

水利工程施工期水土流失综合治理措施研究

陈庆

新疆塔里木河流域开都孔雀河水利管理中心库塔干渠管理站

DOI:10.32629/hwr.v10i1.6785

[摘要] 水利工程施工建设过程中,大规模的土方开挖、填筑、临时堆土及地表植被破坏等活动,极易引发强烈的水土流失,对区域生态环境和工程安全构成严重威胁。本文系统分析了水利工程施工期水土流失的主要特征及其驱动因素,指出其具有突发性、高强度、点源与线源叠加的特征,主要受地形、气象、施工扰动强度及防护措施缺失度影响。在此基础上,重点探讨了涵盖工程措施、植被措施和临时防护措施的多层次水土流失综合治理体系的应用模式及实施要点。研究表明,科学合理地进行水土流失预测与风险评估,强化施工现场的精细化动态管理和不同措施的协同配置,是提升水土保持成效的关键。实施综合治理措施能有效控制水土流失量,减少入河泥沙,保护土地资源,保障水利工程的施工安全和长久的生态效益。

[关键词] 水利工程; 施工期; 水土流失; 综合治理; 生态防护

中图分类号: TV5 文献标识码: A

Research on Comprehensive Control Measures for Soil Erosion during the Construction Period of Hydraulic Engineering

Qing Chen

Kutagan Canal Management Station of Kaidu Peacock River Water Conservancy Management Center in the Tarim River Basin, Xinjiang

[Abstract] During the construction of hydraulic engineering projects, large-scale activities such as earth excavation, filling, temporary soil stacking, and destruction of surface vegetation are highly prone to causing severe soil erosion, posing a serious threat to regional ecological environment and engineering safety. This paper systematically analyzes the main characteristics and driving factors of soil erosion during the construction period of hydraulic engineering projects, pointing out that it is characterized by suddenness, high intensity, and the superposition of point and line sources, mainly influenced by topography, meteorology, intensity of construction disturbance, and the degree of lack of protective measures. On this basis, the application modes and implementation key points of a multi-level comprehensive management system for soil erosion, encompassing engineering measures, vegetation measures, and temporary protective measures, are emphatically discussed. The research shows that scientifically and reasonably predicting soil erosion and conducting risk assessments, strengthening refined dynamic management at the construction site, and coordinating the deployment of different measures are key to enhancing the effectiveness of soil and water conservation. Implementing comprehensive management measures can effectively control the amount of soil erosion, reduce sediment entering rivers, protect land resources, and ensure the construction safety and long-term ecological benefits of hydraulic engineering projects.

[Key words] water conservancy project; construction period; soil erosion; comprehensive treatment; ecological protection

引言

在大力推进水利基础设施建设以服务国家水安全保障能力提升的背景下,众多大型水库、水电站、调水工程、河道治理项

目相继开工建设。然而,水利工程往往具有土石方工程量大、施工周期长、扰动地表范围广、施工工艺复杂等特点。在施工过程中,大量的地表剥离、土方开挖回填、弃渣堆放、施工道路修

筑等活动,不可避免地强烈破坏了原地貌的植被覆盖层和土壤结构,极大地削弱了地表的抗蚀能力。当遭遇强降雨或大风等动力条件时,被扰动的松散土体极易产生严重的水土流失。这不仅导致宝贵表土资源的巨大损失、河湖水体的严重淤积污染,还可能诱发山体滑坡、泥石流等次生灾害,直接威胁施工人员生命财产安全和工程主体结构的稳定性,并给周边生态环境带来长期难以修复的负面影响。因此,本研究旨在为构建更完善的水利工程施工期水土流失防治技术体系和管控机制提供理论支撑与实践参考。

1 水利工程施工期水土流失的特征分析

水利工程施工引发的水土流失,呈现出区别于常态侵蚀的显著特征。其一是突发性和高强度性,施工扰动使原始稳定地表突然转变为极不稳定的松散状态,侵蚀速率在短时间内陡增数个量级,尤其是在大规模的土方开挖面、高填方边坡坡面、施工便道坡面及大面积临时堆土场表面尤为突出,实测产沙模数往往远高于区域背景值。其二是时空分布的集中性与点源、线源叠加性,水土流失高风险区域高度集中且明确对应于具体的施工扰动部位,如基坑开挖区域、取土场、弃渣场、预制场和施工道路系统,同时呈现点状(如单点开挖)与线状(如道路边坡、管道沟槽)流失源在空间上的密集交织与复合叠加,形成复杂的侵蚀网络^[1]。其三是人为活动主导性,施工进度安排、开挖填筑时序、防护措施实施与否及其及时性等管理因素,以及施工工艺对地表扰动的程度和方式,成为决定水土流失强度与范围的最直接驱动因子。其四是流失物的输移距离短且危害直接性强,产生的泥沙随地表径流极快速进入附近水系或工程低洼区,不仅造成严重淤积影响排水功能,还因携带施工油污、化学物质等形成水质污染点源。

2 水利工程施工期水土流失的常规防治技术评述

2.1 工程措施的应用及局限性

工程措施是历年来防治施工期水土流失的主体措施,工程措施的核心是要拦截水流、稳定土壤、降低流速或拦截泥沙。工程措施方面,合理的项目前期规划和施工期排水体系布局很重要,即项目施工区域上游应开挖截水沟疏导坡外径流绕避高扰动区;裸露坡面设计急流槽、跌水或阶梯式沟渠进行坡面纵向导流,控制坡面径流集中冲刷;坡脚、汇流出口和洼地设计容积量足够大的拦渣池或沉沙池(池底及入口设有足够的消能构筑物),拦截泥沙利用池深沉降悬移泥沙,是有效的池化末端拦沙设施。削坡开级、挡土墙主要目的是稳定斜坡,通过削坡减载、修筑马道分级放坡或筑挡渣墙达到控制滑坡崩塌类的重力侵蚀大输沙量发生的防护目的,但该类工程措施也存在明显的不足,一般工程造价都相对较高、工程土石量大且投入较多的建筑材料;大型土建施工自身会造成扰动周边环境的不可逆性的破坏;工程措施防护效果都是措施施工完成后展现出来的,防护效果有时间滞后性等局限性而无法及时应对施工早期发生的高强度快速侵蚀。更为关键的是工程措施大多是“硬”防护,基本不具备生态修复功能,地面景观缺失,割裂感明显^[2]。

2.2 植被措施的功能与约束条件

植被措施属生态性的“软”措施,在施工扰动期的水土保持工程措施中存在时间效应和替补效应的作用,但在实际工作运用上则面临着极大的时空局限。植被措施的生态科学原理是植物根系网发达可以凝结土壤颗粒减少土粒扩散迁移;植物地面覆盖层由植物枝干和植物叶子形成的茎叶冠层减弱雨滴的撞击动能、降低径流速率、增加地表粗糙度耗损水动力;植被冠层蒸发耗水量还有降低表层土壤湿含量而间接强化其抗蚀功能。水利工程中比较常见的植被措施为施工后期对已具备条件的弃渣场场地与堆渣坡面、施工迹地、施工结束后暂退的用地进行退场造林、播撒、喷播各种耐牧草或灌草混播形成长期稳定覆盖植被层;施工活动中对短时间需固定防护的堆土场和低缓坡面、裸露迹地喷播快繁草种如高羊茅、狗牙根等形成短期稳定覆盖植被层或直接撒铺草毯(植生带)及时防护。但其缺陷是效应时效周期较长,需要一定时期的植物生长才能达到有效覆盖率和根系强度;在施工扰动仍在进行中的暂不稳定工作环境中,新植被易被碾压破坏导致苗木死亡;在陡坡、硬质岩基生境植被重建难度大、成本高、成活率低;施工作业周期普遍短于植被群落形成稳定生态系统所需的时间。

3 水利工程施工期水土流失的综合治理措施

3.1 科学精准的水土流失预测与风险评估前置

而在完成对项目区水土流失客观实际状况的系统全面高精度预测的基础上再进行客观科学的风险评价,是有效建立治理体系前提条件下的源头治理的前提条件。这就需要规划设计阶段严格遵照水土保持技术规范(规定)对预测判断不同土方作业区域施工扰动、挖填高度深度、坡面坡度及植被状况、各类地面径流集流、冲刷下泄路线、边沟建设冲刷后汇集渠系布置与泄流量可释放泥沙比例进行认真把控,借助预测确定的项目区地面坡度、坡长、不同土层的土壤可蚀性因子K值及项目实施场地形环境的历史降雨侵蚀力R值分布,特别是重点结合土方工程活动的强烈度特征(扰动量、开挖强度、堆土高度及坡度及堆土长度宽度厚度)及扰动持续时间,量化计算与空间描述项目施工期各区域、各施工阶段所造成的土壤流失总量、空间分布及重点流失区域的空间位置分布及其超大型污染源头特点,特别是借助GIS等空间分析技术手段识别出项目区侵蚀强度等级达到强烈及以上等级的极高敏感源区及不同重现期暴雨情况下发生水土流失的风险情景,为采取针对性的防治措施进行等级配置与空间上重点布局提供科学而严密的依据。

3.2 工程、植物、临时措施的协同优化配置

综合防治水土流失不仅不能简单地把一整套措施照抄照搬,而应当基于流失源区的不同性质、施工扰动时间限制、安全标准级别定位和生态要求不同的基础上精细化的工程建设措施与草土保养措施、临时措施的工程结构化优化配置和时机性。时间尺度内应该具有“抢护工程—过渡维持—长效恢复”多时间尺度的战略等级次序。施工扰动开始之际马上开始有效的临时工程抢护措施形成“第一道防线”如全面积盖防网或防雨布布

设速排槽与简易沉砂槽; 施工扰动期中或之后与施工扰动期起就进行施工扰动期后的有效工程防护建设(工程措施如排水、挡护设施)和适时开展适生草的种子播撒或者草卷铺撒完成初期草皮的植物构建形成“第二道防线”; 施工扰动结束后, 全面着手进行工程植被构建达到由生态工程向生态稳定的恢复推进形成“第三道防线”。空间协同上必须体现因地制宜, 在土方集中堆放的高陡弃渣场顶部以永久排水沟+沉砂池+马道截水沟构成体系性的排水拦沙工程骨架, 辅以坡面阶梯化稳定工程, 坡面覆盖密目防尘网抑制风蚀水蚀, 并在坡面喷附客土后撒播先锋草种启动植被恢复基础; 对于频繁作业难以持续维护的施工道路区, 采用级配碎石硬化处理控制扬尘及面蚀是关键, 在路肩外侧硬化排水沟末端接大型沉砂池收容道路冲刷泥沙; 在主体建筑基坑与导流明渠开挖区, 施工初期应紧邻工作面设置高标准临时土工膜截水围堰防止外水入侵引发崩岸塌陷, 临水面放坡坡脚处布设土工布沙袋临时挡坎拦沙; 对施工营地区采用地表硬化和内部雨水管接入沉砂设施处理。措施技术协同上要强调功能互补与增效作用, 例如坡脚修建实体挡墙提供重力抗滑稳定的同时, 在其上缘同步实施挂网植生基材喷播形成植被保护层, 实现稳固与生态防护的双重效能^[3]。

3.3 基于施工进度水土保持动态精细管控

考虑到水利工程施工流程复杂、场地持续变化, 水土流失治理必须融入施工组织全过程实行精细化管理。首先在施工组织设计中必须严格规定水土保持措施施工的优先时序和节点要求(如“永久排水系统先行, 土方作业紧跟, 临时覆盖同步, 主体结构开始后及时场地整理播种”), 并在关键线路图中明确标识水土保持措施建设与主体施工的强制性逻辑联系。其次建立水土保持“分区分期、网格化管理”制度, 将施工场地划分为若干责任单元区域(如A区土方开挖、B区堆土场、C区道路系统), 每个区域任命专门的生态责任人负责其水土保持措施的实施、维护及监督反馈; 同时根据施工生命周期将整个周期划分为若干关键阶段(如土方工程期、主体结构期、设备安装期、竣工清理期), 制定各阶段的水土保持工作清单和验收执行标准。必须建立健全现场巡查与应急处置制度, 安排专职水土保持工程师定期高频巡查施工现场(特别是雨后巡查), 实时记录扰动裸露面变化、防护措施完整性及状态变化, 一旦发现隐患即时发布整改令; 储备草袋、土工布、土壤胶结剂等应急物资, 以应对突发暴雨冲刷事件的紧急固土防险工作^[4]。

3.4 新技术的创新融合应用

智能化、精细化等新技术新方法的应用也开辟了水利工程建设期间水土流失综合治理的“绿色通道”。深入开展地理空间信息技术应用, 在无人机高精度航测及遥感影像解译基础上获取高分辨率地形变化、地表扰动面积及植被覆盖恢复动态信息, 并通过实时雨量站网监测数据接入水土流失预警平台、通过耦

合模型对流失风险实现实时可视化预警及风险区域分级响应能力^[5]; 部署侵蚀和泥沙输移自动监测传感网络, 通过远程超声测深传感器测量沉砂池淤积量变化、利用激光雷达或微型泥位计布设于重点沟道实时感知径流携带含沙量波动情况等实测数据可直接作为防护措施设施效能评价及模型校验依据; 生态防护技术不断创新突破, 开发混合型植生基材快速成坪配方满足边坡快速防护要求、开发可降解的植物纤维增补型覆盖毯在提供短期物理防护作用的同时缓慢分解腐化为土壤改良基质、探索应用工程生物学手段通过生物修复技术引入抗逆性强的乡土固氮植物品种迅速加快恶劣生境条件下的植被恢复重建等。同时积极推广智能化施工管控系统, 实现所有水土保持措施工程建设和维护状态、现场巡查影像纳入项目BIM协同管理系统进行数字化监控、信息留痕和信息共享、总体提升项目监管和执行效率等。

4 结语

国家对水资源在区域间的调配通过水利工程项目进行, 水利工程建设施工水土流失的影响是工程建设生态性与可持续性的关键因素。本文从高强度、点线性叠加、人为主导的特征及自然基础条件不利、施工扰动剧烈、工程防护实施滞后与不当三个原发性的动因出发, 明确了水利工程项目施工水土流失防治单一的技术手段难以达标, 生态工程技术、植物工程技术与临时措施相结合, 时空动态性的综合防治才符合主体性的解决方案。在这种长效机制的运行保障中需要重视前期识别的风险控制计划绘制与建设单位投入的前置责任、监理监测的技术制约与预警作用, 尤其是工程建设者环境认知与技能水平的培养工作。多手段、多渠道综合治理模式的全过程、规范化实施, 保证水利工程安全顺利建设及最大程度地降低对水土资源的破坏性影响, 促进水利建设工程的绿色发展。

[参考文献]

- [1]张棋. 水利工程建设中的水土保持与可持续发展分析[J]. 中国水运, 2024, (24): 100-101+121.
- [2]张春利. 水利工程对水土流失治理的贡献与挑战[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024, (11): 214-216.
- [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]杨颖. 农村水利工程施工中的水土流失与水土保持对策[J]. 低碳世界, 2023, 13(03): 118-120.
- [5]方钰宁. 试析水土保持综合治理技术在农田水利建设中的应用及其影响[J]. 农村科学实验, 2024, (01): 81-83.

作者简介:

陈庆(1974—), 男, 汉族, 重庆市人, 大专, 高级技师, 研究方向: 冬季水利工程运行与防渗运用。