

Study on the Impact of Soil and Water Conservation Measures on Slope Erosion and Sand Flow

Liying Wang¹ Shengde Xu²

1. Shandong Baiyuan Engineering Consulting Co., Ltd., Weifang, Shandong, 261000, China

2. Shandong Haiming Engineering Consulting Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266000, China

Abstract

The processes of slope runoff and sediment yield are significantly affected by soil and water conservation measures. Their mechanisms involve multiple aspects, including rainfall infiltration, surface runoff formation, and sediment transport. Implementing measures such as slope remediation, surface mulching, and vegetation restoration can effectively reduce the scouring intensity of rainfall on soil particles, enhance soil stability and erosion resistance, thereby decreasing runoff volume and sediment yield. Vegetation roots not only increase soil porosity, but also consolidate the soil and improve water infiltration conditions, slowing down slope confluence velocity, the protective layer on the slope surface reducing the threshold value of sediment initiation, dissipating raindrop kinetic energy. Engineering measures like building terraces and constructing interception ditches alter slope gradient and flow concentration paths, contributing to peak flow reduction and timing delay. The integrated application of various measures demonstrates synergistic effects, maintaining long-term ecosystem stability and regional soil and water conservation functions. In the short term, they provide crucial support for agricultural production and ecological security on slopes by reducing runoff scour.

Keywords

Soil and Water Conservation Measures; Slope Runoff Yield; Slope Sediment Yield; Soil Erosion; Ecological Benefits

水土保持措施对坡面产流产沙的影响研究

王丽英¹ 许圣德²

1. 山东百源工程咨询有限公司, 中国·山东 潍坊 261000

2. 山东海明工程咨询有限公司, 中国·山东 青岛 266000

摘要

坡面产流产沙过程受水土保持措施重要影响, 其作用机制涵盖降雨入渗、地表径流形成以及泥沙输移等多个环节, 采取坡面整治、地表覆盖以及植被恢复等手段能够让降雨对土壤颗粒的冲刷强度有效降低, 使土壤稳定性和抗蚀能力得以增加, 进而实现径流量与产沙量的减少。植被根系不仅能够提升土壤孔隙度, 还能固结土壤、改善水分下渗条件, 使坡面汇流速度减缓, 在坡面形成保护层的覆盖物能够降低泥沙起动阈值, 还可削弱雨滴动能。修筑梯田, 修建截水沟等工程措施可改变坡面坡度以及汇流路径, 进而起到削峰错峰的作用, 在长期内维持生态系统稳定、保障区域水土保持功能。多种措施的综合应用表现出协同效应, 在短期内减少径流冲刷, 为坡地农业生产和生态安全提供了重要支撑。

关键词

水土保持措施; 坡面产流; 坡面产沙; 土壤侵蚀; 生态效益

1 引言

水土流失的重要表现形式之一是坡面产流产沙, 其发生过程受到降雨特性、地形条件、土壤性质以及人类活动等多方面共同作用。我国长期以来采用粗放的耕作方式, 加之植被破坏后覆盖度较低、坡面形态单一导致土壤的侵蚀强度较大, 且当前大部分坡耕地分布区的水土流失强度较大, 这严重制约了农业的可持续发展以及生态环境安全。通过植被恢复、增加地表覆盖以及坡面工程整治等手段, 能够在不同

程度上对产流与产沙过程予以调节, 减缓水土流失的发生进程, 水土保持措施逐渐被广泛应用于水土流失坡面的治理。在复杂地形以及长期作用下, 研究显示单一措施尽管在局部条件中能够展现出显著效应, 但其稳定性与持续性存在欠缺, 综合措施的配置就显得格外重要, 深入探讨不同类型措施综合效应与作用机理, 对完善水土保持理论体系意义重大, 对指导坡面治理实践以及提升区域生态系统功能同样具有重要意义。

2 水土保持措施对坡面水文过程的影响

在坡面产流过程中, 地表覆盖植被发挥着极为重要的调节作用, 它的主要作用机制具体体现在对土壤结构以及水

【作者简介】王丽英(1986-), 女, 中国山东滨州人, 硕士, 工程师, 从事水土保持研究。

分循环的改善方面,降雨在坡面能更充分地地下渗,是根系可穿透土层让孔隙度增加提升了土壤入渗能力,进而减缓了地表径流的形成速度。雨滴动能可被叶片与枝条削弱,对地表的直接冲刷强度得以减少,土壤颗粒的分散与搬运概率也随之降低,降雨过程中部分雨水能被植被冠层截留,地表汇流时序得以延缓,峰值流量被减弱,坡面径流过程因此更趋加平缓。随着植被覆盖度的增加以及群落结构的演替,土壤的蓄水能力得以增强,土壤有机质含量得到提高,使得土壤在较长时间内保持较高的抗冲刷性能。地表植被的恢复为坡面产流的可持续调控创造了条件,不仅在短期动态上改善了水文过程,还凭借逐步改变土壤理化特性构建起稳定的生态环境。覆盖层的厚度与均匀度对削减效果具有决定性影响,长期施行覆盖举措能够对土壤水分情形加以改善,保持土壤湿度的稳定状态,提升作物生长环境的质量。在林草恢复工程与坡耕地里,地表覆盖已然成为至关重要的水土保持举措,对在保障坡地农业可持续性以及水资源利用效率方面有着切实的意义与价值。

3 水土保持措施对坡面产沙过程的影响

3.1 植被根系固土作用对土壤侵蚀的控制

在坡面产沙过程中植被根系的作用极为关键,它的固土功能大幅提升了土壤针对侵蚀力的抵抗能力,根系纵横交错,构建起致密的网状结构。土壤颗粒在其作用下紧密结合,抗剪强度得到提升,颗粒被径流搬运的风险也随之降低,能够加固深层土壤的深根植物,可防止大面积滑动与崩塌;雨滴溅蚀与径流剥蚀的发生,使浅根植物在表层形成的致密覆盖所减少,土壤结构因根系分泌的有机物质得到改善,团粒形成使得土壤稳定性得以提高。降雨作用之下坡面因根系产生的锚固效应,能让泥沙流失量明显减少,随着植被群落不断发育,根系的数量以及深度持续增加,固土的效果也在逐渐增强,进而达成对产沙过程的长期控制。地上部分的遮挡功能与根系作用相结合,不仅让土壤侵蚀的强度被削弱,还构建起完整的生态屏障,让坡面维持较高的水土保持能力。

3.2 覆盖物对降雨溅蚀与泥沙起动的抑制

覆盖物在坡面水土保持方面发挥着双重作用,一是削弱降雨冲击,二是阻止泥沙起动,雨滴的动能可被覆盖层有效吸收,极大减少雨滴对土壤表层的直接冲刷情况,致使土粒难以被打散以及分离,进而让溅蚀强度得到显著降低。径流在坡面流动时覆盖物增加了土壤表面的粗糙度与摩擦阻力,致使其失去部分能量难以产生足够动能推动泥沙颗粒运动,在地表覆盖材料形成缓冲层,阻挡径流对裸露土壤的直接作用,提高泥沙起动阈值使侵蚀过程的发生得以延缓。在降雨强度较大之际,覆盖物可减轻径流针对坡面的集中作用,防止泥沙在短时间里出现大规模输移,在降解过程中覆盖层还能够提升土壤有机质的含量,增加土壤团粒结构,改善土壤理化性质。从长远角度而言,这进一步增强了土壤抵

抗侵蚀的能力,为坡面水土保持给予持续的保障。

4 不同类型水土保持措施的综合效应分析

4.1 生物措施与工程措施的协同效益

在坡面水土保持治理中,生物措施跟工程措施的协同作用极为显著,此两类措施在功能互补的状况下,造就复合效益,工程措施可通过改变坡度与水流路径,延缓径流速度并增加滞蓄空间;植被措施则能改善土壤结构,提高入渗率与持水能力,在工程设施修筑完毕后稳定的环境里,植被逐渐变得繁茂起来,此时其根系进一步发挥着固土作用,有效降低了因降雨集中而引发的坡面滑移风险。在削弱径流动能的时候工程措施给植被创造了更有利的生长条件,两者相结合能够显著降低径流峰值并且减少泥沙输移量。梯田和林草的配置模式可在削减产流这一基础之上有效增强水资源的利用效率,进而达到拦截入渗以及泥沙等综合效果,在长期的运行进程当中生物措施持续强化生态功能,而工程措施构建起物理屏障,这两类措施彼此相互作用使得坡面的产流产沙能够获得更为持久且稳定的控制效果。

4.2 措施配置模式对产流产沙的差异性影响

对产流产沙的控制强度和持续时间,直接由水土保持措施的配置模式所决定,在特定条件下,单一措施呈现出明显效果,植物措施它能够提升土壤渗透性,覆盖措施在短期内可显著削减溅蚀,工程整治能快速改变坡面形态,然而,它们各自的局限性也十分突出,不同措施组合应用之际,配置方式是否合理成为决定产流产沙效应出现差异的关键所在。不同措施可针对坡顶、坡中和坡脚进行分区配置,以此实现全过程控制,通过空间叠加的方式交错配置,能够强化削流与沉沙的效果。效益强弱受配置密度大小的影响,提高控制率可通过高密度覆盖或者缩短梯田间距来实现,不过投入成本也会随之增加,自然条件以及不同区域的土地利用方式,决定了对最优配置模式的选择,合理的搭配能够形成互补优势,在减控产流产沙方面呈现出更高的效率与可持续性。

4.3 综合措施对坡面产流产沙的长期调控作用

综合措施能够实现坡面产流产沙的长期稳定调控,其通过整合植物、工程与管理手段达成,工程设施提供长期的形态约束,植物措施对土壤肥力与结构的改善是逐步推进的,而覆盖与耕作方式的优化,在季节性的循环里持续增强土壤抗蚀性。随着措施运行时长的不断延展,坡面构建起全新的水文与侵蚀平衡态势,产流量以及产沙量趋向在下降并维持在稳定水准,在应对极端降雨条件时,综合措施展现出更强的韧性。借助滞蓄径流、削峰错时以及促进下渗等多重环节,它们共同发挥效能,能够减少设施损毁风险,提高系统自我修复能力,充分体现了不同措施的叠加作用,这避免了单一措施易受破坏的局限。从长远视角出发,综合措施不但推动区域生态环境朝着良性循环逐步转变,为农业生产以

及生态安全筑牢根基，还能改善坡面水土流失的状况，提升坡面的水土保持能力。

5 水土保持措施对区域水土保持效益的提升作用

5.1 坡面产流产沙减控效应的定量评价

在区域尺度方面，水土保持措施所产生的综合效益，需借助定量评价来予以呈现，产流以及产沙指标属核心参考依据，措施对坡面水文与侵蚀过程的实际贡献能够通过径流削减率、产沙减少率、峰值流量削减幅度等指标来反映。长期开展监测并进行对比分析后发现，坡面的植被覆盖率达到70%时产流量能够减少30%至40%，而泥沙输出量的降低幅度超过50%。在连续降雨条件下覆盖措施的效益体现为对溅蚀强度的削弱，使得单位面积的产沙量出现显著下降，通过改变坡长与坡度的工程措施，让径流速度得以减缓，进而使拦蓄与沉沙率达到较高的水平。部分地区采取多措施组合将植被与梯田相结合，综合效应更为突出，泥沙削减率可达70%，不仅量化评价能为措施效益给予科学依据，还可为后续推广及优化提供参考，推动水土保持工作朝着科学化精细化方向发展。

5.2 措施效益对区域水文循环的正向反馈

区域水文循环因水土保持措施改善坡面产流、产沙过程而得到积极反馈，降雨入渗比例因植被盖度增加而增大，地表径流量相应减少，区域水源涵养功能得到增强，地下水补给量显著提升。暴雨径流形成的强度被地表覆盖削弱，降雨分配因此变得更加均衡，洪峰出现的频率以及强度也降低了，在局部范围内工程措施所造就的拦蓄与沉沙空间，不仅创造出小型水体，调节了水量在时间和空间上的分布，而且减少了下游水体的泥沙淤积情况。长期实施相关措施后，区域土壤含水量与蒸发处在相对稳定状态，水文循环走向良性态势，区域水资源利用效率因水源涵养与径流削减的耦合效应，水土保持与水资源管理的双重效益得到提高，生态系统自我调节功能得以增强，为区域可持续发展奠定了坚实的基础。

5.3 水土保持措施对生态系统稳定性的促进

水土保持措施在提升区域生态系统稳定性上具有重要意义，不仅在削减产流产沙方面发挥作用。植物措施让土壤理化条件获得改善，土壤有机质含量连同微生物活性得到提

升，给生物多样性恢复营造了条件；工程措施为植被群落的定居和演替提供了安全环境，其通过稳定坡面形态以及削弱水动力过程来实现这一点。区域生态系统的抗扰动能力因措施的持续施行而得以增强，在这期间水分循环以及土壤侵蚀过程渐渐走向稳定。次生灾害风险在极端气候事件发生之际，可通过综合措施有效减轻降低坡面破坏程度保障生态系统结构完整，在生态体系之中，土壤侵蚀强度的降低和植被覆盖率的提高这两者之间逐渐构建起一种正向循环，这种循环促使生态系统逐步达成从脆弱状态向稳健状态的转变。在推动区域生态环境朝着可持续方向演变，保障生态安全与社会效益同步提高的水土保持措施，维系着土壤水文以及生物三方面的平衡。

6 结语

坡面产流产沙过程受水土保持措施的调控作用，展现出工程措施与植物措施的有机融合，通过改变地形形态实现径流调蓄与泥沙阻断的工程整治，以及削弱溅蚀与径流强度的覆盖措施，与改善了土壤结构与水分循环的植被恢复协同应用，显著缓解了坡面水土流失。研究显示综合配置模式可达成削峰错峰、增大入渗、降低输沙等多重目标，在不同降雨状况下都呈现出优良的稳定性，在区域尺度当中水土保持措施不但让土壤环境与水文循环得到改善，而且增强了生态系统的整体稳定性，为生态安全以及农业生产提供了长效支撑，为区域可持续发展和水土流失防控奠定坚实基础，为持续推进措施优化与科学评价做出了贡献。

参考文献

- [1] 唐朝, 罗欢, 马晓清, 赵辛雪, 国铭. 降雨对不同水土保持措施坡面产流产沙及土壤养分流失的影响[J]. 中国水土保持, 2025, (07):40-44+59.
- [2] 孙理阳, 李华林, 张帆, 张馨予, 章孙逊, 刘晔, 谢晨新, 张守红. 降雨特征及不同水土保持措施对坡面产流、产沙和氮磷流失的影响[J]. 东北农业大学学报, 2024, 55(08):111-122.
- [3] 赵泽坤, 史明昌, 杨润泽, 王奋忠, 王世雷. 暴雨条件下水土保持措施对坡面产流产沙的影响[J]. 水土保持研究, 2025, 32(02):43-51.
- [4] 伍冰晨, 陈晓安, 汤崇军, 胡译水, 蔡袁海, 徐晓晗. 红壤坡地果园产流产沙及氮磷流失对坡面水土保持措施响应[J]. 水利学报, 2024, 55(07):802-814.