

# 房干小流域综合治理缓洪效益分析

齐成武 李敦树

毕于珠

(山东省莱芜市水土保持办公室·莱芜市·271100) (莱芜市鹿野乡水利站)

## 提 要

探讨山东省莱芜市房干小流域在无实测暴雨径流资料的情况下,分析小流域综合治理的缓洪效益,主要包括削减洪峰效率和削减洪水总量效率两个指标。

关键词: 小流域 综合治理 缓洪效益 削减洪峰效率  
削减洪水总量效率

## Analysis on the Benefit of Decreasing Flood for Comprehensive Control on Fanggan Small Watershed

*Qi Chengwu Li Dunshu*

*(Station of Soil and Water Conservation of Laiwu City of Shandong Province, Laiwu City, 271100)*

*Bi Yuzhu*

*(Office of Water Resources of Luye Town of Laiwu City)*

Taking Fanggan small watershed of Laiwu city in Shandong Province as an example, the benefit of decreasing flood for comprehensive control over watershed was analysed and discussed in the case of without actual measuring data on rainstorm erosion. The decreasing flood benefit mainly includes two indices that are efficiency to reduce the peak flow of flood and total amount of flood respectively.

**Key words** small watershed comprehensive control benefit of decreasing flood efficiency of reducing the peak flow of flood efficiency of reducing the total amount of flood

## 一、流域概况

房干小流域位于泰山东麓,莱芜市西北部,总面积 $6.5\text{km}^2$ ,属火成岩山区,山势陡峭,境内有较大山头11座,大沟9条,沟壑密度为 $4.8\text{km}/\text{km}^2$ ,最高海拔766.8m,气候属暖温带大陆性季风型,年均降水量820mm,其中汛期雨量占年内降水量的76.5%,且多暴雨。

治理前，房干小流域的水土流失十分严重，调查实测资料表明，中度以上的水土流失面积为3.24km<sup>2</sup>，占流域面积的79.8%，年均土壤侵蚀深为3.69mm；年土壤流失量达1.9万t，土壤侵蚀模数为4 800t/(km<sup>2</sup>·a)，水冲土跑，土走肥失，土地生产能力下降，粮食单产不足100kg。

自1978年开始，房干村开展以小流域为单元的综合治理，实行沟坡兼治，生物措施与工程措施相结合。经过10多年的治理，流域内建起了小（二）型水库2座，塘坝6处，库坝上游建拦沙谷坊120多道，总蓄水能力达80万m<sup>3</sup>，修建防渗渠道1.2万m；大力开展整地改土、荒山绿化，到1990年共完成治理面积4 573亩，占水土流失面积的76%，林木覆盖率提高到67.7%。随着小流域综合防护体系的建立与不断完善，水土流失从根本上得到了控制，房干村的面貌也发生了根本变化，被中共山东省委、省政府命名为“省级文明村”。

## 二、削减洪峰效率计算

我们采用两种方法分析计算。

**（一）洪痕调查比降法** 根据水利部颁布的水文测验标准，本次洪水调查，选择房干村中偏南河段，按照洪痕调查规程进行。断面控制汇水面积为3.86km<sup>2</sup>，流域形状为扇形，干流长度2.57km，干流平均坡度为33.57%。

调查中，选择了治理前后条件相近的两次降雨，即1964年7月27日一次降雨和1990年8月15日的一次降雨，由雪野水文站雨量年鉴资料分析，1964年7月27日降雨，房干流域中心雨量为190.8mm；1990年8月15日降雨量为184mm，两次降雨最大雨强分别为36.6mm/h和34.7mm/h。计算分析，该短历时暴雨，为该地区50年一遇暴雨。调查确认的两次大洪水洪痕各4处，洪痕清晰，资料一致性较好，均较可靠，见表1、图1。

1. 洪峰流量推算。洪峰流量计算采用曼宁公式。即：

$$\theta_m = \frac{1}{n} F R^{2/3} I^{1/2}$$

式中： $\theta_m$ ——洪峰流量（m<sup>3</sup>/s）；

$F$ ——过水断面面积（m<sup>2</sup>）；

$R$ ——水力半径（m），  $I$ ——水面比降，  $n$ ——河床糙率。

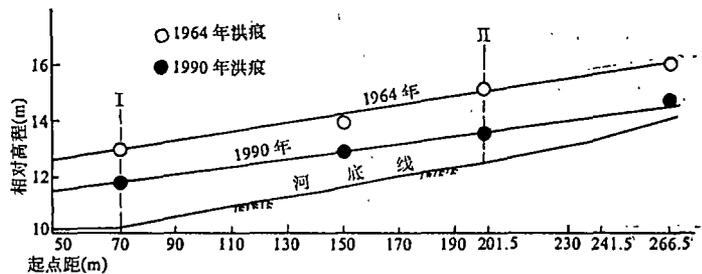


图1 房干村内河段纵断面图

由于调查河段为顺直河段，可视上下断面间水面为直线，所以平均断面洪峰流量 $\bar{\theta}_m$ 按下式计算：

$$\bar{\theta}_m = \frac{1}{2} (\theta_{m上} + \theta_{m下})$$

式中： $\theta_{m上}$ 、 $\theta_{m下}$ ——分别为上下断面洪峰流量。

采用上面公式计算结果见表2。

2. 削减洪峰效率。洪峰流量削减效率用下式计算：

$$\eta = (1 - \theta_{m后} / \theta_{m前}) \times 100\%$$

式中： $\theta_{m前}$ 、 $\theta_{m后}$ ——分别为治理前后的洪峰流量（m<sup>3</sup>/s）。

根据表2结果，计算小流域综合治理削减洪峰流量为117.03m<sup>3</sup>/s，削峰效率： $\eta = (1 - 72.35 / 189.42) \times 100\% = 61.8\%$ 。

表1 房干村内河段洪水痕迹及洪水情况调查表

洪水发生 时 间 (年.月.日)	洪 水 痕 迹			访 问 情 况
	编 号	起点距 (m)	高 程 (m)	
1964年 7月27日	1	70	12.98	这次洪水刚刚漫上河槽, 路面水深20多cm
	2	150	15.08	洪水刚漫河槽, 路面都是水, 漂浮着很多淤草泡沫
	3	201.5	13.08	洪水刚好漫槽, 水流很急, 洪痕明显
	4	266.5	16.02	洪痕在现河槽墙压顶石下面
1990年 8月15日	1	70	11.68	洪痕于河槽石墙底四层砌石线以上15cm, 淤积明显
	2	150	13.49	洪痕清楚。
	3	201.5	12.86	洪痕清楚
	4	266.5	14.59	洪痕清楚

注: 调查时间1990年10月8日

表2 房干村内河段洪峰流量(比降法)计算成果表

洪 水 发 生 日 期 (年、月、日)	断面编号	水面比降 (%)	断面积 (m <sup>2</sup> )	水面宽 (m)	水力半径 (m)	糙率 (n)	平均流速 (m/s)	流 量 (m <sup>3</sup> /s)
19640727	I (上断面)	1.55	39.68	17.4	1.881	0.04	4.74	188.01
	II (下断面)	1.55	41.5	27.52	1.376	0.033	4.60	190.83
	平均值						4.67	189.42
19900815	I	1.33	20.08	15.5	1.142	0.034	3.57	71.72
	II	1.33	20.80	12.30	1.005	0.034	3.51	72.97
	平均值						3.54	72.35

(二) 水土保持措施拦蓄水量法 这种方法是根据治理措施所能拦蓄降水量的能力, 推求削峰效率。

1. 水土保持措施拦、蓄降水能力计算。根据调查资料, 各项水土保持措施的拦蓄能力及计算的房干村以上流域水土保持措施的拦蓄总量计算结果, 详见表3

2. 削减洪峰效率计算。削减洪峰效率用下式计算:

$$\eta = (1 - \theta_{m后} / \theta_{m前}) \times 100\%$$

$$\theta_{m后} = \theta_{m前} (1 - \Delta R_m / R_m)^{\frac{4}{3}}$$

式中:  $\Delta R_m$ ——治理后水土保持措施拦截洪峰平均径流深 (mm);  $R_m$ ——治理前径流深 (mm); 其它符号意义同前。

表3 房干村以上流域水土保持措施拦截降水量统计表

水保措施	规格	设施数量 (亩·座)	单位 蓄水量 (m <sup>3</sup> )	合计蓄水量 (m <sup>3</sup> )	备注	
主要坡面措施	鱼鳞坑整地造林	径长1.0—1.5m, 中间宽0.8m, 深0.5m, 外高内低, 80~170个/亩	2 682	20	53 640	
	梯田果园	宽2~5m, 地面平整, 土层深0.5m, 有挡水埂, 排水设施。	385	50	19 250	
	“三合一”梯田	深翻平整, 有堰埂, 排水设施完善	457	70	31 990	
	造林穴整地造林	乔灌混交, 植被度大于75%	766	12	9 192	
沟底工程措施	谷坊	干砌石、高1.5~2.5m	83	25	2 075	按“汛中限制水位”以上库容量
	小(2)型水库	10~100万m <sup>3</sup>	2		112 000	
	塘坝	10万m <sup>3</sup> 以下	4		145 000	
总计拦蓄降水量(mm)				373·147	拦截降水量 96.7mm	

取降水量190mm, 计算结果见表4。

比较以上两种方法, 计算削峰效率结果一致, 而采用水保措施拦蓄水量法较为简便、实用。

表4 削减洪峰流量计算成果表

降水量 (mm)	截留降水量 (mm)	径流系数	治理前径流深 R <sub>m</sub> (mm)	水保措施 拦截径流深 ΔP <sub>m</sub> (m <sup>3</sup> /s)	治理前洪峰流量 Q <sub>m前</sub> (m <sup>3</sup> /s)	治理后洪峰流量 Q <sub>m后</sub> (m <sup>3</sup> /s)	削减洪峰流量 (m <sup>3</sup> /s)	洪峰流量 削减效率 (%)	备注
190	96.7	0.776	148	75	189.42	73.82	115.6	61.03	相当于50年一遇暴雨。

### 三、削减洪水总量效率计算

(一) 洪水过程线的推求 因小流域缺乏实测资料, 洪水过程线按五点概化法推求。概化过程线的特征值为:

$$\theta a = K_a \theta m; \quad \theta b = K_b \theta m; \quad W_z = K_w W; \quad t = t_z / k_t$$

式中:  $\theta a$ 、 $\theta b$ ——涨水与退水过程上折点流量 (m<sup>3</sup>/s);  $t$ ——洪水总历时 (h);  $\theta m$ ——洪峰流量 (m<sup>3</sup>/s);  $W_z$ ——涨水部分洪水量总 (m<sup>3</sup>);  $W$ ——洪水过程总量 (m<sup>3</sup>);

$t_z$ ——涨水历时

(h);  $\tau$ ——集流时间 (h);  $K_a$ 、 $K_b$ 、 $K_w$ 、 $K_t$ ——洪水过程线的形状系数。

洪水过程线的形状系数, 采用条件相似的临朐县辛庄小流域分别代表治理前与治理后的1982年8月8日; 1985年7月4日两次降雨实测单峰过程线的分析计算结果。

洪水过程线各特征点的时间坐标由下列公式求得:

$$t_{\theta a} = t_{起} + (1 - 2k_w + k_a) \tau$$

$$t_{\theta m} = t_{起} + \tau$$

$$t_{\theta b} = t_{起} + (2 - k_b) \tau$$

$$t_{止} = t_{起} + \tau/k_t$$

以上四式中： $t_{0a}$ 、 $t_{0m}$ 、 $t_{0b}$ ——分别为 $\theta_a$ 、 $\theta_m$ 、 $\theta_b$ 的时间坐标 (h)；

$t_{起}$ 、 $t_{止}$ ——分别为开始起涨时间和过程线终点时间 (h)。

不考虑洪水起始时间，即令： $t_{起}$ 为零，由以上公式计算得房干小流域代表治理前的1964年7月27日洪水过程线的形状特征系数及有关参数： $k_a=0.116$ ； $k_b=0.581$ ； $k_w=0.298$ ； $\tau=0.770$  h； $k_t=0.371$ ； $\theta_a=21.97 \text{ m}^3/\text{s}$ ； $\theta_b=110.05 \text{ m}^3/\text{s}$ ； $\theta_m=189.42 \text{ m}^3/\text{s}$ ； $t_{0a}=0.40$  h； $t_{0m}=0.770$  h； $t_{0b}=1.093$  h； $t=2.077$  h。

1990年8月15日洪水过程线的形状系数及有关参数： $k_a=0.197$ ； $k_b=0.560$ ； $k_w=0.165$ ； $k_t=0.313$ ； $\tau=1.266$  h； $\theta_a=14.25 \text{ m}^3/\text{s}$ ； $\theta_b=40.52 \text{ m}^3/\text{s}$ ； $\theta_m=72.35 \text{ m}^3/\text{s}$ ； $t_{0a}=1.097$  h； $t_{0m}=1.266$  h； $t_{0b}=1.823$  h； $t=4.044$  h。

根据以上时间坐标及其相应的流量，绘出五点概化洪水过程线如图2。

由两次降水的洪水过程线可以看出，两次暴雨均为一次连续性降雨，雨强相近，1964年7月27日降雨，洪峰来势猛、历时短、峰量大、峰形尖瘦；1990年8月15日洪水，较1964年的那次洪水，峰形胖矮、起涨慢、退水缓、径流时间长。由此表明，房干小流域综合治理，工程措施、生物措施的群体防护功能得到了显著发挥，调节地表径流，变洪水为细流，达到了小流域综合治理，抗洪御灾，化害为利的目的。

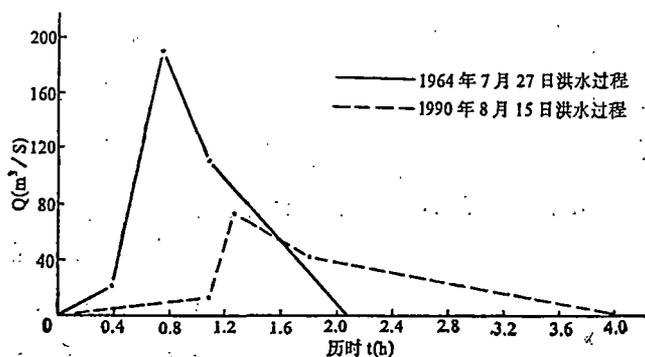


图2 洪水过程线图

(二) 削减洪水总量及洪量效率的计算 洪水总量由洪水过程线推求，按下式进行计算：

$$W = \frac{1}{2} \theta_a t_{0a} + \frac{1}{2} (\theta_a + \theta_m) (t_{0m} - t_{0a}) + \frac{1}{2} (\theta_m + \theta_b) (t_{0b} - t_{0m}) + \frac{1}{2} \theta_b (t_{止} - t_{0b})$$

式中时间单位换算为s计算得：

$$W_{1964} = 525636 \text{ m}^3, \quad W_{1990} = 329636 \text{ m}^3$$

削减洪水量为19.6万 $\text{m}^3$ ，削减洪水总量效率计算式为：

$$\eta = (1 - w_{后} / w_{前}) \times 100\%$$

式中： $W_{前}$ 、 $W_{后}$ ——分别为治理前后的洪水总量。

计算得： $\eta = 37.29\%$

#### 四、结 语

在无暴雨径流实测资料情况下，分析计算小流域综合治理的削峰减洪效率，这还是一次尝试。本文采用的方法比较简便，易于掌握可作为分析计算小流域综合治理缓洪效益指标的依据。