

黄土高原丘陵沟壑区一副区小流域淤地坝系效益分析 ——以王茂沟小流域为例

侯建才¹,李占斌^{1,2},李 勉³

(1. 西安理工大学,西安 710048;

2. 中国科学院水利部水土保持研究所,陕西 杨陵 712100;3. 黄河水利委员会黄河水利科学研究院,郑州 450003)

摘 要:淤地坝是水土保持治理的主要措施之一,特别是在水土流失最为严重的黄土丘陵沟壑区一副区,其效益更为突出。根据王茂沟流域淤地坝系的调查资料,分析了王茂沟流域坝系的蓄洪拦泥、增产、生态、社会效益。研究表明,黄土高原丘陵沟壑区的淤地坝坝系在防止沟道侵蚀、提高粮食产量、促进植被恢复及土地利用结构调整、促进农村产业结构调整、提高水资源利用率、便利交通、促进农村科技文化事业的发展等方面发挥着不可替代的作用。

关键词:王茂沟流域;淤地坝坝系;效益

中图分类号:S157.31

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)02-0034-03

Benefit Analysis of Check Dams System in Small Watershed in First Sub-region of Hilly-gully Loess Plateau ——A Case Study in Wangmaogou Watershed

HOU Jian-cai¹,LI Zhan-bin^{1,2},LI Mian³

(1. Xi'an University of Technology, Xi'an 710048;

2. Institute of Soil and Water Conservation, CAS & MWR, Yangling, Shaanxi 712100, China;

3. Yellow River Institute of Hydraulic Research, Yellow River Conservancy Commission, Zhengzhou 450003, China)

Abstract: Check dam is the main measure for soil and water conservation, and its benefit in water and soil loss is remarkable, especially in the most seriously eroded first sub-region of hilly-gully Loess Plateau. On the basis of investigated data of Wangmaogou watershed check dams system, the benefits of flood trapping and sediment blocking, increasing land productivity, eco-environment, society are analyzed. Check dams system plays an irreplaceable role in preventing gully bed from cutting down, improving yield, accelerating the recovery of regional vegetable and adjustment of land utilization structure, improving adjustment of rural industrial framework, enhancing the efficiency of water resources, ameliorating local traffic, speeding up the development of rural science, technology and civilization.

Key words: Wangmaogou watershed; check dams system; benefit

1 引 言

黄土高原千沟万壑的侵蚀环境,不仅是黄土高原水土流失与黄河水患的根源,也是该区生产力低下、居民生活条件差、公共服务质量低、行政成本高及居民贫困的根源。淤地坝是黄土高原地区人民群众在长期同水土流失斗争实践中创造出的一种行之有效的水土保持工程措施,修建于各级沟道中的淤地坝,在解决黄河洪水泥沙问题、确保黄河安澜方面发挥了重要作用;同时,在改善生态环境及农业生产条件、淤地造田、增产粮食、巩固退耕还林(草)成果、调整农村产业结构、高效利用水资源、促进农村经济发展等方面,也发挥着极其重要的作用。因此,无论从西部大开发的战略角度考虑,还是从退耕还林还(草)政策实施后,如何解决黄土高原地区人民群众衣食住行、经济发展问题及黄河泥沙的角度来看,分析淤地坝坝系效益,对目前黄土高原正在大规模开展

的淤地坝建设具有重要的指导意义。

2 研究区概况

王茂沟是黄河水利委员会绥德水土保持科学试验站的试验性治理小流域之一,也是我国最早的治理试验小流域之一^[1,2]。王茂沟流域是陕北绥德县韭园沟中游左岸的一条支沟,是无定河中游左岸的一条二级支沟,位于东经 110°20'26"~110°22'46",北纬 37°34'13"~37°36'03",海拔高度 940~1 188 m,流域面积 5.97 km²,主沟长 3.75 km,沟道平均比降为 2.7%,沟谷地面积 2.97 km²,占流域总面积的 46.7%,沟壑密度 4.3 km/km²。流域内面积小于 0.1 km²的沟道 24 条,0.1~0.5 km²的沟道 18 条,0.5~1.0 km²的沟道 2 条,大于 1.0 km²的沟道 2 条,总计 46 条。地面坡度一般在 20°以上,小于 10°的面积仅占 2.2%,大于 45°以上的坡度占 34.7%。流域地形破碎,多被质地匀细、组织疏松的

* 收稿日期:2006-06-20

基金项目:国家自然科学基金(50479066)

作者简介:侯建才(1974-),男,博士研究生,工程师,主要从事土壤侵蚀与水土保持的研究工作。

黄绵土覆盖,厚度 20~150 m。地貌复杂,以梁、峁为主,沟壑纵横,坡陡沟深,属典型的黄土丘陵沟壑地貌。

流域多年平均降水量 513.1 mm,降雨量的年际变率大,年最大降雨量是年最小降水量的 3.5 倍;降水年内分配不均,年内降雨量主要集中在汛期 7~9 三个月,汛期降水量占年降水量的 73.1%,且多以暴雨形式出现,造成严重的水土流失泥沙量的 95%集中在汛期,治理前年平均侵蚀模数为 18 000 t/(km²·a),侵蚀方式以水力侵蚀和重力侵蚀为主。

3 坝系建设过程

王茂沟流域坝系发展经过 3 个阶段。

(1)坝系形成阶段(1953~1963 年)。该阶段以“因地制宜,全面规划,小多成群,小型为主,上蓄下种,计划排淤”的布设及运用为原则。1953 年在沟口打了第一座淤地坝,到 1956 年,在流域各支沟沟口都打了坝,到 1963 坝 42 座,布坝密度为 7 座/hm²,初步形成了坝系。

(2)坝系改造阶段(1964~1978 年)。该阶段采用轮蓄轮种的方式,将坝系中一部分面积较大的坝改为生产坝,另一部分库容较大的坝改为拦洪坝。拦洪坝不设溢洪道,全部拦蓄上游来的洪水及泥沙,以保证生产坝的安全。到 1978 年淤地坝通过改建合并保存 35 座,布坝密度 5.9 座/km²。

(3)坝系调整完善阶段(1979 年后)。该阶段以“小坝并大坝,扩大坝地面积,提高坝地利用率,增加骨干控制坝,以库容制胜”为指导思想,进行了调整合并,全面利用,使淤地

坝座数由 1978 年的 35 座减少为 23 座,减少了 34.3%,布坝密度为 3.85 座/km²。

从 1953 年开展沟道坝系建设工作,至 2004 年底,流域现有淤地坝 23 座,骨干坝 2 座,大、中型坝 6,小型淤地坝 15,总库容 273.2 万 m³,拦泥库容 243.59 万 m³,已淤库容 177.5 万 m³,剩余库容 95.7 万 m³。综合治理面积 393.06 hm²,治理程度为 65.84%。王茂沟流域淤地坝现状见表 1。

名称	座数 (座)	库容/万 m ³				淤地面积/hm ²			
		总库容	拦泥库容	已淤库容	剩余	可淤地	已淤地	已利用	利用率/%
骨干坝	2	132.50	112.63	79.30	53.20	12.34	9.13	7.72	84.6
中型坝	6	97.40	87.66	54.90	42.50	12.2	8.86	8.28	93.5
小型坝	15	43.30	43.30	43.30	0	10.1	8.85	8.20	92.7
合计	23	273.2	243.59	177.5	95.7	34.64	26.84	24.2	90.2

4 淤地坝坝系效益分析

4.1 坝系拦蓄效益

由于坝系节节拦蓄,大大消减了流量含沙量及径流量。王茂沟与邻近自然条件相似但打坝少的李家寨沟相比,在降水条件相似的情况下,王茂沟流域的径流量和输沙量较李家寨沟流域均有所减少,其中以输沙量减少最为明显(见表 2)：

表 2 李家寨沟与王茂沟水沙量对比											
洪水编号	沟道名称	降雨量/mm	降雨历时/h	降雨强度/(mm·h ⁻¹)	径流模数/(m ³ ·km ⁻²)	拦蓄径流/%	洪峰流量/(m ³ ·s ⁻¹)	减水效益/%	平均含沙量/(kg·m ⁻³)	输沙模数/(t·km ⁻²)	拦沙效益/%
620714	王茂沟	30.5	8.88	3.4	1528	19.0	1.90	44.3	449	687	48.0
	李家寨	29.6	7.40	4.0	1886		3.41		701	1322	
630615	王茂沟	22.0	6.67	3.3	250	84.3	0.16	95.8	89	22	98.0
	李家寨	24.5	16.57	1.5	1592		3.85		680	1083	
630705	王茂沟	60.7	11.68	5.2	740	79.1	0.58	86.7	52	38	97.8
	李家寨	65.4	11.53	5.7	3539		4.35		491	1738	
630818	王茂沟	7.4	0.38	19.3	186	8.4	0.41	/	53	10	54.1
	李家寨	8.8	0.27	32.9	203		0.31		183	37	

数据来自陕西省水土保持径流测验资料(1954~1976)上册

王茂沟流域内坝系较完整、坡面治理程度较高的塬堰沟,其拦蓄效益更高。1961 年 8 月 1 日、1964 年 7 月 5 日两次暴雨,坝系拦蓄径流的 70.7%、91.7%,拦蓄泥沙的 96.3%、99.8%(表 3)：

表 3 1961 年和 1964 年两次暴雨塬堰沟坝系拦蓄效益									
暴雨编号	降雨量/mm	平均强度/(mm·h ⁻¹)	产生径流/m ³	拦蓄径流/m ³	拦蓄效益/%	产生泥沙/m ³	拦蓄泥沙/m ³	拦蓄效益/%	
19610801	77.1	17.4	23091	16340	70.7	14814	14252	96.3	
19640705	126	6.0	19312	17744	91.7	7231	7200	99.8	

王茂沟流域坝系形成之后,经受了 1964 年 7 月 5 日暴雨和 1977 年 8 月 5 日暴雨的考验,1964 年 7 月 5 日,王茂沟流域降雨量 131.8 mm,降雨强度 62 mm/h,流域内各坝均安全度汛,洪水泥沙大部分被拦在坝系之内。坝系拦水量为 36.6 万 m³,占流域产流量的 78%;坝系拦沙量 13.5 万 t,占流域产沙量的 72%。1977 年 8 月 5 日,王茂沟流域降雨量 162.7 mm,主沟各坝安全度汛,支沟坝系中虽有少数坝拉开缺口,但坝系泥沙冲失轻微,支沟坝地冲失的泥沙又被主沟坝系拦截。坝系拦水量 40.5 万 m³,占流域产流量的

69.5%;坝系拦沙量 13.6 万 t,占流域产沙量的 57.6%。上述分析表明,布局合理的小流域坝系对暴雨洪水具有较强的抵御能力。

王茂沟流域综合治理前的年均侵蚀(输沙)模数 18 000 万 t/km²,根据沟口实测资料对比分析,由于治理过程中坝系控制性强、拦蓄效果好,几十年来一直保持着高水平的减沙效果,使流域输沙模数持续而明显的大量减少(见表 4)。

表 4 王茂沟流域输沙模数变化系列分析						
治理时期	年均汛期降水量/mm	年均产流降水量/mm	年均汛期径流量/m ³	年均汛期输沙量/t	年均输沙模数/(t·km ⁻²)	减沙率/%
治理前					18000	
治理初期 (1960~1965)	341.6	193.6	105810	48041	8047	55.3
治理后期 (1980~1994)	319.8	171.7	36160	4488	752	95.8

坝系可以拦泥保土,减少黄河泥沙,同时可以淤地增加基本农田,故拦泥淤地是坝系建设效益中最基本、最重要的部分,是其它一切效益的基础。王茂沟流域坝系的拦泥淤地作用是同步增长的,也是十分显著的。根据多年观测情况,

分时段列于表 5:

4.2 坝系增产效益

王茂沟流域沟道坝地利用率为 90.2%,保收率为 88.5%,坝地土肥水足,生产力较高。随着淤地坝建设时间的延长,坝地面积在不断扩大,而坝地是由坡面表土冲淤而成,具有土肥、墒好,适宜多种作物的生长的特点,因而坝地在该地区是高产稳产的基本农田。王茂沟小流域 1960~1996 年试验观测,水地、坝地、水平梯田、坡耕地单产分别为 7 374、4 750、1 606、566 kg/hm²。由此可见,坝地产量仅低于水地,且分别是水平梯田及坡耕地产量的 2.96、8.39 倍。在人口增加、耕地面积由占总面积的 57%下降到 28%的情况下,2000 年平均产粮 3 022 kg/hm²,较 1952 年平均产粮 240 kg/hm² 增长了 11 倍多;粮食总产量由 1952 年的 8.3 万 kg 提高到 54.0 万 kg,人均粮食由 1952 年的 198 kg 上升为 617 kg,增长了 211.6%,可见坝地增产效益非常显著。

表 5 王茂沟流域坝系各时段拦泥淤地分析表

年 份	1953~1963	1964~1978	1979~1992	1953~1992
拦泥量/万 m ³	48.07	57.25	70.76	176.08
淤地面积/hm ²	11.2	11.5	10.6	33.3
年均拦泥量/ (万 m ³ ·km ⁻² ·a ⁻¹)	7320	6393	8467	7374
年均淤地/ (hm ² ·km ⁻² ·a ⁻¹)	0.17	0.13	0.13	0.14
每 1 hm ² 坝地拦泥/万 m ³	4.29	4.98	6.68	5.29
每平方公里淤地/ (hm ² ·km ⁻²)	1.88	1.92	1.77	5.57

4.3 坝地生态效益

4.3.1 控制了沟道重力侵蚀

王茂沟流域 1964 年观测,沟谷坡滑塌有 99 处,土方为 21 295.8 m³;崩塌有 35 处,土方为 5 494.6 m³,泻溜有 1 处,土方为 26 806.8 m³。到 1986 年以后,由于沟道修建淤地坝抬高了侵蚀基准面,制止了沟道下切,稳定了沟壁,加上坡面采取工程和林草措施,再未出现上述侵蚀的情况,沟壁的扩张、沟道重力侵蚀得到了有效控制。

4.3.2 促进退耕还林还草

淤地坝建设增加了水肥条件较好的基本农田,促进了陡坡耕地退耕还林还草,推动了大面积植被恢复,改善了生态环境,变农林牧相互争地为互相促进、协调发展。据王茂沟流域 1960~1996 年试验观测,每增加 1 hm² 坝地,在粮食生产不减少的情况下可退耕坡地 8.39 hm²,退耕水平梯田 2.96 hm²。王茂沟小流域农耕地由 1952 年的 346.67 hm²,减少到 2000 年的 178.67 hm²,减少了 48.5%,林地面积由 3%上升到 45%,草地面积由 3%上升到 7%,林草面积由 1952 年的 9.33 hm² 发展到 347.13 hm²,增长了 36.2 倍。可见,沟道坝系建设是促进退耕还林还草和生态自我修复的主要措施。

4.3.3 提高水资源利用率

王茂沟(治理沟)水土保持可以有效的拦蓄汛期降水,使流域蓄水量增加,涵养水源,并且治理流域的沟道工程措施通过沟床两岸和沟底的渗漏,可以使非汛期常水流量明显增加,至 1967 年增加 12~2 月常水流量 23%,至 1994 年年

参考文献:

[1] 张金慧.王茂沟综合防治体系建设试验研究[J].人民黄河,1993,(9):20-23.
[2] 冯国安.陕北王茂沟流域综合治理的启示[J].人民黄河,1998,(1):15-17.
[3] 刘万铨.黄土高原水土保持在黄河流域水资源开发利用中的地位和作用[J].中国水土保持,1999,(11):28-31.
[4] 丁琳霞.黄土区水土保持对小流域水文环境效应的影响[D].陕西杨陵:中国科学院水利部水土保持研究所,2000.

增加常水流量 26%^[3],有林区与无林区相比,汛期径流量明显减少,而非汛期(3~5 月)常水流量增加近 20%^[4]。据韭园沟口站资料分析,1954~1964 年常水流量均为 28 L/s;1965~1974 年为 36 L/s,增加了 1.28 倍;1975~1988 年为 65 L/s,较 1954~1964 年增加了 2.3 倍;1989~1998 年为 78 L/s,较 1954~1964 年增加了 2.79 倍。由于修建了治沟骨干工程和水库,使水面面积发展为 80 hm²,促进了农田水利化和水产业发展,发展了养鱼及养鸭业,过去没有野鸭子现在也成群结队地出现了。

4.3.4 提高了土壤肥力

坝地由山坡表土淤积而成,土壤肥沃,含有大量牲畜粪便、枯枝落叶及无机养分,据 1984 年取样分析,土壤肥力较坡耕地都有明显的提高,每吨土壤中氮、磷、钾、有机质含量分别为坡耕地的 1.3 倍、4 倍、5.2 倍和 1.3 倍。坝地水分充足,抗旱能力强,大旱之年尤为突出。一般坝地含水率比坡耕地高 1.5 倍,比梯田高 1 倍。

4.4 坝地社会效益

王茂沟流域坝地面积和水面面积的不断增加,改变了生产条件,土地利用结构发生了根本性的变化,人均耕地面积减少了 40%,但人均产粮是 50 年代的 2.7 倍,经济林发展到 72.83 hm²;人工草地面积达 40 hm²,发展畜牧业折合 400 个羊单位,人均产值 90 年代初达到 1 545 元(1992 年)。

土地利用结构的变化为产业结构的调整创造了条件。王茂沟流域出现了坝地果园、大棚蔬菜、池塘养殖、生态苗圃等,坡地林草面积的增加促进了畜牧业、养殖业的发展,由过去单一的粮食生产向粮食、油料、蔬菜、果品、水产、肉食等集约型生产转变,农村产业结构也由单一的小农经济变为农、林、牧、副、渔各业并举,种植业、养殖业、农副产品加工业全面发展的新格局,促进了流域经济发展和农民生活水平的提高。通过 50 年来的骨干工程和淤地坝建设,坝路结合,形成了沟道坝系道路网络,从而使坝地小平原实现了机械化和水利化;同时也促进了道路、水路、线路的“三通”建设,加速了信息、文化、产品的广泛交流和市场化的进程,使王茂沟流域得到了全方位的社会进步。

坝地的优越条件和高产出,使广大农民群众从中看到了脱贫致富的希望。从少种多收、重视科学种田,到各业并举、种养结合发展的新思路,进一步强化了农民实行集约化经营的新观念。这些,都从根本上奠定了流域经济的发展基础,成为农民学科学、学文化的强大动力。特别是近年来,各地都涌现出的科学种田、农副产品加工、果树栽培、病虫害防治以及水产养殖等方面技术型致富能手使农民看到了文化知识价值,从而使文化教育事业受到了高度重视并得到了快速发展。

5 结 论

王茂沟淤地坝坝系的建设效益是十分显著的。淤地坝作为黄土丘陵沟壑区资源开发利用和经济建设的基础工程,可以有效地补偿开发占地,同时快速控制水土流失,提高水资源利用率,通过促进退耕还林还草及封禁保护,加快生态自我修复,实现生态环境的良性循环,改善生产、生活和交通条件,为西部开发创造良好的建设环境,加快了农村全面建设小康社会的进程。