

青海省公路弃土场土壤侵蚀规律天然降雨试验研究

何凡¹, 尹婧¹, 陈宗伟², 陈学平², 江玉林², 张翔²,

(1. 北京师范大学 资源学院, 北京 100875; 2. 交通部科学研究院, 北京 100029)

摘要:以青海省平阿高速公路弃土场作为研究对象,在雨季进行了天然降雨试验研究,分析了弃土场土壤侵蚀特征及影响因素。结果表明,该区弃土场土壤侵蚀与降雨量和降雨强度有密切的相关关系,大部分土壤侵蚀均发生在降雨较大的 7—9 这 3 个月。在 40° 左右的坡度条件下,坡度变化对土壤侵蚀量的影响很大,坡度稍有增加,水土流失就会大幅增加;在植被建植初期,耕作土比红弃土更易发生水土流失。

关键词:公路;弃土场;土壤侵蚀

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2008)02-0131-04

中图分类号: S152.7+.2

Characteristics of Soil Erosion by Natural Rainfall in Spoil Area of Road Engineering in Qinghai province

HE Fan¹, YIN Jing¹, CHEN Zong-wei², CHEN Xue-ping², JIANG Yu-lin², ZHANG Xiang

(1. College of Resources Science and Technology, Beijing Normal University,

Beijing 100875, China; 2. Chinese Academy of Transportation Science, MOC, Beijing 100029, China)

Abstract: To determine the characteristics and influence factors of soil erosion on spoil area induced during road construction, a natural rainfall experiment was conducted along the Pingan County to A 'dai town of Hualong County road, Qinghai Province during raining season. Results show that the amount of soil erosion in spoil area is significantly correlated to the amount of rainfall and its intensity. Most of soil erosion occurs in July, August, and September. The change in slope degree greatly affects soil erosion when slope degree is about 40°. Soil erosion massively increases with increased slope degree. In initial period of vegetation growth, cultivated soil is eroded more easily than dumped red soil.

Keywords: road; spoil area; soil erosion

过去人为造成土壤侵蚀的原因主要是毁林开荒,陡坡耕种,过量采伐林木,过度放牧和工矿建设中不合理活动等^[1-3],土壤侵蚀研究的重点也主要集中在农地、林地、牧区和工矿区等领域^[4-8]。现在,随着各类开发建设项目规模的扩大,开发建设活动造成的土壤侵蚀面积不断扩大,危害日益严重。而这其中,公路建设所导致的土壤侵蚀是尤其需要引起重视的。公路建设工程为线形侵蚀区域,侵蚀类型复杂和侵蚀面广。公路工程建设中主要的土壤侵蚀敏感点包括路堤、路堑、大型的堆积弃土和取土场^[9-10]。目前关于公路主体工程土壤侵蚀特征的研究已有很多^[11-15],但对于大型的裸露弃土场内土壤侵蚀形式和特征的研究还多限于矿业开采过程产生的弃土场。弃土场已成为公路土壤侵蚀的主要来源之一^[16-18]。

本文以青海省平阿高速公路弃土场作为研究对象,在天然降雨条件下进行水蚀特征试验研究,分析弃土场土壤侵蚀规律,同时提出防治该地区弃土场土壤侵蚀的建议。

1 研究区概况

青海省平阿高速公路北起平安县城,南至化隆县阿岱镇,全长 44.8 km,是平安至大加山公路的重要组成部分,东接 213 国道,是通往青海省黄南藏族自治州、甘肃省临夏、甘南等地区的主要出口通道之一。该高速公路的修建,对促进沿线地区经济发展具有重要意义。

研究区属大陆性半干旱气候,年均温 0.3 ~ 6.4 °C,降水主要受高原季风和南部山区地形影响,

收稿日期:2007-05-29

修回日期:2007-11-19

资助项目:国家“973”项目“水土流失环境效应评价理论与指标体系”(2007CB407205);“十一五”国家科技支撑项目“沟壑整治工程优化配置与建造技术”

作者简介:何凡(1980—),男(汉族),陕西省汉中市人,博士研究生,主要从事公路水土保持研究。E-mail:hefan_98@sina.com。

年降水量 300 ~ 600 mm,多雨中心在青沙山一带,年降水量在 600 mm 以上。降水时间分布不均,夏末秋季较多,晚冬春季较少。春季降水量为 60 ~ 120 mm,占年降水量的 15% ~ 20%;夏季降水量为 190 ~ 300 mm,占年降水量的 51% ~ 62%;秋季降水量为 69 ~ 142 mm,占年总降水量的 22% ~ 27%;冬季降水量仅为 3 ~ 13 mm,占年降水量的 1% ~ 3%。全年降水集中在 5—9 月,占全年降水总量的 81% ~ 87%。

研究路段内的主要土壤类型为高山草甸土、山地草甸土、栗钙土和灰钙土。南部脑山地区主要植被类型为高山灌丛草甸,以金露梅 (*Potentilla fruticosa*)、高山绣线菊 (*Spiraea alpina*) 为主,草本层有嵩草 (*Kobresia spp*)、大披针苔草 (*Carex lanceolaria*)、短柄草 (*Brachypodium sylvaticum*)、火绒草 (*Leontopodium leontopodioides*)、早熟禾 (*Poa attenuata*)、珠芽蓼 (*Polygonum viviparum*) 等,植被覆盖度 70% ~ 80%;中部浅山地区植被以小叶锦鸡儿 (*Caragana microphylla*) 和赖草 (*Leymus dasylchys*) 等为主;北部川水地区常见的植物以枸杞 (*Lycium barbarum*)、猪毛菜 (*Salsola collina*)、狗娃花 (*heteropappus altaicus*)、赖草等为主。本研究选择了位于平阿高速 K34 + 55 处的青沙山南口弃土场作为试验地,该弃土场的基本情况如表 1 所示。

表 1 平阿高速公路青沙山南口弃土场基本情况

弃土场类型	坡度/(°)	土壤容重/ (g·cm ⁻³)	表面积/ m ²	土石堆积或 取土量/m ³	植被状况	盖度/%
红土场	41~48	2.0	1 980	90 000	无	0
覆土场	38~40	2.3	2 760	120 000	一年生禾草	<14

注:该弃土场有红弃土和弃渣上覆耕作土两种情况,分别称为红土场和覆土场。红土场以堆积红土为主,占地 0.54 hm²。覆土场以堆积弃渣为主,表面覆盖 20 ~ 30 cm 厚的耕作土。

2 研究方法

2.1 土壤侵蚀量观测方法

分别在红土场和覆土场布设径流小区进行土壤侵蚀量观测。其中红土场布设径流小区 4 个,覆土场布设 3 个。由于地形条件所限,未按标准径流小区规格进行布设。所设径流小区均长 15 m,宽 4 m,面积

60 m²,四周砌砖混结构的隔离墙,墙高 25 cm,厚 10 cm。为防止小区外的水土流入,在小区上部的外围挖 2 ~ 3 道“人”字形的排水沟,沟宽高均为 30 cm,并定期进行清理。小区下端砌有集流池。集流池长 100 cm,宽 50 cm,高 50 cm,容积 0.25 m³。小区内还布设不同的生物防护措施。径流小区基本情况如表 2 所示。

表 2 径流小区基本情况

小区编号	海拔/m	土壤容重/(g·cm ⁻³)	土质	坡度/(°)	小区种植植物
PA1—1	2 974	2.0	红弃土耕作土覆盖	42	披碱草+老芒麦+沙棘
PA1—2	2 974	2.0	红弃土耕作土覆盖	46	青稞+油菜
PA1—3	2 974	2.0	红弃土耕作土覆盖	41	披碱草+老芒麦+沙棘
PA1—4	2 974	2.0	红弃土耕作土覆盖	46	青稞+油菜
PA2—1	2 940	2.3	红弃土	38	披碱草+老芒麦+沙棘
PA2—2	2 940	2.3	红弃土	40	无
PA2—3	2 940	2.3	红弃土	41	披碱草+老芒麦+沙棘

2.2 降雨观测方法

降雨采用 CR2 型翻斗式电脑数字雨量计观测,安装在距两个弃土场直线距离均为 200 m 的工程指挥部院内。观测时段为 2005 年 5 月—2006 年 8 月。

3 结果分析

土壤侵蚀主要受到降雨和下垫面状况两方面的影响,因此本文主要从这两方面进行分析。

3.1 降雨对弃土场土壤侵蚀的影响

为了消除各因子间由于量纲不同而对分析造成的影响,采用标准化方法,即把每一组内的各原始数据减去其平均值,再除去其标准差,即,

$$X = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{S_j} \quad (1)$$

式中: X ——标准化值; x_{ij} ——原始数据; \bar{x}_j ——第 j 列的平均数; S_j ——第 j 列的标准差。

把降雨因子和土壤流失因子共 5 项原始值分别标准化,得到各因子的标准化值。

3.1.1 降雨量与土壤侵蚀量的关系 选取降雨量与土壤侵蚀量标准化值进行一元线性回归分析,结果如表 3 所示。由表 3 可知,土壤侵蚀量和降雨量呈极显著正相关关系,表明在降雨量达到一定的程度时,土壤侵蚀量会直接随着降雨量的增加而线性增加。

表 3 降雨量与土壤侵蚀量的关系

小区编号	公式	R 值	显著性系数
PA1—1	$y = 0.909x$	0.909**	0.000
PA1—2	$y = 0.862x$	0.861**	0.000
PA1—3	$y = 0.971x$	0.971**	0.000
PA1—4	$y = 0.894x$	0.894**	0.000
PA2—1	$y = 0.900x - 0.017$	0.912**	0.000
PA2—2	$y = 0.888x - 0.017$	0.889**	0.000
PA2—3	$y = 0.860x - 0.016$	0.871**	0.000

注: **显著性系数 Sig. (2-tails) < 0.01, 相关关系极显著; *显著性系数 < 0.05, 相关关系显著。

3.1.2 降雨强度与土壤侵蚀量的关系 选取降雨强度与土壤侵蚀量标准化值进行一元线性回归分析,结果如表 4 所示。

表 4 降雨强度与土壤侵蚀量的关系

小区编号	公式	R 值	显著性系数
PA1—1	$y = 0.742x$	0.742**	0.000
PA1—2	$Y = 0.807x$	0.806**	0.005
PA1—3	$Y = 0.578x$	0.578**	0.001
PA1—4	$Y = 0.674x$	0.674**	0.000
PA2—1	$Y = 0.367x$	0.351*	0.067
PA2—2	$Y = 0.763x - 5.2 \times 10^{-6}$	0.730**	0.000
PA2—3	$Y = 0.548x - 0.416 \times 10^{-6}$	0.525**	0.004

注: **显著性系数 Sig. (2-tails) < 0.01, 相关关系极显著; *显著性系数 < 0.05, 相关关系显著。

由表 4 可以看出,土壤侵蚀量和降雨强度也呈极显著正相关关系,表明在降雨量达到一定的程度时,土壤侵蚀量会随着降雨强度的加大而增加,但与降雨强度的线性关系没有降雨量那么强烈。

3.1.3 土壤侵蚀逐月分布分析 对 2005 年 5—10

月的逐月土壤侵蚀强度进行对比,土壤侵蚀强度为弃土场 7 个径流观测小区的平均侵蚀强度,结果如图 1 所示。

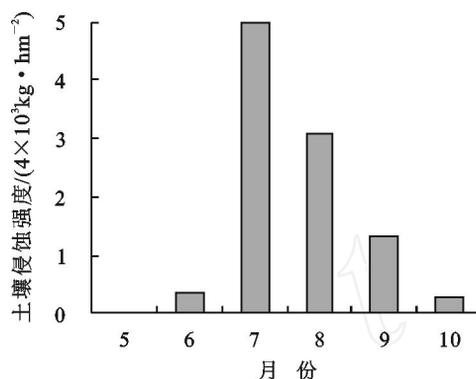


图 1 弃土场 2005 年逐月土壤侵蚀量分布

从图 1 可以看到,两种弃土场的大部分土壤侵蚀均发生在降雨较大的 7—9 月,分别占到总量的 50.1%, 30.9% 和 13.0%。这和前面分析的土壤侵蚀与降雨具有密切的相关关系是相一致的。这也说明弃土弃渣完毕后,最好在 7 月前,即大规模土壤侵蚀发生前采取必要的水土保持措施,才能确保较好的水土保持效果。

3.2 下垫面因素对土壤侵蚀的影响

如前所述,弃土场有红弃土和弃渣上覆盖耕作土两种情况,同时各个径流小区有不同的坡度和植被,具有不同的下垫面状况。试验期间,观测到各径流小区产生土壤侵蚀的降雨场次为 16~29 场,属于小样本,因此采用独立样本 t 检验的方法,进行各径流小区土壤侵蚀的差异显著性分析,结果如表 5 所示(该结果系采用原始值分析所得)。

(1) PA1—1 径流小区和 PA1—3 径流小区在土质相同,植被状况相似,坡度不同的条件下,PA1—1 小区土壤侵蚀量显著小于 PA1—3 小区,表明在 40° 左右的坡度条件下,坡度对土壤侵蚀量的影响很大,弃土施工时应尽可能降低坡度。(2) PA1—2 径流小区和 PA1—3 径流小区在土质相同,坡度相同,植被组合不同,PA1—2 小区土壤侵蚀量显著小于 PA1—3 小区,表明目前“青稞+油菜”植被组合的防护效果优于“披碱草+老芒麦+沙棘”植被组合。但由于植物生长受各种因素影响,需要较长期的观测数据才能下结论。(3) PA1—3 径流小区和 PA2—3 径流小区坡度相同,植被状况类似,土质不同,PA2—3 径流小区土壤侵蚀量显著小于 PA1—3 径流小区,表明在同样情况下,耕作土覆盖层比红弃土更容易发生土壤侵蚀,须及时进行防护。

表 5 各径流小区土壤侵蚀差异显著性分析结果

小区 编号	PA1 - 2		PA1 - 3		PA1 - 4		PA2 - 1		PA2 - 2		PA2 - 3		次降雨侵蚀 量均值/g
	t 值	sig 值											
PA1—1	33.4**	0.000	9.1**	0.004	18.6**	0.000	4.0**	0.049	12.9**	0.001	10.8**	0.002	623.007
PA1—2	—	—	1.5*	0.031	0.1	0.802	0.4	0.535	1.3	0.270	1.5	0.221	2 347.281
PA1—3	—	—	—	—	0.6**	0.005	0.7**	0.008	1.2**	0.008	1.6**	0.009	2 632.505
PA1—4	—	—	—	—	—	—	0.8	0.373	2.4	0.129	2.9	0.096	2 318.832
PA2—1	—	—	—	—	—	—	—	—	0.0	0.918	0.1	0.769	2 641.923
PA2—2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.1	0.720	2 762.982
PA2—3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3 621.680

注: **显著性系数 < 0.01, 差异极显著; *显著性系数 < 0.05, 差异显著; 显著性系数 > 0.05, 差异不显著。

4 结论与建议

(1) 研究区弃土场土壤侵蚀与降雨量和降雨强度有密切的相关关系, 大部分土壤侵蚀均发生在降雨较大的 7—9 月, 说明在弃土弃渣完毕后, 最好在 7 月前, 即大规模土壤侵蚀发生前采取必要的水土保持措施, 才能确保较好的水土保持效果。

(2) 在 40° 左右的坡度条件下, 坡度对土壤侵蚀量的影响很大, 坡度稍有增加, 土壤侵蚀就会大幅增加。因此, 在这种情况下, 应该尽可能的降低坡度, 防止大规模土壤侵蚀的发生。

(3) 红弃土上覆盖耕作土更有利于植物的生长, 但耕作土本身抗蚀性弱于红弃土。在植被建植初期, 尚未能形成有效防护时, 更容易发生土壤侵蚀。因此, 在这种情况下, 要重视早期的土壤侵蚀防治, 促进植物尽早形成有效防护。

[参 考 文 献]

[1] 李智广, 郭索彦. 人为水土流失因素及其防治措施研究[J]. 水土保持通报, 1998, 18(2): 48—52.

[2] 申洪源. 我国水土流失现状及生态环境建设研究[J]. 哈尔滨师范大学自然科学学报, 2001, 17(2): 104—108.

[3] 张岳. 我国水土流失现状及其防治对策[J]. 水土保持通报, 1993, 13(1): 7—11.

[4] 李文银, 王治国, 蔡继清. 工矿区水土保持[M]. 北京: 科学出版社, 1996.

[5] 郑粉莉, 唐克丽, 周佩华. 坡耕地细沟侵蚀的发生、发展和防止途径的探讨[J]. 水土保持学报, 1987, 1(1): 36—48.

[6] 张侠, 赵德义. 水土保持研究综述[J]. 地质技术经济管

理, 2004, 26(3): 26—30.

[7] 周龙义, 朱建新, 张克树, 等. 霍林河矿区总体规划水土保持设计方案探讨[J]. 煤炭技术, 2003, 22(11): 101—102.

[8] 周正朝, 上官周平. 土壤侵蚀模型研究综述[J]. 中国水土保持科学, 2004, 2(1): 52—55.

[9] 王玉太, 王维平, 刁希全. 浅谈公路建设的水土流失原因及其防治措施[J]. 水土保持通报, 1999, 19(1): 61—62.

[10] 史东梅. 高速公路建设中侵蚀环境及水土流失特征的研究[J]. 水土保持学报, 2006, 20(2): 5—9.

[11] Luce C H, Black T A. Sediment production from forest roads in western Oregon [J]. Water Resources Research, 1999, 35(8): 2561—2570.

[12] Nyssen J, Moeryersons J. Impact of road building on gully erosion risk: A case study from the northern Ethiopian highlands [J]. Earth Surface Process and Landforms, 2002, 27(12): 1267—1283.

[13] 李志刚, 陈云鹤, 钱国超. 高速公路边坡野外模拟冲刷试验研究[J]. 公路交通科技, 2004, 21(1): 30—32.

[14] 罗斌, 胡厚田, 王秉纲. 路基边坡坡面冲刷强度探讨[J]. 中国铁道科学, 2002, 23(3): 82—84.

[15] 沈波, 郑南翔, 田伟平. 路基压实黄土坡面降雨冲刷试验研究[J]. 重庆交通学院学报, 2003, 22(4): 64—67.

[16] 陈宗伟, 江玉林, 张洪江, 等. 青藏高原高速公路建设中弃土场土壤流失特性[J]. 水土保持研究, 2006, 13(6): 4—6.

[17] 卓慕宁, 李定强, 郑煜基. 高速公路弃土场堆积边坡的生态防护试验[J]. 生态学杂志, 2007, 26(6): 912—916.

[18] 王志峰, 张百永. 山区高速公路弃土场的综合设计探讨[J]. 交通标准化, 2006(6): 192—196.