

# 王茂沟淤地坝系建设的生态环境效益分析

李 勉<sup>1</sup>, 杨剑锋<sup>1</sup>, 侯建才<sup>2</sup>

(1. 黄河水利科学研究院, 郑州 450003; 2. 西安理工大学, 西安 710048)

**摘要:**黄土高原淤地坝系建设对当地生态环境的改善有着重要作用。以王茂沟小流域为例, 从自然灾害防治条件、林草覆盖度、土壤侵蚀程度、土地质量、人类生存和动植物栖息条件等方面对比分析了淤地坝系建设前后的变化, 分析表明, 淤地坝系建设在提高流域抗灾能力、促进并巩固退耕还林还草、改善局部小气候和人类及动植物栖息条件方面均发挥了重要作用, 正确认识淤地坝的生态环境效益, 对进一步推动淤地坝建设, 实现黄土高原秀美山川建设有重要意义。

**关键词:**淤地坝; 生态环境; 王茂沟

**中图分类号:** X171.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2006)05-0145-03

## Analysis on the Benefit of Silt Dams for the Environment in Wangmaogou Catchment

LI Mian<sup>1</sup>, YANG Jian-feng<sup>1</sup>, HOU Jian-cai<sup>2</sup>

(1. Yellow River Institute of Hydraulic Research, Zhengzhou 450003, China;

2. Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

**Abstract:** Silt dam plays an important role in improving the local environment on the Loess Plateau. Taking Wangmaogou catchment as a case, the changes before and after the construction of silt dams were contrasted from the disaster-preventing condition, forest and grass coverage degree, soil erosion intensity, soil quality, the living conditions of human being, animal and plant. The results show that the disaster-preventing capacity increased, the local microclimate and living conditions are greatly improved after the construction of silt dams, which also accelerate and consolidate the achievement of returning cropland to forest and grass. So that the role of silt dams is very significant in realizing graceful landscape on the Loess Plateau.

**Key words:** silt dam; environment; Wangmaogou

在沟道中建造淤地坝拦截泥沙是我国黄土高原地区人民群众在长期实践中独创的防治水土流失的重要工程措施。建国后, 尤其是 1952 年绥德水保站成立后, 黄土高原淤地坝建设有了突破性进展。经过 50 多年的建设, 黄土高原地区现有淤地坝 11 万余座, 淤成坝地 40 多万  $\text{hm}^2$ 。淤地坝建设已成为黄土高原流域综合治理的主要内容, 在拦蓄利用泥沙资源, 建设旱涝保收、高产稳产基本农田, 增加粮食产量, 解决农村用水, 方便交通等方面发挥了显著作用, 同时, 对当地生态环境的改善也发挥着日益重要的作用。本文以黄土丘陵区小流域淤地坝系建设的典型——绥德王茂沟小流域为例, 分析了淤地坝系建设前后当地生态环境的变化状况, 以期能对小流域坝系建设对当地生态环境的改善作用有一个较为全面、深入的认识, 进一步推动淤地坝的大规模建设, 促进秀美山川的实现。

### 1 王茂沟流域概况与淤地坝系建设过程

王茂沟是黄河中游黄土丘陵区第一副区具有典型代表性的一条流域, 位于陕西省绥德县韭园沟乡, 是无定河左岸的一条 2 级支沟, 流域面积  $5.97 \text{ km}^2$ , 其中沟间地占

58.4%, 沟谷地占 41.6%。主沟长 3.75 km, 沟道平均比降 2.7%, 流域平均宽 1.46 km, 一级支沟 21 条, 沟壑密度  $4.3 \text{ km}/\text{km}^2$ 。地面坡度  $0 \sim 15^\circ$  占 8.6%,  $16 \sim 25^\circ$  占 20.1%,  $26 \sim 35^\circ$  占 40.9%, 大于  $35^\circ$  的占 30.4%。具有地形破碎、坡陡沟深、地貌类型复杂等特点。该流域地表覆盖物, 上部为马兰黄土, 厚 20~150 m, 抗蚀能力差, 下部为离石黄土, 再下为基岩。流域多年平均降水量 513 mm, 其中汛期(6~9 月)降雨占年降水总量的 70% 以上, 且多以暴雨形式出现, 一次暴雨产沙量往往可占全年总产沙量的 60% 以上<sup>[1,2]</sup>。土壤侵蚀以水力侵蚀和重力侵蚀为主, 治理前多年平均侵蚀模数  $18\,000 \text{ t}/\text{km}^2$ 。

为探求黄土丘陵区水土流失治理方向和途径, 黄河水利委员会绥德水保站于 1953 年选择了该区韭园沟内具有代表性的王茂沟小流域, 按照“快速控制水土流失, 使本流域的水沙尽量做到流而不失, 变害为利, 服务于生产”的指导思想, 开展了淤地坝建设。其后又经过改建、扩建、调整、完善等阶段, 到 1992 年已经形成了完整的坝系, 坝库总数达到 45 座, 其中淤地坝 40 座, 防洪骨干坝 5 座, 坝系总库容  $320.82 \text{ 万 m}^3$ , 坝地面积占流域总面积的 5.75%, 在群众的生产生活中

\* 收稿日期: 2006-06-12

基金项目: 国家自然科学基金黄河联合基金(编号: 50479066)资助

作者简介: 李 勉(1968-), 男, 河南焦作人, 高级工程师, 博士, 主要从事土壤侵蚀与水土保持研究。

发挥了巨大作用<sup>[2]</sup>。

## 2 王茂沟流域坝系建设对生态环境的影响及作用

### 2.1 提高抗灾能力

干旱是陕西第一大自然灾害,年平均受旱面积  $148 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,年平均成灾面积  $58.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,基本上是“年年有旱,两年一小旱,五年一中旱,十年一大旱”。由于淤地坝具有很好的蓄水作用,其土壤含水量要远远高于坡地,尤其是在大旱的情况下,淤地坝抵御干旱灾害的效果更为显著。有关调查表明,在干旱年份,坝地作物产量往往是坡耕地产量的几倍,当坡耕地作物绝收时,其产量还能保证 7 成以上<sup>[3]</sup>,因此,在黄土高原地区广泛流传着“村有百亩坝,再旱也不怕”的说法。王茂沟治理前是荒山秃岭,十年九旱,一遇灾荒,生活更无着落,淤地坝建设后,根据 1964~1979 年不同类型农地作物产量的统计,在干旱尤其是大旱年份(1965 年和 1972 年),淤地坝单位面积的产量为平均产量的 10~12 倍,比其它年份翻一番,因此,淤地坝的建设及利用可以大大提高小流域农作物的产量,提高抵御旱灾的能力。

洪涝是陕西第二大自然灾害。据统计,自公元元年到 1990 年,其中 496 年陕西出现较大范围或较多地方的灾害性洪水,占统计年数的 24.9%,平均 4 年一遇<sup>[4]</sup>。以小流域为单元,通过梯级建设淤地坝,进行层层拦蓄,在汛期,当较大降雨产生时,可以起到较强的削峰、滞洪功能和上拦下保的作用,从而在一定程度上能够减轻洪涝灾害的发生频率及致灾程度,有效防止洪水泥沙对下游造成的危害。如王茂沟流域在 1959 年 8 月 19 日(降雨量 100 mm)和 1961 年 8 月 1 日(降雨量 77.1 mm)的两次暴雨中,与邻近的自然条件相似,淤地坝很少的李家寨沟小流域相比,坝系消减洪峰流量达到了 90.7%和 88.3%。1964 年 7 月 5 日(降雨量 131.8 mm)和 1977 年 8 月 5 日(降雨量 162.7 mm),流域坝系拦水量分别为  $36.6 \text{ 万 m}^3$  和  $40.5 \text{ 万 m}^3$ ,占流域产流量的 78%和 69%坝系拦沙量分别为  $13.5 \text{ 万 t}$  和  $13.6 \text{ 万 t}$ ,分别占流域产沙量的 72%和 58%,大大减轻了灾害程度,对下游安全起到了一定的保护。这些都表明,布局合理的小流域坝系对暴雨洪水具有较强的抵御能力,在减轻洪水灾害方面发挥了重要作用。

此外,由于淤地坝三面都有丘陵包围,其内部受到大风灾害的影响要比丘陵顶部和坡面为小,尤其对坝地农业生产而言,在很大程度上减轻了风灾的危害程度。因此,淤地坝在抵御洪灾、旱灾、风灾方面发挥着重要作用。

### 2.2 保护水土资源

水土流失是当前黄土高原许多小流域面临的重大生态环境问题。黄土高原沟壑纵横,沟蚀的发展导致坡面不断遭到蚕食,沟壑面积日益扩大,耕地面积日益缩小,土地资源不断遭到破坏。修建在侵蚀发育强烈地区的淤地坝,拦蓄了大量的坡面和沟坡来沙,同时抬高了局部侵蚀基准面,减缓了沟道比降,减小了水流行进速度,从而能有效减轻沟道重力侵蚀,抑制沟蚀的发展,起到保护土地资源的作用<sup>[5-7]</sup>。根据王茂沟小流域 1964 年的观测<sup>[8,9]</sup>,该流域沟谷坡滑塌有 99 处,土方为  $21\,295.8 \text{ m}^3$  崩塌有 35 处,土方为  $5\,494.5 \text{ m}^3$  泻溜有 1 处,土方为  $16.5 \text{ m}^3$  总土方量为  $26\,806.8 \text{ m}^3$ 。1986 年以后,由于淤地坝建设抬高了小流域的侵蚀基准面,加上其他治理措施,实地观测,已经没有上述情况的发生,说明淤地坝的建设在很大程度上制止了沟壑的扩张,减轻了沟坡侵蚀程度。

由于坝系工程在拦蓄泥沙方面效果显著,王茂沟坝系建

成后的几十年来一直保持着高水平的拦沙、减沙效果。据王茂沟流域观测,从 1954 年开始修建淤地坝,到 1992 年,淤地坝拦沙总量为  $184.9 \text{ 万 m}^3$ ,每年减少水土流失量  $5.05 \text{ 万 t}$  淤地坝坝系建设前,流域年平均输沙模数  $18\,000 \text{ t/km}^2$ ,流域淤地坝坝系建设初期的 6 年间(1960~1965 年),年平均输沙模数  $8\,047 \text{ t/km}^2$ ,减沙率 55.3%流域治理中后期(1980~1994 年),年平均输沙模数  $752 \text{ t/km}^2$ ,减沙率 95.8%<sup>[2]</sup>。

淤地坝在保护水资源、提高降水利用率方面也发挥着重要作用。据绥德水保站实测资料,坝地土壤含水量是坡耕地的 1.86 倍,如按坝地平均土壤含水量 14%计算,则王茂沟流域淤地坝总蓄水量可达  $25.9 \text{ 万 m}^3$ ,这无疑是一个巨大的土壤水库。这种蓄水作用,加上专用拦水坝的作用,极大地改变了流域的径流特征,使大量的汛期洪水拦蓄在流域众多的淤地坝内,部分成为了流域的常流水。据王茂沟流域沟口观测,淤地坝建设初期(1960~1964 年),年均汛期降水量、清水径流量分别为  $343.38 \text{ mm}$  和  $86\,129.4 \text{ m}^3$ ,流域治理中期(1980~1986 年),年均汛期降水量、清水径流量分别为  $313.36 \text{ mm}$  和  $14\,070.8 \text{ m}^3$ ,在降水量仅减少 9%的情况下,其清水径流量却减少了 83.7%,说明淤地坝具有非常显著的拦蓄径流的作用。另外,根据下游韭园沟流域沟口 50 年的观测,1954~1964 年、1965~1974 年、1975~1988 年、1989~1998 年的平均常水流量分别为  $28 \text{ L/s}$ 、 $36 \text{ L/s}$ 、 $65 \text{ L/s}$ 、 $78 \text{ L/s}$ ,分别是坝系初建期(1954~1964 年)的 1.28、2.3、2.79 倍<sup>[8]</sup>,这也从另一方面说明了淤地坝坝系建设在某种程度上可以大大调节径流的时空分布,在提高降水利用率、改善流域生态环境方面发挥着重要作用。

### 2.3 保护土壤肥力和下游河流水质

由于淤地坝坝地是由坡面表土淤积而成,水肥条件较好。据黄委会绥德水土保持试验站 1984 年取样分析,坝地有机质含量分别比水平梯田和坡耕地高出 25.1%和 37.8%,全氮含量分别高出 10.7%和 29.2%(表 2)<sup>[9]</sup>。可见,坝地土壤肥力要远远高于坡耕地和梯田,加上坝地土壤含水量是坡耕地的 1.86 倍,因此,其作物产量也都大大高于坡耕地和水平梯田。王茂沟流域淤地坝每年减少水土流失量  $5.05 \text{ 万 t}$ ,按照坝地土壤肥力含量计算,每年减少氮、磷、钾肥流失  $8.89 \text{ t}$ ,截至 1992 年王茂沟坝地一共减少肥力流失  $346.7 \text{ t}$ 。这在客观上维护了农业生态系统的养分循环,减少了农业施肥量的增加,同时,在维护流域土地生产力,保护下游河道水资源、减轻河道富营养化和水质污染方面也发挥了积极作用。

表 1 不同农耕地土壤肥力统计表 %

农耕地类型	有机质	全氮	全磷
坝地	0.529	0.031	0.128
水平梯田	0.423	0.028	0.125
坡耕地	0.384	0.024	0.121

### 2.4 增加地表植被覆盖率

淤地坝建成后形成了坝地,坝地土壤肥力高、水份条件好,作物产量高。据黄土高原七省(自治区)多年调查,坝地粮食产量是梯田的 2~3 倍,是坡耕地的 6~10 倍。坝地多年平均单产  $4\,500 \text{ kg/hm}^2$ ,有的高达  $10\,500 \text{ kg/hm}^2$  以上。因此,在黄土高原区流传着“宁种一亩沟,不种十亩坡”的说法。由于淤地坝建设提高了农业单产,有力地促进了陡坡退耕还林还草,提高了流域的地表植被覆盖率。据对王茂沟流域 40 多年的试验观测,每增加  $1 \text{ hm}^2$  坝地,在粮食生产不减少的情况下可退耕坡地  $8.39 \text{ hm}^2$ ,退耕水平梯田  $2.96 \text{ hm}^2$  经过逐年退耕,王茂沟流域农耕地已由建坝前 1953 年的  $340 \text{ hm}^2$  减少到 1990 年的  $163.3 \text{ hm}^2$ ,减少了 52%而林草面积则由 1953 年的

24 hm<sup>2</sup> 增加到 1990 年的 237.7 hm<sup>2</sup>, 增长了 9.9 倍林草覆盖度由 1953 年的 4.1% 提高到 1990 年的 39.8% (图 1)。随着淤地坝的建设, 流域地表植被覆盖度显著增加, 在涵养水源、改善农田小气候方面发挥了一定作用, 促进了当地生态环境的好转。因此, 淤地坝的建设, 不仅可以增加农业用地面积和作物产量, 还可以从根本上巩固和扩大黄土高原地区退耕还林还草成果, 促进流域植被覆盖度的提高和生态环境的改善, 有利于流域良好生态环境的形成和发展。

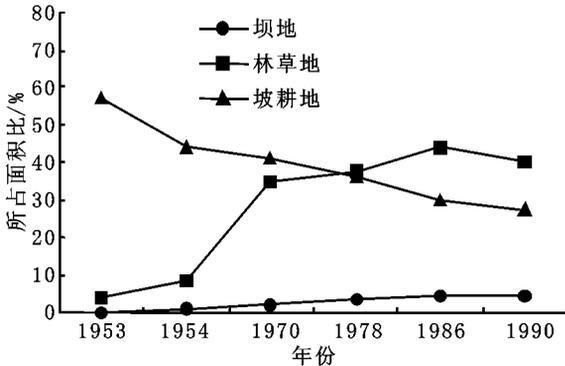


图 1 王茂沟流域不同类型用地所占面积比的变化过程

## 2.5 改善人类生存和动物栖息条件

淤地坝的巨大减沙和生产功能极大地改善了人类的生产生活条件和动物的栖息条件, 为流域的持续发展创造了前提条件。由于库坝的建设抬高了局部的侵蚀基准, 拦蓄了大量的泥沙, 在一定程度上减轻了沟道侵蚀, 大大增加了流域的侵蚀稳定性, 逆转了原有的环境退化过程。其次, 坝地聚积了丰富的土壤养分, 加上蓄水极大地改善了当地的农业生产用水条件, 使得坝地成为黄土高原高稳产基本农田的主要形式之一, 粮食生产的提高为重建这一地区的人与环境关系提供了必要的基础, 促进了退耕还林还草及封禁保护, 加快了生态的自我修复过程, 改善了生产、生活和交通条件。淤地坝坝系建设后, 由于拦水坝的存在, 增加了流域的水面面积和空气湿度, 又由于用水便利, 较大面积地发展了经济林, 因而, 提高了环境的舒适度。据对黄土高原一些流域的监测, 水土保持措施实施后, 流域内年温差减小、空气湿度提高、灾害天气发生频率下降, 局部小气候有明显改善<sup>[10,11]</sup>。由于林草覆盖度的增加和当地生态环境的明显改善, 目前, 在王茂沟流域, 栖息了不少野生动物, 如山鸡、野兔、野鸭、松鼠等, 不论种类和数量都呈增加趋势。可见, 在黄土高原地区, 淤地坝坝系建设是实现这一地区生态环境良性循环与持续发展的一条行之有效的道路。

## 参考文献:

- [1] 刘汉喜, 田永宏, 程益民. 王茂沟流域淤地坝调查及坝系相对稳定规划[J]. 中国水土保持, 1995, (12): 16 - 19.
- [2] 冯国安, 郑宝明. 陕北王茂沟流域综合治理的启示[J]. 人民黄河, 1998, 20(1): 18 - 20.
- [3] 范瑞瑜. 黄土高原坝系生态工程[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2004.
- [4] 黄建军. 陕西生态环境问题及其威胁研究[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2002, 32(2): 194 - 198.
- [5] 曾茂林, 朱小勇, 康玲玲, 等. 水土流失区淤地坝的拦沙减蚀作用及发展前景[J]. 水土保持研究, 1999, 6(2): 126 - 133.
- [6] 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 - 53.
- [7] 李勉, 姚文艺, 史学建. 淤地坝拦沙减蚀作用与泥沙沉积特征研究[J]. 水土保持研究, 2005, 12(5): 107 - 111.
- [8] 郑宝明. 黄土丘陵沟壑区淤地坝建设效益与存在问题[J]. 水土保持通报, 2003, 23(6): 32 - 35.
- [9] 张金慧, 徐立青. 非园沟流域坝系效益分析[J]. 人民黄河, 2003, 25(11): 37 - 38.
- [10] 孟庆枚. 黄土高原水土保持[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1996.
- [11] 康玲玲, 吴卿, 罗中伟, 等. 黄土高原水土保持生态环境建设生态效益监测方法探讨[J]. 水土保持通报, 2004, 24(3): 40 - 44.

## (上接第 144 页)

- [8] 王宝桐. 黑土区水土流失危害及其防治对策[J]. 水利天地, 2005, (11): 18 - 19.
- [9] 侯伟, 张树文, 李晓燕, 等. 黑土区耕地地力综合评价研究[J]. 农业系统科学与综合研究, 2005, 21(1): 43 - 46.
- [10] 周宝库, 张喜林. 黑土长期施肥对农作物产量的影响[J]. 农业系统科学与综合研究, 2005, 21(1): 37 - 39.
- [11] 孙立忠. 浅析寒地黑土水土流失的成因及防治[J]. 农业与技术, 2005, 25(2): 144, 156.
- [12] 鲁彩艳, 陈欣, 史奕, 等. 东北黑土资源质量变化特征研究概述[J]. 农业系统科学与综合研究, 2005, 21(3): 182 - 184.
- [13] 韩秉进, 隋跃宇, 赵军, 等. 黑龙江省黑土农田养分时空演变分析[J]. 农业系统科学与综合研究, 2005, 21(4): 288 - 291.
- [14] 杨文文, 张学培, 王红英. 东北黑土区坡耕地水土流失及防治技术研究[J]. 水土保持研究, 2005, 12(5): 232 - 236.
- [15] 刘强, 邓伟, 韩晓增, 等. 海伦黑土区农田水分动态平衡与数值模拟[J]. 农业系统科学与综合研究, 2005, 21(3): 185 - 189.
- [16] 崔海山, 张柏. 吉林省黑土资源生态分类[J]. 华中师范大学学报: 自然科学版, 2002, 39(2): 278 - 282.
- [17] 赵军, 朱宁, 张久明. 海伦市水土资源 GIS 的建设与应用[J]. 农业系统科学与综合研究, 2005, 21(3): 223 - 225.
- [18] 于磊, 张柏, 松开山. GIS 支持下的黑龙江省中部黑土区环境地球化学质量评价[J]. 农业系统科学与综合研究, 2004, 20(2): 109 - 112.
- [19] 何艳芬, 张柏, 马超群. 基于 GIS 的松嫩平原农业干旱敏感性分析[J]. 农业系统科学与综合研究, 2004, 20(4): 291 - 293.
- [20] 王宗明, 张柏, 黄素军, 等. 基于 GIS 和信息熵的松嫩平原土地利用结构演化分析[J]. 农业系统科学与综合研究, 2005, 21(3): 196 - 200.
- [21] 刘运河. 保护黑土地刻不容缓[J]. 水利天地, 2001, (11): 8 - 11.