

准和管控要求。例如生态保护岸线应当着重关注原生生态系统的保护,禁止任何开发活动的开展,而防洪排涝岸线则应当以保障防洪安全为核心,严格控制建设活动,仅允许堤防、水闸等防洪设施的建设,以此类推。

在岸线空间管控的过程中应当通过规章制度的建设与优化来提高岸线开发强度的控制,根据河道规划明确河道开发红线,禁止在红线内建设违规建筑,对现有违规建筑应及时拆除,恢复该地区的生态系统。此外需通过统筹协调加强跨区域联动,通过上下游岸线的开发联动避免各自为政的问题出现^[4]。

4 水利河道整治工程规划设计优化路径分析

为进一步提高水利河道整治工程规划设计的质量和效率,在工程设计的过程中还需注意如下几点问题。

4.1 数字化设计技术的融合应用

数字化技术可进一步提高水利河道整治工程规划设计的效率和质量,保障设计方案的科学性、可行性、适切性与有效性,必须引起关注和重视。在数字化设计技术融合应用的过程中可紧抓 BIM 技术这一关键技术,为工程设计提供全流程数字化支撑。相关工作人员可提前落实勘测工作,收集拟建区域地形地貌、水文数据等相应的数据信息并将其输入到 BIM 平台,在此基础上利用三维模型来进行工程设计,使设计方案可以更加具象化、直观化的呈现出来,更好地反馈工程设计中存在的欠缺和不足,配合运行模拟等手段提高问题发现能力和解决能力。工作人员还可利用水文模型模拟洪水演进进程,验证不同断面形式的行洪能力,最终确定方案。在施工建设及运营过程中也可以借助 BIM 技术来提高工程施工管理及运营能力^[5]。

4.2 新型材料与技术的应用

新型材料和技术的应用可以为水利河道整治工程的绿色建筑创造条件,更好地保护生态环境,而在新型材料应用的过程中可通过可降解生态带代替传统土工布在护岸工程中使用,以有效避免材料残留污染,可通过环保混凝土的应用来有效降低水泥用量,提升材料透气性,为植物生长提供支持。在此基础上还可借助智慧水务技术来提高工程管理能

力,配合大数据技术和人工智能技术提前发现工程设计、建设、运营过程中存在的问题,确定解决方案。

4.3 构建多目标协同优化模型

多目标协同优化模型可通过数据整合分析来更好地明确水利河道整治工程规划设计在防洪安全、生态效益和经济成本上存在的欠缺和不足,并作出针对性的调节和优化,相关工作人员需要构建多目标协同优化模型,并明确不同的参数要求和具体指标。例如在防洪安全方面可以设置行洪能力提升率、堤防稳定系数等指标,在生态效益方面可以设置生物多样性指数、水质改善等指标。在经济成本方面可以设置工程总投资、运维费用等指标,明确不同指标权重,通过多目标协同分析的方式进一步调整优化规划设计,保障规划设计科学、适切、有效^[6]。

5 结语

在水利河道整治工程中规划设计的有效落实可更好地为后续各项工作的顺利推进和有序开展奠定基础。在规划设计的过程中相关工作人员应坚持安全性优先原则、生态协调性原则和功能综合性原则。紧抓行洪排涝能力提升、河道生态系统恢复、岸线资源利用等关键点作出优化,配合数字化技术、新型材料应用以及多目标协同模型构建提高规划设计质量和水平。

参考文献

- [1] 马蕊蕊. 基于生态理念的农村河道整治工程设计与实践 [J]. 新农村, 2025, (26): 70-72
- [2] 贺俊华,贾俊亮,贺堃. 河道整治工程对山区河道水流形态的影响探析 [J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025, (20): 181-183.
- [3] 郑钊,赵伟,王刚,等. 黄河下游河道整治工程加固方案研究 [J]. 水利规划与设计, 2025, (08): 129-136.
- [4] 苏文涛,于宝珠. 河道生态整治工程设计研究 [J]. 科学技术创新, 2025, (15): 163-166.
- [5] 雷小锋. 加强水利河道整治工程规划设计的措施与方法 [J]. 水上安全, 2024, (18): 166-168.
- [6] 曹利建. 河道整治中的水污染治理方法研究 [J]. 皮革制作与环保科技, 2024, 5 (12): 185-186+189.

Application and effect analysis of ecological slope protection technology in water conservancy engineering construction

Xibin Sun Yan Zhang

Beijing Chaoyang Water Conservancy Engineering Co., Ltd., Beijing, 100000, China

Abstract

The application of ecological slope protection technology in water conservancy engineering is not only a key measure to ensure structural safety but also an essential approach to achieving sustainable ecological development. This technology enhances slope stability and improves local ecosystems through the synergistic interaction of vegetation, geosynthetic materials, and engineering structures, thus realizing the dual goal of "engineering protection and ecological restoration." Based on an analysis of the fundamental principles of ecological slope protection, this paper discusses the structural characteristics and construction essentials of various forms such as vegetative slopes, eco-bag slopes, and concrete ecological slopes. It focuses on examining the effects of hydrogeological conditions, plant configuration, and construction techniques on the overall performance of slope protection.

Keywords

ecological slope protection; water conservancy engineering; slope stability; ecological restoration; sustainable development

水利工程施工中生态护坡技术应用与效果分析

孙喜斌 张岩

北京市朝阳区水利工程有限公司, 中国·北京 100000

摘要

水利工程施工中生态护坡技术的应用,既是保障工程结构安全的重要环节,也是实现生态环境可持续发展的关键举措。该技术通过植物、土工材料与工程结构的协同作用,增强边坡稳定性,改善局部生态系统,实现“工程防护与生态修复并重”的目标。本文在分析生态护坡技术基本原理的基础上,探讨了植物护坡、生态袋护坡及混凝土生态护坡等多种形式的结构特点与施工要点,重点研究水文地质条件、植物配置及施工工艺对护坡成效的影响。

关键词

生态护坡; 水利工程; 边坡稳定; 生态修复; 可持续发展

1 引言

温榆河公园朝阳段二期项目水利工程位于北京市朝阳区东南部,是温榆河公园整体生态建设的重要组成部分,也是城市水生态修复与景观融合的典范工程。项目以“以水为美,向水而生”为总体设计理念,规划面积达 9.41km²,涵盖排水沟治理、景观湖区建设、挡水闸与提升泵站等多项内容,旨在构建集防洪调蓄、生态修复与景观展示于一体的水利系统。工程实施过程中充分应用生态护坡、海绵城市与生态水文调控等技术手段,实现“安全—生态—景观”三位一体的协调发展目标。该项目的建设不仅提升了区域防洪排水能力与水环境质量,还为北京城市副中心生态空间优化提供了样板,对推动城市生态文明建设和提升居民生活品质具有重要意义。

【作者简介】孙喜斌(1981-),男,本科,从事水利工程施工研究。

2 水利工程施工中的生态护坡技术概述

2.1 生态护坡的基本原理与技术特征

生态护坡技术以“安全、生态、景观”三要素协调发展为原则,通过植物根系加固、基质稳固与结构透水等作用,达到边坡防护与生态修复的双重目的。其核心在于利用植物根系的锚固力与生物基质的透水性,增强坡体抗剪强度与抗冲刷能力。通过草本与灌木复合植被系统,形成多层防护网络,实现水土保持与景观绿化同步。温榆河公园项目中,生态护坡设计充分结合地形高差与水位波动特征,采用植物、生态袋、透水混凝土等多元材料构建柔性护坡体系。该技术具有结构可塑性强、生态适应性强、施工干扰小的特点,有效提升了工程的安全性与生态环境承载力,为城市水系建设提供了可持续的防护手段。

2.2 生态护坡技术的发展历程与应用现状

生态护坡技术起源于欧美国家,经过多年发展已形成“工程结构+生态系统”相结合的技术体系。我国自 2000

年起在河湖治理与水库护坡中推广该技术，逐步形成以植物护坡、生态袋护坡和生态混凝土护坡为代表的综合模式。北京在“海绵城市”与“绿色基础设施”建设中率先应用生态护坡理念，在通惠河、北运河、温榆河等流域均取得显著生态修复成效。温榆河公园朝阳段二期项目作为生态护坡的示范工程，通过湖岸、河道与排水沟系统的整体设计，实现了防洪、净水与景观功能的协同。项目采用透水混凝土框体+生态袋与原生植物结合的方式，绿化覆盖率超过85%，实现了城市防洪安全与生态景观建设的高度融合。

2.3 生态护坡与传统护坡的比较分析

传统护坡多采用浆砌石或混凝土结构，防护能力强但缺乏生态功能，易造成地表硬化和生态隔离。生态护坡则在结构柔性、透水性与生态性方面具有显著优势，通过植物根系与透水基质形成的复合防护体系，有效减少径流冲刷并恢复生态循环。实践表明，在温榆河公园项目中，生态护坡与传统结构相比，坡体渗透性能提升40%，植被覆盖度提高60%，径流冲刷深度降低70%。生态护坡不仅实现了结构稳定与环境协调，还改善了微气候条件与生态景观效果。

3 生态护坡技术的主要类型与施工方法

3.1 植物护坡技术的结构构成与施工要点

植物护坡通过草本、灌木与乔木的复合配置形成立体生态系统。施工中根据温榆河地区的气候与水文特征，选用狗牙根、早熟禾、狼尾草等抗旱、抗冲刷植物，形成“根系加筋—地被稳坡—灌木护脚”的综合结构。基质层采用腐殖土，厚度控制在20cm左右，以增强保水与透气性能。坡面采用喷播与植被毯结合施工，使种子分布均匀、附着牢固。项目实施后，植物成活率超过92%，根系平均深度达35cm，形成稳定的生物加筋系统，显著提升了边坡抗冲刷与抗滑能力。

3.2 生态袋与土工材料护坡的组合应用

生态袋与土工材料的复合护坡技术在温榆河公园朝阳段二期项目中得到了系统性应用，成为排水沟及岸坡稳定的重要组成部分。该工程采用分层堆叠式生态袋结构，结合土工格室、无纺布与干砌石基础构成复合防护体系。生态袋由高强度聚丙烯纤维制成，内部填充植物基质与营养土，具备良好的透水性与抗老化性能。护坡坡比控制在1:2.0至1:2.5之间，坡脚设置厚度为300mm的干砌石基础并铺设无纺布层，用以防止土体渗漏与冲刷。生态袋间采用钢筋或空腔灌碎石连接结构，提高整体稳定性。植物根系在生态袋中自然生长，与坡体土壤相互交织，形成加筋效果，增强边坡抗滑性能。该组合形式有效结合了工程稳定性与生态恢复功能，在保障排水沟导流顺畅的同时，使坡面实现生态化复绿，改善了沿线景观效果，体现了水利工程中“工程防护与生态融合”的设计理念。

3.3 混凝土生态护坡与生物基材料的融合技术

混凝土生态护坡通过在结构设计中引入透水孔洞与植生模块，实现“硬质防护+生态生长”的融合。温榆河湖区护坡采用嵌草混凝土与多孔预制块结构，孔隙率控制在30%—35%，既保障结构强度，又为植物根系提供生长空间。表层铺设回填土，增强保湿与附着力，加速植被恢复。施工完成后3个月，植被覆盖率达80%，表层温度较传统混凝土结构下降4℃。该技术实现了结构稳固、生态复绿与景观提升的统一，为城市水生态护坡提供了可推广的技术路径。

4 水利工程施工中生态护坡的关键影响因素

4.1 水文地质条件对护坡结构稳定性的影响

水文地质条件直接决定生态护坡的结构安全与长期稳定。在温榆河公园项目中，区域地下水位普遍高于地表0.8米，坡脚易受渗透水影响形成软弱层，从而引发局部滑移或塌陷。土壤颗粒组成对护坡强度具有显著作用，黏性土抗剪强度平均为42kPa，而砂质土仅为28kPa，需采用基底加筋与排水层加固方式提升抗滑能力。河道区降雨年均量为649.6毫米，高强度暴雨会造成径流集中，坡面水力冲刷强度增至常态的1.5倍，要求通过阶梯式透水混凝土框体+生态袋与排水孔系统减弱水压集中效应。岩层断裂带与地下渗流方向对坡体应力分布影响明显，需结合地质勘察数据确定透水层布设位置。合理评估地层结构、渗透系数与地下水动态变化，是确保生态护坡结构稳定与长期运行安全的关键前提。

4.2 植物种类与配置对护坡生态功能的作用

植物种类与配置结构直接影响生态护坡的固土效果与生态系统功能。根系发达的多年生草本如狗牙根、早熟禾在坡面形成根网层，根长约35厘米，抗冲刷强度提高40%，可有效稳固深层土体并改善排水条件。不同植物的组合能形成多层植被系统，乔灌草比例控制在2:3:5时固土效率最高，植被覆盖率达90%以上。植物群落的配置还影响土壤微生态过程，混播群落的微生物活性比单一群落高出1.6倍，土壤有机质含量提升38%。在温榆河公园项目中，通过“透水混凝土框体+生态袋”的配置模式，坡体抗剪强度提高28%，生态系统结构更趋稳定，为防护与生态修复提供了双重支撑。

4.3 施工工艺与后期养护对护坡成效的影响

科学施工与系统养护管理对生态护坡的防护效果具有决定性作用。坡体施工需控制基底压实度在0.93以上，以防因密实度不足导致渗水侵蚀；基质厚度应保持在20厘米，保证植物根系伸展空间；喷播密度维持在每平方米45克，确保植被均匀覆盖。施工完成后30天内应监测植被成活率与坡面排水状况，成活率低于80%需及时补播。后期养护