

Research on the Impact of Soil and Water Conservation Measures on the Stability of River Basin Ecological Environment

Kaohuan Lin Jie Chen* Peng Zhou Shourong Yang

Yunnan Provincial Water Conservancy and Hydropower Survey and Design Institute Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650021

Abstract

Watershed ecological environmental stability is a crucial foundation for assessing regional ecological security and sustainable development. As a key approach for regulating water-sediment relationships and improving ecological structure, soil and water conservation measures exert a direct influence on the stability of watershed ecosystems. Focusing on the comprehensive effects of soil and water conservation measures at the watershed scale, this study conducts a systematic analysis of their impacts on watershed ecological environmental stability from the perspectives of soil erosion control, hydrological process regulation, and optimization of ecosystem structure. Clarifying the underlying mechanisms from a theoretical standpoint provides a scientific basis for practical soil and water conservation initiatives and for enhancing ecological environmental stability at the watershed level.

Keywords

Soil and water conservation measures; Watershed ecological environment; ecological stability; Water-sediment relationship; Integrated management

水土保持措施对流域生态环境稳定性的影响研究

林考焕 陈杰* 周鹏 杨寿荣

云南省水利水电勘测设计院有限公司, 中国·云南 昆明 650021

摘要

流域生态环境稳定性是衡量区域生态安全与可持续发展的重要基础,而水土保持措施作为调控流域水沙关系、改善生态结构的关键手段,其实施效果直接影响流域生态系统的稳定状态。围绕水土保持措施在流域尺度上的综合作用,从土壤侵蚀控制、水文过程调节及生态系统结构优化等方面,对其对流域生态环境稳定性的影响进行系统分析。通过从理论层面梳理作用机理,有助于为流域水土保持实践及生态环境稳定性提升提供科学依据。

关键词

水土保持措施; 流域生态环境; 生态稳定性; 水沙关系; 综合治理

1 引言

在流域开发利用强度持续提升的背景下,土地利用方式变化和人类活动干扰不断加剧,流域生态环境稳定性面临多重压力。水土流失问题不仅削弱土地生产能力,还通过改变径流过程和物质循环,对流域生态系统结构与功能产生深远影响。水土保持作为协调资源开发与生态保护的重要技术与手段,其核心目标已由单一防治水土流失逐步转向维护流域生态系统整体稳定。相较于局部治理视角,流域尺度的水土保持更强调系统性、协同性和长期性。深入分析水土

保持措施对流域生态环境稳定性的影响规律,有助于明确不同措施在稳定生态过程中的作用边界,揭示影响稳定性的关键因素,为后续优化路径与实施策略的提出奠定理论与实践基础。

2 水土保持措施与流域生态环境稳定性的理论基础

2.1 流域生态环境稳定性的内涵与判定维度

流域生态环境稳定性是指在自然演替与外部扰动共同作用下,流域生态系统结构、功能及其调节能力保持相对协调与持续运行的状态。这种稳定性并非静态不变,而是在一定阈值范围内通过物质循环、能量流动和生态反馈实现动态平衡。从系统层面看,流域生态环境稳定性体现为水土资源配置关系的协调程度、生态过程连续性的保持水平以及生态系统对干扰的承载与恢复能力。在判定维度上,稳定性既包含土壤结构完整性、地表覆盖连续性等物理基础特征,也涵

【作者简介】林考焕(1980—),男,中国广西玉林人,硕士,高级工程师,从事水土保持研究。

【通讯作者】陈杰(1979—),男,中国云南宣威人,本科,高级工程师,从事水土保持、生态环境相关研究。

盖径流过程、水沙输移及水量分配的稳定状态，同时反映在生境连通性、生物群落结构和生态功能维持能力等生态属性之中。不同维度之间存在显著耦合关系，任何单一要素的失衡都可能通过系统传导引发整体稳定性下降，因此流域生态环境稳定性本质上是一种多要素、多过程协同作用的综合状态^[1]。

2.2 水土保持措施的类型及其生态功能属性

水土保持措施是调控流域地表过程与生态格局的重要手段，其类型通常涵盖工程措施、生物措施及管理措施等多个层面。工程措施通过改变地形条件和地表结构，直接影响坡面径流路径与侵蚀能量分布，在控制土壤流失和稳定地表形态方面具有显著作用。生物措施依托植被系统的覆盖与根系作用，对土壤结构加固、水分调节和微气候改善产生持续影响，是提升流域生态韧性的关键载体。管理措施则通过土地利用调控和生产方式引导，降低人为扰动强度，为工程和生态措施发挥效应提供制度与行为保障。从生态功能属性看，不同类型水土保持措施在调节水沙关系、增强系统缓冲能力和维持生态过程连续性方面具有互补特征，其综合实施能够在流域尺度上形成多层次、多路径的生态稳定支撑体系。

2.3 水土保持措施作用于流域系统的理论逻辑

水土保持措施对流域系统的作用逻辑建立在系统调控与反馈调节的理论基础之上，其核心在于通过干预关键生态过程来影响整体稳定状态。在坡面与沟道尺度，措施通过削弱径流侵蚀动力、延缓水流汇集过程，改变水沙产生与输移的时空格局；在流域整体尺度，措施累积效应表现为径流峰值削减、水沙输出减缓及生态基底条件改善。随着地表过程趋于平缓，生态系统内部的物质循环和能量转换条件得到优化，从而增强系统对外部扰动的缓冲能力。该作用逻辑强调由局部调控向整体响应的传导关系，体现了水土保持措施在不同空间层级上的联动效应，也反映出其在塑造流域生态环境稳定性中的基础性和长期性作用。

3 水土保持措施对流域生态环境稳定性的影响表现

3.1 对流域土壤结构与地表稳定状态的影响

水土保持措施通过调节坡面形态与地表覆盖条件，对流域土壤结构稳定性产生直接影响。在有效控制径流冲刷的条件下，土壤颗粒流失速率明显降低，团聚体结构得以保持，土壤孔隙分布和持水性能随之改善。地表稳定状态的提升使侵蚀沟蚀扩展趋势得到抑制，坡面崩塌与滑移风险相应下降。随着土壤结构逐步趋于稳定，地表系统对降雨和径流扰动的响应强度减弱，侵蚀过程由剧烈型向缓释型转变。这种变化不仅改善了土地资源基础条件，也为植被恢复和生态过程持续运行提供了稳定的物质载体，从而在流域尺度上增强生态环境的稳定基础。

3.2 对流域水文过程与水沙关系稳定性的影响

在流域水文系统中，水土保持措施通过改变降雨径流转化路径和汇流过程，对水文过程稳定性产生深刻影响。地表拦蓄与下渗条件改善后，径流形成过程趋于平缓，洪峰流量和峰现时间的波动幅度得到有效控制，径流过程的年际差异有所收敛。水沙关系随之发生调整，泥沙输移强度降低，水量与含沙量之间的耦合关系更加协调。水沙输出稳定性的提升有助于减轻下游河道冲淤变化和水体环境压力，增强流域整体水文系统的可预测性与调节能力。这种稳定效应在长期尺度上表现为流域水资源调配条件的改善和生态用水保障能力的增强。

3.3 对流域生态系统结构与功能稳定性的影响

水土保持措施通过改善生境条件和生态基底，对流域生态系统结构与功能稳定性产生综合影响。地表侵蚀减缓和土壤水分条件改善，为植被群落演替提供了相对稳定的环境支撑，使群落结构由简单向多样化方向发展。生境连续性的增强促进物种间能量流动与物质交换，生态系统内部的调节功能逐步强化。在功能层面，初级生产能力和生态服务功能保持在相对稳定区间，系统对外部干扰的抵御和恢复能力同步提升。随着结构与功能稳定性的协同增强，流域生态系统整体运行状态趋于协调，有利于生态环境稳定性的长期维持^[2]。

4 水土保持措施实施过程中影响稳定性的主要问题

4.1 措施配置与流域生态系统匹配性不足

在水土保持实践中，措施配置与流域生态系统特征之间存在匹配不足的问题，成为制约生态环境稳定性提升的重要因素。一些治理方案在制定过程中对流域整体结构认知不充分，更多基于局部侵蚀强度或工程可实施性进行安排，忽视了流域内部不同单元之间在水文联系、物质输移和生态功能上的系统关联。这种配置方式容易导致措施在局部区域产生明显效果，但在流域尺度上难以形成稳定的协同响应。当措施类型、强度与生态系统承载能力不相适应时，可能打破原有生态平衡，使部分区域在短期稳定后出现新的扰动风险。长期来看，匹配性不足不仅削弱水土保持措施的整体效能，也限制了流域生态环境稳定性的持续提升。

4.2 工程类水土保持措施稳定性衰减问题

工程类水土保持措施在流域治理初期往往具有明显的侵蚀控制效果，但其稳定性效应在长期运行中容易出现衰减。受自然条件变化和使用年限增长影响，部分工程设施结构性能逐渐下降，对径流和泥沙的调控能力随之减弱。当维护管理不到位时，工程措施难以及时修复和调整，其功能退化可能引发局部侵蚀反弹，进而影响流域整体稳定状态。工程措施稳定性衰减还可能改变原有水沙分配格局，使流域生态系统重新承受不稳定冲击。这种由工程老化引发的连锁反应，使工程类水土保持措施在长期稳定性保障方面面临现实挑战。

4.3 生物类水土保持措施长期效应不确定问题

生物类水土保持措施依赖自然演替过程发挥作用,其长期稳定效应受多种因素共同影响,存在较强不确定性。植被恢复过程中,生长条件、群落结构和环境适应性均可能发生变化,导致生态效应显现速度和稳定程度存在差异。在气候波动频繁或人为干扰较强的区域,生态系统恢复进程容易受到冲击,使原本形成的稳定状态难以持续。部分生物措施在缺乏系统管护的情况下,难以长期维持覆盖强度和功能水平,稳定效应呈现阶段性波动。这种不确定性增加了水土保持措施对流域生态环境稳定性支撑的复杂性^[3]。

5 以生态环境稳定性为导向的水土保持优化路径

5.1 基于流域整体性的水土保持措施优化布局

以生态环境稳定性为导向推进水土保持工作,关键在于突破以单点、单项治理为主的传统思路,将措施布局放置于流域整体系统中加以统筹。流域作为水土流失发生、传递与累积的基本空间单元,其生态过程具有明显的上下游关联性和空间连续性,任何局部治理行为都可能通过水文和物质通道对整体稳定性产生影响。因此,水土保持措施布局应充分考虑流域地形结构、水系网络和生态格局特征,在空间上形成相互衔接、功能互补的治理体系。通过在坡面、沟道与河道等关键部位协调配置措施,可有效避免治理碎片化导致的稳定性支撑不足问题。整体性布局有助于增强流域系统内部调节能力,使水土保持措施在控制侵蚀的同时,促进生态过程连续运行,从而为流域生态环境稳定性提供长期、系统性的支撑。

5.2 工程措施与生物措施协同稳定路径

工程措施与生物措施在水土保持体系中承担着不同但相互关联的稳定功能,其协同运行是提升流域生态环境稳定性的现实路径。工程措施通过改变地表形态和径流条件,能够在短期内削弱侵蚀动力,为生态系统恢复创造相对稳定的物理环境。生物措施则依托植被生长和生物过程,在时间尺度上延伸工程措施的调控效应,使稳定性由阶段性向持续性转变。当两类措施在空间布局和实施节奏上形成协同时,可有效降低单一措施失效对流域稳定性的冲击。协同路径强调

工程调控与生态恢复之间的相互支撑关系,通过合理组合实现稳定效应的叠加与强化,使流域生态系统在应对外部扰动时具备更强的缓冲能力和恢复潜力。

5.3 水土保持措施与流域生态过程耦合路径

从生态环境稳定性的长期维持角度看,水土保持措施需要与流域生态过程形成深度耦合,而非简单的外部干预。流域生态系统通过水循环、物质迁移和能量转换等过程维持动态平衡,水土保持措施只有顺应这些过程运行规律,才能持续发挥稳定效应。通过在关键生态节点引入调控措施,引导径流过程趋缓、泥沙输移受控以及生境条件改善,可促使生态系统在自我调节中逐步趋于稳定。耦合路径强调治理行为与自然过程之间的协调关系,避免因过度干预破坏系统内在调节机制。当水土保持措施成为流域生态过程的有机组成部分时,其稳定性效应能够在动态演化中持续显现,为流域生态环境稳定性提供可靠保障^[4]。

6 结语

水土保持措施在流域生态环境稳定性构建中具有基础性和长期性作用,其效应不仅体现在对水土流失的直接控制,更深刻影响流域生态系统结构、功能及其调节能力。从流域整体视角审视水土保持措施的实施成效,有助于准确把握生态环境稳定性形成与演变的内在规律。通过系统分析理论基础、影响表现、现实问题及优化路径,可以看出,只有将水土保持措施与流域生态过程有机融合,才能实现由局部治理向整体稳定的转变。未来水土保持工作应持续强化系统思维和稳定性导向,推动治理模式由单一控制向协同调控转型,为流域生态环境的长期稳定运行提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 张永健,张玲玲.太湖流域片生态清洁小流域规划建设的主要问题与思考[J].亚热带水土保持,2025,37(04):9-12.
- [2] 丛佩娟,张文星,元子龙.生态清洁小流域水土保持生态产品价值实现发展与思考[J].亚热带水土保持,2025,37(04):13-16.
- [3] 邱冀昕,吴泽华,陈汝愿,林婷,胡文静,林心晨,林桂志.长汀水土保持区当地农户认知差异与治理策略[J].亚热带水土保持,2025,37(04):47-50.
- [4] 王腾.水土保持在山区水土流失防治中的关键技术创新与应用研究[J].陕西水利,2025,(12):180-183.