

乌兰察布市卓资县黄土高原区沟道治理工程水土保持效果评估研究

李娜

乌兰察布市水土保持工作站，内蒙古乌兰察布，012000；

摘要：黄土高原水土流失严重，沟道侵蚀尤为突出。乌兰察布市卓资县地处黄土丘陵沟壑区，地势破碎、降雨集中，易发生严重侵蚀。为改善生态环境，当地实施了以工程与生物措施相结合的沟道治理工程。本文以卓资县典型治理区为对象，构建水文、土壤、植被等多维评估体系，结合遥感监测与实地调查，系统评估了治理前后水土保持成效。结果显示，沟道治理显著降低了土壤流失，提升了植被覆盖，生态系统趋于稳定，具有良好示范价值。

关键词：黄土高原；卓资县；沟道治理；水土保持；效果评估

DOI：10.69979/3029-2727.25.11.046

乌兰察布市卓资县位于黄土高原北缘，是典型的沟壑发育带，沟道密布、侵蚀剧烈，水土流失问题尤为突出。近年来，随着国家水土保持工程的不断推进，卓资县实施了系统性的沟道治理措施，尝试通过“工程+生物”的综合路径，实现对侵蚀沟道的有效控制与生态系统的渐进恢复。在此背景下，科学评估沟道治理的实际效果，不仅有助于明确治理成效、发现治理短板，也为今后的黄土高原区域水土保持提供理论支撑与实践经验。

1 研究区域概况与治理工程背景

1.1 区域自然环境特征

乌兰察布市卓资县位于黄土高原北缘，地处阴山山地与高原丘陵交界地带，地形以黄土丘陵与沟壑地貌为主，地表破碎、起伏明显。区域海拔多在1400至1800米之间，坡陡沟深，水流汇集迅速，极易发生水力侵蚀。当地属温带半干旱大陆性气候，降雨集中于夏季，暴雨频发，导致汛期径流集中、冲刷强烈。土壤以黄绵土、褐土为主，质地疏松、黏结力差，抗蚀能力弱，坡面一旦遭受扰动极易形成侵蚀沟。加之植被覆盖率长期偏低，土地利用方式粗放，生态系统调节能力较弱，整体水土流失问题突出，区域水文过程对降雨异常变化极为敏感。

1.2 沟道侵蚀现状与治理需求

卓资县境内发育有大量侵蚀性沟道，其中不乏多年持续扩展且下蚀严重的主干沟，沟头上切、沟岸坍塌、沟床冲刷等现象广泛存在。近年来遥感监测与实地观测结果显示，部分典型沟道年退蚀速率在1.5至2米之间，局部地段深度可达5米以上，水土流失总量居高不下。

侵蚀活动不仅导致大面积农田被毁、基础设施损坏，更影响居民生命财产安全与生态系统稳定，已成为限制当地农业可持续发展和生态恢复的关键障碍。

1.3 沟道治理工程的实施情况

近年来，卓资县依托国家水土保持重点项目，逐步在典型小流域推进系统性沟道治理工程。治理措施包括在沟道中下游修建谷坊、拦沙坝等工程结构，拦截径流、削减水动力强度，防止沟床继续下切；同时，在沟岸和坡面实施灌草植被恢复，形成乔灌草结合的稳定植被带，提升土壤固持能力与雨水调蓄功能。在此基础上，统筹推进小流域整体布局，因地制宜优化土地利用结构，增强上中下游水土协同治理能力。自2013年以来，卓资县已在重点区域完成治理面积超过127平方公里，实施各类工程措施百余处，沟道冲刷强度明显减弱，坡面植被恢复良好，生态状况逐步改善，初步形成具有区域特色的沟道水土保持治理格局。

2 水土保持效果评估指标体系的构建与方法设计

2.1 评估原则与总体思路

卓资县黄土高原区沟道治理工程所面临的水文、地貌和生态系统问题具有高度复杂性和区域特殊性。科学评估其水土保持成效，不仅关系到现有治理措施的优化调整，也为后续区域治理推广提供理论依据与技术指导。因此，评估体系的构建必须遵循系统性、科学性和可操作性的基本原则，在宏观生态格局与微观工程效果之间建立有效的评价逻辑链条^[1]。系统性要求指标覆盖从自然过程到人为干预再到生态响应的全流程；科学性则要

求指标设置基于真实数据与科学模型,能够有效揭示因果关系;可操作性则强调评估方法在现实中具备推广应用条件,数据来源可靠、计算方法清晰、评估结果具备直观性。为实现这一目标,本研究在借鉴相关文献与前期治理工程实践经验基础上,融合多源数据采集方式,构建由水文、土壤、植被、生态四类指标组成的评估体系,采用标准化处理与加权评价方法,形成适用于卓资县沟道治理区的综合效果评估模型。

2.2 指标体系设计

在指标体系构建过程中,注重指标的代表性、相关性与可量化性,确保其能全面反映沟道治理后的区域变化情况^[2]。第一类为水文指标,重点关注降雨径流关系、汇流过程调节能力与泥沙输移强度,常用指标包括年均径流量、暴雨径流系数、泥沙含量变化率等。通过这些指标,可以有效评估工程设施如拦沙坝、谷坊对径流拦截和泥沙削减的实际作用,判断工程对极端天气事件的缓冲能力。第二类为土壤指标,主要反映坡面土壤质量改善状况,包括土壤含水率、有机质含量、pH值、容重、结构稳定性等。治理工程通过增加地表覆盖与拦截径流,有效减少了表层土壤冲刷,同时促进植物生长,增强了有机质积累,改善了土壤理化性质。通过土壤样点取样与分析,能够定量追踪土壤条件的动态演化过程。第三类为植被指标,是生态恢复评价的重要维度,主要考察坡面绿化程度和生物多样性恢复情况。典型指标包括植被覆盖度(FVC)、NDVI指数变化值、物种多样性指数等。遥感影像配合地面调查,可获取治理前后不同时间序列的植被覆盖变化,反映出生物措施的实施效果及其空间分布特征。第四类为生态与土地利用效益指标,用以衡量治理工程对区域社会经济与生态系统功能的长远影响。这类指标涵盖土地利用结构变化率、稳定耕地面积增长、退耕还林面积、沟道稳定性状况、生态系统服务功能改善程度等方面。尤其在黄土高原脆弱生态环境中,治理工程是否促进了耕地保护、提升了农田可利用性,是评价其长期效益的重要内容。指标体系在逻辑结构上体现出“要素—过程—结果”的层次性,同时也为下一步模型构建与权重分配提供了可操作基础。在不同评价区域与时段内,也可依据数据可得性与治理重点适当调整指标内容,使体系具有良好的适应性与弹性。

2.3 数据获取与评估方法

数据来源方面,采取“遥感+实测+资料整合”三位一体的方式。遥感数据包括Landsat 8、Sentinel-2等中高分辨率卫星影像,用于监测地貌变化、植被覆盖率、

土地利用类型等宏观信息;实测数据来自水保观测点和样方调查,包括径流量、泥沙浓度、土壤样本属性、地表侵蚀形态等;资料整合部分包括地方政府水保项目档案、土地规划资料、气象记录、农户访谈等,对数据进行时空补全和历史对照分析。在评估方法上,首先对所有指标数据进行归一化标准处理,消除量纲差异,保障指标之间的可比性;其次采用层次分析法(AHP)构建指标权重矩阵,通过专家打分、判断矩阵一致性检验等步骤确定各项指标在总体系中的重要程度;最后使用加权综合评分法,将各类指标数据按权重计算出每个样区或治理单元的综合评分值,用于横向比较不同治理区域效果,或纵向分析同一区域在不同时段治理前后的成效变化^[3]。为进一步提升评估的解释力和现实感知维度,辅助采用模糊综合评价方法,将部分难以量化的生态变化转化为定性等级指标,再与主模型融合,构建“定量+定性”相结合的综合评估路径。同时,在治理区选取典型农户与村干部开展访谈,采集群众对沟道稳定、农田可用性、植被恢复等方面的主观感受,形成社会反馈维度,用于模型评价结果的实际检验与调整^[4]。该方法体系具备数据来源丰富、指标结构完整、评价逻辑清晰的特点,能有效兼顾治理工程在水文调节、土壤改良、生态修复和土地利用等多个方面的综合作用,有利于为后续治理措施优化提供可行性依据,也为黄土高原类似区域的治理评估提供理论与方法支持。

3 治理效果实证分析与结果解读

3.1 水文与土壤效应分析

治理前,卓资县典型沟道区域因坡陡土松、雨水集中,年径流量显著偏高,暴雨径流形成快、流速急,导致下游冲刷频繁。治理工程实施后,通过谷坊、拦沙坝的建设有效延缓了坡面汇流时间,年径流总量呈逐年下降趋势。根据监测点数据显示,汛期高峰流量有所削减,径流过程更趋平缓,洪峰延迟、强度减弱。同时,治理区工程结构对泥沙输移形成一定拦截,沉积物在坝前显著淤积,拦沙效率明显提高。土壤侵蚀模数呈逐年下降趋势,表明坡面流失强度减弱。与对照区相比,治理区土壤含水率显著提升,有机质含量逐步上升,地表结皮破碎度下降,结构稳定性增强,说明生物和工程措施联动成效初显。

3.2 植被恢复效果分析

通过对多期遥感影像数据进行处理分析,治理区NDVI值在治理初期普遍偏低,多处裸露地带NDVI值不足0.2,植被覆盖严重不足。治理实施数年后,区域NDVI

平均值持续提升,部分区域已接近0.5,植被恢复趋势明显,覆盖密度与均匀度同步改善。植被盖度提升幅度较大,坡面绿化水平稳步增强。原有草本稀疏、灌木缺失的斜坡地段,经过种草与封育措施后,逐步形成乔灌草结合的稳定植被带。乔木多以乡土树种补植为主,灌木类以沙棘、柠条、紫穗槐为代表,草本群落逐年丰富,植被层次结构更趋合理,生态稳定性提升。

3.3 土地利用与生态效益变化

通过遥感土地利用图分析可见,治理前沟道区土地类型以裸地、退化耕地为主,利用效率低、生态风险高。治理后,部分区域通过土地整治转化为稳定耕地或生态草地,林草覆盖范围扩大,土地利用结构趋于多元与合理。土地类型由“单一裸地-退化耕地”向“耕地-草地-林地”协调格局转变。沟道沟头在治理措施作用下稳定性显著增强,退蚀速度明显放缓,坡面侵蚀条带减少,水力冲刷痕迹逐年淡化。区域生态服务功能亦得到同步恢复,水源涵养、土壤保持、景观美化等功能有所增强。村民反映农田淤积与损毁现象减少,耕作条件改善,沟道治理带动了农业生产安全与农村人居环境的同步提升。

4 存在问题与优化建议

4.1 存在的主要问题

部分沟段治理设计与地形地貌不完全匹配,工程结构选型单一,未能因地制宜地分区施策,造成局部谷坊淤积能力不足、引发次生沟蚀现象。生物措施成效受限,部分坡面封育区域因土壤贫瘠、降水不足或人为踩踏破坏,植物恢复缓慢,出现绿化不均、植被层次单一等问题,影响了整体生态稳定性。同时,在工程后期管护方面,尚存在重建设轻维护的倾向,部分工程设施在运行几年后出现老化、堵塞或损坏,无人及时维修,导致局部治理效能衰减。此外,群众参与度不足也影响了治理的持续性。一些治理区域与农户生产生活活动范围重叠,但缺乏有效的共管机制,导致个别地方存在人为干扰植被恢复、取土毁坝等现象,不利于水土保持成效的巩固。

4.2 优化治理的建议路径

针对上述问题,一是应强化因地施策理念,结合不同地貌类型与水文过程特征,选择多样化、适配性强的

工程与生物措施组合,提升治理的精准性与稳定性。例如,对于中小沟道可采用柔性坝体与生态护坡结合方式,减少刚性结构对地貌的破坏,增强自然调节能力。二是加强植物配置的多样性与适宜性,注重引入抗旱、固土能力强的乡土树种与草本植物,合理搭配乔灌草植被层次,提升植被系统的稳定性和自我更新能力。对于恢复难度较大的区域,可结合水肥调控与人工干预措施,增强植被初期成活率与扩展速度。三是完善后期维护机制,建立工程巡检制度和社区共管机制,引导村民参与治理区日常养护,通过生态补偿、劳务补贴等方式提升群众的参与积极性和责任意识,防止治理成果被破坏^[5]。四是推动治理区数据化、信息化管理,利用遥感、无人机和地理信息系统技术进行动态监测和效果跟踪,及时发现问题并调整措施。同时,加强与科研院校合作,持续优化评估指标体系与技术路径,构建“规划—治理—监测—反馈”的闭环治理模式,提升工程的综合效益与区域生态系统的可持续发展水平。

5 结语

工程与生物措施协同作用下,区域地貌趋于稳定,生态系统功能逐步恢复。治理不仅改善了自然环境,也促进了土地利用效率和农村生产条件的提升。面向未来,应在巩固已有成果的基础上,持续优化治理模式与评估机制,推动治理体系更加精准、动态与可持续,为黄土高原地区实现生态安全与人地协调发展提供更为坚实的支撑。

参考文献

- [1] 张淑琴.合作市宰昂沟山洪沟道治理工程技术[J].云南水力发电,2025,41(04):165-169.
- [2] 李健.山洪沟道治理工程中浆砌石护岸的设计与应用[J].石材,2025,(01):76-78.
- [3] 王文喜.黄土梁峁沟壑区山洪沟治理措施探析——以秦安县叶堡镇黄家沟山洪沟道治理工程为例[J].四川水泥,2024,(03):75-77.
- [4] 顾振红.农村水利工程中河道治理项目实践——以野麻村大化子沟山洪沟道治理工程为例[J].价值工程,2024,43(02):54-56.
- [5] 曾仕美.谷坊工程在小流域沟道治理中的应用与防治效果[J].黑龙江水利科技,2023,51(10):125-127.