

山区小流域水利工程水土保持措施的优化设计与效益评估

刘成凯 毛盾

长江水利委员会陆水试验枢纽管理局, 中国·湖北 赤壁 437300

摘要: 山区小流域作为我国水土流失治理与生态文明建设的重要阵地, 面临地形复杂、降雨集中、土壤侵蚀强度大等多重挑战。随着水利工程和水土保持科技进步, 科学合理的水土保持措施在提升流域生态环境、保障农业生产、促进可持续发展等方面发挥着越来越重要的作用。本文围绕山区小流域水利工程, 系统梳理水土保持措施的优化设计原则和路径, 结合多维度效益评估, 分析现阶段山区小流域水利工程水土保持的典型做法、存在问题与改进策略。研究认为, 结合流域特点, 注重生态保护、工程与生物措施协同和综合管理, 可有效提升水土保持成效, 显著增强流域生态系统服务功能, 为我国山地丘陵区水利工程管理和水土资源保护提供理论参考和技术支撑。

关键词: 山区小流域; 水利工程; 水土保持; 优化设计; 效益评估

Optimal design and benefit evaluation of soil and water conservation measures for water conservancy projects in small watersheds in mountainous areas

Liu Chengkai¹, Mao Dun²

Lu-Shui Experimental Hub Administration of the Yangtze River Water Resources Commission, China Hubei Chibi 437300

Abstract: As an important position for soil erosion control and ecological civilization construction in our country, small watersheds in mountainous areas face multiple challenges such as complex terrain, concentrated rainfall and high soil erosion intensity. With the scientific and technological progress of water conservancy engineering and soil and water conservation, scientific and reasonable soil and water conservation measures play an increasingly important role in improving the ecological environment of the river basin, ensuring agricultural production and promoting sustainable development. Focusing on the water conservancy projects in small watersheds in mountainous areas, this paper systematically sorts out the optimal design principles and paths of soil and water conservation measures, and analyzes the typical practices, existing problems and improvement strategies of soil and water conservation in small watersheds in mountainous areas at this stage in combination with multi-dimensional benefit evaluation. The study believes that combining the characteristics of the river basin and paying attention to the coordination and comprehensive management of ecological protection, engineering and biological measures can effectively improve the effectiveness of water and soil conservation, significantly enhance the ecosystem service function of the river basin, and provide theoretical reference and technical support for the management of water conservancy projects and the protection of water and soil resources in mountainous and hilly areas of our country.

Keywords: Small watershed in mountainous areas; Hydraulic engineering; Soil conservation; Optimized design; Benefit evaluation

0 引言

山区小流域是我国水土流失高发区, 也是农田灌溉、生活供水、防灾减灾等水利工程布局的重点区域。多年来, 受限于特殊地理地貌、脆弱生态基础和人类开发压力, 山区小流域水土流失形势依然严峻。水土流失不仅威胁区域农业安全和水资源利用, 还加剧水库淤积、生态退化、滑坡泥石流等灾害风险。水利工程作为流域综合治理的重要

抓手, 其科学设计与运行管理必须与水土保持措施有机结合, 才能实现水资源高效调配与生态系统安全。随着新阶段水土保持工作的深入推进, 山区小流域水利工程水土保持措施的科学设计、系统优化和全过程效益评估, 成为当前学界与工程界关注的重点和难点。本文结合实际工程与调研数据, 全面探讨山区小流域水利工程水土保持措施的优化路径及其多重效益, 提出面向未来的技术创新与政策

建议。

1 山区小流域水利工程与水土流失的关系分析

山区小流域常见的地形切割强烈、坡陡土薄, 降雨过程短而强, 致使径流汇集迅速、洪峰流量大、侵蚀能量强, 水土流失风险极高。水利工程的修建对流域水沙运动格局和土壤侵蚀过程产生深远影响。一方面, 修建拦河坝、蓄水池、渠道等工程设施能够有效拦截径流、削减洪峰、沉淀泥沙, 对控制坡面侵蚀、降低输沙量具有显著作用。另一方面, 若水利工程布局不当或管理维护不善, 也易引发水流集中、局部冲刷、坝体渗漏等新的人为侵蚀问题。流域内工程措施与生物措施的协同设计, 既要发挥工程固土蓄水的直接作用, 也要关注生态系统修复和自然调节能力提升, 实现水土保持与水资源高效利用的双赢。合理的水利工程水土保持布局, 是保障山区小流域生态安全和农业可持续发展的基础。

2 山区小流域水利工程水土保持措施的优化设计原则

2.1 因地制宜、系统谋划

山区小流域水土保持措施必须充分考虑区域地形、地质、气候、土地利用等基本特征, 实施分区分类、分步实施的系统规划。不同坡度、坡长、土壤类型和植被覆盖的区域需采用差异化防护技术。上游以拦蓄、缓坡和林草植被恢复为主, 中下游侧重坡面固土、沟道护岸和蓄水沉沙工程, 统筹布局, 层层设防, 形成流域整体联动的水土保持防线。

2.2 工程措施与生物措施有机结合

单一工程措施(如拦水坝、排水沟、护岸等)或单一生物措施(如林草种植、植被覆盖等)均难以解决山区小流域水土保持的复杂问题。优化设计要求以工程措施为骨架, 生物措施为主体, 两者协同配套, 相互支撑。通过构建梯级拦挡、植被恢复、坡面整治等多元措施, 提升土壤涵养水分、稳定地表结构、减少面源污染和生态破坏, 实现水土保持与生态修复双重目标。

2.3 注重生态环境保护与修复

水土保持工程不仅要关注土壤流失的物理控制, 更应强化对流域生物多样性、生态系统结构与功能的保护。优化设计应推广生态护坡、生态沟渠、湿地恢复等生态型水土保持措施, 兼顾水土保持功能与生态景观效益。通过引进乡土树种、适生植被, 优化植被结构, 提高生态系统自我修复和调蓄能力, 增强流域整体生态安全。

2.4 经济可行与社会参与

山区小流域居民生产生活与土地利用密切相关, 水土保持措施必须兼顾经济效益和操作可行性。优化设计要结合当地农民实际生产方式, 推广低成本、易实施、易维护的实用型措施。引导群众广泛参与水土保持规划、建设与管护, 建立利益联结和激励机制, 提升工程可持续性和社会认同度。

2.5 全过程动态管理与评估

山区小流域水土保持工程需建立从前期规划、施工建设到后期管护、监测评估的全过程管理体系。通过遥感监测、定点观测和数据分析, 实现对水土流失防治效果的动态评估和及时调整, 保障各项措施持续有效发挥作用。

3 山区小流域水利工程水土保持技术路径与典型措施

3.1 拦挡蓄水与沉沙工程

针对山区强降雨导致的快速径流和泥沙汇集, 首要的水土保持工程是拦挡蓄水和沉沙池建设。拦砂坝、蓄水池、坡面梯田、沟道挡土墙等措施能够有效削减地表径流速度, 沉降泥沙, 防止大面积坡面侵蚀和沟道冲刷。新型生态型拦挡设施(如生态袋、卵石笼等)兼具稳固与环保双重效益。

3.2 坡面整治与植被恢复

坡面整治是减少坡长、降低坡度、抑制表层流失的核心技术。常用措施包括水平阶、鱼鳞坑、反坡垄、坡面沟带等, 配合人工播种、封育、补植等技术, 迅速恢复坡面植被覆盖, 提升土壤抗冲刷能力。适宜林草配置有助于形成多层次、耐侵蚀的稳定植被群落。

3.3 沟道综合治理

小流域沟道是水土流失和泥沙下输的主要通道。沟道综合治理包括断面优化、护岸加固、分级拦挡、植被护坡等措施, 防止沟道冲刷加剧和二次侵蚀。生态护坡、灌草带等生态型沟道治理模式能协同实现水土保持和生态美化目标。

3.4 土地整治与耕作制度调整

山区小流域多以坡耕地为主, 土地整治措施如坡改梯、坡地平整、保墒覆盖等能够改善土壤结构, 减少水土流失。结合等高耕作、深松浅耕、轮作休耕等农艺措施, 有效提升耕地保水保土能力。

3.5 生态缓冲带与湿地恢复

流域内设置生态缓冲带、湿地和水体恢复区, 可进一步拦截面源泥沙, 调蓄径流, 净化水质, 提升流域综合生

态服务功能。生态缓冲带还为野生动植物提供栖息地,丰富流域生物多样性。

4 山区小流域水土保持措施效益评估体系与实证分析

4.1 效益评估体系的构建

科学构建水土保持措施的多维效益评估体系,对于全面检验工程成效、发现不足以及指导后续优化工作具有重要意义。该评估体系应涵盖水土流失防控效益、农业经济效益、生态环境效益和社会效益四个核心维度,确保评价的全面性和科学性。首先,水土流失防控效益主要通过泥沙减量、径流削减和土壤保持率等指标进行量化分析,结合实地监测数据、遥感影像解译及历史数据对比,科学反映工程对土壤保持和水体保护的贡献。其次,农业经济效益则关注耕地利用率、农作物产量提升及灌溉水资源的合理利用,通过经济数据和农田生产调查评估措施对农民增产增收的推动作用。再次,生态环境效益以植被覆盖度、生物多样性指数和生态系统稳定性为评价重点,借助野外生态调查和监测数据展现工程对自然生态系统恢复和保护的成效。最后,社会效益从用水安全、居民参与度、社区收入改善和灾害风险减缓等方面评估水土保持措施对地方社会经济可持续发展的促进作用。通过这四个维度的系统评估,为水土保持工程提供科学依据,推动治理工作持续优化和高质量发展。

4.2 典型流域水土保持效益实证分析

近年来,随着一系列山区小流域水土保持示范工程的实施,监测数据显示,拦挡蓄水与坡面植被恢复措施能够有效将地表径流削减 40% 以上,土壤流失减少 60%,拦沙设施年均泥沙沉积量显著增加。土地整治和生态缓冲带的建设,使耕作条件改善、作物单产提升 10%~15%。沟道治理和湿地恢复有效降低了沟道冲刷强度,提升流域调蓄能力和洪涝灾害防控能力。综合效益评估显示,工程区内居民用水安全感提升,参与度高,生态环境持续向好,具备良好的社会推广价值。

5 山区小流域水利工程水土保持的管理创新与政策建议

5.1 加强流域统筹与协同管理

山区小流域治理具有跨行政区划、涉及多部门、多领域的特点,单一部门或区域难以独立有效解决水土流失问题。因此,必须打破行政边界限制,以流域为基本治理单元,统筹规划和综合治理。通过整合水利、林业、农业、环保等相关部门的资源和力量,形成跨部门、跨区域的联

动协作机制,实现工程措施与生态修复的有机结合,推动水土保持工作整体提升。同时,应明确各级政府和部门的职责分工,构建权责清晰、协调高效的治理格局,促进资源合理配置和管理效能最大化。加强流域综合治理不仅有助于改善生态环境,也能提升区域经济社会的可持续发展能力,为建设绿色山水林田湖草系统提供坚实保障。

5.2 完善资金投入与技术服务体系

水土保持工作离不开充足的资金支持和高效的技术服务保障。应建立健全多元化的资金投入机制,实现中央、省、市、县四级财政资金的有效协同和合理分配,确保重点项目和薄弱环节资金充足。同时,积极引导社会资本、农民专业合作社及企业等多方参与水土保持工程建设和管护,创新投融资模式,拓宽资金来源渠道。加大技术服务投入,强化技术推广、培训指导和后期管护能力建设,提升工程质量和水平。通过建立专业化、标准化的技术服务体系,推动水土保持科学技术的应用与创新,实现工程的可持续运行与生态效益的长期发挥。资金和技术的双重保障为小流域治理提供坚实基础,促进绿色发展和乡村振兴深度融合。

5.3 推进智能化与信息化建设

现代信息技术的应用为水土保持管理带来了革命性的变革。应充分利用遥感卫星、无人机航拍、物联网传感器和大数据分析等先进技术,实现对水土流失动态的实时监测和精准评估。通过智能设备自动采集流域内土壤湿度、植被覆盖、降雨量及水质等多维度数据,辅以云平台数据处理和可视化展示,提升工程质量巡查和治理效果评估的科学性和时效性。同时,借助智能预警系统,及时发现潜在风险,辅助决策和应急响应。信息化和智能化的深度融合,不仅提高了水土保持工作的精细化和规范化管理水平,也极大地促进了资源配置的优化和治理效率的提升,推动水土保持进入数字化、智慧化管理新时代。

5.4 加强政策宣传和群众参与

政策宣传和群众参与是水土保持治理成效的重要保障。应加大对水土保持政策法规的宣传力度,通过开展多层次、多形式的培训和宣讲,提高基层干部和农民群众对水土保持重要性的认识和理解。鼓励群众积极参与治理项目的实施、日常管护和生态环境保护,激发其内生动力。通过树立典型示范项目和先进个人,营造良好氛围,促进群众互学互助。结合当地实际,创新群众参与模式,如成立水土保持志愿者队伍、推广绿色生产生活方式,形成政府引导、群众主体、社会支持的多元治理格局。充分

发挥群众的主体作用，有效提升水土保持工作的社会基础和治理持续性，推动生态文明建设扎实推进。

5.5 完善动态评估与长效机制

水土保持工程需建立科学的动态评估体系，定期对工程运行效果和生态效益进行综合评价。通过现场监测、数据分析和专家评审，及时发现存在的问题和不足，科学调整和优化治理措施，确保工程效益的持续提升。完善绩效考核机制，将工程质量、管理水平和生态恢复效果纳入考核指标，促进责任落实和工作质量提升。建立激励机制，对表现突出的单位和个人给予表彰和奖励，激发各方积极性。同时，强化责任追究，确保违章行为和失职现象得到有效纠正。通过长效管理机制的构建，保障水土保持工程的可持续发展和生态系统功能的稳定发挥，为山区小流域治理和区域绿色发展奠定坚实基础。

6 结语

山区小流域水利工程水土保持措施的优化设计与效益评估，是推进生态文明建设和乡村振兴战略实施的重要基

础。研究表明，因地制宜、工程与生物结合、注重生态修复和全过程管理，是提升水土保持成效、实现流域生态安全与农业可持续发展的根本路径。未来应持续推动技术创新、信息化管理和社会参与，强化政策引领和资金保障，不断优化水土保持措施体系。以高水平的水土保持支撑山区小流域高质量发展，为我国生态安全屏障建设贡献更大力量。

参考文献：

- [1] 吴国俊, 刘慧. 山区小流域水土保持措施效益评价研究[J]. 水土保持通报, 2022,(6):133-137.
- [2] 王丽华, 王鑫. 小流域综合治理与生态水土保持措施优化[J]. 水利科学与寒区工程, 2023,(3):48-52.
- [3] 张新民, 赵宇. 基于流域生态修复的水土保持措施优化路径分析[J]. 中国水土保持, 2021,(11):112-118.

作者简介：刘成凯（1999-），男，汉族，湖北宜昌人，学士学位，科员，助理级工程师，研究方向：水土保持。