

The coupling mechanism of resource utilization of silt deposits in embankments and prevention and control of soil and water loss in the watershed

Lixia Shi¹ Dandan Dong² Zhike Qiao³

1. Tianhu Town Government, Songxian County, Luoyang, Henan, 471400, China

2. Songxian Deting Town People's Government, Luoyang, Henan, 471400, China

3. Song County Water Conservancy Bureau, Luoyang, Henan, 471400, China

Abstract

This paper focuses on the coupling relationship between the resource utilization of silt deposits in embankments and the prevention and control of soil erosion in the watershed. It systematically analyzes the bidirectional action mechanisms and optimization paths of the two. The research shows that resource utilization positively drives soil erosion prevention and control through source reduction, engineering enhancement, and ecological empowerment, while soil erosion prevention and control provides support for resource utilization from aspects such as raw material supply and quality improvement, and simultaneously forms necessary constraints. Based on this, a policy, market, and ecological collaborative dynamic mechanism, a three-dimensional collaborative mechanism, and a three-dimensional regulatory mechanism have been constructed. Optimization strategies have been proposed from three aspects: technological innovation, policy and market system, and cross-departmental supervision, providing theoretical support for the coordinated development of watershed ecological governance and resource recycling.

Keywords

Sediment of embankment for soil retention; Resource utilization; Soil erosion

淤地坝淤积物资源化利用与流域水土流失防控耦合机制

史利霞¹ 董丹丹² 乔智克³

1. 嵩县田湖镇人民政府, 中国·河南 洛阳 471400

2. 嵩县德亭镇人民政府, 中国·河南 洛阳 471400

3. 嵩县水利局, 中国·河南 洛阳 471400

摘要

本文聚焦淤地坝淤积物资源化利用与流域水土流失防控的耦合关系, 系统剖析二者双向作用机制及优化路径。研究表明, 资源化利用通过源头减量、工程增效、生态赋能正向驱动水土流失防控, 而水土流失防控从原料供给、品质提升等方面为资源化利用提供支撑, 同时形成必要约束。基于此, 构建了政策、市场、生态协同的动力机制、三维协同机制及三维调控机制, 并从技术创新、政策市场体系、跨部门监管三方面提出优化策略, 为流域生态治理与资源循环利用协同发展提供理论支撑。

关键词

淤地坝淤积物; 资源化利用; 水土流失

1 引言

淤地坝是以拦泥淤地为目的而修建的坝工建筑物, 在防控水土流失, 助力农业生产中发挥着重要的作用。淤地坝淤积物以淤泥为主, 并伴有随水流进入沟道的各类物质, 有着广阔的利用空间。基于生态环境导向, 推进淤积物资源化利用, 不仅可以实现淤积物的经济价值, 更能与水土防控形

成协同效应, 收到良好的生态效益^[1]。

2 淤地坝淤积物资源化利用与流域水土流失防控耦合关系分析

2.1 淤积物资源化利用对水土流失防控的正向驱动效应

淤积物资源化利用通过源头减量、工程增效、生态赋能三重路径, 对流域水土流失防控形成显著正向驱动, 构建“以利用促防控”的良性循环。源头减量层面, 资源化利用本质是对坝体淤积物的主动清理回收, 可有效降低泥沙堆

【作者简介】史利霞(1978-), 女, 中国河南洛阳人, 工程师, 从事水利工程及河道治理研究。

积,避免库容不足、调蓄能力衰减,稳固淤地坝拦沙截流核心功能。将淤积物加工为建筑用土、路基填料或改良用土,定期清空淤积层,能让淤地坝持续保持高效拦沙能力,减少泥沙入河量,降低下游河道淤积及水土流失风险,从工程基础强化防控效能。工程增效层面,资源化利用可同步优化坝区生态布局,提升防控体系协同性。淤积物开采后,对坝区及周边开展生态修复,平整场地后种植水土保持林、修建植被缓冲带,提升地表覆盖度以减少坡面侵蚀。同时结合利用规划完善排水、护坡等配套工程,构建利用与修复同步、工程与生态协同的防控网络。生态赋能层面,资源化利用推动生态友好型模式发展,间接提升防控效果。将富含养分的淤积物用于改良贫瘠耕地、林地土壤,提高植被存活率与固土能力,构建自然防控屏障。

2.2 水土流失防控对淤积物资源化利用的支撑与约束作用

流域水土流失防控对淤积物资源化利用兼具基础支撑与必要约束,形成支撑保障、约束规范的双向互动格局^[2]。支撑作用体现在三方面:一是稳定原料供给。淤地坝、梯田、植被缓冲带等防控措施高效拦截坡面泥沙,使淤积物在坝体集中沉积,形成稳定原料库,为规模化利用提供物质保障。优化淤地坝梯级布局可实现淤积物集中存储,降低采集成本。二是提升淤积物品质。植被恢复、坡面整治等措施减少淤积物杂质,提高颗粒均匀度与养分含量,增强其在土壤改良、建筑利用等场景的适配性,拓展利用路径。三是优化利用环境,防控工程配套建设改善流域交通、水利等基础设施,为淤积物开采、运输、加工提供便利,降低运营成本。约束作用源于生态保护与防控目标,避免过度利用引发新问题。规模约束上,需控制开采量与频率,防止坝体结构受损、拦沙能力不足,确保利用与防控需求匹配。

2.3 耦合过程中的矛盾冲突与协调关键点

淤积物资源化利用与流域水土流失防控耦合过程中,因目标导向、利益诉求、实施节奏差异,存在三大核心矛盾,需精准把握协调关键点实现协同共生。一是利用规模与防控安全的矛盾。规模化利用需加大开采量,但过度开采会导致淤地坝库容不足、结构不稳,削弱防控能力。而严格保障防控安全又可能限制开采规模,影响经济效益,部分流域过度开采致坝体防洪拦沙能力锐减的案例,便是矛盾的直接体现。二是短期效益与长期生态的矛盾。资源化利用侧重短期经济收益,开采加工易对坝区生态造成临时扰动。而水土流失防控以长期生态保护为核心,要求最小化人为破坏,二者在实施节奏与目标上存在偏差。三是技术适配与措施协同的矛盾。传统淤积物开采技术易破坏坝区植被,与生态防控措施冲突,且利用技术与防控工程、生态措施缺乏有效衔接,导致技术应用与防控需求脱节。协调关键点在于构建平衡适配、协同联动调控体系:其一阈值管控,结合坝体拦沙能力、流域水土流失强度,科学界定最大开采量与周期。其二效益

统筹,建立生态优先评价体系,通过生态补偿、政策扶持平衡短期收益与长期保护。其三技术融合,研发低扰动开采、生态修复一体化技术,建立跨领域协同机制,保障耦合过程顺畅高效。

3 淤地坝淤积物资源化利用与流域水土流失防控耦合机制构建

3.1 动力机制:政策、市场与生态需求的协同驱动

淤地坝淤积物资源化利用与流域水土流失防控耦合体系的高效运转,核心依托政策、市场、生态需求三大驱动力协同发力,形成政策引导、市场赋能、生态牵引的多元驱动格局。政策作为顶层设计核心,通过制度规范与激励导向锚定耦合方向。国家层面,生态保护红线、水土保持法等法规明确防控刚性要求,循环经济政策为淤积物利用提供指引。地方结合流域实际配套措施,如黄土高原将其纳入生态治理规划,以税收减免、资金扶持倒逼企业将防控要求融入利用全流程,破解制度壁垒,推动二者形成目标一致的发展路径。市场驱动力为耦合发展注入内生活力,依托供需关系与利益杠杆激活资源价值。建筑、农业等领域需求升级,使淤积物作为填料、土壤改良剂的市场需求稳步扩大,形成稳定变现渠道。价格杠杆同步调节资源配置,如优质改良土的生态溢价,倒逼企业优化技术以兼顾效率与合规性。同时,开采、加工、应用产业链的构建,联动上下游推动技术、模式创新,实现生态效益转经济效益、经济效益反哺防控投入的良性循环。

3.2 协同机制:时空匹配、措施联动与效益统筹

协同机制是耦合体系高效运转的核心路径,通过时空匹配、措施联动、效益统筹三大维度,实现二者深度融合。时空匹配聚焦精准适配与动态协同,结合流域自然禀赋、水土流失强度、淤积速率制定差异化方案。空间上,针对黄土高原沟壑区、南方丘陵区等不同区域,优化淤地坝与利用站点布局,剧烈流失区优先保障防控、严控开采,淤积量大且交通便利区集中布局加工基地提升效率。时间上,契合汛枯季规律,汛期聚焦防控、暂停或减量开采,强化坝体拦沙调蓄。非汛期集中开采,同步完成坝区生态修复,规避时序冲突。措施联动构建工程、技术、生态一体化体系,实现防控与利用无缝衔接。工程层面,淤地坝升级与利用设施同步建设,预留标准化开采通道、配套泥沙处理设施,兼顾防控性能与利用成本,同时联动梯田、植被缓冲带形成立体网络。技术层面,运用大数据监测追踪水土流失与淤积量,推广低扰动开采、生态修复一体化技术,适配防控需求^[3]。效益统筹打破单一导向,建立生态优先、三效统一评价体系,统筹生态、经济、社会三大指标,避免片面追求经济效益,通过优化资源配置实现效益最大化,筑牢耦合实践根基。

3.3 调控机制:阈值管控、动态调整与风险防控

调控机制作为耦合体系的保障防线,通过阈值管控、

动态调整、风险防控三大举措,破解矛盾冲突并维持体系稳定。阈值管控以科学界定核心阈值为基础,构建刚性约束、弹性适配体系,明确耦合发展边界。核心阈值包括淤积物合理开采量、坝体库容安全值、水土流失防控目标三类,经实地监测、模型模拟、专家论证精准测算,如依据淤地坝设计库容与泥沙补给量确定年开采上限,确保库容不低于安全标准。以生态红线设定流失控制率最低阈值,作为利用活动前置条件,既划底线又留弹性空间。动态调整依托常态化监测与反馈机制优化措施,实时追踪水土流失强度、淤积量、利用进度等核心指标,搭建数据共享平台支撑决策。结合监测数据与外部环境变化优化配置,如泥沙补给激增时下调开采量、强化防控投入,市场波动时调整利用方向与规模,适配防控要求。风险防控构建全链条体系,事前评估坝体安全、二次流失等风险点。事中分级管控,高风险区暂停利用、强化防控,一般区域加强监测巡查。事后制定应急方案,确保风险可控,为耦合体系长期稳定保驾护航。

4 淤地坝淤积物资源化利用与流域水土流失防控耦合机制优化

4.1 耦合关键技术的创新与推广

耦合关键技术的创新与推广是提升机制效能的核心,需聚焦低扰开采、高效利用、精准防控,构建创新、试点、推广技术优化体系。针对传统开采方式的弊端,研发低扰动智能化技术,采用小型模块化设备搭配精准定位系统,预留安全缓冲层分层开采,配套泥沙分离与即时转运设备,最大程度降低对坝区植被、土壤的扰动。结合梯级坝群特征,创新上游坝开采、下游坝拦蓄联动模式,规避单一坝体开采引发的泥沙下泄风险,兼顾资源回收与防控需求。资源化利用技术创新的要点在于突破低附加值瓶颈,打造多元适配路径:农业领域研发复合改良技术,添加有机基质与微生物菌剂制成专用改良土,提升土壤肥力。建筑领域优化再生骨料工艺,通过筛分、固化提升性能,适配路基与小型构件生产。生态领域结合本土植被优化基质配比,开发培育专用基质。依托产学研用协同平台做好技术推广,联合科研院所与企业,在典型流域设试点验证效果,通过技术培训、手册普及及补

贴政策,降低中小企业应用成本,推动技术全域落地。

4.2 政策保障与市场激励体系完善

政策与市场体系完善是耦合机制长效运行的核心支撑,需构建刚性约束、柔性激励并重体系,破解政策碎片化、市场动力不足问题。政策层面强化顶层设计,出台专项法规明确各主体权责、技术标准与考核要求,将其纳入流域治理总体规划。实施差异化政策:生态敏感区严控开采,资源富集区鼓励规模化、高附加值利用。完善水利、生态环境等多部门协同机制,消除政策壁垒,避免多头管理或监管真空,保障措施落地。市场层面,进一步完善生态产品价值核算体系,激发内生活力。做好市场主体培育,以特许经营、PPP模式引导社会资本参与,形成政府引导、企业主导的格局。

4.3 跨部门协同与动态监管机制构建

针对治理碎片化的问题,从跨部门协同与动态监管两个方面,健全治理机制。跨部门协同方面,整合水利、生态环境、农业农村、财政等部门力量,构建统筹协调、权责明晰、全程管控的跨部门协同体系,依托信息共享、联席会议以及联合执法,化解治理难题。动态监管方面,加强数字技术在监管中的应用,利用卫星遥感、无人机巡查与地面站点,构建空天地全方位监管机制,动态追踪、实时反馈水土流失、淤积量、开采进度等核心指标。

5 结语

资源化利用既是实现淤地坝淤积物经济价值的有效路径,也是防控流域水土流失的重要方式。要深刻把握淤积物资源化利用与流域水土流失防控间的耦合关系,围绕动力、调控与协同三大方面构建耦合机制,并通过技术创新、政策市场体系、跨部门监管优化耦合机制。

参考文献

- [1] 全国首例水库淤积物资源化利用EOD项目成交——铁力市东方红水库开辟“两山”理念生态产品价值实现新路径(节选)[J].水利科学与寒区工程, 2025(08): 3.
- [2] 高雅玉,田晋华,李嘉楠.基于水土资源高效利用的淤地坝建设潜力分析[J].人民黄河, 2019(09): 102-105.
- [3] 宗蓓,李凯轩,谌振宇,等.洞庭湖淤积物环保处置及资源化利用研究[J].湖南水利水电, 2025(05): 30-32.