

淤地坝水毁灾害研究中的几个观念问题讨论

魏 霞¹,李占斌^{1,2},武金慧¹,李斌斌¹,杜 中¹

(1. 西安理工大学 水利水电学院,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 杨陵 712100)

摘要:从系统理论的角度出发,给淤地坝的水毁灾害进行定义。对淤地坝水毁灾害的现状进行了总结,并将自然灾害中的两重性和共发性等基本概念引入淤地坝水毁的灾害研究中。认为从长时间尺度、大范围来看淤地坝的水毁并非是件坏事,这些概念的建立对于黄土丘陵沟壑区淤地坝的建设、淤地坝的水毁灾害研究、淤地坝水毁灾害的防治等都具有重要的意义。

关键词:淤地坝;系统理论;水毁;灾害

中图分类号:S157.31

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)06-0154-03

A Discussion on Some Ideological Problems in Research of Water Damage Hazards of Check Dam

WEI Xia¹,LI Zhan-bin^{1,2},WU Jin-hui¹,LI Bin-bin¹,DU Zhong¹

(1. Institute of Water Resources and Hydror Electric Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China;2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract:Water damage hazards of check dam were defined from a viewpoint of system theory. The present status of check dam water damage hazards was summarized and the duality and coherence of natural hazards were introduced into the research of water damage hazard of check dam. It is suggested that the water damage hazard of check dam in long time scale and large extent they may be good. The formation of the ideas mentioned above will be of great importance in check dam construction, in research of check dam damage hazard study and in prevention of check dam water damage hazard in hilly and gully region on the Loess Plateau.

Key words:check dam;system theory;water damage;hazards

淤地坝是黄土丘陵沟壑区一种重要的水土保持工程措施,是水土流失地区小流域治理的最后一道防线。通过多年实践,淤地坝工程在拦泥淤地、防洪保收、灌溉养殖、人畜饮水、改善交通等方面发挥了重要作用,成为不可缺少的水土保持措施。黄土高原地区几十年的淤地坝建设实践证明,坝系建设具有显著的生态、社会和经济效益,在治理水土流失、减少入黄泥沙、发展区域经济、提高群众生活水平和改善生态环境等方面具有不可替代的作用。然而多年来水毁问题却一直困扰着黄土高原地区淤地坝的建设发展。事实上,黄土高原地区淤地坝发展之所以走走停停,断断续续,并屡遭非难,其最大根源就在于坝系水毁事件频繁发生。遇到暴雨,尤其是特大暴雨经常会发生水毁垮坝事件,多数甚至是连锁垮坝。尤其是 20 世纪 70 年代,黄河中游地区连续几次大降雨,对该地区的淤地坝造成不同程度的损坏,给当地人民群众的生命财产造成严重威胁,以至于学术界对于淤地坝的建议有了不同的异议,甚至是偏见。而且 1994 年的几场连续大降雨,又使黄河中游地区的淤地坝遭受不同程度的水毁灾害。本文从系统论的角度出发,运用自然灾害学的基本

知识对淤地坝的水毁问题提出自己的新看法。

1 淤地坝水毁灾害的现状

经资料查阅收集,本文将黄河中游黄土高原几次大暴雨的典型性水毁分别进行归纳总结如下:

(1)20 世纪 70 年代水毁情况^[1]。20 世纪 70 年代,黄河中游地区连降几次较大暴雨,该地区的淤地坝均遭到不同程度的水毁破坏,详见表 1。学术界因此也对淤地坝建设出现了一些不同的看法,甚至是偏见。

表 1 黄河中游地区暴雨垮坝情况统计

暴雨日期	地点	降雨量/mm	淤地坝		淤地面积/hm ²			
			总数	冲毁座数	总面积	冲毁面积		
1973-08-25	陕西延川县	112	7570	3300	43	1466	220	15
1975-08-05	陕西延长县	108	6000	1830	31	2493	232	9
1977-07-08	绥德韭园沟	287	333	243	73	181	49	27
1977-08-05	子洲驼耳巷沟	198	274	199	73	169	43	25

注:以上数据来自参考文献[2]。

1973 年 8 月 25 日,陕西省延川县突降暴雨,降雨量

收稿日期:2007-01-03

基金项目:国家自然科学基金项目(40371075);黄河水利委员会“十五”重大治黄科技项目(2002SZ08);西安理工大学优秀博士学位论文研究基金资助(106-210622)

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、水文及水资源等研究。

112.5 mm,暴雨频率相当于 200 a 一遇,延川县的 7 570 座淤地坝中遭受不同程度损毁的有 3 300 座,占 43.6%。1975 年 8 月,陕西省延长县先后发生降雨量分别为 50.7 mm 和 108.5 mm 的两次强降雨,暴雨频率相当于 100 a 一遇。在这两场暴雨中,6 000 座淤地坝中有 1 830 座不同程度损毁,占 30.5%。1977 年 7 月 4 - 5 日,黄河中游地区普降暴雨(简称“77·7”暴雨),暴雨中心在甘肃庆阳地区和陕西省志丹、安塞、子长县一带,50 mm 以上暴雨量面积 9 万 km²,最大暴雨中心位于安塞县招安乡,48 h 降雨量 225 mm,24 h 最大降雨量为 2.5 mm,暴雨频率相当于 300 a 一遇。1977 年 8 月 4 - 5 日,在山西省晋中地区平遥县和吕梁地区石楼县与陕西省北部清涧县之间发生了强降雨(简称“77·8”暴雨),降雨量分别为 356 mm 和 294 mm,暴雨频率相当于 500 a 一遇。在这两次暴雨中,甘肃庆阳地区,陕西榆林、延安地区及山西西部 28 县,有 3.27 万座淤地坝遭不同程度损毁。1978 年 7 月 27 日,陕西省子长、清涧和子洲等县普降暴雨 50 mm 以上暴雨量面积 626 km²,暴雨中心在 3 县交界处的子洲县裴家乡塬,降雨量 610 mm,清涧河上游的宁塞河、胜天沟、王家贬一带降雨 400 ~ 600 mm。暴雨频率相当于

1 000 a 一遇,清涧县的淤地坝不同程度损毁的有 254 座。

1973 年 8 月 25 日,延川县的水毁坝库中,损毁坝地面积占这些坝库坝地面积的 13.3%,占全县坝地总面积的 5.8%。1975 年 8 月,延长县的水毁坝库中,损毁的坝地面积占这些坝库坝地面积的 26.1%,占全县坝地面积的 91.3%。1977 年洪水中严重受灾的 13 个县,坝地损毁面积约占坝地总面积的 1/4 ~ 1/3。有些沟道暴雨洪水过后,虽然部分坝库遭到冲毁,损失一些坝地,但同时另一些坝拦泥淤沙,反而增加了坝地。山西柳林县 1977 年洪水损失坝地 133 hm²,却新增坝地 80 hm²。陕西省子长县的 11 条小流域,面积共 416 km²,1977 年洪水损毁淤地坝 121 座,占总坝数的 30%,冲毁坝地 89 hm²,占总坝地的 26%,但同时另外新淤坝地 148 hm²,毁增相抵,净增坝地 59 hm²。米脂县榆林沟 1978 年暴雨中,冲毁坝地 15 hm²,新增坝地 19 hm²。

(2)黄河中游地区 1994 年暴雨洪水水毁情况^[3]。1994 年黄河流域汛期雨量变化异常,晋、陕、蒙、甘、宁等省(区)先后出现了 4~7 场区域性大暴雨,使 7 542 座大、小淤地坝遭到了不同程度的损坏。给当地人民的生产生活带来了一定影响,同时也增加了入黄泥沙,详见下表 2。

表 2 黄河中游 5 省(区) 1994 年汛期淤地坝水毁情况统计

省(区)	地(盟)/ 个	县(旗)/ 个	水毁坝/ 座	坝控面积/ km ²	恢复工程概况					
					库容/ 万 m ³	可淤地/ hm ²	工程量/ m ³	用工/ 万工日	总投资/ 万元	其中国补/ 万元
甘肃	5	20	101	605.12	2326.1	316.7	217.91	115.81	1324.4	946.54
宁夏	2	6	24	163.60	1367.7	102.5	63.09	24.52	281.4	201.10
山西	4	21	55	738.28	4267.0	399.7	102.07	43.00	520.8	372.00
内蒙古	2	3	15	82.00	1712.0	208.2	39.49	7.43	294.0	210.21
陕西	2	25	7347	5212.90	367350	14694.0	22187.94	1173.6	35000.0	25000.00
合计	15	75	7542	6442.90	377022	15721.1	22610.50	1964.71	37420.6	26729.85

(3)1994 年陕北水毁调查^[4]。1994 年 7、8 月间,陕北榆林、延安地区许多县遭受暴雨、洪水、冰雹、龙卷风等灾害,特别是定边、靖边、吴旗、志丹、子洲、绥德等县连续遭受 3~5 次特大暴雨洪水袭击,不少地方山洪暴发,房倒窑塌,田冲地毁,城镇被淹。一大批淤地坝和水库受到损害,有的垮坝溃决,有的出现险情。从各地情况看,陕北淤地坝这次受害面积之大,数量之多,损坏程度之严重,是新中国建立以来所没有的。据调查,陕北地区 7、8 月间冲垮和部分冲坏的淤地坝共 7 347 座,占淤地坝总数的 23%,其中坝体被冲毁(坝体被洪水拉到沟底)的 1 590 座,局部毁坏的(一般冲毁坝体土方 10%、坝地 5%~10%)4 851 座,放(泄)水建筑物受损的 906 座。属于大型淤地坝的 320 座,占 4.35%;中型淤地坝 1 771 座,占 24.11%;小型淤地坝 5 256 座,占 71.54%;骨干坝基本上没有明显损坏。榆林地区受损淤地坝 6 187 座,其中坝体全毁 1 475 座,占 23.8%;坝体部分损坏 4 035 座,占 65.2%;建筑物损坏 677 座。延安地区损坏淤地坝 1 160 座,其中坝体全毁的 115 座,占 9.92%;部分毁坏 816 座,占 70.34%;泄水建筑物毁坏 229 座,占 19.74%。

(4)王家沟流域 2000 年 7 月 8 日水毁情况^[5]。王家沟流域属黄土丘陵沟壑区,位于离石市城北 4 km 处,流域总面积 9.1 km²,沟壑密度 7.01 km/km²。该流域经过 40 多年的综合治理,沟道川台化已基本形成。截止 1999 年底,流域内共有大、小淤地坝 24 座(不包括已淤平的 5 座),其中主沟

9 座,支沟 15 座,建坝密度 2.6 座/km²,已拦泥 215.82 万 m³,淤成坝地 37.29 hm²,坝地面积与流域面积之比为 1 24.4,实现了水沙平衡,达到防洪保收。但 2000 年 7 月 8 日出现的略大于 50 a 一遇的暴雨,使能抵御百年一遇降雨的王家沟流域坝系严重水毁,具体情况详见下表 3。

表 3 王家沟流域“7·8”水毁情况

工程名称	水毁部位	土方工程/ m ³	石方工程/ m ³	作物/ hm ²
干沟 3# 坝				0.54
干沟 4# 坝	涵洞出口	18	7	2.20
干沟 5# 坝	中部	1010		0.91
干沟 6# 坝	右肩	2764		6.86
干沟 8# 坝				1.79
干沟 9# 坝	坝、坡、 溢洪道出口	107	76	
西沟 1# 坝				0.65
花曲沟坝	右肩	286		1.46
洋道沟坝	左肩	288		0.56
排洪渠	1 520 m	2432		
东流沟 1# 坝	涵洞出口	32	12	
合计		6 973	95	14.97

(5)陕北延安市碾庄沟水毁情况^[6]。碾庄沟是延河的一级支流,流域面积 54.2 km²,沟长 14.6 km,有支毛沟 203 条,沟壑密度为 2.74 km/km²,年侵蚀模数 8 000 t/km²。该流域 1956 年列入全国水土保持示范治理沟,除坡面治理外,

先后在流域沟谷里,建成大、中、小淤地坝 189 座,坝系较完整,拦泥淤地效益好。碾庄坝系由干沟和支沟坝系组成,干沟建有 10 座淤地坝(其中有水库 1 座),其余都建在支毛沟。建坝密度 3.5 座/km²,已淤成坝地 108.9 hm²。从 1956 -

1980 年沟道拦泥 6.1 × 10⁴ t,相当全流域 24 a 产沙总量的 81%。碾庄沟的水土保持治理,受到国内外许多专家学者的关注,但其自其建成之年起,就开始遭遇到不同程度的水毁灾害,表 4 是碾庄沟主干工程水毁情况。

表 4 延安市碾庄沟主干工程水毁情况

淤地坝名称	坝控面积/ km ²	坝高/ m	库容/ 10 ⁴ m ³	建坝时间 (年-月)	水毁概况
杨兴庄	2.96	17	90	1973-08	坝体被洪水冲开一个缺口
杨兴庄拦洪坝	1.54	5	17	1989-10	坝体、溢洪道、排洪渠被水毁
王泉沟大坝	4.56	17	141	1958-03	洪水溢坝顶,冲毁下游 300 m 灌溉渠道,部分溢洪道水毁
刘庄坝	9.62	11	81	1965-11	冲毁部分砌石溢洪道侧墙
水眼沟坝	3.5	6	20	1981-06	坝体决口 1/5
碾庄水库	2.0	10	24.5	1970	水库砌石坝体全部水毁
碾庄淤地坝	6.85	10	40.0	1975-11	洪水漫溢坝体,冲毁下游排水渠 50 m
碾庄拦洪坝	7.79	10	31.6	1992-12	冲毁坝体缺口 1/3
羊圈沟坝	1.88	19	10.8	1979-12	冲毁坝体缺口 1/5
双柳林坝	6.38	15.5	93	1972-10	冲毁坝体缺口 1/3

由以上一些典型的水毁灾害不难看出,淤地坝水毁确实给当地百姓带来了严重的灾难,但是,我们不应该只看到其不利的一面,而应该全面考虑,下文将从系统论的角度出发,给淤地坝水毁以新的定义,并使读者对淤地坝的水毁灾害有一个全新的认识。

2 淤地坝水毁灾害定义及基本特性

2.1 淤地坝水毁灾害的定义

人类生活环境系统是一个开放系统,它不断地与外部环境进行着物质、能量和信息的交流活动。而系统内部则是一个相互作用的、复杂的、有层次的自组织网络结构。这种结构随着系统外物质、能量、信息的输入,以及系统内各子系统之间的相干、互补作用而进行着不同程度的自调整过程。因此,人类生活环境系统在不断地变化着、调整着,当这种变化十分剧烈,或其趋势累计达到一定阈值,而使人类社会难以承受,并构成损失和伤害时,就称其为灾害^[7]。灾害研究可以分为自然灾害研究和人为灾害研究两种,由于淤地坝水毁的原因主要为特大暴雨洪水,故本文暂且将淤地坝水毁归为自然灾害(当然也有人为的诱发)。根据灾害的定义,按照以上的系统理论可知,可以把淤地坝坝控流域内的不同土地利用类型、泥沙淤积量、不同植被和作物等看成是一个开放的系统,这个系统与外界进行着物质、能量和信息的交流。这个结构系统随外界系统的物质、能量、信息的输入以及系统内部各子系统之间的相干、互补作用而进行着不同程度的自调整过程。当这种调整过程十分剧烈,其趋势累计达到一定的阈值时,而使系统内部难以承受时,其系统内的大量能量就被释放出来,导致水毁溃坝灾害发生,即水毁发生。

2.2 淤地坝水毁灾害的两重性

自然灾害的本质是牺牲局部换取整体^[8-9],水毁灾害作为自然灾害的一种,应该也具有此特征,即从小尺度或者受灾区域来看,淤地坝的水毁导致了该地区的垮坝,冲毁坝地,使当地人民的生活受到了一定的威胁,是一件坏事;但是从整个流域,甚至更大范围来看,它使水流及泥沙向下游输送,可以使下游地区的水源更加充沛,而且使得整个流域的水沙更趋于自然平衡稳定。在水毁发生的过程中释放了大量的

能量,即是造成灾害的主要破坏因素,然而根据能量守恒我们知道这些能量又转化成了别的建设因素。比如水毁发生导致坝体拉裂或完全冲毁,使得淤积的坝地顷刻间被破坏,但是同时冲走的泥沙又会在下游地区淤成新的坝地。

2.3 淤地坝水毁灾害的共发性

自然灾害的共发性又称为自然灾害的关联性,包括同源性、连锁性和韵律性。水毁灾害作为自然灾害的一种,也有这三大特性。自然灾害的同源性是指:受高层次环境因子的影响,而导致多个低层次系统同时或相继发生异变成灾的现象^[10]。比如,由于地球自转、太阳活动、天文奇点等对地球上的人类活动都会有不同程度的影响,以至于暴雨洪水、垮坝、瘟疫等同时发生。水毁垮坝灾害的连锁性是指垮坝以后会对受灾地区的人、蓄、耕地、作物等造成不同程度的损失。韵律性又称节律性,类似于生物的生物钟,可以此判断灾害的复发性。这 3 个特性对于淤地坝水毁灾害的防治都具有一定的参考价值。

3 淤地坝水毁灾害的研究方法与防治对策

3.1 淤地坝水毁灾害的研究方法

由于淤地坝水毁灾害是一种较为复杂的自然灾害,目前,对它的研究归纳起来可能大致有以下几种方法:

- (1) 从淤地坝水毁的历史资料探索、总结水毁灾害;
- (2) 对典型坝设置专门的观测仪器,对淤地坝淤积直至水毁的整个过程进行观测;

(3) 运用流域产流产沙理论、洪水演进理论和各种不确定性的数学预测方法对其进行研究。

3.2 基于可持续发展的淤地坝水毁灾害的防治对策

通过以上分析可知,淤地坝是黄土高原丘陵沟壑区一种治理水土流失最为有效的工程措施,虽然有时会发生淤地坝的水毁,给当地人民群众的生产生活带来很大不便,但是从大尺度大流域考虑,淤地坝的水毁灾害其实在一定程度上并非是件坏事,所以水毁问题也不足成为淤地坝建设发展的绊脚石,但是在淤地坝的建设中仍要对水毁问题给予一定的注意,本文从可持续发展的角度出发,提出了防治淤地坝水毁

扫描电镜结果可知,d3 中的石英砂,磨圆较差,棱角分明,但有一部分石英砂棱角有磨圆现象,因此 d3 应为近源沉积。石英砂表面的碟形坑表明其为风力沉积,但由于是近源搬运,所以并没有发现毛玻璃面等形态特征。在一些石英砂表面有水下磨光面,磨光面上有许多撞击坑,说明一部分沉积物是湖相沉积的砂经过风力再搬运沉积。现代古尔班通古特沙漠研究表明其为就地起砂、就近起砂形成的,沙漠砂来源于湖沼相沉积的砂^[12]。因此可以得出结论在 d3 沉积时,湖泊退缩,大量的湖底裸露地表遭受风蚀,所以 d3 沉积物中有经风力再搬运而沉积的湖相砂。说明在玛纳斯河湖积平原地区曾经出现过由气候温暖的湖相沉积转变为湖面的退缩和风力较大的沉积环境的变化。

表 2 石英砂扫描电镜观测结果

编号	颗粒形态	机械作用特征	化学作用特征
D3-1	次棱角状	碟形坑	硅质沉淀
D3-2	次圆状	平行解理	溶蚀
D3-3	次棱角状	贝壳状断口	溶蚀
D3-4	次棱角状	碟形坑	硅质沉淀
D3-5	次棱角状	解理片	坑内有硅质沉淀
D3-6	次棱角状	棱角有磨圆	硅质沉淀
D3-7	次棱角状	碟形坑	硅质沉淀
D3-8	次棱角状	碟形坑	硅质沉淀

参考文献:

[1] 方小敏. 试从兰州地区黄土石英砂表面特征探讨黄土物质来源、成因及环境变迁[C]//中国西部第四纪冰川与环境. 北京:科学出版社,1991:138-148.
 [2] 伍永秋,崔之久,葛道凯,等. 昆仑山垭口地区第四纪地

层石英砂表面特征与沉积环境[J]. 应用基础与工程科学学报,1998,6(2):117-124.
 [3] 陈敬安,万国江,张峰,等. 不同时间尺度下的湖泊沉积物环境记录:以沉积物粒度为例[J]. 中国科学(D 辑),2003,33(6):563-568.
 [4] 赵强,王乃昂,程弘毅,等. 青土湖沉积物粒度特征及其古环境意义[J]. 干旱区地理,2003,23(1):1-5.
 [5] Qi Shi, Fa-Hu Chen, Yan Zhu, et al. Lake evolution of the terminal area of Shiyang River drainage in arid China since the last glaciation[J]. Quaternary International 2002(93/94):31-43.
 [6] Zhu Li ping, Chen Ling, Li Bingyuan. Environmental changes reflected by the lake sediments of the South Hongshan Lake, Northwest Tibet[J]. Science in China, 2002, 45(5):430-439.
 [7] 王国平,刘景双,汤洁. 半干旱区沼泽沉积物粒度特征及环境意义[J]. 干旱区研究,2003,20(3):211-216.
 [8] 李其华. 沉积物粒度在古环境重建中的应用[J]. 巢湖学院学报,2003,5(3):26-28.
 [9] 谢又予. 中国石英砂表面结构特征图谱[M]. 北京:海洋出版社,1985.
 [10] 陈丽华,缪昕,于众. 扫描电镜在地质上的应用[M]. 北京:科学出版社,1986.
 [11] Biederman J, Edwin W. Distinction of shoreline environments in New Jersey[J]. Journal of Sediments Petroleum, 1962, 32:180-200.
 [12] 钱亦兵,周兴佳,吴兆宁. 准噶尔盆地沙物质粒度特征研究[J]. 干旱区研究,2000,17(2):34-41.

(上接第 156 页)

的一些措施,具体如下:

(1) 淤地坝的建设要有较为合理的防洪标准设计,并且要配置泄洪设施。

(2) 坝系建设要采用骨干坝、中小型淤地坝相结合,其比例可以按照下式^[11]进行反推:

$$N = \sum_{i=1,5} \sum_{j=1,2} \sum_{k=1,3} (d_i a_j r_k) J$$

式中:N——可建淤地坝潜力数量(座); d_i ——布坝密度(座/ km^2),不同的侵蚀强度级取值各异(i 为侵蚀强度分区:1为轻度侵蚀区,2为中度侵蚀区,3为强度侵蚀区,4为极强度侵蚀区,5为剧烈侵蚀区); a_j ——不同侵蚀类型区面积(j 为不同侵蚀类型区:丘陵区为1,高原区为2); r_k ——坝系配置比例(r ——坝系配置比例:1为骨干坝,2为中型坝,3为小型坝)。

(3) 坡面要采取相应的治理措施,与沟道措施相结合。

(4) 坝系在运行期间要对其进行维护监测,尤其是在典型小流域中布设典型坝,要对其进行实时监测。

参考文献:

[1] 李靖,张金柱,王晓. 20 世纪 70 年代淤地坝水毁灾害原因分析[J]. 中国水利,2003(9):55-57.
 [2] 方学敏,万兆惠,匡尚富. 黄河中游淤地坝拦沙机理及作用[J]. 水利学报,1998(10):49-52.

[3] 王允升,王英顺. 黄河中游地区 1994 年暴雨洪水淤地坝水毁情况和拦淤作用调查[J]. 中国水土保持,1995(8):23-25.
 [4] 陕西省水保局陕北淤地坝调查组. 1994 年陕北地区淤地坝水毁情况调查[J]. 人民黄河,1995(1):15-18.
 [5] 聂兴山,等. 王家沟流域“7·8”暴雨水毁调查与思考[J]. 山西水土保持科技,2002,3(3):30-32.
 [6] 李昭淑. 延安市溃坝灾害的研究[J]. 西北大学学报:自然科学版,1995,25(1):29-34.
 [7] 商宏宽. 自然灾害研究中几个观念问题的讨论[J]. 工程地质学报 1996,4(3):17-23.
 [8] 陈鑫连,等. 地震对策初论. 中国地震年鉴(1985)[M]. 北京:地震出版社,1986.
 [9] 商宏宽. 浅论我国地震预报研究的发展、特点及观念的更新. 减灾趣闻启示录[M]. 北京:地震出版社,1994.
 [10] 商宏宽. 论中国古代的灾异观及其现实意义. 减灾趣闻启示录[M]. 北京:地震出版社,1994.
 [11] 刘世海,曹文洪,吉祖稳,等. 陕西延安黄土高原地区淤地坝建设规模研究[J]. 水土保持学报,2005,19(5):127-130.