

土壤流失量及其参数实测的新方法*

卜兆宏

刘绍清

(中国科学院南京土壤研究所, 210008)

(山东省水利厅水土保持办公室, 250013)

摘 要

本文介绍的新方法,由八个实测项目和措施组成,具有简便、直观和省钱的特点。经南北各地的实测结果表明,它有着为常规法远所不及的适应性和实用性,又有与常规法同等的准确性。这使它能够获得为建立流失量监测模型或修正 USLE 因子算式所需的大量实测数据,作为实现县、省级土壤年流失量遥感监测的基础。新方法的实测结果还表明,植被或作物的有无,严重影响着流失量的大小,特别是红壤区。

关键词 土壤年流失量,流失参数,实测措施,标桩法

山丘及其坡耕地上土壤年流量,是河湖床淤积、库容减小的主要泥沙源。山上年复一年流失量的累积,轻则缩短山下水利工程的有效使用寿命,重则酿成平原区洪涝灾害,(如 1991 年的特大洪灾)需要投入大量的人力、财力修堤筑坝,但还只不过是暂时的防洪减灾。根本性解决办法应是搞好山上的水土保持,使土壤的年流失量减少到最小的容许值。全面遥感监测土壤年流失量的空间和时间变化,是搞好山上水土保持的前提。实测土壤年流失量及其参数,则是这一前提的基础。因此,实测土壤年流失量及其参数,不仅有更新水土流失调查方法的科学意义,更有利于搞好山上水土保持,减免山下洪涝灾害和发展山上下经济的实用价值。

土壤年流失量及其参数的实测方法,有小区观测法,铁钉法和侵蚀针法^[1,6]。其中的小区观测法较好,但它需建规整坡面小区和设专人观测,投入财力、人力大,且一个小区只能获得一套小区的年流失量和参数。除发达国家能建大量小区(如美国 50 年代就建成上万个小区)外,一般发展中国家所建小区数是很有限制的。就我国而言,至今连不规整坡面小区在内总计还不到 500 个,加上观测方法还不规范和存在重水轻土的观测现象,使实测数据难以建立具有统计意义和广为应用的监测模型。铁钉法和侵蚀针法,有便于广泛实测的灵活性和省钱省力的优点,但一般只能粗测出流失量,而无流失参数资料。可见,寻找准确又省钱省力的实测方法,是十分必要的。

为了建立适于遥感监测土壤年流失量的模型或流失因子式,自 1989 年以来在调研各地实测经验的基础上,提出了“坡面土壤流失量及其参数的实测实验”设计书,作为实测新方法寄送或前往各地,陆续开展了实测工作,到 1992 年上半年取得了较为满意的实测结果。现将经反复实验修改后较为完善的新方法及其各地实测结果等汇集如下。

* 国家自然科学基金资助项目 49070046 中的论文。

一、实测新方法

实测新方法由铁钉法发展而来,但它增加了实测项目,有更精细操作的实测措施,更强调周年实测的时限,因而与铁钉法有显著区别。实测新方法主要由其实测项目和实测措施组成。

(一) 实测项目

依据美国通用流失方程 (USLE) 中的土壤年流失量和六大流失因子^[7],确定的实测项目有:

1. 土壤年流失量厚度 h 它是实测一周年内的流失厚度,供计算土壤年流失量用。
2. 土壤干容重 W_v 它是流失土壤的干容重,通常只需实测表土层(约 5cm) 的重量。流失量由 W_v 和 h 的乘积求出。
3. 土壤的有关理化性状 S_p 它主要用于计算土壤可蚀性因子 K 。有关理化性状包括土壤机械组成、有机质含量、渗透速度级和结构级。
4. 地形坡度 α 它是产生流失量处的坡度,用于计算坡度因子 S_o 。
5. 地形坡长 l 它是由径流产生的源头(分水岭或挡水埂等)至实测流失量处(标桩)的斜坡距,用于计算坡长因子 L 。
6. 自然植被或作物覆盖度变化 c 它用于计算植被或作物因子 C 。
7. 降雨特征 r 它用计算降雨侵蚀力因子 R 。
8. 生物工程措施 P 它用于确定生物工程措施因子 P 。

在新方法中,第 3 至第 8 项为流失参数,它们与流失量密切相关,是流失模型或流失因子算式的变量。

(二) 实测措施

1. 实测 h 的措施 所采用的实测 h 的措施为标桩法。该法要求首先制备好大量长度为 10—15cm、直径约为 3—4mm、一头为尖锥形而另一头 2cm 处用钢锯作出线记号的标桩,因只留土中一周年可用竹篾制作成(但在有白蚂蚁蛀蚀区须用钢筋、去帽长铁钉或硬塑料制作)。同时准备好比标桩直径稍小稍短的铧丝刀(刀口磨尖)、小钉锤、0.02mm 读数精度的量距(厚)卡规各一把和一块 2cm 厚、10 × 10cm 大、中有比标桩大 2mm 垂直向钻孔的平木板。还有,要做好不同土壤、坡面、植被类型区的标桩布设设计。然后,到实地布设标桩。在实地布桩时,选择地表坡度、植被覆盖度和质地均较一致且有 30(上下向) × 10(左右向) cm 平整范围中心处为标桩位,先将平木板置于标桩位,用铧丝刀沿板孔钻入土中并反旋出,插上标桩并使其线标记转至上坡向右侧,再用钉锤将标桩轻轻敲入土中至桩头近木板时去掉木板,续敲至桩上右侧线标记线下边缘与地表齐平时止。如此设置的标桩才不伤破表土又能垂直坡面。在标桩上未作线状标记时,需用卡规量测桩顶至桩上坡向右侧表土的距离。经满一周年侵蚀后,再用卡规量桩顶至右侧表土面的距离,减去 2cm 或布标桩时桩顶至表土面距离的余数,则为实测的年流失厚度 h 。

2. 实测 W_v 的措施 实测 W_v 的措施采用与土壤调查中相近的环刀法^[8],但在新方法中强调测表土 0—5cm 的容重,需增加平木板和 2 英寸宽口漆匠判刀等工具。在

与标桩附近相同土质的平整处,先将环刀打入土中近表土时,用平木板放在环刀上,用钉槌敲打木板,使环刀与表土齐平;然后用刮刀把环刀四周土去掉并刮出、刮平环刀上的土,使环刀内充满土;再将环刀内的土完全装入不易破漏的土袋内,写好标签并包好,供室内烘干,并秤出干土重,干土重除以容积(cm^3),则为土壤(干)容量 W_{1v} 。

在取得 h 和 W_{1v} 后,两者之积再乘 1000,则为标桩的土壤年流失量($\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{Y}$)。

3. 实测 S_p 的措施 S_p 中的土壤机械组成和有机质含量,采用常规理化分析法获得^[5],但其粒径划分为 >2 、 $2-0.1$ 、 $0.1-0.002$ 、 $<0.002\text{mm}$ 四级,土样取自测 W_{1v} 获得的烘干土。土壤渗透速度级和结构级,依据在实测 W_{1v} 时观察土壤和理化分析土样的结果确定。利用这些 S_p 参数,便可按公式计算出 K 因子值。

4. 实测 α 的措施 为测准 α 参数,宜选用具有管状水准气泡和较精细刻划可估读至 0.1° 度盘的坡度仪实测。在实测前,务必将坡度仪置于平台上校正好水准气泡。在标桩设置好后,将坡度仪置于标桩右侧且度盘与最大坡向一致,转动度盘铰旋使水准气泡居中时,即可在坡度仪测读出标桩的坡度参数 α 。每个标桩都必须实测出 α 。

5. 实测 l 的措施 实测 l 的工具和要求,视 l 长度而定:小于 5m l ,选用 2m 卷尺,读至 0.01m ;大于 5m l ,用皮尺丈量,读至 0.1m 。

6. 实测 c 的措施 标桩左右 5cm 、上 25cm 下 5cm 范围的植被或作物 c 的实测,有繁简之分:繁的是要每月定期实测标桩处的 c ;简的只测植被或作物最大覆盖的 c ,一般选在暴雨最多的月份实测之。实测时,需先制作一个 $10 \times 30\text{cm}$ 划分为 100 个方格的铁丝网,然后将其与需实测的标桩范围重合,垂直观察并数读植被或作物占据方格大于 50% 的方格数,从而获得 c 值。

7. 实测 r 的措施 r 参数包括各次降雨各时段的雨量、历时、连续 30 分钟大降雨量 (P_{30}) 等。 r 的实测仪器主要是自记雨量计,通过按装记录纸,自动记录下含有时间和雨量的降雨曲线,其操作方法与气象台站、水文站、水保站的规范同。在缺乏自记雨量计时,可抄读标桩实测区附近气象站、水文站或水保站的自记雨量纸曲线,按曲线拐点读出其时间和雨量,并读出 P_{30} 值。有了这些 r 参数,就可选用最佳算法算出 R 值^[3]。

8. 实测 P 的措施 在实施了生物或工程措施治理区开展标桩实测时,要详细记载乔灌草生长状况和品种,或作物耕作情况(等高或顺坡),以及工程质量(如水平梯田有无地埂、平均坡度等)。同时,为评价治理措施的优劣,还应在其对照区(相同土壤、坡度等的自然坡面未扰动土区和顺坡耕翻过的休闲地)设置一定标桩进行实测。如此记载和实测得的 P 资料,才可确定出 P 因子值。

二、新方法的实测结果与讨论

(一) 实测结果

1. 新方法的实验区 有关实测新方法的技术资料,四川省的涪陵、重庆市水保办和遂宁市中区水保办站,山西省水土保持所王家沟径流试验场,河北省张家口地区水保站,山东省临朐县和辛庄水保站,福建省安溪县官桥和南安县水保站,江西兴国县圻背和于都县岭背水保站等地都曾获得过,并不同程度的先后开展了实测,都可谓是新方法的实验

表 1 山西王家沟径流场用新方法实测的结果(1990年)

Table 1 Results observed using the new method in runoff sit of Wanjiagou, Shanxi Province

序号 No.	测区/标桩号 No. of region/pile	土壤年流失厚h Thickness of annual soil loss (mm)	土壤容重 Wsv soil volume weight (g/cm ³)	土壤年流失量A Annual soil loss (t/km ² ·y)	坡度α Slope (°)	植被覆盖度c Vegetative coverage (%)
1	4/2	5.0	1.25	6250	26	0
2	5/2	25.0	1.25	31250	26	0
3	8/1	35.0	1.25	43750	22	0
4	9/1	37.0	1.25	46250	15	0
5	14/2	5.0	1.25	6250	15	0
6	15/1	30.0	1.25	37500	10	0
7	18/1	11.0	1.25	13750	20	0
8	18/3	3.0	1.25	3750	20	0
9	19/1	45.0	1.25	56250	25	0
10	20/3	9.0	1.25	11250	25	0
11	24/1	4.0	1.25	5000	20	野豌豆 100
12	26/3	17.0	1.25	21250	20	谷子 80
:	:	:	:	:	:	:
69	30/2	25.0	1.25	31250	20	高粱 85
70	I/1	15.0	1.25	18750	30	黄蒿草 90
71	I/2	3.0	1.25	3750	30	黄蒿草 90
72	I/3	0.0	1.25	0	30	黄蒿草 90
73	II/1	5.0	1.25	6250	20	黄蒿草 80
74	II/2	2.0	1.25	2500	20	黄蒿草 80
75	II/4	10.0	1.25	12500	20	黄蒿草 80
76	III/1	7.0	1.25	8750	40	黄蒿草 80
:	:	:	:	:	:	:
86	III/7	0.0	1.25	0	40	黄蒿草 80

① 表中数值除h为标桩处实测值外, Wsv, α, c 均为小区或自然坡面的平均值,也未测 1;

② 由实测年的 r 参数算得 $R = 169.768 \text{ 100ft} \cdot \text{sht} \cdot \text{in}/\text{ac} \cdot \text{hr} \cdot \text{y}$;

③ 实测的 Sp 参数算得 $K = 0.518 \text{ sht} \cdot \text{ac} \cdot \text{hr}/100\text{ft} \cdot \text{sht} \cdot \text{in}$;

④ 小区内布桩 492 个,自然坡面布桩 44 个,因受人、畜损坏,使实测率仅为 14% 和 39%。

说

明

表 2 红壤站未扰动区用新方法的实测结果 (1991 年)

Table 2 Results observed using the new method in undisturbed areas of Red Soil
Ecological Experiment Station

测区/标桩号 No. of region/pile	年流失厚 Thi- ckness of annual soil loss h(mm)	土壤容重 Soil volume weight Wsv(g/ cm ³)	年流失量 Annual soil loss A(t/km ² · y)	坡度 Slope $\alpha(^{\circ})$	坡长 Slope length l(m)	植被覆 盖度 Veget- ative cove- rage c(%)	监测年流失量 Soil loss of monitoring year A'(t/km ² · y)	监测精度 Moni- toring accu- racy (%)	说明 Note
IV/12	43.0	1.266110	54442.73	44.1	4.24	0	45101.55	82.8	① 用 r 参 数算得实测 年的 R = 334.008; 1992 年的 R = 548.950 ② 用 Sp 参 数算得 裸土的 K=0.285, 草地的 K=0.255; ③ 六个测 区的有效实 测率 57%; ④ 使用的 坡度因子 S 算式由各地 扰动和未扰 动区的实测 资料所建; ⑤ 使用的 植被因子 C 算式主要使 用张家口站 新方法的实 测资料所建
IV/15	47.5	1.266110	60140.22	57.0	0.98	0	47571.46	79.1	
IV/14	8.0	1.266110	10128.89	34.1	0.98	0	12792.51	85.9	
IV/10	29.9	1.266110	37856.69	43.9	1.24	0	24095.12	63.6	
IV/9	7.0	1.266110	8862.77	32.9	1.09	0	11560.18	76.7	
IV/8	7.5	1.266110	9495.82	25.3	2.86	0	11786.98	80.6	
IV/5	14.0	1.266110	17725.54	31.0	1.50	0	12079.22	68.1	
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	
III/5	21.7	1.24984	27121.53	30.8	1.80	0	13071.91	48.2	
III/35	8.1	1.24984	10123.70	32.0	1.20	0	11482.47	88.2	
III/4	13.3	1.13496	15094.97	41.2	0.74	0	15791.19	95.6	
III/6	20.0	1.24984	24996.80	36.5	1.28	0	15598.46	62.4	
III/27	7.8	1.24984	9748.75	12.9	2.54	0	5219.60	53.5	
III/9	11.1	1.24984	13873.22	25.0	2.44	0	10609.63	77.1	
III/11	9.8	1.24984	12248.43	20.4	3.10	0	9105.16	74.3	
III/8	22.4	1.24984	27996.42	44.8	1.32	0	26261.02	93.8	
III/16	9.3	1.24984	11623.51	25.9	3.30	0	13132.50	88.5	
III/15	9.9	1.24984	12373.41	31.0	1.25	0	11026.77	89.1	
III/19	16.7	1.24984	20872.33	44.3	1.10	0	23253.86	89.8	
III/22	19.9	1.24984	24871.82	37.0	2.00	0	20100.99	80.8	
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	
II/9	16.9	1.22071	20630.00	41.0	0.95	0	17675.45	85.7	
II/1	12.1	1.22671	14770.59	40.1	0.77	0	15064.26	83.6	
II/4	18.5	1.22071	22583.13	33.1	1.80	0	15037.57	66.6	
II/2	19.1	1.22671	23315.56	34.0	1.85	0	16104.00	69.1	
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	
V/8	1.0	1.140566	1140.57	0.4	1.99	0	2157.76	52.9	
V/2	2.5	1.140566	2851.42	18.9	0.59	0	3625.40	78.7	
V/14	6.8	1.140566	7755.85	17.1	2.19	0	6259.49	80.7	
V/12	9.7	1.140566	11063.49	27.0	2.60	0	12464.47	88.8	
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	
I/22	3.3	1.261223	4162.04	10.0	2.23	0	4098.86	98.5	
I/23	4.1	1.261223	5171.01	19.8	1.09	0	5205.34	99.3	
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	
草地 1/4	0.3	1.452940	435.88	6.2	5.09	70	497.22	87.7	
草地 2/5	2.1	1.452940	3051.17	0.2	7.64	20	2581.88	84.6	
1992年 IV/2	76.1	1.26610	98882.41	54.1	1.20	0	74711.50	75.6	

表 3 福建安溪官桥站 22° 小区(顺坡耕翻, 无植被)新方法的实测结果

Table 3 Results observed using the new method at 22° plot (tilled up and down slope, without vegetation) in Anxi-Guanqiao Station, Fujian Province

标桩号 No. of region/ pile	年流失厚 Thickness of annual soil loss h(mm)	土壤容重 soil volu- me weight Wsv (g/cm ³)	年流失量 Annual soil loss A(t/km ² ·y)	坡 度 Slope α(°)	坡 长 Slope length l(m)	植被覆盖率 Vegetative coveragc c(%)	坡度因子 Slope factor S	监测流失量 Soil loss of monitoring year A'(t/km ² ·y)	监测精度 Monitoring accuracy (%)	说 明 Note	
1	20.40	1.07	21549.8	19.3	1.42	0	2.3689	8087.44	37.5*	① 顺坡耕翻, 全年无	
2	18.58	1.07	19880.6	21.6	1.42	0	2.7251	9030.50	46.8*	植被, 意即:	
3	20.06	1.07	21464.2	22.5	1.42	0	2.8787	15539.17	72.4	CP = 1;	
4	18.78	1.07	20094.6	24.0	3.55	0	3.1541	17025.78	84.7	② 实测年 r 参数, 算	
5	18.62	1.07	19923.4	18.5	3.55	0	2.2563	12179.47	61.1	得 R = 301.941;	
6	11.08	1.07	11855.6	22.0	3.55	0	2.7924	15073.33	78.6	③ 该站除 22° 小区	
7	24.80	1.07	26536.0	20.7	5.36	0	2.5798	17110.72	64.5	外, 其它四个小区	
8	24.82	1.07	26557.4	21.5	5.36	0	2.7086	17965.00	67.6	布桩的实测率也为	
9	15.54	1.07	16627.8	24.5	5.36	0	3.2516	21566.49	77.1	100%;	
10	20.44	1.07	21870.8	23.9	7.64	0	3.1349	24827.58	88.1	④ 与表 2 说明中的	
11	27.68	1.07	29617.6	23.6	7.64	0	3.0782	24378.53	82.3	④ 同;	
12	19.36	1.07	20715.2	23.8	7.64	0	3.1159	24677.11	83.9	⑤ 用 Sp 参数算得	
13	15.60	1.07	16692.0	24.5	9.56	0	3.2516	28806.45	57.9	K = 0.1991	
14	13.46	1.07	14402.2	20.9	9.56	0	2.6114	23134.81	62.2		
15	19.24	1.07	20586.8	19.3	9.56	0	2.3689	20986.47	98.1		
16	16.78	1.07	17954.6	20.2	11.59	0	2.5024	24408.68	73.6		
17	7.48	1.07	8003.6	21.4	11.59	0	2.6922	26260.01	30.5*		
18	20.12	1.07	21528.4	23.8	11.59	0	3.1159	30392.83	70.8		
19	20.00	1.10	22000.0	21.6	13.61	0	2.7251	28803.03	76.4		
20	27.34	1.10	30074.0	26.5	13.61	0	3.6728	38819.78	77.5		
21	13.14	1.10	14454.0	19.8	13.61	0	2.4422	25812.91	56.0		
22	12.22	1.10	13442.0	20.3	17.52	0	2.5177	30194.33	44.5*		
23	50.38	1.10	55418.0	22.2	17.52	0	2.8266	33898.91	61.2		
24	27.36	1.10	30096.0	23.4	17.52	0	3.0409	36468.97	82.5		
小区均值	ΣA		21722.69				ΣA'	23155.05	68.2(n=24) 73.8(n=20)		
径流采样测算值(常规法)										新方法与常规法实测结果的一致性	
									17.98	22°	91.8

表 4 张家口地区水土保持扰动区用新方法的实测结果

Table 4 Results observed using the new method in undisturbed areas of Soil and Water Conservation Station in Zhangjiakou, Hebei Province

标桩号 No. of pile	年流失厚 Thickness of annual soil loss h(mm)	土壤容重 Soil volume weight Wsv(g/cm ³)	土壤年流失量 Annual soil loss A(t/km ² ·y)	坡 Slope α(°)	坡 Slope length l(m)	植被覆盖率 Vegetative coverage c(%)	监测流量 Soil loss of monitoring year A _c (t/km ² ·y)	监测精度 Monitoring accuracy (%)	说 明 Note
1	2.40	1.2991	3117.84	17.0	2.0	16	2396.24	76.9	① 用 r 参数算得 实测年 R = 107.330;
2	1.42	1.2991	1844.72	5.0	10.2	26	2097.64	87.9	
3	1.86	1.2991	2416.33	7.0	9.6	37	1857.58	76.9	② 使用的坡度因 子算式同前;
4	2.00	1.2991	2598.20	24.0	12.4	49	4121.42	63.0	
5	1.64	1.2560	2059.84	26.5	1.9	56	1393.48	67.6	③ 用实测的 Sp 参数算得 K = 0.463;
6	1.36	1.2560	1708.16	26.0	5.3	49	3043.51	56.1	
7	1.36	1.2991	1766.78	21.0	12.6	56	2567.03	68.8	④ 植被因子算式 为该地区纯田植 被影响的实测资 料所建;
8	2.32	1.2991	3013.91	16.0	14.6	38	3862.08	78	
9	0.80	1.21645	973.16	34.0	2.5	68	1017.67	95.6	
10	1.52	1.29075	1961.94	32.0	2.9	61	1808.19	92.2	
11	1.16	1.29075	1497.27	21.5	1.5	38	1730.51	86.5	⑤ 该区的有效实 测率为60%
12	2.52	1.2220	3079.44	17.0	19.9	53	2905.78	94.4	
13	3.68	1.2220	4496.96	7.5	26.0	27	3957.59	88.0	
14	1.18	1.2840	1515.12	22.0	1.0	30	1762.44	86.0	
15	2.94	1.2840	3774.96	40.0	1.7	30	6878.07	54.9	
16	2.32	1.2840	2978.88	35.5	2.6	43	4643.56	64.2	
17	1.96	1.2840	2465.28	17.5	5.2	48	1862.66	75.6	
18	2.00	1.2630	2526.00	30.0	1.8	38	3181.28	79.4	
19	2.38	1.2630	3005.94	28.0	1.5	28	3245.72	92.6	
20	0.80	1.2630	1010.40	27.5	0.3	33	1261.65	80.1	
21	2.88	1.2630	3637.44	18.0	4.6	30	2962.70	81.4	

22	1.74	1.2300	2140.20	68.0	3.9	75	1376.89	64.3
23	1.12	1.2290	1376.48	14.0	17.2	52	2347.71	58.6
24	2.14	1.2290	2630.06	10.0	22.2	30	3998.27	65.8
25	1.60	1.2120	1939.20	15.0	1.0	23	1325.38	68.3
26	2.88	1.2120	3490.56	21.5	1.85	25	2577.44	73.8
27	2.38	1.2120	2884.56	24.5	2.0	23	3343.04	86.3
28	1.12	1.2380	1386.56	30.0	2.2	65	1025.12	73.9
29	2.56	1.2380	3169.28	31.0	6.8	51	4329.75	73.2
30	2.84	1.2380	3515.92	230	6.9	37	4173.29	84.2
31	2.22	1.2380	2748.36	250	8.9	61	2068.14	75.2
32	2.56	1.2630	3233.28	48.5	0.2	40	3100.42	95.9
33	2.56	1.2630	3233.28	51.0	0.2	46	3010.41	93.1
34	3.00	1.3150	3945.00	42.0	0.4	5	5811.92	67.9
35	2.46	1.3150	3234.90	41.0	0.3	8	4536.06	71.3
36	2.56	1.3150	3366.40	38.0	0.3	13	4203.05	80.1
37	2.48	1.3150	3261.20	37.0	1.0	22	5156.72	63.2
38	1.36	1.3150	1788.40	33.0	1.6	51	2372.31	75.4
39	1.64	1.3150	2156.60	39.5	2.4	65	1990.68	88.6
40	1.44	1.2750	1836.00	19.0	2.8	33	2296.78	79.9
41	1.48	1.2750	1887.00	27.5	0.7	11	1734.48	91.9
42	1.38	1.3150	1814.70	33.0	1.0	43	2473.06	73.4
43	1.46	1.2330	1800.10	12.0	3.9	35	1687.64	93.7
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
247	9.60	1.2630	1224.80	515	0.5	25	8329.78	68.7

区。中科院红壤生态试验站区内的实测工作,则是由我们自己负责完成的。

实测标桩多数布设在未扰动土壤的自然植被区、裸土区。在有泥沙池的径流场和耕翻或未耕翻的规整坡面径流小区里,也均匀布设了标桩,以对比新方法 with 常规法实测流失量的精度。这些实验区,所涉及的土壤有黄土高原区的黄绵土,半干旱区的栗钙土,半湿润区的褐土和棕壤,湿润区红壤、南亚热带气候区的赤红壤等;所实测的侵蚀类型,都属于水蚀区面广量大的面蚀和细沟侵蚀,而并非局部发生的重力侵蚀类型。

2. 新方法的实测结果 自 1990 年度在山西首次开展新方法的实测以来,已获得南北方各地实验区约 1000 个标桩的实测结果。为便于讨论新方法,特选山西王家沟、江西红壤站、福建安溪官桥站和河北张家口站的实测结果,分别摘列成表 1 至表 4。

(二) 讨论

一个方法性能的优劣,是其能否确立和推广的关键。为此,基于新方法的应用结果,主要对其准确性、适应性和实用性,作一探讨。

1. 新方法的准确性问题 表 3 既有常规法的小区实测结果 ($20082.79\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{Y}$), 也有新方法均匀布于小区 24 个标桩实测小区均值结果 ($21722.69\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{Y}$)。二者有 91.8% 的一致性,则说明新方法可准确测出土壤年流失量及其参数。

新方法的准确性,是由其年流失厚度和土壤容重的实测措施来保证的。与常规法靠测准径流量,采准水样和测准含沙量的观测措施比新方法较易实现准确性。常规法往往因小区偏远而漏测或测不准,或因小区近住地易受人为干扰影响,而导致难以弥补的年流失量值的不准确。新方法所布设的标桩数量多,受人为干扰或损坏的可以被发现(如无桩、断桩、歪桩等)而舍去,只需在周年时细心量测那些完好的标桩,故其准确性较有保障。

2. 新方法的适应性的问题 与常规法比,新方法的适应性较强。首先,新方法省钱省力,无需投资上万元建小区,也无需花费专人长期观测所需的大量工资和劳务费,只需花费周年始末二次布桩和实测的短期劳务费,就可获得一个区域 200—500 个标桩的实测结果。其次,新方法比常规法机动灵活,可以实测各种条件(坡度、坡长、植被覆盖度等差异)状态下的土壤年流失量及其参数。从表 1—表 4 中可知,已实测了 0.2° — 68° 坡度、0.2—26.0m 坡长、0—75% 植被覆盖度的各种坡面的流失量,这是常规法(规整坡面小区仅限于 0° — 30°)远所不及的。

3. 新方法的实用性问题 基于新方法的准确性,一个标桩的实测结果就相当于建一个规整坡面小区观测一年的总结果,且更直观可信。基于新方法的适应性,可以在各种条件下布设大量标桩。这样,在一年内就可获得大量以统一的新方法实测的结果资料,就有可能建立类似于 USLE 的流失量监测模型,至少可以建立更适用于我国的 USLE 因子算式。我们正是利用新方法在 1991 年度实测得的大量资料,初步建立了降雨侵蚀力因子 R 算式、坡度因子 S 和植被因子 C 的算式^[2,4],它们将被用于县、省级的流失量遥感监测中。新方法的这些实用性,也是常规法因小区少和每年实测数据太少而难以具备的。此外,新方法不仅是研究一般流失规律的有效工具,也是治理措施保土效益优劣和遥感监测准确与否的评价手段,比常规法更直观、经济、简便和实用。

4. 新方法的实测项目尚需补充的问题 表 3 中的监测精度,是指按 USLE 监测(计

算)的 A' 值与标桩或小区实测值 A 之比的相对精度。虽然其平均精度值较高,但其中仍有低于 60% 者,除少数上部标桩的 A 大于 A' 外,多数是 A 小于 A' 。这表明新方法的实测项目有待补充。经南北方各规整裸土耕翻坡面小区,历时一年降雨侵蚀后的状况考察和研究,特对坡长 (l) 项目增补测标桩至其上方挡水土块或石块、草丛、树根斜距的小坡长坡 (l') 和坡面开始显细沟(沟深 $\leq 2\text{cm}$) 处至挡水埂或分水岭斜距的显细沟坡长 (l_0)。选用 l' 值将会明显提高 A' 值的精度。 l_0 值将为修正 USLE 中的 L 因子算式中 22.13 常数数值和改造坡耕地提供较充分的依据。

5. 植被在保土中的作用问题 表 1—表 4 中都存在年流失量大于 1万 t/km^2 极严重流失等级的地段,且都是在裸土或植被稀少区,尽管南北方各地降雨侵蚀力 (R) 和土壤可蚀性 (K) 不同。然而,只要植被覆盖度 (c) 达到 50%,年流失量 (A) 一般将小于 5000t/km^2 ;当 $c \geq 75\%$ 时,则 $A < 2000\text{t/km}^2$ 了。可见,新方法的实测结果证实了植被在保土中的重大作用。尚需要指出的是红壤区年流失量常易被人们因其“粘”或 K 值较小而忽视。露出心底土的红壤,1991 年度的最大流失厚度 (h) 为 47.5mm ,达 6万 t/km^2 ,1992 年度因 R 值大 h 为 76.9mm , A 达 9.7万 t/km^2 。那些种旱作物在暴雨季收获和锄地的红壤坡耕地,其最大 A 值将比未扰动的裸土区还要大 2.2 倍,即 21.3万 t/km^2 。这年年复一年的裸土区和暴雨季耕翻的坡耕区的流失泥沙,是南方洪涝灾害频繁发生的根源。因此,增加植被和作物的覆盖度,改造坡耕地和变革其耕作制,不仅有保土作用,更有防洪减灾的意义。

三、结 语

由铁钉法发展而来的土壤年流失量及其参数实测的新方法,由八大实测项目和实测措施组成。它具有常规法同等的准确性和为常规法所不及的适应性和实用性,加上它的省钱、简便、直观的特点,使它有可能替代或弥补常规法的不足而被广泛选用。正如新方法在南北方实验区实测结果及其应用中所显示的那样,随着新方法被选用区域和实测资料的增加,建立我国的类似于 USLE 的流失量监测模型,或建立适于我国的 USLE 因子算式,是完全可能的。

参 考 文 献

1. 卜兆宏、李士鸿编著,1989: 水土流失调查的遥感数据处理。216 页,东南大学出版社。
2. 卜兆宏、董勤瑞等,1992: 降雨侵蚀力因子新算法的初步研究。土壤学报,第 29 卷 4 期,408—418 页。
3. 卜兆宏、阮伏水等,1992: 降雨侵蚀力因子的算法及其在土壤流失量监测中的选用。遥感技术与应用,第 7 卷 3 期,1—10 页。
4. 卜兆宏、刘绍清等,1993: 用于土壤流失量遥感监测的植被因子算式的初步研究。遥感技术与应用,第 8 卷 4 期,16—22 页。
5. 中国科学院南京土壤研究所,1978: 土壤理化分析。583 页,上海科学技术出版社。
6. Mutchler, C. K., C. E. Murphree, and K. C. McGregor, 1988: Laboratory and field plots for soil erosion studies. In: Lal R. ed. Soil Erosion Research Methods. Wageningen, The Netherlands: Soil and Water Conservation Society of Soil Science, p9—36.
7. Wischmeier, W. H., and D. D. Smith, 1978: Predicting rainfall erosion losses a guide to conservation planning. Agriculture Handbook 537. U. S. Department of Agriculture, Washington, D. C. pp. 58.

A NEW METHOD FOR OBSERVING ANNUAL SOIL LOSS AND ITS PARAMETER*

Bu Zhaohong

(Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing 210008)

Liu Shaoqing

(Office of Soil and Water Conservation, Water Conservancy Department of Shandong Province)

Summary

The new method of observing annual soil loss and its parameters is made up of eight observing items and means. It is audio-visual, economical, simple and convenient. The results observed in experimental areas of southern and northern China show that the new method has better adaptability, more practicality and the same accuracy as conventional method. So, the new method can obtain a lot of observing data which can be used in creating models of monitoring annual soil loss or revising formulation of USLE erosion factors to realize monitoring annual soil loss over province or county area by using remote sensing and GIS. Meantime, the results observed by using the new method show that changes of annual soil loss are seriously subjected to the cover degree of vegetation or crop, particularly in red soil regions.

Key words Annual soil loss, Parameters of loss, Observing means

* The Project Supported by National Natural Science Foundation of China.