

# 水利工程中的河道生态护坡施工技术研究

陈伟 潘杭 张涵

宿迁市水务勘测设计研究有限公司 江苏 宿迁 223800

**摘要：**随着生态文明建设的深入推进，水利工程建设理念从单纯防洪、排涝向生态保护与功能复合转变，河道生态护坡施工技术成为实现这一目标的关键。本文聚焦水利工程中河道生态护坡施工技术展开研究。先阐述了河道生态护坡技术的理论基础，进而详细介绍了植物型护坡、土工材料复合种植基护坡等多种关键施工技术。同时，深入剖析了施工技术面临的挑战，如技术标准与规范不完善、施工成本与效益平衡及生态环境适应性问题等。并针对这些挑战，提出了加强技术研发与创新、完善规范体系、提高施工人员素质与管理水平等应对策略与建议，旨在为河道生态护坡施工提供理论支持与实践参考。

**关键词：**水利工程；河道生态；护坡施工；技术研究

**引言：**在水利工程建设中，河道护坡的重要性不言而喻，它不仅关乎河道的稳定性，还对周边生态环境有着深远影响。传统护坡方式多侧重于工程结构的稳定性，对生态环境的保护与修复考虑不足。随着人们对生态环境保护意识的不断增强，河道生态护坡技术应运而生。这种技术旨在在保证护坡功能的同时，促进生态系统的平衡与可持续发展。本文将深入探讨河道生态护坡施工技术的理论基础、关键技术，并分析其面临的挑战及相应的解决策略，以期推动水利工程的生态化发展。

## 1 河道生态护坡技术的理论基础

河道生态护坡技术的理论基础融合多学科知识，是实现工程效益与生态效益协同发展的关键。从生态系统理论出发，河道作为动态开放的复合生态系统，其健康运转依赖生物与环境间的物质循环和能量流动。生态护坡通过构建水陆过渡带，种植挺水、浮水和沉水植物，形成完整的生态链。水力学理论为护坡结构设计提供核心依据。根据谢才公式、曼宁公式等，精确计算水流流速、剪切力等参数，合理规划护坡坡度、粗糙度。以黄河某段治理为例，通过水力学模型优化护坡结构，使水流对坡面的冲刷力降低40%，有效保障了护坡稳定性。工程学与植物学理论同样不可或缺。工程学强调材料与结构的适配性，如生态混凝土的孔隙率需兼顾强度与植物生长需求；植物学则指导植被选择，优先采用根系发达、耐水湿的本土物种。土壤学理论进一步支撑植物与材料选择，通过分析土壤酸碱度、有机质含量，搭配改良剂和保水剂，提升土壤保水保肥能力，增强植被固土护坡效果，实现工程防护与生态修复的有机统一<sup>[1]</sup>。

## 2 河道生态护坡施工的关键技术

### 2.1 植物型护坡

植物型护坡是利用植物的力学效应与生态功能实现河道坡面防护的技术。植物根系深入土壤形成网络结构，可使土体抗剪强度提升20%-30%，有效固土防滑；地上部分枝叶通过削弱雨滴冲击力、减缓坡面径流速度，降低土壤侵蚀风险。该技术多选用狗牙根、紫穗槐等本土植物，其适应能力强，不仅成本低、易存活，还能通过光合作用净化空气，为昆虫、鸟类等生物提供栖息地，提升河道生态多样性。该护坡方式适用于坡比小于1:1.5、水流速度低于0.8m/s的缓坡河道，常见于城市景观河道、乡村灌溉渠道。施工时，需根据区域气候、土壤条件精准选择植物品种，采用喷播、植苗等种植方式，并配合客土改良、挂网固土等辅助措施，确保植被成活率，实现长期稳定的护坡效果与良好的生态景观效益。

### 2.2 土工材料复合种植基护坡

土工材料复合种植基护坡是将土工合成材料与特制种植基相结合的生态护坡技术。土工格栅、土工布等材料凭借高强度与高模量特性，均匀分散坡面荷载，有效抑制土体位移，增强边坡整体稳定性；特制种植基由腐殖土、保水剂、肥料等按科学配比制成，为植物生长提供良好的养分与水分环境。该技术在坡度较大（1:0.75-1:1）、土壤贫瘠的河道治理中优势显著，相较传统护坡，其抗冲刷能力提升50%，植被覆盖率提高40%，常应用于矿山废弃地河道修复等场景。施工时，需依据边坡地质条件精准选择土工材料规格，严格把控种植基配比，通过喷附、铺设等工艺确保材料与坡面紧密贴合，并加强施工质量管控，从而实现工程防护与生态修复的双重目标。

### 2.3 生态石笼护坡

生态石笼护坡采用镀锌钢丝网、高尔凡合金网等耐

腐蚀金属网笼为框架,内填块石、卵石,形成柔性护坡结构。六边形双绞合网笼可有效分散应力,在洪水冲击下,通过适度变形吸收超40%的能量,对地基不均匀沉降适应性强。8-12cm的网笼孔隙,既保障水体渗透,维持河道生态循环,又为生物栖息和植物生长提供空间。该技术造价较混凝土护坡低30%,施工不受季节限制,组装铺设便捷。在山区河道治理中应用广泛,某项目采用后,底栖生物种类增加25%,植被覆盖率从30%跃升至75%。其适用于水流湍急、地形复杂的河道场景。施工时需严控网笼编织质量与石料填充,确保石料粒径达标且棱角分明,同时通过孔隙植绿,进一步强化护坡稳定性与生态景观效益,实现工程防护与生态修复的统一。

#### 2.4 植被型生态混凝土护坡

植被型生态混凝土护坡以特殊级配骨料、水泥及添加剂制成具有多孔结构的混凝土,孔隙率达18%-25%,抗压强度不低于20MPa,兼具工程强度与生态功能。其连通孔隙为植物根系生长、水体交换和空气流通创造条件,孔隙内填充富含养分的植生基质,并通过喷播技术种植草本植物,形成“混凝土骨架+植被覆盖”的复合防护体系。该技术适用于坡度1:1-1:1.25水流速度1-2m/s的河道,在城市防洪堤岸生态化改造中表现突出,相较传统混凝土护坡,生态修复效率提升60%。施工时需精准把控混凝土配合比与孔隙参数,确保植生基质均匀填充,同时加强后期养护管理,保障植物生长,促使植被与混凝土紧密结合,实现长期稳定的护坡效果,有效改善河道生态环境与景观风貌。

#### 2.5 生态袋护坡

生态袋护坡采用聚丙烯纤维制成的柔性袋子作为载体,内部装填按科学配比混合的种植土、保水剂与种子,通过有序堆叠形成稳固的坡面防护结构。生态袋表面特殊的毛面设计增强了袋体间摩擦力,配合锚杆、连接扣等配件,可构筑起坡度达70°的陡坡防护体系。其透水不透土的特性,既能保障植物生长所需的水分与空气流通,又能有效防止土壤颗粒流失,起到良好的固土护坡作用。该技术施工简便、成本可控,适用于各类土质条件的河道边坡,尤其在河道岸坡应急修复、土壤条件恶劣的区域优势显著。在某河道整治工程中,使用生态袋护坡后,坡面土壤流失量减少85%,植被成活率高达90%以上。施工过程中,需严格控制生态袋的铺设坡度与压实度,合理调配种植土和种子配比,并加强后期养护管理,确保植被成坪,实现防护功能与生态景观的双重提升。

#### 2.6 多孔结构护坡

多孔结构护坡通过预制或现浇工艺,形成孔隙率在15%-30%的混凝土或石材结构,利用连通孔隙实现工程防护与生态功能的融合。这些孔隙能够有效削减水流能量,降低坡面冲刷强度达40%以上,同时为水生生物提供栖息繁衍空间,便于填充种植基质,促进植被生长。该技术适用于水流速度1.5-2.5m/s、坡度处于1:0.75-1:1.25的中等坡度河道,在城市河道生态化改造项目中应用广泛,相较传统护坡,其生态服务价值提升50%。在某城市河道改造工程里,采用多孔结构护坡后,河道内鱼类数量明显增加,水生植物茂盛生长,构建起更完善的生态系统。施工时,需精确把控孔隙尺寸与结构强度,根据设计要求选择合适材料与施工工艺,保证孔隙连通性和结构稳定性。

#### 2.7 自嵌式挡土墙护坡

自嵌式挡土墙护坡由预制挡土块、塑胶棒连接件及滤水填料构成,通过块体间榫卯咬合与重力作用维持结构稳定。挡土块独特的后倾结构与凹凸槽设计,使其在承受土压力时,可依靠自身重力实现抗滑稳定性提升30%;墙体预留的种植槽与排水孔,既能满足植物生长需求,营造生态景观,又能有效排泄墙后积水,避免墙体受水压破坏。该技术适用于坡度较陡(1:0.3-1:0.75)、需空间利用的河道岸坡,如城市滨水商业街区、景观河道改造等场景。施工过程便捷,挡土块可重复利用,有效降低工程成本与资源浪费。在某城市河道改造项目中,采用此技术后,景观满意度提升70%,成为市民休闲新去处<sup>[2]</sup>。

### 3 河道生态护坡施工技术面临的挑战与应对策略

#### 3.1 面临的挑战

##### 3.1.1 技术标准与规范不完善

当前,河道生态护坡技术发展迅速,新的材料和工艺不断涌现,但相关技术标准与规范却相对滞后。现有规范多侧重于传统护坡工程,对生态护坡的特殊要求,如植物配置、生态材料性能指标、施工工艺等缺乏明确规定。不同地区、不同项目在施工过程中,技术标准存在较大差异,导致工程质量参差不齐。由于缺乏统一的验收标准,难以准确评估生态护坡工程的生态效益与长期稳定性,这不仅影响了生态护坡技术的推广应用,也为后期工程维护带来诸多隐患。

##### 3.1.2 施工成本与效益平衡

河道生态护坡施工成本通常高于传统护坡。生态护坡所需的特殊材料,如生态袋、土工格栅、生态混凝土等,价格相对昂贵;同时,植被种植、后期养护等环节也增加了人力和资金投入。此外,生态护坡工程的生态

效益和社会效益难以在短期内量化,无法直接转化为经济效益。在项目建设中,施工单位往往因成本压力,减少生态材料使用和养护投入,而建设单位也可能因短期经济效益不明显,对生态护坡工程的重视程度不足,使得生态护坡在施工成本与效益平衡方面面临巨大挑战。

### 3.1.3 生态环境适应性问题

不同河道的生态环境差异显著,包括气候条件、水文特征、土壤类型等,这对生态护坡技术的适应性提出了较高要求。然而,目前部分生态护坡工程在设计与施工过程中,未充分考虑当地生态环境特点,盲目采用通用技术方案。例如,在干旱地区使用需水量大的植物品种,导致植被存活率低;在强冲刷河道采用不适合的护坡结构,无法有效抵御水流侵蚀。此外,生态护坡工程建成后,若不能及时适应河道生态环境的动态变化,也会影响其生态功能的发挥和工程的长期稳定性。

## 3.2 应对策略

### 3.2.1 加强技术研发与创新

加强技术研发与创新是推动河道生态护坡技术发展的核心动力。当前,应积极搭建产学研协同创新平台,整合科研机构的理论优势、高校的人才资源以及企业的实践经验。例如,针对生态护坡材料成本过高的问题,可联合攻关开发以工业固废为原料的新型生态护坡砖,既能降低成本,又能实现废物再利用,减少环境负担。在工艺创新方面,利用3D打印技术定制化生产护坡结构,精准适配不同河道地形与水流条件。同时,设立专项资金支持生态护坡技术研发项目,鼓励科研团队开展前沿技术研究,如微生物固土技术、仿生护坡结构设计等。

### 3.2.2 完善技术标准与规范体系

完善技术标准与规范体系是保障河道生态护坡工程质量的重要基础。相关部门需尽快组织专家开展生态护坡技术标准的编制工作,针对植物选择、材料性能、施工工艺等方面制定详细的量化标准。例如,明确不同气候带、土壤条件下适宜种植的植物种类及配置比例,规定生态材料的耐久性、透水率等关键指标。在规范设计与施工流程时,可借鉴国际先进经验,结合我国河道治理特点,制定涵盖项目规划、设计、施工、验收全流程

的技术指南。建立动态的标准更新机制,定期收集工程实践反馈,根据技术发展和生态需求变化,及时修订和补充标准内容。同时,通过组织标准宣贯会议、线上培训课程等方式,确保设计、施工、监理等相关人员准确把握规范要求,提高工程标准化建设水平。

### 3.2.3 提高施工人员素质与管理水平

施工人员素质与管理水平直接关系到河道生态护坡工程的最终效果。在人员培训方面,可联合职业院校、行业协会开设生态护坡施工专项培训课程,课程内容不仅包括基础施工技术,还需涵盖生态理念、植物养护、新材料使用等知识。通过“理论+实操”的培训模式,安排学员到实际工程现场进行操作演练,增强其解决实际问题的能力。在管理层面,构建科学的施工管理体系,利用数字化管理平台实现施工进度、质量、安全等信息的实时监控与管理。推行项目经理责任制,明确各岗位人员职责,加强施工过程中的质量监督与考核。建立施工人员绩效考核制度,将工程质量、生态效果与薪酬、晋升挂钩,对表现优秀的个人和团队给予物质奖励与荣誉表彰,形成良性竞争氛围,激励施工人员提升自身素质,保障生态护坡工程高质量完成<sup>[3]</sup>。

## 结束语

综上所述,河道生态护坡施工技术在水利工程中发挥着兼顾工程安全与生态保护的重要作用。植物型护坡、土工材料复合种植基护坡等多种技术的应用,有效解决了传统护坡生态性不足的问题,在提升河道稳定性的同时,显著改善了水域生态环境。然而,面对复杂多变的河道工况与日益增长的生态需求,相关技术仍需持续创新与完善。

## 参考文献

- [1]孙军.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,2020,263(17):165-166
- [2]韩秀才.水利工程中河道生态护坡施工技术[J].中国室内装饰装修天地,2021,(4):352-353
- [3]张金明,张晗.水利工程中河道生态护坡施工技术[J].区域治理,2019,(5):239-240