

# 黄河流域第三副区坝系拦沙输沙监测成果分析

马安利

(黄河上中游管理局, 西安 710021)

**摘要:**黄河流域第三副区聂家河小流域坝系工程布局以现有骨干工程为骨架, 各级沟道自上而下逐段布设小型淤地坝、中型淤地坝和骨干工程, 分级拦蓄径流泥沙; 在其示范坝系的典型淤地坝上布设了降雨、拦沙及输沙监测点。监测结果表明, 坝系工程抬高了侵蚀基准, 稳定了沟坡, 控制了沟床下切和沟岸扩张, 增强保土保水能力, 尤其骨干坝在坝系拦沙中起关键作用, 能够快速有效地拦蓄径流泥沙, 控制水土流失, 是水土保持生态建设的重要措施, 为保护下游河流安全起到了重要作用。

**关键词:**淤地坝; 拦沙量; 输沙; 聂家河小流域

中图分类号: S157.3<sup>+1</sup>

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2012)06-0068-04

## Analysis of the Monitoring Results of Sediment Retaining and Transport through the Dam System in Niejiahe Watershed in Loess Hilly and Gully Region

MA An-li

(Upper and Middle Yellow River Bureau, YRCC, Xi'an 710021, China)

**Abstract:** The layout of dam system project in Niejiahe Watershed took the existing key projects as skeleton. All levels of channel laid small and medium warping dams and key projects from upstream to downstream, as well as emplaced rainfall, sediment retaining and transport monitoring sites in its typical warping dam of demonstration dam system. The monitoring results showed that dam system raised the erosion baseline, stabilized the gully, controlled gully bed scour and gully bank expansion, and enhanced soil and water conservation capacity, so that the project could block sand, control soil erosion, protect farmland, and reduce sediment into the Yellow River effectively, which played an important role in ensuring the safety of downstream river.

**Key words:** warping dam; sediment reduction; sediment transport; Niejiahe watershed

淤地坝是小流域水土流失治理、生态环境改善和稳产高产优质农田建设的重要举措<sup>[1]</sup>。近年来,随着国家西部大开发战略的实施,淤地坝工程的巨大效益和作用得到国家有关部委的重视和肯定。然而这种效益究竟表现在哪些方面? 进行评价计算需要哪些数据? 如何采集数据? 如何计算? 搞清楚这些问题,对于淤地坝的建设管理以及淤地坝效益发挥,具有指导意义。基于这些问题,黄河上中游管理局开展了水利部公益性行业科研专项项目“小流域坝系监测评价技术研究”,研究考虑了小流域坝系的区域性,选择了能够代表区域不同类型区的 12 个小流域作为研究对象。本文选择课题中代表黄土丘陵沟壑区第三副区的宁夏回族自治区西吉县聂家河小流域示范坝系,对小流域坝系监测的技术方法、内容和拦沙效益进行深

入的探讨分析,为将小流域坝系的监测研究成果推广到整个黄土高原提供实践依据和技术支持。

## 1 流域基本情况

### 1.1 自然概况

聂家河小流域位于宁夏回族自治区西吉县兴坪、平峰两乡境内,属黄河流域渭河水系葫芦河一级支流滥泥河的一级支沟,地理位置为东经 105°33'54"—105°41'03",北纬 35°44'24"—35°50'03",为黄土丘陵沟壑区第三副区,流域总面积 46.57 km<sup>2</sup>。水土流失类型以水蚀为主,兼有重力侵蚀。水土流失面积 44.9 km<sup>2</sup>,占流域总面积的 96.4%,年径流模数 2.3 万 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>,年侵蚀模数 6 880 t/km<sup>2</sup>。

流域内以黄土长梁为主,间有沟谷、台地、塌坡等

收稿日期: 2012-07-13

修回日期: 2012-09-04

资助项目: 水利部公益性行业科研专项项目“小流域坝系监测评价技术研究”(200701042)

作者简介: 马安利(1962—),女,陕西省西安市人,高级工程师,主要从事水土保持生态环境监测、规划与评价工作。E-mail: hhma1@126.com

地貌类型,流域呈狭长形,平均长 14.6 km,平均宽 2.8 km,主沟道平均比降 5.88‰,流域海拔高程 1 756~2 036.6 m,相对高差 280.6 m,沟谷多呈 U 形。聂家河流域多年平均气温为 5.3℃;年平均日照时数为 2 322.3 h;多年平均降雨量为 420 mm,降雨总量少,且因时空分布不均匀、年际变率大、利用率低。

流域内水土保持综合治理采用退耕还林、经济林、梯田、淤地坝相结合的治理方法,即山顶实施退耕还林还草措施,防风固沙;山腰兴修梯田,增产增收、保水保土;山底修建治沟骨干工程和中小型淤地坝,拦沙蓄水。典型地段如台地、荒山等种植经果林,既能防治水土流失,又能发展区域经济。

## 1.2 坝系建设情况

聂家河小流域坝系工程布局以现有骨干工程为骨架,各级沟道自上而下逐段布设小型淤地坝、中型淤地坝和骨干工程,分级拦蓄径流泥沙。一次设计,分期加高,在分期加高过程中,将集水面积接近 3 km<sup>2</sup>、加高条件和效益较好的中型淤地坝改建为骨干工程。位于主河道下游的聂家河骨干工程,距上坝 7.5 km,控制面积 24.5 km<sup>2</sup>,为减轻其防洪压力,延长使用年限,在其上游主河道新布设骨干工程 1 座(高照骨干工程),在坝控区一级较大支沟布设骨干工程 3 座(分别为陈家嘴、郭家川和方刘家骨干工程),并加固配套位于主河道的民和骨干工程。中小型淤地坝布设在一级较大支沟上游、较小支沟的中下游和骨干工程的上游。共建设各种坝 21 座,其中:骨干工程 8 座,新建中型淤地坝 10 座,新建小型淤地坝 3 座。坝系建设期主要集中在 2001—2004 年,2004 年全部竣工验收。

## 2 监测内容与方法

### 2.1 监测内容

主要监测内容包括拦沙监测、输沙监测两个方面。拦沙监测主要是监测一定时段内淤地坝的拦沙情况,即坝系中全年及汛期产洪蓄水条件下的泥沙淤积厚度及淤积量、拦沙量变化情况。监测指标是淤地坝拦沙量。输沙监测的重点是在暴雨洪水期间,实时观测把口站输沙情况。监测指标是把口站输沙量<sup>[2]</sup>。聂家河小流域坝系拦沙输沙监测期为 5 a,即 2006—2010 年。

### 2.2 监测方法

2.2.1 降雨监测 降雨监测点共 2 处,分别布设在流域出口的把口站处和流域上游民和骨干坝。采用 JDZ-1 型雨量数据采集仪和 JDZ02-A 翻斗式雨量传感器自动实时监测汛期(5—10 月)降雨量。

2.2.2 拦沙监测 拦沙监测点 17 个,布设在常年有水、且正常运行的淤地坝内,利用自制泥沙沉积板进行监测。汛期前,制作 40 cm×40 cm 的泥沙沉积面板,将泥沙沉积面板的四角用绳索连接,绳索一头系漂浮物(图 1),将泥沙沉积面板放入坝底,汛期结束后取出,测泥沙厚度,取中部 100 cm<sup>2</sup> 的泥沙烘干称重。测完后,将泥沙沉积面板清洗干净,再次放入水底。每个淤地坝沿纵向中轴线和横向中轴线放置 3 个泥沙沉积面板,每个淤地坝共放置 5 个,如图 2 所示。

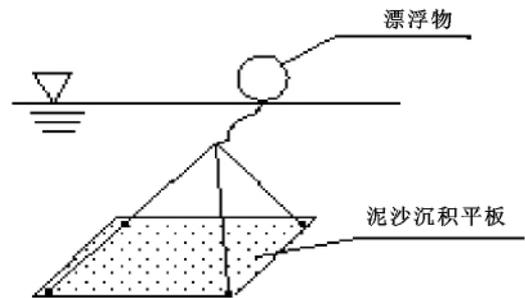


图1 泥沙沉积面板

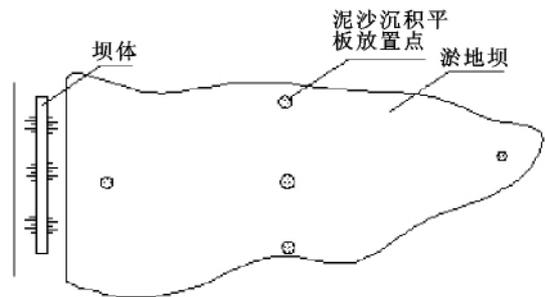


图2 淤地坝拦沙监测点布置图

2.2.3 输沙监测 在把口站边墙设水尺、自记水位计,在自记水位计记录输水的同时,人工记录水位变化,计算输水量,与自记水位计进行比较。同时取水样测量泥沙输出情况。水位观测采用人工观测的方法。平水期每天 8:00 和 20:00 各记录一次;洪水期每 5 min 观测记录一次,短历时暴雨每 2~3 min 观测记录一次。在测流断面中心垂直测线上,采用模式采样器,用三点法(即 0.2 h, 0.6 h, 0.8 h)取样,每次采样不得少于 500~1 000 ml,取 2~3 次,与测流同时进行。泥沙含量测定采用烘干和天平称重法,见下式:

$$P = W_s / V$$

式中: $P$ ——含沙量( $\text{kg}/\text{m}^3$ ); $W_s$ ——水样泥沙干重( $\text{g}$ ); $V$ ——浑水体积( $\text{cm}^3$ )。输沙情况监测在每次有径流流出时,进行观测,同时取水样测量泥沙输出情况。

## 3 监测成果与分析

监测成果主要包括 2006—2010 年西吉县聂家河小流域坝系工程示范坝系的降雨、拦沙、输水和输沙

等数据,同时对小流域坝系监测的技术方法、内容和拦沙效益进行探讨分析。

### 3.1 降雨与坝系拦沙量

(1) 降雨。2006 年,由于监测设施布设较晚,未观测到汛期降雨量,根据多年平均降雨量 420 mm 进行推算本年汛期降雨量为 357.2 mm。2007 年,聂家河流域监测期(5—10 月)平均降雨量 339.4 mm,其中:聂家河骨干坝监测点降雨量 292.2 mm,民河骨干坝降雨量 386.6 mm,两个监测点降雨量相差 94.4 mm。2008 年,聂家河流域监测期(5—10 月)平均降雨量 158.4 mm,其中:聂家河骨干坝监测点降雨量 234.1 mm,民河骨干坝降雨量 82.8 mm,两个监测点降雨量相差较大,为 151.3 mm。8 月和 10 月降雨较多年平均低,9 月降雨较多年平均高。2009 年,民和监测点的自计雨量出现故障,只监测到聂家河监测点的雨量情况。监测结果显示,监测期(5—10 月)平均降雨量 240.6 mm,较多年平均降雨量减少,但主汛期(7—9 月)降雨量为 195.8 mm,其中 8 月分别较 2007 年和 2008 年增加了 36.5 mm 和 75.4 mm。但 7 月和 9 月降雨较前两年降雨量低。2010 年,聂家河流域监测期(5—10 月)平均降雨量 351.81 mm,其中:聂家河骨干坝监测点降雨量 351.8 mm,民河骨干坝降雨量 352.4 mm,两个监测点降雨量相差不大,为 0.6 mm。

(2) 坝系拦沙量。2006—2010 年聂家河小流域坝系的拦沙量分别为:1 426.09,1 353.32,881.08,696.82,1 015.05 t(表 1)。

表 1 聂家河小流域坝系降雨量与拦沙量成果

年份	汛期降雨量/mm	拦沙量/t
2006	357.2	1426.09
2007	339.4	1353.32
2008	158.4	881.08
2009	240.6	696.82
2010	351.8	1015.05

(3) 降雨量、拦沙量年际变化趋势分析。汛期降雨量年际变化大<sup>[3]</sup>。从表 1 可知,2008 年的汛期降雨量最小,仅为 158.4 mm,2010 年最大,为 351.8 mm,是 2008 年的 2.22 倍,其次是 2007 年为 339.4 mm。总体上看 2008 年属于枯水期。2009 年拦沙量小,仅为 696.82 t;2006 年最大为 1 426.09 t,其次是 2007 年为 1 353.32 t,最大拦沙量是最小拦沙量的 2.05 倍,2007 年的拦沙量也比 2009 年拦沙量大 1.94 倍。降雨量与拦沙量的趋势基本一致。降雨量大,拦沙量也大,2008 年降雨量最小,其拦沙量也相对较少<sup>[4]</sup>。

### 3.2 输水输沙

在监测期内,2007 年出坝径流量为 21 124.80 m<sup>3</sup>,出坝泥沙量为 0.003 万 t,2006 年、2008 年、2009 年、2010 年出坝径流量、出坝泥沙量为 0(表 2)。

表 2 流域把口站(监测坝)年输沙量特征值

年份	出坝径流量/m <sup>3</sup>		出坝泥沙量/万 t		出坝平均含沙量/(kg·m <sup>-3</sup> )		出坝最大含沙量/	最大含沙量
	年	汛	年	汛	年	汛	(kg·m <sup>-3</sup> )	出现日期
2006	0	0.00	0	0	0	0	0	无
2007	21124.8	21124.8	0.003	0.003	1.5	1.5	1.95	6 月 15 日
2008	0	0.00	0	0	0	0	0	无
2009	0	0.00	0	0	0	0	0	无
2010	0	0.00	0	0	0	0	0	无

从表 2 可见,在 5 a 的监测期内,只有 2007 年 6 月 15 日,有径流和泥沙出坝,出坝径流量为 21 124.80 m<sup>3</sup>、平均含沙量为 1.5 kg/m<sup>3</sup>、最大含沙量 1.95 kg/m<sup>3</sup>,而出坝的泥沙量仅为 0.003 t,其余年份的径流和泥沙基本不出沟<sup>[5]</sup>。

### 3.3 不同坝型拦沙量

从 2006—2010 年,坝系共拦蓄泥沙 5 372.36 t,骨干坝拦蓄泥沙 5 030.84 t,中型坝拦蓄泥沙 305.76 t,小型坝拦蓄泥沙 35.76 t,骨干坝、中型坝和小型坝所拦蓄的泥沙比例分别为 93.64%,5.69%和 0.67%,骨干坝所占比例最大,为 93.69%。

表 3 说明,2006—2010 年,骨干坝拦沙量大于 93% 以上,分别为 93.45%,93.45%,93.48%,94.04%,94.04%;中型坝拦沙量大于 5% 以上,分别为

5.62%,5.62%,5.60%,5.85%,5.85%;小型坝拦沙量小于 1%,分别为 0.93%,0.93%,0.93%,0.11%,0.11%。由此说明骨干坝在坝系拦沙中起主导作用<sup>[6]</sup>。

### 3.4 单位面积拦沙量

聂家河流域坝系骨干坝控制面积 27.80 km<sup>2</sup>,中型坝控制面积 16.09 km<sup>2</sup>,小型坝控制面积 2.68 km<sup>2</sup>。监测结果表明,从 2006—2010 年坝系单位面积拦沙量分别为 30.62,29.06,18.92,14.96,21.80 t,其中骨干坝、中型坝、小型坝单位面积拦沙量见表 4。

从表 1 和表 4 数据中可以看出,2006—2009 年,随着降雨量的减少,骨干坝单位面积拦沙量呈下降趋势,2010 年降雨量增大,单位面积拦沙量呈上升趋势;对中型坝来说,随着降雨量的逐年减小,单位面积拦沙量呈较缓下降趋势;对小型坝而言,单位面积拦

沙量呈下降趋势,尤其在2009年、2010年降雨量增加的情况下,拦沙量也呈下降趋势。由此说明,降雨对骨干坝单位面积拦沙量影响比较大<sup>[7]</sup>。单位面积拦沙量骨干坝>中型坝>小型坝,从2006—2010年,

单位面积骨干坝拦沙量分别是中型坝的9.63,9.62,9.68,9.28,9.31倍,是小型坝的9.72,9.74,9.68,84.18,83.76倍,骨干坝的拦沙作用明显大于中型坝和小型坝。

表3 聂家河小流域坝系不同坝型拦沙成果

年份	坝系/t	骨干坝		中型坝		小型坝	
		拦沙量/t	比例/%	拦沙量/t	比例/%	拦沙量/t	比例/%
2006	1426.09	1332.70	93.45	80.19	5.62	13.20	0.93
2007	1353.32	1264.70	93.45	76.10	5.62	12.52	0.93
2008	881.08	823.59	93.48	49.30	5.60	8.19	0.93
2009	696.82	655.28	94.04	40.79	5.85	0.75	0.11
2010	1015.05	954.57	94.04	59.38	5.85	1.10	0.11
合计	5372.36	5030.84	93.64	305.76	5.69	35.76	0.67

表4 聂家河小流域坝系单位面积拦沙成果

年份	单位面积拦沙量/(t·km <sup>-2</sup> )			
	坝系	骨干坝	中型坝	小型坝
2006	30.62	47.94	4.98	4.93
2007	29.06	45.49	4.73	4.67
2008	18.92	29.63	3.06	3.06
2009	14.96	23.57	2.54	0.28
2010	21.80	34.34	3.69	0.41

## 4 结论与建议

### 4.1 结论

黄河的根本问题是泥沙。从聂家河小流域坝系5 a的拦沙输沙监测结果来看,通过淤地坝建设,流域自身的保土保水能力逐渐增强<sup>[8]</sup>;坝系工程抬高了侵蚀基准,稳定了沟坡,有效控制了沟床下切和沟岸扩张,保护了农田;流域坝系可以有效拦沙,控制水土流失,减少入黄泥沙,保护下游河流安全。本次监测成果可以作为小流域坝系监测的技术推广,也可为黄土高原小流域效益评价及土地资源的合理利用提供数据参考。(1) 拦泥保土,有效地减少入黄泥沙的来源<sup>[9]</sup>。由于沟道坝系工程建设,降雨径流和泥沙几乎全部拦蓄在沟道中。从把口站监测上看只有2007年出现卡口站的输水输沙现象,其余4 a均被拦在沟道中,基本达到了泥沙不出沟。(2) 抬高侵蚀基点,控制水土流失。5 a内聂家河流域坝系共拦蓄泥沙5 372.36 t在沟道里,从而抬高了侵蚀基点,稳定了沟坡,控制了沟床下切和沟岸扩张。(3) 骨干坝在拦沙中起关键作用。从监测成果分析可以看出,骨干坝在坝系拦沙中起关键作用,拦蓄的泥沙比例为93.64%,说明骨干坝建设能够快速有效地拦蓄径流泥沙,是水土保持生态建设的重要措施<sup>[10]</sup>。

### 4.2 建议

(1) 由于聂家河流域坝系监测时间只有5 a,数

据分析上还存在一定的局限性,例如暂时还无法分析历年小流域把口站的输沙量的变化趋势、汛期输出洪水径流量的变化趋势,建议增加稳定的监测经费投入,延长监测时间。

(2) 本次监测点主要布设在沟道,坡面措施的拦沙效果还没有监测数据,建议增设坡面径流小区,对各种措施产生的效益进行全面的监测。

(3) 由于课题的研究性质和特征以及小流域坝系建设、管理、维护需要的广泛性,因此本课题在小流域坝系监测评价中,还有某些方面没有触及,在小流域坝系监测评价的未来研究中,可以作为关注重点<sup>[6]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 杜锋,张胜利. 浅谈黄土高原丘陵沟壑区的淤地坝建设[J]. 科技资讯,2011(4):108.
- [2] 曹全意,高小平,马春林. 黄土高原丘三区骨干坝建设实践与可行性分析[J]. 人民黄河,2005,27(4):27-28.
- [3] 毕慈芬,郑新民,李欣,等. 黄土高原淤地坝建设对水环境的调节作用[J]. 人民黄河,2009,31(11):85-86.
- [4] 李敏. 淤地坝在黄河中游水土流失防治中的作用[J]. 人民黄河,2003,25(12):25-26.
- [5] 郑宝明. 多沙粗沙区淤地坝建设研究[J]. 人民黄河,2003,25(7):33-34.
- [6] 赵昕,李毓祥,韩学士. 坝系农业与生态环境建设[J]. 水土保持研究,2001,8(6):43-44.
- [7] 张养安,王宏兴,王晓,等. 建设非园沟沟道坝系生态农业系统配套水利保障体系[J]. 水土保持研究,2005,12(6):213-214.
- [8] 畅春辉. 黄土高原地区淤地坝建设前景展望[J]. 山西水土保持科技,2011(1):31-33.
- [9] 李勉,杨剑锋,侯建才. 王茂沟淤地坝系建设的生态环境效益分析[J]. 水土保持研究,2006,13(5):145-146.
- [10] 马海宽,史明昌,陈胜利,等. 基于GIS的坝系规划系统研究[J]. 水土保持研究,2005,12(2):25-26.