

山洪致水土流失与水库淤积响应及防控研究——以浪河水库为例

黄拥军 王强富

丹江口市水利水电工程建筑勘测设计院, 湖北 丹江口 442700

[摘要]山区短时强降雨山洪是水土流失、水库淤积核心诱因,削弱水库综合效益并威胁流域水生态安全。以丹江口浪河水库流域为对象,依托水文、降雨及淤积监测数据,探究山洪驱动下水土流失、泥沙输移与库区淤积响应规律。研究显示,区域地形陡峻、坡耕地集中、降雨集中,坡面冲刷与沟道溯源侵蚀加剧土壤流失,入库泥沙压缩库容、降低调蓄能力;山洪强度与水土流失、淤积速率显著正相关,极端山洪主导泥沙淤积。结合治理实践,从源头、过程、末端、管护四维构建协同防控体系,配套坡耕地改造、生态拦截、智能监测、生态清淤等措施,可为丹江口库区支流治理提供参考。

[关键词]山洪;水土流失;水库淤积;协同防控;丹江口库区

DOI: 10.64635/ja.2026.1263

中图分类号: S157.1

文献标识码: A

Research on the Response Mechanism and Prevention and Control of Soil Erosion and Reservoir Sedimentation Caused by Mountain Torrents: A Case Study of Langhe Reservoir

Huang Yongjun, Wang Qiangfu

Danjiangkou Water Conservancy and Hydropower Engineering Construction Survey and Design Institute, Danjiangkou, Hubei 442700, China

Abstract: Mountain torrents caused by short-duration heavy rainfall in mountainous areas are a core driver of soil erosion and reservoir sedimentation, weakening the comprehensive benefits of reservoirs and threatening water ecological security in the basin. Taking the Langhe Reservoir basin in Danjiangkou as the research object, this study explores the response patterns of soil erosion, sediment transport, and reservoir sedimentation driven by mountain torrents based on hydrological, rainfall, and sedimentation monitoring data. The results show that the region is characterized by steep terrain, concentrated sloping farmland, and concentrated rainfall. Slope scouring and headward erosion of channels intensify soil loss, while sediment entering the reservoir reduces storage capacity and decreases regulation and storage capacity. Mountain torrent intensity is significantly positively correlated with soil erosion and sedimentation rate, and extreme mountain torrents dominate sediment deposition. In combination with governance practices, a coordinated prevention and control system is constructed from four dimensions: source control, process interception, terminal treatment, and long-term management and maintenance. Supporting measures such as sloping farmland improvement, ecological interception, intelligent monitoring, and ecological dredging can provide references for the governance of tributaries in the Danjiangkou Reservoir area.

Keywords: mountain torrent; soil erosion; reservoir sedimentation; coordinated prevention and control; Danjiangkou Reservoir area

引言

湖北省地处长江中游、汉江中上游,境内山地丘陵面积广阔,暴雨集中、地形起伏大,山洪灾害频发且破坏力强,是全国山洪灾害防治重点区域。鄂西北丹江口库区上游既是湖北省山洪灾害高风险区,也是南水北调中线工程核心水源区,生态安全与供水安全战略地位极为重要。山

洪引发的水土流失不仅破坏流域地表植被、损毁水土资源、加剧生态退化,流失的泥沙持续汇入辖区水库,还会造成水库淤积、有效库容衰减、行洪通道堵塞,大幅降低水库防洪调蓄、农业灌溉、城乡供水能力,形成“山洪暴发—水土流失加剧—水库淤积加重—水安全能力弱化”的链式恶性循环,是山区流域水生态治理、水利工程运维的重点

难题。

浪河水库位于湖北省丹江口市,是丹江口库区南岸重要入库支流控制性水利工程,承担区域防洪减灾、城乡供水、农田灌溉、水源涵养等核心功能,是丹江口库区水质安全保障的重要屏障。该流域属典型山地丘陵地貌,地势起伏较大,降雨时空分布不均,夏季短时强降雨集中,极易诱发突发性山洪灾害。长期以来,山洪冲刷导致流域水土流失问题突出,大量泥沙裹挟污染物汇入水库,造成水库底泥淤积、内源污染累积,夏季汛期水质频繁波动,高锰酸盐、总磷等指标超标,水华风险加剧,严重制约水库综合效益发挥,威胁区域饮水安全与流域生态稳定。近年来,当地虽开展水土流失治理、水库生态清淤等整治工作,但针对山洪驱动下水土流失与水库淤积的动态响应机制研究较为薄弱,系统性协同防控体系尚未完善。

本文以浪河水库及浪河流域为研究区域,通过梳理流域自然地理、水文气象、水土保持及水库淤积现状,揭示山洪作用下水土流失的发生机制、泥沙输移路径与水库淤积的响应规律,精准识别链式灾害的关键症结,结合区域治理实践,构建适配山地流域的山洪水土流失与水库淤积协同防控体系,为同类山区水库流域水土保持、淤积治理、水生态保护提供理论依据与技术参考。

1 研究区概况

1.1 流域自然地理概况

浪河水库坐落于湖北省丹江口市浪河流域上游,浪河为丹江口水库南岸核心入库支流,流域全长 57.6km, 总流域面积 381km², 覆盖浪河、盐池河、白杨坪 3 个镇(林区),惠及 28 个村(居)、3.2 万群众。研究区属北亚热带季风气候,四季分明,降雨时空分布极不均衡,年均降雨量集中在 6~9 月,汛期短时强降雨、暴雨天气频发,单次降雨强度大、历时短,极易形成突发性山洪径流。

流域地貌以山地、丘陵为主,地势起伏悬殊,坡面坡度多集中在 5°~25°,坡耕地分布广泛,是区域水土流失的主要策源地。流域土壤以黄棕壤为主,土层浅薄、土质疏松、抗冲刷能力弱,地表植被覆盖率达 95%以上,但局部陡坡区域植被覆盖度不足、地表裸露问题依然存在,为山洪冲刷、土壤侵蚀提供了基础条件。

1.2 水库工程概况

浪河水库始建于 1970 年,总库容 2951 万 m³ 是一座集防洪、供水、灌溉、生态涵养于一体的综合性中型水利工程,既是丹江口库区重要的水源涵养地,也是区域城

乡供水、农业生产的核心保障设施。水库自运行以来,受流域山洪水土流失持续影响,泥沙逐年淤积,有效库容不断缩减,调蓄防洪能力持续下降。同时,淤积底泥富集氮、磷等污染物,形成内源污染,导致汛期水库水质频繁波动,曾出现水质从 II 类降至 IV 类、V 类的情况,水华频发,严重影响供水安全与流域生态质量。

1.3 区域水土保持与淤积现状

近年来,丹江口市系统推进流域综合治理,累计完成营造林 6.4 万亩,重点改造 5°~25° 坡耕地,修建生态拦截沟、渠堰等水土保持设施,区域水土流失面积大幅下降^[1]。但极端山洪天气引发的突发性高强度土壤侵蚀仍无法完全规避,汛期集中产沙、集中淤积问题依旧突出,水库淤积与内源污染问题尚未彻底根治,成为制约流域水生态高质量发展的核心短板^[2]。

2 山洪致水土流失与水库淤积响应机制分析

2.1 山洪驱动水土流失的发生机理

浪河流域水土流失以水力侵蚀为主,山洪是其最核心的动力诱因。一是坡面冲刷侵蚀,汛期短时强降雨形成的山洪坡面径流流速快、动能大,可直接冲刷疏松表层土壤,坡耕地、裸露坡面极易发生面蚀、细沟侵蚀,大量表层土壤随径流剥离迁移。二是沟道溯源侵蚀,山洪汇流后水流冲击力剧增,对流域沟道、河道边坡产生强烈侧蚀与下切作用,引发沟道拓宽、溯源侵蚀,加剧深层土壤流失。三是重力侵蚀叠加,山洪持续入渗使土体含水量饱和、抗剪强度降低,陡坡区域易诱发滑坡、崩塌,进一步增加流域泥沙来源。

山洪具有高强度、短历时、集中汇流特征,单次极端山洪引发的土壤侵蚀量可占全年总量 60%以上,呈现“小雨小蚀、大雨大蚀、暴雨强蚀”规律,是流域水土流失加剧的关键诱因^[3]。

2.2 水土流失引发水库淤积的输移规律

山洪侵蚀泥沙遵循“坡面产沙—沟道输沙—河道汇沙—水库淤积”完整路径,形成水土流失与水库淤积直接响应关系。汛期山洪裹挟泥沙沿沟道、河道快速输移入库,受库区地形平缓、流速骤减影响,水流挟沙能力大幅下降,泥沙分层沉降。粗颗粒泥沙主要淤积在入库口及库区前段,造成河床抬高、行洪断面缩减;细颗粒泥沙悬浮扩散至库区中后段缓慢沉降,吸附氮、磷等污染物形成污染底泥,引发内源污染。长期淤积导致有效库容持续缩减,调蓄能力下降,水质季节性恶化,形成泥沙淤积与水质污染叠加

危害^[4]。

2.3 山洪—水土流失—淤积链式响应关系

三者形成显著正相关的闭环链式响应。第一,山洪强度决定水土流失规模,降雨与洪峰流量越大,土壤侵蚀模数与产沙量越高;第二,水土流失产沙量直接决定水库淤积速率,汛期集中产沙量占全年入库泥沙总量85%以上,极端山洪是水库淤积主导诱因;第三,水库淤积反向加剧水安全风险,库容缩减导致调蓄能力下降,山洪灾害风险进一步提升,形成恶性循环。坡耕地开垦、局部植被破坏等人类活动进一步放大链式灾害效应^[5]。

3 流域治理存在的主要问题

3.1 源头防控能力不足

流域山地陡坡面积广,5°~25°坡耕地占比高,局部耕作方式粗放,植被固土能力不足。极端暴雨山洪突发性强、冲刷强度大,现有水土保持措施难以完全抵御短时高强度侵蚀,新增水土流失难以彻底管控。

3.2 泥沙过程拦截体系不完善

生态拦截沟、小型拦沙设施数量不足、布局不均,部分沟道、支流缺乏有效拦截工程,泥沙可直接入库。部分现有设施淤积堵塞、破损老化,拦沙滞洪效能衰减,无法实现泥沙分级拦截,入库泥沙总量居高不下。

3.3 水库末端治理滞后

水库运行五十余年,泥沙长期淤积侵占库容、削弱调蓄能力,淤积底泥富集污染物,汛期扰动下持续释放,造成水质波动、水华频发。清淤多为阶段性末端整治,缺乏常态化、精准化机制,清淤与生态修复协同不足,淤积与内源污染叠加问题未解决^[6]。

3.4 监测预警与长效管护机制不健全

流域缺乏全覆盖智能监测体系,山洪、侵蚀、输沙、淤积动态监测精度不足,难以实现灾害预判。多方协同管护机制不完善,重治理轻管护、重工程轻生态,治理成效持续性不足。

4 协同防控对策与治理路径

立足“源头控蚀、过程拦沙、末端清淤、长效管护”思路,构建工程、生态、管理相结合的立体化协同防控体系,实现流域水土保持与水库淤积常态化治理。

4.1 源头防控:强化流域水土保持,削减山洪产沙

深化坡耕地综合治理,对5°~25°坡耕地开展阶梯化改造、梯田整治,配套排水、固土护坡设施,杜绝陡坡顺坡耕作。推进生态植被修复,对荒山裸地、陡坡破损区实施人工造林、封山育林,优化乔灌草立体结构。规范人

类活动,严控陡坡开垦、乱砍滥伐,推广生态种植,减少农业面源污染与人为水土流失。

4.2 过程拦截:完善泥沙防控体系,阻断输移路径

升级改造现有生态拦截沟、渠堰、拦沙坝,清理淤积、修复破损;在主要支流、汇流节点新建生态拦沙设施,实现泥沙分级拦截。打造滨库生态缓冲带,种植水生、湿生植被,阻滞径流、吸附泥沙、净化水质。优化排水体系,规范径流汇流路径,减少无序冲刷。

4.3 末端治理:精准开展生态清淤,修复水库生态

采用环保绞吸式清淤、带水作业技术,对入库口、重淤积区开展常态化清淤,精准清除污染底泥,恢复有效库容。推行底泥脱水固化一体化处理,实现泥沙资源化利用。同步开展水生态修复,投放净水微生物、种植沉水植被,提升水体自净能力。

4.4 长效管护:构建智能监测体系,健全协同机制

搭建智能化监测预警平台,布设雨量、流速、含沙量、淤积厚度、水质监测设备,实现动态监测与预警。健全水利、生态环境、乡镇联动机制,明确管护职责,完善巡查、养护、整治制度。强化宣传引导,形成政府主导、部门协同、群众参与的长效治理格局。

5 结论与展望

浪河流域山洪频发且强度大,通过坡面冲刷、沟道侵蚀、重力侵蚀叠加驱动强烈水土流失,泥沙入库造成库容缩减、水质恶化,山洪强度与水土流失模数、水库淤积速率呈显著正相关,极端山洪是水库淤积主导诱因。

流域当前存在源头防控薄弱、过程拦截不足、末端治理滞后、监测管护体系不健全等突出问题,山洪—水土流失—水库淤积链式灾害效应显著。

构建“源头控蚀、过程拦沙、末端清淤、长效管护”四位一体协同防控体系,可有效削减山洪产沙、阻断泥沙输移、缓解水库淤积、改善流域水质,保障浪河水库长效安全运行。

后续可结合长期水文泥沙监测数据,量化不同强度山洪与水土流失、水库淤积的定量响应模型,测算流域产沙、淤积阈值,优化工程布局与治理参数,为丹江口库区支流流域水生态保护、水利工程长效运维提供更精准的技术支撑。

【参考文献】

- [1]湖北省水利厅.湖北省水土保持公报[R].武汉:湖北省水利厅,2024.
- [2]丹江口市人民政府.丹江口市“十四五”水安全保障规

划[R].2021.

[3]张磊,王军.山区山洪驱动的水土流失与水库淤积响应机制[J].水利水电技术,2023,54(8):112-119.

[4]李阳,刘建华.水库泥沙淤积成因及生态防控治理技术研究[J].水土保持通报,2024,44(2):189-195.

[5]王浩,赵勇.山地流域水沙耦合关系与水土保持调控机

制[J].水利学报,2022,53(11):1289-1298.

[6]十堰市生态环境局.浪河流域生态环境综合治理成效报告[R].2026.

作者简介:黄拥军(1972—),男,汉族,湖北仙桃,大学本科,高级工程师,主要从事水利工程规划设计、洪水影响评价及涉水项目技术审查工作。