

王东沟小流域水土保持防蚀措施 优化配置与效益分析

郑世清

中国科学院
水利部水土保持研究所·陕西杨陵·712100

摘要 根据野外天然降雨定位试验、野外人工模拟降雨与放水冲刷试验、土壤侵蚀类型遥感监测资料,以及小流域泥沙观测资料等,对王东沟小流域土壤侵蚀类型及其分布规律和水土保持减沙效益进行系统研究。尤其是对硬地面产流产沙的规律研究,进一步证明了黄土塬区村落系统硬地面及农田集流槽集水径流冲刷是导致沟头迅速延伸的主要原因。沟坡道路侵蚀问题是制约农村经济持续发展的重要因素,试验区指导农民建造的以沟坡防蚀道路为骨干的路、水、田、林、果 5 项沟坡开发工程,已取得沟坡生态环境日趋向良性循环转化,昔日远离村庄的沟坡荒山已被道路成网,林果满山新的生态景观所代替,变成经济沟坡。

关键词: 硬地面产流 综合治理 效益评价

Rational Disposition and Benefits Analysis of Anti-erosion Measures at Wangdong Gully Small Watershed in Changwu County

Zheng Shiqing

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi Province, 712100, PRC)

Abstract According to field positional experiment materials of natural and artificial rainfall and the water brushing, remote sensing of soil erosion types, and sediment of Wangdong gully small watershed, soil erosion laws and sediment reduction benefit, especially runoff and sediment yield on hard surface were studied. It has been proved that runoff brush from farmland and hard surface of village is a main reason for gully head rapid extending, the gully-slope road erosion is an important factor limiting sustainable development of farm economy. Gully-slope development engineerings which were built by the help of experimental station, made gully-slope eco-environment gradually turn into fine circle, the gully-slope of bare mountain far from village had been replaced by new scene with road nets and full mountain fruits, and turned into economic gully-slope.

Keywords: runoff yield on hard land surface; comprehensive control; benefit evaluation

1 前言

黄土高原各类型区因其特殊的自然环境,水土流失严重,其侵蚀程度、方式、过程又有着显著差异,且复杂多变。其根本原因在于坡面产流的不断集中,引起径流冲刷。评价下垫面土壤侵蚀强弱的标志主要体现在土壤抵抗径流冲刷能力方面。

黄土高原小流域沟坡开发的关键是防止水土流失,对不同类型的坡面应采取不同的水土保持综合防治措施,而科学地配置任何一种水土保持措施,都要涉及到坡面径流及水力性质,对工程措施的各项技术指标进行计算分析,确定其防治措施。

2 土壤侵蚀特点

(1) 村庄道路侵蚀和塬区农田集流槽是黄土高原沟壑区沟谷系统演化的主要途径之一。

(2) 沟谷地带仍是该地区泥沙主要来源地,重力侵蚀为主要侵蚀方式。由于黄土土层深厚,黄土抗冲性又特别弱,沟谷深切,沿沟谷沟缘线多数呈陡坡立壁,特别是沟道中上游以及沟头附近分布有村庄的地带,重力侵蚀则十分活跃,沿沟底线两侧,尤其是沟床弯曲处重力侵蚀程度更为严重。随着崩塌、滑坡频繁发生,泻溜侵蚀面不断扩大,泻溜侵蚀面的不断剥蚀,从而使上部土体失去支撑,又促进了崩塌、滑坡重力侵蚀的发生发展。

(3) 黄土高原沟壑区的沟坡地带即是北方温带果树的最佳适生区,又是生态条件十分脆弱的区域,沟坡地带与塬区相比较,同是一片农田,或是一片林子,不仅要遭受来自塬面、塬坡(或梁坡)和自身降雨径流的冲刷,而且还要受到现代沟谷沟缘线重力侵蚀的蚕蚀。因此,对于沟坡地带的开发利用,须在一定的综合治理条件下进行。

(4) 通过对村落系统硬地面产流与涝池群拦蓄效益研究,仅仅依靠涝池群来控制村落系统降雨径流,难以实现“水不下塬”,因此,开展农村庭院经济建设,充分利用这部分宝贵的土地资源,发展养殖业、种植业、林果蔬菜,以及加工业等,确保水不出院,才是实现村水不下塬的根本措施。

(5) 暴雨分布的非均匀性导致了土壤侵蚀程度的显著差异性,往往是一次大的暴雨所引起的侵蚀量占总侵蚀量的 60% ~ 90%,不同年间间输沙模数差异则更为显著。

3 土壤侵蚀规律与影响因素分析

3.1 沟坡道路侵蚀与影响因素

在进行沟坡道路规划设计之前,首先要对影响道路侵蚀的因素进行综合分析,摸清道路侵蚀的症结所在,方可付诸实施。根据我们对沟坡道路侵蚀诸多影响因素的分析研究表明:降雨径流、地形部位、道路坡度、路面土体容重、植被覆盖,以及所采取的水土保持措施对道路侵蚀有着显著影响。研究结果表明:

径流量 X 与冲刷量 Y 呈幂函数相关关系。其关系式为: $Y = 7.39X^{0.97}$;

土壤容重 d_v 与降雨径流冲刷 Q 呈负指数相关关系。其关系式为: $Q = 0.106 d_v^{-2.744}$;

道路坡长 l 与道路累计冲刷量 e 关系密切。其关系式为: $e = 0.269 l^{2.045}$;

3.2 村落系统软硬地面产流规律分析研究

采用野外人工模拟降雨试验方法,在降雨强度为 0.57 ~ 3.39mm/min 试验条件下,对村落系统软硬地面产流产沙规律进行了研究,试验结果见表 1。

表 1 软硬地面不同降雨强度与土壤侵蚀量试验结果

项目	地点	土地利用	坡度 (°)	容重 (g/cm ³)	小区面积 (m ²)	平均雨强 (mm/min)	径流总量 (m ³)	平均含沙量 (kg/m ³)	侵蚀量 (kg)	侵蚀模数 (t/km ²)
软 地 面	王东试区	翻耕农地	0.5	1.05	5 × 1.5	0.84	0	0	0	0
	王东试区	翻耕农地	0.5	1.03	5 × 1.5	1.38	0.0691	11.2243	07756	103.40
	王东试区	翻耕农地	0.5	1.09	5 × 1.5	1.93	0.2088	9.6671	2.0185	269.10
	王东试区	翻耕农地	0.5	1.04	5 × 1.5	2.2	0.2593	21.6499	5.4969	732.92
	王东试区	翻耕农地	0.5	1.05	5 × 1.5	2.55	0.2591	22.8491	5.9202	789.40
	王东试区	翻耕农地	0.5	0.99	5 × 1.5	2.80	0.2685	23.5965	6.7604	901.40
	王东试区	翻耕农地	0.5	1.0	5 × 1.5	3.33	0.3415	30.2814	10.3411	1378.80
	硬 地 面	王东村	庭 院	1	1.49	5 × 1.5	0.57	0.0165	8.424	0.1393
王东村		庭 院	1	1.52	5 × 1.5	1.27	0.2017	12.3798	2.4970	332.90
王东村		庭 院	1	1.50	5 × 1.5	1.30	0.1601	16.1880	2.5917	345.60
王东村		庭 院	1	1.48	5 × 1.5	1.66	0.2920	9.5733	2.7954	372.70
王东村		庭 院	1	1.51	5 × 1.5	1.81	0.2041	14.4753	2.9544	393.90
王东村		庭 院	1	1.47	5 × 1.5	2.2	0.3770	10.5438	3.9750	530.00
王东村		庭 院	1	1.49	5 × 1.5	2.8	0.3941	13.1480	5.4969	732.92
王东村		庭 院	1	1.51	5 × 1.5	3.09	0.4412	12.8808	10.0950	1346.00

根据对表 1 试验结果统计分析,二者呈幂函数相关关系(表 1 中软地面主要是农、林、蔬菜地等,而硬地面主要是道路、院落、窑背、房顶等)。其关系式如下:

$$(1) \text{ 软地面: } y = 44.1768 I^{2.9991} \quad R = 0.9694$$

式中: y ——土壤侵蚀模数(t/km^2); I ——降雨强度(mm/min)。

$$(2) \text{ 硬地面: } Q = 110.7971 I^{2.2294} \quad R = 0.9484$$

式中: Q ——土壤侵蚀模数(t/km^2); I ——降雨强度(mm/min)。

3.3 村落系统产流与拦蓄状况分析

王东村地势北高南低,向东南倾斜,村内分布 7 个涝池,以 7 个涝池为集水单元,可划分为 7 个汇流区和 3 个漫流区。7 个汇流区的面积为全村面积的 90.48%,可拦蓄 4 845.5m³ 的降雨径流,而漫流区面积占全村面积的 9.52%,且主要分布在沟头沟边,虽然面积不大,但是,产流危害是很大的,属于今后重点治理的地方。

根据对 7 个涝池拦蓄状况分析,7 个汇流区总径流量为 20 201.13 m³,其中软地面径流量为 2 974.38m³,占总径流量 14.72%,硬地面径流量为 17 226.75m³,占总径流量 85.28%,而 7 个涝池总容积量为 4 845.51m³,其拦蓄量可占总径流量的 24.0%,因此,仅仅依靠涝池群来控制塬面村落系统降雨径流量很难实现村水不下塬。

3.4 沟坡地带土壤侵蚀状况分析

通过对 1986 年、1990 年、1995 年不同时期土壤侵蚀类型图数据信息比较,获得 10 年之内各种土壤类型空间面积变化情况,无明显侵蚀类型、微度侵蚀类型、轻度侵蚀类型 3 者面积已由 1986 年 591.72hm²,提高到目前的 654.69hm²,平均增长了 10.64%,占试区总面积 78.88%。不同时期土壤侵蚀类型面积统计结果如表 2。

从表 2 数据明显可以看出,土壤侵蚀类型正由复杂性向简单化发展,虽然经过大规模的综合治理,总的来看还没有改变总的产沙来源趋势,新修住宅占地是造成“八·五”期间无明显侵蚀类型面积减少的主要原因,通过对不同时期侵蚀类型面积与侵蚀量计算分析,泥沙仍主要来

自沟谷, 沟谷地带仍是今后治理的重点。

表 2 不同时期土壤侵蚀类型面积统计结果

侵蚀类型	1986 年面积 (hm ²)	百分比 (%)	1990 年面积 (hm ²)	百分比 (%)	1995 年面积 (hm ²)	百分比 (%)
无明显侵蚀类型	370.55	100	428.77	115.71	369.29	99.67
微度侵蚀类型	90.45	100	131.81	145.73	189.26	209.24
轻度侵蚀类型	130.72	100	96.71	73.98	96.14	73.55
中度侵蚀类型	14.51	100	34.50	237.77	23.70	163.34
强度侵蚀类型	65.56	100	21.47	32.75	7.76	11.84
极强度侵蚀类型	3.38	100	0.90	26.63	0	0
黄土沟坡强度泻溜侵蚀类型	3.38	100	33.41	100	10.25	30.68
黄土沟坡剧烈泻溜侵蚀类型	10.07	100	10.07	100	8.35	82.92
黄土陡崖强度崩滑侵蚀类型	56.36	100	56.36	100	86.75	153.92
村庄道路侵蚀类型	54.92	100	16.00	29.13	38.50	70.10

4 水土保持措施优化配置

4.1 沟坡道路的综合防治

针对沟坡道路侵蚀特征, 其防蚀措施的设计是依据朱显谟院士所倡导的“降水径流就地入渗拦蓄”方略。作者在实践中把这方略变为道路防蚀技术的 10 字方针, 即“上拦, 下护, 路蓄, 合理引排”。为了把 10 字方针落实到实处, 作者提出了具体的水土保持工程与生物措施: (1) 坡上坡下梯田化, 草灌林带化; (2) 路面拱型、草皮化; (3) 布设路边蓄水槽和路堑导洪蓄水窖。上述 3 项水土保持治理措施, 各负其责, 互相依存, 构成了沟坡道路的防蚀工程。具体的规划设计可参照图 1 沟坡道路防蚀体系示意图。

4.2 村落系统防蚀措施配置

王东沟试验区通过“七·五”与“八·五”期间水土保持综合治理, 村内配置的涝池群容积达到 4 851m³, 完成了村内道路防蚀与引排工程, 村落系统硬地面产流得到有效控制, 但按 20 年一遇暴雨标准日降水量 140mm, 径流系数 80%~90% 计算分析, 其拦蓄量只能占总径流量的 24%, 仅仅依靠涝池拦蓄村内径流是不可能实现塬水不下沟的。因此, 应根据村落系统降雨产流产沙特征, 防蚀措施应按照以降水就地入渗为主, 合理引排为辅的原则进行规划设计, 建立综合性防护体系, 在已有的基础上, 抓好以下几个方面工作:

(1) 首先应杜绝滥修庄院的现象, 做好住宅区整体规划, 搞好科学普及教育工作, 使村民认识村落系统产流冲刷的危害性, 以及开发利用这部分宝贵土地的重要性。

(2) 建立户包制度, 确保水不出院。

(3) 减少硬地面面积, 改永久性晒场为临时性晒场, 对废弃的旧庄基要及时地进行复垦。



1. 窖窖 2. 蓄水槽 3. 路拱 4. 路坡草带

附图 防蚀体系示意图

(4) 对村内主道路的治理应以排为主,对排水通道要定期清理,确保排水通道畅通无阻。

(5) 对村落系统整治,应充分利用村庄院落宝贵而有限的土地资源发展立体农业,在院内修建蓄水渗井,或采用降低院内菜园和果树地面高度的方法,充分利用院内降雨径流,并在院外排水口修建蓄水坑,在村庄道路交汇处修建蓄水涝池,搞好雨水利用,发展农业经济。

4.3 沟坡地带的综合治理

在小流域规划设计上,应以村为治理单元,以道路网综合防治为中心,以开发沟坡单元建立沟坡经济开发为重点,并采取一系列综合防治措施,搞好该区域治理。目前道路网长度已达 37.8km,道路网密度已达到 $4.55\text{km}/\text{km}^2$,初步建成 14 个沟坡经济开发单元实体模型,为王东沟试验区农业经济迅速发展起到了重要作用,王东模式在周边地区产生了重大影响。

4.4 沟谷地带的综合治理

治沟应与治塬、治坡紧密结合起来,只有自上而下地采取一系列综合防治措施,将农民的经济利益与水土保持措施的配置所带来的经济效益紧密地连在一起,使农民在实施水土保持措施的过程中,脱贫致富。

5 水土保持综合治理效益评价

黄土高原沟壑区水土保持进入治理与开发相结合的阶段,广大农村为了开发沟壑地带的后备资源,加大物资、技术和产品的运转,实现粮、果、经作物的集约化经营,各地都有向沟坡修通机动车路的要求,该项研究针对沟坡开发的现实需求,将道路建设与区域环境整治,经济开发有机地结合在一起,融水土保持与沟坡经济开发为一体。把沟坡开发放在与提高塬面生产力同等的重要地位。成套的沟坡道路防蚀体系与道路网,打破了沟坡地带的封闭状态,不仅促进了劳动力、物资、技术、信息与沟坡土地的紧密结合,而且激发了群众自发投入,自动开展平整土地和培肥地力,也带动了果、经、养殖业在沟坡兴起,扩大了生产领域,促进了沟坡开发单元农业基础设施的进一步完善,增强了该区域高效农业生态经济系统的抗逆性,在沟坡土地资源得到强化保护的同时,使农民取得巨大经济实惠。打破了过去把沟坡开发简单地理解为种草种树,保持水土的旧框框,使沟坡资源整体开发得到了全面发展,变资源优势为经济优势。为该区域综合性开发起到了样板作用。

王东沟试验区通过近 10 年大规模的水土保持综合治理,昔日偏远荒山已被道路网、林果满山等新的景观所代替。如过去 8.93hm^2 山地, 2.5kg 小麦的承包费都无人过问的杜家坪开发单元,总产值由 1986 年的 9 450 元提高到 1995 年 60 038 元,增加了 60.38 倍。已成为周边地区先进典范。水土保持治理度已由 1986 年的 71.2%, 提高到 87.0%。林木覆盖率由 18% 上升到 39.5%, 农民人均纯收入由 230 元增加到 1 313 元, 王东沟小流域平均输沙模数由 $1\ 860\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$, 下降到 $688.6\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$, 减沙效益达 62.98%, 累计新增经济效益 400 万元。

该项成果得到长武县政府的高度重视,将道路网建设、沟坡开发作为长武县脱贫致富战略措施,并列为农田基本建设的主要内容,在 1989~1995 年间全县在小流域内修筑道路 665km, 带动低产田改造 0.68万 hm^2 , 累计新增经济效益 20 001.4 万元,取得了显著的生态、经济和社会效益。并在咸阳北部 7 县和甘肃平凉、庆阳地区应用推广。

参 考 文 献

- 1 张方. 长武塬区沟坡开发中的水土保持和农业基础设施建设探讨. 水土保持通报, 1993(5): 1~4
- 2 郑世清等. 长武王东沟试验区沟坡道路侵蚀及其防蚀措施. 水土保持学报, 1994(3): 29~35
- 3 郑世清等. 小流域村落系统硬地面产流冲刷及防治措施. 水土保持通报, 1995(6): 78~83
- 4 郑世清等. 王东沟试验区土壤侵蚀类型与遥感制图. 水土保持通报, 1996(4): 58~04