

水利工程中的河道生态护坡施工技术研究

石耀明

洛阳水利勘测设计有限责任公司 河南 洛阳 471000

摘要: 随着社会对生态环境保护重视程度的不断提升,水利工程中河道生态护坡施工技术的研究愈发关键。传统护坡方式虽能保障岸坡稳定,但易破坏生态。而生态护坡施工技术融合生态学与工程学原理,在确保岸坡稳定的同时,兼顾生态修复与景观营造。本文聚焦于此,深入探究河道生态护坡的施工技术要点、材料选用及实施效果,为水利工程生态化建设提供理论与实践参考。

关键词: 水利工程;河道生态护坡;施工技术

引言:在水利工程建设蓬勃发展的当下,河道护坡作为保障河岸稳定、防止水土流失的关键环节,其重要性不言而喻。然而,传统护坡技术往往侧重于工程防护,忽略了生态系统的平衡与修复,导致河道生态环境恶化。在此背景下,河道生态护坡施工技术应运而生,它巧妙融合了工程防护与生态修复理念,既能有效稳固岸坡,又能促进生态系统的恢复与重建,成为水利行业研究的新热点。

1 水利工程中的河道生态护坡技术基础理论

1.1 河道生态护坡的定义与内涵

河道生态护坡是依托生态工程原理,结合工程力学与生态学技术,构建兼具防护功能与生态价值的河道岸坡防护体系,核心内涵是实现岸坡稳定与河道生态系统平衡的协同统一。其与传统护坡的对比分析如下:(1)防护理念不同,传统护坡以单一岸坡稳定为核心,多采用混凝土、浆砌石等硬质材料,忽视生态需求;生态护坡则兼顾稳定性与生态完整性,强调与周边自然环境的融合。(2)材料选择不同,传统护坡依赖人工硬质材料,生态护坡以自然材料为主,搭配本土植被,提升生物相容性。

1.2 生态护坡的设计原则

(1)生态性原则:优先选择本土耐水、抗逆性强的植被,降低外来物种入侵风险;同时注重生物多样性保护,构建多层次植被群落,为动植物提供栖息空间。(2)稳定性原则:需保障岸坡抗冲刷、抗滑移能力,结合河道水文特征设计坡比与防护结构,避免水流侵蚀导致岸坡坍塌。(3)经济性原则:综合考量建设成本与后期维护管理费用,优先选用本地易得材料,简化维护流程,实现工程效益与成本的平衡^[1]。

1.3 生态护坡的功能与效益

(1)生态功能:可有效拦截坡面径流,减少水土

流失;通过植被根系吸附、微生物降解作用净化水体,降低污染物含量;构建的植被群落与岸坡结构,能为水生、陆生生物提供多样化栖息地,维系生态系统稳定。

(2)社会效益:丰富的植被景观可美化河道环境,提升周边人居品质;同时为居民提供休闲散步、亲近自然的空

2 水利工程中的河道生态护坡技术分类与适用性分析

2.1 植物型生态护坡技术

(1)草皮护坡、灌木护坡、复合植被护坡:草皮护坡通过铺设早熟禾、狗牙根等耐水固土草本植物,快速形成植被覆盖,具备施工简便、成本低廉的优势,能有效减少地表径流冲刷;灌木护坡选用紫穗槐、杞柳等深根性灌木,根系穿透力强,固土效果优于草本,且抗逆性更强,适用于中度冲刷区域;复合植被护坡结合草本与灌木的优势,构建“草-灌”立体植被体系,兼顾初期覆盖速度与长期固土稳定性,同时提升河道生态多样性。(2)适用条件:坡度方面,草皮护坡适用于坡度 $\leq 1:2$ 的缓坡,灌木护坡可适应 $1:1.5\sim 1:2.5$ 的坡度,复合植被护坡适用坡度范围更广,可达 $1:1\sim 1:3$;流速上,三者均适用于流速 $\leq 2\text{m/s}$ 的河道段,超过该流速需搭配工程措施;土壤条件要求土层厚度 $\geq 20\text{cm}$,有机质含量 $\geq 2\%$,pH值在 $6.0\sim 8.5$ 之间,贫瘠土壤需提前改良。

2.2 工程-植物复合型生态护坡技术

(1)框格梁护坡:混凝土框格护坡通过现浇或预制混凝土构建网格结构,网格内回填种植土并栽植植被,兼顾结构稳定性与生态性;生态袋框格采用透水透气的生态袋堆叠成框格,袋内填充营养土,植被存活率更高,生态效果更优。(2)土工格室护坡、石笼护坡:土工格室护坡将高分子土工材料展开形成蜂窝状格室,填充土壤后种植植被,能有效约束土体;石笼护坡中,雷

诺护垫适用于缓坡浅水区, 格宾网适用于陡坡深水区, 均通过填充块石形成柔性防护结构, 可适应坡面变形。

(3) 适用条件与施工要点: 适用于坡度1:1.5~1:3、流速 $\leq 3\text{m/s}$ 的河段; 施工需先平整加固基底, 确保工程结构安装牢固, 植被种植后及时养护, 石笼填充需饱满密实, 土工材料需做好抗老化处理^[2]。

2.3 自然材料型生态护坡技术

(1) 木桩护坡、竹笼护坡、块石护坡: 木桩护坡选用耐腐木材打入坡脚, 形成防护屏障, 适用于小型河道; 竹笼护坡将竹子编织成笼, 填充卵石后堆叠, 成本低廉且易降解; 块石护坡通过铺设大小不一的块石形成防护层, 抗冲刷能力强, 施工简便。(2) 生态性与经济性平衡分析: 自然材料多源于天然资源, 生态兼容性好, 可减少对环境的破坏, 且取材便捷、成本较低; 但部分材料(如木桩、竹笼)耐久性较差, 需定期更换, 长期维护成本略高, 需结合工程寿命合理选择, 实现生态效益与经济效益的平衡。

2.4 新型生态护坡技术

(1) 3D打印生态护坡、人工仿生护坡材料: 3D打印生态护坡利用环保混凝土或可降解材料, 通过3D打印技术成型护坡构件, 构件预留植被种植孔, 可精准匹配坡面地形, 施工效率高; 人工仿生护坡材料模拟天然岩石、土壤的物理特性, 研发出仿生土壤基质、仿生植被毯等材料, 具备良好的保水性与固土性, 且抗老化、耐冲刷。

(2) 技术特点与发展前景: 技术特点表现为智能化程度高、生态兼容性好, 能精准适配复杂坡面条件, 且材料可回收利用, 符合绿色工程理念; 发展前景广阔, 随着3D打印技术的成熟与环保材料的研发, 新型技术成本逐步降低, 未来有望在城市河道整治、生态修复工程中广泛应用, 推动水利工程向生态化、智能化转型。

2.5 技术适用性对比与选择依据

(1) 不同地质条件下的技术匹配: 软土地区因土壤承载力低, 适合选用生态袋框格、土工格室护坡, 通过柔性结构分散荷载, 避免坡面沉降; 砂质河床渗透性强、抗冲刷差, 优先采用格宾网石笼护坡, 搭配复合植被增强固沙效果, 同时保障地下水连通; 岩质坡面适合框格梁护坡, 通过锚杆固定框格, 填充种植土实现植被覆盖^[3]。(2) 不同气候区域的技术适应性: 多雨区降水集中, 坡面径流冲刷强烈, 应选用抗冲刷能力强的石笼护坡、复合植被护坡, 同时设置排水设施避免坡面积水; 干旱区水资源匮乏, 优先选用耐旱性强的灌木护坡、人工仿生植被毯, 搭配保水材料提升植被存活率, 避免选用需水量大的草本植物, 降低后期养护成本。

3 水利工程中的河道生态护坡施工关键技术

3.1 施工前准备

(1) 现场勘察与数据收集: 施工前需开展全面现场勘察, 通过无人机航拍、全站仪测量等手段精准获取地形数据, 明确坡面坡度、高差及起伏特征; 系统收集水文资料, 包括河道多年平均流速、汛期峰值流量、水位变化幅度等, 判断水流冲刷强度; 采用土壤采样检测方式, 分析土壤质地、有机质含量、pH值及承载力, 为后续技术选型和施工方案制定提供数据支撑, 确保方案适配现场实际条件。(2) 材料选择与质量标准: 植被种类优先选用乡土品种, 如狗牙根、紫穗槐等, 需具备耐水湿、抗冲刷、易存活特性, 种子纯度不低于95%、发芽率 $\geq 85\%$; 护坡材料需符合相关质量标准, 生态袋应具备耐老化、抗紫外线、透水透气性能, 抗拉强度 $\geq 25\text{kN/m}$; 石笼网丝径偏差 $\leq \pm 0.3\text{mm}$, 网孔尺寸误差不超过5%; 混凝土框格强度等级不低于C25, 确保材料性能满足工程耐久性和生态兼容性要求^[4]。

3.2 基础处理技术

(1) 坡面平整与加固: 清基需彻底清除坡面杂草、腐殖土及松散岩土, 清除深度不小于30cm, 确保基底密实; 对局部坑洼部位采用素土或级配砂石夯实, 夯实实度 $\geq 93\%$, 坡面坡度偏差控制在 $\pm 5^\circ$ 以内; 同时设置排水设施, 在坡面每隔8-10m设置横向排水沟, 沟底坡度 $\geq 3\text{‰}$, 坡脚设置纵向排水盲沟, 避免坡面积水导致基底软化, 提升坡面稳定性。(2) 反滤层与垫层施工: 反滤层采用级配砂石分层铺设, 粒径由下至上依次为20-40mm、10-20mm、5-10mm, 总厚度 $\geq 50\text{cm}$, 铺设时分层夯实, 确保孔隙率合理, 既能阻止土壤颗粒流失, 又能保障渗水通畅; 垫层选用土工布或土工格栅, 铺设时需拉直绷紧, 搭接长度 $\geq 15\text{cm}$, 搭接处采用缝合或焊接固定, 形成连续的防护层, 进一步强化反滤效果, 防止水土流失。

3.3 主体结构施工技术

(1) 植被种植技术: 播种适用于缓坡且土壤条件较好区域, 采用条播或撒播方式, 播种量根据植被品种调整, 播后覆盖2-3cm细土并压实; 植苗选用根系发达的幼苗, 株行距按30cm \times 30cm至50cm \times 50cm布置, 种植深度比原土痕深2-3cm, 栽后及时浇定根水; 喷播适用于陡坡或地形复杂区域, 将种子、营养土、粘结剂等混合制成喷播基质, 通过高压喷枪均匀喷洒于坡面, 喷播厚度 $\geq 8\text{cm}$, 确保种子与土壤紧密结合。(2) 工程结构安装技术: 石笼安装前先平整基底, 网笼拼装时采用绑扎丝牢固连接, 搭接长度 $\geq 10\text{cm}$, 填充石块需饱满密实, 块石

粒径符合设计要求,顶部采用盖板网封盖;生态袋堆叠按错缝搭接方式进行,袋体填充饱满度 $\geq 90\%$,堆叠后采用连接扣固定,确保袋体紧密贴合,坡脚设置压脚石增强稳定性;框格梁施工先绑扎钢筋、安装模板,模板垂直度偏差 $\leq 3\%$,浇筑混凝土时振捣密实,养护期不少于14天,成型后按设计要求固定于坡面^[5]。

3.4 生态修复与维护技术

(1) 植被养护管理:灌溉遵循“少量多次”原则,播种和喷播后初期每天灌溉1-2次,确保土壤含水率保持在20%-30%,幼苗期根据植被生长情况调整灌溉频率;定期修剪植被,控制生长高度,避免植被过密影响通风透光;病虫害防治优先采用生物防治手段,如投放天敌、使用生物农药,必要时结合化学防治,选用低毒、低残留农药,减少对河道生态环境的影响。(2) 长期监测与动态调整:设置坡面位移监测点、水位监测仪等设备,定期监测坡面稳定性,位移预警值控制在5cm以内,发现异常及时采取加固措施;每季度开展生态效果评估,监测植被覆盖率、物种多样性及水体水质指标,根据评估结果调整养护方案,若植被存活率低于70%需补植补种,确保生态护坡长期发挥生态和防护双重功能。

4 水利工程中的河道生态护坡技术优化与发展趋势

4.1 现存问题与挑战

(1) 技术标准不足:当前生态护坡技术缺乏统一的设计规范和施工标准,不同地区、不同项目的技术参数差异较大,导致工程质量参差不齐。部分新技术因缺乏成熟的验收标准,难以规模化推广应用,影响技术应用的规范性和可靠性。(2) 施工成本较高:生态护坡材料研发、新型施工设备投入等增加了前期成本,相较于传统硬质护坡,生态护坡的施工周期更长,人工与材料成本叠加导致整体造价偏高,制约了其在中小型水利工程中的普及。(3) 公众认知度低:社会公众对生态护坡的生态效益、长期价值认知不足,部分地区仍倾向于选择施工简便、短期成本低廉的传统护坡方式,对生态护坡技术的接受度有待提升,缺乏全民参与生态护岸建设的氛围。

4.2 技术优化方向

(1) 材料创新:重点研发可降解高分子材料、生态友好型混凝土等环保材料,降低材料对河道生态的影

响,同时提升材料耐腐、抗冲刷性能;探索智能监测材料的应用,实现对护坡结构应力、土壤湿度等指标的实时感知,为养护提供数据支撑。(2) 施工工艺改进:推行模块化施工模式,预制护坡构件现场组装,缩短施工周期、提升施工质量;加大机械化施工投入,采用专用喷播机、自动化铺设设备等,降低人工依赖,提高施工效率,推动施工流程标准化、规范化。

4.3 未来发展趋势

(1) 与智慧水利的结合:依托物联网技术构建全方位监测网络,实时采集坡面稳定性、水文水质等数据;借助大数据分析实现风险预警、养护方案优化,推动生态护坡从“被动维护”向“主动预判”转变,提升工程管理智能化水平。(2) 生态护坡与海绵城市理念的融合:将生态护坡纳入海绵城市建设体系,通过植被、透水材料等构建雨洪调蓄系统,增强河道滞洪、净化雨水功能,实现水资源循环利用,促进城市水生态系统与水利工程的协同发展。

结束语

水利工程中的河道生态护坡施工技术研究,顺应了生态保护与可持续发展的时代需求。通过深入探究,我们明确了生态护坡在稳固岸坡、修复生态、美化景观等方面的显著优势。实际应用中,需依据具体工程状况,科学选型、精心施工、严格管理。未来,期待持续创新技术、优化方案,让生态护坡在更多水利工程中发挥更大效能,实现人与自然和谐共生,为水利事业绿色发展注入持久动力。

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(03):282-284.
- [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(02):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(01):70-72.
- [4]刘燕.水利工程中的河道生态护坡施工技术[J].中国住宅设施,2024,(10):124-126.
- [5]雷小锋.生态护坡施工技术在水利河道工程中的应用[J].水上安全,2024,(20):154-156.