超星·期刊

DOI：10.3969/j.issn.1008-1305.2026.10.057

山西省忻州市坡耕地水土流失特征及综合治理分析

管海珍

（忻州市水利科学研究所，山西 忻州 034000）

摘要：为有效控制黄土丘陵区坡耕地水土流失，提升耕地质量与农业生产能力，文章以忻州市为例，系统集成以“坡改梯”为核心，工程、植物、耕作相结合的综合治理技术体系，并基于监测数据开展治理前后效果对比分析。结果表明，治理后土壤侵蚀模数由 8000～10000t/(km²·a)降至 1000～1500t/(km²·a)，作物产量由 200～250kg/亩提升至 400～450kg/亩，机械化水平由 10%～20%提升至 80%～85%，户均年增收 2000～2500 元。该技术体系在控制水土流失、提升耕地质量和促进农业机械化方面成效显著，具有较强的推广应用价值和实践指导意义。

关键词：坡耕地；水土流失；坡改梯；综合治理；忻州市；黄土丘陵区

中图分类号：S157.1　　**文献标识码：**B　　**文章编号：**1008-1305(2026)10-0232-03

0　引言

黄土高原是我国水土流失最严重的地区之一，其复杂的沟壑系统和疏松的黄土母质，使该区成为我国生态治理的重难点。晋北黄土丘陵区地处黄河中游，梁峁起伏、沟壑纵横，坡耕地占耕地总面积的 70%以上，是水土流失的主要源地。坡耕地水土流失不仅导致耕地退化、生产能力下降，还造成下游河道淤积、面源污染等生态问题[1]。如何有效治理坡耕地水土流失，实现生态保护与农业发展的协同共进，是该区面临的重要课题[2-3]。

长期以来，“坡改梯”措施在控制坡面侵蚀方面发挥了重要作用，众多学者在梯田设计、植物篱配置方面积累了丰富经验。然而，现有研究多聚焦于单一措施的效果评价。在坡面尺度上，对工程措施的研究主要集中于梯田类型的参数优化，如云南松华坝流域的研究表明，等高反坡阶可使土壤有机碳提高 66.14%、土壤质量指数提升 146.28%～266.34%[4]；北方土石山区的观测也证实，石坎反坡阶相较于等高耕作可削减径流 68.57%、泥沙 94.29%[5]。在耕作措施领域，研究者对免耕、秸秆覆盖、覆膜等保护性耕作的水肥效应进行了系统分析，陕北黄土高原的定位试验揭示了不同耕作模式在水蚀防控方面的差异[6]。植物措施的研究则聚焦于草灌植被的水土保持功能，如黄土高原小流域的观测表明，柠条灌木地的产沙量仅为坡耕地的 1/22[7]。基于此，本文在梳理忻州市近年来的治理实践基础上，提炼了以“坡改梯”为核心的技术参数，并结合监测数据，从水土流失控制、耕地质量提升及机械化促进等角度进行了综合成效分析，以期为晋北黄土丘陵区坡耕地水土流失治理提供技术参考。

1　研究区概况与水土流失特征

1.1　区域概况

本文研究对象为忻州市，地处黄河中游黄土高原沟壑区，是山西省水土流失的重点防治区。忻州市属温带大陆性季风气候，年均降水量 400～500mm，降水集中于 6—9 月，多以暴雨形式出现。境内地形复杂，东部为太行山区，西部为黄土丘陵区，整体地势由东北向西南倾斜。黄土丘陵区梁峁起伏、沟壑纵横，沟壑密度达 3～5km/km²，土壤类型以黄绵土为主，土质疏松、抗蚀性差，极易发生水土流失。全市总面积 25151.71km²，耕地总面积为 62.93 万 ha，常住人口为 260.46 万人，其中农业人口 200.84 万人。

1.2　坡耕地分布现状

坡耕地是指分布在坡度大于 6°的坡面上的耕地，是黄土丘陵区农户赖以生存的基本生产资料。忻州市 14 个县(市、区)中，除忻府区部分平川外，

收稿日期：2026-04-09

作者简介：管海珍(1976 年—)，女，工程师。

E-mail：dshauvubuaoh123@126.com

超星·期刊

绝大多数县地形以丘陵山地为主，坡耕地分布广泛，部分区县坡耕地分布状况表见表 1。忻州市坡耕地分布具有以下特征：①分布广泛，全市 14 个县(市、区)均有坡耕地分布，尤以西部宁武县、神池县、保德县、偏关县比例较高；②占比高，多数县份坡耕地占耕地总面积的比例超过 50%，部分县份达 80% ~90%；③立地条件差，坡耕地多分布于丘陵沟壑区，土壤贫瘠、水源缺乏、机械化难度大。

1.3 水土流失特征与危害

2019 年忻州市水土流失面积高达 1.93 万 km^2，占全市总面积的 76.7%；2025 年底，全市水土流失面积降至 0.92 万 km^2，占全市总面积的 36.5%。按照地理特征和侵蚀强度，可分为：西部黄土丘陵剧烈侵蚀区、东部土石山区与盆地轻度 ~中度侵蚀区、汾河源头及流域严重侵蚀区 3 个不同区域，呈现出“西部重、东部轻，沿黄烈、沿河散”的特征，土壤侵蚀模数介于 8000 ~10000(t/km^2·a)。各分区水土流失分布及危害情况见表 2。忻州市坡耕地水土流失特征如下：①侵蚀类型多样，包括溅蚀、片蚀、细沟侵蚀和浅沟侵蚀，随着坡度增大和坡长增加，侵蚀强度加剧，特别是 5° ~15°的坡耕地土壤侵蚀面积最大，而中度以上侵蚀主要分布在 25° ~35°的坡度带；②季节性集中，全年 70%以上的侵蚀量发生在汛期的几次暴雨过程中，时间分布集中；③人为扰动加剧，坡耕地每年多次耕作，土壤结构破坏，抗蚀能力下降，特别是在汾河源头、滹沱河沿岸等人口密集区，农耕活动与水土流失的矛盾尤为突出。

水土流失危害主要包括：①土地资源破坏，耕地面积减少。水土流失导致坡耕地表土被冲走，细沟、浅沟不断发育为切沟，造成田面破碎、耕作层变薄，部分坡地甚至出现“跑水、跑土、跑肥”，不得不弃耕或减产。忻州西部黄土丘陵区部分村庄因沟道溯源侵蚀，每年损失的耕地面积占当地总耕地面积的 0.5% ~1%；②土壤理化性质恶化，作物产量下降。表土流失后，土壤黏粒、有机质及养分大量损失，土壤容重增加、孔隙度降低，抗旱能力显著减弱。在 5° ~15°坡耕地上，玉米、谷子等主要作物平均减产 20% ~30%；25°以上坡耕地减产幅度可达 50%以上，严重制约粮食安全与农民增收；③泥沙淤积，河道行洪与水库寿命缩短。忻州年均土壤侵蚀模数高达 8000 ~10000t/(km^2·a)，大量泥沙汇入汾河、滹沱河及其支流。以汾河上游为例，部分河段河床每年抬高 5 ~8cm，水库库容年均损失 1% ~2%，不仅降低洪水调蓄能力，还导致灌区引水困难，灌溉成本增加；④诱发沟蚀与小型地质灾害，威胁村庄道路安全。在 25° ~35°的陡坡耕地区，浅沟、切沟发育活跃，沟头每年前进 1 ~3m，常冲毁田间道路、电杆及窑洞。局部发生浅层滑坡或崩塌，掩埋庄稼或阻塞乡村公路，给居民生产生活和出行带来直接危害。

表 1 忻州市各县(市、区)坡耕地分布状况统计表

区县	地形特征	耕地面积	坡耕地占耕地总面积比例	坡耕地主要分布区域
忻府区	平川与丘陵交错，西部为黄土丘陵区	98 万亩	60%	三交镇、奇村镇、合索镇、阳坡乡、解原乡
原平市	丘陵山区为主，旱坡地广泛分布	114 万亩	52.6%	南白乡、中阳乡、东社镇、苏龙口镇、沿沟乡、崞阳镇
定襄县	丘陵坡地为主，地形起伏	53 万亩	55%	蒋村乡、河边镇、宏道镇、南王乡、神山乡
五台县	土山石丘陵山区	51 万亩	83.5%	东雷乡、白家庄镇、台城镇
繁峙县	滹沱河源头，黄土丘陵区	77 万亩	65%	神堂堡乡、岩头乡、东山乡、大营镇
代县	北部半坡地区，丘陵干旱地	55 亩	75%	聂营镇、上磨坊乡、枣林镇
宁武县	高寒土石山区，沟坡峁梁分布	58 万亩	80%	东马坊乡、凤凰镇、薛家洼乡、阳方口镇、石家庄镇
静乐县	山地、丘陵为主	75 万亩	40%	鹅城镇、丰润镇、康家会镇、王村镇
神池县	山地、丘陵为主	93.3 万亩	88%	龙泉镇、东湖乡、大严备乡、义井镇
五寨县	高山、丘陵为主	40 万亩	54%	三岔镇、韩家楼乡、小河头镇、杏岭子乡
岢岚县	山地、丘陵为主	78 万亩	48.5%	李家沟乡、水峪贯乡、宋家沟乡、阳坪乡
河曲县	高坡陡、沟壑纵横	54 万亩	81.8%	土沟乡、沙泉镇、赵家沟乡、前川乡
保德县	坡陡沟深、丘陵起伏	40.7 万亩	91%	东关镇、腰庄乡、桥头镇、土崖塔乡
偏关县	山高坡陡、沟壑纵横	80 万亩	96%	新关镇、老牛湾镇、万家寨镇、水泉镇

超星·期刊

表 2　各分区水土流失分布及危害特征

分区类型	主要分布县(市、区)	侵蚀特点与危害
西部黄土丘陵剧烈侵蚀区	神池、五寨、岢岚、河曲、保德、偏关	沟壑密度大，侵蚀模数极高(局部超 2 万 t/km²)，是黄河泥沙主要来源地。
东部土石山及盆地轻度－中度侵蚀区	忻府、原平、定襄、五台、繁峙、代县	坡耕地侵蚀为主，5°～15°坡地侵蚀面积最广，严重区沿滹沱河流域带状分布。
汾河源头及流域严重侵蚀区	宁武、静乐	水源地水土保持关键区，历史流失量大，直接威胁水库库容与水源涵养能力。

2　坡耕地水土流失综合治理技术

针对坡耕地水土流失情况，忻州市采取了以“坡改梯”为核心，工程、植物与耕作措施相结合的综合治理技术。

2.1　工程措施：坡改梯与配套建设

(1)坡改梯技术。坡改梯是将坡耕地改造为水平梯田或反坡式梯田，通过削坡填沟截短坡长、减缓坡度，降低径流流速，增加雨水入渗。梯田设计依据地形坡度确定田面宽度与田坎高度：①坡度 6°～10°区：田面宽度 10～15m，田坎高度 1.5～2.5m；②坡度 10°～15°区：田面宽度 8～10m，田坎高度 2.0～3.0m。

(2)道路与排水设施配套。生产道路按“互联互通”原则布局，路宽 3～4m，坡度≤8°，确保农机直达每块梯田。截水沟布设于梯田区上方，拦截坡面径流，断面尺寸据集雨面积计算。排水沟沿道路或田坎内侧布设，断面按 5 年一遇 24h 暴雨设计，采用浆砌石或混凝土衬砌。沉沙池每隔 100～200m 设一处，尺寸 2m×2m×1.5m，定期清淤。

2.2　植物措施：地埂植物篱

(1)技术原理。在梯田田坎或田埂上种植深根性灌木、草本植物，利用根系固土护坡，地上部分减缓径流、拦截泥沙。根据忻州市水保所研究，筛选出 10 种适宜晋西北梯田埂坎的树草种，并总结出牧草类(紫花苜蓿、无芒雀麦)、药用植物类(连翘、酸枣、黄芪)、经济林类(沙棘、文冠果)、灌木类(柠条、胡枝子)为 4 种适宜且效益好的植物篱类型。

(2)种植技术参数。种植密度：灌木株距0.5～1.0m，行距 1.0～1.5m；草本撒播或条播，用量 2～3kg/亩。配置方式：田坎外坡种植 2～3 行灌木，田埂顶种植草本或药用植物，形成立体防护。抚育管理：栽后前两年浇水 2～3 次/年，适时补植，成活率要求≥85%。

2.3　耕作措施：保护性耕作技术

(1)地膜覆盖技术。在谷子、玉米、高粱等作物上应用，如神池县、五寨县等冷凉区应用广泛。地膜谷子机械整地采用“五墒作业”，结合平衡施肥(基肥＋追肥)，一次性完成覆膜、播种、施肥，该技术可达到亩产 350kg 以上，部分超 500kg，比传统种植增产 40% 以上。同时节水 30%、节约化肥 20%。

(2)深松技术。打破犁底层，加深松土层，提高土壤蓄水能力。土壤含水率 15%～20% 时效果最佳，避免过干或过湿，作业周期 2～3 年一次，深度 30～35cm。以五寨县推广的 1SZL 型深松机为例，作业深度 33.1cm，深度稳定性 89.9%，碎土率 70.6%，土壤膨松度 33.7%。

3　治理成效分析

3.1　水土流失控制

坡耕地综合治理工程实施后，水土流失控制效果显著。“十四五”期间，忻州市统筹推进水土流失治理，累计完成水土流失治理面积 27.46ha，实施坡耕地改造 1.7ha。监测数据显示，治理后年流失泥沙量比治基本完成“十四五”规划治理目标。理前减少 48.7% 以上，年可减少泥沙流失量 88.3 万t，水土保持率从 44.7% 提高到 63.5%，水土流失状况得到显著改善。

3.2　耕地质量提升

根据山西省水保生态环境建设中心和山西省水保研究所研究成果[8]，晋北地区坡改梯实施后，土壤含水量均值高于坡耕地 1.87 个百分点，以宁武县土石山区坡改梯为例，0～20cm、20～40cm、40～60cm 土层平均蓄水量分别高于坡耕地 6.43、1.88、2.39mm，土壤蓄水能力显著提升。坡改梯实施后土壤有机碳和全氮含量明显提升，梯田 0～40cm 土壤有机碳含量是坡耕地的 1.38 倍，梯田 0～40cm 土壤全氮含量是坡耕地的 1.76 倍。据繁峙县坡耕地与梯田产量数据的多次对比观测，以种植玉米为例，平均每年每亩可增产 131.2kg。

3.3　农业机械化促进

坡改梯并配套生产道路后，　(下转第 320 页)

超星·期刊

5　结语

本文针对新疆山口水电站 2×400kN 门式启闭机起升扬程不足、无法满足多设备操作的突出矛盾，结合现场工况系统分析成因，设计多套改造方案并综合比选，最终采用增设 7.5m 钢丝绳索具方案，成功解决设备操作难题。该方案施工简便、成本低廉、维护便捷，改造后设备运行稳定可靠，恢复了门式启闭机多功能特性，有效解决拦污栅堵塞问题，显著提升了水轮机组发电效益，为水电站安全高效运行提供了有力保障，也为同类水电站启闭机的设计与改造提供了重要借鉴。不足之处在于仅开展工程应用研究，未对钢丝绳索具的长期疲劳性能、动态受力特性及极端工况适应性进行理论计算与试验验证，缺少量化分析与耐久性评价体系。

参考文献

[1] 柳玉兰. 基于双滑窗专家知识系统的水电站启闭机钢丝绳异常检测方法[J]. 四川省水力发电，2024，43(S1)：102-105.
[2] 张艳妮. 固定卷扬式启闭机钢丝绳缠绕故障分析及处置[J]. 中国建筑金属结构，2025，24(21)：152-154.
[3] 陈杰文. 水闸闸门启闭机运行可靠性与故障诊断方法研究[J]. 水上安全，2025(23)：131-133.
[4] 魏朋花. 压制钢丝绳索具分类及应用[J]. 金属制品，2018，44(3)：52-54.
[5] 马志明，赵占敏，刘胜利，等. 河南洛河故县水利枢纽门式起重机改造技术探讨[J]. 黄河水利职业技术学院学报，2013，25(3)：9-10，16.

(上接第 234 页)使梯田地块满足大中型农机作业要求，改造后地块平均面积从 0.6 亩增大到 1.8 亩，地块平均长度从不足 100m 增加到 400m，平均宽度从 3～4m 扩展到 10m。全市主要农作物耕、种、收综合机械化率达到 71%，其中玉米耕、种、收综合机械化率达到 88.7%。

3.4　治理前后效果对比

为更直观地说明治理成效，选取治理前后的典型地块进行对比分析，见表 3。从对比可见，实施坡改梯措施后，土壤侵蚀模数从 8000～10000t/km^2·a 降至 2000～3000t/km^2·a，作物产量从 200～250kg/亩增至 300～350kg/亩，已能显著控制水土流失、提高作物产量，但本文提出的工程－植物－耕作－应对暴雨的综合措施，使土壤侵蚀模数进一步降低，同时放大了治理效益，尤其是机械化水平和户均增收的提升幅度更为明显。

表 3　坡耕地不同治理模式成效对比

对比指标	治理前	治理后	
		单一坡改梯	本文提出的综合措施
地块平均面积/亩	0.3～0.6	0.8～1.2	1.8～20
田面平均宽度/m	3～4	6～8	10～15
机械化水平/%	10～20	50～60	80～85
土壤侵蚀模数/(t/km^2·a)	8000～10000	2000～3000	1000～1500
作物产量/(kg/亩)	200～250	300～350	400～450
户均增收/(元/年)	/	1000～2000	2000～2500

4　结语

忻州市坡耕地水土流失综合治理实践表明，以“坡改梯”为基础，配套植物篱、保护性耕作措施的综合技术体系，能显著降低水土流失强度、提升耕地综合生产能力，实现了生态改善、农业增产与农户增收的协同发展，为晋北黄土丘陵区乃至全国类似地貌区提供了可复制的技术路径。然而，当前治理仍面临立地条件差、极端气候频发、后期管护机制不完善等现实挑战，这些因素可能制约治理成果的长期稳定。此外，本研究主要聚焦于治理中短期内的水土保持与增产效应，对长期生态演变、碳汇效益及社会适应性等方面的分析尚不够深入。建议后续研究进一步强化系统治理理念落实，加强极端降雨条件下工程稳定性研究，完善建后管护机制，从而推动水土保持工作向高质量、可持续方向发展。

参考文献

[1] 浩立飞. 黄土高塬沟壑区塬面水土流失的防治工程[J]. 工程建设与设计，2026(1)：132-134.
[2] 马文涛，张国军，王友胜，等. 小流域单元视角下的宁夏黄河多沙粗沙国家级重点治理区划定及治理对策[J]. 水利规划与设计，2026(4)：6-10，15.
[3] 杨钊，李世刚，曾晓林，等. 小流域生态功能分区划定及生态保护修复策略研究：以习水河(官渡段)为例[J]. 地下水，2026，48(1)：266-269.
[4] 李奇奇，徐其静，李亦然，等. 等高反坡阶对坡耕地土壤质量的改良效果评价[J]. 水土保持学报，2025，39(3)：352-360.

(下转第 330 页)

超星·期刊

表 4　单价分析表定额单位：10000m³　　单价：70.0 元/m³

序号	名称	规格型号	计量单位	数量	单价/元	合价/元
1	直接费					369893.69
1.1	基本直接费					355325.35
1.1.1	人工费					3518.69
(1)	中级工		工时	280.4	6.16	1727.10
(2)	初级工		工时	420.6	4.26	1791.59
1.1.2	设备费					351806.66
(1)	钻绞挖泥船	1484kW	艘时	467.3	612.43	286182.24
(2)	拖轮	176kW	艘时	116.8	194.64	22738.32
(3)	抛锚艇	88kW	艘时	140.2	110.87	15542.52
(4)	机艇	88kW	艘时	154.2	110.87	17096.78
(5)	其他机械费		%	3.0	341559.86	10246.80
1.2	措施费		%	4.1	355325.35	14568.34
2	间接费		%	7.25	369893.69	26817.29
3	企业利润		%	7.0	396710.98	27769.77
4	材料补差		元			218118.69
(1)	柴油		元	40467.3	5.39	218118.69
5	税金		%	9.0	642599.44	57833.95
	合计					700433.39

6　结语

(1)经过现场工艺试验，说明深水覆盖层下砂石疏浚工艺是可行的。钻孔疏浚船工作原理和系统组成能够满足深层疏浚的要求，具备开展工程应用的能力。

(2)深层疏浚的土层疏浚分级比较高，是可开展机械疏浚的最高一级。钻孔疏浚船在工艺试验中的工效较低，成本价格也较高。但从工艺试验过程来看，钻孔疏浚船施工工艺和设备有较大的改进空间，具备进一步提高工效的潜力，通过改进可以有效地降低深层疏浚成本，提升工程的经济效益。

(3)通过对比疏浚前后项目监测数据可知，深层疏浚施工开始后，逐渐对底泥进行扰动，各项指标有上升趋势。溶解氧、生化需氧量、氨氮、总氮在疏浚中和疏浚后均稳定在地表 III 类水(湖库)标准，化学需氧量、总磷在疏浚期间有个别监测点超地表Ⅲ类(湖库)标准，疏浚施工结束后，对底泥的扰动也随之结束，化学需氧量、总磷指标下降，并逐渐趋于稳定。从监测结果来看，深层疏浚技术在疏浚过程中对表面泥层的扰动较小，能够有效地减轻疏浚过程中对水环境的负面影响，同步采取有效的防污措施可将负面影响降低到可接受程度，不会对湖泊水质造成太大影响。

参考文献

[1] 罗志雄. “蚂蚁搬家”式河道非法采砂问题与对策[J]. 水利技术监督, 2024(3): 278-281.
[2] JTS 181—5—2012. 疏浚与吹填工程设计规范[S].
[3] SL 17—2014. 疏浚与吹填工程技术规范[S].
[4] 何俊, 王付耀, 刘凤成. 复合土质疏浚施工关键技术研究[J]. 中国港湾建设, 2023, 43(3): 77-81.
[5] JTS 207—2012. 疏浚与吹填工程施工规范[S].

(上接第 320 页)

[5] 姜宇, 程宏远. 北方土石山区薄土坡耕地石坎反坡阶措施减流减沙效益分析[J]. 长江科学院院报, 2024, 41(8): 55-62.
[6] 王旭. 陕北黄土高原坡耕地保护性耕作土壤养分恢复效果和水蚀防控效应研究[D]. 西北农林科技大学, 2013.
[7] 贺琬婷. 榆林市生态清洁小流域建设方案探析[J]. 水利技术监督, 2026(4): 90-92, 124, 158.
[8] 赵万广, 高玉凤, 王锦志, 等. 黄土高原土石山区坡改梯后土壤水分及养分特征[J]. 中国水土保持, 2018(4): 50-54, 69.