

# 暴雨条件下水土保持措施对坡面产流产沙的影响

杨丽娇

新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司 新疆 石河子 832000

**摘要:** 本文聚焦暴雨条件下水土保持措施对坡面产流产沙的影响。先阐述暴雨特性参数、坡面产流产沙机制及关键影响因素,接着介绍典型水土保持措施类型与作用机理,包括工程、植物、耕作及复合措施。深入探究单一与复合措施对产流产沙的影响规律,以及关键影响因素的耦合作用。研究表明,合理的水土保持措施能显著降低暴雨下坡面产流产沙量,复合措施效果更优,为水土流失治理提供理论依据与实践指导。

**关键词:** 暴雨;水土保持措施;坡面侵蚀;产流产沙;植被覆盖

引言:暴雨引发的坡面产流产沙是导致水土流失的关键因素,严重威胁生态环境与农业生产。暴雨强度、历时等特性参数,以及地形、土壤、植被等条件,共同影响坡面产流产沙过程。水土保持措施作为有效治理手段,其类型多样,包括工程、植物、耕作及复合措施,各有独特作用机理。研究暴雨条件下水土保持措施对坡面产流产沙的影响规律,对科学制定水土流失防治策略、保护生态环境、保障农业可持续发展具有重要意义。

## 1 暴雨条件下坡面产流产沙基础理论

### 1.1 暴雨特性参数与表征

暴雨特性参数是量化暴雨强度、历时、空间分布等特征的核心指标,其精准表征对揭示坡面产流产沙规律至关重要。核心参数包括暴雨强度、历时、雨型、雨滴动能等,其中暴雨强度常用最大1小时雨强、最大30分钟雨强等指标衡量,反映单位时间内降雨的集中程度,是触发坡面产流的关键驱动力。暴雨历时指单次暴雨从发生到结束的持续时间,与强度协同决定总降雨量,进而影响坡面土壤含水量饱和进程。雨型分为均匀型、峰值型等,不同雨型降雨能量分配差异显著,峰值靠前的雨型易快速形成地表径流,加剧产沙量<sup>[1]</sup>。雨滴动能与雨滴大小、降落速度相关,直接影响土壤颗粒的溅蚀能力,其表征需结合降雨强度与雨滴谱数据。这些参数相互耦合,通过改变坡面水分收支与土壤侵蚀动力条件,共同调控产流产沙过程,是开展相关研究的基础依据。

### 1.2 坡面产流产沙机制

坡面产流产沙是降雨、土壤、地形等因素综合作用下的复杂物理过程,可分为产流机制与产沙机制两个紧密关联的阶段。产流机制核心是坡面土壤水分达到饱和或超渗后形成地表径流的过程,主要包括超渗产流和蓄满产流两种类型:超渗产流多发生在干旱半干旱地区,降雨强度超过土壤入渗速率时,雨水无法及时下渗,在地

表汇集成径流;蓄满产流常见于湿润地区,土壤孔隙先被雨水填满达到饱和状态,后续降雨便形成径流。产沙机制以土壤侵蚀为核心,分为溅蚀、面蚀、细沟蚀等形式,雨滴溅蚀是初始环节,雨滴冲击地表使土壤颗粒离散飞溅,为产沙提供物质基础;面蚀是溅蚀后的后续过程,地表径流沿坡面流动时,携带离散的土壤颗粒形成含沙水流;当径流能量足够大时,坡面出现细沟,细沟蚀进一步加剧产沙量。径流的冲刷能力与流速、流量正相关,土壤颗粒的搬运量则取决于颗粒大小、比重及径流挟沙能力,二者协同构成坡面产流产沙的完整机制。

### 1.3 影响坡面产流产沙的关键因素

影响暴雨条件下坡面产流产沙的关键因素可分为自然因素与人为因素,二者相互作用共同决定产流产沙强度。自然因素中,地形条件是核心,坡度直接影响径流流速与冲刷力,坡度越大,径流流速越快,冲刷能力越强,产沙量显著增加;坡长决定径流汇流范围,坡长越长,径流量越大,挟沙能力越强。土壤特性包括质地、孔隙度、抗蚀性等,砂质土壤入渗速率高,产流量少但抗蚀性弱,黏质土壤入渗慢易产流,抗蚀性较强,壤土则介于二者之间。植被覆盖通过截留降雨、减缓径流流速、固持土壤颗粒等作用抑制产流产沙,覆盖度越高,防护效果越显著。人为因素主要包括土地利用方式与人类活动干扰,不合理的开垦、坡耕地种植等会破坏土壤结构与植被覆盖,加剧产流产沙;而合理的水土保持措施则能有效调控各影响因素,降低侵蚀强度。另外,暴雨特性参数与上述因素协同耦合,形成复杂的影响体系,决定坡面产流产沙的强度与过程。

## 2 典型水土保持措施类型及作用机理

### 2.1 工程措施

工程措施是通过改变坡面地形、修建构筑物来调控径流、拦截泥沙的直接防护手段,具有见效快、针对性

强的特点,广泛应用于水土流失严重区域。常见类型包括梯田、鱼鳞坑、截水沟、挡土墙等,不同措施的作用机理各有侧重。梯田通过将陡坡改造成台阶式平缓地块,大幅缩短坡长、降低坡度,减缓地表径流流速,延长雨水入渗时间,减少径流量与冲刷力,同时拦截坡面泥沙,防止土壤流失<sup>[2]</sup>。鱼鳞坑多修建在陡坡坡面,呈品字形排列,可截留降雨与坡面径流,储存水分的同时拦截泥沙,为植被恢复创造有利条件。截水沟沿等高线布置,能提前拦截坡上方的地表径流,将其引至指定排水系统,避免径流沿坡面汇集加剧侵蚀。挡土墙主要用于稳定边坡,防止坡面坍塌,减少重力侵蚀引发的产沙。工程措施核心机理是通过物理改造改变坡面水文与地形条件,削弱径流动力,拦截泥沙,为后续植被恢复提供基础,但其需定期维护以保障防护效果。

## 2.2 植物措施

植物措施又称生物措施,是利用植被的生理生态功能实现水土保持的生态防护方式,具有可持续性强、生态效益显著的优势,是水土保持体系的核心组成部分。其作用机理贯穿降雨、径流、土壤三个环节,形成多层防护体系。植被冠层可截留部分降雨,减少雨滴对地表的直接冲击,降低溅蚀强度,同时减缓雨水降落速度,为土壤入渗争取时间。植被根系深入土壤,能有效固持土壤颗粒,改善土壤结构,增加土壤孔隙度,提高土壤入渗能力,减少地表径流生成;根系还能增强土壤抗剪强度,防止坡面坍塌。植被枯落物覆盖地表,可减缓地表径流流速,拦截部分泥沙,同时腐烂后增加土壤有机质,提升土壤肥力与抗蚀性。常见植物措施包括人工造林、灌木种植、草本植被恢复、水土保持林等,需根据区域气候、土壤、地形条件选择适宜物种,构建乔灌草复合植被体系,最大化发挥水土保持功能。

## 2.3 耕作措施

耕作措施是专为坡耕地量身定制的农业耕作方式调整策略,旨在通过科学优化耕作模式,在确保农业生产稳步推进的同时,有效减少坡面产流产沙现象,主要适用于坡度相对较缓的坡耕地区域。其核心机理在于巧妙改变地表微地形,增加土壤入渗能力,削弱径流对地表的冲刷力,进而达成水土保持的既定目标。常见的耕作措施丰富多样,等高耕作便是其中之一,它沿着等高线开展耕作作业,形成横向垄沟,如同为坡面设置了一道“拦截网”,有效拦截坡面径流,减缓水流速度,延长雨水入渗时间,同时增加地表粗糙度,让土壤侵蚀无机可乘。沟垄耕作则通过起垄开沟,引导雨水汇集于沟内,大大增加入渗量,垄台还能像忠诚的卫士一样拦截泥沙,减

少流失,而且便于灌溉与排水,为作物生长创造良好条件。免耕法减少土壤翻动,保留地表残茬,降低对土壤结构的破坏,增强土壤入渗能力,残茬覆盖地表,如同给大地披上一层保护衣,减缓径流与溅蚀。秸秆覆盖耕作将农作物秸秆铺覆地表,可截留降雨、减缓径流、抑制杂草生长,还能提升土壤肥力。值得注意的是,耕作措施需与作物种植模式紧密结合,统筹兼顾水土保持效果与农业产量,只有这样,才能实现生态与经济效益的双赢,让坡耕地焕发出新的生机与活力。

## 2.4 复合措施

复合措施作为一种高效且全面的水土保持手段,是将工程措施、植物措施与耕作措施有机融合在一起,精心构建起多层次、全方位的水土保持防护体系。这种综合防护方式尤其适用于那些水土流失情况复杂、单一措施难以取得理想效果的区域,实践表明,其防护效果远远优于单一措施效果的简单叠加。其核心机理在于巧妙利用不同措施的功能互补性,形成“工程拦挡+生物固持+耕作调控”的协同防护机制,能够全方位覆盖坡面产流产沙的全过程。以陡坡区域为例,先修建梯田这一工程措施来平整地形,为后续治理打下基础;接着在梯田内种植水土保持作物,并采用等高耕作这种耕作措施,既保障了农业生产,又能辅助减少土壤侵蚀;同时,在梯田埂种植灌木或草本植物,发挥植物措施巩固防护效果、改善生态环境的作用,如此便形成了一个立体的防护体系<sup>[3]</sup>。其中,工程措施能快速拦截径流泥沙,植物措施进一步巩固防护成效、优化生态环境,耕作措施则在保障农业生产的同时助力减蚀。常见的复合模式丰富多样,像“梯田+果树+覆盖耕作”“鱼鳞坑+灌木+草本”“截水沟+水土保持林+坡耕地免耕”等。在实际应用中,复合措施需依据区域水土流失特征、土地利用需求,科学合理地配置各措施的布局与比例,从而达成防护效果、生态效益与经济收益的协调统一,成为治理严重水土流失的有效途径。

## 3 暴雨条件下水土保持措施对坡面产流产沙的影响规律

### 3.1 单一措施对产流产沙的影响

单一水土保持措施对暴雨条件下坡面产流产沙的影响具有明确的规律性,其效果取决于措施类型、实施规格及区域自然条件,核心是通过针对性调控产流产沙环节,降低侵蚀强度。工程措施中,梯田可使坡面径流量减少30%~60%,产沙量降低50%~80%,且坡度越大,梯田的减流减沙效果越显著;截水沟能拦截80%以上的坡上方径流,有效减少下方坡面的冲刷。植物措施的减流减

沙效果与覆盖度正相关,当植被覆盖度达到70%以上时,可截留40%-70%的降雨,使径流量减少50%-75%,产沙量降低60%-90%,且乔灌草混交模式优于单一植被类型。耕作措施中,等高耕作较顺坡耕作可减少径流量20%-40%,产沙量降低30%-50%;秸秆覆盖耕作能使径流量减少15%-35%,同时抑制土壤溅蚀,减少产沙。单一措施的效果受暴雨特性影响显著,暴雨强度越大,措施的减流减沙效率略有下降,但仍能显著降低侵蚀风险,适用于水土流失程度较轻的区域。

### 3.2 复合措施对产流产沙的影响

复合措施凭借各单一措施间的协同作用,在抑制暴雨条件下坡面产流产沙方面展现出了更为显著且稳定的效果。其影响规律鲜明地体现为“协同增效”与“互补抗逆”两大特征,效果远超各单一措施效果的简单相加。不同措施组合构建起的复合体系,能够全面覆盖产流产沙的各个环节,有效弥补单一措施存在的局限性。以梯田+植被复合模式为例,梯田如同坚固的屏障,拦截下大部分径流泥沙;而植被则像温柔的守护者,进一步减缓剩余径流的流速,固持土壤。相较于单一梯田措施,这种复合模式能使径流量额外减少15%-25%,产沙量额外降低20%-30%。再看鱼鳞坑+灌木+秸秆覆盖模式,鱼鳞坑负责截留降雨与泥沙,灌木稳固边坡,秸秆覆盖抑制溅蚀。在强暴雨的猛烈冲击下,该模式仍能使产沙量降低85%以上,远超单一鱼鳞坑措施约60%的成效。复合措施的减流减沙效果受组合方式、布局合理性影响颇大。科学的组合模式能够实现“1+1>2”的神奇效果,并且对不同强度暴雨的适应性更强,即便在中强暴雨条件下,依然能保持较高的防护效率。另外,复合措施还能改善区域生态环境,提升土壤抗蚀性,形成可持续的防护体系,无疑是治理中度及以上水土流失的首选方式。

### 3.3 关键影响因素的耦合作用

暴雨条件下,水土保持措施对坡面产流产沙的影响并非单一因素作用,而是措施特性与自然因素、人为因素的耦合作用结果,各因素相互交织、协同调控,形成复

杂的影响规律。暴雨特性与措施类型的耦合最为关键:强短历时暴雨下,工程措施的拦挡效果更突出,能快速拦截集中径流,而植物措施的冠层截留作用相对有限;长历时中弱暴雨下,植物措施与耕作措施的增渗效果更显著,可有效减少总径流量。地形条件与措施的耦合表现为,陡坡区域需工程措施与植物措施复合,才能抵消高坡度带来的强冲刷力,缓坡区域采用耕作措施与植物措施即可达到理想效果<sup>[4]</sup>。土壤特性与措施的耦合体现为,黏质土壤区域实施增渗型措施(如免耕、植被恢复)效果更佳,砂质土壤区域需强化工程拦沙措施,防止土壤颗粒大量流失。另外,措施实施年限、维护水平与自然因素耦合,随实施年限增加,植物措施效果逐步提升,工程措施需定期维护以避免防护功能衰减,人为维护到位可使复合措施的减沙效率提升10%-20%,反之则会弱化防护效果。

### 结束语

暴雨条件下,水土保持措施对坡面产流产沙影响显著。单一措施能针对性调控产流产沙环节,降低侵蚀强度;复合措施凭借协同增效与互补抗逆特征,效果更优且稳定。同时,措施效果受暴雨特性、地形、土壤等多种因素耦合作用。未来,应进一步深入研究不同区域、不同暴雨条件下水土保持措施的优化配置,提升措施的适应性与有效性,实现水土流失的科学治理与生态环境的持续改善。

### 参考文献

- [1]李国强.水土保持监测对水土保持的重要性与措施探讨[J].水电水利,2022,6(3):56-58.
- [2]赵泽坤,史明昌,杨润泽,等.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(2):43-51.
- [3]钟伟雄.暴雨条件下水土保持措施对坡面产流产沙影响的研究[J].水上安全,2025(18):106-108.
- [4]淡彩虹,许欢欢,王兵,等.模拟降雨下前期含水量对黄绵土坡面产流产沙过程的影响[J].水土保持学报,2023,37(1):31-36.