

基于黄土丘陵沟壑区第 I 副区淤地坝 淤积调查的土壤侵蚀模数计算

刘立峰¹, 杜芳艳¹, 马宁¹, 马竹娥¹, 王惠泽²

(1. 黄河水利科学研究院 绥德水土保持科学试验站, 陕西 绥德 718000; 2. 陕西师范大学, 陕西 西安 710062)

摘要: [目的] 探索适合黄土丘陵沟壑区不同沟道土壤侵蚀模数计算的新方法, 为区域水土流失防治和水保规划提供数据支持。[方法] 以黄土丘陵沟壑区不同沟道 74 个不同坝型的淤地坝为基础, 将其看作小流域的沉沙池, 同时结合实地调查测量与分析计算, 利用淤地坝赋存的泥沙信息获得不同级别沟道的土壤侵蚀量。[结果] (1) 在地形复杂的黄土丘陵沟壑区, 土壤侵蚀模数与不同沟道对应的淤地坝控制面积具有一定的负相关关系; (2) 土壤侵蚀模数调查值较设计值显著降低, 造成淤地坝空坝率上升, 使淤地坝长期保持负效应。[结论] 利用闷葫芦坝淤积量推算坝体控制面积土壤侵蚀量, 方法简单合理。同时小流域坝系可采用多种方法综合分析, 相互印证, 可较准确地确定小流域土壤侵蚀模数。

关键词: 黄丘 I 副区; 小流域; 淤地坝; 土壤侵蚀模数

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2015)06-0124-06

中图分类号: P332.5, P334⁺91

Calculation on Soil Erosion Modulus Based on Sedimentation Investigation of Check Dam in First Subdivision of Loess Hilly-gully Region

LIU Lifeng¹, DU Fangyan¹, MA Ning¹, MA Zhue¹, WANG Huize²

(1. Soil and Water Conservation Station of Suide, Yellow River Institute of Hydraulic Research, Suide, Shaanxi 718000, China; 2. Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China)

Abstract: [Objective] The study aimed to find a new method calculating soil erosion modulus in order to provide basic data for planning of check dams and dam system, which could also provide important reference value to soil and water loss prevention. [Methods] Different levels of channel in loess hilly region has been chosen for research. Chose seventy-four different type of dam "check dam", which could also be seen as an aerated grit chamber. By the sediment information recorded of check dam, the amount of soil erosion of different levels of channel obtained. Meanwhile, combining field investigation and analysis calculation, try to explore a new method, which could get the accurate soil erosion modulus in loess region. [Results] (1) In complex terrain of loess hilly region, there is a negative correlation between soil erosion modulus and controlled area, which is corresponding to different channel silt dam; (2) Compared with the design value, the droop value of soil erosion modulus reduced significantly, which made silt dam can not be used, and makes silt dam holding negative effects in long-term. [Conclusion] Based on sedimentation volume of check dam, calculating the soil erosion modulus of controlled area is simple and reasonable. At the same time, a variety of methods could be used and comprehensive analysis, they confirm each other, so that we could calculate soil erosion modulus accurately.

Keywords: first subdivision of loess hilly-gully region; small watershed; check dam; soil erosion modulus

土壤侵蚀作为影响全球陆地表层生态质量的重要因素, 是限制当今人类生存和发展的全球性环境问题之一, 严重制约着全球社会经济的可持续发展^[1]。同时, 土壤侵蚀还能引发和加剧洪水灾害, 造成多种

环境问题^[2]。长期以来, 土壤侵蚀的研究一直是个难点, 同时又是热点, 特别是区域土壤侵蚀模数的确定更是重中之重。土壤侵蚀模数是指单位时间、单位面积土地上的土壤侵蚀量, 常以每年 1 km² 的土壤侵蚀

收稿日期: 2014-08-27

修回日期: 2014-10-13

资助项目: 黄河水利科学研究院科研业务费专项“黄土丘陵沟壑区淤地坝减蚀作用研究”(HKY-JBYW-2013-26)

第一作者: 刘立峰(1978—), 男(汉族), 陕西省榆林市人, 工程师, 主要从事水土保持方面的研究工作。E-mail: llf_780118@163.com。

量或每年侵蚀土层的厚度表示^[3]。由于种种原因,整个黄土高原地区仅有极少数小流域开展过土壤侵蚀的监测工作,且所获资料极为有限,对于绝大多数小流域而言,水文泥沙的观测资料仍然空白^[4]。这些流域土壤侵蚀模数的获得,往往以流域出口水文站的泥沙监测资料为依据,但这与实际情况相差甚远,远远不能满足科研与生产活动的需要。目前,在小流域水土保持规划、土壤侵蚀研究过程中,采用水保法、水文法、遥感调查法等方法均可以进行土壤侵蚀模数的计算,但无法满足开发建设项目水土流失预测的需要^[5]。同时,国内外先后出现了各种各样的土壤侵蚀模型,比较有影响力的有美国通用土壤流失方程 USLE 模型^[6]、WEPP 模型^[7]和欧洲的 EU-ROSEM^[8]、ANSWERS^[9]等模型。然而,以上模型大多适用于缓坡坡面侵蚀量的计算,对于黄土丘陵沟壑区切割破碎、沟坡陡峻的地形特征,高含沙水流独特的输沙规律,计算结果难以满足研究需求^[10]。此外,尽管相关单位进行了一次全国水利普查,较为准确地摸清了我国土壤侵蚀的现状,但对土壤侵蚀过程和驱动机制缺乏清晰的认识和理解,很难构建适用于我国复杂环境条件下的土壤侵蚀模型^[11,4]。因此,小流域土壤侵蚀的定量研究需要进一步的探索^[12]。

无论是理论研究,还是水土保持实践应用,特别是坝系及淤地坝的规划设计,小流域土壤侵蚀模数都是一个必不可少的重要指标。它是小流域坝系工程可行性研究报告编制中十分重要的基础性指标,对小流域坝系工程的规模、投资及效益影响很大^[13]。因此,黄土丘陵沟壑区小流域土壤侵蚀模数的确定显得尤为重要而迫切。淤地坝在拦蓄大量泥沙的同时,记录了小流域土壤侵蚀产沙过程及历史变化特征。因此,可利用淤地坝(闷葫芦坝)记载的泥沙信息,应运多种方法进行综合分析计算,相互印证,合理确定小流域土壤侵蚀模数,研究小流域土壤侵蚀量的空间分布特征,获取完整的不同级别(I—V级)沟道土壤侵蚀量,且具有系列长、精度高、信息量大、实用性强等特点。

1 调查的方法

通过调查 2000 年以来淤地坝建设和淤积过程,对比各支流发展现状,为计算淤地坝年均拦沙量和减蚀量提供基础性数据。

1.1 调查范围及数量

以支流为单位,对 2000 年以来新建淤地坝(大型坝、骨干坝、中型坝和小型坝)进行实地调查,尝试计算出各自的年均淤积量。本次共调查大中小淤地坝

74 座,涉及陕西省榆林市的绥德、米脂、榆林、佳县、横山、靖边、神木、府谷、清涧和子洲等 10 县,主要水系包括皇甫川、窟野河、孤山川、秃尾河、佳芦河和无定河等黄河一级支流。

1.2 调查资料收集

本次调查以黄委会绥德水土保持科学试验站为依托,同时,得到了榆林市各县水利局、水文站的大力支持。收集了被调查淤地坝的设计资料和竣工验收报告,以及坝高一库容(淤地面积)关系曲线(含曲线计算表)等基础性资料。

1.3 调查方法

调查采用平均淤积高程法,在淤积面上进行测量,对于少数有蓄水的坝体,先测量水面与坝顶的高程差,再用绳索或探杆探测水面与淤泥面的高程差,计算出淤积厚度,最后通过原始库容曲线查出淤积高程。通过实测各断面及各测量点淤积高程,算出平均淤积高程,依据坝高一库容(面积)关系曲线,从而获得淤积库容。

(1) 从坝前到淤积末端,以控制淤积体平面变化为原则,取 3 个断面,测量断面间的间距。在每一断面选 3 个测量点(控制点),测量各淤积测点的高程和测点间的水平距离。

(2) 各断面的平均高程和淤积面的平均高程用下式计算:

$$Z_i = \frac{1}{2} B_i \sum (Z_i + Z_{j+1}) \Delta B_j \quad (1)$$

式中: Z_i ——第 i 断面的平均淤积高程; Z_j ——第 i 断面、第 j 测点的淤积高程; ΔB_j ——同断面相邻测点间的水平距离; $B_i = \sum \Delta B_j$ ——第 i 断面淤积面的宽度。

$$Z = \frac{1}{2} L_i \sum (Z_i + Z_{j+1}) \Delta L_i \quad (2)$$

式中: Z ——坝区淤积面的平均高程; ΔL_i ——相邻断面的间距; $L = \sum \Delta L_i$ (坝前到淤积末端的长度)。

(3) 由原始库容曲线查得与高程 Z 相应的库容,即为骨干坝累计泥沙淤积体积。

2 结果与讨论

2.1 小流域沟道特征分析

为从沟道级别上既能反映侵蚀规律,又能进行同级之间的比较,便于坝系布局。采用美国 Strahler^[14]提出的地貌几何定量数学模型分级方法,即在一个流域内,小到不再有分支的水道即为一级水道,两个一级水道汇合后组成二级水道,以此类推。在 1/1 万地形图上进行分级,在黄土丘陵沟壑区 3 条典型小流域

(绥德韭园沟控制面积 70.7 km², IV 级沟道; 子洲小河沟控制面积 63.3 km², IV 级沟道; 榆林沟控制面积 65.6 km², V 级沟道) 采用美国地貌几何定量数学模型进行沟道分级(表 1)。由表 1 可知, 各级沟道的侵蚀形态特征基本相似。对于同级沟道而言, 平均面积、平均沟道长、平均比降都大体相当, 使同级别的沟道不仅具有可比性, 还存在着递减的几何级数关系。不同的是, 3 个流域所划分的沟道等级级别和数量(特别是 I 级沟道) 相差较大, 榆林沟可划分出 V 级沟道, 而其他两个流域只划分到 IV。流域的各级地貌形态特征值, 均与该流域的级别成一定的相关关系, 根据本次不同坝型不同沟道级别的调查发现, 同一级沟道的土壤侵蚀模数也比较接近。

表 1 小流域沟道基本情况

流域名称	沟道等级	沟道数量/条	平均面积/km ²	平均沟长/km	平均比降/‰
榆林沟	I	278	0.17	0.50	10.70
	II	45	0.82	0.80	4.80
	III	6	7.72	0.38	1.70
	IV	2	31.30	5.90	1.30
	V	1	65.60	2.70	0.60
小河沟	I	208	0.22	0.57	9.90
	II	38	0.92	0.70	4.60
	III	11	3.68	3.20	3.00
	IV	1	63.30	13.00	1.30
韭园沟	I	364	0.13	0.47	9.50
	II	57	0.76	0.90	3.50
	III	8	8.73	5.00	2.40
	IV	1	70.70	16.00	1.20

2.2 土壤侵蚀模数监测

研究区域内, 水蚀为主要的侵蚀类型, 侵蚀方式是沟蚀, 地貌形态则沟谷纵横, 地面破碎。侵蚀量为淤地坝控制面积内的土壤侵蚀量, 由实测淤积坝高, 对应库容曲线, 计算出淤积体积(m³), 乘以土壤干容重(1.35 t/m³), 再除以坝控面积和淤积年限, 即可获得土壤侵蚀模数。

2.2.1 2000 年以后不同沟道土壤侵蚀模数 本次调查共涉及各类淤地坝 54 座。其中, 小型坝 5 座, 中型坝 16 座, 骨干坝 25 座, 大型坝 8 座。经计算, I 级沟道(适宜建小型淤地坝), 土壤侵蚀模数平均值为 10 161.4 t/(km²·a); II 级沟道(适宜建中型淤地坝), 土壤侵蚀模数平均值为 6 966.8 t/(km²·a); III 级沟道(适宜建骨干坝), 土壤侵蚀模数平均值为 6 748.2 t/(km²·a); III—IV 级沟道(适宜建大型坝), 土壤侵蚀模数平均值为 5 718.6 t/(km²·a)(表 2)。

表 2 不同沟道土壤侵蚀模数监测表

沟道级别	坝型	控制面积/km ²	调查数量/座	侵蚀强度/(t·km ⁻² ·a ⁻¹)
I 级沟道	小型坝	<1	5	10 161.4
II 级沟道	中型坝	1~3	16	6 966.8
III 级沟道	骨干坝	3~5	25	6 748.2
III—IV 级沟道	大型坝	>5	8	5 718.6

同时, 依据控制面积的大小, 将本次调查的 54 座淤地坝分为 4 类, 并算出不同坝型控制面积的平均值, 并与该坝型对应的土壤侵蚀模数平均值做出趋势图(图 1), 由图 1 可以看出, 不同沟道土壤侵蚀模数与坝体控制面积(坝型)呈负相关关系。随着淤地坝控制面积的增加, 土壤侵蚀模数逐步减小, 且减幅逐渐降低。同时, 间接表明控制面积作为影响土壤侵蚀模数的一个重要因子, 在坝系面积较小的情况下, 它对土壤侵蚀模数的影响更为剧烈, 随着坝系面积的增大, 它在所有影响因子中所占的比重下降。

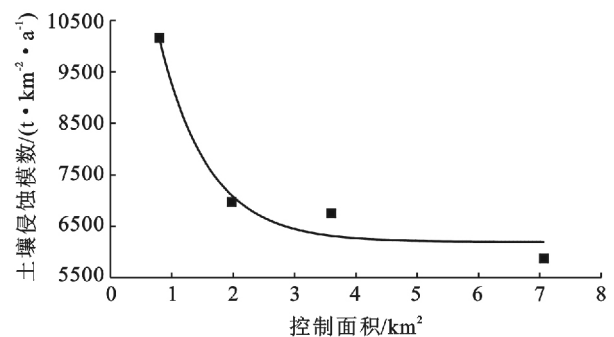


图 1 土壤侵蚀模数与控制面积趋势图

2.2.2 2000 年以后部分支流侵蚀模数的变化

2000 年以后, 黄河流域各支流不同沟道的土壤侵蚀模数差异显著。无定河一级支流芦河上游靖边县的马场沟大型坝, 控制面积 9.5 km², 2003 年建设, 至今已淤积 10 a, 计算的土壤侵蚀模数为 20 500 t/(km²·a), 是本次土壤侵蚀模数调查的最高值; 侵蚀模数最低的是无定河下游米脂的冯家沟骨干坝, 控制面积 3 km², 2007 年建设, 已淤积年 6 a, 土壤侵蚀模数仅为 2 700 t/(km²·a)。清涧河支流经计算侵蚀模数最高仅为 6 624 t/(km²·a), 平均值只有 3 600 t/(km²·a)(表 3)。另外, 本次调查中, 由于坝系积水较深, 以致无法得到土壤侵蚀模数, 皇甫川仅有一座坝可以测量, 测得土壤侵蚀模数为 9 200 t/(km²·a)。

2.3 淤地坝拦沙量与减蚀量计算

在小流域淤地坝土壤侵蚀模数的研究当中, 淤地坝的拦沙量与减蚀量是两个极为重要的指标。

表 3 2000 年以后部分黄河支流土壤侵蚀模数

河流名称	县区名称	土壤侵蚀模数/(t·km ⁻² ·a ⁻¹)	
		平均值	最高值
无定河支流	绥德	5 280	10 700
	横山	8 900	16 900
	米脂	2 500	2 700
	靖边	9 200	20 500
	子洲	7 500	8 700
秃尾河	榆阳	4 400	9 200
窟野河	神木	6 400	15 400
佳芦河	佳县	8 200	18 900
清涧河	清涧	3 600	6 624

2.3.1 拦沙量的计算 淤地坝的拦沙量,由拦泥量和减轻沟蚀量(减蚀量)两部分组成,因此,淤地坝拦沙量必然大于拦泥量。而拦泥量由已淤成坝地和未淤成坝地两部分组成^[15]。

淤地坝拦沙量的计算方法主要有典型推算法和全面调查法。典型推算法的计算公式为:

$$\Delta W_{sg} = M_s f (1 - A_1) (1 - A_2) \quad (3)$$

式中: ΔW_{sg} ——流域淤地坝拦沙量(t); M_s ——单位面积坝地拦沙量(t/hm²); f ——流域坝地面积; A_1 ——人工填垫面积在坝地总面积中所占比例系数; A_2 ——推移质在坝地拦沙量中所占比例系数。其中, M_s 与沟道地形、坝高等因素有关, M_s 随流域不同而有所差异; f 的确定有两种方法:新增坝地面积和前期已淤成的坝地面积。对后一种坝地的拦沙量,目前尚无较好的计算方法,一般情况下仅计算第一种坝地的拦沙量。流域不同, A_1 和 A_2 也不相同,据对无定河和孤山川流域的调查, A_1 分别为 25%和 13%, A_2 约为 10%~20%。由于沟道地形的复杂性,淤地坝的大小高低相差较大,利用该方法推算出的小流域淤地坝拦沙量,难免有或大或小的误差。

全面调查法则是对流域淤地坝逐个进行调查,将所有淤地坝的拦沙量加起来,得出全流域的拦沙量。这种方法工作量大,但精度高。黄河中游不少支流,特别是陕西省内的一些支流淤地坝的拦沙量,均采用该方法进行调查。

2.3.2 减蚀量的计算 减蚀量主要包括被坝内泥沙淤积物覆盖下的原沟谷侵蚀量和波及影响的淤泥面以上沟道侵蚀的减少量^[16]。后一部分的数量较难确定,一般是在前一部分的基础上乘以一个扩大系数。减蚀量与沟壑密度、沟道比降及沟谷侵蚀模数等因素密切相关,其计算公式为:

$$\Delta W_{sj} = F \cdot W_{si} \cdot k_1 \cdot k_2 \quad (4)$$

式中: ΔW_{sj} ——计算年淤地坝减蚀量(10⁴ t); F ——计算年淤地坝的面积; W_{si} ——计算年内流域的侵蚀模数(t/km²),按各控制区的年输沙模数扩大 1.15

倍而得; k_1 ——沟谷侵蚀量与流域平均侵蚀量之比。根据以往经验,黄土高原沟壑区 k_1 值为 2.20;黄河中游黄土丘陵沟壑区 k_1 取 1.75; k_2 为坝地以上沟谷侵蚀的影响系数,一般取 $k_2 = 1.0$ 。

2.4 土壤侵蚀模数调查值与设计值的对比

本次调查对象为闷葫芦坝,在调查的 74 座坝中,有 24 座因水太深无法调查,有 54 座已被部分利用,虽有浅水,但可以测量。此次调查的闷葫芦坝,坝体控制面积大小各异,有的达 10 km²,有的仅有 0.62 km²,但不论大小,它们都能对一次洪水泥沙全部拦住,所以淤地坝的已淤库容即为它淤积年限内的拦沙量(表 4)。由表 4 可知,与设计值相比,各流域不同沟道的土壤侵蚀模数调查值出现了不同程度的下降。其中,降幅最大可达 80.0%~96.9%,共涉及有 17 座坝,占本次调查总数的 31.5%;减幅在 12.5%~39.9%的有 8 座,占调查总数的 14.8%;减幅在 40.0%~59.9%的有 11 座,占 20.4%;在 60.0%~79.9%的有 11 座占,20.4%。总共有 47 座淤地坝土壤侵蚀模数调查值小于设计值,占调查总数的 87%,说明建坝以来,相对于设计值而言,坝系小流域内土壤侵蚀模数实际值显著降低。其中,减幅最明显的为无定河支流郝家梁和窟野河支流苏圪台的两座中型坝。前者建于 2006 年 4 月,控制面积 2.69 km²,设计土壤侵蚀模数 1.8×10⁴ t/(km²·a),实测数值仅有 600 t/(km²·a),减少了 17 400 t/(km²·a),减幅达 96.7%;后者建于 2007 年 9 月,控制面积 2.75 km²,设计值 30 000 t/(km²·a),实测值仅为 916 t/(km²·a),减少了 29 084 t/(km²·a),减幅达 96.9%。

表 4 不同支流土壤侵蚀模数实测值比设计值减少比例

流域名称	减少比例/%	大型坝	骨干坝	中型坝	小型坝	合计
无定河	12.5~39.9	1	3	0	2	6
	40.0~59.9	1	2	2	0	5
	60.0~79.9	1	4	4	0	9
	80.0~96.9	0	3	6	0	9
窟野河	12.5~39.9	0	0	1	0	1
	40.0~59.9	0	0	1	0	1
	80.0~96.9	0	3	1	0	4
秃尾河	12.5~39.9	1	0	0	0	1
	80.0~96.9	1	1	0	0	2
黄甫川	40.0~59.9	1	0	0	0	1
	40.0~59.9	0	1	1	1	3
大理河	60.0~79.9	0	0	0	1	1
	40.0~59.9	0	1	0	0	1
清涧河	80.0~96.9	0	1	0	0	1
	60.0~79.9	0	1	0	0	1
佳芦河	60.0~79.9	0	1	0	0	1
	80.0~96.9	0	1	0	0	1

由于土壤侵蚀模数的大幅减少,造成淤地坝空坝率上升,使淤地坝长期保持负效应,这也是黄河中游来沙锐减的主要原因。与此同时,调查中也有 7 座坝的土壤侵蚀模数实测值大于设计值,占调查总座数的 13%,最大增幅为 70.8%,土壤侵蚀模数增加量为 8 500 t/(km²·a)。其中,大型坝 2 座,靖边、横山各 1 座;骨干坝 4 座,横山 3 座,榆阳区 1 座;小型坝 1 座,位于清涧县。土壤侵蚀量实测值比设计值增加了 580~8 500 t/(km²·a),增加了 4.4%~70.8%。如无定河支流靖边县马场沟 2003 年兴建的大型坝,控制面积 9.5 km²,设计侵蚀模数 12 000 t/(km²·a),实测侵蚀模数 20 500 t/(km²·a),增加 85 00 t/(km²·a),增加了 70.8%;无定河支流横山县龙头小型坝,2005 年兴 5 770 t/(km²·a),增加了 4.4%(表 5)。土壤侵蚀模数设计值偏小,会导致垮坝现象。例如,韭园沟和王茂沟小流域在 1953—1960 年

期间共建淤地坝 42 座,其中 19 座在 1961 年被淤平,其余 2 座在 1962 和 1963 年被淤平,21 座淤地坝被淤平的平均时间只有 3.38 a,土壤侵蚀模数设计值严重偏低。另外,靖边县设计的土壤侵蚀模数也只有 12 000 t/(km²·a),对于该地区来说相对较低。

2.5 2000 年以后建设的骨干坝利用情况

本次调查中,共调查 2000 年以后建设的骨干坝 74 座,已利用 24 座,占 32.4%;有积水而未利用的 50 座,占调查总数的 67.6%(表 6)。其中,府谷县共修建骨干坝 15 座,截止调查时,没有一座被利用;利用情况较好的为绥德县,10 座坝中,已有 7 座被利用。已利用的骨干坝,从建坝到调查时,长达 11 a,坝内一直存有积水,导致不能被利用,造成淤地坝效益滞后或负效应,这种现象仍在持续。而中小型淤地坝一般在 3~6 a 内即可耕种,因此,地方群众更热衷于建中小型淤地坝,而不愿建骨干坝。

表 5 调查区 2000 年以后建设的淤地坝减蚀量

所属支流	地理位置	坝名	建成时间	淤积年限/ a	控制面积/ km ²	侵蚀模数/(t·km ⁻² ·a ⁻¹)			侵蚀模数 减少率/%
						实测量	设计量	减少量	
无定河	绥德	郝家梁	2006 年	7	2.69	600	18 000	17 400	96.7
清涧河	清涧	呼家岔	2008 年	5	3.03	570	15 300	14 730	96.3
窟野河	神木	苏圪台	2007 年	6	2.75	916	30 000	29 084	96.9
窟野河	神木	斜岔	2004 年	9	4.30	2 107	15 000	12 893	86.0
无定河	横山	王窑则	2007 年	6	2.40	1 050	13 000	11 950	91.9
佳芦河	佳县	草垛峁	2011 年	2	4.00	1 013	17 500	16 487	94.2
秃尾河	榆阳区	石牛畔	2005 年	7	8.12	1 700	12 000	10 300	85.8
皇甫川	府谷	李家沟	2009 年	4	7.56	9 200	19 000	9 800	51.6
无定河	靖边	马场沟	2003 年	10	9.50	20 500	12 000	-8 500	-70.8
无定河	横山	冯梨峁	2005 年	8	3.60	16 931	13 000	-3 931	-30.2
无定河	横山	黄草梁	2006 年	7	3.15	16 812	13 000	-3 812	-29.3
无定河	横山	石庙	2006 年	7	3.86	16 563	13 000	-3 563	-27.4
无定河	榆阳	银匠峁	2006 年	7	4.38	18 700	15 000	-3 700	-24.7
佳芦河	佳县	软石沟	2007 年	6	0.81	18 889	17 500	-1 389	-7.9
无定河	横山	龙头	2005 年	8	5.50	13 577	13 000	-577	-4.4

表 6 调查区 2000 年以后建设的骨干坝利用情况

项目	绥德	清涧	子洲	神木	横山	佳县	米脂	靖边	榆阳区	府谷	合计	所占比例/%
已利用	7	2	1	1	5	0	3	3	2	0	24	32.43
未利用	3	0	3	5	12	3	0	3	6	15	50	67.57

3 结论

(1) 本次调查中不同级别沟道土壤侵蚀模数调查结果依次为:I级沟道 10 161.4 t/(km²·a);II级沟道 6 966.8 t/(km²·a);III级沟道 6 748.2 t/(km²·a);III—IV级沟道 5 718.6 t/(km²·a)。表明在地形复杂的黄土丘陵沟壑区,土壤侵蚀模数与不同沟道对应

的淤地坝控制面积具有一定的负相关关系,即随着淤地坝控制面积的增加,土壤侵蚀模数逐步减小,且减幅逐渐降低。表明控制面积作为影响土壤侵蚀模数的一个重要因子,在坝系面积较小的情况下,它对土壤侵蚀模数的影响更为剧烈,随着坝系面积的增大,它在所有影响因子中所占的比重呈下降趋势。

(2) 与设计值相比,土壤侵蚀模数调查值显著降

低。87%的小流域调查值小于设计值,减幅最大可达96.9%,31.5%的流域减幅达到了80.0%~96.9%。土壤侵蚀模数的大幅减少,造成淤地坝空坝率上升,使淤地坝长期保持负效应,导致黄河中游来沙量锐减。

(3)在本次调查的74座骨干坝中,因存有积水而未被利用的达50座,占调查总数的67.6%,说明淤地坝在设计之初对土壤侵蚀模数数值的估算明显偏离实际数值,间接表明对土壤侵蚀模数准确计算的重要性和紧迫性。

(4)利用闷葫芦坝淤积量推算坝体控制面积的土壤侵蚀量,调查方法简单合理,考虑因素比较全面。同时,小流域坝系可采用多种方法进行综合分析计算,相互印证,从而较准确地确定小流域土壤侵蚀模数,是对土壤侵蚀监测工作的是一个重要补充,极具推广价值。

[参 考 文 献]

- [1] 郑粉莉,王占礼,杨勤科.我国土壤侵蚀科学研究回顾和展望[J].自然杂志,2008,30(1):12-16.
- [2] 张岩,刘宪春,李智广.利用侵蚀模型普查黄土高原土壤侵蚀状况[J].农业工程学报,2012,28(10):165-171.
- [3] 祝赢,章文波,刘素红,等.第一次全国水利普查侵蚀模数的批量计算方法:基于CSLE和GIS的土壤水蚀模数计算器设计与应用[J].水土保持通报,2012,32(5):291-295.
- [4] 段菊卿,柏跃勤,王英顺.黄土高原小流域侵蚀模数的确定方法[J].中国水土保持,2009(8):32-34.
- [5] 高旭彪.开发建设项目土壤侵蚀模数预测方法初步研究[J].中国水土保持科学,2008,6(3):116-120.
- [6] Wischmeier W H, Smith D D. Predicting Rainfall Erosion Losses [M]. USDA: Agricultural Handbook, 1978:537.
- [7] Laflen J M, Lwonnard J L, Foster G R. WEPP a new generation of erosion prediction technology[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1991,46(1):34-38.
- [8] Morgan R P C, Quinton J N, Smith R E, et al. The European soil erosion model(EUROSEM): A dynamic approach for predicting sediment transport from fields and small catchments [J]. Earth Surface Processes and Landforms, 1998,23(6):527-544.
- [9] Beasley D B. ANSWERS: A model for watershed planning[J]. Transactions of the ASAE, 1980, 23(4):938-944.
- [10] 姚文艺,肖培青.黄土高原土壤侵蚀规律研究方向与途径[J].水利水电科技进展,2012,32(2):73-78.
- [11] 李锐,上官周平,刘宝元.近60a我国土壤侵蚀科学研究进展[J].中国水土保持科学,2009,7(5):1-6.
- [12] 齐清,王天明,寇晓军,等.基于GIS的黄土高原小流域土壤侵蚀定量评价[J].水土保持研究,2009,16(3):2-5.
- [13] 陈骞.小流域坝系建设中的几个问题及建议[J].中国水土保持,2008(2):55-56.
- [14] 付明胜,任兆选,白平良.地貌几何数学模型在黄土高原沟道分级和坝系规划中的应用[J].中国水土保持科学,2003,1(4):25-27.
- [15] 冉大川,李占斌,申震洲,等.泾河流域淤地坝拦沙对降雨的响应分析[J].西安理工大学报,2010,26(3):249-254.
- [16] 冉大川,罗全华,刘斌,等.黄河中游地区淤地坝减洪减沙及减蚀作用研究[J].水利学报,2004(5):7-13.