

# 小流域淤地坝建设的水土保持效益浅析

段菊卿

(黄河上中游管理局, 西安 710021)

**摘要:**通过黄土高原地区坝系示范工程水土保持观测,分析了小流域淤地坝及坡面水土保持措施的动态变化、拦沙蓄水效益和淤地坝的增产效益。结果表明:由于降雨时空分布不均和沟道条件差异,5 a 间淤地坝拦沙量差异显著,呈现出先大幅度减小,后小幅度增加的趋势;与梯田和坡耕地比较,淤地坝的平均增产效益分别达到 36.4%(梯田)和 78.9%(坡耕地)。提出了坝系观测中应注意的几个问题,对促进完善小流域淤地坝建设和效益评价具有重要意义。

**关键词:**小流域;坝系;观测;水土保持效益;树儿梁小流域

中图分类号:S157.3<sup>+</sup>1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)01-0144-04

## Analysis on Benefits of Soil and Water Conservation from Check Dam in Small Watershed

DUAN Ju-qing

(Administration Bureau of Upper and Middle Reaches of Yellow River, Xi'an 710021, China)

**Abstract:** Through soil and water conservation monitoring on effects of check dams demonstration project, the dynamic changes of check dam and soil and water conservation measures on slope were analyzed. Water storage and silt detention effects and crop output effect associated with check dams were identified as well. The results showed that the amount of silt detention varied from year to year, firstly decreasing dramatically then increasing slightly because of the different precipitation characteristic and channels; the crop output on check dams was 36.4% higher than that on terrace, 78.9% higher than that on sloping land. In the end, a couple of principles about soil water conservation monitoring on dam system were outlined, which was meaningful to perfect construction and assessment of check dams in small watershed.

**Key words:** small watershed; dam system; soil and water conservation monitoring; benefit of soil and water conservation; Shuerliang small watershed

淤地坝是黄土高原地区水土流失治理的一项关键措施,对有效控制水土流失、减少入黄泥沙、提高水资源利用率、促进农村产业结构调整、实施退耕还林和封育治理具有重要的作用。长期的水土保持实践证明淤地坝是黄土高原水土流失防治的重要措施,具有明显的“拦粗排细”功能<sup>[1-3]</sup>。2003 年以来,水利部在黄土高原七省(区)安排了 83 条小流域作为淤地坝“亮点”工程建设的重点工程,黄委会确定了 12 条沟道治理条件比较好的小流域,作为黄土高原第一批小流域淤地坝建设示范工程。本文选择淤地坝示范工程——山西省河曲县树儿梁小流域(以下简称“树儿梁小流域”)作为研究对象,利用地面观测、遥感、全球定位系统、调查统计等技术手段,观测和分析淤地坝蓄水拦沙和增产效益,为小流域淤地坝建设和措施规划提供基础数据。

## 1 小流域概况

树儿梁小流域位于河曲县北部,处于黄土高原水土流失严重的多沙粗沙区,属黄河一级支流,流域总面积 113.75 km<sup>2</sup>。流域属温带大陆性季风气候,多年平均降水量 462.3 mm,降雨年内分布不均,汛期(6—9 月)降水量占全年降水量的 60%以上,洪水量占到全年径流总量的 80%左右,多年平均气温 6.8℃,多年平均风速 1.9 m/s。地貌类型为黄土丘陵沟壑区第一副区,山高坡陡,沟道纵横,梁峁起伏,流域内 5°以上的坡面占总面积的 92.74%。流域内土壤主要为灰褐土,植被稀疏,自然植被残存于沟坡和农田边缘,主要是紫花针茅(*Gramineae*)、沙蓬(*Agriophyllum*)、沙棘(*Hippophae rhamnoides* L.)、沙枣(*Elaeagnus angustifolia* L.)、沙蒿(*Artemisia*

halodendron)、狗尾草(*Setaria viridis* L. Beauv)等低矮稀疏的旱生群落。自 20 世纪 80 年代实施坡面治理和退耕还林,人工植被有较大发展,至 2010 年流域林草总面积为 3 388.1 hm<sup>2</sup>,林业用地占 27.63%,草地占 3.27%,荒地占 26.11%,未利用地占 3.00%,其它用地占 3.65%,水土流失面积 99.98 km<sup>2</sup>,占流域总面积的 87.9%(见表 1)。

表 1 树儿梁小流域水土保持治理措施现状

流域名称	总面积/ km <sup>2</sup>	水土流失面积/ km <sup>2</sup>	基本农田/hm <sup>2</sup>			人工造林/hm <sup>2</sup>				人工种草/ hm <sup>2</sup>	措施面积合计/ hm <sup>2</sup>	治理度/%	
			梯田	坝地	小计	小计	乔木林	灌木林	经济林	混交林		占总面积	占流失面积
树儿梁	113.75	99.98	274.6	293.87	568.47	163.3	2596.7	29.9	240.2	3030.1	358	3956.57	34.78 39.57

表 2 树儿梁小流域坝系建设情况表

截止年限	坝系建设情况				建坝密度/ (座·km <sup>-2</sup> )
	合 计	骨干坝	中型淤地坝	小型淤地坝	
2003 年以前	72	1	15	56	0.66
2003 年以后	63	18	25	20	0.57
总 计	135	19	40	76	1.23

2 研究方法

2.1 流域产流产沙观测

从 2005 年 7 月开始,在流域内布设了 4 处雨量站(即上沟北、黄尾、上养仓、树儿梁等),在流域出口 2 500 m 处修建了监测洪水泥沙的宽顶堰,配备了流速仪和水准仪等设备。在 63 处坝地内,埋设钢筋混凝土桩柱,表面喷涂刻度以观测坝地的淤积情况,对于有些淤积面不太规整、淤积情况比较复杂的坝地,可结合人工开挖淤积剖面的方法进行判定。通过逐坝丈量坝地内的淤积面长度、宽度,同时调查人工回填的土方量,将人工回填的土方量从中扣除,即可计算出坝地的总淤积量。在杨寺嘴 3 号骨干坝地沟坡上修建 4 个径流小区,分荒草地、疏林地、草地和坡耕地共 4 种类型,并布设监测点位。按投影面积 5 m×20 m=100 m<sup>2</sup>,地面坡度 5°~15°,以观测单位面积下各地类的径流量和产沙量。泥沙沿程分布观测是在每年的汛期结束后,选取典型沟道从下游到上游每隔 100 m 采用 GPS 仪定位采样,记录采样点当年的淤积厚度,海拔高度和经纬度。

2.2 流域土地利用动态变化观测

采用对地观测卫星 ALOS 获取的卫星影像、“2.5 m 空间分辨率的全波段(PRISM)数据和 10 m 空间分辨率的多光谱(AVNIR-2)数据”,通过遥感数字图像分类的方法,进行该流域的土地类型解译,对分类结果进行野外验证与补判,确定该流域的土地利用类型和覆被情况。

截至 2010 年底,全流域治理面积达 3 956.57 hm<sup>2</sup>,占水土流失面积的 39.57%,建成淤地坝 135 座,其中骨干坝 19 座,中型淤地坝 40 座,小型淤地坝 76 座,建坝密度 1.23 座/km<sup>2</sup>(表 2),形成了以骨干坝为主,合理配套中小型淤地坝,并兼顾上下游、干支沟之间相互协调,最大限度地发挥坝系的防洪、拦泥、淤地、种植、灌溉等多种作用。

2.3 淤地坝土壤养分及增产效益观测

坝地增产效益观测包括坝地、梯田和坡耕地(作为对照)的农作物种植面积、种植品种及其粮食总产量。观测指标是不同地类、不同种植模式下的增产效益。增产效益观测主要采取调查的方式,并布设典型地块单打单收,补充、验证调查结果,典型地块按坝地、梯田和坡耕地进行对照分析。2008 年选在炭坪沟 1 号骨干坝坝地及附近梯田和坡耕地种植玉米,面积均为 0.2 hm<sup>2</sup>。2009 年春在炭坪沟 1 号坝坝地及附近梯田和坡耕地种植玉米,面积均为 0.2 hm<sup>2</sup>。2010 年春在炭坪沟 1 号骨干坝坝地以及附近梯田、坡地种植玉米,种植面积 50 m<sup>2</sup>。

3 结果分析

3.1 流域内水土保持措施动态变化

利用遥感数字图像分析,结合现状调查统计,树儿梁流域坡面措施中各单项措施的面积(表 3)可以看出,2006—2011 年 5 a 间每年都有新增的坝地,不同郁闭度或盖度的林草灌木林面积逐年增加,流域的水土流失面积每年都略微减小,使得水土保持措施治理度逐年增加。

3.2 水土保持措施的减沙效益分析

3.2.1 流域降雨分析 树儿梁流域多年平均降水量 462.3 mm(1980—2010 年);汛期(5—10 月)平均雨量 369.84 mm,汛期降雨量约占全年降水量的 80%。实测 2006—2010 年 5 a 的汛期平均降雨量为 378.96 mm,高于流域多年平均值 2.47%,是属于降雨比较接近平均的时期。

表 3 树儿梁流域坡面措施面积统计表  $\text{hm}^2$

年份	坝地面积/ $\text{km}^2$	郁闭度 $>0.6$ 乔木面积/ $\text{hm}^2$	盖度 $>40\%$ 灌木面积/ $\text{hm}^2$	盖度 $>40\%$ 草地面积/ $\text{hm}^2$	有效拦泥面积/ $\text{hm}^2$
2006	242.62	205.66	507.89	85.6	1316.37
2007	276.94	215.7	512.48	98.8	1378.52
2008	279.55	223.99	519.34	107.4	1404.88
2009	279.98	227.94	521.46	114.5	1418.48
2010	293.87	232.48	523.82	121.8	1446.57

树儿梁流域降雨量主要集中在汛期 5—10 月,汛期平均雨强也高于其它月份。汛期降雨量又以 7 月、8 月最大。降雨量高于 6 月、9 月(图 1),其雨强也明显大于 6 月、9 月。

3.2.2 输沙量及产沙量变化分析 根据 5 a 的水文泥沙观测资料和输沙平衡原理,计算流域出口站测量的输沙量和水土保持措施减沙量得出流域 2006—2010 年每年的产沙量(表 4)。

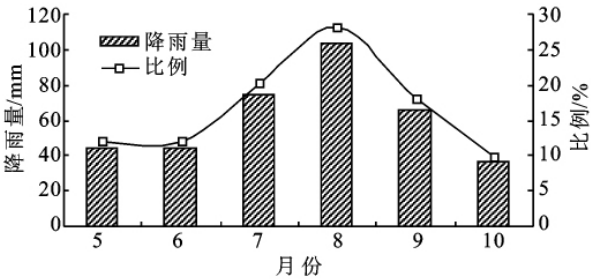


图 1 汛期多年平均降雨量月分布

表 4 水土保持措施减沙效益计算

项 目	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
年降水量/mm	377.23	444.25	390.43	242.30	397.60
产沙量/万 t	69.63	52.27	24.85	6.53	23.50
流域出口站输沙量/万 t	13.96	12.47	1.86	0.00	0.59
减沙量/万 t	55.67	39.8	22.99	6.53	22.91
减沙效益/%	79.95	76.14	92.52	100.00	97.49

3.2.3 淤地坝拦沙效益分析 根据淤积量测量原理,分析 4 个雨量站降雨量观测和对流域内 63 座大、中、小型淤地坝的淤积蓄水情况进行逐坝调查,又采用 GPS 静态测量模式建立 GPS 控制网,然后以控制网中相应控制点为基础利用 RTK 技术将降雨前后的淤积面高程分别进行测量,将测量数据在 ArcGIS 下插值生成 DEM,计算淤积前后的高程差,得出本年度坝地的泥沙淤积量。由此发现由于降雨时空分布不均和沟道条件差异,淤积情况也不太一致,5 a 间淤地坝系拦沙量差异显著,呈现出先大幅度减小,后小幅

度增加的趋势(图 2)。

从图 3 可以看出,2006—2010 年骨干坝的平均拦沙率为 66.08%,而中型坝为 27.91%,小型坝为 5.98%,骨干坝的拦沙率是小型坝的 11 倍,是中型坝的 2.4 倍。2006 年、2007 年、2008 年、2010 年骨干坝的拦沙率都占到最大比例,只有 2009 年中型坝的拦沙率超过了骨干坝拦沙率。原因就是 2009 年降雨偏小,使得数量较多的中型坝发挥了主要的拦沙作用。对于树儿梁小流域,中型坝的拦沙率大于小型坝,实际证明非枯水年骨干坝的拦沙率大于中型坝。

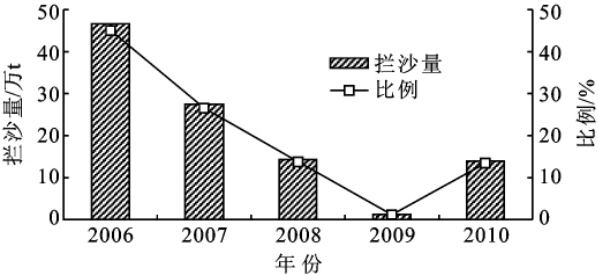


图 2 淤地坝拦沙量年际变化对比

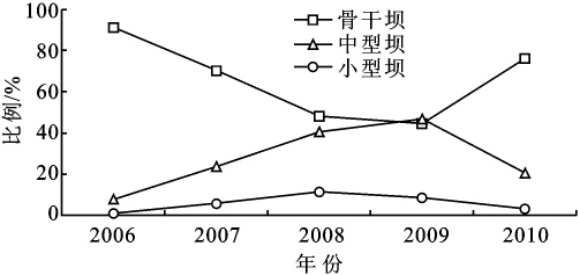


图 3 淤地坝各年内拦沙量中所占比例关系

3.2.4 坡面措施拦沙量变化分析水土保持措施减沙量包括淤地坝减沙量和坡面措施减沙量,其减沙量见表 5。根据小流域每年水土保持措施开展情况,坡面措施拦沙量最大的在 2007 年,为 11.78 万 t;最小在 2009 年,为 5.23 万 t,最大值为最小值的 2.3 倍,由

于 2007 年是丰水年,其减沙指标与降雨有很大关系。

分析水土保持措施的减沙量和产沙量发现(图 4),5 a 间水土保持措施减沙效益和产沙量总的趋势是一致的,剔除枯水年 2009 年和丰水年 2007 年,可以看出水土保持措施的减沙效益是不断增加的。

表 5 2006—2010 年树儿梁小流域年度减沙量统计

年份	坡面措施减沙量					淤地坝拦沙量				
	梯田	人工造林/	人工种草/	合计/	所占比例/	骨干坝/	中型坝/	小型坝/	合计/	所占比例/
		万 t	万 t	万 t	%	万 t	万 t	万 t	万 t	%
2006	2.75	4.85	0.53	8.13	85.4	42.49	3.67	0.45	46.61	14.6
2007	3.84	6.99	0.95	11.78	70.4	19.32	6.54	1.60	27.47	29.6
2008	2.75	5.05	0.67	8.47	63.16	6.86	5.76	1.62	14.24	36.84
2009	2.06	2.76	0.41	5.23	19.91	0.57	0.59	0.11	1.27	80.09
2010	2.75	5.14	0.76	8.65	62.24	10.65	2.88	0.44	13.98	37.76

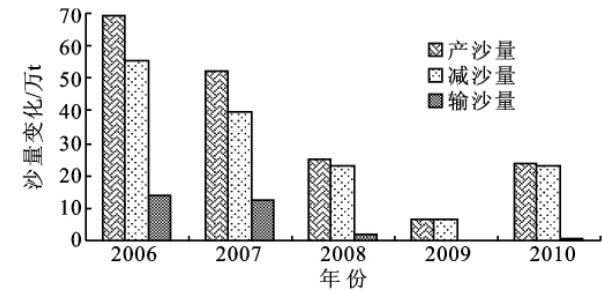


图 4 流域各年度产沙量、减沙量、输沙量变化对比

由此看出,在一定的降雨条件下,流域的水土保持措施减沙效益在不断增加。降雨偏大会使的减沙效益偏小,降雨偏小会使得减沙效益偏大。

3.3 坝地利用及增产效益分析

根据逐年的调查统计,树儿梁小流域 5 a 淤地坝面积变化以及增产效益见表 6,可以看出坝地较坡耕地的增产效益比梯田的大,且 5 a 的平均增产效益分别达到 36.4%(梯田)和 78.9%(坡耕地)。

表 6 坝地利用及增产效益

年份	坝地面积/ hm <sup>2</sup>	占耕地面积的 比例/%	坝地种植 面积/hm <sup>2</sup>	坝地利 用率/%	单产/(kg·hm <sup>-2</sup> )			坝地增产效益*	
					坝地	梯田	坡耕地	梯田	坡耕地
2006	242.62	6.17	170.92	70.45	5400	3750	2550	44.0	111.8
2007	276.94	6.98	186.06	67.18	6300	4500	3000	40.0	110.0
2008	279.55	7.04	188.27	65.41	6750	4800	4200	29.0	61.0
2009	279.98	7.05	188.64	67.38	6291	4724	3863	33.2	62.8
2010	285.67	7.18	188.64	67.38	5906	4760	3962	24.1	49.1

\* 是指坝地产量分别与梯田和坡耕地相比增产的百分数。

4 结论及建议

4.1 结论

通过对树儿梁小流域淤地坝及坡面水土保持措施的动态变化、拦沙蓄水效益和淤地坝增产效益的监测与分析,结果表明:由于降雨时空分布不均和沟道条件差异,5 a 间淤地坝拦沙量差异显著,呈现出先大幅度减小,后小幅度增加的趋势;与梯田和坡耕地比较,淤地坝的平均增产效益分别达到 36.4%(梯田)和 78.9%(坡耕地)。

4.2 建议

4.2.1 淤地坝观测的可持续性 水土保持观测是防治水土流失的基础工作,是一个长期的、复杂的、艰巨的任务,不是一朝一夕就能完成的,短期的观测数据难免带有一定的偶然性,应考虑可持续性进展问题,首先应在经费上予以支持,其次将较为先进的观测设备用于观测工作,再者开发观测数据分析软件,这样有利于观测水平和质量的提高,同时应及时整编、汇总和系统分析观测资料,为坝系工程建设综合效益评价提供技术支撑,为宏观决策提供科学依据。

4.2.2 观测点的布设应有针对性 对于一般坝系而言,其各种观测站点设置原则在系统性和先进性方面可能会存在一定困难,但实用性和标准化原则是必须坚持的。根据已往经验,在拟定各类观测站点设置时的原则性要求时,可主要围绕各种观测站点的布设方法、范围、种类、部位,与已有观测站点结合情况,以及骨干坝、中、小型淤地坝选择观测断面情况等方面进行拟定。

4.2.3 淤地坝观测方法应与观测内容相适应 根据水土保持观测技术规程,水土保持观测主要采取地面观测、遥感观测、调查统计等方法进行。淤地坝观测涉及水土保持观测的多个方面,其观测方法可以是一种,也可以为多种,具体应视观测的内容和目的而定。

参考文献:

[1] 冉大川,左仲国,上官周平. 黄河中游多沙粗沙区淤地坝拦减粗泥沙分析[J]. 水利学报,20006,37(4):443-450.  
[2] 魏霞,李占斌,李鹏,等. 黄土高原典型淤地坝淤积机理研究[J]. 水土保持通报,2006,26(6):10-14.  
[3] 綦俊谕,蔡强国,方海燕,等. 岔巴沟流域水土保持减水减沙作用[J]. 中国水土保持科学,2010,8(1):28-33.