

水利工程河道生态护坡施工技术

邹全 杨杨 孙正堃

联投城乡建设发展(云南)有限公司, 云南昆明, 654100;

摘要: 在水利工程朝着生态化方向不断发展的大背景之下, 河道生态护坡施工技术已然成为了实现水利功能与生态保护二者平衡的关键支撑要素。为了达成水利工程中水利功能与生态保护之间的平衡状态, 相关研究将重点聚焦于河道生态护坡施工技术, 其中包含了多种在实际中较为常用的技术类型, 其意义在于可有力地推动水利工程朝着生态化方向进行转型。依靠对各项技术的施工流程展开全面且系统的分析, 制定出一系列质量控制要点, 这些要点涉及到地基处理、材料检测、工艺控制以及植被养护等多个方面, 研究结果说明, 科学合理地运用施工技术并且严格细致地把控质量, 可切实提升岸坡的稳定性以及生态效益。未来, 生态护坡技术将会朝着智能化以及精细化的方向不断发展, 为水利工程的绿色转型以及生态修复提供切实可行且高效的方案。

关键词: 水利工程; 河道生态护坡; 施工技术; 质量控制; 格宾石笼

DOI: 10.69979/3060-8767.26.05.038

引言

随着“绿水青山就是金山银山”理念在水利工程领域的深度践行, 传统硬质护坡因缺少生态功能、和自然环境分离等问题逐渐被生态护坡技术替代。河道是水利工程的重要部分, 其护坡结构不但承担防洪排涝、稳定岸坡的主要水利功能, 还直接影响河道生态系统的完整和稳定。生态护坡技术把工程力学和生态学原理结合起来, 在保证岸坡结构安全的基础上, 达成水土保持、水质净化以及生物栖息地构建的多个目标, 成为当前水利工程建设重点发展方面。但是, 生态护坡施工涉及材料选择、工艺把控、生态协同等多个复杂环节, 技术应用的科学和规范程度直接决定工程质量与生态效益能否实现。所以, 系统研究河道生态护坡施工技术类型、关键流程及质量控制要点, 对于推动水利工程生态化转变、提高工程综合效益有重要实际意义。

1 水利工程河道生态护坡常用施工技术类型

1.1 植被混凝土生态护坡技术

植被混凝土生态护坡技术是基于混凝土基材改良与植被协同生长原理发展的复合护坡技术, 其核心在于通过优化基材配比实现结构稳定性与生态相容性的平衡。该技术以级配碎石、河砂为骨材, 选用低水化热的硅酸盐水泥作为胶凝材料, 同时掺加腐殖质、有机肥、保水剂及植物种子形成复合基材, 其中保水剂采用高吸水树脂材料, 吸水倍率可达自身重量的300-500倍, 能

有效保障植被初期生长的水分需求。施工过程中, 需先对坡体进行坡面修整, 清除浮土、危石并压实坡面, 随后采用喷射机将复合基材按3-5cm的初始厚度均匀喷射至坡面, 待初凝后进行二次喷射, 总厚度控制在8-15cm, 具体根据坡高与坡比调整, 坡比大于1:1.5时需增设锚杆固定基材层。该技术通过基材的物理胶结作用抵御水流冲刷, 同时植被根系深入基材与坡体形成立体固坡体系, 植被选用狗牙根、高羊茅等耐贫瘠、抗冲刷的乡土物种, 确保生态系统的本土化与稳定性, 适用于坡度较缓、侵蚀中等的河道岸坡^[1]。

1.2 格宾石笼生态护坡技术

格宾石笼生态护坡技术以柔性结构为核心优势, 通过镀锌钢丝或高尔凡钢丝编织成六边形网笼, 内部填充粒径5-30cm的块石形成柔性护垫或护墙, 钢丝表面采用双重防腐处理, 锌层厚度不低于200g/m², 有效提升结构的抗锈蚀能力, 使用寿命可达30年以上。该技术的核心特点在于结构的柔性变形能力, 当遭遇洪水冲击或坡体沉降时, 网笼可通过自身变形分散应力, 避免刚性结构易开裂的问题, 同时块石间的孔隙为水体渗透与交换提供通道, 促进岸坡地下水循环, 减少坡体浸润线升高引发的滑坡风险。施工时需按设计坡比开挖基槽, 采用C15混凝土浇筑基础垫层, 随后分层码放格宾石笼, 每层高度控制在0.5-1.0m, 相邻网笼采用钢丝绑扎连接, 连接点间距不超过15cm, 填充块石需采用级配良好的硬质岩石, 块石之间密实填充, 孔隙率控制在30%-40%,

既保证结构稳定性又为植被生长提供空间,后期可在孔隙内播种乡土草本或灌木种子,形成“石笼+植被”的复合护岸体系(图1)。

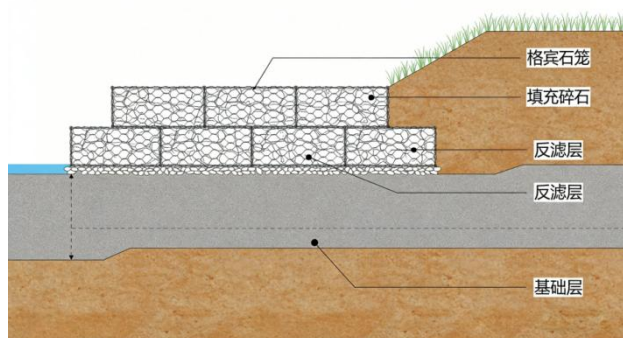


图1: 格宾石笼生态护坡结构示意图

1.3 生态袋组合护坡技术

生态袋组合护坡技术是一种模块化护坡技术,主要材料是用高分子聚合物做的生态袋。袋体有抗紫外线、耐酸碱、透水不透土的特点,断裂强力不少于50kN/m,可有效防止袋体老化和土壤流失^[2]。该技术把种植土、有机肥和植被种子混合后装进生态袋,按“品”字形或“丁”字形堆在坡面,形成有层次感的护岸结构。袋体之间用连接扣固定,连接强度不少于10kN,保证整体结构的整体性和抗滑稳定性。施工前要对坡面做找平处理,对于坡度大于1:1的坡面,要设置混凝土压顶和趾部基础,增强结构抗倾覆能力。生态袋堆叠高度每超过2m要设置一道锚固筋,锚固深度不少于1.5m。生态袋里的植被种子要选混播组合,通常包括固土能力强的狗牙根、紫花苜蓿和有景观效果的波斯菊等,种子发芽率不少于90%,通过植被根系的缠绕和生态袋的物理约束一起实现岸坡防护。该技术施工方便、适应性强,适用于各种坡度的河道岸坡,在河道整治和生态修复工程中应用较多。

2 水利工程河道生态护坡施工质量控制要点

2.1 坡体地基处理质量控制

坡体地基是生态护坡结构的承载基础,其处理质量直接影响整体结构的稳定性,需重点控制地基承载力、夯实度及坡面平整度三大核心指标。地基承载力检测采用平板载荷试验,每个施工段检测点数不少于3个,检测点需均匀分布在坡体不同区域,承载力需满足设计要求,对于检测不合格的区域,需根据地质情况采取换填、夯实或增设锚杆等加固措施,换填材料选用级配砂石或

碎石,分层换填分层夯实,每层压实厚度不超过30cm;地基夯实度检测采用环刀法或灌砂法,夯实度需不低于95%,对于粘性土壤地基,需先晾晒降低含水量至最佳含水量±2%范围内,再进行夯实作业,避免因含水量过高导致夯实度不足。坡面平整度控制需在修整后采用2m靠尺检测,靠尺与坡面的最大间隙不超过3cm,对于坡面存在的凹陷区域,采用同类土壤或基材填充夯实,凸起区域则进行削平处理,确保坡面平整均匀,为后续主体结构施工提供良好的基础条件。同时,对于坡体顶部与坡脚区域,需设置截水沟与排水盲沟,截水沟截面尺寸不小于30cm×30cm,排水盲沟采用碎石填充,有效排出坡体表面积水与地下水,减少水压力对地基的破坏^[3]。

2.2 施工材料质量抽样检测

施工材料质量抽样检测是质量控制的关键环节,需依据材料类型制定差异化的检测方案,确保检测的针对性与有效性。对于混凝土及基材类材料,每批次进场量不超过500t需抽样检测一次,检测项目包括抗压强度、坍落度、含泥量等,其中植被混凝土基材需额外检测保水率与pH值,保水率不低于20%,pH值控制在6.5-8.5之间,适宜植被生长;对于钢丝、网笼等金属材料,每批次进场需抽检力学性能、防腐性能及网孔尺寸,钢丝镀锌层厚度采用涂层测厚仪检测,每个样品检测点数不少于5个,平均值不低于设计要求;对于生态袋、连接扣等高分子材料,每批次抽检抗老化性能、断裂强力及透水性能,抗老化性能采用人工加速老化试验,断裂强力检测采用万能材料试验机,检测结果需符合相关标准。抽样检测过程中,需建立检测台账,详细记录样品信息、检测项目、检测结果及处理意见,对于不合格材料需立即退场并禁止使用,同时追溯材料来源,避免不合格材料流入施工现场,确保施工材料质量的可控性。

2.3 主体结构施工工艺控制

主体结构施工工艺控制需聚焦关键施工环节,针对不同技术类型制定专项控制措施,确保施工工艺符合设计要求。植被混凝土喷射施工中,需控制喷射压力与喷射厚度,喷射压力根据坡面高度调整,坡高低于5m时控制在0.3-0.4MPa,坡高5-10m时控制在0.4-0.5MPa,喷射厚度采用预埋厚度标志的方式控制,确保厚度均匀,喷射完成后24h内进行洒水养护,养护时间不少于7d,

避免基材开裂；格宾石笼施工中，网笼组装需确保绑扎牢固，绑扎丝采用与网笼同材质的钢丝，绑扎点间距不超过15cm，填充块石需饱满密实，块石之间的缝隙采用小粒径石块填充，填充完成后网笼外形尺寸偏差不得超过±5cm，相邻网笼连接点需全部绑扎，确保整体结构的整体性；生态袋堆叠施工中，袋体填充需均匀密实，填充后的生态袋高度偏差不得超过±2cm，堆叠时需错缝排列，连接扣需插入相邻袋体深度不低于5cm，确保连接牢固，堆叠完成后需采用临时固定措施，避免因自重或外力导致结构变形^[4]。同时，施工过程中需根据天气情况调整施工工艺，雨天禁止进行喷射与堆叠作业，高温天气需加强施工人员防暑降温与材料保湿措施，确保施工工艺的稳定性。

2.4 植被建植与后期养护质量控制

植被建立和之后养护是实现生态护坡生态效果的关键保证，要从种子处理、种植施工到之后养护进行全过程质量把控。种子处理前要选种和催芽，去掉瘪的、有病虫害的种子，用温水泡种子或者用药剂拌种来提高发芽率，催芽到种子露白后再播种；种植施工要根据植被种类选合适的方法，草本植物用撒播或者条播，撒播量控制在15-20克每平方米，条播行距20-30厘米，灌木植物用穴播，穴距30-50厘米，每穴播2-3粒种子，播种后盖1-2厘米厚的细土并轻轻压紧，让种子和土壤紧密接触。之后养护要重点把控水分、施肥和病虫害防治，播种后初期要让土壤湿润，用喷灌浇水，防止水流冲刷坡面，浇水次数根据天气调整，晴天每天浇1-2次；施肥要遵循“少量多次施肥”的原则，出苗后15天施一次速效氮肥，用量是5-10克每平方米，促进

幼苗生长，之后主要施有机肥，增强植被抗逆能力；病虫害防治用生物防治和化学防治结合的方法，优先用天敌防治或者生物农药，化学农药要选低毒、低残留的，严格控制用药量和次数，防止污染河道生态环境。植被覆盖率是衡量植被建立质量的关键指标，施工完成6个月后植被覆盖率不能低于85%，对于没达到要求的区域，要及时补播或者补植，保证生态效果实现。

3 结语

水利工程河道生态护坡施工技术的科学应用，是平衡水利功能与生态保护的关键途径，把材料改良、结构创新以及生态协同技术进行系统整合后，生态护坡在提高岸坡稳定性、推动水土保持以及构建生物栖息地等方面呈现出明显优势，不过其工程实践要有严格的质量控制体系作为支撑，包括地基处理、材料检测、工艺控制以及植被养护等全流程管理。将来随着生态工程理念的深入以及技术创新，生态护坡技术会朝着智能化、精细化方向发展，为水利工程绿色转型以及生态系统可持续修复提供更有效的技术解决办法。

参考文献

- [1] 蔡健. 水利工程河道生态护坡施工技术的应用研究[J]. 工程技术研究, 2023, 8(13): 89-91.
- [2] 高长柏. 水利工程河道生态护坡施工技术研究[J]. 中国高新科技, 2023, (04): 67-69.
- [3] 刘丽萍. 水利工程中的河道生态护坡施工技术应用要点分析[J]. 工程建设与设计, 2023, (03): 192-194.
- [4] 姚贤. 水利工程中的河道生态护坡施工技术研究[J]. 工程建设与设计, 2022, (21): 95-97.