

# 黄河中游沟道流域淤地坝 坝系拦沙作用分析

——以王茂沟流域为例

方学敏 曾茂林 左仲国

(水利部黄委会水利科学研究院·河南郑州市·450003)

## 提 要

该文以王茂沟流域为例,通过降雨、径流、输沙实测资料分析及不同流域对比研究,结果表明:淤地坝坝系拦沙作用十分显著。王茂沟流域输沙模数由治理前的 $18\ 000\text{t}/\text{km}^2$ 降低到治理后期的 $504\text{t}/\text{km}^2$ ,减少了97%,基本上实现了泥沙不出沟。

关键词: 沟道流域 淤地坝 坝系拦沙

## Function of Series of Silt Arrester Dams to Detain Silt in Valley of Middle Reaches of the Yellow River

——Taking Wangmau Valley as an Example

Fang Xuemin Zeng Maolin Zuo Zhongguo

(Science Institute of Water Conservancy under Huanghe Harness Committee of  
Water Conservancy Departement, Zhengzhou, Henan, 450003)

### Abstract

The methods of contract research and analysis of measured information about precipitation, runoff and silt discharge were employed to study the function of the silt arrester dams to detain silt in Wangmao valley as an example. Results showed that the function was very significant. Compared with before harness, modulus of silt discharge decreased from  $1800\text{t}/\text{km}^2$  to  $504\text{t}/\text{km}^2$ , being 97%. The target of no silt running out of the valley was almost reached.

**Key words** valley silt arrester dams to detain silt

黄河泥沙主要来源于黄河中游黄土高原区。由于强烈的侵蚀作用,这一区域被切割成众多大小不等的沟道流域。一遇暴雨,洪水泥沙通过这些沟道汇入各级支流或直接汇入黄河干流,造成黄河泥沙增加。因此,如何控制沟道流域的洪水泥沙是黄河减沙的关键。实践证明,淤地坝是沟道治理的有效措施,它不仅能够拦水拦沙、减少水土流失,而且能够淤田造地、促进农业发展。新中国成立以来,黄河中游淤地坝建设得到了很大发展,现已建成淤地坝10万余座。仅无定河流域,目前共建成淤地坝约1万座,总拦沙量约8亿 $\text{t}^{[1]}$ 。

黄土高原水土流失区,每平方公里土地上沟道长度2~7km,在高原沟壑区,沟间地占30%~40%,沟谷地占60%~70%,其中泥沙来源区沟谷地占80%以上;在丘陵沟壑区,沟间地占50%~60%,沟谷地占40%~50%,其中泥沙来源区沟谷地占50%~60% $^{[2]}$ 。上述数据表明,该区沟谷地

占有较大比例,因此以淤地坝为主的治沟工程显得尤为重要。

淤地坝的拦沙作用主要表现在以下几个方面:1. 抬高侵蚀基准,减弱重力侵蚀。黄土高原土壤侵蚀的特点是以沟蚀为主,沟蚀中重力侵蚀占有很大比例,淤地坝通过泥沙淤积、沟床抬升,对控制沟蚀发展具有显著作用;2. 拦蓄洪水泥沙,减轻沟道冲刷。淤地坝运用初期能够利用其库容拦蓄洪水泥沙,同时还可以削减洪水,减少下游冲刷;3. 减缓地表径流,增加地表落淤。淤地坝运用后期形成坝地,使产汇流条件发生改变,从而起到减缓洪水泥沙的作用;4. 增加基本农田,促进陡坡退耕还林还牧,减少坡面侵蚀。

目前,黄河中游一些沟道流域已经形成坝系,有些沟道基本上实现了洪水、泥沙不出沟。本文以王茂沟流域为例,对坝系形成过程、布设形式及其拦水拦沙效益进行分析。

## 一、流域概况

王茂沟是韭园沟的一条支流,位于陕西省绥德县境内,属无定河水系。王茂沟流域面积 5.97km<sup>2</sup>,流域平均宽度 1.46km,主沟长 3.75km,沟床平均比降 2.7%。该流域有一级支流 21 条,沟壑密度 4.3km/km<sup>2</sup>,支毛沟多分布在右岸。流域地形破碎,沟间地占 58.4%,沟谷地占 41.6%。地面坡度一般超过 20°,坡度大于 45°的占 34.7%(见表 1)。流域内梁峁坡面多为黄土覆盖,厚度约 120~150m,其下为红土,见于沟坡陡崖。河槽两岸及沟底有基岩出露。

流域多年平均降雨量 513mm,汛期(6~9月)降雨量 375mm,占年降水量的 73%,降雨多以暴雨形式出现。

表 1 王茂沟流域地面坡度分类表

坡度(°)	0~5	6~10	11~15	16~20	21~30	31~45	>45	合计
比例(%)	0.4	1.8	2.8	11.7	36.7	11.9	34.7	100

该流域土壤侵蚀严重,侵蚀方式以水力侵蚀为主,年侵蚀模数为 18 000t/(km<sup>2</sup>·a)。从 1953 年开展以治沟为主的水土保持综合治理以来,目前已完成治理面积 6 029 亩,其中坝地、梯田和条田 1 868 亩,占 31%;林草 4 161 亩,占 69%。治理面积占流域总面积的 67%。流域现有淤地坝 20 座,淤地坝基本情况见表 2。

表 2 王茂沟流域现有淤地坝基本情况

## 二、坝系发展过程

从 1953 年修建第一座淤地坝开始,王茂沟流域坝系建设大致经过了坝系形成、改建和调整三个阶段。

淤地坝 座数(座)	平均坝高 (m)	库容(万 m <sup>3</sup> )			淤地面积(亩)		
		总库容	已淤	滞洪	可淤	已淤	利用
20	15.1	267	115	152	548	355	309

(一)坝系形成阶段 1953 年至 1963 年为坝系形成阶段。50 年代初期,淤地坝作为一项主要的水土保持措施开始在陕西绥德、米脂等地示范,王茂沟被选为示范点之一。该阶段淤地坝建设特点是小型为主、小多成群。筑坝方式主要为人工夯实和机械碾压。淤地坝多按 5 年一遇暴雨洪水设计,以防洪、拦泥、生产为目的。从 1953 年至 1959 年,王茂沟流域共建 42 座淤地坝,基本上形成了坝系。这些坝的平均坝高为 6.4m,平均库容为 1.6 万 m<sup>3</sup>,平均可淤地面积 5.1 亩。坝高在 5m 以下的坝 12 座,坝高 6~9m 的 25 座,坝高在 10m 以上的 5 座。库容超过 1 万 m<sup>3</sup> 的坝 11 座,最大库容 24 万 m<sup>3</sup>,最小库容 280m<sup>3</sup>。

(二)坝系改建阶段 1964 年至 1978 年为坝系改建阶段。由于前一阶段修建的淤地坝设计标准偏低,截止 1964 年,有 22 座坝遭到不同程度的破坏,其中 7 座被完全冲毁,失去了控制作用。针对这一问题,1964 年对整个坝系进行了改建,提高了设计标准,生产坝改用 10 年一遇暴雨洪水设

计,拦洪坝按 20 年一遇设计。改建后共剩余 35 座淤地坝,采用轮蓄轮种的运用方式,将坝系中一部分坝地面积较大的坝作为生产坝,另一部分库容较大的坝作为拦洪坝。拦洪坝一般不设溢洪道,全部拦蓄上游洪水泥沙,以保证生产坝的作物不受洪水危害。

(三)坝系调整阶段 1979 年以后为坝系调整阶段。王茂沟流域 1977 年和 1978 年连降暴雨,淤地坝及坝地遭到一定程度的破坏,在淤地坝防洪标准、坝系布设及运用方式等方面暴露出一些问题。通过总结以前坝系修建及运用经验,1979 年以后依据骨干控制、小坝合并的原则,对王茂沟坝系进行了调整,并且提高了设计标准,生产坝按 20 年一遇暴雨洪水设计,骨干坝 50 年一遇设计,均增设泄水洞。坝系调整后,淤地坝由 1978 年的 35 座合并为 20 座,其中增设了骨干工程,并且完善了配套系统,形成了滞洪拦沙、安全生产、配置合理的坝系。调整后淤地坝的平均坝高 15.1m,平均库容 13.4 万  $m^3$ ,平均可淤地面积 27.4 亩。

王茂沟坝系各阶段拦沙淤地情况见表 3。由表 3 可以看出,坝地拦沙定额(即每亩坝地拦沙量)随着坝系发展而逐渐增加,由运用初期的 3 879t/亩,增加到后期的 7 212t/亩,几乎增加了 1 倍。

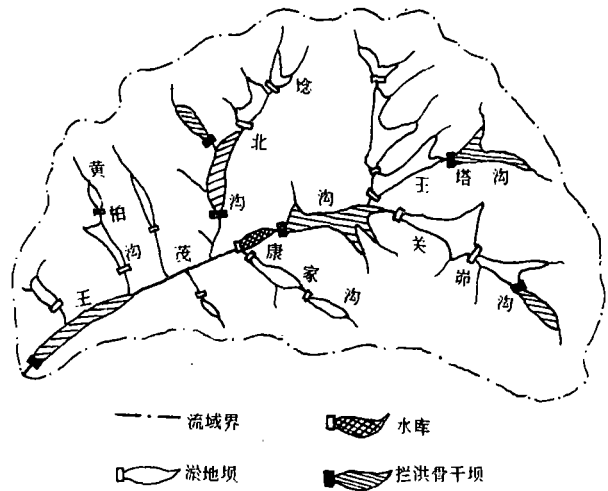
表 3 王茂沟坝系各阶段拦沙淤地情况

时 间 (年)	运 用 阶 段	淤地坝 座 数 (座)	平 均 坝 高 (m)	拦沙量 (万 t)	拦沙模数 ( $t/km^2 \cdot a$ )	淤 地 面 积			坝地拦沙 定 额 (t/亩)
						本 段 (亩)	累 计 (亩)	占流域面积 (%)	
1953~1963	形成阶段	42	6.4	64.9	9 883	167.3	167.3	1.9	3 879
1964~1978	改建阶段	35	9.2	77.3	8 631	173.0	340.3	3.8	4 468
1979~1983	调整阶段	20	15.1	19.4	6 508	26.9	367.2	4.1	7 212
1953~1983				161.6	8 732	367.2	367.2	4.1	4 401

### 三、坝系布设形式

坝系是指在沟道流域中,以拦泥淤地、防洪保收和蓄水灌溉为主要目的建立起来用以控制、利用水沙资源的坝库工程体系。

坝系布设形式对其拦沙作用具有直接影响。由于侧重点的不同,坝系布设形式可分为三种:1. 以坝地利用为主的布设形式。这种布设形式在支毛沟流域中比较常见,其优点是能够增大坝地面积,缩短淤积年限,提高坝地利用率和保收率。具体应用中,由于地形、水沙来源、治理基础及沟道情况等条件的不同,可以在建坝顺序、工程配置等方面因地制宜地进行调整。2. 以充分利用水资源为主的布设形式。这种布设形式在控制洪水泥沙的同时,还要为农业灌溉提供水源。3. 以引洪漫地



附图 王茂沟流域坝系布设图

为主的布设形式。这种布设形式目的是利用洪水泥沙改良荒地,在风沙区较为常见。王茂沟流域坝系布设形式属于第一种,该坝系在改建过程中,采用了分期加高、蓄种相间的布设形式,先将坝系中

一些淤地面积较大的坝作为生产坝,把这些坝的上游邻坝加高作为拦洪坝,分段全拦全蓄洪水泥沙。改建后坝地利用率为84%,保收率为77%,洪水泥沙基本不出沟。王茂沟流域坝系布设形式见附图。

#### 四、坝系蓄水拦沙效益分析

(一)治理前后径流输沙对比 王茂沟流域从1953年到1986年,淤地坝拦沙总量为166.5万t,年均拦沙5.05万t。流域输沙模数由治理前的18000t/km<sup>2</sup>降低到治理后期的504t/km<sup>2</sup>,减少了97%,基本上实现了对泥沙的完全控制。

表4 王茂沟流域坝系蓄水拦沙效益分析

时 段 (年)	汛 期 降雨量 (mm)	产 流 降雨量 (mm)	径流量 (万 m <sup>3</sup> )	输沙量 (万 t)	径流量减少		输沙量减少	
					万 m <sup>3</sup>	(%)	(万 t)	(%)
治理初期 (1960~1964)	343	195	8.61	2.15				
治理后期 (1980~1984)	308	206	1.44	0.30	7.17	83	1.85	86

为了分析坝系的蓄水拦沙效益,我们选择治理初期与治理后期的流域降水、径流、输沙量进行对比(见表4)。由表4可知,在降水量基本相同的情况下,治理后期较治理前期径流量减少83%,输沙量减少86%。

(二)不同流域对比分析 为验证王茂沟流域坝系蓄水拦沙效益,选与王茂沟相邻、地貌组成类同的李家寨沟作为非治理沟进行对比分析。李家寨沟也属于韭园沟的一条支沟,流域面积5.45km<sup>2</sup>(测站以上控制面积4.92km<sup>2</sup>),主沟长3.45km,沟床平均比降3.1%。流域内共有支毛沟18条,沟壑密度3.02km/km<sup>2</sup>,沟壑面积占流域面积的比例为43%。流域土壤以黄土为主,陡崖和沟掌分布有红土,主沟沿岸有岩石出露。

李家寨沟与王茂沟在流域面积、地形、土壤及沟道条件等方面都比较相近,只是李家寨沟治理程度较低,截止到对比观测年份,流域各种治理措施面积0.11km<sup>2</sup>,占流域面积的2%,淤地坝仅有2座,淤地面积4亩。因此,可以把李家寨沟作为非治理沟与王茂沟进行对比。根据实测资料,李家寨沟与王茂沟逐次洪水径流量、输沙量减少及含沙量见表5及表6。从表中可以看出,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,其中以输沙量减少较明显。王茂沟流域径流模数和输沙模数较李家寨沟流域分别减少47.7%和79.2%。

表5 王茂沟与李家寨沟水沙量对比

洪 水 编 号	沟 道 名 称	降雨量 (mm)	降 雨 历 时 (h)	降 雨 强 度 (mm/h)	径流量 (m <sup>3</sup> )	径 流 模 数 (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> )	输沙量 (t)	输 沙 模 数 (t/km <sup>2</sup> )	最 大 含 沙 量 (kg/m <sup>3</sup> )	平 均 含 沙 量 (kg/m <sup>3</sup> )
620714	王茂沟	30.5	8.88	3.4	9 121	1 528	4 099	687	738	449
	李家寨沟	29.6	7.40	4.0	9 279	1 886	6 506	1 322	935	701
630615	王茂沟	22.0	6.67	3.3	1 492	250	133	22	260	89
	李家寨沟	24.5	16.57	1.5	7 833	1 592	5 326	1 083	878	680
630705	王茂沟	60.7	11.68	5.2	4 418	740	229	38	174	52
	李家寨沟	65.4	11.53	5.7	17 410	3 539	8 551	1 738	697	491
630818	王茂沟	7.4	0.38	19.3	1 112	186	59	10	115	53
	李家寨沟	8.8	0.27	32.9	998	203	183	37	369	183

(三)典型暴雨洪水分析 王茂沟流域坝系形成之后,经受了 1964 年“7·5”暴雨和 1977 年“8·5”暴雨的考验。这两次暴雨的产水产沙量及坝系拦蓄情况见表 7。

1964 年 7 月 5 日,王茂沟流域降雨量达 131.8mm,降雨强度 6.2mm/h,流域内各坝均安然无恙,洪水泥沙大部分被拦在坝系之内。坝系拦水量 36.6 万 m<sup>3</sup>,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 162.7mm,主沟各坝安全渡汛,支沟坝系中虽有少数坝拉开缺口,但坝地泥沙冲失轻微,坝地作物产量损失较小。坝系拦水量 40.5 万 m<sup>3</sup>,占流域产流量的 69%;坝系拦沙量 13.6 万 t,占流域产沙量的 58%。

上述分析表明,布局合理的沟道流域坝系对暴雨洪水具有较强的抵御能力。

## 五、几点认识

(一)淤地坝是黄河中游地区一项重要的水土保持措施,在拦水拦沙、防止水土流失、淤地造田、发展农业生产等方面发挥了显著效益。近几十年来,黄河中游地区的淤地坝工程建设发展很快,但淤地坝科研工作却没有跟上,致使一些关键性技术问题至今没有得到很好解决,例如,淤地坝防洪问题、淤地坝持续拦沙问题及坝地盐碱化问题等。淤地坝的水毁现象仍很严重,坝地利用率比较低,这些在一定程度上造成了资金浪费。因此,今后淤地坝科研工作有待进一步加强。

(二)淤地坝建设应着重向坝系发展,坝系布局有待改进。为了充分发挥淤地坝拦泥造地、防洪保收的作用,淤地坝建设应逐渐向坝系发展。坝系布局涉及的因素较多,不仅要考虑防洪拦沙,还要考虑坝地生产、蓄水利用、沟道及流域情况等。坝系布局要立足于对洪水泥沙的长期控制作用,最终达到水沙相对平衡。

(三)淤地坝的持续拦泥作用及坝系相对稳定问题。淤地坝具有一定的淤积年限,然而,库容淤满后如何发挥持续作用?人们从“天然聚淤”(天然塌方形成的坝)对洪水泥沙的全拦全蓄、不满不溢现象受到启发,提出了坝系相对稳定的问题。认为当坝系发展到一定程度、坝地面积与流域面积的比例达到一定数值之后,坝系对洪水泥沙将长期控制而不致影响坝地作物生长。应该指出,天然聚淤与人工坝系在形成条件、发展过程及拦蓄机理等方面都存在一定的差异,坝系相对稳定的标准和条件如何?怎样才能加速实现坝系相对稳定?这些都是有待深入研究的问题,这些问题的解决对于淤地坝的发展具有重要意义。

### 参 考 文 献

[1]陈同善等. 无定河流域淤地坝调查.《中国水土保持》,1984年,第3期

[2]方学敏. 黄河流域水土流失灾害分析.《中国减轻自然灾害研究》,北京:中国科学技术出版社,1990年

表 6 王茂沟较李家寨沟水沙变化分析

洪水编号	径流模数减少		输沙模数减少		平均含沙量减少	
	(m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> )	(%)	(t/km <sup>2</sup> )	(%)	(kg/m <sup>3</sup> )	(%)
620714	358	19.0	635	48.0	252	35.9
630615	1 342	84.3	1 061	97.8	591	86.9
630705	2 799	79.1	1 700	97.8	439	89.4
630818	17	8.4	27	73.0	130	71.0
平 均	1 129	47.7	856	79.2	353	70.8

表 7 典型暴雨王茂沟坝系拦水拦沙量

暴雨日期 (年月日)	降雨量 (mm)	流域 产流量 (万 m <sup>3</sup> )	流域 产沙量 (万 t)	坝系拦水量		坝系拦沙量	
				(万 m <sup>3</sup> )	(%)	(万 t)	(%)
19640705	131.8	46.9	18.8	36.6	78	13.5	72
19770805	162.7	58.3	23.6	40.5	69	13.6	58