

径流小区集流桶含沙量测量方法研究

符素华¹, 付金生¹, 王晓岚¹, 刘宝元¹, 袁爱萍²

(1. 北京师范大学 资源与环境科学系, 北京 100875; 2. 北京市水土保持工作站, 北京 100037)

摘要: 径流小区是研究坡面土壤侵蚀的重要观测手段, 含沙量的测定是准确计算土壤流失量的关键。用传统方法很难测到粗颗粒, 使测到的含沙量明显偏小。试验在密云石匣示范区坡面径流试验小区下面的分流桶内进行, 用人工在径流桶内加沙的方法制备约 4, 12, 30, 60, 90, 120 kg/m³ 不同含沙量。然后分别用传统测量方法和改进的分层测量方法进行了粗沙区的含沙量观测, 并将观测结果与实际含沙量进行了对比。研究表明, 传统测量方法所测得的含沙量远小于实际含沙量, 平均相对误差为 - 83.05%; 而分层测量所测得的含沙量基本上接近于实际值, 平均相对误差为 - 2.77%。

关键词: 含沙量; 土壤侵蚀; 石质山区

文献标识码: B 文章编号: 1000-288X(2003)06-0039-03 中图分类号: S157; TV147.3

Sediment Content Measurement in Collecting Tanks of Runoff Plots

FU Su-hua¹, FU Jing-sheng¹, WANG Xiao-lan¹, LIU Bao-yuan¹, YUAN Ai-ping²

(1. Resources and Environmental Department of Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2. Beijing Soil and Water Conservation Center, Beijing 100037, China)

Abstract Runoff plots are very important for soil erosion study. The measurement of sediment content is a key part in the process of soil loss calculation. It is so difficult for traditional measurement method to measure sandy particle that sediment content measured is apparently less than true value. The study was conducted in collecting tank at Shixia watershed, Miyun county of Beijing city. The six different sediment content including about 4, 12, 30, 60, 90, 120 kg/m³ were put into collecting tank with about 0.7 m deep water, respectively. The traditional measurement method and layered measurement were used to measure sand content. The measurement results of these two methods were compared with true sand content. The results show that traditional measurement method underestimated sand content and the relative difference was - 83.05%, while layered measurement method can precisely measure sand content and the relative difference was - 2.77%.

Keywords sediment content; soil erosion; stony mountainous area

水土流失是导致流失区生态环境恶化和土地生产力下降的主要原因, 为了研究土壤侵蚀对土地生产力和水环境的影响, 以及不同水土保持措施对土壤侵蚀的影响, 坡面径流试验小区观测常常是一种重要研究手段^[1]。而如何准确地测量分流桶和径流桶内的含沙量, 直接关系到是否能正确认识某一土壤类型区和某一地区的土壤侵蚀严重程度, 许多学者对其进行了研究^[2-4]。我国黄土高原地区, 常用的含沙量测量方法是先将分流桶、径流桶内的浑水搅匀, 边搅动边用取样瓶进行泥沙取样, 并将取回的浑水样用烘干法测量含沙量^[5]。由于黄土高原泥沙颗粒大部分是直径小于 0.10 mm 的极细泥沙^[6], 因此搅动过程中, 基本上

不会有泥沙颗粒沉降至分流桶、径流桶底部, 能够测得较为准确的含沙量。但是, 在一些石质山区的粗沙区, 在受侵蚀的土壤中, 还有大部分的细沙存在^[7], 这些粗颗粒物质也遭受水流冲刷, 流进分流桶中。据观测, 在密云石匣休闲地小区分流桶内, 直径 > 0.05 mm 的泥沙颗粒占分流桶内泥沙的 50% 以上。这部分泥沙颗粒沉降速度极快, 用传统测量法很难正确地测量土壤侵蚀量。因此本研究的主要目的是对传统测量法进行检验, 用分层测量法进行测定分流桶、径流桶中的泥沙量。同时与传统法进行对比, 确定这 2 种方法的差异。本研究结果对于石质山区粗沙区坡面径流小区含沙量的准确观测有一定的实际意义。

收稿日期: 2003-01-20 修回日期: 2003-05-10

资助项目: 国家自然科学基金课题 (40201031); 国家重点基础研究发展规划项目 (G2000018602); 北京市水土保持监测项目资助

作者简介: 符素华 (1973-), 女 (汉族), 四川岳池县人, 博士, 主要从事土壤侵蚀与水土保持方面的研究。E-mail: fsuhua@sina.com

1 资料与方法

试验在密云石匣示范区坡面径流小区下侧的分流桶内进行。试验泥沙采用历次下雨产流后从分流桶内取出的泥沙。根据北京山区土壤侵蚀现状,设计了分别为 4, 12, 30, 60, 90, 120 kg 这 6 种不同湿重的泥沙,放入水深 0.7 m 左右的分流桶(直径为 1.2 m)内。分别得到约 4, 12, 30, 60, 90, 120 kg/m³ 这 6 种不同含沙量。每次试验前,先将泥沙拌匀,用铝盒取 2 个泥沙样以测量泥沙含水量,然后称取一定量的泥沙置于分流桶中。泥沙放入分流桶后,往分流桶内放水,水深控制在 0.7 m 左右。这样,已知放入分流桶的泥沙重及其泥沙含水量后,就可计算出放入泥沙的干重。根据分流桶的浑水容积,即可计算出分流桶内的实际含沙量,将该值作为含沙量比较的基准值。分流桶内的泥沙测量采用传统测量和分层测量 2 种方案。

1.1 传统测量

传统测量由密云石匣示范区专门从事径流试验小区观测的工作人员负责。首先分三点测量分流桶内水深,然后将分流桶内泥沙搅匀。搅匀后,边搅动边用取样瓶进行浑水取样(约 3 000 ml),取回的浑水样在实验室内用过滤法测定含沙量。即取 500 ml 的浑水样用滤纸过滤,然后将附有泥沙的滤纸置于烘箱内在 105℃ 恒温条件下烘 24 h 后,测量滤纸和泥沙的重量,减去滤纸的烘干重量即为泥沙干重,除以水样体积(500 ml),则得到水样含沙量。再做一个重复浑水样,取二者含沙量的平均值为该泥沙重量下传统测量方法的平均含沙量。

1.2 分层测量

在传统测量结束 1 h 后开始用分层测量方法测量含沙量。首先用取样瓶取分流桶上层含沙量较小的浑水样一瓶(约 3 000 ml),作为上层浑水样。然后用虹吸方法将桶内的含沙量较小的浑水吸出桶外,直至分流桶内出现浊水。虹吸结束后,取三点测量分流桶内的浊水深度。同时将分流桶内的浊水用水桶取出,每次都测量水桶内的浊水深度,并将水桶内的浊水搅匀后,边搅动边用取样瓶取浊水样一瓶。将水桶内取得的浊水样作为分流桶下层浑水样。分流桶内浊水取完后,将分流桶底部所剩泥沙用脸盆取出称重。每次用盆装泥沙前,先称取盆的重量,然后再称盆和泥沙的重量。并用铝盒取盆内泥沙一盒以测量含水量。这样,用分层的办法取得含沙量较小的上层浑水样、含沙量较大的下层浑水样以及底部的淤积泥沙量,分别测得其所含的泥沙干重,可计算得到总的泥沙干重,

再除以分流桶内的浑水样容积即可得到分层测量的含沙量。分层测量中所取得的浑水样也用过滤法测量其含沙量。

2 结果分析

2.1 不同测量方法测量结果比较

由于测量方法的差异,致使所测得的含沙量也存在很大差异(表 1)。传统测量所测含沙量远小于实际含沙量,平均相对误差为 - 83.05%;而分层测量的含沙量略小于实际含沙量,平均相对误差为 - 2.77%。

表 1 不同含沙量测量方法比较实际含沙量

实际含沙量 / (kg·m ⁻³)	传统测量含沙量		分层测量含沙量	
	计算值 /	相对误差 /	计算值 /	相对误差 /
	(kg·m ⁻³)	%	(kg·m ⁻³)	%
3.94	1.50	- 61.9	3.87	- 1.8
12.00	2.25	- 81.3	11.80	- 1.7
29.30	3.90	- 86.7	28.40	- 3.1
61.60	6.05	- 90.2	60.40	- 1.9
92.80	13.25	- 85.7	87.00	- 6.3
116.60	8.80	- 92.5	114.38	- 1.9

传统测量含沙量远小于实际值主要是由于粗颗粒泥沙而引起的。这些粗颗粒泥沙有着较大的沉降速度(表 2),如在水温 20℃ 时,根据斯托克斯公式,可计算出直径为 0.1 mm 的极细沙沉降速度为 0.009 m/s,下沉 20 cm 仅需 22.2 s;而直径为 0.2 mm 的细沙沉降速度为 0.036 m/s,下沉 20 cm 则仅需 5.6 s(表 2)。这种沉降速度,使得这部分泥沙颗粒难以被搅动起来,而即使是被搅动起来的粗泥沙颗粒也在极短时间内落回径流桶底部。并且在径流桶水深为 70 cm 时,传统含沙量测量方法的取样深度通常只能到 30 ~ 40 cm,这样就使得取到的粗颗粒泥沙更少。

为了证实上述想法,对试验泥沙进行了颗粒级配分析,并比较了传统测量的含沙量和水样中的黏粒、粉粒含量。颗粒级配分析结果发现,试验泥沙的黏粒(< 0.005 mm)含量为 3.4%;粉粒(0.005~ 0.05 mm)含量为 4.05%;沙粒(0.05~ 2 mm)含量为 58.08%;砾石(> 2 mm)含量为 34.47%。即试验泥沙中粉粒和黏粒的含量较少,而沙粒和砾石所占比重较大。通过对传统测量的含沙量和水样中黏粒、粉粒含量的比较发现(表 3),传统测量的含沙量仅略大于水样中的黏粒和粉粒含量。这表明,传统测量方法基本上只能测量到黏粒和粉粒部分的泥沙;大于 0.05 mm 的泥沙颗粒基本上不能测到,因此导致了传统测量结果的误差较大。

表 2 不同泥沙颗粒沉降速度 (20℃水温)

粒径 /mm	0.002	0.02	0.05	0.10	0.20	0.25	0.50	2.00
沉降速度 /($m \cdot s^{-1}$)	0.000 004	0.000 4	0.002	0.009	0.036	0.056	0.225	3.59
沉降 20 cm 所需时间	13.89 h	0.14 h	1.7 min	22.2 s	5.6 s	3.6 s	0.9 s	0.06 s

表 3 传统测量含沙量与水样中黏粒粉粒含量比较 kg/m^3

实际含沙量	3.94	12.00	29.30	61.60	92.80	116.60
传统测量结果	1.50	2.25	3.90	6.05	13.25	8.80
黏粒粉粒含量 ^①	0.30	0.90	2.20	4.62	6.96	8.74

注:①指水样中含量。

由表 4 可看出,在分层测量中,上层浑水、下层浑水和分流桶底部泥沙在总泥沙中所占比例存在显著差异,所占比例由小到大依次为上层浑水、下层浑水和分流桶底部泥沙,其中分流桶底部泥沙所测得的泥沙干重占总泥沙干重 50% 以上,而下层浑水和分流桶底部泥沙的干沙重之和占总干沙重 89% 以上。这进一步表明,分流桶内的粗泥沙颗粒在较短的时间内迅速下沉,从而导致了径流桶内不同深度泥沙颗粒含量分布的差异。由于分层测量考虑了不同泥沙颗粒的沉降特性,对不同水层深度分别进行采样,因此避免了传统测量的缺陷,能较为精确地测到含沙量。

表 4 分层测量不同层泥沙干重占总沙样干重比例

实际含沙量	分流桶底泥沙		下层浑水泥沙		上层浑水泥沙	
	干重 / kg	比例 / %	干重 / kg	比例 / %	干重 / kg	比例 / %
3.94	1.478	48.5	1.196	39.2	0.375	12.0
12.00	7.530	90.5	1.188	12.7	0.485	5.2
29.30	15.740	66.0	7.106	29.8	0.263	1.1
61.60	35.130	73.3	11.523	24.0	0.343	0.7
92.80	52.570	71.6	13.254	18.0	2.963	4.0
116.60	71.070	71.5	26.296	26.4	0.196	0.2

由于含沙量测量而引起的误差,使其所得到的侵蚀模数会给研究者以概念上的错误,尤其是土壤侵蚀模数较大的时候。如当实际土壤侵蚀模数为 $1989.12 t/km^2$ 时,传统测量测得的土壤侵蚀模数仅有 $150.13 t/km^2$,根据北方山区的容许土壤流失量 ($200 t/km^2$)^[8],可以得到其相应土壤类型及土地利用类型的土壤侵蚀量小于容许土壤侵蚀量的概念。而事实上,该土壤类型及土地利用类型的土壤侵蚀量远大于容许土壤侵蚀量。这种概念错误将会导致错误的水土保持规划和土地利用规划。

2.2 资料验证

为了进一步验证传统测量方法的准确性,对 20010823 和 20010904 的 2 次降雨,用传统测量方法(该方法由专门从事径流试验小区观测的工作人员负

责)和分层测量方法对密云石匣 2 个休闲地小区下雨产流后的分流桶进行了含沙量监测。这 2 次降雨的降雨量分别为 15mm 和 25.5mm,最大 30 min 雨强分别为 0.33 和 0.48 mm/min。这 2 种方法的观测结果如表 5。该方法进一步证实了传统测量方法测量含沙量存在较大误差。

表 5 不同含沙量测量方法结果比较

传统测量含沙量 / ($kg \cdot m^{-3}$)	分层测量含沙量 / ($kg \cdot m^{-3}$)	相对误差 / % ^①
3.56	8.57	-58
6.15	12.85	-52
2.23	11.68	-81
1.15	5.40	-79

注:①以分层测量含沙量为基准计算得到。

3 结 论

传统测量法和分层测量法所测得的含沙量存在很大差异。传统测量法测得的含沙量远小于实际含沙量,平均相对误差为 -83.05%;分层测量的含沙量接近于实际含沙量,平均相对误差为 -2.77%。这种差异主要因为传统采样中基本上只能测到水样中的黏粒和粉粒的泥沙含量,而不能测到粒径颗粒较粗的泥沙所引起的。因此,在泥沙颗粒较粗的坡面径流试验小区,不宜采用传统测量进行含沙量的测定,采用分层测量则可以得到比较满意的结果。本研究结果对于正确认识研究区及土地利用类型的土壤侵蚀现状以及正确进行水土保持规划和设计具有重要意义。

[参 考 文 献]

- [1] Kirkby M J, Morgan R P C. Soil Erosion[M]. John Wiley & Sons Ltd. 1980.
- [2] 方彦军,唐懋官.超声衰减式含沙量测试研究[J].泥沙研究,1990(2): 1-12.
- [3] 唐懋官,舒乃秋.一种新的测沙法[J].武汉水利电力大学学报,1982(3): 115-122.
- [4] 方彦军,张红梅,程瑛.含沙量测量的新进展[J].武汉水利电力大学学报,1999(3): 55-58.
- [5] 黄欠如,蔡浚之,贺湘逸,等.丘陵红壤不同生态类型土壤侵蚀研究[J].江西农业学报,1998,10(3): 7-12.
- [6] 刘东生.黄河中游黄土[M].北京:科学出版社,1966.
- [7] 北京市农业区划办公室,北京市农业局.北京市农林科学院[R].北京土壤,1984.
- [8] 中华人民共和国水利部发布.土壤侵蚀分类分级标准[R].北京:中国水利水电出版社,1997.