

山地丘陵区水土保持综合治理技术与应用

李明星

淄博市水利事业服务中心 山东 淄博 255020

摘要：山地丘陵区水土流失问题突出，综合治理需多管齐下。工程措施上，修梯田、建谷坊等以控制径流泥沙；生物措施方面，大力开展植被恢复与生态修复，增强土壤固持能力；农业措施则聚焦土壤改良与耕作优化。通过“工程+生物+农业”协同模式，搭配3S技术实现精准监测与科学规划，有效遏制水土流失，推动生态与经济协同发展，助力乡村振兴。

关键词：山地丘陵区；水土保持；综合治理技术；应用

引言：山地丘陵区地形起伏、土层浅薄，在自然因素与不合理人类活动交互影响下，水土流失问题严峻，不仅破坏土地资源、降低土壤肥力，还引发泥石流等灾害，威胁区域生态安全与可持续发展。传统单一治理手段成效有限，难以应对复杂的地貌与生态问题。在此背景下，探索科学、系统且具有针对性的水土保持综合治理技术，并将其有效应用于实践，成为改善山地丘陵区生态环境、促进经济协调发展的关键所在。

1 山地丘陵区水土流失特征与成因分析

1.1 水土流失类型与空间分布

(1) 山地丘陵区水土流失以水力侵蚀、重力侵蚀为主，部分干旱半干旱区域伴生风蚀，且存在显著区域差异。水力侵蚀广泛分布于湿润、半湿润地区，如南方红壤丘陵区、黄土丘陵沟壑区，表现为面蚀、沟蚀等形式，雨水冲刷形成的细沟、切沟是典型特征；重力侵蚀集中于坡度陡峭、岩土不稳定区域，如西南喀斯特丘陵区、秦岭山区，以滑坡、崩塌、泥石流为主要形式，多在暴雨后诱发；风蚀则多见于北方干旱半干旱丘陵区，如内蒙古东南部丘陵区，风力搬运表层松散土壤，导致土地沙化。(2) 侵蚀强度与坡度、植被覆盖度密切相关，呈现明显分级特征。坡度方面， 5° 以下轻度侵蚀，坡面径流冲刷较弱； 5° - 25° 为中度至强度侵蚀，坡面径流速度显著提升，沟蚀开始发育； 25° 以上为极强度至剧烈侵蚀，重力侵蚀风险剧增。植被覆盖度方面，覆盖度 $> 70\%$ 时多为轻度侵蚀，植被可有效拦截雨水、固持土壤； 30% - 70% 为中度至强度侵蚀，植被拦截能力下降，坡面裸露区域易发生冲刷； $< 30\%$ 为极强度至剧烈侵蚀，地表缺乏有效防护，水土流失加剧^[1]。

1.2 关键驱动因素

(1) 自然因素是水土流失发生的基础条件。降雨强度是核心触发因子，短时间强降雨形成大量坡面径流，

超出土壤入渗能力，易引发水力侵蚀；地形地貌决定侵蚀潜力，山地丘陵区地势起伏大、坡面长，径流汇流速度快，冲刷力强；土壤特性影响抗蚀能力，砂质土、粉砂质土结构松散，抗冲刷性差，如黄土丘陵区的黄土层，而粘性土抗蚀性相对较强，但过度降雨仍会发生侵蚀。(2) 人为因素是水土流失加剧的主导诱因。不合理耕作方式普遍存在，如顺坡耕作、陡坡开荒，破坏土壤结构，降低地表覆盖度，加剧坡面冲刷；过度开发活动频繁，包括过度樵采、超载放牧、滥砍滥伐，导致植被退化，生态防护功能丧失；工程建设扰动强烈，公路、矿山开采等工程破坏地表植被与岩土结构，产生大量松散堆积物，遇降雨易引发严重水土流失。

2 山地丘陵区水土保持综合治理技术体系

2.1 工程措施

(1) 山坡防护工程：核心是通过改造地形减缓坡度、拦截坡面径流，主要包括梯田、水平阶、鱼鳞坑等类型。梯田按坡度分为水平梯田、坡式梯田等，适用于缓坡丘陵区，能有效缩短坡长、降低径流速度，陕北黄土丘陵区的水平梯田项目数据显示，其保土效益可达75%-90%，同时可提升耕地生产力30%以上；水平阶多用于 25° - 35° 的陡坡，沿等高线开挖成窄带状台阶，配合植被种植增强固土效果；鱼鳞坑则适用于地形破碎的陡坡或岩石裸露区，呈品字形布置，可拦截雨水、蓄积土壤，为苗木生长创造条件。(2) 山沟治理工程：聚焦沟道侵蚀防控与泥沙淤积利用，关键技术包括谷坊、淤地坝、拦沙坝。谷坊多布设于沟道上游，以砌石、混凝土或土坝为主，可减缓沟道纵坡、拦截泥沙，防止沟岸扩张；淤地坝是黄土丘陵区沟道治理的核心工程，晋陕蒙丘陵沟壑区的坝系建设形成了“上拦下保、梯坝结合”的格局，单坝可淤地数亩至数十亩，不仅拦截泥沙效益显著，还能形成优质耕地；拦沙坝主要布设于沟道

中游,以拦截山洪携带的泥沙为核心,减少下游河道淤积压力^[2]。(3)山洪排导工程:针对山地丘陵区暴雨引发的山洪灾害,通过构建排水系统疏导径流,主要包括排洪渠、沉沙池等。排洪渠按地形走势布设,采用浆砌石、混凝土等硬质材料衬砌,确保径流快速排出,避免冲刷周边耕地与村庄;沉沙池多设置于排洪渠入口或关键节点,利用重力沉降原理拦截泥沙,降低排洪渠淤积风险。贵州毕节山地丘陵区的排水防护工程中,排洪渠与沉沙池协同应用,使山洪灾害损失降低60%以上,有效保护了周边居民安全与耕地资源。(4)小型蓄水工程:立足山地丘陵区水资源分布不均的特点,实现雨水集蓄与高效利用,主要有山塘、水窖、蓄水池等。水窖与蓄水池适用于缺水山区,通过收集坡面径流储存水资源,山东淄川区将小型蓄水工程与节水灌溉结合,在丘陵台地修建的水窖、蓄水池,不仅解决了作物灌溉缺水问题,还提升了雨水利用率至60%以上,同时补充了地下水,实现了蓄水保土与农业生产的协同发展。

2.2 生物措施

(1)植被恢复技术:以构建乔灌草复合植被体系为核心,根据区域气候与土壤条件选择适宜物种。水土保持林优先选用耐干旱、耐贫瘠、根系发达的树种,如刺槐、侧柏、油松等,可有效固持土壤、拦截径流;经济林则兼顾生态效益与经济效益,在南方丘陵区推广石榴、葡萄、核桃等品种,北方丘陵区则以苹果、红枣等为主,实现“生态富民”双赢;草带多布设于坡耕地埂边、沟岸或林间,选用紫花苜蓿、黑麦草等多年生草本,根系密集可增强土壤抗蚀性,同时为畜牧业提供饲料。(2)生态修复模式:遵循“自然恢复为主、人工干预为辅”的原则,主要包括封山育林、人工造林与林草复合系统。封山育林适用于植被退化较轻的区域,通过划定封禁范围、禁止人为破坏,促进原生植被自然恢复;人工造林针对植被严重退化区域,采用直播、植苗等方式快速构建植被覆盖;林草复合系统则通过乔灌草搭配提升生态系统稳定性,淄川区在60条小流域治理中,采用“乔木+灌木+草本”的复合修复模式,结合经济林种植,实现了流域植被覆盖率提升40%以上,水土流失量减少65%的治理成效^[3]。

2.3 农业措施

(1)土壤改良技术聚焦提升土壤肥力与抗蚀性,为农业生产和水土保持奠定基础,主要包括增施有机肥、秸秆覆盖、土壤聚合物应用等。增施有机肥可改善土壤团粒结构,提升土壤保水保肥能力,减少土壤颗粒流失;秸秆覆盖通过将玉米秆、小麦秆等粉碎后覆盖地

表,既能减少地表裸露面积、降低雨水冲刷强度,又能抑制杂草生长,秸秆腐烂后还可增加土壤有机质含量;土壤聚合物等新材料适用于砂质土壤丘陵区,通过增强土壤颗粒粘结力提升土壤抗蚀性,降低土壤侵蚀模数,同时可改善土壤保水性能,提升作物成活率。(2)耕作优化技术通过调整种植方式减少坡面径流冲刷,实现农业生产与水土保持协同发展,关键技术包括等高线耕作、免耕少耕、间作套种等。等高线耕作沿等高线开展种植,使作物行形成“微型拦水带”,有效拦截坡面径流,减少水土流失;免耕少耕技术减少土壤翻动,避免土壤结构破坏,提升土壤蓄水能力和抗蚀性,同时降低农业生产成本;间作套种通过不同作物搭配种植,增加地表覆盖度和覆盖时长,提升土地利用效率,汾渭平原丘陵台地治理中,推广“小麦+玉米”“豆类+油料”的间作套种模式,结合等高线耕作技术,使坡耕地水土流失量减少55%以上,单位面积粮食产量提升15%-20%。

2.4 综合技术集成

(1)“工程+生物+农业”协同模式打破单一技术治理局限,实现不同措施优势互补,提升综合治理成效。甘宁青山地丘陵区推广的“坡改梯+雨水集蓄+植被种植+等高耕作”协同模式极具代表性,通过坡改梯工程改造地形、削弱径流冲刷,雨水集蓄工程解决灌溉缺水问题,植被种植提升生态覆盖度,等高耕作优化农业种植方式,形成“保土、蓄水、增产、生态”的综合效益。该模式推广后,区域水土流失治理率达86%,农业亩均增收230元,有效推动了生态保护与乡村振兴协同发展^[4]。

(2)3S技术(遥感RS、地理信息系统GIS、全球定位系统GPS)的集成应用,推动水土保持治理向精准化、智能化转型。RS技术可快速获取区域植被覆盖度、水土流失范围、地形地貌等基础数据,实现大范围、动态监测;GIS负责对监测数据进行整合、分析和可视化处理,为治理区域规划、措施布局、效益评估提供科学支撑;GPS实现治理工程精准定位与施工放样,保障工程建设质量。在区域水土流失快速调查中,3S技术的集成应用使调查效率提升75%以上,数据精准度达92%,为综合治理方案的科学制定提供了有力技术保障,同时实现了治理过程的动态监管和成效实时评估。

3 山地丘陵区水土保持综合治理技术应用中的问题与对策

3.1 现存问题

(1)技术标准滞后:当前水土保持技术标准体系与山地丘陵区复杂的治理需求脱节,部分关键措施缺乏明确统一的定额标准与技术规范。其中封育治理措施的标

准缺失问题尤为突出,如核心的木桩刺铁丝围栏建设,既无统一的材料规格、布设密度要求,也缺乏对应的工程量定额,导致施工过程中存在围栏强度不足、布设不规范等问题,影响封育效果的同时,也给工程验收与资金核算带来困难,制约了封育治理技术的规模化推广。(2)成本效益失衡:治理工程的成本核算与实际支出不匹配,核心矛盾在于人工工资定价偏低,难以保障施工质量与效率。以陕西安康市为例,当地水土保持工程措施的人工费仅占水利工程定额标准的30%,远低于实际人工成本水平。过低的人工报酬导致熟练施工人员流失,施工队伍专业度不足,不仅降低了工程建设效率,还易引发偷工减料等质量隐患,同时治理工程的长期管护资金缺乏保障,后续维护不到位,进一步削弱了综合治理的长效性。(3)机械化程度不足:山地丘陵区地形复杂、地块零散,而现有水土保持治理技术体系中,机械施工相关的子目设置缺失,多数工程仍依赖人工操作。无论是梯田开挖、沟道清淤还是苗木栽植,人工施工不仅劳动强度大,还存在效率低下、治理精度不足等问题。例如在陡坡梯田改造中,缺乏适配的小型机械化设备,人工开挖周期是机械施工的3-5倍,且难以保证梯田坡度、平整度等关键指标,制约了治理工程的规模化推进与标准化实施。

3.2 优化策略

(1)政策完善:以政策适配性提升为核心,修订完善《水土保持工程概算定额》,针对山地丘陵区治理特点,增设机械施工子目,明确小型挖掘机、无人机作业等新型施工方式的定额标准,填补技术标准空白。同时优化资金保障机制,在治理工程资金核算中增设地方教育附加税等配套资金渠道,提高人工工资核算标准,确保与实际成本匹配,同步建立长效管护资金保障制度,明确管护主体与资金来源,保障治理工程长期稳定运行。(2)技术创新:聚焦高效、生态、精准的治理需求,推广新型技术与材料的应用。监测层面,普及无人机遥感监测技术,结合3S技术构建动态监测网络,实现

水土流失范围、治理效果的快速精准评估;工程材料层面,推广可降解格宾网、生态袋等生态型护坡材料,替代传统硬质材料,在提升护坡固土效果的同时,减少对生态环境的破坏,提升治理工程的生态兼容性,推动治理技术从“工程防护”向“生态修复”转型^[1]。(3)公众参与:强化宣传引导与能力培育,提升当地居民的水土保持意识与参与积极性。通过发放宣传手册、开展社区专题培训、播放科普视频等多种形式,普及水土流失危害与治理效益知识;借鉴淄川区“治一片、绿一片”的成功模式,建立“谁治理、谁受益”的利益联结机制,鼓励居民参与治理工程施工、后期管护等环节,通过承包经济林、参与生态管护获得收益,将居民利益与治理成效深度绑定,形成“政府主导、群众参与、共建共享”的综合治理格局。

结束语

山地丘陵区水土保持综合治理意义重大,通过工程、生物与农业措施协同发力,以及综合技术集成应用,有效减少了水土流失,改善了生态环境,促进了农业增产与农民增收。然而,治理工作仍面临技术标准滞后、成本效益失衡等挑战。未来,需持续完善政策标准,加大技术创新投入,鼓励公众深度参与,不断提升治理水平,巩固治理成果,让山地丘陵区实现生态美、产业兴、百姓富的可持续发展目标。

参考文献

- [1]管鸿智.南方丘陵区风电工程水土保持措施模块化设计[J].亚热带水土保持,2022,34(03):107-109.
- [2]何先进.山前丘陵区输变电工程水土保持措施优化探讨[J].河南水利与南水北调,2022,51(06):143-145.
- [3]李天科.浅析低山丘陵区水土保持措施对土壤性质的影响[J].农业科技与信息,2020,(16):77-78.
- [4]巩楠.北方低山丘陵区水土保持综合评价[J].黑龙江水利科技,2021,47(08):90-92.
- [5]邹小阳,周旺,刘涛.丘陵区风电项目水土保持措施设计研究[J].水利规划与设计,2021,(06):49-51.