

# 黄土地区修建淤地坝的设计洪水标准

黄国俊 蒋定生

(中国科学院西北水土保持研究所)

## 提 要

目前,黄土地区修建的淤地坝,一般按10年一遇的防洪标准设计,30年一遇的洪水校核。实践证明,这一设计标准偏低,是造成溃坝的主要原因。通过分析计算,适宜的设计洪水标准,是20年一遇的洪水设计,50—100年一遇的洪水校核。从总消耗费用检查,它将比相邻的两种设计洪水标准的总消耗费用少15—20%。对于淤地坝的骨干工程,建议采用25—30年一遇的洪水设计,100—300年一遇的洪水校核,比较经济。

淤地坝是黄土地区一项重要的水土保持工程措施。它不仅可以抬高侵蚀基准面,防止沟道下切、沟岸滑塌,增加沟道的稳定性,拦蓄洪水和减少流入黄河的泥沙,而且可以淤地造田,化害为利,充分利用水沙资源。淤地坝拦蓄由洪水从坡面上夹带的大量有机物和淤泥,沉积坝区,淤地造田。由于水肥条件优越,这种农田是黄土丘陵沟壑区一种重要的稳产高产基本农田。

但是,在淤地坝建设中,一个突出的问题是淤地坝常常被洪水冲毁。从五十年代开始修建淤地坝到现在的30多年中,淤地坝毁于洪水的实例比比皆是,譬如:1973年陕西延川县大雨,洪水冲毁淤地坝3,300多座;1977年陕北和晋西洪水,冲毁淤地坝2万多座;1978年7月陕西米脂一次暴雨,20分钟内降水41.5毫米,冲毁土坝61座。每次垮坝,不仅淹埋农田,毁坏农作物,而且修补工程费时费力,给经济上带来很大的损失。山西中阳县郝家岭万北沟的淤地坝系,1966年开始修建,1974年洪水冲毁一次,后修补加高,但是在1987年8月一次降水105毫米的暴雨(当地20年一遇的暴雨是137毫米),由于控制坝失事,造成连锁反应,冲毁下游淤地坝3座,淹没农田2公顷多,损失粮食15吨以上,修补决口耗资近万元。

目前,黄土地区的淤地坝,一般按10年一遇的防洪标准设计,30年一遇的洪水校核。实践证明,这一设计标准偏低,是造成溃坝的主要原因。

我们用山西中阳县郝家岭万北沟的淤地坝系作为典型实例,从不同洪水设计标准下淤地坝建设所需投资,以及淤地坝被冲毁后的损失,修复决口投资等多种因素进行分析计算,借以寻求黄土丘陵沟壑区淤地坝的最经济洪水设计标准。

## 一、实例基本情况

山西中阳县郝家岭万北沟,现有淤地坝6座,自成一坝系。上游的第一个坝为控制坝,主要是拦蓄上游的洪水泥沙,保证下游5个坝的安全生产。在控制坝的上游,流域面积约1.5平方公里,主沟道长2公里,沟道横断面呈“V”字形,比降为5/100左右;在控制坝下游,5个生产

坝,共有坝地7公顷以上,种有玉米、谷子、高粱、豆类,整个坝系的淤地坝洪水设计标准均按10年一遇洪水设计。本区多年平均降水量553毫米,每平方公里年输沙模数9,930吨。不同频率的暴雨(24小时)和径流量水文分析结果如下表:

表1 中阳县24小时暴雨频率与径流量

暴雨频率 (P)	200年一遇	100年一遇	50年一遇	30年一遇	20年一遇	10年一遇	5年一遇
降水量 (毫米)	220	193	168	152	137	112	87
径流量 (毫米)	131	104	68	68	56	47	33

## 二、洪水设计标准与工程投资

据现在有关规定,黄土地区土坝设计标准,控制面积在5—40平方公里,坝高在10—30米,属中小型坝库工程。这类工程通常按4级或5级土坝设计,水库按20—30年一遇洪水设计,50—100年一遇洪水进行校核,寿命5—8年;拦泥库按10年一遇洪水设计,30年一遇洪水校核,寿命3—5年。黄土丘陵沟壑区的淤地坝工程分二大件(大坝和泄水建筑物)和三大件(大坝、泄水建筑物和溢洪道)两种。前者设计,需在坝的使用年限内,每年累计拦蓄泥沙总量作为设计死库容,还要设计一次性的校核洪水作为防洪库容,确定坝高。工程总投资是土坝和泄水建筑物二者建设费用的总和。这种设计方案,首先增加了坝体的高度,相应增加了投资;第二种方案,是就后者三大件土坝工程,用校核洪水作为设计溢洪道的标准。这一方案坝体的高度比前一种方案低,投资要少,但是增加了溢洪道的投资。工程总投资中包括大坝、泄水建筑物和溢洪道三项建设投资。

在淤地坝的坝址确定之后,随着洪水设计标准的提高,淤地坝的坝高增加,溢洪道等建筑物断面加宽加大,从而使工程的整个投资增大,但其相应的防洪能力加强,土坝的安全性提高。

我们选择表1中列出的中阳县 $P=1\%$ ,  $P=2\%$ ,  $P=3\%$ ,  $P=5\%$ 和 $P=10\%$ 共5种降水频率的产流量,作为郝家岭万北沟小流域控制坝的洪水设计标准。

1、各洪水频率下洪峰流量按下列公式计算:

$$Q_p = M_m \times F \quad (1)$$

式中:

$Q_p$ —不同频率下的洪峰流量,立方米/秒;

$M_m$ —设计洪峰模数,立方米/秒·平方公里;

$F$ —流域面积,平方公里。

在该式中的洪峰模数,我们采用Г.А.阿列克谢也夫的计算公式:

$$M_m = C \frac{I^{0.44} F^{0.33}}{L^{1.33}} \quad (2)$$

式中:  $I$ —主沟道平均比降;

$L$ —流域沟道长度,公里;

$F$ —流域面积,平方公里;

$C$ —反映暴雨强度影响参数。

2、各种频率下洪水总量的计算用下式:

$$W_p = F \cdot R \quad (3)$$

式中：

$W_p$ —不同频率下洪水总量，立方米；

$R$ —降雨径流量，毫米。

然后确定土坝工程每 1 立方米土的单位造价和溢洪道工程建设费用（暂按工程总投资的 10% 计算），就可以计算出各种洪水设计标准下淤地坝相应的投资。若用  $S$  表示投资，把各洪水设计标准与相应的淤地坝工程投资点绘在频率低上，则得  $P \sim S$  曲线。从曲线可以看出，淤地坝的投资随洪水设计标准的提高而增大（见图 2 所示），各设计洪水频率与淤地坝的投资见表 2。

表 2 洪水设计频率与工程总投资

洪水设计频率	$P = 1\%$	$P = 2\%$	$P = 3\%$	$P = 5\%$	$P = 10\%$
洪峰流量 $Q_p$ (立方米/秒)	87.0	73.0	65.0	53.0	42.0
洪水总量 $W_p$ (万立方米)	15.6	12.3	10.2	8.4	7.1
每立方米土体单价 (元)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
溢洪道投资 (万元)	2.4	2.2	1.2	0.6	0.3
总投资 (万元)	25.4	23.8	13.2	7.1	3.5

### 三、设计洪水标准与垮坝损失

淤地坝在生产运行过程中，遇到超越坝体本身的防洪能力，也就是遇到的来洪超过了原淤地坝的洪水设计标准时，坝体拦洪高度不够和泄洪能力不足，土坝将发生漫顶溢流，冲刷坝体，造成溃坝；甚者，还会引起下游坝系溃决连锁反应，并淹没农田。

**1、坝体决口损失。**为此，应求出各种洪水频率下的决口系数  $K_p$  曲线。 $K_p$  等于各种设计洪水标准下淤地坝决口后决口断面宽度与坝顶长度之比，即：

$$K_p = b/L.$$

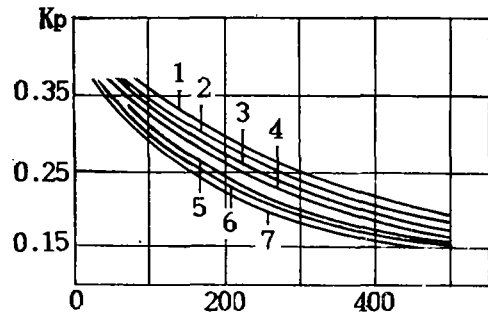
式中： $b$ —决口断面宽度，米； $L$ —淤地坝坝顶长度，米。作为粗略值计，我们采用苏联 O. E. 叶热斯基的  $P \sim K_p$  曲线（图 1）。

溃坝后的决口深度，取  $h_m = (0.8h - 1.0h)$  式中： $h$ —淤地坝设计高度。当算出溃坝后的决口土方量和溢洪道损失之后，就可以计算在各设计洪水标准下的垮坝损失，该值用  $y$  表示。

**2、下游冲毁损失。**在计算溃坝损失时应包括下游冲毁损失。下游淹没程度和损失程度可根据溃坝流量  $Q_{np}$  计算，其近似公式如下：

$$Q_{np} = K_i \cdot L_i \cdot H^{3/2} \quad (4)$$

式中： $K_i = 0.9K_p^{0.76}$ ，是考虑溃坝时决口可



1— $P = 0.5\%$ ； 2— $P = 1\%$ ；  
3— $P = 2\%$ ； 4— $P = 3\%$ ；  
5— $P = 4\%$ ； 6— $P = 5\%$ ；  
7— $P = 10\%$ 。（横座标为  $L$ ）

图 1 各洪水频率下的决口系数

能的宽度与坝长之比和出溢条件的系数；

L—在极限洪水水位时上游水面线与坝坡面接合长度，米；

H—溃坝前上下游水位差。

郝家岭万北沟控制坝失事，下游的冲毁和淹没损失情况，是根据实地调查得到。1987年8月24日洪水共冲毁下游生产坝3座，农田2公顷多。我们把下游冲毁损失用 $y_n$ 表示。

用 $y_s$ 表示抵偿年内平均总的损失，它包括坝体决口，溢洪道和泄水建筑物修复时所需费用 $y_s$ ，以及下游被毁各种建筑物和淹没农田的经济损失 $y_n$ 。代入式(5)，就可以确定各设计洪水标准下的经济损失，并将它们的计算结果，点绘在同一频率纸上(见图2)，这就是 $P \sim y_s$ 曲线。

可以看出，随着设计洪水标准的提高损失就减少。在图2中的同一座标内，可以看出投资曲线 $P \sim S$ 和损失曲线 $P \sim y_s$ 在相同频率下相交一点。该点相应的设计洪水标准 $P = 4\%$ ，即25年一遇的洪水设计标准。在这种设计标准下，相应的淤地坝工程的建设投资和损失，都是比较小的。

#### 四、适宜设计洪水标准的确定

淤地坝适宜设计洪水标准的确定，应通过对不同设计洪水标准下的建坝总投资，溃坝后所造成的经济损失以及工程修复的附加投资综合比较来确定，可依下式计算：

$$C_p = (G + \delta)S + (y_s + y_n) \cdot P \quad (5)$$

式中： $C_p$ —不同设计洪水标准下的最小投资费用，包括溃坝的直接经济损失和修复附加投资；

$G$ —投资经济效益标准系数，取 $G = 0.12$ ；

$\delta$ —考虑到日常维修费用方面的系数，取 $\delta = 0.05$ ；

$S$ —每种洪水设计标准下的建坝总投资，万元；

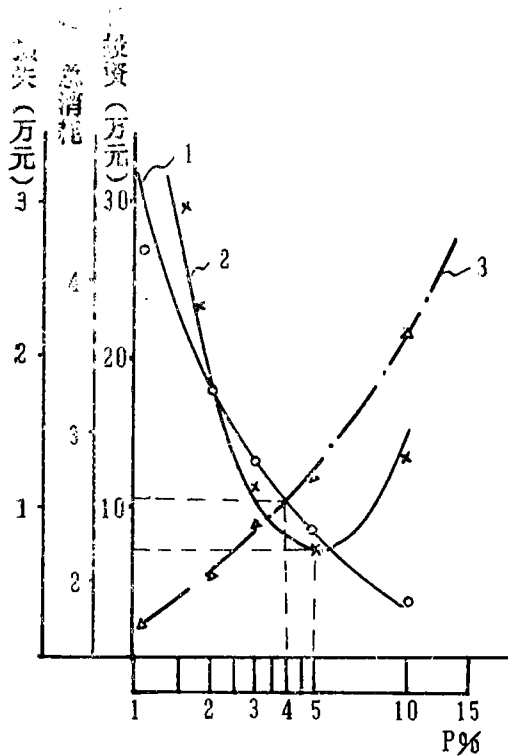
$(y_s + y_n)$ —各设计洪水标准下溃坝后所带来的经济损失。

若把各设计洪水标准下的最小投资费用，同样点绘在图2上，即图2中的 $P \sim C_p$ 曲线。这是一条具有极小值的抛物线。通过曲线，我们可以看出，设计洪水标准提高，总投资增加，设计洪水标准降低其总投资也高，而适宜的最小投资费用位于20年一遇的设计洪水标准上。

有关各设计洪水标准下损失和最小投资费用计算值如表3。

### 讨 论

1、黄土地区的淤地坝，是一种重要的水土保持工程措施，有很多的优越之处。但是当前的淤地坝，通常采用10年一遇的洪水设计，看起来似乎投资较少，常被洪水冲毁，实际上并不经



1— $P \sim S$ ；2— $P \sim C_p$ ；3— $P \sim y_s$ 。

图2  $P \sim S$ ， $P \sim C_p$ 和 $P \sim y_s$ 曲线

表3

各设计洪水标准下的损失与最小投资费用计算表

计算项目	洪水设计频率				
	P= 1 %	P= 2 %	P= 3 %	P= 5 %	P= 10 %
决口系数 $K_p$	0.34	0.33	0.32	0.30	0.35
决口长度 b (米)	36.00	30.00	26.00	24.00	22.00
坝体损失 (万元)	7.30	4.20	2.50	2.10	0.80
溢洪道损失 (万元)	2.40	2.20	1.20	0.61	0.31
下游损失 (万元)	21.20	21.20	21.20	21.20	21.20
抵偿年内平均总损失 (万元)	0.31	0.55	0.83	1.19	2.20
最小投资费用 (万元)	4.79	4.59	3.07	2.38	2.80

济。这种设计洪水标准，显然偏低。

2、通过分析计算，较经济的设计洪水标准应是20年一遇，50—100年一遇的洪水校核。从总消耗费用来分析，将比相邻的两种设计洪水标准的总消耗费用少15—22%。

3、对于淤地坝的控制坝和骨干工程，建议采用25—30年一遇的洪水设计，100—300年一遇的洪水校核，相应也比较经济。

## Designed flood standard for the construction of check dam in loess area

Huang Guojun Jiang Dingshen

(Northwest Institute of Soil and Water Conservation,  
the Chinese Academy of Sciences)

### Abstract

At present the check dam for building farmland constructed in loess area, generally, is designed and checked according to the opportunity of one time in 10 year and one time in 30 years respectively, which has been demonstrated in practice to be lower and thought as the major reason to cause dam bursting. Having been studied, the optimum designed standard of flood is one time in 20 years and one time in 50 to 100 years for designed flood and flood check respectively. On total consumption of money and material, it will save 15-20% of that, compared with the two adjacent standard of designed flood. It is suggested that the major engines of the check dam be designed on the standard of one time in 25 years, and checked on one time in 100 to 300 years, if done as this, it would be economical.