

水土保持坡面措施减水减沙效益 计算方法探讨

吴永红 李 倬 冉大川 刘 勇 刘 斌

(黄委会西峰水土保持科学试验站·甘肃西峰市·745000)

摘 要 该文根据丰富的实测小区资料,在传统的水保坡面措施减水减沙效益计算的基础上,运用同频率对比求出小区不同水保坡面措施的减洪量,并将其推算到大流域,算出流域不同水保坡面措施减洪量,然后利用流域水沙关系“以洪算沙”,算出措施减沙量。由此得出一套较为切实可行的水保坡面措施减水减沙效益计算方法,并在国家“八·五”黄河水沙变化研究中得到成功运用。

关键词: 减洪量 减沙量 计算方法

Inquiring into the Method of Calculating the Benefits of Runoff and Sediment Reducing by Soil and Water Conservation Sloping Measures

Wu Yonghong Li Zhuo Ran Dachuan Liu Youg Liu Bing

(Xifeng Soil and Water Conservation Experimental Station, Water Conservancy
Committee of Yellow River, Xifeng, Gan Su, 745000)

Abstract Based on abundant experimental data and traditional method of calculating the benefits of runoff and sediment reducing by soil and water conservation sloping measures, this paper obtains the flood reducing amount of different measures on experimental plots through constrasting the flood discharge of controlling area with uncontrolling area in same flood frequency, and popularize this results to whole watershed. We get the flood reducing amount under different measures in watershed, and then use the flood ~ sediment relationship to calculate the sediment reducing amount by flood reducing amount in whole watershed, we get an available method to calculate the benefits of runoff and sediment reducing by different measures.

Keywords: flood reducing amount; sediment reducing amount; calculating method

1 方法概述

目前,黄河中游地区水土保持减水减沙效益计算通常采用“水文法”和“水保法”两种计算

方法。水保法又叫成因分析法,它是利用水保试验站的小区观测资料计算各项水保措施的减水减沙效益,并考虑河道冲淤及人类活动新增水土流失的一种水保效益计算方法。这种方法的优点是能够算出各项措施在各个年份中的减水减沙量,明确各项水保措施在减水减沙中的地位和作用。它是计算水保效益、分析当前治理现状、预测未来水沙变化的一种不可缺少的分析方法。但由于复杂多样的自然地理环境、小区资料的连续性、措施的完成质量及保存率大小都直接影响我们的分析精度,尤其在治坡措施减水减沙指标的确定时,由于小区与流域水保措施在质量、面积上的差异使得由此算出的流域内大面积措施的减水减沙效益比实测值大。因此用小区测定的减水减沙指标在计算流域大面积措施效益时,以往的研究一般进行折减,且折减系数只分丰、平、枯 3 种情况,在确定折减系数时掺进了大量的人为因素,这就使得逐年水土保持减水减沙效益计算客观性不强,缺乏一定说服力。

然而,洪水从坡面到流域的运行并不象泥沙那样受地面坡度、坡长等下垫面因素的严重影响。由于洪水是泥沙运行的动力和运载工具,因此我们选取洪量这个指标作为突破口进行减洪计算。以往的研究表明:洪量与流域面积有着比较密切的关系,通常这个关系为 $W_{洪} = A \cdot F^n$ (1)。式中 A 为系数,随流域下垫面因素的变化而有所不同。 F 为流域面积,当 $F < 3\ 000\text{km}^2$ 时, $n = 0.987$,当 $F > 3\ 000\text{km}^2$ 时, $n = 0.797$ 。流域内不同水保措施对流域洪量的影响也应符合这个规律,因此只要能够求得小区上某单项措施的减洪量,便可以推算出其在流域上的减洪量,依据流域洪沙关系我们便可算出其减沙量。这样便可成功地解决小区向流域展延时的种种问题。问题是如何确定小区上某单项措施逐年的减洪量。在这里我们引进洪量频率这一中间变量来解决这一问题。当流域发生较大频率的洪量时,小区上(如果小区具有普遍代表性)也应该发生较大频率的洪量。当算出小区上某单项措施在各种频率情况下的减洪量时,便可以用已知的某年流域洪量的频率在小区某单项措施减洪量~频率曲线(图 1、图 2)上查得某年小区某单项措施的减洪量。从而使流域减洪量计算得到解决。

水土保持措施具有减洪水、增常水的作用,流域水保措施减水的本质是减少洪水,因此,减洪效益即为减水效益。

流域产沙过程是泥沙在洪水的搬运下由坡面 支沟 干沟 河道的一个连续过程。以往的研究表明,同一流域内河道洪水的含沙量通常都大于坡面小区的含沙量,即洪水在沟道内不仅搬运坡面运送的泥沙,同时还进行着大量的沟道侵蚀。这样用坡面小区的产沙量去推求流域产沙量就存在一些问题。另外,水保措施减少的洪水量必然使沟道侵蚀量减小。而这一部分减蚀量则是无法估算。

对流域产沙来说,虽然它是降雨及各种下垫面因素综合作用的结果,却必须以流水作为其运载工具进行输移,而黄河中游各入黄支流其洪水~泥沙关系一般都非常好,因而通过建立流域未治理情况下的洪水泥沙关系,根据减洪量去推求减沙量,即“以洪算沙”这样流域坡面措施的减水减沙问题即可得到圆满解决。

2 坡面措施减洪效益计算

2.1 小区坡面措施减洪量计算

坡面措施主要指梯田、造林、种草三项,其水保作用主要表现在减洪拦沙。从前面的叙述我们知道,用“以洪算沙”计算效益必须先算出小区坡面措施的减洪量。其主要是依据各地水保试验站多年治理与非治理小区的观测资料对比计算得来。研究中所用的小区资料来源是:黄委会

绥德水保站 1955 ~ 1963 年小区径流泥沙资料; 山西省水保所离石 1955 ~ 1968 年, 1985 ~ 1993 年小区资料。当然不同类型区最好使用各自的小区资料。

小区资料处理的步骤为: ①统计逐年各个大于 3 的农耕地、小于 2 农耕地(无埂梯田)、荒草坡、人工林、人工草小区的逐年浑水径流量; ②用计算流域的年洪量模数与小区所在地区的年洪量模数之比($M_{流域}/M_{小区}$)乘以各种措施小区的年浑水径流量将小区资料进行水平改正。即改正后的措施年洪量模数 M 为: $M = M_{措施} \cdot M_{流域}/M_{小区}$ (2); ③对各种措施改正后的年洪量按由大到小进行排序, 由公式 $P = M/n + 1 \times 100\%$ 算出其频率; ④在频率纸上绘出林地、草地与荒草坡的径流 ~ 频率曲线(图 1); 农坡地与无埂梯田的径流 ~ 频率曲线(图 2)。

2.1.1 林地、草地小区减洪量计算林地、草地的小区减洪量是通过其浑水径流分别与荒草坡浑水径流对比而得来。在图 1 上查出某一频率下荒草坡径流量, 然后用此值分别减去这个频率下林地、草地的径流量便得出林地、草地的减洪量。

2.1.2 梯田减洪量计算梯田减洪量的计算比较复杂, 原因是梯田修成后仍具有一定的坡度或修成后的田埂遭到破坏, 使梯田的减洪拦沙作用降低, 给计算带来误差。若将梯田的上述情况看成是无埂梯田, 采用“二步到位法”计算梯田减洪量则结果比较接近实际。其方法是: 第一步, 求出梯田在无埂情况下的减洪能力。将无埂梯田与大于 3° 的农坡地对比, 在图 2 中用某一频率下农坡地径流减去这一频率下无埂梯田的径流量即得无埂梯田的减洪量; 第二步, 根据小区有埂情况下的效益, 结合调查确定的梯田有埂率, 则梯田的效益即为坡耕地修平后的减洪水量与剩余径流由地埂拦蓄的洪量之和。即:

$$M_{减} = (1 - \beta) \cdot A + \beta \cdot B \tag{3}$$

上式中, B 值为有埂梯田的减洪量, 其减洪效益基本为 100%, 因此可认为某一频率下有埂梯田的减洪量为此频率下农坡地的产洪量。其值可在图 2 中查得。 β 为梯田有埂率, 根据 1994 年 9 月对晋西各县的典型调查, β 值在 20% ~ 30% 之间, 可取平均值 25%。 A 值为无埂梯田的减洪量, 可在图 2 中用某频率下坡耕地径流量减去无埂梯田的径流量而得。把上述各值代入(3)式便可求得梯田小区的减洪量 $M_{减}$ 。

2.1.3 关于几种极端情况的处理 在措施减洪量计算中, 由于减洪量计算图低水部分两线接重合(见图 1、图 2), 使枯水年减洪量为零, 结果不合理。对这种情况可采用如下办法修正:

①小区农坡地径流频率为 90% 以上时, 一律按农坡地产洪量 $0.005 \text{ 万 m}^3/\text{km}^2$ 计算梯田减洪量;

②小区荒草坡径流频率为 92% 以上时, 按荒草坡产流量 $0.06 \text{ 万 m}^3/\text{km}^2$ 计算林地、草地减洪量;

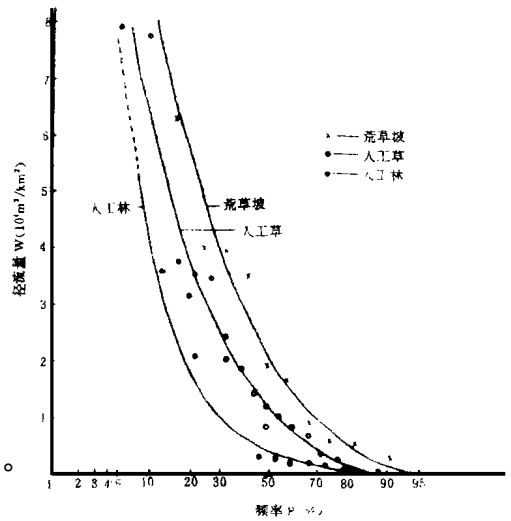


图 1 小区人工林、人工草、荒草坡径流模数 ~ 频率曲线

3 流域大面积坡面措施减洪减沙量计算

3.1 减洪量计算

得出小区坡面单项措施的减洪量后需要将其推算到流域上。然而,从小区到流域其关系并非线性增加,尤其是泥沙在运行中受下垫面因素影响较多,从而使得小区推算出的结果与流域出口的实测值相距甚远。如前述,由于 $M_{洪} = A \cdot F^n$,我们把 F 看成 1km^2 的点向流域扩展,便有:

$$\frac{W_{流域}}{W_{小区}} = \frac{A F_{流域}^n}{A F_{小区}^n} \quad \text{即} \quad W_{流域} = W_{小区} \cdot F_{流域}^n \quad (4)$$

式中: $W_{流域}$ 、 $W_{小区}$ 分别为某单项措施在流域和小区上的减洪量。从泾河流域的分析结果看,当 $F < 3000\text{km}^2$ 时 $n = 0.987$, 当 $F > 3000\text{km}^2$ 时, n

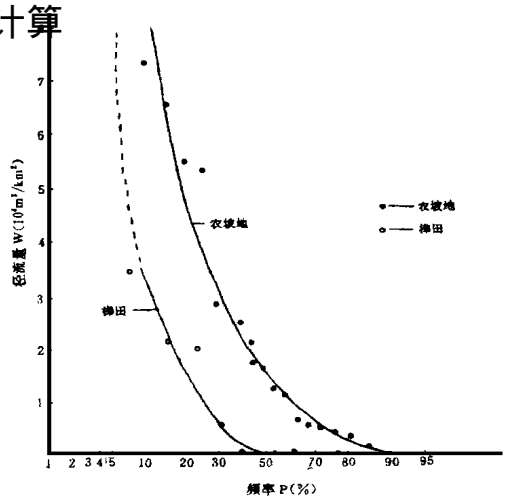


图 2 小区农坡地、梯田径流模数~频率曲线

0.797。为了使流域减洪量计算精确到每一年,我们还须画出某流域洪量~频率曲线。计算时用某年流域洪量在该图上查其相应的频率,用此频率在小区洪量~频率曲线(图 1、图 2)上查算各措施的减洪量,代入(4)式便可算出流域各措施的减洪量。例如,湫水河为晋西北一条直接入黄支流,1977 年该流域林地保存面积 F 为 108.07km^2 , 实测洪量 $W_H = 7952 \times 10^4 \text{m}^3$, 频率为 22.0%, 用此频率在图 1 上查得小区林地减洪量为 $W_{小区} = 37400 \text{m}^3/\text{km}^2$, 湫水河流域水平改正系数 $\alpha = 1.137$, 则该流域 1977 年林地减洪量为:

$$W_{林} = \alpha \cdot W_{小区} \cdot F^{0.987} = 1.137 \times 37400 \times 108.07^{0.987} = 432.2 \times 10^4 \text{m}^3$$

梯田、草地减洪量计算方法同上。

3.2 流域减沙量计算

采用“以洪算沙”进行流域坡面措施减沙量计算时,不能用某一单项措施的减洪量 ΔW_{Hi} 直接代入治理前洪水泥沙关系式中计算对应的减沙量 ΔW_{Hsi} 。其原因在于:流域的洪沙关系是流域内各种水利水保措施共同作用的结果,治理前后洪水~泥沙关系也不相同,某一单项坡面措施的减洪减沙量之间的关系并不完全与流域治理前的洪水泥沙关系一致,即当 $W_{Hs} = K W_H^\alpha$ 成立时,并不一定有 $\Delta W_{Hsi} = K (\Delta W_{Hi})^\alpha$ 成立, α 值越偏离 1.0, 误差越大。为此,采用“逐步逼近法”进行计算。

设各支流治理前的洪水泥沙关系式为 $W_{Hs} = K W_H^\alpha$, K 为系数, α 为指数,则“逐步逼近法”计算公式为:

$$(W_{Hs})_n = k [W_H + (n-1) \sum_{i=1}^4 \Delta W_{Hi}^\alpha] \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^4 \Delta W_{Hsi} = (W_{Hs})_n - (W_{Hs})_{n-1} \quad (6)$$

式中: $\sum_{i=1}^4 \Delta W_{Hsi}$ ——四大水保措施(梯、林、草、坝)总减沙量; $\sum_{i=1}^4 \Delta W_{Hi}$ ——四大水保措施总减洪量;

W_H ——某支流计算效益年份实测洪水量; W_{Hs} ——某支流计算效益年份计算洪沙量;
 n ——试算次数。

根据 $\sum_{i=1}^4 \Delta W_{Hsi}$ 值, 按坡面各单项措施的减洪比例求出其相应的减沙量, 即

$$\Delta W_{H,梯} = \frac{\Delta W_{H梯} \times \sum_{i=1}^4 \Delta W_{Hsi}}{\sum_{i=1}^4 \Delta W_{Hi}} \tag{7}$$

$$\Delta W_{H,林} = \frac{\Delta W_{H林} \times \sum_{i=1}^4 \Delta W_{Hsi}}{\sum_{i=1}^4 \Delta W_{Hi}} \tag{8}$$

$$\Delta W_{H,草} = \frac{\Delta W_{H草} \times \sum_{i=1}^4 \Delta W_{Hsi}}{\sum_{i=1}^4 \Delta W_{Hi}} \tag{9}$$

4 应用结果

该方法在黄河中游的水沙计算中使用后, 结果较令人满意, 现将黄河中游左岸浑河——三川河之间 7 条直接入黄支流的坡面措施用“以洪算沙”法得出的结果同“水沙基金”、“水保基金”在“七·五”期间的水保法计算成果加以比较。现列表如下(表 1):

从表 1 中可以看出: 用“以洪算沙”法算出的减水量和减沙量在前两大基金算出的结果之间。

表 1 “以洪算沙”法与两大基金水保法成果比较表

河 名	方 法	减 水(10 ⁴ m ³)		减 沙(10 ⁴ t)	
		1970~1979 年	1980~1989 年	1970~1979 年	1980~1989 年
浑 河	水沙	9727	11887	1616	1839
	水保	6108	6224	749	338
	以洪算沙	7379	7095	1261	706
偏关河	水沙	1282	1644	188	258
	水保	153	218	85	107
	以洪算沙	684	593	188	178
朱家川	水沙	2048	1991	362	553
	水保	244	474	205	156
	以洪算沙	1327	1126	133	173
岚漪河	水沙	931	1336	171	336
	水保	672	742	124	79
	以洪算沙	1046	1025	184	126
蔚汾河	水沙	884	1378	250	382
	水保	589	800	286	109
	以洪算沙	1076	978	285	140
湫水河	水沙	144	211	63	77
	水保	770	943	27	19
	以洪算沙	2843	2074	728	355
三川河	水沙	2415	3836	398	1164
	水保	1305	1634	427	303
	以洪算沙	4531	4145	643	501