

黄土高原沟壑区土壤抗冲性研究

——以黄委会西峰水土保持试验站为例

郑世清 周佩华 周保林

(中国科学院西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100)
水利部

提 要

通过对西峰水保站 1964~1980 年径流小区观测资料的统计分析,结果表明:次暴雨侵蚀模数与径流深之间以幂函数相关为最好($g=aH^b$)。笔者以单位面积、单位径流深的冲刷量均值(\overline{kw})做为描述土壤抗冲性的指标,并对其影响因素进行了分析。

关键词: 黄土高原沟壑区 土壤抗冲性

The Study on Soil Anti—Scourability in Loessal Plateau Gully Region

——Setting Xifeng Soil and Water Conservation Station as an Example

Zheng Shiqing Zhou Peihua Zhou Baolin

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Academia Sinica and Ministry
of Water Resources, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract

Based on statistical analysis of observed data of experiment of water and soil runoff plots at Xifeng soil and water conservation station from 1964 to 1980, it is proved that there is a very close correlation ($y=aH^b$) between individual rain fall erosive modulus and depth of runoff, which is a power function. The unit individual runoff depth (\overline{KW}) was as soil anti—scour index which was used to evaluate the factors affecting soil anti—scourability.

Key words loessal plateau gully region soil anti—scourability observed data of runoff plots

黄土高原各类型区因其特殊的自然环境,其侵蚀程度、方式、侵蚀过程有着显著差异,且复杂多变。但总的来说,严重的水土流失是一种强大的冲刷现象。其根本原因在于坡面产流和不断集中。考虑到黄土高原常以超渗径流为主以及土壤抗冲性特别弱等特点,评价土壤侵蚀强弱的标志主要体现在土壤抵抗径流冲刷能力方面。分析研究土壤抵抗径流冲刷能力方面的工作,早就引起许多学者的注意,并开展了许多工作。60年代朱显谟教授提出了抗冲性和抗蚀性概念,从采用素波列夫抗冲仪到利用冲刷槽或改进冲刷槽进行抗冲试验,以及植物根系抗冲试验研究等,无疑对此项研究工作起到了积极的推动作用。但是由于一些试验条件受限,所得资料与实际情况有所差别。

我们认为就目前的研究现状来看,评价土壤抗冲性强弱比较好的方法是实地放水冲刷法与径流小区观测资料统计法相结合的方法。采用实地放水冲刷法,能在稳定的压力条件下,保证出水流

量处于均衡状态,可根据试验所需调整流量的大小,从而能使土壤在已知冲刷力的径流作用下进行对比试验,模拟径流冲刷过程进而研究土壤抗冲性。从 1985 年起,我们先后在陕西志丹、佳县(沙黄土区)、富县、长武(黄土区)、礼泉、杨陵(粘黄土区),进行实地放水冲刷试验,完成了 200 多场次实验,取得了比较系统的数据资料。但是实地放水冲刷法通常受到交通、水源、地形条件限制,研究费用高。采用径流小区观测资料作为研究对象,则可大大地提高土壤抗冲性能的代表性。黄土高原各水保站积累了大量的径流小区观测资料,分析同一径流小区,在不同的降雨径流冲刷条件下,冲刷量变化的情况,这样,既不受下垫面条件的影响,又可将径流冲刷动力因子与冲刷量直接建立联系,以此研究土壤抗冲性能,有助于揭示土壤抵抗径流冲刷的实质。但是,在径流小区观测结果中,还包括雨滴溅蚀量和片蚀量在内,虽然占总侵蚀量的比重很小,在分析土壤抗冲性时,精度还不够高。若将两种方法有机的结合起来,既可互为补充,又可大大提高研究进程,研究成果更具有代表性。

本文采用径流小区观测资料统计法,对黄土高原沟壑区西峰水保站径流小区观测资料进行统计分析研究。

一、研究区域概况

西峰水保站从 1959 年开始,先后在庆阳县的南小河流域、赵家川、王家弯、宁县的砚瓦川、合县的王家沟、石桥、堡子沟、柳沟、魏家沟、石桥沟、党家川、环县的铺沟、野鸡沟、小羊沟、丁家咀沟、镇原县的甘沟、李家庄、灵台县的东沟流域,布设了一系列径流站和径流场,进行了径流泥沙观测,除少数基本站至今坚持观测外,其余多数站,均在 60 年代初期先后停止观测。现对西峰站南小河流域 1964~1980 年径流小区观测资料分析研究。

表 1 径流小区基本情况

编号	土 壤	坡 度	坡长 (cm)	观测 年限	径流 次数	土地利 用情况	植被覆盖 度(%)
1	黄 土	0°45'	20	3	27	农耕地	
2	黄 土	0°52'	20	3	26	农耕地	
3	黄 土	2°51'	20	3	31	农耕地	
4	黄 土	12°21'	20	5	20	农耕地	
5	黄 土	12°34'	20	3	22	农耕地	
6	黄 土	20°02'	20	3	23	农耕地	
7	黄 土	34°12'	20	3	12	林 地	65
8	红土泻溜	47°52'	20	2	13	林 地	30
9	红 土	33°16'	20	3	10	荒草地	65
10	红土泻溜	27°31'	20	6	34	荒草地	10
11	红土泻溜	34°10'	20	2	11	荒草地	5
12	红土泻溜	49°56'	20	5	36	荒草地	10
13	红土泻溜	50°13'	20	3	27	荒草地	5
14	黄 土	0°21'	20	3	17	人工草地	65
15	黄 土	8°0'	20	8	28	人工草地	50
16	黄 土	8°0'	20	3	11	人工草地	10
17	黄 土	0°31'	—	1	14	道 路	0
18	黄 土	0°0'	—	1	10	庄 院	0
19	黄 土	1°11'	—	1	20	庄 院	0

地面全部为黄土覆盖。

南小河是泾河支流蒲河左岸支沟,位于东经 107°37',北纬 35°42',海拔高度 1 050~1 423 m,属于黄土高原沟壑区。流域面积 36.3km²,沟道平均比降为 2.8%,沟道密度为 1.69km/km²。流域地貌主要有三种类型:即塬面、坡、沟谷。沟谷面积占 27.5%,塬面、坡占 72.5%。塬面坡度多在 5°以下,坡是连接塬面与沟谷的纽带,坡度一般在 10~20°之间,沟谷坡度一般在 25°以上。这三个地貌单元之间,有两条明显的坡折线——塬边线和沟边线,分别是古代和现代的沟谷边缘线。这种塬——古沟坡——沟谷地的地貌形态,导致了地表水热条件的再分配,影响了现代土壤和植被的发生演化。流域内除下游沟床内有白垩纪沙岩出露以外,其它

据西峰气象站 1937~1980 年降雨资料统计,年最多降雨量 805.2mm(1964 年),年最少降雨量 319.2mm(1942 年),多年平均降雨量 555.2mm,6~9 月降雨量占年降雨量 69.9%,最高气温 39.6℃,最低气温零下 22.6℃,平均气温 8.7℃,无霜期 150~180 天。

该站 1959~1980 年先后在南小河流域共布设 54 个径流小区,其中农地 18 个小区,荒草地 13 个小区,林地 9 个小区,人工草地 8 个小区,道路 3 个小区,庄院 3 个小区,我们从中挑选了 19 个径流小区的观测资料进行统计分析。各小区基本情况见表 1。

二、冲刷量与径流深之间关系的分析

将表 1 中 19 个不同利用类型的径流小区,392 次观测数据输入计算机,通过统计分析,结果表明:每一个径流小区次暴雨侵蚀模数与径流深之间以幂函数相关为最好。其相关方程为:

$$y = aH^b$$

式中: y ——次暴雨侵蚀模数(t/km^2) H ——次暴雨径流深(mm)

表 2 次暴雨侵蚀模数与径流深相关分析结果

编号	径流深(H)与冲刷量(y) 的相关方程 $y = aH^b$	r	n	土地利用 情况
1	$y = 6.045 4H^{0.8164}$	0.794 1	27	农耕地
2	$y = 2.584 7H^{0.9372}$	0.707 3	26	农耕地
3	$y = 1.832 8H^{0.9281}$	0.832 7	31	农耕地
4	$y = 17.066 2H^{0.7721}$	0.747 2	20	农耕地
5	$y = 15.300 7H^{1.3529}$	0.824 0	22	农耕地
6	$y = 24.329 8H^{1.3471}$	0.863 5	23	农耕地
7	$y = 9.422 5H^{0.9879}$	0.737 4	12	林地
8	$y = 38.008 1H^{1.2486}$	0.866 4	13	林地
9	$y = 1.916 5H^{0.6572}$	0.780 0	10	荒草地
10	$y = 6.886 8H^{0.6784}$	0.6244	34	荒草地
11	$y = 1.461 8H^{0.6012}$	0.756 5	11	荒草地
12	$y = 203.019 1H^{0.9604}$	0.714 1	36	荒草地
13	$y = 88.916 7H^{1.0871}$	0.893 9	27	荒草地
14	$y = 1.956 4H^{1.1400}$	0.794 7	17	人工草地
15	$y = 3.221 7H^{0.6276}$	0.711 7	28	人工草地
16	$y = 3.503 3H^{1.2320}$	0.811 3	11	人工草地
17	$y = 1.782 4H^{1.2406}$	0.808 9	14	道路
18	$y = 1.846 0H^{1.1150}$	0.899 3	10	庄院
19	$y = 3.432 5H^{0.9514}$	0.811 1	20	庄院

各小区次暴雨侵蚀模数与径流深相关分析结果见表 2。由表 2 可知,次暴雨侵蚀模数 y 与径流深 H 符合 $y = aH^b$ 幂函数递增关系,且相关性很好,显著性水平均为 0.01。这一规律由于建立在同一小区不同的降雨径流冲刷条件下,冲刷量相应变化的基础上,这样既不受地面坡度、坡长以及土壤、容重等下垫面条件的影响,又将径流冲刷动力因子与冲刷量直接建立联系,改变了对径流小区观测资料分析研究中通常所采取的坡长、坡度、土地利用、植被等影响因素横向对比手段。研究成果具有很好的实用价值。

三、土壤抗冲性指标

黄土高原沟壑区地面起伏大,一旦有径流发生很快汇成股流,随着坡长的增加逐渐形成较大股流,并引起沟蚀。坡面汇集股流的作用在于将雨滴分散及未完全分散的土粒连同径流分散的土粒冲刷搬输出坡面。因此,研究坡面冲刷动力就在于研究它的冲刷搬运能力。由于在坡面汇集径流的不断下切、侧

蚀、溯源作用下,侵蚀沟床体不断发生变化,流速也在不断发生变化,从而导致了计算坡面径流冲刷动力的复杂性。从表 2 次暴雨侵蚀模数与径流深相关特性来看,其 b 值变化在 1 左右,这说明,同一小区随着径流深的增大侵蚀模数基本上按一固定比例增加,近于直线关系。因此,单位面积径流深所引起的冲刷量,能直观地说明土壤抗冲性的强弱,并以此作为区别土壤抗冲性强弱的次暴雨土壤抗冲性指标。并按照公式: $kw = \frac{W}{AH}$ 求出逐次暴雨抗冲指标。

式中: kw ——次暴雨土壤抗冲指标($kg/m^2 \cdot mm$) W ——次暴雨侵蚀量(kg) A ——小

区投影面积(m^2) H ——次降雨径流深(mm)

此外,由于该类型区年内、年际,以及同地域降雨分布的不均匀性,从而导致了土壤侵蚀的显著差异性,往往是一次大的暴雨,所引起的侵蚀量占年总侵蚀量的60%,甚至90%以上。显然以此作为计算土壤抵抗径流冲刷的动力指标是不合理的。合理的方法是按照次降雨径流泥沙资料求出的次暴雨土壤抗冲指标,再根据公式: $\overline{kw} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n KW_i$,进一步计算出该土地利用类型多年降雨径流泥沙资料的均值,来近似代替该土地利用情况下土壤抗冲指标,事实上 \overline{KW} 值正是反映了多次降雨径流作用状况下,土壤冲刷的平均作用力。因此,以 \overline{KW} 作为描述该类型的土壤抗冲性指标,更具有代表性与合理性。计算结果见表3。

表3 土壤抗冲性指标计算值

编号	坡度	土壤	土地利用情况	土壤抗冲性指标 ($kg/(m^2 \cdot mm)$)
1	0°45'	黄土	农耕地	0.0131
2	0°52'	黄土	农耕地	0.0068
3	2°51'	黄土	农耕地	0.02361
4	12°21'	黄土	农耕地	0.0333
5	12°34'	黄土	农耕地	0.0339
6	20°02'	黄土	农耕地	0.0956
7	34°02'	黄土	林地	0.0324
8	47°52'	红土泻溜	林地	0.0783
9	33°16'	红土	荒草地	0.0047
10	27°31'	红土泻溜	荒草地	0.0915
11	34°10'	红土泻溜	荒草地	0.0056
12	49°56'	红土泻溜	荒草地	0.7174
13	50°13'	红土泻溜	荒草地	0.1694
14	0°21'	黄土	人工草地	0.0028
15	8°0'	黄土	人工草地	0.0146
16	8°0'	黄土	人工草地	0.0216
17	0°31'	黄土	道路	0.0050
18	0°0'	黄土	庄院	0.0028
19	1°11'	黄土	庄院	0.0053

四、影响土壤抗冲性的主要因素

(一)地形部位

黄土沟壑区具有塬面平坦、沟壑纵横、坡度陡峻、塬面集流槽、村庄道路集水直接与沟头相连等特点。不同地形部位的土壤抗冲性有着显著差异,塬区既是该地区粮食生产的主要基地,又是群众日常生活、文化活动的中心,塬区土壤侵蚀主要体现在村庄道路等硬地面产流集中冲刷,以及人类活动造成的土壤侵蚀等方面。

沟坡地带,既是该地区优质果品生产基地,又是生态条件十分脆弱的地带,特别是沟台阶地地貌单元,与塬区相比较,同样是一种硬地面或者是一片梯田,在相同的暴雨条件下,往往其冲刷程度具有很大差异。分布在沟台阶地的坡面,不仅受到来自塬坡或梁坡侵蚀沟集水冲刷,以及自身产流的冲刷,而且还要受到沟谷谷缘线重力侵蚀的蚕蚀,这是导致沟台阶地生态条件进一步恶化的主要原因。

沟谷地带则是该地区泥沙主要来源地,重力侵蚀为主要侵蚀方式。由于高原沟壑区土层深厚,黄土垂直节理十分发育,黄土抗冲性又特别弱,沟谷深切,沿沟谷地带多数呈陡坡立壁,特别是沟道的中上游以及沟头附近分布有村庄地带,重力侵蚀则更加活跃。沿沟底线两侧,特别是沟床弯曲处重力侵蚀其程度更为严重。随着崩塌、滑坡频繁发生,泻溜侵蚀面不断扩大,随着泻溜侵蚀面的不断剥蚀,从而使上部土体失去支撑,又促进了崩塌、滑坡的发生发展。如12号泻溜小区,坡度为49°56',抗冲指标高达0.7174 $kg/(m^2 \cdot mm)$ 。

(二)地面坡度

周佩华研究员等对山西省水保所1957~1968年5°、10°、15°、20°、25°、30°农地小区统计分析结果表明:土壤抗冲性指标具有随坡度增大而增大趋势。当地面坡度超过25°以后,抗冲性指标增加明显。吴普特等对天水水保站1945~1957年径流小区资料统计分析表明:土壤抗冲指标与坡度之间呈幂函数递增关系。从表3中1~6号农地径流小区坡度与土壤抗冲性指标相应变化情况来看,同样具有土壤抗冲性指标随坡度增加而增大趋势。0°45'的农地土壤抗冲性指标与20°2'的农地径流

小区土壤抗冲性指标相比,坡度为 $20^{\circ}02'$ 的小区是坡度 $0^{\circ}45'$ 的 7.3 倍,对于泻溜小区,不同坡度土壤抗冲性指标则相差更大。

(三)土地利用情况

土地利用情况是影响土壤抗冲性指标的一个重要因素,不同的土地利用情况,一方面使土壤紧实度发生变化;另一方面则改变了植被增加入渗,减少地表径流,防止雨滴打击,以及根系对土壤的固结、网络作用,从而使土壤抗冲性能降低,加剧了水土流失。陡坡垦荒耕种,土壤抗冲性指标显著增加,通常相差几倍,甚至几十倍。

虽然地形部位,地面坡度对土壤抗冲性指标有着显著影响,但是只要有很好的植被覆盖,植被覆盖度较高仍然表现出较强的土壤抗冲性能。因此,迅速恢复植被是根治黄土高原水土流失的重要途径。

五、结 论

1. 严重的水土流失是一种强大的冲刷现象。引起严重水土流失的动力原因在于径流冲刷。
2. 根据降雨径流深与其对应的所产生的冲刷量密切关系,可将降雨径流深(H)作为描述土壤冲刷的动力因子。
3. 采用野外实地放水冲刷法与径流小区观测资料统计法相结合的方法是一种比较好的实用方法。
4. 次暴雨侵蚀模数与径流深之间以幂函数相关为最好($y=aH^b$)。
5. 以单位面积单位径流深所引的侵蚀模数均值(\overline{KW})作为土壤抗冲性的抗冲指标。
6. 虽然地形条件对土壤抗冲性指标有着显著影响,但是只要有很好的植被覆盖,植被覆盖度较高能明显的提高土壤抗冲性。

参 考 文 献

- [1] 周佩华等. 黄土高原土壤抗冲性的试验研究方法探讨.《水土保持学报》,1993 年第 1 期
- [2] 吴普特等. 黄土丘陵沟壑区(Ⅱ)土壤抗冲性研究.《水土保持学报》,1993 年第 3 期
- [3] 朱显谟等. 强化黄土高原土壤渗透性及抗冲性研究.《水土保持学报》,1993 年第 3 期