

水利工程施工水土保持治理技术应用与思考

刘海雷¹ 吴锦² 蒋涛¹ 张仲禹³

1 江苏淮源工程建设监理有限公司

2 淮安市淮安区渠南水利管理所

3 淮安市淮安区茭陵抽水站

DOI:10.32629/hwr.v10i8.7104

[摘要] 水利工程是流域水安全保障与水资源调配的核心基础设施,其施工过程中的地表扰动极易引发水土流失问题,对区域生态系统稳定性与工程长期运行安全构成双重影响。在生态文明建设深度融入工程建设领域的背景下,水土保持治理已从单一的防护措施升级为贯穿施工全周期的系统性工程。本文围绕水利工程施工场景的水土流失特征,梳理源头防控、过程治理、生态修复与动态监测四类核心治理技术的应用逻辑,结合工程实践中的现存短板,提出全周期协同管控、场景化技术适配、责任体系完善等落地路径,并从近自然治理、功能协同增益、智慧化转型等维度展开深层思考,以期对水利工程生态化建设与流域生态保护协同推进提供理论参考与实践思路。

[关键词] 水利工程施工; 水土保持; 生态治理; 全周期管控; 近自然修复

中图分类号: TV5 文献标识码: A

Application and Reflection on Soil and Water Conservation Technology in Hydraulic Engineering Construction

Hailai Liu¹ Jin Wu² Tao Jiang¹ Zhongyu Zhang³

1 Jiangsu Huaiyuan Engineering Construction Supervision Co., Ltd.

2 Huai'an City Huai'an District Qunnan Water Conservancy Management Station

3 Huai'an City Huai'an District Aigeng Pumping Station

[Abstract] Hydraulic engineering is the core infrastructure for ensuring water security in river basins and regulating water resources. The surface disturbance during the construction process of hydraulic engineering is prone to cause soil erosion problems, which have a dual impact on the stability of the regional ecosystem and the long-term safety of the project. Under the background of deep integration of ecological civilization construction into the field of engineering construction, soil and water conservation has upgraded from a single protective measure to a systematic project throughout the construction cycle. This paper focuses on the characteristics of soil and water loss in the construction scenarios of hydraulic engineering, sorts out the application logic of four core governance technologies including source control, process treatment, ecological restoration and dynamic monitoring, combines the existing shortcomings in engineering practice, proposes implementation paths such as full-cycle collaborative control, scenario-based technology adaptation, and improvement of the responsibility system, and conducts in-depth thinking from dimensions such as near-natural restoration, functional synergy gain, and intelligent transformation, in order to provide theoretical references and practical ideas for the ecological construction of hydraulic engineering and the coordinated promotion of river basin ecological protection.

[Key words] Hydraulic engineering construction; Soil and water conservation; Ecological governance; Full-cycle control; Near-natural restoration

引言

水利工程施工普遍涉及大面积土石方开挖、堆存与场地平

整,人为扰动强度高、影响范围集中,若缺乏系统的水土保持治理,不仅会破坏区域原生植被与土壤结构,还可能造成河道淤

积、边坡失稳等问题,直接影响工程本身的建设安全与流域生态系统的健康。基于此,本文从技术应用与实践优化两个维度展开研究,梳理水利工程施工水土保持的核心技术体系,探讨治理效能提升的可行路径,并对未来发展方向进行思考,为相关工程实践提供参考。

1 水利工程施工水土保持治理的内涵与价值定位

1.1 水利工程施工水土流失的发生特征

水利工程施工引发的水土流失属于典型的人为加速侵蚀,与自然状态下的水土流失存在显著差异。施工过程中,土石方开挖、临时堆土、坝体填筑、场地平整等作业会直接剥离地表植被与耕作层土壤,破坏原地表的抗侵蚀结构,使得土壤失去植被保护与原有固结状态,在水力、风力作用下极易发生侵蚀。此类水土流失的发生,主要分布在施工扰动区域,且与施工进度高度同步,在雨季与大风时段风险显著提升,若不加以管控,短时间内即可造成远超自然侵蚀强度的土壤流失。施工产生的弃土弃渣多为松散堆积体,自身稳定性差,不仅易发生坡面侵蚀,还存在滑坡、泥石流等潜在风险,对周边河道、农田与村落构成安全威胁。

1.2 水土保持治理在水利工程中的核心价值

水土保持治理是水利工程建设生态属性的核心体现,其价值并不局限于土壤流失防控本身。从工程安全维度看,系统的水土保持措施可有效提升边坡、堆渣体的稳定性,减少因水土流失引发的边坡失稳、河道淤积等问题,保障施工阶段的作业安全与工程竣工后的长期运行安全。从生态保护维度看,水土保持可最大程度降低施工对区域生态系统的扰动,保护原生植被与土壤资源,为施工迹地的生态恢复奠定基础,维护流域生态系统的完整性与生物多样性。从流域发展维度看,水利工程本身承担着水资源调配、防洪减灾等公共功能,水土保持治理可将工程建设与流域生态保护协同推进,避免工程建设引发新的生态问题,助力流域生态保护与高质量发展目标的实现。

1.3 施工全周期水土保持的底层逻辑

水利工程水土保持治理的核心逻辑,是从传统的末端补救转向全周期的系统性防控。全周期管控逻辑则要求将水土保持理念融入工程设计、施工准备、现场作业、竣工收尾的各个阶段,在设计阶段充分考量施工扰动的生态影响,优化施工布局以减少不必要的地表破坏;在施工阶段落实各项防护措施,实现扰动与防护同步推进;在竣工阶段完成迹地生态修复,形成“源头减量-过程管控-末端修复”的完整治理链条。这种逻辑下,水土保持不再是独立于工程建设的附加任务,而是与施工流程深度融合的必要环节。

2 水利工程施工水土保持治理的核心技术应用体系

2.1 施工扰动区的源头防控技术

源头防控是水土保持治理的核心环节,核心目标是最大限度减少施工过程中的地表扰动范围与强度,从根源上降低水土流失风险。表土剥离与保护技术是源头防控的基础技术,在施工准备阶段对工程占地区域的表层熟土进行分层剥离、集中堆存

与防护,待工程竣工后将表土回覆于迹地修复区域,可有效保护珍贵的土壤资源,为后续植被恢复提供优质基质。施工分区管控技术则通过优化施工总布置,将施工营地、堆渣场、施工道路等临时设施集中布局,严格限定施工活动的扰动边界,避免对施工范围外的原生植被造成破坏,实现扰动范围的精准管控。

2.2 堆渣与边坡防护的过程治理技术

过程治理技术主要针对施工过程中形成的裸露边坡、弃渣堆体等高危侵蚀区域,通过工程措施与生态措施的结合实现水土流失的精准防控。边坡防护领域,生态复合护坡技术已逐步替代传统的纯硬化护坡,将锚杆、格构等工程防护措施与植被种植相结合,既可以提升边坡的结构稳定性,又能通过植被根系固结土壤、截留雨水,实现防护功能与生态功能的统一。弃渣场治理方面,分层碾压与拦挡排水组合技术是核心应用,对弃渣进行分层填筑压实以提升堆体自身稳定性,在堆渣体下游布设拦渣坝、挡渣墙等拦挡设施,同时配套建设截水沟、排水沟与沉沙池组成的排水系统,引导坡面径流有序排放,避免径流直接冲刷堆渣体造成流失。对于临时施工道路边坡,多采用柔性防护与临时植草结合的方式,在满足施工通行需求的同时降低道路沿线的侵蚀风险。

2.3 施工迹地的生态修复技术

生态修复技术应用在施工收尾阶段,主要工作是对被施工扰动的区域进行生态重建,恢复该区域的植被覆盖与生态功能,乡土物种适配技术是生态修复的核心基础,按照工程所在地的气候、土壤条件,筛选本土的乔木、灌木与草本物种,采用乔灌木结合的立体配置方式,既可以提高植被的成活率与适应性,又能搭建接近原生群落的植被结构,保证修复后的生态系统拥有自我维持能力。近自然修复技术则要求降低人工干预的强度,在满足基础防护功能的前提下,顺应自然演替的规律,借助辅助措施引导生态系统逐步向原生状态恢复,避免过度人工化带来的生态同质化问题。

2.4 水土保持动态监测技术

动态监测技术是保障水土保持治理精准落地的技术支撑,能够帮助施工方实时掌握施工过程中的水土流失情况,还可以对治理措施做动态调整,遥感监测技术大多用在大范围施工区域的宏观监测中,能快速获取施工扰动范围、植被覆盖变化等信息,摸清整体水土流失的分布特点,地面物联网监测技术则对准重点侵蚀区域,布置雨量、土壤侵蚀、径流泥沙等监测设备,实时采集水土流失相关数据,及时识别水土流失风险。无人机巡查技术能够对施工区域进行高频次巡查,快速找到没有按要求落实防护措施的区域和潜在侵蚀隐患,给现场管控给出精准指引。动态监测技术的应用,打破了传统水土保持管控滞后的局限,能够做到风险提前预警、措施动态完善,提高治理的精准性与有效性。

3 水利工程水土保持治理的实践落地优化路径

3.1 构建施工全流程的水土保持协同管控机制

当前水利工程建设中,水土保持工作常存在设计与施工脱

节、各参与方职责边界模糊的问题,制约了治理效能的发挥。在设计阶段,推动水土保持设计与主体工程设计深度融合,水土保持专业人员提前介入主体工程方案论证,从生态保护角度优化施工布局与工艺,从源头减少不必要的扰动。在施工阶段,建立建设单位、施工单位、监理单位与水土保持专项团队的协同工作机制,明确各主体的管控职责,将水土保持措施落实情况纳入日常施工监理范畴,实现防护措施与施工工序同步推进。在竣工阶段,将水土保持效果纳入工程验收的核心指标,不仅核查措施的完成情况,更关注实际的生态防护效果,形成全流程闭环管控。

3.2 推动技术选型的场景化适配与本土化改良

水土保持技术的应用效果高度依赖场景适配性,照搬通用方案往往难以达到预期治理效果。针对不同气候区域,调整生态修复的物种配置与防护措施标准,湿润地区侧重降雨冲刷防控与耐湿物种选择,干旱地区则侧重保水措施与耐旱物种应用。针对不同类型的水利工程,结合坝体建设、渠道修建、水库扩容等不同工程的扰动特征,优化技术组合方案,突出重点治理区域的防控措施。充分吸收当地传统的水土保持经验,将本土成熟的治理经验与现代技术相结合,提升技术的适应性与落地性,避免技术应用的“水土不服”问题。

3.3 完善水土保持治理的责任与评估体系

完善的责任与评估体系,是保障水土保持措施落地的制度基础。要进一步细化水利工程水土保持的责任划分,明确建设单位负首要责任、施工单位负实施责任、监理单位负监督责任,把水土保持工作成效和相关单位的信用评价绑定,强化责任约束。针对评估体系,要打破传统以措施数量为核心的评估思路,建立以生态效能为核心的多维度评估体系,不仅要检查各项工程措施有没有按要求完成,还要把植被恢复效果、土壤侵蚀控制效果、生态系统稳定性等内容纳入评估指标,全方位衡量治理的实际效果。还要建立长期跟踪评估机制,对工程竣工后施工迹地的生态修复情况持续跟进,验证治理措施的长期有效性,给后续工程的技术选择和方案设计积累实践经验。

4 水利工程水土保持治理的发展方向与深层思考

4.1 “近自然”理念下的生态治理范式转型

随着生态保护理念的不断深化,水利工程水土保持治理正逐步从“人工主导的防护型治理”向“近自然的生态型治理”范式转型。传统治理模式更侧重工程防护功能,大量采取硬化措施,虽能快速实现水土流失防控,却也割裂了生态系统的自然联系,造成生态功能退化。近自然治理理念强调尊重区域自然生态规律,以最少的人工干预,实现生态系统的自我修复与功能维持,在保障基本防护安全的前提下,优先选用生态措施替代硬化工程措施,构建与原生生态系统相协调的治理体系。这种范式转型,要求水土保持治理不再局限于土壤流失控制的单一目标,而是转向维护生态系统完整性、提升生物多样性、涵养水源等多重

生态目标的协同实现,真正实现水利工程建设与自然生态的和谐共生。

4.2 水土保持与水利工程功能的协同增益路径

以往的认知中,水土保持常被视为水利工程建设的附加成本,二者是“建设”与“保护”的对立关系。水土保持措施可有效减少流域内的土壤侵蚀,降低河道淤积速率,提升水库的蓄水寿命与河道的行洪能力,直接强化水利工程的防洪、供水核心功能。未来的治理实践中,应打破二者相互独立的认知局限,从流域整体视角出发,探索水土保持与工程功能协同提升的设计方案,将水土保持纳入工程功能体系的组成部分,实现工程建设与生态保护的双向增益,最大化水利工程的综合价值。

4.3 数字化赋能下的智慧水土保持建设方向

数字化技术的快速发展,为水利工程水土保持治理的智慧化转型提供了支撑。未来的水土保持治理,将逐步构建起全要素、全周期的智慧管控体系。依托数字孪生技术,可构建水利工程施工区域的三维数字模型,模拟不同施工工序下的水土流失风险,提前优化施工方案与防护措施布局,实现治理方案的前置优化。结合物联网、大数据与人工智能技术,可实现水土流失监测数据的实时传输、智能分析与风险自动预警,大幅提升管控的响应效率。智慧水土保持建设,将推动治理模式从“被动应对”转向“主动预判”,从“人工管控”转向“智能管控”,全面提升水土保持治理的精准性与效能。

5 结束语

水利工程施工水土保持治理是一项兼具工程价值与生态价值的系统性工作,是推动水利工程高质量发展、实现流域生态保护的重要抓手。本文梳理了源头防控、过程治理、生态修复与动态监测四类核心技术的应用逻辑,提出了全周期协同管控、场景化技术适配、完善责任评估体系等实践优化路径,并从治理范式转型、功能协同增益、智慧化建设三个维度展开了深层思考。在生态文明建设持续深化的背景下,水利工程水土保持治理需不断更新理念、优化技术、完善机制,将生态保护深度融入工程建设全流程,才能真正实现水利工程建设与生态保护的协同发展,为流域生态保护与高质量发展提供坚实支撑。

【参考文献】

- [1]章伟.水利工程中水土保持技术的应用与发展[J].湖南水利水电,2025,(4):60-61.
- [2]肖惠.水土保持技术在水利工程中的应用探析[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(6):223-225.
- [3]贾振刚.水土保持技术在水利工程中的应用探析[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(28):211-213.
- [4]王潇潇,王然.水利工程建设中水土保持生态修复技术的应用研究[J].水上安全,2024,(22):91-93.

作者简介:

刘海雷(1980--),男,本科,研究方向:水利工程施工管理。