
* 应 *
* 用 *
* 技 *
* 术 *

4 种公路工程生态护坡类型的防治效果研究

周富春^{1,2}, 王小彪¹, 刘雪莲²

(1. 重庆交通大学 国家内河航道整治工程技术研究中心, 重庆 400074;

2. 重庆交通大学 水利水运工程教育部重点实验室, 重庆 400074)

摘 要: 生态护坡能有效地防治公路工程水土流失, 在生境的重建及生态系统的恢复方面起到了明显作用。选择重庆市巴南区及南岸区 4 种典型的生态护坡类型——裸坡、菱形骨架植草护坡、乔木护坡和植草护坡进行了采样、监测, 研究各种边坡土壤侵蚀强度、相对系数、土壤平均侵蚀模数、植被覆盖度、土壤组成成分等指标的变化规律。结果表明: (1) 在 4 种生态护坡措施中, 菱形骨架边坡的护坡效果最好, 乔木护坡优于植草护坡, 裸坡最差; (2) 土壤中组成成分的变化不仅受土壤流失量的影响, 而且植被本身也影响到土壤组成成分的增减; (3) 植草护坡保持水土效果要略强于菱形骨架生态护坡, 但在后期, 其覆盖度增长不快, 恢复效果差于菱形骨架护坡; (4) 对植物生长的必要元素, 菱形骨架生态护坡的流失量相对比较均衡。

关键词: 公路边坡; 生态护坡; 防治效果

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2012)05-0220-04

中图分类号: S157, U412.36

Control Efficiency of Four Types of Ecological Slope Protection in Highway Engineering

ZHOU Fu-chun^{1,2}, WANG Xiao-biao¹, LIU Xue-lian²

(1. National Engineering Research Center for Inland Waterway Regulation, Chongqing

Jiaotong University, Chongqing 400074, China; 2. Key Laboratory of Hydraulic and Waterway

Engineering of the Ministry of Education, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

Abstract: Ecological slope protection in highway engineering can not only prevent soil erosion effectively, but also has obvious effects on the reconstruction of biotope and the recovery of eco-system. Four types of typical ecological slope protection in Ba'nan and Nan'an Districts of Chongqing City, i. e., bare slope, rhombic-structure grassing slope protection, tree slope protection and grassing slope protection, were selected to study the changes in soil erosion rate, relative coefficient, average soil erosion modulus, vegetation coverage, soil ingredient, etc. on each side slope. Results show that: (1) Among the four types of ecological slope protections, the protective effect of the rhombic-structure grassing slope protection was the best; the tree slope protection, better than the grassing slope protection; and the bare slope, the worst. (2) The change of soil ingredient was affected not only by soil loss, but also by vegetation. (3) The soil and water conservation effect of the grassing slope protection was better than that of the rhombic-structure slope protection. In the late period, grass coverage increased slowly and thus the recovery effect of the grassing slope protection was worse than that of the rhombic-structure slope protection. (4) For the necessary elements in vegetation growth, soil loss for the rhombic-structure slope protection was relatively balanced.

Keywords: highway slope; ecological slope protection; protective effect

20 世纪 80 年代, 由于公路建设的高速发展, 对边坡的生态防护才得到应有的重视。所谓边坡生态防护是指单独用植物或者植物与土木工程和非生命的植物材料相集合的固坡措施^[1]。近年来, 很多研究

者在边坡的防护和设计进行研究后, 提出了各种不同方案, 如铺草皮防护、菱形骨架生态护坡、植草生态护坡、喷播建植、三维网格植草等, 这些措施对公路边坡的水土流失问题起到了良好的防护效果。对现有

收稿日期: 2011-10-10

修回日期: 2012-01-03

资助项目: 重庆市教委科技项目“公路工程水土流失量预测研究”(KJ050403)

作者简介: 周富春(1972—), 男(汉族), 四川省犍为县人, 博士, 教授, 主要从事水土保持、水环境模拟和控制研究。E-mail: fuchunzh@yahoo.com.cn。

公路生态护坡技术的防治效果进行综合分析,将研究成果应用到实际护坡工程中,是公路建设的迫切需求。

1 监测区概况

监测区位于重庆市巴南区及南岸区,属亚热带季风湿润区,冬暖夏热,秋短夏长,四季分明,无霜期长,雨量充沛,湿度大,风速较小,雾多日照时少。年平均气温在 18℃左右,冬季平均气温平均在 6~8℃,夏季最高气温在 35℃以上。极端气温最低为 -2℃,最高 43℃。雨季为 5—9月,占全年降雨量的 50%,年平均降雨 1 100 mm左右;年平均相对湿度 81%,年日照时数 1 200 h,年平均无霜期达 351 d,年平均日照时数 1 300 h。植被以林草、灌木为主,主要土壤类型有黄壤、紫色土等。

2 研究方法

2.1 采样点的选择

(1) 裸坡区。裸坡位于南岸区南山新修建道路边坡,地貌类型为山地,坡度约 60°,面积约 0.2 hm²,土壤类型为黄棕壤,原覆被植物有野竹、狗尾草、刺槐等。该边坡由原来的山体经过开挖修建公路形成,没有采取任何边坡防护措施。

(2) 菱形骨架植草护坡区。菱形植草护坡边坡位于巴南区渝南大道二期工程段,地貌类型为丘陵,坡度约 60°,面积约 1 hm²,土壤类型为黄壤,原覆被植物有白茅、老芒草、狗尾草等杂生野草。边坡采用工程措施与植物护坡相结合的生态护坡类型,为在菱形骨架内种植三角梅进行护坡的模式。

(3) 乔木护坡区。乔木护坡边坡位于南山新修建的盘山公路,地貌类型为山地,坡度约 60°,面积约 0.8 hm²,土壤类型为黄棕壤,原覆被植物有梧桐树、狗尾草等杂生野生植被。边坡采用仅用生物措施进行防护的生态护坡类型,主要护坡植物为银杏树,各树种植间距为 0.5 m。

(4) 植草护坡区。植草护坡边坡位于南山新修建的公路,地貌类型为山地,坡度约 60°,面积约 0.2 hm²,土壤类型为黄棕壤,原覆被植物有白茅、野竹、野苜蓿、狗尾草等杂生野草。边坡采用植草进行防护的护坡类型,种植麦冬草进行防护。

2.2 样品采集及测定

本试验于 2010 年 4 月开始至 9 月结束,共计 5 个月。期间共采集土样 3 次,分别为边坡形成、种植初期、植被成活生长期 3 个阶段,具体时间为 4 月 29 日,7 月 7 日,8 月 21 日。各期间的降雨量分别为 4 月 10

日至 4 月 29 日累计降雨总量为 33.5 mm,4 月 30 日至 7 月 7 日累计降雨总量为 258.9 mm,7 月 9 日至 8 月 21 日累计降雨总量为 154.6 mm。由于所选择的 4 个边坡的植被、土壤比较均一,坡面也比较平整,所以每个边坡选采样点 2 个,以代表整个土壤侵蚀情况。总样品采集数为 24 个。采集的样本经过自然风干后研磨过 100 目筛,用于测定土壤组成成份。

边坡土壤侵蚀量的测定采用的方案是现场标定法;植被覆盖度的测定采用现场测针法;土壤全氮的测定采用化学分析法(TOC 测定仪法)^[2];土壤有机质的测定采用化学分析法(钼锑钨比色法)^[3],其有机质含量的计算公式为:

土壤有机质 =

$$C \times V_{\text{样}} \times 0.003 \times 1.1 \times 100\% \times 1.724 / W_{\text{样}}$$

式中: C——FeSO₄ 标液浓度(0.12 mol/l); V_样——标液上查得的样品溶液测定吸光度对应的硫酸亚铁毫升数; 0.003——碳的毫克摩尔; 1.1——不完全氧化系数; 1.724——碳换算成有机质的经验系数; W_样——样品质量(g)。

土壤全磷的测定采用化学分析法(钼锑钨比色法);土壤全钾、钙、镁、锌、铁元素的测定采用化学分析法(原子吸收法)^[4-5]。

3 结果与分析

3.1 边坡土壤侵蚀量

降雨是影响土壤侵蚀的主要因子,不同的降雨量及降雨强度会造成程度不一的土壤侵蚀结果。每次降雨后测定的土壤侵蚀情况如表 1 所示,各种护坡类型土壤侵蚀量相对裸坡同期水土侵蚀量系数见表 2。

表 1 降雨造成的土壤侵蚀量

护坡类型	日期	侵蚀量		平均侵蚀量	平均侵蚀总量
		1 号位	2 号位		
裸坡	0429	0.5	0.3	0.4	
	0707	0.6	1.0	0.8	1.6
	0821	0.5	0.3	0.4	
菱形骨架	0429	0.5	0.3	0.4	
	0707	0.4	0.2	0.3	0.9
	0821	0.3	0.1	0.2	
乔木护坡	0429	0.5	0.3	0.4	
	0707	0.5	0.3	0.4	1.0
	0821	0.3	0.1	0.2	
植草护坡	0429	0.5	0.1	0.3	
	0707	0.1	0.3	0.2	0.7
	0821	0.2	0	0.2	

表 2 各种护坡类型侵蚀量相对裸坡侵蚀量系数

日期	裸坡		菱形骨架		乔木护坡		植草护坡	
	侵蚀量/mm	相对系数	侵蚀量/mm	相对系数	侵蚀量/mm	相对系数	侵蚀量/mm	相对系数
0429	0.4	1	0.4	1.00	0.4	1	0.3	0.75
0707	0.8	1	0.3	0.38	0.4	0.50	0.2	0.25
0821	0.4	1	0.2	0.50	0.2	0.50	0.2	0.50

注:相对系数=其他护坡类型侵蚀量/裸坡的侵蚀量。

由表 2 中可见,没有任何边坡防护措施的裸坡侵蚀强度最为严重,但随着时间的变化,坡体上出现杂生的植被,其抗侵蚀能力会缓慢得到恢复。对于有防护措施的后 3 种边坡,菱形骨架和乔木护坡在初期防护效果要略差些,原因是刚建植的植被还比较稀疏,固土能力还未完全发挥作用。经过一段时间的生长,菱形骨架护坡和植草护坡与同期裸坡相比,都表现出较强的防冲刷能力,流失量只是裸坡的 37.5% 和 25%,而乔木护坡的银杏树,由于是移栽的,其达到生长恢复期需要的时间相对要长,因此,在第 2 次的结果中效果相对较差。第 3 次试验表明,进行防护措施的边坡土壤流失量基本相同。监测期内(4 月 29 日到 8 月 21 日),各生态护坡类平均侵蚀模数如表 3 所示。

表 3 监测期内各生态护坡的土壤平均侵蚀模数

护坡类型	侵蚀量/mm	边坡面积/km ²	侵蚀总量/t	平均侵蚀模数/(t·km ⁻² ·a ⁻¹)
裸坡	1.6	0.002	4.32	2 700
菱形骨架	0.9	0.010	12.15	1 519
乔木护坡	1.0	0.008	10.80	1 688
植草护坡	0.7	0.002	1.89	1 182

根据《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190—96)划分标准,由表 3 中可知,采取菱形骨架护坡、乔木护坡、植草护坡的边坡侵蚀强度为轻度侵蚀,而裸坡为中度侵蚀。

3.2 边坡植被覆盖度

对草本植物,采用测针法植被覆盖度测定,对木本植被,则测定郁闭度。因边坡形成后没有采取任何

护坡措施,故第 1 次测定的植被覆盖度为 0。为减少测定误差,每次试验进行 3 次测定,然后求其平均值。具体结果见表 4。

表 4 生态护坡植被覆盖度

边坡类型	日期	覆盖度(郁闭度)			平均值
		1 次	2 次	3 次	
裸坡	0429	0	0	0	0
	0707	0.4	0.3	0.2	0.3
	0821	0.5	0.5	0.5	0.5
菱形骨架	0429	0.5	0.4	0.3	0.4
	0707	0.6	0.5	0.7	0.6
	0821	1.0	0.9	0.8	0.9
乔木护坡	0429	0.3	0.4	0.5	0.4
	0707	0.5	0.7	0.3	0.5
	0821	0.9	0.7	0.8	0.8
植草护坡	0429	0.5	0.5	0.5	0.5
	0707	0.5	0.6	0.4	0.5
	0821	0.8	0.6	0.7	0.7

植被覆盖度的变化是与植被本身的特性有关系的。因菱形骨架护坡采用的是藤蔓植物三角梅,枝叶茂盛,覆盖度能很快达到最佳状态。乔木护坡的银杏树初期生长缓慢,后期枝叶生长较块,所以后期覆盖度能达到 0.8。植草护坡采用移植的麦冬草,生长较为稳定,覆盖度变化不明显。

3.3 边坡土壤组成成份

整个试验过程中,土壤组成成分增减数量及速度都受护坡类型的影响。以第 1 次测得的量为基数计算土壤组成成分流失情况,其流失变化总量见表 5。

表 5 土壤组成成分流失变化总量

组成成分	裸坡	菱形骨架	乔木护坡	植草护坡
有机质/%	-1.53	8.91	44.04	10.56
N/(mg·kg ⁻¹)	97.98	235.86	831.10	279.61
P/(mg·kg ⁻¹)	-241.99	-269.55	-161.55	-233.85
K/(mg·kg ⁻¹)	-361.60	-194.24	-236.62	-665.63
Ca/(mg·kg ⁻¹)	-4 624.76	-1 793.34	-1 914.81	-2 872.45
Mg/(mg·kg ⁻¹)	-862.27	-1 354.80	-1 019.62	-1 701.59
Zn/(mg·kg ⁻¹)	-16.61	-24.61	-6.12	-3.64
Fe/(mg·kg ⁻¹)	-6.08	-7.17	-0.40	-15.07

从表5中看出,裸坡土壤有机质有流失现象,乔木护坡有机质含量丰富;裸坡氮元素没有流失现象,而乔木护坡增加量最多。

植草护坡磷元素流失最为严重,由于草在生长过程中需要吸收的磷元素量相对其他植被要大很多,流失量最少的是乔木护坡。

对于钾元素,除裸坡外,流失最多的是植草护坡。对于钙元素,除裸坡外,植草护坡流失量最大。

植草护坡镁元素流失量最大;菱形护坡锌元素流失量最大,植草护坡铁元素流失量最大。

4 结论

(1) 植被覆盖度是边坡土壤流失量的重要影响因素,同等降雨作用下,覆盖度愈大,土壤流失量愈小。不同的植被防护措施其覆盖度差别很大,试验表明,菱形骨架生态护坡植被覆盖度大于乔木护坡,乔木护坡大于植草护坡,裸坡覆盖度最小。

(2) 土壤中组成成分的变化不仅受土壤流失量

的影响,而且土壤组成成分的增减也受到植被本身的影响。

(3) 植草护坡防治土壤流失能力要略强于菱形骨架生态护坡,但在后期的生长过程中,其覆盖度增长不快,对环境的恢复效果差于菱形骨架生态护坡;同时,菱形骨架生态护坡土壤元素流失量相对比较均衡。

(4) 在3类生态护坡措施中,菱形骨架生态护坡效果优于乔木护坡,乔木护坡优于植草护坡。

[参 考 文 献]

- [1] 周德培,张俊云. 植被护坡工程技术[M]. 北京:人民交通出版社,2003:43-48.
- [2] 李宇庆,陈玲,赵建夫. 土壤全氮测定方法比较[J]. 广州环境科学,2006(3):28-29.
- [3] 李婧. 土壤有机质测定方法综述[J]. 分析实验室,2008(S):154-156.
- [4] 魏丽红. 土壤全磷测定中样品分解与比色方法的比较研究[J]. 辽宁农业职业技术学院学报,2009(2):1-3.
- [5] 陈新萍. 土壤中全磷测定方法的改进试验[J]. 塔里木大学学报,2005(2):96-98.
- [9] 张卫星,朱德峰,徐一成,等. 不同水分条件下水稻籽粒形态及其与粒重的关系[J]. 作物学报,2008,34(10):1826-1835.
- [10] 王成瓊,王伯伦,张文香,等. 土壤水分胁迫对水稻产量和品质的影响[J]. 作物学报,2006,32(1):131-37.
- [11] 郭咏梅,穆平,刘家富,等. 水旱栽培条件下稻米主要品质性状的比较研究[J]. 作物学报,2005,31(11):1443-1448.
- [12] 杨建昌,袁莉民,唐成,等. 结实期干湿交替灌溉对稻米品质及籽粒中一些酶活性的影响[J]. 作物学报,2005,31(8):1052-1057.
- [13] 蔡一霞,朱庆森,王志琴,等. 结实期土壤水分对稻米品质的影响[J]. 作物学报,2002,28(5):601-608.
- [14] 徐国伟,王朋,唐成,等. 早种方式对水稻产量与品质的影响[J]. 作物学报,2006,32(1):112-117.
- [15] 郑家国,任光俊,陆贤军. 花后水分亏缺对水稻产量和品质的影响[J]. 中国水稻科学,2003,17(3):239-243.
- [16] 蔡一霞,朱庆森,徐伟. 结实期水分胁迫对水稻强、弱勢粒主要米质性状及淀粉粘滞谱特征的影响[J]. 作物学报,2004,30(3):241-247.
- [17] 郑桂萍,陈书强,郭晓红,等. 土壤水分对稻米成分及食味品质的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2004,4(35):332-335.
- [18] Bouman B A M, Peng S, Castañeda A R, et al. Yield and water use of irrigated tropical aerobic rice systems [J]. Agric. Water Manag., 2005,74(2):87-105.
- [19] 柯传勇. 不同水分处理对水稻生长、产量及品质的影响[D]. 武汉:华中农业大学,2010.
- [20] 王平荣,邓晓建,高晓玲,等. 干旱对稻米品质的影响研究[J]. 中国农学通报,2004,20(6):282-284,324.
- [21] 赵步洪,叶玉秀,陈新红,等. 结实期水分胁迫对两系杂交稻产量及品质的影响[J]. 扬州大学学报:农业与生命科学版,2004,25(1):46-50.
- [22] 平宏和. 宫城县产ササニシキ玄米のタンパク質含量[J]. 食总研报,1997(32):1-5.
- [23] 刘建,吴魁. 稻米品质的生态改良及优质稻保优栽培技术[J]. 南京农业学报,2002(3):5-12.
- [24] 刘凯,张耗,张慎凤,等. 结实期土壤水分和灌溉方式对水稻产量与品质的影响及其生理原因[J]. 作物学报,2008,34(2):265-276.
- [25] 张慎凤. 干湿交替灌溉对水稻生长发育、产量与品质的影响[D]. 扬州:扬州大学,2009.
- [26] 李国生. 氮素和结实期土壤水分对稻米品质的影响[D]. 扬州:扬州大学,2007.

(上接第198页)