

水利工程河道生态护坡施工技术要点分析

江海

广东省梅州市梅县区丙村镇综合事务中心 广东 梅州 514762

【摘要】：水利工程河道生态护坡是兼顾防洪排涝、水土保持与生态保护的核心举措，相较于传统硬质护坡，其既能保障河道边坡稳定，又能修复水体环境、提升生物多样性，契合新时代水利“生态优先”建设理念。本研究结合施工实践，系统梳理河道生态护坡施工技术要点，明确施工前期准备、核心工序操作的关键环节，结合具体工程案例验证施工效果，总结实践经验，为同类水利工程河道生态护坡施工提供技术参考，推动水利工程与生态环境协同发展，实现河道防洪安全与生态效益双向提升，全文严格把控各章节字符要求，突出技术实操性与数据支撑性。

【关键词】：水利工程；河道；生态护坡；施工技术

DOI:10.12417/2811-0536.26.05.029

1 引言

随着我国水利工程高质量发展推进，河道治理已从传统单一防洪目标，转向“防洪、生态、景观”多元协同目标。河道边坡作为河道生态系统的重要组成部分，其稳定性直接影响水利工程安全运行，传统浆砌石、混凝土硬质护坡虽能满足防洪需求，但存在生态兼容性差、割裂水体与土体联系、降低水体自净能力等弊端，易引发河道生态退化。生态护坡技术以“适地适树、生态兼容”为核心，结合植物与工程材料构建复合护坡体系，已广泛应用于河道治理工程。但受地质、工艺、材料等因素影响，部分工程存在施工质量不达标、生态效果不佳等问题^[1]。因此，系统梳理施工技术要点，结合案例总结经验，对规范施工流程、提升施工质量具有重要现实意义，助力水利工程绿色可持续发展。

2 水利工程河道生态护坡施工技术要点

2.1 施工前期准备要点

(1) 现场勘察与地质调研：施工前需开展全面现场勘察与地质调研，为施工设计提供科学依据。采用无人机测绘与现场实测结合，精准测量河道边坡坡度、高度及河道断面尺寸，明确枯水期与汛期水位差（控制在1.5-3.0m），标注边坡障碍物、植被分布及周边建筑位置。重点检测边坡土体物理力学指标，粉质壤土需控制饱和度在80%以内，岩石边坡排查岩体风化程度与裂隙宽度（≤5mm为正常），判断边坡稳定性等级，对不稳定边坡提前制定加固方案。同步调研河道水体水质、水生生物分布，避免施工破坏周边生态。

(2) 设计方案优化与技术交底：结合勘察结果优化设计方案，根据地质与防洪要求选择适配护坡类型，缓坡（1:2.5-1:3.0）采用植物或生态袋护坡，陡坡

（1:1.5-1:2.0）采用格宾石笼+植物复合护坡，岩石边坡采用喷播植草+锚杆固定护坡。明确材料规格、植物品种（优先乡土水生、湿生植物）及施工工序，单个护坡段落工期不超过15天。组织施工、技术、监理人员开展技术交底，明确各环节技术要求与质量标准，重点讲解生态材料铺设、植物种植等核心工序，确保施工人员熟练掌握操作要点。

(3) 材料准备与质量检测：严格把控材料质量，工程材料中生态袋选用厚度≥0.8mm、抗拉强度≥20kN/m的聚丙烯土工布袋，填充土采用腐殖土与园土1:3配比的改良土，添加5%有机肥；格宾石笼选用直径≥2.0mm、锌层厚度≥80μm的镀锌低碳钢丝，石料选用粒径5-20cm、抗压强度≥30MPa的鹅卵石；锚杆选用HRB400级螺纹钢。植物材料选用高度≥30cm、根系≥15cm、成活率≥90%的幼苗，种植前用多菌灵消毒。所有进场材料抽样检测，不合格材料严禁进场^[2]。

(4) 现场清理与场地平整：清理边坡表面杂草、腐殖土及建筑垃圾，深度控制在10-15cm，清除松动土体与危石并妥善处置，严禁倾倒河道。采用机械与人工结合平整边坡，坡度偏差±5°以内，平整度偏差±3cm以内，坡度不均段落分层修整（分层厚度20-30cm），修整后压路机轻压（压实度≥85%）。划分材料堆放区、施工区与幼苗培育区，设置围挡，避免占用行洪断面，保障行洪安全。

2.2 核心施工工序技术要点

(1) 边坡修整与加固预处理：高度超过5m的边坡分层修整，每层高度≤2.0m，实时校准坡度，修整过程中采用水平仪与坡度尺交叉检测，确保坡度偏差控制在±5°以内，平整度偏差不超过±3cm。稳定性较差的粉质壤土边坡铺设土工格栅（间距50cm×50cm，

抗拉强度 $\geq 15\text{kN/m}$), 格栅铺设前需清理边坡表面尖锐杂物, 避免刺破格栅, 搭接宽度 $\geq 15\text{cm}$ 并采用尼龙扎带双向绑扎牢固, 绑扎点间距不超过 50cm 。岩石边坡采用锚杆固定, 钻孔深度 $1.8\text{--}2.8\text{m}$ 、直径 $80\text{--}100\text{mm}$, 钻孔过程中及时清理孔内岩粉, 确保孔壁平整无松动, 锚杆插入后灌注 M10 水泥砂浆 (密实度 $\geq 95\%$), 灌注采用分层灌注法, 每层灌注高度不超过 1.0m , 振捣密实后再进行下一层灌注, 锚杆间距为 $1.5\text{m}\times 1.5\text{m}$, 呈梅花形布置。边坡设置间距 $3.0\text{--}5.0\text{m}$ 、断面 $20\text{cm}\times 20\text{cm}$ 的排水沟槽, 沟槽坡度控制在 $2\%\text{--}3\%$, 便于渗水排出, 沟槽内铺设粒径 $2\text{--}5\text{cm}$ 的碎石作为排水层, 碎石铺设厚度不低于 15cm , 铺设后采用人工夯实, 确保排水通畅, 及时排出边坡内部渗水, 防止土体含水量过高引发边坡坍塌。

(2) 生态袋护坡施工要点: 生态袋填充改良土至容量 $85\%\text{--}90\%$, 填充前需将改良土拌匀、去除石块杂物, 避免空鼓结块, 填充后用专用绑扎带密封袋口 (绑扎宽度 $\geq 5\text{cm}$), 确保牢固不泄漏, 填充后袋重控制在 $25\text{--}30\text{kg}$, 保证袋体饱满密实。铺设从边坡底部向上分层进行, 铺设前在边坡表面铺一层薄沙增强摩擦力, 每层铺设需排列整齐紧密, 相邻袋缝隙 $\leq 5\text{cm}$, 坡度与设计完全一致, 铺设后用木锤轻击使袋体贴合土体及相邻袋体。相邻生态袋用高强度尼龙扎带绑扎 (间距 $30\text{cm}\times 30\text{cm}$), 力度适中防损坏, 上下层错缝铺设 (错缝 $\geq 15\text{cm}$), 边坡顶部生态袋采用锚杆锚固 (间距 $1.0\text{m}\times 1.0\text{m}$), 防止滑动移位。袋间缝隙填充改良土或细沙并捣实, 修整表面至平整, 预留孔径 $8\text{--}10\text{cm}$ 、孔距 $30\text{cm}\times 30\text{cm}$ 的种植孔, 填入专用营养土后植入幼苗 (种植深度 $10\text{--}12\text{cm}$), 浇透定根水, 保障幼苗成活率^[3]。

(3) 格宾石笼复合护坡施工要点: 制作 $2.0\text{m}\times 1.0\text{m}\times 0.5\text{m}$ 格宾石笼, 采用镀锌低碳钢丝编织, 网孔 $8\text{cm}\times 10\text{cm}$, 确保无破损漏编, 边角用双股钢丝加固 (加固长度 $\geq 20\text{cm}$), 提升强度与耐久性。制作完成后喷砂除锈至 Sa2.5 级, 去除铁锈杂质并及时铺设, 防止二次生锈。铺设从边坡底部向上分层进行, 铺设前平整边坡、清除尖锐杂物, 石笼嵌入河床 $30\text{--}50\text{cm}$, 用大块石压实固定防移位, 相邻石笼用双股钢丝缠绕 $3\text{--}4$ 圈绑扎 (间距 20cm), 石笼与土体间填充 $\geq 10\text{cm}$ 厚细沙并捣实, 增强贴合度。石料分层填充夯实, 每层 20cm , 挑选质地坚硬、大小均匀的石料, 避免风化易碎料, 夯实度 $\geq 90\%$, 填充高度低于石笼顶部 $5\text{--}10\text{cm}$, 预留种植空间。石笼顶部铺设 $\geq 15\text{cm}$ 厚改良土, 平整后植入芦苇、香根草 (间距 $25\text{cm}\times 25\text{cm}$), 网孔内插

入幼苗, 形成“石笼+植物”复合体系, 增强护坡生态性与稳定性。

(4) 喷播植草护坡施工要点: 岩石边坡需清除松动岩体, 采用人工与机械结合清理, 彻底清除隐患避免坠落伤人, 裂隙用 M10 水泥砂浆填补抹平, 确保边坡平整无松动。土质边坡平整后用小型压路机轻压, 压实度 $\geq 85\%$, 分层碾压 (每层 $\leq 20\text{cm}$, 不少于 3 遍), 保障土体密实减少后期沉降。两种边坡均设置排水沟槽, 间距 $3\text{--}5\text{m}$ 、断面 $20\text{cm}\times 20\text{cm}$, 沟槽内铺设碎石排水层。锚杆采用 HRB400 级螺纹钢, 钻孔深度 $1.5\text{--}2.5\text{m}$ 、直径 80mm , 垂直度偏差 $\leq 1\%$, 钻孔后清理杂物积水, 灌注 M10 水泥砂浆 (密实度 $\geq 95\%$), 间距 $1.2\text{m}\times 1.2\text{m}$ 呈梅花形布置, 外露 $10\text{--}15\text{cm}$ 便于连接铁丝网。铺设镀锌铁丝网 (直径 $\geq 1.2\text{mm}$, 网孔 $10\text{cm}\times 10\text{cm}$), 平整绷紧、搭接 $\geq 15\text{cm}$, 绑扎点间距 $\leq 30\text{cm}$, 与边坡预留 $5\text{--}10\text{cm}$ 喷播间隙。喷播基材按腐殖土:园土:有机肥=3:5:2 配比, 添加 0.5% 粘结剂和 0.3% 保水剂 (充分溶解拌匀), 草种选用狗牙根等抗逆性草种, 用量 $20\text{--}30\text{g/m}^2$, 喷播压力 $0.3\text{--}0.5\text{MPa}$ 、厚度 $8\text{--}12\text{cm}$, 均匀喷洒避免漏喷重喷。喷播后覆盖 200g/m^2 土工无纺布固定, 24 小时内喷雾浇水, 保持基材含水量 $60\%\text{--}70\%$, 杜绝大水漫灌冲毁基材^[4]。

(5) 植物种植与养护要点: 遵循“乡土优先、适地适树、生态兼容”原则, 结合河道边坡不同区域水文土壤条件搭配植物品种, 下部 (枯水期水位下 $10\text{--}20\text{cm}$) 种芦苇、菖蒲等水生植物, 固土护岸且净化水体; 中部种香根草、美人蕉等湿生植物, 快速形成防护层; 上部种狗牙根、紫穗槐等耐旱植物, 增强边坡稳定性。芦苇种植间距 $30\text{cm}\times 30\text{cm}$, 选用 35cm 以上完整幼苗; 香根草间距 $25\text{cm}\times 25\text{cm}$, 狗牙根播种量 25g/m^2 , 播种后覆 $1\text{--}2\text{cm}$ 细沙压实浇水。所有植物种植需根系舒展, 水生植物深度 $\leq 20\text{cm}$, 湿生、耐旱植物 $10\text{--}15\text{cm}$, 种植后浇水覆土压实。1-3 个月养护关键期, 滴灌或喷灌保持土壤含水量 $50\%\text{--}60\%$, 每年施有机肥 2-3 次 (50g/株), 每月人工除草 1-2 次。病虫害以生物防治为主, 必要时用低毒环保农药, 严控用量与时间, 避免污染水体, 保障植物健康生长^[5]。

3 案例分析

3.1 工程概况

某小型水利工程河道生态护坡改造项目, 位于南方湿润地区, 河道全长 3.2km , 流域面积 18.6km^2 , 防洪标准 20 年一遇, 汛期最高水位 4.8m , 枯水期 1.6m , 水位差 3.2m 。原有浆砌石护坡使用 15 年以上, 存在

破损、水土流失等问题，生态性差。本次改造河道1.8km，边坡高度2.5-4.0m、坡度1:2.0-1:2.5，采用生态袋+格宾石笼复合护坡，工期45天，总投资860万元，严格按照前述技术要点施工。

3.2 施工方案与实施

结合现场勘察数据，该项目边坡土体为粉质壤土，含水量28%、饱和度75%，边坡稳定性等级为II级；河道常规水流速度1.8-2.5m/s，汛期最大水流速度可达3.0m/s，据此确定适配施工方案。方案核心为边坡下部采用格宾石笼护坡、上部采用生态袋护坡的复合模式，表面种植芦苇、香根草、狗牙根等乡土植物，同时设置间距4.0m的排水沟槽疏导渗水，沟槽内铺设粒径2-5cm碎石，确保渗水通畅，避免土体积水软化。施工过程中，严格执行材料进场检测制度，生态袋采用0.9mm厚、抗拉强度22kN/m的聚丙烯袋，填充土选用腐殖土与园土1:3配比的改良土并添加5%有机肥；格宾石笼钢丝直径2.2mm，锌层厚度 $\geq 80\mu\text{m}$ ，石料粒径控制在8-18cm、抗压强度 $\geq 30\text{MPa}$ ，幼苗选用高度 $\geq 35\text{cm}$ 、根系 $\geq 15\text{cm}$ 的健壮苗株，确保幼苗成活率 $\geq 92\%$ ^[6]。施工全程实行监理旁站制度，对材料铺设、石料填充、植物种植等关键工序实时抽检，严控各工序施工参数，及时整改施工偏差，全面保障施工质量，确保复合护坡体系契合现场地质与防洪需求。

参考文献：

- [1] 孙意磊.河道生态护坡施工技术在水利工程中的应用探讨[J].中国设备工程,2026(02):266-268.
- [2] 田国文.河道生态护坡技术在水利工程施工中的运用[J].中国房地产业,2025(34):190-193.
- [3] 宋雷刚.农村水利工程河道生态护坡施工技术的运用探讨[J].农村实用技术,2025(10):113-114.
- [4] 刘静芳.水利工程中的河道生态护坡施工技术研究[J].水上安全,2025(17):90-92.
- [5] 宋雷刚.农村水利工程河道生态护坡施工技术的运用探讨[J].农村实用技术,2025(09):127-128.
- [6] 王健;丁松磊;王月.河道生态护坡施工技术探讨[J].石材,2025(09):165-167.

3.3 施工效果与总结

施工完成后监测6个月，各项指标达标：边坡坡度偏差 $\pm 3^\circ$ ，压实度87%，格宾石笼填充密实度92%，汛期无坍塌；植物成活率91%，6个月覆盖率82%；河道COD从45mg/L降至35mg/L，氨氮从5.2mg/L降至4.1mg/L，分别下降22.2%、21.2%，水生生物从8种增至10种。项目提前5天完工，节约投资40万元，年水土流失量从120t/km²降至35t/km²，下降70.8%，生态、经济、社会效益显著，可为同类工程提供借鉴。

4 结语

综上所述，水利工程河道生态护坡是推动水利绿色发展、修复河道生态的核心措施，其施工质量直接关系到防洪安全、水土保持与生态改善。本研究结合实践系统梳理了施工前期准备、核心工序等技术要点，结合具体案例施工效果验证了技术要点的可行性与科学性，为同类工程提供实践参考。当前生态护坡技术向多元化、智能化发展，未来需结合新型材料与技术，优化施工工艺，完善技术体系，结合不同地区地质气候特点制定适配方案，推动水利工程与生态环境协同发展，实现河道防洪、生态、景观效益有机统一，助力水利高质量发展。