

黄土丘陵沟壑区水土保持措施蓄水拦沙指标体系探讨

康玲玲, 董飞飞, 王云璋, 陈江南 等

(黄河水利委员会黄河水利科学研究院, 河南 郑州 450003)

摘要 根据归纳出的建立蓄水拦沙指标体系的基本思路 and 原则, 结合黄土丘陵沟壑区第一、二副区的自然环境要素和社会经济情况, 分别建立了丘一区 and 丘二区水土保持措施的蓄水拦沙指标体系, 其中淤地坝的拦泥指标与坝地面积建立了指数函数关系。将所建蓄水拦沙指标体系应用于属于丘一区的三川河流域, 计算结果表明 20 世纪 70 年代以来三川河流域水土保持措施蓄水拦沙效益较为显著, 尤其是 80 年代 and 90 年代, 其拦沙效益 and 蓄水效益大幅度提高, 这与水土保持措施工程量的增长幅度基本一致, 与实际情况比较接近。但所建指标体系的适用性还需作进一步的检验。

关键词 蓄水拦沙 指标体系 水土保持措施 黄土丘陵沟壑区

中图分类号 S157

文献标识码 A

文章编号 1006-764X(2006)02-0030-04

Discussion on index system of water storage and silt detention for soil and water conservation in gullied hilly loess region//
KANG Ling-ling, DONG Fei-fei, WANG Yun-zhang, CHEN Jiang-nan, BAO Hong-zhe, DAI Ming-ying, ZENG Mao-lin
(Yellow River Institute of Hydraulic Research, Yellow River Water Conservancy Committee, Zhengzhou 450003, China)

Abstract : The basic train of thought and the principle of the index system were summarized. In combination with the natural environment and social economy of the gullied hilly loess region, an index system for water storage and silt detention was developed in the first and the second sub-region of the gullied hilly loess region, and the exponential relationship between silt detention index of silt storage dam and the area of muddy land controlled by the dam was obtained. The application of the index system to Sanchuanhe River Basin in the first sub-region of the gullied hilly loess region shows that the effect of water storage and silt detention is evident since 1970s, and especially, it is greatly improved in 1980s and 1990s. The calculated results accord with the increment of workload for water and soil conservation, and also agree with the reality. However, the suitability of the index system developed in the study needs to be further verified.

Key words : water storage and silt detention; index system; measure for water and soil conservation; gullied hilly loess region

自 20 世纪 70 年代以来, 针对黄土高原水土保持综合治理的蓄水拦沙效益问题, 国家自然科学基金委员会、国家重点科技攻关计划、水利部黄河水沙变化基金会、黄河水利委员会水土保持科研基金会等均设立相关项目, 先后资助众多专家、学者及有关科研人员开展分析研究, 取得了大量研究成果^[1-7], 为黄河治理开发与管理提供了重要的科技支撑。但是, 综合分析这些研究成果, 发现不同项目甚至相同作者对不同流域, 或者是同一作者在不同时期所采用蓄水拦沙指标的形式和量值都存在较大差异, 从而在一定程度上影响了效益评价结果的公正、客观和可比性。因此, 为了客观、科学地评价某流域或区间开展水土保持工作所取得的蓄水拦沙效益, 首先必须建立一套科学、合理且便于操作的效益评价指标体系。

1 蓄水拦沙指标体系建立的基本思路与原则

1.1 基本思路

众所周知, 同一种水土保持措施布设在不同地区, 其所取得的蓄水拦沙效益必然是不一样的, 而在日常工作或研究中往往将土壤侵蚀类型作为区别不同地区的标志。通常所采用的土壤侵蚀类型, 是黄秉维先生以植被、地形、地貌、地面组成物质和水力、风力侵蚀强度为主要因素所划定的两大类和 9 个土壤侵蚀类型分区。其中两大类型即为有完密植被区域和缺乏完密植被区域, 而 9 个土壤侵蚀类型分区分别为高地草原区、林区、冲积平原区、土石山区、干燥草原区、风沙区、黄土阶地区、黄土高原沟壑区和黄土丘陵沟壑区。根据土地利用状况, 黄土丘陵沟壑区又可划分成第一、二、三、四、五副区, 考虑到该

区第一、二副区(以下分别简称丘一区和丘二区)是黄土高原水土流失的主要区域,区域面积占丘陵沟壑区面积的45%,水土流失严重,土壤侵蚀模数大多在 $10^4\text{ t}(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 以上,部分地区竟高达 $3\times 10^4\text{ t}(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 。本文主要针对丘一区和丘二区进行研究。

根据黄土高原地区开展水土保持工作的具体情况,以及在实际工作进行效益计算时遇到的问题,笔者采用对比分析方法,确定各项水土保持措施在不同条件下,适用于不同尺度流域、不同类型分区的蓄水拦沙指标,建立各专项水土保持措施的指标体系的技术路线,并结合以往有关蓄水拦沙效益分析和评价指标的研究成果,在对现有指标体系分析评价的基础上,建立了丘一区和丘二区的水土保持蓄水拦沙指标体系。

1.2 基本原则

小流域水土保持综合治理是一项复杂的系统工程,由于其涉及面广、影响因素多,不同流域或同一流域的不同区间之间均存在一定差异,所以,在评价水土保持蓄水拦沙效益时,不能仅仅考虑某一单项水土保持措施的作用,而必须将布设于评价流域或区间的水土保持措施作为一个整体,对其进行综合分析和评价。因此,所建指标体系也应该是综合的,同时还要求不能因应用指标体系进行计算的研究者不同而得出存在较大差异的结论。遵照这一指导思想,依据揭示差异性、遵循综合性、注重准确性、立足于可操作性的原则,研究建立起水土保持的蓄水拦沙指标体系。

表1 丘一区和丘二区主要环境要素特征值统计

分 区	年降水量/ mm	年日照时数/h	气温/℃			$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温/℃	无霜期/d	人口密度/ (人·km ⁻²)
			年平均	年最高	年最低			
丘一区	400~500	2858	8.5	38.9	-31.4	3400	120~180	76
丘二区	450~500	2414	8.5	39.7	-28.6	3000	140~180	58

分 区	地形地貌	水土流失特点	地面坡度组成/%			沟壑密度/ (km ² ·km ⁻²)	年侵蚀模数/ (10 ⁴ t·(km ² ·a) ⁻¹)	主要土壤类型
			<15°	15°~25°	>25°			
丘一区	峁状丘陵 地形破碎	沟蚀、面蚀 均很严重	16	16	68	3~7	1~3	黄绵土、粗骨土、 黑垆土、风沙土
丘二区	峁状丘陵 间有残原	沟蚀、面蚀 均很严重	26	22	52	3~5	0.5~1.5	黄绵土、黑垆土、红土、 灰褐土、风沙土

表2 丘一区坡面措施蓄水拦沙指标体系

坡面措施	蓄水指标(m ³ ·hm ⁻²)									拦沙指标(t·hm ⁻²)								
	丰水年			平水年			枯水年			丰水年			平水年			枯水年		
	1级	2级	3级	1级	2级	3级	1级	2级	3级	1级	2级	3级	1级	2级	3级	1级	2级	3级
梯田(亚区一)	360	320	280	300	260	220	240	200	160	220	185	150	165	135	105	110	95	80
梯田(亚区二)	280	230	180	190	160	130	140	115	90	170	140	115	120	100	80	90	75	60
造林	350	330	260	250	230	160	110	76	55	110	96	60	90	68	45	50	37	30
种草	260	220	160	210	180	120	100	65	45	100	96	55	80	62	40	45	36	25

注:亚区一指丘一区中年降水量小于450mm的区域,主要位于河龙区间的西北部,以陕西省的无定河及其以北地区为主;亚区二指丘一区中年降水量大于或等于450mm的区域,大部分处于晋西山区和陕西省的延河及其以南地区。

2 丘一区蓄水拦沙指标体系的建立

表1列出了丘一区和丘二区的主要环境要素特征值^[8-10]。结合资料并对比其他区域不难看出,丘一区不仅降水少、强度大,而且光照充分,气候干燥,再加上地形破碎、地面坡度和沟壑密度大,以及黄土物质疏松、具有垂直节理和易遭侵蚀等特点,因此必然会形成以沟蚀、面蚀为主的侵蚀类型,而且其土壤侵蚀强度之大居黄土高原之首。

综上所述,丘一区的自然环境条件差,土壤侵蚀模数大,水土流失十分严重。无疑,在该地区布设造林、种草、梯田坡面措施和修建沟道拦蓄工程,必然会取得较为显著的蓄水拦沙效益,尤其是拦沙效益更大于黄土丘陵沟壑区的其他副区和黄土高原沟壑区。

根据各单项措施所确定的蓄水拦沙指标,参考以往研究成果中所列的蓄水拦沙指标^[11],结合典型流域蓄水拦沙效益的计算成果与分析评价,综合给出丘一区的蓄水拦沙指标体系,如表2所示。由表2结合有关资料分析,可以得到以下认识:

- a. 不论是蓄水指标,还是拦沙指标,其降水偏多年份的指标值总是大于偏枯年份,说明来水来沙量的多少基本上决定了各项坡面措施蓄水拦沙效益的大小。这里应该指出的是,若遇特大暴雨,各项水土保持措施遭受毁坏的情况,则存在蓄水拦沙指标绝对值下降的现象。
- b. 就造林、种草和梯田3项坡面措施的蓄水拦沙指标值而言,总体上呈现出梯田大于造林,造林大于种草的特点。

c. 由于造林在截留雨水、涵养水分方面具有较强的功能,因此在雨水偏多的年份,其蓄水效益与梯田差不多,如质量等级为 1 级和 2 级造林的蓄水指标就与梯田亚区一的相应指标值几乎持平,但稍大于亚区二的相应指标值。

d. 就梯田而言,不论是丰水年、平水年还是枯水年,也不分任何等级,其蓄水拦沙指标值都是亚区一大于亚区二,这主要是由于亚区一和亚区二地形、地貌、水土流失特点和土壤侵蚀强度等方面的差异所致。

e. 有关淤地坝的拦泥指标,本研究较以往研究成果有了较大的改进。拦泥指标即单位坝地面积的平均拦泥量,通常又称“拦泥定额”,在以往的计算中作为常数,但又考虑到其差异较大(3 万~12 万 t/hm²),通常结合流域的实际情况,按坝高、坝型或年代的不同而选用不同的拦泥指标。本研究则从基本概念出发,提出拦泥指标是随淤积体积的增加而不断变大的,总结出了坝地面积与拦泥体积间的相关变化,建立了利用坝地面积计算拦泥指标的指数函数计算式。单坝拦泥指标 $k_{\text{单}} = 4.3f_{\text{单}}^{0.23}$, $f_{\text{单}}$ 为单坝坝地面积。同时指出拦泥库淤积形态的变化(包括沟道、坡面宽度及比降等边界条件)决定了拦泥指标与坝地面积间的指数函数关系,所以计算中应结合计算区域的实际情况进行边界条件的修正。同时还考虑到,在生产实际中目前尚难以做到逐坝计算,需要对群坝总坝地面积下的总拦泥量进行估算,为此又推出了多坝的拦泥指标计算方法。多坝平均拦泥指标 $k_{\text{多}} = 4(f_{\text{多}}/n)^{0.33}$, $f_{\text{多}}/n$ 为多坝平均个坝坝地面积。为便于计算,分别编制了单坝和多坝的拦泥指标查取表^[12],可通过坝地面积直接查取拦泥指标。

以往拦泥指标的选用,具有一定的局限性、跳跃性和任意性。本研究使拦泥指标与坝地面积建立连续变化的函数关系,使之计算时有方法可依,有表可查。同时既可进行单坝的计算,也可进行多坝群的推估。

f. 淤地坝减水量的计算。淤地坝拦泥的同时也拦截了洪水,所以,淤地坝的减水作用和拦泥作用是同时产生的。由于人为拦洪的目的是拦泥,拦蓄

的洪水是要排出去的,洪水排出,剩下的只是淤泥,故计算淤地坝的减水量时不能考虑其蓄水量,只能计算淤泥中所含的水量,该水量中大部分消耗于蒸发,小部分又从地下流入河中。淤地坝减水的计算是个很复杂的过程,笔者在文献[12]中已经详细阐述,这里不再赘述。

3 丘二区蓄水拦沙指标体系的建立

丘二区主要环境要素的特征值见表 1,尽管该区沟壑密度、地面坡度和地形破碎程度不及丘一区,但土壤类型与丘一区大多一致,降水量大于丘一区。因此,水土流失也十分严重,其土壤侵蚀强度仅次于丘一区。

根据前述单项措施的蓄水拦沙指标值,结合表 1 所列的环境因素特点,并参考以往的部分成果,综合获得丘二区的蓄水拦沙指标体系,见表 3。由表 3 可知,丘二区蓄水拦沙指标的分布规律和指标特性基本相似于丘一区,但在梯田与造林的指标值差异方面,不及丘一区显著,仅仅表现在丰水年的 1 级和 2 级措施质量状况下,造林蓄水指标值与梯田的蓄水指标接近。淤地坝的拦泥指标计算与丘一区的相同。

4 在典型流域的应用

为了检验所建蓄水拦沙指标体系的合理性和区域适应性,并进一步校核部分典型流域蓄水拦沙效益的计算成果,本文以三川河流域为例,对该流域的蓄水拦沙效益进行计算分析。

4.1 流域概况

三川河流域位于黄河中游河口镇至龙门区间的中部,属丘一区,流域面积 4 161 km²。据截至 1999 年部分代表站的资料统计,流域多年平均降水量为 502.7 mm,其中 6~9 月降水量占全年的 73.1%。

据资料反映,该流域较系统的水土保持工作始于 20 世纪 50 年代。1982 年起被列为国家 8 片重点治理区域之一的水土保持治理区。表 4 列出了三川河流域各年代末(修正后)水土保持措施的保存面积。

4.2 蓄水拦沙量的计算

对照该副区所划分的两个亚区,该流域属亚区二,在进行蓄水拦沙效益计算时选用丘一区亚区二

表 3 丘二区坡面措施蓄水拦沙指标体系

坡面措施	蓄水指标/(m ³ ·hm ⁻²)									拦沙指标/(t·hm ⁻²)								
	丰水年			平水年			枯水年			丰水年			平水年			枯水年		
	1 级	2 级	3 级	1 级	2 级	3 级	1 级	2 级	3 级	1 级	2 级	3 级	1 级	2 级	3 级	1 级	2 级	3 级
梯 田	390	340	290	300	260	220	230	200	170	210	175	140	150	120	90	100	80	60
造 林	370	330	200	270	230	160	140	122	80	70	54	30	55	42	25	40	27	20
种 草	270	220	120	220	180	110	120	104	70	65	54	30	55	39	20	35	26	20

水土保持措施	1959 年	1969 年	1979 年	1989 年	1996 年	2000 年
梯田	0.105	0.407	1.226	1.571	2.329	2.538
造林	0.040	0.089	1.478	5.997	10.717	12.027
种草	0.004	0.012	0.036	0.172	0.252	0.318
坝地	0.014	0.030	0.126	0.289	0.318	0.334
合计	0.163	0.538	2.866	8.029	13.616	15.217

的蓄水拦沙指标值。

根据该流域水土保持措施的保存面积 ,按照降

表 5 三川河流域水土保持措施的蓄水拦沙量

时 间	汛期天然径流量/万 m ³	蓄水量/万 m ³				蓄水效益/%	汛期天然来沙量/万 t	拦沙量/万 t					拦沙效益/%
		梯田	造林	种草	小计			梯田	造林	种草	坝地	小计	
20 世纪 50~60 年代	13260	32.3	38.6	7.3	78.2	0.59	3 194.7	20.1	8.8	4.3	85	118.2	3.7
20 世纪 70 年代	10585	158.7	197.9	12.7	369.3	3.5	2 739.3	100.5	45.0	6.7	576	728.2	26.6
20 世纪 80 年代	10831	168.0	642.2	17.4	827.6	7.6	2 040.7	107.9	139.3	10.4	1 003	1 260.6	61.8
20 世纪 90 年代	9856	243.1	1 068.6	28.6	1 340.3	13.6	1 834.6	157.5	244.5	15.8	366	783.8	42.7

注 :①本表中汛期天然径流量、来沙量分别由文献 [13] 和文献 [14] 中天然水、沙量计算公式计算获得。②本次计算未考虑淤地坝的蓄水量。

5 结 语

a. 在总结以往研究成果的基础上 ,归纳出了建立蓄水拦沙指标体系的基本思路和原则 ,据此建立了黄土丘陵沟壑区第一、二副区的水土保持蓄水拦沙指标体系 ,并在三川河流域进行了应用。

b. 由于淤地坝的拦泥指标不仅与淤积厚度有关 ,还受库区淤积形态的影响 ,而库区的淤积形态和淤积过程又是千变万化的 ,所以拦泥指标的计算也只能是一个共性的概化和平均 ,对于具体流域的计算还需要进行地区边界的验证和修正 ,尤其是对于多坝的计算 ,在尚未实现逐坝数字化之前 ,都只能是平均的的综合的模拟 ,方法仍有待改进。在实际计算中 ,生产实际能提供的已知条件往往太少 ,如何能在极少的已知条件中作出较准确的计算是需要考虑的。

c. 由于资料等原因 ,本文确定的指标体系仅在丘一区亚区二的三川河流域进行了试算 ,尽管计算所得的成果较为满意 ,但因受区域的限制 ,本指标体系是否具有更广泛的适用性 ,还有待于作进一步的应用与检验。

参考文献 :

[1] 唐克丽.黄河流域的侵蚀与径流泥沙变化[M].北京 :中国科学技术出版社 ,1993.

[2] 张胜利 ,李倬 ,赵文林.黄河中游多沙粗沙区水沙变化原因及发展趋势[M].郑州 :黄河水利出版社 ,1988.

[3] 汪岗 ,范昭.黄河水沙变化研究 :第一卷[M].郑州 :黄河水利出版社 ,2002.

[4] 汪岗 ,范昭.黄河水沙变化研究 :第二卷[M].郑州 :黄河水利出版社 ,2002.

水的丰、平、枯情况和措施的质量等级 ,利用选用的指标 ,计算出流域各年代的蓄水拦沙量(表 5)。

由表 5 可以看出 ,20 世纪 70 年代以来三川河流域水土保持措施蓄水拦沙效益较为显著。尤其是 80 年代和 90 年代 ,拦沙效益分别为 70 年代的 2.3 倍和 1.6 倍 ,而蓄水效益分别较 70 年代增大 1 倍和 3 倍左右 ,这与水土保持工程措施量的增长幅度基本一致 ,与实际情况比较接近。

[5] 徐建华 ,牛玉国.水利水电工程对黄河中游多沙粗沙区径流泥沙影响研究[M].郑州 :黄河水利出版社 ,2000.

[6] 张胜利 ,于一鸣 ,姚文艺.水土保持减水减沙效益计算方法[M].北京 :中国环境科学出版社 ,1994.

[7] 熊运阜.梯田、林地、草地减水减沙效益指标初探[J].中国水土保持 ,1996(8) :25-27.

[8] 常茂德 ,赵诚信 ,王正果.黄土高原地区不同类型区水土保持综合治理模式研究与评价[M].西安 :陕西科学技术出版社 ,1995.

[9] 中国科学院黄土高原综合科学考察队.黄土高原地区土壤资源及其合理利用[M].北京 :中国科学技术出版社 ,1991.

[10] 中国科学院黄土高原综合科学考察队.黄土高原地区资源环境社会经济数据[M].北京 :中国经济出版社 ,1992.

[11] 康玲玲 ,王云璋 ,陈江南 ,等.水土保持坡面措施蓄水拦沙指标体系的回顾与评价[J].中国水土保持科学 ,2004 ,2(1) :83-88.

[12] 陈江南 ,王云璋 ,徐建华 ,等.黄土高原水土保持对水资源和泥沙影响评价方法研究[M].郑州 :黄河水利出版社 ,2004.

[13] 王云璋 ,康玲玲 ,王国庆 ,等.近 30 年三川河流域降水变化及其对径流的影响[J].西北水资源与水工程 ,2003 ,14(3) :8-12.

[14] 康玲玲 ,王云璋 ,王云 ,等.近 30 年三川河流域水土保持蓄水拦沙效益分析[J].水力发电 ,2003 ,29(7) :11-15.

(收稿日期 2005-04-18 编辑 骆超)

