

# 生态护坡施工技术在水利河道工程中的应用

蔡纯洁

(上海市浦东新区河道管理事务中心, 上海 201299)

**摘要** 在水利河道工程建设中, 为增强边坡的稳定性, 防止水土流失, 恢复河道的生态环境, 本文以某河流域生态整治工程为例, 采用植被生态混凝土护坡技术, 通过合理的混凝土强度、孔隙率、植被种类参数设计, 从而确保混凝土均匀、密实, 孔隙分布均匀, 植被生长良好; 采用场地清理、定点放线、土方填筑与压实、地面铺装及养护等工艺, 对护坡施工的生态效益和经济效益进行分析, 通过一系列解决措施, 旨在为确保水利河道工程施工质量与生态效果符合生态环境工程治理要求提供借鉴。

**关键词** 生态护坡; 水利河道工程; 边坡稳定; 水土流失; 生态环境恢复

中图分类号: TV5

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.10.042

## 0 引言

水利河道工程中采用生态护坡施工技术, 使河道护坡植物与岸堤稳定连接, 并且改善河道生态自然环境, 对水利工程建设以及生态环境保护产生积极作用。生态护坡施工技术应用过程中可发挥生态技术的优势, 通过采取合理的护坡技术提高水利河道工程建设和运营水平, 对保证河道护岸的稳定性以及水利工程功能性有积极作用。

### 1 河道生态护坡的主要功能

#### 1.1 稳固边坡

水利河道工程施工阶段采用硬质护坡方式比较普遍, 虽然具备较高的稳固性, 但无法达到和自然环境和谐共生的目的。生态护坡能够充分模拟自然界的生态过程, 利用植物根系的方式达到固定土壤的效果, 形成稳定性较强的保护层结构。植被根系扎入土壤内, 起到锚固性作用, 避免出现边坡滑移或坍塌。同时, 植物根系能够提高土壤的凝聚力, 使边坡结构具备较高的稳定性。生态护坡技术应用后还能实现土壤的保护以及改良, 选择合适的土壤配比和植被种植方式, 促进土壤抗侵蚀能力提升, 保证边坡具备更高的稳定性。

#### 1.2 防止水土流失

水利河道工程长期使用过程中极易受到水流侵蚀影响, 造成边坡土壤流失严重进而引发河岸塌陷、河道变窄的问题。生态护坡技术应用后采取植被覆盖的措施, 发挥根系固定的作用能够减少降雨对土壤产生的冲击性影响, 避免出现水土流失严重的缺陷。通过植被减少坡体孔隙水压力, 减弱水流对土壤产生的冲击力, 并且通过植物的茂密枝叶能够截留雨水, 降低雨水对土壤的冲刷作用。此外, 通过生态护坡技术采

用多孔透水防护结构, 允许水流通过且避免水流在坡面上形成径流, 达到减少水土流失的目的<sup>[1]</sup>。

#### 1.3 恢复环境

很多地区的河道采取硬化改造, 这使得生态环境破坏严重, 无法满足现代社会可持续发展需求。生态护坡技术采用多样化的植被方式, 及时恢复生态自然环境, 给水生生物提供良好的栖息地。通过生态护坡技术种植大量植物, 达到净化空气、调节气候的作用, 也能加速有机物的降解, 促进水质条件的改善。同时, 生态护坡的透水结构能充分保护河道自然水循环, 确保河道生态系统具备较高的稳定性以及多样性。

## 2 工程概况

上海市浦东新区张家浜东段河道整治工程是重要的水利河道项目, 采用先进的生态护坡施工技术, 充分改善生态功能, 具备较高的防洪效果。该项目建设中经过现场勘测发现, 其处于河流中游段, 整体长度为3.5 km, 涉及多个河道的关键节点。本项目生态护坡的核心在于通过生态护坡技术进行河岸改造, 使河岸具备较高的稳定性和抗冲刷能力。经过现场统计显示, 该项目河道整治面积达到5万m<sup>2</sup>, 其中, 生态混凝土护坡技术覆盖2.5万m<sup>2</sup>, 充分模拟自然生态系统使土壤和植被有机结合, 具备较高的生态适应性; 1.5万m<sup>2</sup>的区域铺设植草砖护坡, 发挥多种植草砖的优势, 给植物提供良好的生存环境, 具备较高的透水性、透气性; 其余1万m<sup>2</sup>采用天然植被恢复与保持技术, 保持土壤的稳定性, 营造良好的生态环境体系。

### 3 河道植被生态混凝土护坡施工方案

本工程采用植被生态混凝土护坡技术, 其具体技术参数见表1。

表 1 植被生态混凝土护坡技术参数表

序号	参数名称	要求
1	混凝土强度等级	根据设计要求确定 (例如 C20、C25)
2	孔隙率	$\geq 20\%$
3	植被种类	根据当地气候及土壤条件选择
4	植被覆盖率	$\geq 80\%$
5	混凝土配合比	水泥:骨料:添加剂 = 特定比例
6	骨料粒径	根据设计要求及施工条件确定
7	添加剂种类	用于提高混凝土强度、改善孔隙结构、促进植被生长的添加剂
8	施工温度	5 ~ 35 °C
9	养护时间	$\geq 14$ 天
10	施工质量要求	确保混凝土均匀、密实, 孔隙分布均匀, 植被生长良好

植被生态混凝土护坡技术应用阶段, 从上到下分别是护脚、混凝土格构梁、坡顶。该项目设计方案中选择的混凝土强度为 C20 以上, 使基础垫层结构强度合格。按照本项目设计方案, 生态护坡技术应用过程中混凝土厚度 50 ~ 100 mm 之间, 格构梁厚度在 300 mm 以上。除此之外, 生态护坡施工过程中间隔 10 m 设置宽度 15 mm 的伸缩缝, 能够应对热胀冷缩产生的变形影响。

#### 4 水利河道工程生态护坡主要施工工艺及措施

##### 4.1 清理场地

本工程在生态护坡技术应用前先展开场地清理作业, 将地表植被、垃圾全部清理干净, 为后续护坡施工提供基础。(1) 生态护坡作业范围内必须将地表清理干净, 没有任何影响生态护坡的杂物。(2) 如果生态护坡施工过程中开挖深度在 50 cm 以内, 填方高度相对较小, 可留下原有植物, 但需要将直径超过 50 cm 的大树墩清理掉。(3) 生态护坡技术施工过程中对现场展开全面勘察, 如果存在地下管线需积极联系相关部门, 查清后再采取措施, 不能擅自清理<sup>[2]</sup>。

##### 4.2 定点放线

(1) 根据水利河道工程生态护坡设计方案加强测量放线, 精准标注施工位置、开挖厚度、填土高度, 使得各项数据具备较高的精准性, 为后续施工作业顺利开展提供基础。(2) 对现场地势较为平坦的条件下, 采用 GPS 或全站仪精准测量, 确保各个点位精度合格, 并且插入木桩标记。(3) 通过技术人员对现场的自然地形条件展开测量, 确定边界线<sup>[3]</sup>。

##### 4.3 植被生态混凝土护坡土方的填筑

植被生态混凝土护坡施工过程中先进行坡面整治, 清理掉杂物且保持坡面平整性, 坡度在 1:0.7 以内以保证混凝土浇筑作业施工顺利开展。按照设计方案中的高程、深度、宽度的相关尺寸, 明确开挖压顶、坡脚槽以及框格槽, 框格大小结合边坡地质条件确定, 通常单块面积在 8 m<sup>2</sup> 以内, 防止发生地基不均匀沉降的问题。现场开挖作业阶段加强测量放线, 确保开挖平面位置、标高、控制桩号、边坡坡度符合技术要求, 各项参数达到设计标准。按照技术方案进行土工布铺设并浇筑厚度 15 cm 的生态混凝土, 使混凝土外表平整、振捣适度, 并且避免发生沉降问题。

##### 4.4 植被生态混凝土护坡土方的压实

生态混凝土材料铺设作业开始前进行基层结构处理, 使其压实度达到技术标准。压实作业阶段以振动压路机为主, 并保证每层填土厚度在 30 cm 以内以提高压实度效果。压实作业阶段严格控制振动压路机行驶速度, 设定为 2 ~ 4 km/h, 并根据现场实际情况调整振动频率, 使其压实度效果合格。振动频率调节时主要分析土壤类型、含水率, 通常将其设定为 25 ~ 30 Hz。在基础结构分层填筑完成后, 每层压实结束后检测压实度, 采用核子密度仪或灌砂法进行, 保证压实度超过 90%。压实的过程中针对边缘位置适当增加压实遍数, 通常在 5 遍以上, 确保边缘位置强度合格, 避免出现失稳现象。针对特殊的地质条件, 如软土地基采用换填预压的方式提高地基结构承载力和稳定性, 压实结束后进行表面平整处理, 确保表面无坑洼, 后续生态混凝土铺设作业顺利开展<sup>[4]</sup>。

##### 4.5 植被生态混凝土护坡地面铺装流程

1. 放线: 根据设计方案标注的平面布置图测量放线, 并且在关键位置标注坐标点, 设置桩位定点, 包含道路中心线转交点、圆曲线, 使得各项参数达到精准性指导后续施工作业顺利开展。

2. 挖路床土方: 根据现场测量确定的施工区域, 路床铺设轮廓线和挖掘深度, 采用人工挖槽的方式进行路床土方开挖。结合以往工程施工经验, 开挖路床的阶段下沉概率相对较高, 所以需充分分析土质条件, 明确开挖作业深度使其施工效果合格。

3. 基层施工: 按照设计方案进行碎石垫层铺设作业, 并使用设备碾压密实, 再在表面浇筑混凝土垫层结构。

4. 道牙施工: 根据设计方案, 精准测量处道牙施工位置, 其偏差在 2 mm 以下, 使道牙安装精度合格。道牙安装位置标注结束后插入铁钎, 或专用工具挖掘深 15 cm、宽 10 cm 沟槽, 使道牙安装顺利开展。道牙检测结束后将其放入到沟槽内, 并且使用水平尺检测

精度,确保安装后水平度、垂直度达到技术标准。道牙安装完成后使用水泥砂浆弥缝,采用1:2.5比例进行水泥砂浆制作,确保缝隙填充效果合格。缝隙填充时采用抹灰刀将水泥砂浆均匀涂抹在缝隙内部并敲打道牙时,使其和水泥砂浆达到紧密配合的效果。

5. 面层施工:河道生态护坡在面层铺设过程中需考虑到材料类型、形状方面进行试验拼装,确保各缝隙位置具备均匀性、宽度合格。河道生态护坡施工的过程中加强面层施工控制,各位置铺设的精确度达标,并在施工结束的2 h内进行灌缝、扫缝操作。

6. 养护:生态混凝土护坡在施工结束后及时开展养护作业,时间在7 d以上,确保表面的湿润度合格,避免发生开裂的现象并保证平整度达标。

#### 4.6 人工种草护坡绿化工程

人工种草护坡绿化工程在施工中,其最佳的状态是中间位置稍高,逐步向四周或边缘倾斜,其排水坡度为3%,最小应为1%以上,最大坡度45°以下。对于地势相对较为平坦的草坪或地下水位较高的草坪,布置暗沟或明沟排水。根据种植土以及土层处理技术标准并执行下述措施:种植土壤及地下水深度必须满足植物生长需求,保证生态护坡达到技术标准。现场施工结束后检测地下水位,必须保证其在100 cm以上,如果地下水位不足50 cm,属于浅水位,应在现场设置必要的排水设施。植物生长对土壤的需求较高,所以在土壤铺设过程中应保证其厚度满足植物生长需求。

#### 4.7 绿地养护工艺

生态护坡工程完成以后,绿地养护作为重点内容,需根据植物需求与天气变化,安排灌溉时间与水量,避免过湿或过干,同时定期检查灌溉设施为植物提供稳定的水分供应。考虑到护坡植被的生长系数,日常养护时需定期做好施肥工作,一般而言,依据植物生长阶段和土壤肥力,选用肥料种类与施用量,且运用穴施、沟施或叶面喷施方式为植物补充必要的营养元素。另外,需要根据实际情况,采用生物、物理和化学方法进行病虫害的治理与预防,控制病虫害的发生与蔓延。此外,杂草控制过程中,通过人工除草和化学除草相结合的方式,清除绿地的杂草,防止其与植物争夺养分和生长空间。

### 5 生态护坡施工效益分析

#### 5.1 生态效益

1. 浆砌石硬化护坡的结构形式虽然能够保证边坡结构具备较高的稳定性,但并未考虑到河道投入使用过程中其生态环保性,容易造成生态环境破坏,河道生态系统也会出现退化现象。水利工程河道作为重要的生态系统,采用生态护坡施工技术,将河道边坡混凝土、植被

融合形成整体,达到生态系统改善的效果,既能够保证河道结构的稳定性,也能恢复河道生态自然环境。植被生态混凝土护坡技术应用之后,护坡顶部设置高孔隙率多生物生长带,构建形成完善的生物系统保持生物多样性,对改善河道生态自然环境有积极作用<sup>[5]</sup>。

2. 植被生态混凝土护坡施工技术应用后避免发生严重水土流失现象,即使在强降雨天气条件下也能保证护坡土壤的稳定性,具备较高的抗侵蚀能力。从河道植物复绿方面展开分析表明,采用植被生态混凝土护坡技术能够改善河道生态自然环境,提高二氧化碳、灰尘的吸收效果,保证生态环境不受侵蚀和损害。

3. 植被生态混凝土护坡施工技术应用后提高植被混凝土绿化效果,使得河道原始视觉效果得到改善,使其具备较高的美观性,也能够提升河道绿化覆盖率。

#### 5.2 经济效益

植被生态混凝土护坡施工技术经济效益提升较为明显,与传统硬化护坡技术对比,采用该技术能够降低建设和运营的成本。通过大量实际案例分析,采用植被生态混凝土护坡技术,其与传统的硬化护坡技术对比,项目施工成本降低10%左右,具备较高的经济效益。

### 6 结束语

生态护坡施工技术应用对于实现水利工程与生态环境的和谐共生具有重要意义,能够有效改善河道生态自然环境,满足水利工程运行安全性、可靠性、稳定性需求。生态护坡施工技术应用阶段,需分析水利河道工程建设和运行实际情况选择合理的施工方法,避免给水利河道工程的运营安全造成不利影响,能够保障生态环境安全。未来,还需不断探索和创新生态护坡技术,以适应不断变化的环境挑战,推动我国生态水利工程向着更加绿色、和谐的方向发展,为我国水利工程建设事业发展提供技术保障。

#### 参考文献:

- [1] 浦东新区环境保护和市容卫生管理局.浦东新区水污染防治目标责任书[R].上海:浦东新区环境保护和市容卫生管理局,2016.
- [2] 浦东新区水务局.关于进一步加强浦东新区河道综合管理养护工作的实施意见[Z].上海,浦东新区水务局,2018.
- [3] 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.
- [4] 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,2023,08(13):89-91.
- [5] 蔡海艇,丁海涛,肖志乔,等.水处理技术在重污染河道治理中的应用[J].上海水务,2017(02):52-53,59.