

黄土高原地区沟道工程的水保作用与防洪功效

刘会源, 宋锦霞, 牛 萍
(黄河上中游管理局, 西安 710021)

摘 要: 实践证明, 黄土高原地区以骨干坝、淤地坝为主的沟道工程、小流域坝系, 在拦泥淤地、防洪保收、水资源利用、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重要措施。沟道工程的防洪实践证明, 只要形成以治沟骨干工程为骨架, 以小多成群的淤地坝为主体的沟道坝系, 完全可以保证沟道工程的安全。

关键词: 淤地坝; 骨干坝; 拦沙效益; 防洪功效

中图分类号: S 157 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2004) 03-0204-04

Analysis of Soil and Water Conservation Function and Flood Control Effect of Gully Dam in the Region of Loess Plateau

LIU Hui-yuan, SONG Jin-xia, NIU Ping
(A dministrative Bureau of Upp er& M iddle of Yellow River, Xi'an 710021, China)

Abstract: Practice proved that the channel project and the dam system in small watershed with key dams and warping dams in the Loess Plateau played important roles in sediment retention and farmland-making, flood control, use of water resources, irrigation, fishery, drinking water supply and improving traffic condition. It is becoming the most important measure in soil and water conservation. The flood control activity in gully area proved that engineering works in gullies be safe where there is a solid frame with key dams and amount of warping dams in a small watershed.

Key words: warping dam; key dam; sediment retention benefit; efficiency of flood control

黄土高原地区的水土保持沟道工程主要包括淤地坝、骨干坝、小水库、谷坊、引洪漫地造田工程等, 就其水土保持功效最大的是淤地坝和骨干坝工程。现就淤地坝、骨干坝工程的水保作用与防洪功效予以论述。

1 黄土高原地区沟道工程建设现状

据统计, 截止 2000 年底黄河中游地区共建成沟道工程 51.8 座(处)(见表 1、表 2), 已拦泥沙 100 多亿 t, 淤成稳产高产的沟道农田 49.04 万 hm², 年均产粮 18.4 亿 t, 人均增加粮食 26.3 kg, 这对减少入黄泥沙和改善当地群众生活水平均起到了积极作用, 也给退耕还林还草创造了条件。各省(区) 骨干坝、淤地坝现状分布见表 2。

表 1 黄土高原地区沟道工程建设现状表

骨干坝			淤地坝			小水库		
万座	库容 / 亿 m ³	淤地/ 万 hm ²	万座	库容 / 亿 m ³	淤地/ 万 hm ²	万座	库容/ 亿 m ³	淤地/ 万 hm ²
0.13	14.1	1.16	17	78.58	31.1	0.1	10	10.6

表 2 黄土高原地区沟道工程建设现状表

谷坊		漫地和造田		合计	
万座	淤地 / 万 hm ²	万处	面积 万/ hm ²	万座	库容 / 亿 m ³ / 淤地 / 万 hm ²
34	1.62	0.6	1.8	51.83	103 46.3

1.1 淤地坝建设现状

据调查统计, 黄土高原地区现有淤地坝 11 万余座, 淤成坝地 30 多万 hm², 拦蓄泥沙 210 亿 m³。其中陕、晋、蒙三省区淤地坝 9 万余座, 占总数的 82.5%, 见表 3。

1.2 骨干坝建设现状

截止 2000 年, 黄土高原地区已建成骨干坝 1 356 座, 并初步建成川掌沟、韭园沟、康河沟等 10 余条典型小流域坝系, 控制面积 9 247 km², 总库容 13.75 亿 m³, 可拦蓄泥沙 10.65 亿 m³, 淤地 1.3 万 hm², 发展灌溉 2.35 万 hm², 保护下游沟、川、台地 1.87 万 hm², 实现 5.4 ~ 8.4 万 hm² 的坡耕地退耕。

¹ 收稿日期: 2004-04-02

作者简介: 刘会源(1951-), 男, 陕西省西安市人, 高级工程师, 从事水土保持规划设计、研究工作。

表 3 各省(区)骨干坝、淤地坝现状分布表						
省(区)	骨干坝					淤地坝
	数量	控制面积	总库容	拦泥库容	可淤面积	数量
	/座	/km ²	/万 m ³	/万 m ³	/hm ²	/座
青海	46	201.55	2619.99	1837.32	173.27	3877
甘肃	190	1041.93	13787.33	9376.92	1528.07	6630
宁夏	63	770.66	7169.6	3731.41	566.8	4936
内蒙古	297	2214.02	29708.46	18551.36	3603.8	17819
陕西省	350	2336.1	35554.8	29129.71	3163.53	36816
山西省	376	2272.43	44862.6	42082.56	4066.47	37820
河南省	34	410.31	3772.46	1790.72	352.4	4147
合计	1356	9247	137475.24	106500	13454.34	112045

表 4 黄土高原淤地坝分布表								
项目	青海	甘肃	宁夏	内蒙古	陕西	山西	河南	合计
数量/座	3877	6635	4936	17819	36836	37840	4147	112045
比例/%	3.46	5.92	4.41	15.90	32.88	33.77	3.70	100

根据黄土高原地区侵蚀类型和侵蚀强度,骨干坝建设以多沙粗沙区为重点,以支流为骨架,以小流域为单元,按坝系进行。目前的分布情况是:强度侵蚀区 596 座;极强度侵蚀区 285 座;剧烈侵蚀区 375 座。河龙区间流域面积大于 1 000 km² 直接入黄的 21 条支流 1 020 座,占总数的 75.2%。骨干坝在各侵蚀类型和侵蚀强度区分布见表 4。

从地形地貌特点和小流域沟道特征来看,黄土丘陵沟壑区是黄土高原地区淤地坝建设的重点。该区包括河口至龙门区间和泾、洛、渭河上游,以及青海、宁夏、河南的一部分,总面积 21.88 万 km²,其中水土流失面积达 20.43 万 km²。本区大部分属干旱、半干旱地带,水土流失严重,年降水量平均在 300~500 mm,多集中在每年 7~9 月,且以暴雨为主,侵蚀模数大部分在 5 000 t/(km²·a) 以上,部分地区达到了 3 万 t/(km²·a)。该区地形破碎,沟壑纵横,坡陡沟深,沟壑密度一般为 3~6 km/km²,切割深度 100~300 m,地面坡度大部分在 15 以上,在于 25 的在 31% 以上,其中一、二副区达 50%~68%,为骨干坝提供了得天独厚的建设条件。黄土丘陵沟壑现有骨干坝 1 246 座,占总数的 91.9%。详见表 6。

2 淤地坝工程的效益与作用

通过多年实践证实,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重要措施。

2.1 有效减少入黄泥沙,实现“河床不抬高”的黄河治理目标

(1) 抬高侵蚀基点,阻止沟底下切。淤地坝拦淤泥沙后,抬高侵蚀基点,阻止沟底下切,使沟道比降变缓,延缓了溯源侵蚀和沟岸扩张,对减轻滑坡、崩塌、泻溜等重力侵蚀和稳定巩固沟床等都具有积极意义。据无定河普查资料,黄土丘陵沟壑区流域面积在 3~4 km² 的沟道原平均比降一般在

3.5% 左右,而淤地坝建设流域的沟道比降变为 0.8% 以下,并实现了沟道川台化。

(2) 拦泥保土、滞洪减沙作用非常显著。据统计,黄土高原地区累计兴建骨干坝 1 356 座,总控制面积 9 247 km²,建设总库容 13.75 亿 m³,可拦泥 10.65 亿 t,已验收的 1 165 座骨干坝已拦沙 4.04 亿 t,若按一半粗沙淤积河床,清淤每 1 m³2 元、拦泥每 1 m³1 元计算,可减少下游河床淤积 2.02 亿 t,节省投资 6.06 亿元,而其建设投资目前约为 3.33 亿元,可见效益非常显著。皇甫川流域上游已建成 51 座骨干坝,控制面积 460 km²,总库容 1.11 亿 m³,可拦泥 7 490 万 m³,其中川掌沟、忽鸡兔沟和卜洞沟三条小流域的骨干坝控制面积均达到 90% 以上,坝系工程已具规模,年均拦沙量达 870 万 t,占全流域年均拦沙量 5 300 万 t 的 16.4%。坝系比较完善的川掌沟流域年均拦沙量占年流失量的 91%,其中 92.5% 的泥沙为骨干坝和淤地坝所拦。

表 5 各侵蚀类型和侵蚀强度区骨干坝分布表					
区域	年侵蚀模数	流失面积	年输沙量	涉及支流	建设比例
	/(t·km ² ·a)/km ²	/km ²	/亿 t		座数/%
强度侵蚀区	5000~8000	60900	3.8	湟水、洮河下游、祖厉河、红河、上游沿黄、渭河、泾河、北洛河中、汾河上游、伊洛河局部	596 43.9
				窟野河上中游、秃尾河下游、清涧河、延河上游、北洛河上游、屈产河、昕水河、清水河、鄂河、河龙区沿黄	385 28.4
极强度侵蚀区	8000~15000	48400	4.6	皇甫川、秃尾河中游、无定河、孤山川、窟野河下游、佳芦河、蔚汾河、湫水河、三川河、偏关河下游、县川河、朱家川	375 27.7
合计		146000	14		1356 100

表 6 各类型区治沟骨干坝分布表		
类型区	工程座数/座	比例/%
黄土丘陵沟壑区	1246	91.9
黄土高塬沟壑区	30	2.2
土石山区	32	2.4
黄土阶地区	41	3.0
风沙区	7	0.5
合计	1356	100

据陕北淤地坝调查结果,淤地坝共拦泥 39.25 亿 t,其中骨干坝及大型淤地坝拦泥 17.96 亿 t,占 32.3%,平均每座拦泥 141.95 亿 t;中型淤地坝拦泥 17.96 亿 t,占 45.8%,平均每座拦泥 32.07 万 t;小型淤地坝拦泥 8.1 亿 t,占 20.

6%, 平均每座拦泥 3.2 万 t。又据无定河流域 666 座淤地坝的调查结果, 单位坝地的拦泥量随坝高增大而增大, 坝高小于 5 m 的淤地坝平均拦泥 1.4 万 t/hm², 坝高在 31~35 m 之间平均拦泥为 10.5 万 t/hm²。

(3) 坝系拦泥滞洪作用更为明显。坝系中骨干坝的主要作用是“上拦下保”, 淤地坝的主要作用是淤地生产, 塘坝的主要作用是蓄水灌溉。典型坝系调研资料表明, 山西的东石羊, 陕西碾庄沟、韭园沟、甘肃的七里沟等坝系较好的小流域, 拦泥拦洪量都达到 80% 以上, 效益显著。陕西横山县赵石畔流域面积 60.68 km², 目前已建成淤地坝 45 座, 其中骨干坝 8 座, 总库容 2 982.5 万 m³, 已拦泥 1 510.4 万 m³, 可淤地 261 hm², 已淤坝地 143 hm², 坝系防洪标准达到 200 年一遇洪水标准, 流域内 94% 的洪水泥沙达到全拦全蓄, 新增灌溉面积 27 hm², 养殖水面 13 hm², 坝地利用率及保收率均达到 95% 以上, 形成了拦、蓄、种的淤地坝利用格局, 实现年产值 88.25 万元。

内蒙古准格尔旗的川掌沟流域, 总面积 147 km², 截止 1999 年底, 共建成骨干坝 36 座, 淤地坝 110 座, 控制流域面积 132 km², 库容达 3 422 万 m³ (其中骨干坝拦泥库容达 2 430.79 万 m³), 目前该流域已形成较完整的沟道防御体系。1989 年 7 月 21 日, 地处皇甫川暴雨中心的川掌沟小流域平均降雨 118.9 mm, 最大雨量为 141.2 mm, 最大降雨强度为每分钟 0.47 mm, 推算暴雨频率为 150 年一遇, 流域产洪总量为 1 233.7 万 m³, 骨干坝共拦蓄洪水 593.22 万 m³, 缓洪 514.58 万 m³, 削洪量达 89.7%, 333 hm² 农田免于水患, 减灾效益达到 200 万元以上。

2.2 有效改变农村生产条件, 促进农村全面建设小康社会的进程

(1) 增加了耕地面积, 改良了耕地土壤。坝地聚集了随坡面径流汇入沟道的山坡地表土。同时大量牲畜粪便、枯枝落叶及有机肥料流入坝内, 使坝地水分充足, 土地肥沃。据绥德站资料, 坝地与坡耕地相比, 土壤含水量高 86%, 一般地土壤养分高 3%~8%, 新淤地高 28%~36%。韭园沟干沟打坝后, 净增耕地面积占坝地总面积的 28.3%, 在其支沟王茂沟打坝淤地后, 净增耕地面积占坝地总面积的 75.5%。陕北地区淤地坝普查显示, 建坝后已增耕地 2.64 万 hm², 还可增加 0.4 万 hm²。

(2) 提高粮食产量, 增加群众收入。据 2000 年坝系典型调查资料, 坝地平均公顷产量 3 750 kg~4 500 kg, 高的达 7 500 kg。山西吉县柳沟坝系中, 坝地产量最高可达每 1 hm² 5 000 kg, 称为吨粮田。是梯田的 2~3 倍, 是坡耕地 5~8 倍, 尤其在干旱年份坝地作用更加明显。陕北、晋西北近几年连续干旱, 坡地几乎颗粒无收, 而坝地仍保持稳产高产。陕北淤地坝调查显示, 每公顷坝地粮食平均产量 6 000 kg, 1 kg 按 1 元算, 可增加收入 1.61 亿, 如果是经济作物, 产值会更高。榆林地区, 全区耕地面积 90 年代与 50 年代相比减少了 18.6%, 而粮食总产量由 23.56 万 t 增加到了 62.85 万 t, 其中

坝地产粮由总产的比例由 0.7% 增加到 14.8%。

2.3 促进退耕还林还牧, 建设秀美山川

(1) 促进退耕还林还牧及土地利用结构的调整。坝地是黄土高原地区的主要基本农田, 在农业生产中占有重要的位置。据统计, 黄土高原地区有坝地 30 多万 hm², 占耕地面积的 9%, 粮食产量占总产量的 20.5%。通过坝系农业建设粮食和饲料基地, 对大面积陡坡耕地的退耕产生了有力的促进作用。据调查, 内蒙古东胜市的阿布亥流域, 是“九五”期间重点坝系建设流域, 自 1996 年以来, 安排骨干坝 12 座, 淤地坝 35 座, 通过坝系建设, 土地利用结构由治理前的农、林、牧用地 1 0.8 5 调整到 2000 年的 1 2 4, 耕地面积由治理前的 1 284 hm² 减少到 2000 年底的 856 hm², 但粮食产量却由治理前的 133.6 万 kg 增到 276.4 万 kg, 人均产粮由 416 kg 增收到 918 kg, 农业产值由 532.54 万元增加到 768.1 万元, 人均收入达到 2 430 元。据分析, 新增坝地 79 hm², 每公顷产粮 4 500 kg, 相当地 6 hm² 坡地的产粮, 可实现坡地退耕 474 hm²。只有建设好坝地, 才能退得下、稳得住、不反弹。

(2) 促进了农村产业结构调整。据调查, 由于淤地坝改变了农业生产的基本条件, 在一些小流域中, 种植业、养殖业、加工业全面发展, 农业内部农林牧副业并举, 经济林木及畜牧养殖得到了大力发展, 种植业由单一粮食生产变为粮食、经济和饲料生产并重, 效益十分显著。甘肃定西县道回沟小流域, 目前已建成骨干坝 8 座, 利用其中的蓄水配套提灌工程 2 处, 配套渠道 5 000 多 m, 发展水浇地 33.3 hm², 建成温室 10 座, 蔬菜大棚 4 座, 年加工 1 万 kg 马铃薯粉厂 1 处, 年产值达 21 万元。

(3) 提高水资源的利用率。淤地坝建设能够有效地拦蓄径流, 促进洪水由地表水向地下水转化, 增加沟道常流水, 发展灌溉、养殖和山区人畜饮水工程等, 使区内有限的水资源得到合理开发利用, 有利于培育区域内经济新的增长点, 促进区域内社会经济的可持续发展。绥德站在韭园沟小流域测试, 由于修建了完善的坝系, 沟道常流水比以前增加两倍以上, 并使附近村庄的人畜饮水困难基本得到解决。据调查, 目前已竣工的 1 165 座骨干坝有 430 座养了鱼, 投放鱼苗 17 476 万尾。

2.4 改善人的生存条件, 促进山区文明进步

黄土高原地区沟壑纵横, 地形破碎, 沟壑密度一般为 4~6 km/km², 有的地区达到 10 km/km² 以上, 大部分地区地面坡度在 15° 以上。农业耕作条件艰苦, 道路成为当地脱贫致富, 发展经济的制约因素。坝路结合连接深沟两岸, 有利于机械化和水利作业, 改进了农业耕作方式, 成为山区道路建设的一种重要形式, 对发展山区经济起到了重要作用。据抽样调查分析, 黄土高原地区坝路结合的淤地坝约有 42%。山西汾阳至宁夏银川的公路, 在陕西靖边县青阳岔至桥沟湾路段内, 有八处跨越大沟, 都是以坝代桥。

2.5 有效地改变农村生产条件, 实现高产稳产, 促进农村全面建设小康社会的进程

淤地坝淤出的坝地变荒沟为高产稳产田, 促进了粮食产

量大幅度提高。根据普查成果,陕北地区现有淤地坝 3.1 万多座,已淤成坝地4.27 万 hm²。80 年代平均每公顷地产粮约 4 500 kg,有些高达 7 500 kg 以上,与梯田、坡地比较,种植 1 hm² 坝地相当于种植 2~3 hm² 梯田或 5~6 hm² 坡地。60~80 年代多年平均坝地产粮约为每公顷 4 050 kg,若考虑建设淹没沟台地,并按沟台地每公顷产粮 3 000 kg、建坝后净增地 65% 计算,则种植每公顷坝地净增产粮食 3 000 kg。按此计算,1956~1989 年,累计利用坝地 50.54 万 hm²,共增产粮食 15.16 亿 kg。其中 1970~1989 年增产粮食 14.08 亿 kg,年均增产 0.7 亿 kg,对稳定当地农业生产发挥了巨大的作用。

3 治沟骨干工程防洪保收作用

治沟骨干工程具有保护小流域淤地坝安全生产的作用。近年来安排的治沟骨干工程主要集中在有一定治理基础的小流域,对保护小多成群的淤地坝的安全生产发挥了巨大的作用。内蒙古自治区准格尔旗安定壕村,地处忽鸡图小流域。1989 年配合流域治理,在贾浪沟、罕将沟建成 4 座骨干工程,控制流域面积 17.7km²,总库容 309 万 m³,除经受“1989-7-21”大暴雨外,还保护了下游坝地的安全生产,提供了灌溉水源。经过 3 年的管护运行,4 座骨干坝的年蓄水量达 205 万 m³,灌溉面积增加 132 hm²,使该村粮食总产量由原来的年平均 34 万 kg 增加到 1991 年的 120 万 kg。

3.1 淤地坝工程的防洪实践

(1) 淤地坝工程的防洪标准。在认真总结 70 年代黄河中游地区几次特大暴雨造成淤地坝工程水毁教训的基础上,水土保持工作人员根据淤地坝建设标准低的缺点,提出了在淤地坝间,提高标准建设控制面积 3~5 km² 的水土保持治沟骨干工程,发挥其上拦下保的作用,以保证淤地坝的安全生产。通过几年的研究,确定了治沟骨干工程的合理建设规模和使用年限。1984 年,国家计委与当时的水电部研究提出,在黄河中游水土流失最严重的多沙粗沙区,开展治沟骨干工程建设,并于 1986 年正式实施。在此基础上水电部于同年颁布了《水土保持治沟骨干工程暂行技术规范》(SD 175-86)。并对治沟骨干工程的防洪标准作了明确规定(见表 7)

此后,随着治沟骨干工程的大规模开展,涌现出了象准格尔旗川掌沟、汾西县康和沟等一批以治沟骨干工程为骨架,以小多成群的淤地坝为主体的坝系建设样板流域。经过近几年的实际运行,这些流域都经受住了暴雨洪水的考验,保证了流域的安全生产,获得了巨大的效益。

(2) 淤地坝工程的防洪实践。1989-7-21 暴雨:川掌沟位于皇甫川流域上游。流域 60 年代开始在干支沟上修建大、

参考文献:

[1] 水土保持治沟骨干工程暂行技术规范(SD 175-86)[S]. 北京:中国水利电力出版社,1986. 1-5.
[2] 黄河上中游管理局.淤地坝规划[M]. 北京:中国计划出版社,2004. 12-15, 87-121, 187-217.
[3] 高健翎,严国民,刘会源.黄河流域黄土高原地区水土保持生态环境建设研究[M]. 郑州:黄河水利出版社,2003. 93-99.
[4] 中华人民共和国.黄土高原地区水土保持淤地坝规划[Z]. 2003.
[5] 黄河水利委员会.黄河近期重点治理开发规划[M]. 郑州:黄河水利出版社,2002. 79-86.

中、小型淤地坝。1986 年开始建设 18 座水土保持治沟骨干工程,控制面积 121.57 km²,占流域面积的 83%,总库容 2 017 万 m³。1989 年 7 月 21 日该流域在 3 个半小时内发生降雨 118.9 mm,据推算为 150 年一遇暴雨,产生洪水总量 1 233.7 万 m³。由于有骨干坝的拦蓄作用,洪水过后川掌沟流域水利水保设施和下游 300 多 hm² 基本农田以及村庄道路都安全无恙。

表 7 治沟骨干工程等级划分及设计标准

总库容/10 ⁴ m ³		50~100	100~500
工程等级		五	四
洪水重现划分/a	设计	20~30	30~50
	校核	200~300	300~500
设计淤积年限/a		10~20	20~30

该次暴雨中同是皇甫川流域的其他一些沟道,因无骨干工程的拦保,共冲毁谷坊 361 座,小型塘坝,淤积坝 28 座,坝地 206.7 hm²,河滩地 213.3 hm²,以及部分乡村道路等,共造成经济损失 60~80 万元。

1994 年汛期黄河中游地区暴雨:1994 年汛期黄河中游地区暴雨、洪水频繁出现,根据调查陕、晋、蒙、甘、宁五省(区)15 个地(盟),75 个县(旗)的 7 542 座大、小淤地坝受到不同程度的水毁,占淤地坝总数的 8%,淹没或冲倒农作物 8 333 hm²,占种植面积的 3%,损失坝地 3 300 hm²,修复工程需要总投资 3.74 亿元。这些损失都是由于在沟道坝系中无骨干坝,缺少控制性拦洪工程所致。该年的暴雨中黄河中游地区已建成的水土保持治沟骨干工程不但无一被冲毁,而且还有效地保护了所在流域淤地坝的安全生产。陕西省横山县岳家沟流域,在 113 km² 流域内原有大小淤地坝 35 座,已淤坝地 246 hm²,基本形成能坝库群,1994 年流域内两次出现暴雨,降水量 380 mm,由于无骨干工程,造成 34 座淤地坝连锁垮坝,给当地人民群众造成了巨大损失。

延安市麻庄流域,1986 年以来先后建成配套骨干工程 5 座,有效地保护了流域内现有 23 座中、小型淤地坝的安全运行。

以上这样的实例还有韭园沟、碾庄沟等,在黄河上中游地区不胜枚举。据调查 1986 年以来在黄河上中游地区共建设水土保持治沟骨干工程 1 200 多座,经过近 20 年的实际运行,所有工程都完好无损,不仅拦蓄了大量泥沙,抬高了侵蚀基点,而且保护了大量小多成群的沟道工程,获得了相当可观的经济效益和社会效益。另外,大量的实践证明,只要形成以治沟骨干工程为骨架,以小多成群的淤地坝为主体的沟道坝系,完全可以保证沟道工程的安全。