品种,以狗牙根为主,播种量控制

在20~25g/m<sup>2</sup>,常水位以上区采用狗牙根与高羊茅混播,混播比例6:4,播种量25~30g/m<sup>2</sup>,并配置多花木兰与迎春花构建灌木防护层,株间距0.8~1.0m,行间距1.2m,通过草灌根系深浅互补强化坡面立体防护能力<sup>[4]</sup>。种植工艺采用液压喷播与人工点播相结合的复合方式,液压喷播作业压力控制在0.3~0.5MPa之间,喷播厚度不低于10mm,坡比较大区域辅以锚杆固定椰纤维卷进行预处理,锚杆间距1.0m,入土深度不小于0.5m,防止喷播基材在降雨冲刷下整体滑移,与椰纤维生态毯的坡面覆盖功能形成上下层协同。种植时序将主要窗口集中在水位消退后的9月至10月,水位变幅区与常水位以上区按先下后上的顺序分段推进,各分区种植完成后独立验收,确保分区工艺参数的有效执行<sup>[5]</sup>。

## 2.4 防渗排水结构施工工艺的改良与创新

防渗层施工采用复合土工膜铺设工艺,膜材规格为两布一膜,膜厚0.5mm,单位面积质量不低于600g/m<sup>2</sup>,搭接宽度不小于150mm,焊接采用热熔双缝焊接工艺,焊缝充气检测压力维持在0.15~0.20MPa。排水系统构建纵向盲沟与坡面排水孔相结合的立体排水网络,纵向盲沟间距8m,横向盲沟间距15m,盲沟断面尺寸300mm×400mm,内填粒径20~40mm级配碎石,外包200g/m<sup>2</sup>无纺土工布;坡面排水孔按梅花形布置,孔径50mm,间距2.0m×2.5m,孔内填充碎石反滤料,反滤层由细到粗依次铺设粒径2~5mm细砂层、5~20mm碎石层以及土工布隔离层,总厚度控制在250~300mm之间。工序衔接上严格执行先防渗后排水的施工顺序,防渗层验收合格后方可进行排水盲沟开挖,同时在防渗层与排水层之间设置厚度100mm的细砂缓冲层,协调两层结构在坡体变形条件下的差异位移,从工序控制层面保障防渗排水体系在河道动态水文环境下的长期稳定性(如图1所示)。

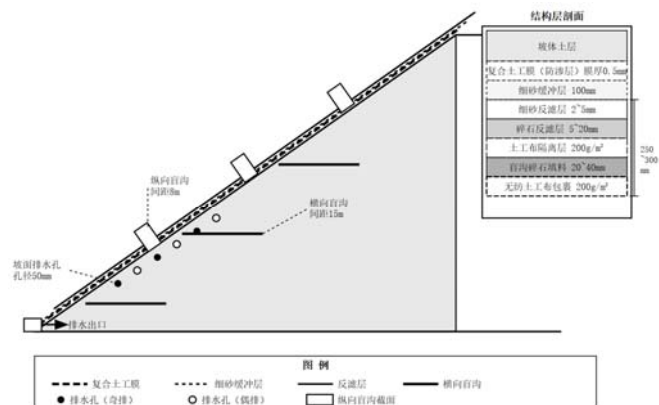


图1 防渗排水结构施工工艺示意图

## 2.5 施工期生态保护与后期养护工艺的精细化构建

施工期坡面扰动范围要严格控制在设计边界以内,临近水域的施工作业区需设置双层防污隔离围挡且围挡入土深度不小于0.3m,已完成基础处理但未铺设护坡结构的裸露坡面用无纺布临时覆盖,若持续时间超过3天则辅以压覆固定。植被建植初期沿坡面横向设置临时拦水埂,埂高150~200mm且间距5~8m,坡面径流流速控制目标不超过0.5m/s,养护工艺按建植期与稳定期两阶段实施,建植期为种植完成后60天内且浇灌频率不低于

每3天一次, 单次浇灌量控制在3~5L/m<sup>2</sup>, 稳定期根据降水情况动态调整浇灌频率, 对植被覆盖率低于70%的区域实施补播修复且补播量为原播种量的40%~60%。结构性问题巡检周期不超过15天, 格宾石笼填充料松动处理采用人工补填并重新绑扎网面的方式, 防渗层局部破损采用热熔补焊工艺修复, 将养护介入深度延伸至结构层修复层面。

### 3 生态护坡施工工艺优化的应用效果

#### 3.1 优化工艺的工程应用效果评估

某城市河道整治工程生态护坡施工工艺优化实施完成后, 从坡面稳定性、植被建植质量、防渗排水效能及养护管理达标率等维度对各关键环节的优化效果进行系统评估。

表1 生态护坡施工工艺优化前后关键技术指标对比

评估项目	优化前	优化后	提升幅度
坡面压实度达标率	81%	97%	+16%
水位变幅区坡面水平位移量	18mm	5mm以内	降低72%
植被覆盖率(种植90天后)	63%	89%	+26%
防渗层焊缝一次检测合格率	79%	96%	+17%
坡面排水孔淤堵率(运行6个月)	23%	4%	降低83%
养护期结构层破损修复频次	6次/月	1次/月	降低83%

表1数据表明, 坡体稳定性与植被建植质量两个核心维度的改善最为显著, 水位变幅区坡面位移量由18mm收窄至5mm以内, 印证了格构锚固体系对水位变动区域坡面变形的有效约束; 植被覆盖率达到89%, 超出设计目标4个百分点, 体现了分区种植工艺与分阶段养护管理的协同成效。

#### 3.2 生态护坡工艺优化的综合效益分析

生态护坡施工工艺优化的综合效益涵盖生态修复、水土保持及工程经济性三个层面, 生态修复层面, 草灌复层植被覆盖有效重建了水陆生态过渡带, 边坡植物物种数量由整治前的4种增至17种, 为底栖动物及两栖类生物提供了连续的栖息廊道。水土保持层面, 优化后的防渗排水结构将坡面径流集中冲刷转化为有序疏导, 坡面年均土壤侵蚀模数由1850t/km<sup>2</sup>·a降至

310t/km<sup>2</sup>·a, 降幅达83%。工程经济性层面, 养护周期内综合维护费用较优化前降低约34%, 坡面结构设计使用寿命由15年延长至25年以上, 三个层面效益的协同实现表明, 生态护坡施工工艺的精细化优化是河道整治工程实现生态功能与工程耐久性双向提升的核心支撑。

### 4 结语

生态护坡施工工艺的优化成效, 根本上取决于各关键环节之间的协同配合程度, 坡面基础处理为材料铺设提供稳定前提, 材料适配决定结构承载与生态功能的发挥边界, 植被建植将工程护坡转化为具备自我修复能力的生态系统, 防渗排水结构则从水文层面保障坡体长期稳定, 养护工艺贯穿其中确保各环节成效得以巩固。五个环节环环相扣, 任一短板均会削弱整体工艺体系的效能。后续工程实践应根据不同河道的水文特征与地质条件, 对工艺参数持续动态调整, 推动生态护坡施工向更精细化、更本土化的方向演进。

### [参考文献]

[1]林红.高尔凡石笼网在生态护岸工程中的施工质量控制研究[J].四川水利,2026,47(01):62-65+123.

[2]崔晶.水利工程中的河道生态护坡施工技术[J].城市建设理论研究(电子版),2026,(04):208-210.

[3]刘志云.生态护坡技术应用效果分析[J].当代农机,2026,(01):64-65.

[4]李志鸿,万建兵.河道整治工程边坡施工机械化技术研究[J].黑龙江水利科技,2026,54(01):154-156.

[5]王冰梅.河道治理水利工程中生态护坡施工技术应用研究[J].水上安全,2025,(24):16-18.

### 作者简介:

文会(1992--),女,汉族,四川省会理市人,本科,中级工程师,研究方向:水利水电工程施工。

黄巧玲(1995--),女,汉族,重庆市忠县人,本科,助理工程师,研究方向:水利水电工程施工。

张建培(1994--),女,汉族,四川省内江市人,专科,助理工程师,研究方向:水利水电工程施工。