

坝地淤积物干容重分布规律及其在层泥沙还原中的应用*

魏 霞¹, 李占斌^{1,2}, 李勋贵³, 鲁克新¹

(1 西安理工大学 水利水电学院, 陕西 西安 710048;

2 中国科学院 水利部水土保持研究所 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100;

3 长安大学 环境科学与工程学院, 陕西 西安 710054)

[摘 要] 针对淤地坝减水减沙效益计算中以 1.35 g/cm^3 作为转换值求层泥沙淤积量时存在较大差异的问题, 选取典型坝挖取剖面进行剖面分析, 并提取每层淤积物的土样进行土样干容重测定, 分析了典型坝地淤积物的干容重分布情况。结果表明, 对同一座典型坝, 其坝地淤积物的干容重值并不是沿深度方向保持不变, 而是沿纵向有一定的波动趋势, 但波动幅度不大; 对于淤积程度相似的典型坝, 其干容重值接近, 干容重变化幅度类似; 以实测每层淤积物干容重还原层泥沙淤积量, 可以较精确地对应层淤积量与次侵蚀性降雨, 以此对淤积过程机理进行分析将更加科学合理。

[关键词] 淤地坝; 淤积物; 干容重; 层泥沙还原; 减水减沙效益计算

[中图分类号] S157.3⁺1

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2006)10-0192-05

坝地淤积物的干容重是反映淤积泥沙重力特性的一个非常重要的物理指标, 各种与泥沙冲淤有关的分析计算都需要用该指标进行重量与体积的转换, 因此, 干容重取值准确与否直接影响着计算结果的精度。影响淤积物干容重取值的因素比较复杂, 已有研究^[1-2]表明, 淤积泥沙干容重与负重、粒径级配、淤积时间、埋置深度、堆放环境、渗透率等因素有关, 水库淤积泥沙干容重的变化范围很大, 一般为 $0.5 \sim 2.1 \text{ t/m}^3$ 。目前, 在淤地坝的减水减沙效益计算中, 坝地淤积物的干容重常取 1.35 g/cm^3 ^[3-6], 当以该值为中间转换值求解淤地坝的减沙效益时, 可使计算过程得以简化。但在以大水对大沙原则进行淤地坝淤积过程机理研究^[7-10]时发现, 当将该干容重值作为层淤积泥沙转换值时, 会对淤积过程机理的研究产生重要影响, 甚至会导致错误的结果。针对这种情况, 本文以陕北子洲县小河沟流域的石畔峁坝和靖边县红河则小流域的张山坝为研究对象, 采用典型坝的勘察观测取样分析与室内试验计算分析相结合的研究方法, 分析了各典型坝坝前淤积物的淤积层厚度、干密度的纵向分布规律等物理特性指标, 并以

此为基础进行了坝地淤积泥沙量的还原, 以期淤积过程的分析提供依据。

1 研究区概况

本研究所选取的两座典型坝为石畔峁坝和张山坝, 前者位于陕北子洲县的小河沟流域, 后者位于陕北靖边县的红河则小流域。

小河沟流域位于陕西省榆林市子洲县南部, 距县城约 12 km, 位于东经 $109^\circ 47' 42''$ $109^\circ 55' 61''$, 北纬 $37^\circ 36' 17''$ $37^\circ 43' 34''$, 属于大理河的一级支流无定河的二级支流, 流域面积 63.5 km^2 , 为黄土丘陵沟壑区第 I 副区。流域多年平均降水量为 421 mm, 多年平均侵蚀模数为 $15\,000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{年})$, 年均输沙量 92.25 万 t。

红河则小流域地处黄土丘陵沟壑区, 属于无定河流域大理河上游一级支流, 地理坐标介于东经 $108^\circ 53' 30''$ $109^\circ 2' 00''$, 北纬 $36^\circ 42' 23''$ $36^\circ 45' 20''$, 控制面积 76.2 km^2 。暴雨是土壤侵蚀的主导因素, 全年的水土流失多集中在汛期。据青阳岔水文站观测, 流域内多年平均降雨量为 440.4 mm, 流域多年平均

* [收稿日期] 2005-10-26

[基金项目] 国家自然科学基金项目“坡面径流侵蚀输沙动力过程试验研究”(40371075); 黄河水利委员会“十五”重大治黄科技项目“大理河流域水土保持生态工程建设的减沙作用研究”(2002SZ08)

[作者简介] 魏 霞(1980-), 女, 陕西扶风人, 在读博士, 主要从事土壤侵蚀与水土保持、水文学及水资源等方面的研究。E-mail: wx800322@163.com; wx800322@126.com

径流量为 267.5 万m^3 ,且多以洪水形式出现。多年平均输沙量为 73.9 万t ,年侵蚀模数 $1.35 \text{ 万t}/(\text{km}^2 \cdot \text{年})$,而汛期输沙量为 41.6 万t ,占年输沙量的56.3%。浑水径流含沙量高,往往形成高浓度的泥流输送入大理河。

2 研究方法

2.1 典型坝选取与淤积层划分

典型坝的选取既要保证坝地淤积物来源于降雨径流冲刷该坝坝控面积上的坡耕地、牧荒坡及沟谷陡崖等不同土地利用类型表层及其更深层土壤的土壤侵蚀量,还要保证各典型坝均是沟头的“闷葫芦”坝,且有一定的淤积年限。

本次调研选取的剖面均紧邻淤地坝,属于淤地坝坝体与坝地的交接处。由于落淤在坝地下游的淤积物主要以黄土、胶泥、沙土为多^[11],一场暴雨洪水

中的淤积物有泥也有沙,因此,在挖取剖面分层量取淤积层厚度以及采取土样时应将相邻的泥和沙划为一层,而且每一层应该遵循淤泥在上、沙在下的原则。对于只有一层淤泥而沙层有好几层的情况(这时的沙和沙之间的区别不是太明显,可以通过淤泥与沙的颜色和纹理来区分,例如靖边县张山坝的淤积层中有的沙颜色偏褐色,有的颜色偏黄色,这时就认为是两场相邻降雨,在第一场降雨所形成的淤积物尚未完全形成,淤积物表面还未形成固结的淤积层,坝控面积上的各种土地利用类型表面上的次侵蚀剖面还未得到修复时,接着又有了另一场降雨,在上一次降雨的基础上,更容易产生侵蚀,淤积沙量也比较大,但是缺少径流从坡面上冲刷下来的细土层,而只是单纯的沙),则将泥层和紧挨该泥层的那层沙认为是同一层。图1是坝地淤积层现场的拍摄图。

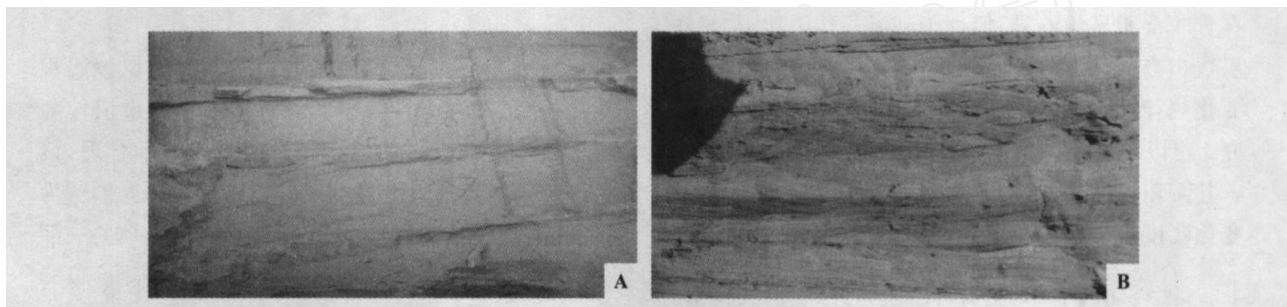


图1 淤地坝现场淤积层观察

A. 石畔峁坝; B. 张山坝

Fig. 1 Field photos of depositing layer of check dams

A. Shipanmao check dam; B. Zhangshan check dam

2.2 样品采集

样品的采集采用地形剖面法,土样为各分层土样,即按照以上选坝原则与淤积层的划分标准,将坝体的水毁残留断面挖成之字形台阶状,台阶高 1 m 左右留取 1 个 1 m 见方的平台,以便于土样采取和层高测量。当遇到某些淤积厚度大于 1 m 的淤积层时,就以该层淤积厚度为台阶高度,接着在各台阶修整剖面准备取样。本次干容重的测定采用环刀法进行。在采样时,必须考虑到沙粒沉积的先后顺序,并且保证每个淤积层上的所有深度土样都应该被采集到,在用环刀垂直剖面取土样时,给环刀依次做好标记,沿深度方向逐步取土,以便测定其干容重(沿横向方向取样 3 次,取 3 次的平均值作为该断面该层的干容重),以每 1 层各深度方向的干容重取样总深度为淤积年限内所有淤积物的总厚度。

3 结果及分析

3.1 石畔峁坝

石畔峁坝于1972年建成,1980年在 1 场大暴雨中被冲垮,坝底挖高 6.28 m ,总挖淤积深共 22 层(挖到坝底),测得总厚度的平均干容重为 $1.38 \text{ g}/\text{cm}^3$,各淤积层的干容重变化范围为 $1.26 \sim 1.66 \text{ g}/\text{cm}^3$,其累计淤积层厚度和干容重的关系见图2。

3.2 张山坝

张山坝于1974年建成,1989年垮坝,挖高 7.89 m ,总挖淤积深共 17 层(由于该坝存在危险故未挖到坝底),测得总厚度的平均干容重为 $1.33 \text{ g}/\text{cm}^3$,各淤积层的干容重变化范围为 $1.20 \sim 1.41 \text{ g}/\text{cm}^3$,其累计淤积层厚度和干容重的关系见图3。

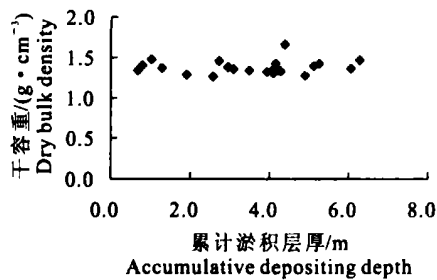


图 2 石畔峁坝干容重与淤积深度的关系
Fig. 2 Relationship between dry bulk density and accumulative depositing depth of Shipanmao Dam

对比图 2、3 可以看出,石畔峁坝和张山坝的淤积层总厚度分别为 6.28 和 7.89 m,其干容重沿深度方向的变化不是太明显,虽大小有增有减,但其数值波动范围不大。石畔峁坝和张山坝分别属于大理河两个典型的地形地貌带,土壤土质以及侵蚀方式有着非常明显的差异,但由于其淤积年限接近,淤积层数相当(即淤积程度相似),其干容重值较为接近,变化规律也比较类似。同时,结合其他典型坝的研究^[7]可以得出如下结论:对于不同类型区的淤地坝,若其淤积程度相似,则其干容重值接近,且干容重的变化幅度也类似。

4 干容重分布规律在层泥沙还原中的应用

淤地坝淤积过程机理的研究是受树木年轮水文

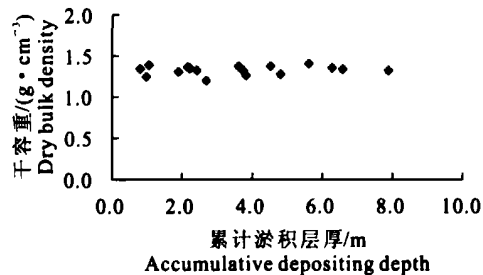


图 3 张山坝干容重与淤积深度的关系
Fig. 3 Relationship between dry bulk density and accumulative depositing depth of Zhangshan Dam

学^[12]启发,以大水对大沙的原则为依据来进行的。在利用库容曲线与实测的层淤积厚度求解每一层的泥沙淤积量时,以实测的每层干容重值作为中间转换参数求得的层泥沙淤积量与采用固定值(1.35 g/cm³)求得的层泥沙淤积量的对比情况如表 1 所示。

从表 1 可以看出,前者较后者求得的泥沙淤积量更能反映实际情况,以实测每层的干容重值作为中间转换参数求得的层淤积量值更为科学合理,该值能为进一步推求淤地坝的淤积过程机理提供更为可靠的依据。以下仅以陕北子洲县石畔峁坝的一部分淤积层为例,比较实测干容重和固定干容重(1.35 g/cm³)2 种转换参数之间层泥沙淤积量的差异。

表 1 2 种干容重值计算的石畔峁坝层淤积泥沙量结果对比

Table 1 Comparison of the layer sedimentation amount calculated by the two different dry bulk densities of Shipanmao Dam

淤积层数 Depositing layer	从下向上 累计淤高/m Accumulative depositing from down to up	从下向上 每层淤高/m Accumulative depositing from down to up	固定干容重及层泥沙淤积量计算 Fixed dry bulk density and layer sedimentation amount		实测干容重及层泥沙淤积量计算 Experimented dry bulk density and layer sedimentation amount	
			固定干容重/ (g·cm ⁻³) Fixed dry bulk density	层泥沙淤积量/t Layer sedimen- tation amount	固定干容重/ (g·cm ⁻³) Fixed dry bulk density	层泥沙淤积量/t Layer sedimen- tation amount
13	3.19	0.40	1.35	322.18	1.339	319.57
14	3.33	0.14	1.35	110.63	1.355	111.07
15	3.56	0.23	1.35	179.49	1.385	184.10
16	3.70	0.14	1.35	107.94	1.459	116.64
17	4.37	0.67	1.35	504.13	1.263	471.56
18	5.00	0.63	1.35	457.92	1.287	436.44
19	5.25	0.25	1.35	178.16	1.371	180.95
20	5.49	0.24	1.35	169.42	1.480	185.71
21	5.60	0.11	1.35	77.18	1.403	80.21
22	6.28	0.68	1.35	471.67	1.341	468.40
总和 Sum				2578.72		2554.65

由表1可知,采用两种不同的干容重值作为求解淤积量的中间转换参数,其淤积总量分别为2 578 72和2 554 65 t,结果相差不大,但按照大水对大沙的原则,在进一步推求淤地坝的淤积过程时,却存在很大差异。从表1数据还可以看出,淤积层中的控制性淤积层(淤积量特大层)的次序未发生变化,即淤积层的第13, 17, 22层在用两种方法进行计算时不发生变化,但这3个控制层之间的淤积层的淤积量,在分别用两种方法进行计算时却存在很大差异,例如控制淤积层第13层和第17层之间的3个淤积层,在用固定干容重值作为中间转换值时,计算的层淤积量的大小次序依次为15, 14和16;但以实测干容重作为中间转换值时,计算的层淤积量的大小次序依次为15, 16和14;同理,在控制淤积层第17层和第22层之间,按照固定干容重计算的层淤积量的大小次序依次为18, 19, 20和21,而按照实测干容重计算的层淤积量的大小次序为18, 20, 19和21。因此,在进一步以大水对大沙原则来推求淤地坝的淤积过程机理时,由于淤积泥沙已经产生了错位,故用此错误资料在进行降雨的对应时,必然会发生错位,甚至可能导致淤积过程机理的变形。可见,在淤积过程机理的分析研究中,层淤积量的计算以实测的各层干容重为转换参数将更为科学合理。

5 结 论

针对目前淤地坝减水减沙效益计算时,以固定

干容重作为转换参数求解层泥沙淤积量时存在较大差异的问题,本文通过选取典型淤地坝,挖取剖面,提取每层淤积物的土样,进行了土样干容重的测定,分析了淤地坝坝地淤积物每个淤积层淤积物的干容重分布情况,以此为基础进行了各层泥沙淤积量的还原计算,并与以固定值(1.35 g/cm^3)求解的层淤积量值进行了比较,结果表明:

1) 对每座典型坝,其坝地淤积物的干容重值并不是沿深度方向保持不变,而是沿纵向有一定的波动趋势,但波动幅度不大,总是在其均值周围摆动;对于淤积程度相似的典型坝,其干容重值接近,干容重变化幅度类似。

2) 以两种不同的干容重作为中间转换参数求解层淤积泥沙量时,其结果存在较大差异。在坝地各层淤积物的泥沙计算中,以实测各层的干容重作为转换参数时,计算的淤积量在进行淤地坝淤积过程机理分析时更为科学合理。

3) 以上结论是基于陕北子洲县小河沟流域的石畔峁坝和陕北靖边县红河则小流域的张山坝实地研究得出的,故其在整个黄土高原的适用性还有待于进一步研究。

[参考文献]

- [1] 师长兴,章 典,尤联元,等. 黄河口泥沙淤积估算问题和方法——以河口三角洲为例[J]. 地理研究, 2003, 22(1): 49-59
- [2] 黄河泥沙研究工作协调小组. 黄河泥沙研究报告选编[R]. 西安: 西安理工大学, 1980
- [3] 王万忠,焦菊英. 黄土高原水土保持减水减沙效益预测[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2002
- [4] 焦菊英,王万忠,李 靖,等. 黄土高原丘陵沟壑区淤地坝的淤地拦沙效益分析[J]. 农业工程学报, 2003, 19(6): 302-306
- [5] 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
- [6] 焦菊英,王万忠,李 靖,等. 黄土高原丘陵沟壑区淤地坝的减水减沙效益分析[J]. 干旱区资源与环境, 2001, 15(1): 78-83
- [7] 李占斌,符素华,鲁克新. 秃尾河流域暴雨洪水产沙特性的研究[J]. 水土保持学报, 2001, 15(2): 88-91
- [8] 李占斌,符素华,靳 顶. 流域降雨侵蚀产沙过程水沙传递关系研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1997, 3(4): 44-49
- [9] 李占斌. 黄土地区小流域次暴雨侵蚀产沙研究[J]. 西安理工大学学报, 1996, 12(3): 177-183
- [10] 魏 霞. 淤地坝淤积信息与流域降雨产沙关系研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2005
- [11] 黄河水利委员会绥德水土保持科学试验站. 水土保持试验研究成果汇编: 第二集[G]. 郑州: 黄河水利委员会, 1985
- [12] 李江风,袁玉江,由希尧. 树木年轮水文学研究与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2000

Distribution law of deposits' dry bulk density and its application in sediment restoration of check-dam

WEI Xia¹, LI Zhan-bin^{1,2}, LI Xun-gui³, LU Ke-xin¹

(1 Institute of Water Resources and Hydro-Electric Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China;

2 Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China;

3 Environment Science and Engineering College, Chang'an University, Xi'an, Shaanxi 710054, China)

Abstract: In view of the problem of differences resulted from the application of conversion parameter of 1.35 g/cm^3 to the benefit calculation of soil and water conservation for check dams, this study chose typical check dams, excavated the sections of the dams, analyzed section condition, collected soil samples of each layer, determined the dry bulk density of samples, analyzed the dry density distribution condition of the dams and restored the layer sedimentation amount of the dams. Results show that to the same check dam, the dry bulk density of each layer is not equal in depth, but has a fluctuating tendency along longitudinal direction with a small fluctuation margin; to the two typical check dams with similar depositing degree, the value and the variation amplitude of dry bulk density are resembled; and the presented method can restore the amount of the sedimentation and make the layer sediment yields correspond to the erosive rain more accurately, which offers a scientific and rational tool to depositing process analysis.

Key words: check dam; depositing matter; dry bulk density; layer sediment restoration; benefit calculation of soil and water conservation

(上接第191页)

Abstract ID: 1671-9387(2006)10-0189-CA

Theory on the calculation of operation pressure of micro-irrigation emitters

ZHU De-lan¹, WU Pu-te², WANG Jian¹, CHANG Xing¹

(1 College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 ISWC, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: A new calculation method of micro-irrigation operation pressure was developed. This method was based on the acceptable emitter flow variation which resulted from the combined effect of farmland sectional altitude difference, manufacture variation and hydraulic variation. First of all, the equation of annual cost of the lateral was proposed. And then annual cost of the lateral, which included material cost and annual running cost, was used as objective function. The optimal micro-irrigation operation pressure was determined by using gold searching computer method under condition of the discharge variation being kept within acceptable limits. The research indicated that the most important factors affecting the micro-irrigation operation pressure were farmland sectional altitude difference and the acceptable emitter flow variation. The bigger the farmland sectional altitude difference was, the bigger the micro-irrigation operation pressure was. The smaller the acceptable emitter flow variation was, the bigger the micro-irrigation operation pressure was. The maximum micro-irrigation operation pressures on the cotton land, orchard and hot-house were 0.5, 1.0 and 2.5 m respectively.

Key words: drip irrigation; operation pressure of emitters; farmland sectional altitude difference; Manufacture variation