

# 黄土高原山坡道路侵蚀与防治

郑世清<sup>1</sup>, 霍建林<sup>2</sup>, 李英<sup>2</sup>

(1. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 2. 陕西榆林治沙研究所, 陕西 榆林 719000)

**摘要:** 对黄土高原不同区域山坡道路建设产生的水土流失效应, 不同区域道路侵蚀类型, 地貌演化差异性进行了分析研究。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, 提出了道路防治体系设计与植物路植物措施配置原则、技术体系, 提出了适应路面、路坡栽种的草灌种类。

**关键词:** 水土流失效应; 技术体系; 植物路

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-288X(2004)01-0046-03

**中图分类号:** U418.54; S157

## Hilly Road Erosion and Control on Loess Plateau Region

ZHENG Shi-qing<sup>1</sup>, HUO Jian-lin<sup>2</sup>, LI Ying<sup>2</sup>

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, Shaanxi Province, China; 2. Shaanxi Desert Control Research Institute, Yulin 719000, Shaanxi Province, China)

**Abstract:** A study was conducted on the loess plateau to find ways for hilly road erosion control. After evaluating the soil loss caused by road building in different regions, 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 a road erosion controlling system including biological measures are suggested. Suitable shrub and grass species are also suggested.

**Keywords:** effect of soil loss; technical system; biological road

生态环境建设已成为我国的基本国策, 在西部大开发中, 国家把生态建设列在第 2 位优先发展的突出地位。山区道路建设作为农业基础设施, 并得到迅速发展。但由此也导致了沿线山体裸露, 大量的工程弃渣由于失去植物保护, 原有表土与植被之间的平衡失调, 削弱了土壤抗蚀能力而产生新的水土流失。路域水土流失面积、侵蚀强度、危害程度, 在局部地区呈上升趋势, 道路维护负担不断加剧, 如何改变这一被动局面, 使有限的国土资源得以充分利用, 是摆在农业生产和水土保持战线的重要任务。

## 1 山坡道路建设产生的水土流失效应

### 1.1 生态效应

从景观生态学角度看, 道路既是连接相邻地域及社会单元的纽带, 又是一种屏障, 起着分离和隔离作用, 道路的分割使得景观破碎, 将原来完整自然坡面切割成孤立地块, 并带来一系列生态问题, 在一定的程度上加剧了水土流失。山区道路建设与开通, 打破了山坡地带封闭状态, 促进了沿线的人流、物流强度,

同时也扩大了人类活动范围, 使许多难以到达或难以进入的地区变得可达和易于进入, 从而使天然林保护区、生态用地、矿藏资源等遭受人为破坏, 诱发新的水土流失。

### 1.2 工程效应

当前随着农业产业结构调整, 山区开发经营活动则更加频繁, 道路建设对经济开发作用日益显著。但过去和现在修筑道路忽视了道路本身及开挖面等松散堆积物防护, 使其成为相对新鲜的环境脆弱带。由于修筑道路导致了沿线山体裸露, 取土场失去植被保护, 道路松散堆积物及山体裸露面土壤抗蚀能力减弱, 在雨滴打击水流冲刷及风蚀作用下, 易产生严重的水土流失。

### 1.3 水文效应

道路建设项目由于呈线状分布, 多穿行于沟谷与山川之间, 由于道路的修筑与开通, 切割了坡面原有侵蚀沟流水线, 改变了流路, 加剧了坡面径流的进一步汇集, 从而使新修路面成为整个坡面汇流排流通道, 通常造成毁灭性道路侵蚀。

收稿日期: 2003-06-25

修回日期: 2003-09-02

作者简介: 郑世清(1953—), 男(汉族), 陕西延川, 研究员, 主要从事水土保持及生态环境建设领域科研工作。电话(029)7013511。

## 2 道路侵蚀类型及地貌演化差异性

### 2.1 地貌演化的差异性

黄土高原不同区域道路侵蚀类型及其强度有明显差异,黄土高原沟壑区地貌分布规律为塬面—塬坡(梁坡)—坡麓(古代谷底)—现代沟谷,而丘陵沟壑区主要分沟间地和沟谷。黄土高原村庄道路面积分布状况没有明显差异(5%~7%),但人类活动强度及危害性,却有明显的差异性,高原沟壑区大于丘陵沟壑区。高原沟壑区道路是塬区沟谷系统演化的主要途径之一。据考证长武王东沟试验区内有 3 条通向黑河河谷的古道遗址:一条由风口向南经王东村、干沟进入黑河河谷;另一条由风口向南经老庄通向黑河河谷;第 3 条由风口向东南经丈六老鼠坡通向黑河河谷的古道遗址。这些都是由长武至泾川的古丝绸之路分支,现均已成为沟壑。从王东沟较大滑坡体主要分布特征来看,滑坡的形成除与地层和地质构造营力有关外,还与村庄道路有关。王东沟较大滑坡主要分布在沟道中上游,而这一区域正是村庄道路密集的地方。长武县城附近的东沟流域,有 5 条胡同与沟头相连,1926—1975 年近沟头延伸 300 m。据王东沟试验区“八五”期间研究资料表明,村庄道路面积占总面积的 6.62%,侵蚀量占总侵蚀的 27.10%,而丘陵沟壑区道路侵蚀主要集中在自身范畴。这些除与地貌形态特征有关外,与人类活动强度也有着密切关系。

### 2.2 道路侵蚀类型差异性

道路侵蚀类型的划分是道路侵蚀规律研究的基础,摸清不同类型道路侵蚀规律及其危害性,有利于道路侵蚀防治措施的优化配置。按照道路所处的不同地形部位和路型断面分类,高原沟壑区可划分为:水平型,阶梯型,崖边单坡型,瓦背状双坡型,双崖路堑形,凸、凹型 7 种路型断面,而丘陵沟壑区主要分为单坡与双坡型 2 种路型断面。

### 2.3 道路勘测设计难度的差异性

高原沟壑区在进行道路勘测设计时,通常可通过

某一处高地,通观全局,而丘陵沟壑区道路布设尽管一般不受人干扰,但是由于地形破碎,梁峁起伏,通视条件差,适宜布设道路地形条件有限,道路选线布设难度较大,因此,道路选线时要对山坡地形,地质条件作全面的勘测调查。即要统观总体走向,又要详勘细部布局,特别对跨越冲沟、切沟、转弯处地形条件进行更加详细调查,并通过详细测量,最后选出一条合理路线。

## 3 道路侵蚀监测结果

通过对王东沟流域不同地形及路型断面次暴雨道路侵蚀调查结果分析研究,降雨径流是引起道路侵蚀的直径动力,因此,一切影响径流汇集过程和作用程度的因素,都影响道路侵蚀的发生发展,如地形条件、路型断面、路面坡度、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有着显著影响。分布在范家梁的凸型路堤断面,不仅没有遭受到坡面降雨径流的冲刷,而且道路自身径流得到充分分散。而在相同降雨条件下,分布在王东 7 队瓦背状双坡路堑型断面的道路不仅遭受自身产流冲刷,而且道路上坡面降雨径流直接汇入集中冲刷,次暴雨侵蚀模数达 218 483 t/(km<sup>2</sup>·a),见表 1。

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 2)。

## 4 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),于 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 28.1 km 的山坡道路进行了勘测设计(见表 4)。2003 年又对县南沟 22 km 山坡道路勘测设计结果进行了分析研究。

表 1 不同地形部位及路型断面道路侵蚀调查结果

调查地点	地形部位及路型	路面容重/ (g·cm <sup>-3</sup> )	平均坡度/ (°)	坡长/m	侵蚀模数/ (t·km <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )
范家梁	凸型路堤断面	1.60	4.80	115.00	0.00
范家梁	凹型路堑断面	1.62	4.40	130.00	13 785.07
王东 7 队	单坡路堑断面	1.50	4.90	78.00	134 652.11
王东 7 队	瓦背状双坡路堑断面	1.57	5.70	90.00	218 483.83
荒山	“S”型断面	1.43	5.40	116.00	64 586.92
荒山	“L”型断面	1.54	5.40	94.00	4 092.89
荒山	“I”型断面	1.62	4.90	152.00	11 620.93

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

表2 燕沟流域四岔铺双坡路型山坡道路定点监测结果

编号	路面容重/ ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	坡度/ %	坡长/ m	侵蚀模数/ ( $\text{t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ )
1	1.58	10	50	24 759.75
2	1.59	12	50	28 063.25
3	1.55	14	50	28 213.50
4	1.56	16	50	32 151.56
5	1.54	18	50	38 826.00
6	1.59	20	50	40 287.75

注: 2002年 全年不同坡度道路侵蚀模数。

表3 修筑防蚀道路基本情况

道路名称	长度/ m	土方/ $\text{m}^3$	劳力/ ( $\text{工} \cdot \text{d}^{-1}$ )	控制面积/ $\text{hm}^2$
杜家坪	1 207	4 268	712	8.67
白杨洼	810	22 200	1 126	10.00
高岭子	550	3 200	400	2.67
南子阶	682	1 700	800	2.53
百子山	460	980	2 030	1.60
黑子山	747	2 100	1 828	3.33
泡洞山(下部)	680	1 300	2 800	2.13
合计	5 136	45 748	9 696	3.09

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/ $\text{m}^3$	
					挖方	填方
四岔铺	1 700	9.0	5.0	7.0	10 327	1 800
吴枣园	2 440	8.0	3.0	5.5	15 623	4 330
鸡蛋岭	3 055	8.0	5.0	6.5	25 305	7 688
稍源梁	7 500	9.0	6.0	7.5	48 556	7 000
杨家畔	5 365	9.5	7.0	8.3	29 648	6 500
麻塔	2 590	8.0	4.0	6.0	14 083	4 000
九沟	6 158	8.5	3.0	6.0	39 015	6 000
合计	2 808	—	—	—	—	219 875

王东沟流域 5.136 km 的沟坡道路开挖土方量为 45 748  $\text{m}^3$ , 平均每 1 km 道路需开挖土方量 8 907.32  $\text{m}^3$ 。延安燕沟流域 28.81 km 山坡道路开挖土方量为 219 875  $\text{m}^3$ , 平均每修筑 1 km 道路需开挖土方量 9 639.41  $\text{m}^3$ 。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 1 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 5 m, 修筑每 1 km 道路约开挖土方量  $1.00 \times 10^4 \text{ m}^3$ , 需投资  $3.00 \times 10^1$  元左右。

## 5 山坡生产型植物路综合防护体系

### 5.1 植物路建设的意义

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重要的意义。(1) 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。(2) 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。(3) 植物路改变了生产道路及路边的小气候条件, 既可防止道路冲刷, 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。

### 5.2 植物路防护体系设计

5.2.1 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”的十字方针, 综合配套实施。

5.2.2 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。

5.2.3 植物措施配置原则 (1) 贯彻因地制宜, 因害设防的原则;(2) 充分考虑道路及边坡立地条件, 坚持适土适草原则;(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、栽植简单、再生能力强植物种。

5.2.4 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。

5.2.5 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、无芒雀麦、高羊茅、午夜、可奇思、佛浪、美洲虎 3 号、猎狗 5 号、矮茎 2 号、野狼、早熟禾、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。

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后, 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。