

水库工程建设区水土流失影响因素及防治对策研究

郭战桥 杨栋

西安黄河工程建设咨询有限公司

DOI:10.32629/hwr.v10i8.7096

[摘要] 对于水库施工扰动引发的坡面冲刷以及弃渣流失问题,本文把某中型水库建设区当作研究对象,借助2024年汛前踏勘、无人机航测、遥感解译以及现场监测的手段,开展水土流失的空间特性以及影响因素的识别工作,同时分区域进行截排水、拦挡、覆盖以及植被恢复措施的配置工作。从得到的结果来看,该建设区中度以及以上的侵蚀面积占比约为35%,自然条件、施工活动以及管理缺位三个方面的因素共同加剧了当地的侵蚀风险。完成相关治理工作后,区域综合侵蚀模数从 $850\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ 降到了 $220\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$,年度水土流失总量减少了74.1%,植被覆盖率提升至60%。分区开展的治理工作能够极大程度上抑制泥沙输出,同时还需要做好某弃渣场的雨后维护工作。

[关键词] 水库工程; 水土流失; 施工扰动; 防治措施; 效果评估

中图分类号: TV62 文献标识码: A

Research on the Influencing Factors and Prevention and Control Measures for Soil and Water Erosion in Reservoir Construction Areas

Zhanqiao Guo Dong Yang

Xi'an Yellow River Project Construction Consulting Co., Ltd.

[Abstract] To address the issues of slope surface erosion and sediment loss induced by reservoir construction activities, this study takes a medium-sized reservoir construction area as its research subject. Utilizing field surveys conducted before the 2024 flood season, UAV aerial surveys, remote sensing interpretation, and on-site monitoring, the study identifies the spatial characteristics and influencing factors of soil and water erosion. Additionally, site-specific measures—including interception and drainage systems, retaining structures, soil covering, and vegetation restoration—were implemented across different zones. The results indicate that the proportion of the construction area experiencing moderate or severe erosion amounts to approximately 35%; the local erosion risk is exacerbated by the combined influence of three factors: natural conditions, construction activities, and inadequate management practices. Following the implementation of the relevant remediation measures, the regional comprehensive erosion modulus decreased from $850\text{ t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ to $220\text{ t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$, the annual total soil and water erosion volume was reduced by 74.1%, and the vegetation coverage rate increased to 60%. The zoned remediation approach has effectively significantly curbed sediment transport; however, proper post-rain maintenance measures must still be implemented at the designated waste disposal site.

[Key words] Reservoir engineering; Soil erosion; Construction disturbance; Prevention and control measures; Effectiveness assessment

引言

水库工程建设的开展囊括坝肩削坡、基础开挖、弃渣堆置以及临时道路修筑等作业内容,极易对区域原有植被以及表层土壤结构造成破坏。遇到强降雨天气时,裸露的坡面、松散的堆积体以及排水系统存在的衔接缺陷互相影响,很有可能诱发细沟、浅层溜滑以及泥沙外排等问题,同时会对边坡的稳定性以及下游生态环境造成不良影响。某中型水库的选址在低山丘陵向

河谷阶地的过渡地带,施工造成的扰动区域以及自然侵蚀敏感区域互相重叠,当地的水土流失情况存在十分明显的空间差异^[1]。鉴于现场踏勘、航测遥感以及监测获取的相关资料,从自然环境、施工活动以及管理执行三个层面开展主控因素的识别工作,提出分区开展防治的相关措施并且评价其实施效果,来明确施工阶段水土流失的控制重点以及相关维护要求。

1 水库工程建设区水土流失现状及特征分析

某中型水库的建设区,坐落在低山丘陵往河谷阶地过渡的区域。开展施工作业带来的扰动把坡面植被以及表土结构破坏后,径流的汇集速度得到了明显提高,裸露的边坡、开挖形成的平台以及松散堆积体变成了主要的侵蚀单元。凭借2024年汛前开展的现场踏勘、无人机航测以及30m分辨率遥感影像解译工作,可以明确建设区的侵蚀类型主要囊括水力侵蚀以及重力侵蚀两类。水力侵蚀是降雨径流冲刷剥离坡面土体导致的,主要表现为坝肩开挖面、临时道路边沟以及料场裸露坡面的细沟发育还有泥沙下移;重力侵蚀大多出现在高陡削坡或者没有进行压实处理的弃渣边缘,表现为浅层滑塌、崩落以及局部溜滑。

站在空间分布的角度看,水土流失不会均匀分布,而是沿着施工强扰动带呈现出斑块状以及带状叠加的状态。坝体施工区开展的开挖作业强度大,排水汇流较为集中,侵蚀强度处于较高水平;某弃渣场受渣料粒径差异以及坡脚约束不足的影响,侵蚀扩展速度较快;某料场以及临时道路两侧因车辆碾压、边坡扰动以及临时排水不连续的问题,形成了带状的高风险区域^[2]。建设区的施工单元主要包括坝体施工区、某弃渣场、某料场、进场临时道路以及河道周边区域。侵蚀高值区围绕上述强扰动单元进行分布,低值区则集中在植被保存较为完整的库岸缓坡区域。对侵蚀斑块开展判读后得到的结果显示,中度及以上侵蚀面积约占35%,表明施工扰动已经把部分坡面推入了较为敏感的侵蚀状态。

2 水库工程建设区水土流失的关键影响因素识别

2.1 自然环境因素对水土流失的影响

表1 某水库工程建设区自然因子与水土流失强度关联表

自然因子	分级或类型	典型分布区域	侵蚀模数 t/km ² ·a	影响特征
坡度	小于10°	库岸缓坡保留植被带	1650	径流流速较低,坡面冲刷相对缓和
坡度	10°至20°	进场道路两侧边坡	3180	坡面汇流增强,细沟开始连续发育
坡度	大于20°	坝肩开挖面以及左岸料场	4620	侵蚀模数为小于10°坡面的2.8倍
土壤质地	黏质土	库岸缓坡地带	2140	团聚体稳定性较好,抗冲刷能力较强
土壤质地	砂质壤土	河谷阶地以及料场裸露坡面	3100	侵蚀模数比黏质土高45%
降雨强度	大于30mm/h	坝体施工区汇流坡面	4280	短时产流集中,泥沙沿排水线快速下移

某中型水库建设区的自然条件会进一步放大施工扰动后的侵蚀响应,地形坡度以及土壤质地以及降雨强度共同构成主要控制因素。坝肩以及某料场坡度多为15°~28°,坡长连续,降雨径流汇集后容易把表层细颗粒带走。坡度大于20°区域的侵蚀模数约为坡度小于10°区域的2.8倍,表明坡度提升会增强径流剪切力以及泥沙输移能力。河谷阶地砂质壤土结构松散,抗蚀性弱于库岸缓坡黏质土,其侵蚀模数较黏质土高45%。2024年汛期短历时强降雨缩短了裸露坡面的产流时间,雨强超过30mm/h时细沟发育速度加快。

2.2 工程施工活动对水土流失的影响

开展相关施工活动的过程中会持续破坏某中型水库建设区的地表稳定状态,使得坡面产流条件、土体抗蚀能力以及泥沙输移路径同步出现变化。进行土方开挖以及坝肩削坡的作业过程中会把植被层以及腐殖质表土剥离,裸露的基岩风化层与松散残坡积土直接承受雨滴击溅作用,裸露区侵蚀模数约为植被覆盖区的3倍。部分开挖平台以及截排水沟衔接效果不够充分,雨水在平台边缘形成跌坎式下泄,局部坡脚冲沟也会随之扩展,并且对边坡稳定性进行进一步的削弱。

某弃渣场主要是把砂砾土、强风化岩块以及细颗粒土混合堆置而成,内部孔隙率处在较高水平,如果坡面没有进行充分的压实工作,就容易在强降雨的影响下出现片蚀以及浅层溜滑问题。相关监测工作得出的数据显示,未开展防护工作的区域月均水土流失量达到120t/hm²,大概是选用覆盖、拦挡以及排水措施区域的6倍,这也说明松散物源暴露会极大程度上提升侵蚀强度。临时道路把线性扰动的范围延伸到坝区、料场以及弃渣场之间,车辆反复开展碾压工作导致路肩的土体出现破碎情况;边沟发生淤堵后,径流顺着路面纵坡集中下泄,形成带状的泥沙输出通道。所以,施工期出现的水土流失问题,是开挖裸露、弃渣堆置以及道路汇流等多种因素叠加作用导致的结果^[3]。

2.3 管理措施缺失对水土流失的影响

工程施工阶段开展水土保持相关措施的工作落实不到位,会极大程度上放大自然环境敏感性以及工程建设带来的扰动效应。开展汛前巡查工作时发现,某中型水库坝肩开挖平台、某弃渣场的外缘以及进场临时道路的低洼段,存在截排水设施衔接不够顺畅等问题。部分区域的截水沟没能把坡面来水导入稳定的排水通道,沟道被泥沙以及碎石堵塞之后,径流会重新漫流到裸露的坡面之上。和已经落实截排水、沉沙以及覆盖措施的施工单元对比,没有按照要求开展临时截排水设施设置工作的区域,水土流失发生率要高出50%,这也说明开展管理工作的缺位,不仅会提升坡面被冲刷的频次,同时还会改变泥沙向下游沟道输移的路径。监测以及巡查的频次不足还会延缓开展水土流失隐患的处置工作。弃渣场边坡、料场剥离面以及临时道路边沟变化较快,同时受降雨过程影响显著。要是仅依靠阶段性检查工作,细沟扩展、坡脚掏蚀以及排水淤堵通常在形成明显泥沙输出后才被发现。相关管理记录显示,没有开展定期监测的施工区域,问题发现平均滞后15d,这一时间差把临时防护由事前预防转为事后修补。

3 水库工程建设区水土流失防治对策及效果评估

3.1 针对性水土流失防治对策

某中型水库建设区的侵蚀高值单元主要集中在坝体施工区以及某弃渣场、某料场还有临时道路的两侧,开展防治措施的配置工作要鉴于扰动强度、物源供给以及汇流路径分区进行。坝体施工区的开挖面坡度较大,并且平台汇水现象十分明显,最好沿着开挖边界设置截水沟,在平台内侧布置排水沟以及沉沙池,把坡面来水导入稳定沟道;完成削坡作业后,选用客土喷播、植生袋以及灌草混播的方式进行植被恢复工作,缩短裸露面遭到

雨滴击溅以及径流冲刷的时长^[4]。某弃渣场要开展坡脚约束以及坡面覆盖的强化工作,外缘可以设置浆砌石或格宾挡墙,坡面铺设土工布同时压实搭接边缘,顶部布置临时排水沟,堆置达到稳定状态后进行覆土绿化工作,选用根系固土能力较强的乡土草灌植物。某料场在正式开采前要剥离表土并且分层开展堆存工作,供后期平台复垦以及边坡恢复来使用;暂时没有开采的裸露面,把防尘网或可降解材料当作覆盖物来进行临时覆盖。进场的临时道路要结合纵坡开展路面硬化工作,完善边沟、急流槽以及涵管的衔接,同时选用浆砌片石、三维植被网或草袋来进行路肩边坡的防护工作,减少带状泥沙的输出量。

3.2 水土流失防治效果评估

把坝体施工区以及某弃渣场、某料场、进场临时道路当作连续监测单元来使用,运用侵蚀模数、年度水土流失量、植被覆盖率以及临时排水设施完好率开展治理效果的评价工作。汛后开展的复核工作显示,截排水、拦挡、覆盖以及植被恢复措施改变了裸露坡面的直接产流状态,泥沙输出强度得到了明显降低。借助表2数据可以看到,综合侵蚀模数从850t/km²·a降到220t/km²·a,年度水土流失量从4860t/a降到1260t/a,降幅达74.1%;植被覆盖率从15%提升至60%,说明客土喷播、灌草混播以及覆土绿化增强了表层的抗冲刷能力;临时排水设施完好率提升到92%,平台汇水以及道路纵向径流得以导入沉沙池和稳定沟道。连续强降雨过后,某弃渣场坡面仍有局部细沟复活的情况,后续应开展雨后清淤、覆盖材料补铺以及坡脚拦挡复核的相关工作,同时把上述维护项目纳入常态化巡查范围。具体信息如表2所示。

表2 某水库工程水土流失防治措施实施前后效果对比表

评价指标	实施前	实施后	变化幅度	效果评估
综合侵蚀模数	850t/km ² ·a	220t/km ² ·a	降低 74.1%	由中度侵蚀向轻度侵蚀转变
年度水土流失量	4860 t/a	1260 t/a	减少 3600 t/a	泥沙外排强度明显下降
植被覆盖率	15%	60%	提高 45 个百分点	裸露坡面防护能力增强
临时排水设施完好率	58%	92%	提高 34 个百分点	坡面汇组织更稳定
弃渣场未防护面积占比	41%	8%	降低 33 个百分点	松散物源暴露范围缩小

4 结语

某中型水库建设区的水土流失问题,主要集中于坝体施工区、某弃渣场、某料场以及进场临时道路。坡度、土壤质地以及短历时强降雨构成自然敏感基础,开挖裸露、弃渣堆置、道路汇流以及临时防护不足是主要人为缘由。针对不同分区开展截排水、坡脚拦挡、坡面覆盖以及植被进行恢复的工作后,侵蚀模数与年度水土流失量明显下降,植被覆盖率以及排水设施完好率同步提升,表明工程措施、临时防护以及植物措施协同运用能够有效抑制坡面产流和泥沙外排。鉴于某弃渣场在连续强降雨后仍存在局部细沟复活的风险,后续应当把责任分区落实到位,并且衔接好雨前复核、雨中巡查、雨后清淤和防护修补工作。

[参考文献]

[1]刘成帅,华丽,周玉城,等.2017—2021年湖北省生产建设项目人为扰动区域快速识别和提取[J].水土保持通报,2023,43(6):217-226.

[2]程冬兵,马美景,华忠光,等.生产建设项目人为水土流失风险与分类监管的响应——以武汉市为例[J].中国水土保持科学(中英文),2024,22(5):115-122.

[3]刘超,孙亚荣,曹博召,等.降雨历时动态变化对临时苫盖措施坡面减流减沙效益的影响[J].水土保持学报,2023,37(1):8-16+30.

[4]张俊娇,胡杨,史常青,等.不同修复模式下排土场植被与土壤水热肥变化[J].中国水土保持科学(中英文),2022,20(3):88-93.

作者简介:

郭战桥(1976--),男,汉族,陕西周至人,硕士,工程师,研究方向:水土保持。

杨栋(1991--),男,汉族,陕西西安人,本科,助理工程师,研究方向:水土保持。