

文章编号:1671-8879(2006)02-0031-03

陕西北部山丘区公路开挖边坡侵蚀调查与评价

黄高花^{1,2}, 王 飞³, 杨勤科³

(1. 西安理工大学 水资源与环境陕西省重点实验室, 陕西 西安 710048; 2. 陕西省水土保持局, 陕西 西安 710004; 3. 中国科学院 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:开发建设项目引起水土流失的评价是目前研究的热点之一。采取抽样调查法和侵蚀断面测量法,对陕西北部山丘区公路开挖边坡侵蚀进行了定量分析。在选择和确定原始开挖面的基础上,分段测量了开挖边坡长度、高度和侵蚀沟深度等特征值,并结合边坡开挖时间计算出边坡年均侵蚀深度。通过分析研究各县区不同地貌单元面积,在假定县内道路分布均一的情况下,计算了各县区侵蚀参数和区域道路开挖边坡的年侵蚀量。研究结果表明,该区年均道路开挖边坡侵蚀剧烈,每年侵蚀量约达 510 710 t。

关键词:道路工程;公路;开挖边坡;侵蚀;评价

中图分类号:U417.12 **文献标识码:**A

Evaluation of Cutting-slope Erosion of Highway in North Shaanxi

HUANG Gao-hua^{1,2}, WANG Fei³, YANG Qin-ke³

(1. Key Laboratory for Water Resource and Environment of Shaanxi Province, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, Shaanxi, China; 2. Soil and Water Conservation Bureau, Shaanxi Province Government, Xi'an 710004, Shaanxi, China; 3. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences, Yangling 712100, Shaanxi, China)

Abstract: The evaluation of erosion induced by construction is one of research hot points presently. The erosion of cutting-slope of highway in north Shaanxi Province is investigated and evaluated by measuring the erosion depth on slope surface through 43 sampling sites. Based on the original cutting slope, the length of cutting slope of highway, the height of slope and channel depth of erosion on slope are measured section by section. The annual average erosion depth is calculated with time of cutting slope and total erosion depth. Based on the composition of landform of each country, and an assuming of that the distribution of highway is similar, the erosion parameter and cutting slope erosion are analyzed. The research shows that the erosion of cutting-slope of highway is intensive, the annual erosion weight accunts for 510 710 t. 3 tabs, 1 fig, 6 refs.

Key words: road engineering; highway; cutting slope; erosion; evaluation

0 引言

在公路建设和运行过程中,植被破坏、土石开

挖、边坡冲刷与垮塌等常会引起和加剧水土流失^[1],是公路安全 and 环境影响评价的重要内容^[2]。公路边坡侵蚀受边坡坡度、组成物质、降水特征和边坡保护

措施等多种因素的影响。本文通过调查,对陕西北部山丘区公路开挖边坡侵蚀特征进行了定量分析,以期为相关部门提供预防和治理依据。

1 调查资料与评价方法

本研究区为陕西北部山地、丘陵区,包括铜川、延安和榆林 3 市 29 个县。该区域属北温带季风区半湿润、半干旱气候,从北向南主要包括风沙滩地区、黄土丘陵沟壑区和黄龙山、子午岭土石山区,地表组成物质北部以黄沙为主,中部和南部以黄土为主,黄土厚度变化较大,一般在 10~200 m 之间,下覆地层物质以基岩和砾石层为主。该区水土流失非常严重,子午岭、劳山和黄龙山一线以北地区,平均侵蚀模数在 10 000 ((t·km⁻²)·a⁻¹) 以上;以南地区平均侵蚀模数约为 3 500 ((t·km⁻²)·a⁻¹)。

公路统计数据采用 2000 年交通部和国家统计局联合组织实施的第二次全国公路普查资料。

边坡侵蚀特征主要通过断面侵蚀测量法获得^[3],主要考虑边坡冲刷和垮塌两部分。主要调查项目包括公路开挖边坡百分比和边坡开挖高度。主要调查点为 43 个,相应的地貌区单元划分参照参考文献^[5]研究结果,公路开挖边坡特征见表 1^[4]。

公路开挖边坡出现的百分比,反映边坡开挖的数量与频度,是开挖边坡里程占总里程的百分比。调查时选择 100 m 左右的道路,测量有开挖边坡的路长,计算出开挖边坡的比例,其值确定可在调查道路时统一处理,没有区分不同等级路面,在计算时可用于不同道路。

开挖边坡高度为调查点边坡相对于路面的垂直高度,每间隔 5 m 测量 1 次。由于调查主要分析边坡侵蚀量,流失比例按照 100% 计算。在测量的结果上,计算开挖边坡平均高度,作为定量分析的参数。边坡系数为公路开挖边坡出现百分比与开挖边坡平均高度之积,实质是公路平均开挖边坡的高度。

$$P = \frac{L_s}{100} \times 100\%, H = \frac{1}{21} \sum_{i=1}^{21} h_i, H_p = PH$$

(1)

式中:P 为开挖边坡的百分比; L_s 为 100 m 中开挖边坡的长度(m); h_i 为第 i 个高度测点的边坡高度(m); H 为开挖边坡的平均高度(m); H_p 为边坡系数(m)。

边坡侵蚀速率采用直接测量法进行,在每个测量断面首先确定原始开挖面(图 1),分段在开挖面上固定测绳,在每个断面上分别采用顶部、中部和路

表 1 陕北不同地貌区边坡公路开挖边坡特征

地貌类型		平均开挖百分比/%	边坡平均高度/m	边坡系数/m	调查点数量
风沙地貌区	—	22.6	3.2	0.723	3
白于山梁塬沟地沟壑地貌区	—	49.5	6.8	3.366	3
东部丘陵沟壑地貌区	横山梁卯丘陵沟壑亚区	36.7	6.5	2.386	1
	片沙黄土梁卯沟壑亚区	44.7	4.2	1.877	1
	梁卯丘陵沟壑亚区	39.6	6.3	2.495	1
	黄河沿岸峡谷丘陵亚区	53.8	7.6	4.089	1
黄土高原沟壑区	洛川塬亚区	42.1	3.7	1.558	3
	宜川破碎塬亚区	44.9	4.9	2.200	3
黄土丘陵沟壑区	白于山崂山黄土梁状丘陵亚区	58.7	7.5	4.403	3
	黄土梁卯丘陵亚区	68.3	5.3	3.620	3
黄龙山子午岭土石山区	黄龙山土石亚区	65.0	7.6	4.940	3
	子午岭土石亚区	74.4	8.4	6.250	3
子午岭山区	流水侵蚀的黄土覆盖低山	58.7	8.2	4.813	3
铜川北部黄土塬、梁状丘陵区	—	43.9	4.1	1.800	3
铜川中部黄土残塬沟壑区	—	52.3	5.4	2.824	3
铜川南部川塬区	—	31.6	4.9	1.548	3
铜川北山山区	—	46.9	6.7	3.142	3

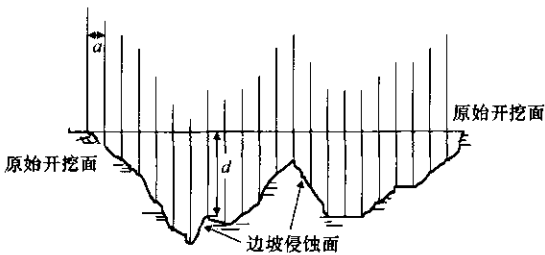


图 1 开挖边坡侵蚀测量方法

面以上 50 cm 处进行 3 次测量,依次量算每个侵蚀沟深度(较高边坡断面采用目估法完成),测量间隔 a 为 0.1 m,结合调查的边坡开挖时间,计算平均侵蚀速率 E 。

$$d_i = (d_{0.5} + d_m + d_t)/3$$

(2)

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i, E_t = D/t$$

(3)

式中: d_i 为第 i 个测点的侵蚀深度(m); $d_{0.5}$ 、 d_m 、 d_t 分别为 50 cm、中部和顶部的侵蚀深度(m); D 为调查点平均侵蚀深度(m); n 为侵蚀边坡编号; t 为开挖

边坡出现时间(a); E_i 为平均侵蚀速率($\text{m} \cdot \text{a}^{-1}$)。

由于研究区地貌特征复杂,假设道路分布在县域内均一,根据各县不同地貌单元面积比例加权确定县区道路边坡参数

$$S = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^k (A_i H_{p_i})$$

(4)

式中: S 为县域道路边坡参数(m); k 为县内不同地貌区数量; H_{p_i} 为第 i 种类型区边坡系数(m); A_i 为第 i 种类型区面积(km^2); A 为全县总面积(km^2)。

各县公路开挖边坡年均侵蚀量 E 为

$$E = L_r S E_p \beta$$

(5)

式中: E 为年均侵蚀量($\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$); L_r 为县内公路长度(m); β 为侵蚀物平均容重($1.5 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$)。

2 结果与讨论

2.1 公路分布状况

根据 2000 年陕西省公路普查资料,该区共有公路 11 239. 036 km,其中一级公路 10. 964 km,二级公路 1 551. 591 km,三级公路 3 890. 444 km,四级公路 4 254. 811 km,等外公路 1 531. 226 km。三级、四级公路所占比例最大,分别占到 34. 6%和 37. 86%,二级公路和等外公路各约占 13. 7%,一级公路最少,仅占到总里程的 1%。陕北次高级路面面积最大,超过 35 km^2 ;中级路面和无路面公路均约有 11 km^2 ;高级路面仅有 2. 29 km^2 ,所占比例很小。

2.2 不同地貌区公路开挖边坡特征分析

陕北不同地貌区公路开挖边坡出现百分比、开挖边坡平均高度和边坡系数见表 1,其数值越大,可能引起的侵蚀就越多。研究区各项调查值都和地貌特征关系密切^[6]。

在地势平坦的风沙地貌区,边坡出现的百分比为 22. 6%;在黄龙山子午岭土石山区和子午岭山地区,开挖边坡出现百分比接近或超过 60. 0%,甚至高达 74. 4%;黄土丘陵沟壑区边坡出现比例与山地接近,榆林东部丘陵沟壑区与黄土高原沟壑区边坡出现高度类似,开挖边坡百分比为 40%~50%。风沙地貌区边坡平均开挖高度较低,为 3. 2 m;边坡平均开挖高度超过 7. 0 m 的有黄河沿岸峡谷丘陵亚区、白于山崂山黄土梁状丘陵亚区、黄龙山土石亚区、子午岭土石亚区、流水土壤流失的黄土覆盖低山等;小于 5. 0 m 的有片沙黄土梁峁沟壑亚区、洛川塬亚区、铜川北部黄土塬、梁状丘陵区 and 铜川南部川塬区。土石山区的边坡系数较大,黄龙山子午岭土石山区和子午岭山地区边坡系数均接近或超过 5 m,

风沙地貌区仅为 0. 723 m。

2.3 各县区边坡参数和公路对水土流失的影响

各县区边坡参数见表 2。

表 2 各县区边坡参数

县区	边坡参数/m	县区	边坡参数/m	县区	边坡参数/m	县区	边坡参数/m
铜川市区	3. 362	安塞县	3. 769	黄龙县	3. 195	定边县	2. 177
耀 县	4. 062	志丹县	3. 776	黄陵县	3. 795	绥德县	2. 203
宜君县	2. 810	吴旗县	4. 293	榆阳区	2. 094	米脂县	2. 654
宝塔区	3. 847	甘泉县	4. 403	神木县	1. 173	佳 县	2. 495
延长县	3. 774	富 县	3. 976	府谷县	1. 727	吴堡县	3. 171
延川县	3. 683	洛川县	3. 982	横山县	2. 526	清涧县	4. 089
子长县	3. 620	宜川县	1. 558	靖边县	1. 916	子洲县	3. 164

各县、区年均边坡侵蚀量见表 3。各县平均约为 18 240 ($\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$),其中耀县最大,达到 33 325 ($\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$),洛川较小,仅为 6 922 ($\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$),定边、神木、宜川、子洲、子长、清涧、黄龙、延川、甘泉、靖边、宜君、安塞和延长侵蚀量为 10 000~20 000 ($\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$),横山、绥德、佳县、黄陵、志丹、米脂、吴堡、府谷、宝塔、吴旗和榆阳等县区侵蚀量为 20 000~30 000 ($\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$)。该区年均边坡侵蚀量约为 510 710 ($\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$),其中铜川市、延安市和榆林市分别为 59 320、224 500 和 226 885 ($\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$)。

表 3 陕北各县区公路开挖年均边坡侵蚀量

县区	年均边坡侵蚀量/t	县区	年均边坡侵蚀量/t	县区	年均边坡侵蚀量/t	县区	年均边坡侵蚀量/t
铜川市区	7 704	安塞县	18 493	黄龙县	15 986	定边县	10 383
耀 县	33 325	志丹县	21 352	黄陵县	21 262	绥德县	20 653
宜君县	18 291	吴旗县	26 987	榆阳区	27 483	米脂县	22 101
宝塔区	25 176	甘泉县	17 829	神木县	10 826	佳 县	20 932
延长县	18 905	富 县	8 811	府谷县	24 948	吴堡县	22 466
延川县	16 371	洛川县	6 922	横山县	20 483	清涧县	15 900
子长县	15 216	宜川县	11 197	靖边县	17 910	子洲县	12 798

3 结 语

(1)公路建设是重要的现代地貌变化过程,对水土流失影响很大,是引起和诱发新增水土流失的重要人类活动形式,对区域环境和社会、经济发展均有明显影响。

(2)由于开挖边坡侵蚀受多种因素影响,本研究对边坡坡度、土石构成和侵蚀方式随开挖时间变化

YAN Zhi-gang, SHENG Hong-fei, CHEN Yan-jiang. Effects of Bridge Deck Roughness on Vibration of Long-span Concrete Filled Steel Tube Arch Bridge due to Vehicles[J]. China Journal of Highway and Transport, 2004, 17(4): 41 - 44.

[2] 王新明,王秉纲. 高速公路路面功率谱[J]. 交通运输工程学报, 2003, 3(2): 53 - 56.

WANG Xin-ming, WANG Bing-gang. Expressway Pavement Power Spectral Density[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2003, 3(2): 53 - 56.

[3] 周波,朱先祥,孙文. 车载式颠簸累积仪在路面平整度检测中的应用[J]. 合肥工业大学学报:自然科学版, 2004, 27(9): 1095 - 1098.

ZHOU Bo, ZHU Xian-xiang, SUN Wen. Application of Vehicular Bump-integrator in the Pavement Regularity Inspection[J]. Journal of Hefei University of Technology: Natural Science Edition, 2004, 27(9): 1095 - 1098.

[4] 蔚晓丹. 国际平整度指数 IRI 作为路面平整度评价指标的研究[J]. 公路交通科技, 1999, 16(增 1): 9 - 13.

WEI Xiao-dan. Research on the International Roughness Index (IRI) as the Pavement Roughness Index [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 1999, 16(Sup. 1): 9 - 13.

[5] Michel W Sayers, Thomas D Gillespie, William D O Paterson. Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements [R]. World Bank Technical Paper Number 46. The World Bank, Washington DC, January, PB86 - 165263, 1986.

[6] 马 磊,王选仓,王秉纲,等. DYNATEST 5051 RSP 道路激光平整度测试车[J]. 长安大学学报:自然科学版, 2003, 23(1): 23 - 26.

MA Biao, WANG Xuan-cang, WANG Bing-gang, et al. DYNATEST 5051 RSP Road Laser Roughness Testing Vehicle[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2003, 23(1): 23 - 26.



(上接 33 页)

等特征没有进行深入分析和定量评价,只是对公路类型及其区域差进行了简化处理。

(3)通过对 43 个调查点的调查资料和公路分布特征的定量分析,认为陕西北部山丘区公路开挖侵蚀数量较大,该区年均边坡侵蚀量为 510 710 ($t \cdot a^{-1}$),而且区域差异明显,对公路边坡稳定性和生态环境均有较大影响。

(4)建议相关部门,在对道路建设引起的水土流失进行综合治理的同时,应该加强道路边坡侵蚀观测,以提高公路边坡稳定性,预防和减轻其道路安全引起的危害。

参考文献:

References:

[1] 王 飞,李 锐,杨勤科. 公路建设水土流失过程研究[J]. 公路, 2003(8): 148 - 152.

WANG Fei, LI Rui, YANG Qin-ke. A Study on Soil Erosion and Soil Water Conservation of Highway Construction[J]. Highway, 2003(8): 148 - 152.

[2] 汪益敏,王秉纲. 公路土质路基边坡坡面冲刷稳定性的模糊综合评价[J]. 中国公路学报, 2005, 18(1): 24 - 29.

WANG Yi-min, WANG Bing-gang. Fuzzy Evaluation Method of Scouring Stability on Soil Subgrade Slope [J]. China Journal of Highway and Transport, 2005, 18(1): 24 - 29.

[3] 水利部国际合作与科技司. 水利技术标准汇编(水土保持卷)[G]. 北京:中国水利水电出版社, 2002.

Department of International Cooperation and Science and Technology, Ministry of Water Resources. Compilation of Criterion of Technology of Water (Resources Soil and Water Conservation) [G]. Beijing: China Water Power Press, 2002.

[4] 王 飞. 人类活动对区域水土流失影响的定量评价[D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学, 2004.

WANG Fei. Regional Impact of Human Activities on Soil Loss[D]. Shaanxi Yangling: Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, 2004.

[5] 杨晓平. 现代地貌过程中的人类作用[J]. 宁波大学学报:理工版, 1998, 11(2): 100 - 104.

YANG Xiao-ping. On the Human Action to the Present Geomorphic Processes[J]. Journal of Ningbo University: Edition of Science and Technology, 1998, 11(2): 100 - 104.

[6] 李家春,田伟平. 黄土路堤坡顶及土路肩暴雨冲蚀破坏机理试验[J]. 长安大学学报:自然科学版, 2004, 24(2): 27 - 29.

LI Jia-chun, TIAN Wei-ping. Rainfall Erode Mechanism on Loess Road Shonlder and Tope of Side-slope [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2004, 24(2): 27 - 29.