

云南省公路水土流失量的监测方法

宁东卫¹, 范春梅¹, 娄瑜²

(1. 云南农业大学 水利学院, 云南 昆明 650201; 2. 云南玉溪水电集团有限公司, 云南 玉溪 653100)

摘要: [目的] 分析云南省公路上常用的水土流失量监测方法, 为云南省公路建设期间水土保持措施的布设及防治措施效益的计算提供准确依据。[方法] 采用划分不同的地形地貌单元对公路进行水土流失量监测的方法, 以云南省元江至红河二级公路元江段为例, 在同等监测条件下, 进行了常规监测方法和该监测方法的对比监测。[结果] 采用常规监测方法获得公路建设期间的水土流失量为 102 058 t, 采用监测方法所得的水土流失量为 56 378 t, 在对监测结果分析的基础上, 可知采用该水土流失量监测方法的精度更高。[结论] 采用划分不同的地形地貌单元对公路进行水土流失量监测, 可更好体现云南省公路建设期间水土流失发生的特点。

关键词: 高速公路; 水土流失; 监测方法; 地形地貌单元

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2016)05-0136-04

中图分类号: S157.1

文献参数: 宁东卫, 范春梅, 娄瑜, 等. 云南省公路水土流失量的监测方法[J]. 水土保持通报, 2016, 36(5): 136-139. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2016.05.030

Monitoring Methods of Soil and Water Loss of Highway in Yunnan Province

NING Dongwei¹, FAN Chunmei¹, LOU Yu²

(1. College of Water Resources, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201, China;

2. Yunnan Yuxi Hydropower Group Co. Ltd. Yuxi, Yunnan 653100, China)

Abstract: [Objective] This paper put forward soil erosion monitoring method for highway construction in order to provide basis for the layout of soil and water conservation measures and benefit calculation. [Methods] Taking Yuanjiang section on secondary road from Yuanjiang to Honghe in Yunnan Province as an example, a comparative analysis was conducted to reveal the differences between the conventional monitoring methods and the monitoring methods by dividing different topographic units under the same conditions. [Results] By applying the conventional monitoring methods, the amount of soil and water loss during highway construction was 102 058 t, while it was 56 378 t by applying the monitoring methods by dividing different topographic units. The accuracy of the monitoring method of soil and water loss by dividing different topographic units was higher, according to the comparative analysis. [Conclusion] Using different topographic units to monitor soil and water loss, can better reflect the characteristics of soil and water loss during the highway construction in Yunnan Province.

Keywords: highway; soil and water loss; monitoring methods; topographic units

公路在建设期间, 进行水土流失量的监测有助于客观公正地分析评价因公路建设所造成的水土流失的危害, 有助于指导水土流失防治措施的布设和实施、特别是临时措施的布设, 有助于优化施工工艺和施工方法, 因此, 准确地对公路建设期间所产生的水土流失量进行监测具有重要的意义

自德国土壤学家 Wollny 在 1877—1895 年开展

第一个水土流失监测的试验后, 1915 年美国林业局在犹他州开展第一个定量的水土流失实验研究, 并于 20 世纪 60 年代开展了大量的基于小区观测资料的水土流失监测研究, 澳大利亚、新西兰以及许多发展中国家也在水土流失监测方面做了大量研究与试验。在应用方面取得了一些进展^[1]。中国最早的水土流失观测始于 20 世纪 30 年代, 1950 年以后, 又相继在

收稿日期: 2015-06-22

修回日期: 2015-10-04

资助项目: 云南省教育厅科学研究项目“不同下垫面条件下水土流失量的研究”(V2014)

第一作者: 宁东卫(1977—), 男(汉族), 山西省运城市人, 硕士, 讲师, 主要从事水土保持与荒漠化防治专业的教学与研究。E-mail: 674057066@qq.com。

甘肃、内蒙古、山西等地建立了一批水土保持科研站,系统性地开展水土流失监测工作。截止目前,世界各国在面上水土流失的监测技术和方法已比较成熟、完善。公路的水土流失监测工作起步较晚,由于公路呈线状分布、地域跨度大、地形地貌复杂,扰动地表面积大、土石方量大、受人为干扰大,目前有关这方面的专题研究还较薄弱^[2]。

云南省元江至红河二级公路元江段位于云南省中部,可较好的代表云南省气候、地形、地质以及土壤等特点。本文以其为研究目标,在分析公路上常用的水土流失量监测方法的基础上,结合云南省公路建设的水土流失特点,提出采用划分不同的地形地貌单元对公路进行水土流失量监测的方法,以期为更准确的评价云南公路建设期间所造成的水土流失危害以及所采取水土保持防治措施所产生的防治效益的计算提供依据,也为其他线性工程建设期间水土流失量的监测提供参考依据。

1 云南省公路建设期间水土流失的特点

云南省主要位于亚热带季风气候区,雨季降雨量大,90%左右的国土面积上的降雨量大于800 mm,且云南省以山地为主、占国土面积的94%^[3],大多数的公路位于山地区中,公路建设线长面窄、穿越的地形地貌复杂、深挖高填边坡较多,地势的不平加上降雨量大易造成建设期间的水土流失。公路为线性工程,常穿越不同的地形地貌、不同的土壤类型和植被类型区,穿越地的自然条件不同使影响水土流失发生的一些基本因素发生变化,从而使水土流失强度分布呈不均衡性,再加上人类施工活动对地表的不同程度的扰动,从而使水土流失也呈现剧变性、突发性和不确定性^[4]。在云南公路建设期间的水土流失以水力侵蚀为主,伴随有重力侵蚀,这也增加了监测的难度和准确度。

2 目前公路上常用的水土流失量监测方法及其优缺点

2.1 目前公路上常用的水土流失量监测方法

2.1.1 水力侵蚀监测常采用的水土流失量的监测方法

(1) 径流小区观测法^[5]。在公路建设所形成的边坡上设置不同规格的径流小区,观测坡面上土壤侵蚀的模数,进而乘以流失面积和流失时间算出流失量。

(2) 简易水土流失观测场法。该方法有2种设

置方式,一种是在公路建设所形成的边坡上按照不同的距离扦插一定规格的钢钎(或竹钎),以钢钎为尺度来量测坡面上土壤侵蚀深度的变化,后折算为土壤侵蚀的模数,进而乘以流失面积和时间算出流失量^[6];另一种是观测坡面上细沟侵蚀体积的变化,由单位面积上细沟侵蚀体积的变化,折算出单位面积上的土壤侵蚀模数,进而乘以流失面积和流失时间算出流失量。

(3) 利用公路建设期间所布设的沉沙池^[7]或其他沉淀设施或低洼坑或排水渠的水堰等设施中的泥沙淤积量来计算流失量。

2.1.2 重力侵蚀监测常采用的监测方法 在公路建设过程中,常发生的重力侵蚀有泻溜、崩塌和滑坡,对于泻溜常采用集泥槽法进行监测,即在边坡的下侧布设由砖(或砗或石)砌成一定规格的槽,由槽来收集从边坡上滑落下来的土、石块,进而收集量测其重量,得出侵蚀量;对于崩塌和滑坡常采用量测其体积得出滑塌量,再根据其容重推算出侵蚀量。

2.2 各种常用方法的优缺点

上述监测方法存在布设设施简单,易布设和易操作等优点。但主要的不足有:

(1) 上述对水力侵蚀监测的方法精度偏低。主要为:① 采用布设径流小区观测的,由于受公路施工作业面的影响,各个小区的尺寸大小不一、小区内的坡度也不尽一致,从而影响观测的精度和可比性;② 采用钢钎观测土壤侵蚀深时,有的钢钎旁土体向下侵蚀、有的钢钎旁的土体不仅未向下侵蚀反而出现淤积,另外,不同的钢钎常出现土体侵蚀深不同,这些情况的出现都需对观测数据进行处理计算,不论采用何种数据处理方式,都将不可避免的存在偏差;③ 无论是采用布设径流小区还是设置钢钎进行观测,其直接观测的结果是土壤侵蚀深而不是水土流失,以其观测数据来计算水土流失量导致计算结果偏大、偏离实际发生的水土流失量,不能完全适用于公路水土流失量的监测;④ 利用路旁布设的沉沙池或其他沉淀设施进行水土流失量观测,由于施工区内的下垫面因人的施工影响经常变化,从而难于确定其侵蚀面积,因而无法对整个项目区水土流失量进行准确计算。

(2) 监测时间短,受人为活动的影响大。由于公路施工有其程序化的施工组织,在边坡开挖成型后,在边坡上就开始实施其边坡防护工程,从而限制了布设在边坡上各种观测小区的观测时间,使其无法较长时间进行观测。另外,在观测期内布设的径流小区、简易水土流失观测场和集泥槽常受到外侧施工的影响或人为破坏,如:上边坡的土石由于开挖滑落入小

区内,小区下侧的集流池被外侧的土石方淤积或填埋,钢钎被盗取,集泥槽被破坏等因素影响着监测精度,进而对公路水土流失量的计算产生较大影响、易出现较大误差。

(3) 由于位于云南的公路在建设期间,水土流失呈不均衡性和巨变性,以定位监测点监测出的流失量来推算整个项目区的流失量,存在较大偏差,不能更好满足水土流失量监测精度的要求

3 适宜采用的监测方法及使用条件

3.1 适宜采用的监测方法

公路为线性工程常穿越不同的地形地貌区,在公路的水土流失量监测中,以不同的地形地貌为基本单元对公路进行细分,从中选出代表不同自然条件的地形地貌单元,后在该单元中公路下侧的沟道中、小流域的出口或河道的上下游设置泥沙观测设施,来监测公路建设期间的水土流失量。

(1) 地形地貌单元划分以公路所经区域的分水岭为基本的地形地貌划分原则,具体为:公路跨越一条沟道时、以该沟的汇水区为一个地貌单元,若公路跨越多条支沟时、以这些支沟所汇入的主沟的汇水区为一个地貌单元;公路的部分路段布设在一个小流域内时,该小流域可作为一个地貌单元;公路若沿河布设,公路所在区域与河流汇水区重叠部分,可作为一个地貌单元。

(2) 地形地貌单元划分监测法的原理为水土在自身重力作用下向下游移动,通过在下游设置观测设施来对其进行监测,进而得出水土流失量;具体的操作及推算方法为:若确定的地形地貌单元内公路下游为沟道,则在沟道内设置谷坊(或拦沙坝),通过对谷坊(或拦沙坝)前泥沙淤积量的观测来确定这种地貌单元内因公路建设所产生的水土流失量;若确定的地形地貌单元内公路下游为小流域出口、且出口常有水流出,则在出口处设置巴塞量水槽(流量观测精度 $0.006\sim 90\text{ m}^3/\text{s}$)、薄壁性量水堰(流量观测精度 $0.0001\sim 1.0\text{ m}^3/\text{s}$)或三角形剖面堰(流量观测精度 $0.1\sim 630\text{ m}^3/\text{s}$)^[8],对输移出去的水量和含沙量进行监测,从而算出该种地貌单元内因公路建设所产生的泥沙输移量,进而得出一定时间内的水土流失量;若确定的地形地貌单元内公路的下侧为河道,则在公路建设对河道影响的上下游设置泥沙观测断面,对河道内流量、泥沙含量进行观测,通过对上下游水量和泥沙含量变化的计算,得出因公路建设所产生的泥沙新增输移量,进而得出一定时间内的水土流失量。

通过对以上各种地貌单元内水土流失量的监测,

折算出这种地貌单元内公路建设区单位面积的流失量,后分别乘以各自地貌单元公路项目区的面积得出各种类型地貌单元的水土流失量,进而各地貌单元的水土流失量相加,从而得出在一定时间内公路建设所产生的水土流失总量。

3.2 使用条件及特点分析

(1) 使用条件。在同一个地貌汇水单元内只有公路在施工、无其他的开发建设项目在建设。如果在同一个地貌汇水单元内有其他的开发建设项目在同时施工,则无法区分公路建设产生多少流失量、其他的项目产生多少流失量,此种水土流失量的监测方法就不具备使用性。

(2) 特点。第一,避开了公路施工过程中因人为建设活动对监测结果的影响;第二,可以进行长期观测,不仅可以涵盖项目建设期,也可对植被恢复期的水土保持措施防治效果在同一地点进行对比监测,对防治效益的计算和评价更客观;第三,由于公路建设的特点,使其水土流失呈现不均衡性、剧变性等特点,本方法能较好的体现这些特点。

采用这种方法监测时泥沙观测设施尽可能布设在公路的各种建设区域(如:弃渣场、取料场等)的下游,以使监测到的水土流失更全面和准确。

4 案例分析

4.1 工程概况

以云南省元江至红河二级公路元江段为例,该公路位于云南省玉溪市元江县境内,属北亚热带季风气候区,年平均气温 $22.0\sim 23.8\text{ }^\circ\text{C}$,年平均降雨量 805 mm ,雨季 5—10 月的多年平均降雨量 650 mm ,占全年降雨量的 80.7% ,土壤以燥红土为主。公路全线地处哀牢山东侧著名的“红河深断裂带”内,地质构造复杂。水土流失监测路段长 22.998 km ,其中:前 9.0 km (K12—K21)位于山岭重丘区中,后部 13.998 km (K21—K34+998)位于元江峡谷中、沿江右岸布设。路线 K12—K25+800 为松散亚沙土夹砾石,稳定性较差、极易产生塌滑,K25+800—K34+998 以亚砂土夹砾石为主,大部分稳定性较好。监测路段沿线山峦连绵、地形地貌复杂,边坡多且高。公路按二级公路标准建设,设计车速 40 km/h ,路基宽度 8.5 m ,最大纵坡 7% ,建设工期为 2009 年 9 月 10 日至 2011 年 4 月 30 日^[9]。

4.2 监测情况

云南省元江至红河二级公路元江段水土保持监测工作开始于 2009 年 9 月,水土保持监测范围主要为 22.998 km 的项目建设区。监测方法采用常用的

监测方法(简称:方法1)和本文提出的监测方法(简称:方法2)进行对比监测。

根据公路沿线的特点,采用方法1在22.998 km的路段布设10个定位监测点,分别为:K14+300左侧挖方边坡,K15+130左侧挖方边坡,5#弃渣场(K16+060),1#土料场(K19+150),K19+530左临时施工场地边坡,9#渣场(K20+700),10#弃渣场(K20+990),K32+155左侧填方边坡,11#渣场(K34+750)和K34+990右侧挖方边坡,在路基边坡上、弃渣场、临时施工场地边坡和土料场边坡上都布设了径流小区(长、宽为4 m×2 m)和简易水土流失观测场(每处布设22根钢钎,间距0.5 m,由上至下排列根数为4,5,4,5,4),在每处都设置3个重复。监测频率为:旱季2009年9月至2010年4月底、2010年11月至2011年4月底每月1次,雨季2010年5月至2010年10月底每半月1次。

根据公路沿线地形地貌的特点,将K12—K21路段划分为6个地形地貌单元,分别为:K12—K13+300,K13+300—K15+100,K15+100—K16+200,K16+200—K18+600,K18+600—K20+100和K20+100—K21路段。这6个地形地貌单元中,K12—K13+300路段和K20+100—K21路段地表平均坡度、流域形状等自然因素接近,K15+100—K16+200路段和K18+600—K20+100路段地表平均坡度、流域形状等自然因素接近,因此,在K12—K21路段设置4个地形地貌单元进行监测,分别在K13+300—K15+100路段、K18+600—K20+100路段和K20+100路段所在小流域出口的每道沟道内设置高为4.5 m和3.0 m谷坊2座,共设置6座;在K16+200—K18+600路段所在小流域出口设置三角形剖面堰(长、宽和高为7.5 m×3.2 m×1.2 m)1座。K21—K34+998路段距离元江较近、距离为4.2 m~14.5 m,在K21处和K34+998处的元江上设置泥沙观测断面2处,观测K21—K34+998路段的水土流失量。监测的频率为:旱季2009年9月至2010年4月底、2010年11月至2011年4月底每月1次;雨季2010年5—10月底设置谷坊的沟道每半月1次,设置三角形剖面堰的在降雨量大于10 mm时、雨停15 min后实施观测、共观测26次,设在元江上的泥沙观测断面每旬观测1次。

4.3 监测结果及数据分析

4.3.1 监测结果 不同监测方法得出的公路建设期间的水土流失量见表1,表1中的路段表示该路段中所有的建设区域,除公路外也包括弃渣场、土料场和其他临时施工场地等建设区域。

表1 不同监测方法所得水土流失量对比

路段	方法1计算出 的流失量/t	方法2监测出 的流失量/t	前者比 后者/%
K12—K13+300	4 769	3 651	131
K13+300—K15+100	6 988	5 054	138
K15+100—K16+200	14 881	7 589	196
K16+200—K18+600	9 600	7 139	134
K18+600—K20+100	13 707	7 212	190
K20+100—K21	25 994	12 527	208
K21—K34+998	26 119	13 206	198
合计	102 058	56 378	181

(1) 采用方法1计算出的水土流失量比方法2监测出的水土流失量高出81%;

(2) 未布设渣场、土料场等监测点的路段,采用方法1计算出的水土流失量比方法2监测出的水土流失量高出30%左右;

(3) 在布设了渣场、土料场等监测点的路段,采用方法1计算出的水土流失量比方法2监测出的水土流失量高出100%左右。

4.3.2 数据分析 对于K15+100—K16+200,K18+600—K20+100,K20+100—K21和K21—K34+998路段采用方法1计算出的水土流失量比方法2监测出的水土流失量高出100%左右。以K20+100—K21路段为例分析,在K20+100—K21路段,布设了9#渣场(K20+700)和10#弃渣场(K20+990)定位监测点。

在该路段采用方法1计算水土流失量的步骤为:公路区域的水土流失量为土壤侵蚀模数乘以流失时间和流失面积再加上该区重力侵蚀量;渣场区域的水土流失量为土壤侵蚀模数乘以流失时间和流失面积再加上该区重力侵蚀量;二者之和即为该段的水土流失量。

采用方法2计算水土流失量的步骤为:量测公路下方42 m处布设的谷坊前的泥沙淤积量,此淤积量即为流失量。

现场调查可知:K20+100—K21路段和2座弃渣场的汇水都流入布设谷坊的沟道中、且谷坊距离公路和渣场均较近,沟道中除谷坊前其他区域无泥沙淤积、且泥沙未淤出谷坊,因此,谷坊前的泥沙淤积量应为该路段的水土流失量。而导致采用方法1计算出水土流失量数值偏高的原因为:

(1) 9#弃渣场和10#弃渣场的渣体出现自然沉降,从而使该区观测出的土壤侵蚀模数偏高,进而使该区的水土流失量计算值偏高。

(下转第145页)

高寒草原和温性草甸草原。比2013年长势好的草地类型主要是山地草甸。这主要是研究区2013年降水量比2014年多的原因。

(3) 研究区高分1号卫星数据的草地长势监测精度比较高,即,88.6%以上。采用高分1号卫星数据监测草地长势是可行的。

(4) 目前国内外草地长势的监测主要采用中低分辨率遥感卫星,监测结果精度相对比高分1号卫星的监测精度低一些。高分1号卫星的大幅宽和高分辨率的特点较好的实现了监测精度的更高,监测区域的更大,在满足精细监测单个草场地块的条件,也为草地的宏观监测创造了条件。同时将会为精细研究牧户的生产行为以及其草场的变化提供可能,因此其服务对象可以扩展到牧户级别。

[参 考 文 献]

- [1] 刘起. 草地与国民经济的持续发展[J]. 草业与畜牧, 1998(3):1-4.
- [2] 许志信. 草地建设与畜牧业可持续发展[J]. 中国农村经济, 2000(3):32-34.
- [3] 李婧梅, 蔡海, 程茜, 等. 青海省三江源地区退化草地蒸散特征[J]. 草业学报, 2012, 21(3):223-233.
- [4] 张宏斌. 基于多源遥感数据的草原植被状况变化研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2007.

- [5] 查勇. 草地植被变化遥感监测方法研究:以环青海湖地区为例[D]. 南京: 南京师范大学, 2003.
- [6] 张旭琛, 朱华忠, 钟华平, 等. 新疆伊犁地区草地植被地上生物量遥感反演[J]. 草业学报, 2015, 24(6):25-34.
- [7] 李亚刚, 李文龙, 刘尚儒, 等. 基于遥感技术的甘南牧区草地植被状况多年动态[J]. 草业科学, 2015, 32(5):675-685.
- [8] 陈世荣. 草原火灾遥感监测与预警方法研究[D]. 北京: 中国科学院遥感应用研究所, 2006:1-2.
- [9] 许鹏. 新疆草地资源及其利用[M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1993.
- [10] 沙吾列·阿拜汗, 衣马木·艾山. 新疆天然牧草资源研究概况[J]. 草食家畜, 2007(3):51-52.
- [11] 范燕敏. 天山北坡中段伊犁绢蒿荒漠退化草地土壤质量的演变与评价及预警系统的研究[D]. 乌鲁木齐, 新疆农业大学, 2009.
- [12] 包文忠, 山薇, 杨晓东, 等. 我国北方草地资源面临的生态危机及对策[J]. 中国草地学报, 1998(2):68-71.
- [13] 封玲, 汪希成. 基于MOD系统的干旱区绿洲生态环境演变与重建研究:以新疆玛纳斯河流域为例[J]. 国土与自然资源研究, 2011(3):43-45.
- [14] 王渊刚, 罗格平, 冯异星, 等. 近50 a玛纳斯河流域土地利用/覆被变化对碳储量的影响[J]. 自然资源学报, 2013, 28(6):994-1006.
- [15] 张军民. 基于能值分析的新疆玛纳斯河流域绿洲生态经济评价[J]. 水土保持通报, 2007, 27(1):151-154.

(上接第139页)

(2) K20+100—K21 路段建设期间,有2处边坡出现滑塌,滑塌量 $3\ 820\ \text{m}^3$,将滑塌量计为重力侵蚀量,实际上滑塌的 $3\ 820\ \text{m}^3$ 土体被清运至渣场、并未流失掉。在K15+100—K16+200, K18+600—K20+100和K21—K34+998路段也存在类似问题,因而,采用方法一计算的结果偏高。

5 结 论

在对公路上常用的水土流失量监测方法和本文中提出的水土流失量监测方法进行了对比分析的基础上,通过实例分析可知,采用本文中提出的水土流失量监测方法所获得的数值可信度更高、更合理,监测的频率越高、地貌单位划分得越细,所获取的监测数据就越准确;但采用本文中提出的水土流失量监测方法会增加监测的工作量和监测土建设施的费用。统筹协调这2类水土流失量的监测方法,即可在满足监测经费和工作量的前提下,获取较理想的水土流失量监测结果,进而为公路建设期间水土流失防治措施的布设、施工工艺的优化和防治效益的计算提供最基本的数据依据。

[参 考 文 献]

- [1] 李锐, 杨勤科, 赵永安. 水土流失动态监测与评价研究现状与问题[J]. 中国水土保持, 1999(11):31-34.
- [2] 胡建民, 谢颂华, 左长清, 等. 线性建设项目水土保持监测技术探讨:以江西省长江干流江岸堤防加固整治工程为例[J]. 水土保持通报, 2004, 24(2):48-51.
- [3] 云南省人民政府. 云南省概况[EB/OL]. 昆明: 云南省人民政府网站. (2015-03-12)[2016-01-01]. http://www.yn.gov.cn/yn_yngk/yn_sqgm/201201/t20120116_2914.html.
- [4] 王小军, 姚才有, 周利民, 等. 开发建设项目水土保持监测方法探讨:以阿(荣旗)深(圳)高速公路粤赣段监测为例[J]. 水土保持通报, 2007, 27(4):80-81.
- [5] 胡玉平. 高速公路建设期水土流失监测方法分析研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2004.
- [6] 刘震. 水土保持监测技术[M]. 北京: 中国大地出版社, 2003.
- [7] 孟君. 交通开发建设项目水土保持地面监测方法研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2007.
- [8] 李智广. 水土流失测验与调查[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005:44-49.
- [9] 元江县元红公路建设有限责任公司, 北京华夏山川生态环境科技有限公司. 云南元江至红河二级公路(元江段)水土保持监测总结报告[R]. 玉溪: 云南省水利厅, 2013.