

黄土高原山坡生产型植物路防蚀机理与技术

郑世清¹, 文婕英², 殷振江³

(1. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100

2 兰州市师范专科学校化学系, 兰州 730070 3 咸阳市土肥站, 陕西 咸阳 712000)

摘要: 通过对山坡道路建设产生的意义, 不同区域道路侵蚀类型, 道路侵蚀的影响因素进行了分析研究, 在充分考虑植物抗旱性的基础上, 通过对道路适生植物资源及植物抗旱性初步研究, 提出道路防治体系设计与植物路植物措施配置原则、技术体系, 并提出适应路面、路坡栽种的草灌种类并对植物路水土保持减沙效益进行了评价研究。

关键词: 道路建设的意义; 道路侵蚀的影响因素; 技术体系; 植物路

中图分类号: S 157

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005)05-0095-03

Anti-Erosive Mechanism and Technology of Productive Biological Road of Loess Hillside

ZHENG Shi-qing¹, WEN Jie-ying², YIN Zhen-jiang³

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources

Yangling, Shaanxi 712100 China; 2 Chemistry Department of Lanzhou Teachers College, Lanzhou 730070 China;

3 Soil and Fertilizer Station, Xianyang Agriculture and Husbandry Bureau, Xianyang, Shaanxi 712000 China)

Abstract A study was conducted on the Loess Plateau to find ways to control erosion. After evaluating the soil loss caused by road building in different regions, the affecting factor of the road erosion type and difference in topographical succession are analyzed. With the consideration of drought-resistance of vegetation species and sources of species suitable for growing on roads, the criteria for designing controlling system and biological measures for road erosion are put forward. Shrub and grass species were also suggested for the control of road erosion, and sand-decrement result of soil and water conservation of biological road are evaluated and studied.

Key words sense of biological road; effect factor of road erosion; technical system; biological road

1 山坡生产型植物路建设的意义

道路侵蚀是我国黄土地区山坡普遍存在且侵蚀程度相当严重的一种侵蚀类型。由于该区黄土具有深厚、疏松的特点, 因此, “千年道路变成沟”就成为这里道路侵蚀程度最深刻的比喻。

道路是连接不同自然及社会单元的纽带, 是人们实现各种自然及社会目标的重要前提, “要想富, 先修路”, 这是道路经济功能的概括和总结。生产型道路是处于村庄、田间之间, 以实现田间生产、运输为主要目的而修建的农用交通线路。伴随改革开放和西部大开发以来黄土地区农业经济及生态环境建设的蓬勃发展, 山坡生产型道路被大量修建, 以满足持续增长的各种农业生产与经济建设活动、资源开发、水土流失治理工程等对山坡交通的需求与要求。然而, 山坡生产型道路的发展也使道路侵蚀问题进一步变得更加突出, 带来了山坡新的水土流失等诸多问题。

已建设的山坡生产型道路忽视道路路面、边坡开挖面、边坡松散堆积物的防治, 使其成为新的环境脆弱带, 其水土流失程度明显高于非道路区, 路面侵蚀更为如此。大量的山坡生产型道路路面土壤裸露, 没有任何工程或生物措施保护, 旱季通行时尘土飞扬, 雨季泥泞或侵蚀沟纵横深切, 通行

能力极低且维护费用极高, 形成了年年修路无路走的被动局面, 并且对周围土地和环境造成不良生态危害, 造成人力、物力、财力的严重浪费, 对山区农业经济健康发展及生态环境建设造成严重的不良影响。

山坡生产型道路侵蚀严重的根源在于这种道路的裸露路面, 经长期的人畜践踏和车辆碾压后, 路面土壤结构破坏, 地形下凹, 不仅抗侵蚀能力降低, 入渗能力减弱, 而且还成为周围水沙汇集与输送的通道, 因此, 产生的侵蚀及其危害相当严重。研究表明, 山坡生产型道路侵蚀已成为黄土地区侵蚀产沙的主要来源之一, 其土壤侵蚀模数是相同条件林地的 250 倍。不仅如此, 山坡道路侵蚀还是沟谷系统演化发展的重要途径, 黄土丘陵沟壑区诸多现代沟谷就是古道路演化的结果。

总之, 随着山区农业经济与生态环境建设的发展, 山坡生产型道路侵蚀已经和正在成为对黄土地区山坡生态环境危害最集中, 单位面积危害最严重的生态问题, 并最终制约经济的发展。然而, 从目前情况看, 把广大山坡生产型道路都改造成柏油路或石子路面是不现实的, 而传统的道路修筑技术, 又无法克服道路路面集水和排水等所造成的严重的道路侵蚀问题。实践证明, 植物路是解决这一问题的有效途径。在生产型道路上种植植物, 一方面能保护路面免受降雨直径打击, 提高路面土壤入渗能力和抗侵蚀能力, 减少暴雨径流对道路的冲刷、破坏, 节

① 收稿日期: 2005-05-26

作者简介: 郑世清 (1953-), 男, 研究员, 从事水土保持工作。

约道路日常维护费用, 提供道路的使用程度, 并能集蓄雨水, 使雨水资源得到充分利用, 另一方面能减少人、畜、车辆与路面土壤的直接接触, 减轻路面土壤遭受人畜践踏和车辆碾压的破坏程度, 降低道路沙尘污染危害, 改善道路的小气候条件。因此, 针对黄土地区道路侵蚀问题, 开展“黄土山坡生产型植物路防蚀能力与技术研究”势在必行, 其结果将为在黄土地区已有的生产型道路上和将有的生产型道路建设中推广采用植物路, 根治生产型道路侵蚀, 培育和健全道路的交通、生态、经济一体化功能, 促进黄土地区水土保持生态环境与农业经济建设及其可持续发展提供重要科学依据与技术支持

2 山坡道路侵蚀影响因素

道路侵蚀的形成和发展与浅沟侵蚀相似, 它是自然因素和人为因素共同作用的结果。道路侵蚀过程是动能较大的股流对路面的冲刷过程, 它的发生必须具备一定的径流汇集为条件。因此, 一切影响径流汇集过程和作用程度的因素都影响着道路侵蚀的发生发展。如地形条件、路型、路面土壤容重、降雨径流、植被、人为活动以及所采取的水土保持措施对道路侵蚀均有显著影响。通过试验研究得出以下结果:

2 1 降雨径流是引起道路侵蚀的直接动力

通过野外人工放水冲刷试验表明, 道路冲刷量与径流量几乎呈直线相关关系, 通过对试验资料分析得出:

$$Y = 7.39x^{0.97} \quad (r = 0.9852)$$

式中: Y ——道路土壤冲刷量 (kg); x ——放水冲量 (mm / m in)。

2 2 道路长度与道路累计冲刷量关系密切

通过暴雨冲刷调查分析, 得出道路冲刷与坡长的关系为:

$$Y = 0.269L^{2.405} \quad (r = 0.900)$$

式中: Y ——道路冲刷量 (kg); L ——道路长度 (m)。

2 3 土壤容重与冲量的关系

通过人工模拟降雨试验的方法, 试验时土壤容重控制在 0.93~ 1.40 g /cm³, 小区面积为 1.5m× 0.3m, 降雨强度 (2.5mm /m in), 坡度为 (20°)保持不变。对资料统计分析表明, 道路冲刷量与土壤容重之间存在负指数相关关系, 其数学关系式为:

$$M = 0.106d^{-2.744} \quad (r = -0.9820)$$

式中: M ——道路侵蚀量 (kg); d ——土壤容重 (g /cm³)。

2 4 不同地形部位及路型断面对道路冲刷的影响

分布在梁峁部及塬面的凸型路型断面, 不仅没有外部径流的汇入, 而且道路只身降雨产流得到充分分散, 而分布在瓦背状双坡路型断面, 道路不仅遭受道路只身降雨产流的冲刷, 而且还要遭受道路上方坡面侵蚀沟汇集径流的集中冲刷, 通常造成毁灭性道路侵蚀根据对四岔铺 6种不同的陡坡路段侵蚀调查分析, 坡度是影响道路侵蚀的主要因素之一, 10°坡度与 20°坡度道路侵蚀程度相差 1.87倍, 由此可见控制道路坡度将是降低道路侵蚀的首要条件。

表 1 不同地形部位道路侵蚀监测结果

调查地点	不同地形部位及路型	路面容重 / (g·cm ⁻³)	平均坡度 / °	坡长 /m	侵蚀模数 / (t·km ⁻²)
范家梁	凸型路堤断面	1.60	4.80	115.00	0
范家梁	凹型路堑断面	1.62	4.40	130.00	13785.07
王东七队	单坡路堑断面	1.50	4.90	78.00	134652.11
王东七队	瓦背状双坡路堑断面	1.57	5.70	90.00	218483.83
荒山	“S”型断面	1.43	5.40	116.00	64586.92
荒山	“L”型断面	1.54	5.40	94.00	4092.89
荒山	“T”型断面	1.62	4.90	152.00	11620.93

注: 1988年7月24日降雨量 76.4mm, 平均降雨强度 17.13mm/h

表 2 燕沟流域四岔铺不同坡度山坡道路定点监测结果

编号	调查地点	地形部位及路型	路面容重 / (g·cm ⁻³)	坡度 / %	坡长 /m	侵蚀模数 / (t·km ⁻²)
1	四岔铺	双坡路堑型	1.58	10	50	24759.75
2	四岔铺	双坡路堑型	1.59	12	50	28063.25
3	四岔铺	双坡路堑型	1.55	14	50	28213.50
4	四岔铺	双坡路堑型	1.56	16	50	32151.56
5	四岔铺	双坡路堑型	1.54	18	50	38826.00
6	四岔铺	双坡路堑型	1.59	20	50	40287.75

2002年全年不同坡度道路侵蚀模数

3 道路勘测规划设计结果

按照道路选线原则及技术指标, 在对长武王东沟沟坡道路勘测设计结果统计分析研究的基础上 (见表 3)。

表 3 修筑防蚀道路基本情况

道路名称	长度 /m	土方 /m ³	劳力 / (工·d ⁻¹)	控制面积 /hm ²
杜家坪	1207	4268	712	8.7
白杨洼	810	22200	1126	10
高岭子	550	3200	400	2.7
南子阶	682	1700	800	2.5
百子山	460	980	2030	1.6
黑子山	747	2100	1828	3.3
泡洞山 (下部)	680	1300	2800	2.1
合计	5136	45748	9696	30.9

1999年对燕沟流域四岔铺—吴枣园—鸡蛋峁—稍塬梁—杨家畔—麻塔—九沟—庙河段全长为 28.1km 的山坡道路进行了勘测设计 (见表 4), 今年又对县南沟 22km 山坡道路勘测设计结果进行了分析研究。王东沟流域 5.136km 的沟坡道路开挖土方量为 45748m³, 平均每 1km 道路需开挖土方量 8907.32m³。延安燕沟流域 28.81km 山坡道路开挖土方量为 219875m³, 平均每修筑 1km 道路需开挖土方量 9639.41m³。尽管黄土高原丘陵沟壑区与高原沟壑区土壤侵蚀特征, 道路侵蚀类型, 人类活动强度等都存在着一定差异性, 但修筑每 km 道路所开挖的土方量大致相同。这一结果也与《黄河水土保持生态工程概算定额》大致相同, 黄土高原路面宽度为 5m, 修筑每 km 道路约开挖土方量 1万 m³, 需投资 3万元左右。

表 4 燕儿沟流域各路段基本情况

村名	路长 /m	最大比降	一般比降	平均比降	土方量 /m ³		备 注
		‰	‰	‰	挖方	填方	
四岔铺	1700	9.0	5.0	7.0	10327	1800	工程一处
吴枣园	2440	8.0	3.0	5.5	15623	4330	工程一处
鸡蛋峁	3055	8.0	5.0	6.5	25305	7688	工程一处
稍塬梁	7500	9.0	6.0	7.5	48556	7000	
杨家畔	5365	9.5	7.0	8.3	29648	6500	
麻 塔	2590	8.0	4.0	6.0	14083	4000	
九 沟	6158	8.5	3.0	6.0	39015	6000	
合 计	2808				219875		

4 山坡生产型植物路综合防护体系的配置

植物路建设是农业生产和水土保持事业发展的新领域, 植物路建设对减缓路面水土流失, 改善国土生态环境, 实现农业经济可持续发展具有主要的意义。第一, 植物建设使生产道路由非生产用地转变为生产用地, 增加了农业生产有效土地面积。第二, 植物路改变了土路雨季泥泞状况, 提高了道路交通性能, 而且费用远远低于铺设柏油路面和石子路面, 具有广泛的社会效益。第三, 植物路改变了生产道路及路边的小气候条件, 达到即可防止道路冲刷, 又能利用道路水资源,

减缓了道路尘土污染危害,美化了道路,改善了生态环境。适应“走环保之路,”建设“绿色通道”发展趋势。

4 1 植物路防护体系设计

4 1 1 道路防蚀体系设计原则

道路防蚀措施是以增加降水就地拦蓄入渗为核心,贯彻“上拦、下护、路蓄、合理引排”的 10 字方针,综合配套实施。

4 1 2 道路防蚀工程设计标准

(1)设计暴雨量计算。设计暴雨量的计算,可采用地区《实用水文手册》中给定的方法和参数进行。先按工程所在小流域,由《实用水文手册》中查出本流域位置的年最大 24 h 暴雨均值 (H_{24})及变差系数 (C_v)、偏差系数 (C_s)与变差系数 (C_v),比值 C_s/C_v 等,由 C_v 及设计暴雨频率 ($P\%$),从皮尔逊 III 型曲线上查出相应的摩比系数 (K_p)值,然后用下式设计频率的 24 h 暴雨量。

$$H_{24p} = K_p \cdot H_{24} \quad (1)$$

式中: H_{24p} ——频率 P 的 24 小时暴雨量 (mm); H_{24} ——年最大 24 h 暴雨均值 (mm); K_p ——频率 P 的皮尔逊 III 型曲线模比系数取 $C_s/C_v = 3.0$

按照陕西省水土保持工程相应地方标准,山坡道路一般按 10 年一遇设计,20 年一遇校核。

通过暴雨频率的计算,延安燕沟流域 3 h 最大暴雨量 10 年一遇为 42.0~76.1 mm,20 年一遇为 46.4~97.0 mm; 6 h 最大暴雨量 10 年一遇为 49.5~89.9 mm,20 年一遇为 54.1~114 mm。根据在延安试验研究,10 年一遇 3 h 暴雨量所产生的水土流失最为严重。因此建议:延安黄土丘陵区道路修筑及防蚀工程配置时,可按 10 年一遇 3 h 暴雨量 60 mm 防御标准设计。

(2)道路径流系数的确定。道路容重一般在 $1.4 \sim 1.60 \text{ g/cm}^3$,根据对黄土高原不同类型的道路野外人工降雨试验,在降雨强度 $0.57 \sim 3.07 \text{ mm/h}$ 内,土石路面径流系数为 $0.65 \sim 0.75$ 之间,撂荒地径流系数为 $0.35 \sim 0.45$ 之间,草地 $0.35 \sim 0.45$ 之间。

4 1 3 道路防蚀体系组成

- (1)坡上坡下修筑梯田,拦蓄雨水,防止上坡雨水冲刷道路。
- (2)拱形路面分散径流,并植草皮,增加路面土壤抗冲力。
- (3)路坡种植草皮灌木,防止雨水冲刷路坡。
- (4)道路内侧开挖水窖,集蓄雨水,发展节水灌溉。

4 2 植物措施配置原则

- (1)贯彻因地制宜,因害设防的原则。
- (2)充分考虑道路

参考文献:

[1] 郑世清,等. 长武王东沟试验区土壤抗冲性试验研究 [J]. 水土保持通报, 1993, 13(3): 6~ 8

[2] 郑世清,等. 黄土高原沟壑区土壤抗冲性试验研究 [J]. 水土保持通报, 1994, 14(1): 12~ 16

[3] 郑世清,等. 长武王东沟试验区沟坡道路侵蚀及其防蚀措施 [J]. 水土保持学报, 1994, 8(3): 29~ 35

[4] 郑世清,等. 小流域村落系统硬地面产流冲刷及防治措施 [J]. 水土保持通报, 1995, 15(6): 78~ 83

[5] 郑世清,等. 黄土高原沟坡道路修筑技术与防蚀技术体系研究 [J]. 水土保持通报, 1997, 17(7): 33~ 42

[6] 郑世清,等. 黄土高原沟壑区沟坡防蚀道路设计 [A]. 黄土高原水土流失与治理模式 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1997. 405~ 407.

[7] 郑世清. 沟坡道路侵蚀与防蚀技术体系 [A]. 长武农业生态系统结构、功能及调控原理与技术 [M]. 北京: 气象出版社, 1998. 171~ 178

[8] 郑世清. 王东沟小流域土壤侵蚀规律与防蚀技术体系研究 [A]. 长武农业生态系统结构、功能及调控原来与技术 [M]. 北京: 气象出版社, 1998. 163~ 170

[9] 郑世清,等. 黄土丘陵山坡生产型植物路综合防护技术体系规划设计 [J]. 水土保持通报, 2000, 20(1): 39~ 41.

[10] 郑科,郑世清. 黄土丘陵区山坡防蚀道路技术体系与指标 [J]. 干旱地区农业研究, 2001, 19(3): 135~ 141

[11] 郑世清,等. 延安中尺度研究区土壤侵蚀特征与生态环境建设模式 [J]. 西北植物学报, 2003, 17(2): 174~ 176

[12] 郑世清,等. 延安黄土区植物路植物根系特征与水保功能评价研究 [J]. 水土保持学报, 2003, 17(2): 174~ 176

[13] 郑世清,等. 黄土高原山坡道路侵蚀与防治 [J]. 水土保持通报, 2004, 24(1): 46~ 48

及边坡立地条件,坚持适树适草原则。(3)突出安全、节约、美观的原则,选择耐干旱、耐践踏、根系发达、多年生、植株低矮、美观、栽树简单、再生能力强植物种。

4 2 1 初选适应道路边坡草灌种类

通过对延安黄土丘陵沟壑区植被资源调查研究,初步选定适应道路边坡种植的草灌有: 小冠花、白三叶、黄花菜、沙打旺、胡枝子、紫穗槐、山桃、山杏、连翘、丁香、柠条、沙棘、杞柳、爬地柏、扁核木、黄刺玫、文冠果、虎榛子以及野生的混杂草灌。

4 2 2 初步筛选适应道路路面种植的草种类

在充分考虑植物抗旱性的基础上,通过对道路适生植物资源及植物抗旱性初步研究,初步选定适应路面种植的草种有: 超旱生沙生冰草斯坦特、扁穗冰草球道、无芒雀、强旱生草坪型高羊茅草类、美洲虎 3 号、猎狗 5 号、佛浪、野狼、早熟禾、午夜、披碱草以及白羊草、香附子、本氏针茅、莎草、长芒草、赖草等道路野生草种。

5 山坡生产型植物路的效益评价

2000~ 2004 年中国科学院水利部水土保持研究所与水利部水土保持监测中心协作开展“黄土丘陵区山坡生产型植物路综合防护技术体系”农业成果转化项目的研究。根据“分散径流,节节拦蓄,避免暴雨沿路面形成股流”的布局原则,把山坡道路建设与生态环境、农村经济发展等问题协同研究,综合考虑,统筹植物抗逆性,确定草种选择标准、配置原则。该项目实施三年来共完成了山坡生产型植物路试验示范道路 51 km,并开展了一些初步研究为以后进一步的研究做了技术和理论准备。植物路建设不仅能克服处于村庄、田间的山坡生产型道路侵蚀给祖祖辈辈辛勤劳动者们造成的困惑,使他们的出行条件与环境大大改善,为护养需反复付出的“习俗”得以根除,而且还能使被隔断的景观单元重新衔接,集交通、生态、经济功能为一体,具有广泛的当地与异地良性效应及发展前景。

近年来通过对延安黄土丘陵区山坡生产型植物路上大量栽种的草灌进行观测研究,并重点对路面试种的 6 种禾本科草种植物根系特征与水保功能进行了综合评价研究,所完成的 10 km 植物路示范工程与所筛选的几种草种,在经受了最多 80 d 连续干旱及几场暴雨冲刷的考验,道路植物成活率仍达到 73%,综合拦(土)蓄(水)效益达 62.3%,使得该技术逐步趋向成熟。