

中小型水库区域洪水预报快速图解法

姜万勤

(成都科技大学)

中小型水库区域洪水预报是依据一个县, 一个地区或一个中小流域的自然地理、暴雨径流关系、水库特性等的类似性进行分析, 编制成通用预报查算图。

一、区域通用预报图的编制

以川北丘陵片为例, 说明其编制方法。

1. 降雨径流关系曲线制作

本区自然条件及人类活动情况基本相似, 计有 A、B、C、D 四个水库, 其集水面积 F 分别为 7.8、16.4、36.0、58.0 km^2 。径流系数分雨前土壤干燥 $\alpha=0.47$, 雨前土壤一般 $\alpha=0.65$, 雨前土壤湿润 $\alpha=0.85$ 三种情况。采用径流系数法 (或其它方法) 推求入库洪水总量 W 。首先按径流深 Y 与降雨量 P 的关系式 $Y=\alpha P$ 列表计算 (表 1), 在图 1 中第四象限上部点绘 $P\sim\alpha\sim Y$ 曲线组; 再按 $W=0.1YF$ 计算 (表 2), 在第三

表 1 $\times\times$ 区 $P\sim\alpha\sim Y$ 曲线计算表

P (mm)	雨前土壤干燥 $\alpha=0.47$	雨前土壤一般 $\alpha=0.65$	雨前土壤湿润 $\alpha=0.85$
	Y (mm)		
0	0	0	0
50	23.5	32.5	42.5
100	47.0	65.0	85.0
150	70.5	97.5	127.5
200	94.0	130.0	170.0
250	117.5	162.5	212.5

象限点绘各库的 $W\sim Y$ 曲线。

2. 峰量关系分析

峰、量关系曲线是根据历年实测洪水资料分析制作出来的。本例系移用区内一水文站 (控制流域面积 $F=85\text{ km}^2$) 的实测峰、量关系曲线于各库 (表 3)。洪水入库后, 受到水库调蓄影响, 回水长度与库面面积发生变化, 致使洪水过程变形, 入库洪量与洪峰按下式修正。

$$W_{\text{库}} = \frac{F_{\text{库}}}{F_{\text{站}}} \cdot W_{\text{站}}$$

表 2 $\times\times$ 区各库 $W\sim Y$ 曲线计算表

Y (mm)	A库	B库	C库	D库
	W ($10^4 \times \text{m}^3$)			
0	0	0	0	0
50	39	82	180	290
100	78	164	360	580
150	117	246	540	870
200	156	328	720	1160
250	195	410	900	1450

$$Q_{m\text{库}} = \beta \left(\frac{F_{\text{库}}}{F_{\text{站}}} \right)^n \cdot Q_{m\text{站}}$$

式中 n ——经验指数，采用 2/3，

β ——洪水变形系数，根据库容和回水长度，对 A、B、C、D 各库分别确定为 1.10、1.14、1.18、1.22。

将该曲线簇点绘于图 1 第三象限下部，其横坐标与 W 轴取同一比例。

3. $W \sim V_{\text{起}} \sim V_{\text{m}}$ 曲线绘制

洪水入库不溢洪，依据水量平衡原理，则有

$$V_{\text{m}} = V_{\text{起}} + W$$

式中 V_{m} ——不溢洪情况下洪水入库后的库容 ($10^4 \times \text{m}^3$)

$V_{\text{起}}$ ——起涨库容 ($10^4 \times \text{m}^3$)。

据此，假定不同的 W 和 $V_{\text{起}}$ ，计算相应的 V_{m} (表 4) 在图 1 第二象限绘出区内通用 $W \sim V_{\text{起}} \sim V_{\text{m}}$ 曲线簇。

表 3 $\times \times$ 区各库 $W \sim Q_{\text{m}}$ 曲线计算表

测 站		A 库		B 库		C 库		D 库	
W	Q_{m}	W	Q_{m}	W	Q_{m}	W	Q_{m}	W	Q_{m}
$10^4 \times \text{m}^3$	m^3/s	$10^4 \times \text{m}^3$	m^3/s	$10^4 \times \text{m}^3$	m^3/s	$10^4 \times \text{m}^3$	m^3/s	$10^4 \times \text{m}^3$	m^3/s
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	70	7.8	15.4	16.4	26.3	36.0	46.3	58.0	65.8
425	275	39.1	60.5	82.0	103.5	180.2	181.7	289.9	258.4
850	480	78.2	105.6	164.1	180.6	360.4	317.2	579.7	450.9
1275	670	117.3	147.4	246.1	252.1	540.6	442.7	869.6	629.4
1700	992	156.4	218.2	328.1	373.2	720.8	655.5	1159.4	931.8
2125	1190	195.5	261.8	410.1	447.7	901.0	786.4	1449.3	1117.9

表 4 $\times \times$ 区 $W \sim V_{\text{起}} \sim V_{\text{m}}$ 曲线计算表

W ($10^4 \times \text{m}^3$)	$V_{\text{起}} (10^4 \times \text{m}^3)$						
	40	120	200	500	800	1100	1300
$V_{\text{m}} (10^4 \times \text{m}^3)$							
0	40	120	200	500	800	1100	1300
100	140	220	300	600	900	1200	1400
200	240	320	400	700	1000	1300	1500
300	340	420	500	800	1100	1400	1600
400	440	520	600	900	1200	1500	1700
600	640	720	800	1100	1400	1700	1900
800	840	920	1000	1300	1600	1900	2100
1000	1040	1120	1200	1500	1800	2100	2300
1200	1240	1320	1400	1700	2000	2300	2500

4. 泄流曲线分析

本区各库均为开敞式溢洪道，对这类泄洪设施可据各库库容曲线和溢洪道尺寸，按

$q_2 = MBH^{3/2}$ 计算其下泄流量；放水洞兼泄洪者，下泄流量 $q_1 = \mu A \sqrt{2gh}$ ； $q_1 + q_2$ 则为总泄量，从而得出 $q \sim V$ 和 $q \sim H$ 曲线（表5），并分别点绘于图1第一象限及第四象限下部。

式中 M ——第二流量系数， $M = m \sqrt{2g}$ 。根据过水断面较平整、粗糙、很粗糙三种情况分别选用 1.5、1.4、1.3；

μ ——流量系数，为流速系数与断面收缩系数的乘积。小孔出流时 $\mu = 0.60 \sim 0.62$ ，大孔出流 $\mu = 0.65 \sim 0.67$ 。

表5 ××区各库泄流曲线计算表

		Z (m)	680	682	684	686	688	690	691.6	693	694	695	696	697		备注
A	H(m)	放水洞 h	0	2	4	6	8	10	11.6	13	14	15	16	17		*B=8m D=1.7m M=1.40 $\mu=0.62$
		溢洪道 H							0	1.4	2.4	3.4	4.4	5.4		
	q(m³/s)	放水洞 q ₁	0	5.6	7.9	9.7	11.2	12.5	13.5	14.3	14.8	15.3	15.8	16.3		
		溢洪道 q ₂							0	18.6	41.6	70.2	103.4	140.5		
		合计 q	0	5.6	7.9	9.7	11.2	12.5	13.5	32.9	56.4	85.5	119.2	156.8		
V(10⁴m³)	66	108	166	244	330	426	500	555	596	633	690	730				
		Z (m)	606	608	610	612	614	616	618	620.5	622	623	624	625	626	
B	H(m)	放水洞 h	0	2	4	6	8	10	12	14.5	16	17	18	19	20	B=8m D=1.5m M=1.40 $\mu=0.62$
		溢洪道 H								0	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	
	q(m³/s)	放水洞 q ₁	0	6.9	9.7	11.9	13.7	15.4	16.8	18.5	19.4	20.0	20.6	21.2	21.7	
		溢洪道 q ₂								0	20.6	44.3	73.3	106.9	144.5	
		合计 q	0	6.9	9.7	11.9	13.7	15.4	16.8	18.5	40.0	64.3	93.9	128.1	166.2	
V(10⁴m³)	50	267	384	498	602	693	775	845	870	890	906	925	940			
		Z (m)	648	650	652	654	656	658	659	660	661	662	663	664		
C	H(m)	放水洞 h	0	2	4	6	8	10	11	12	13	14	15	16	B=12m D=1.6m M=1.45 $\mu=0.62$	
		溢洪道 H						0	1	2	3	4	5	6		
	q(m³/s)	放水洞 q ₁	0	7.8	11.0	13.4	15.5	17.4	18.2	19.0	19.8	20.5	21.3	22.0		
		溢洪道 q ₂						0	17.4	49.2	90.4	139.2	194.5	255.7		
		合计 q	0	7.8	11.0	13.4	15.5	17.4	35.6	68.2	110.2	159.7	215.8	277.7		
V(10⁴m³)	80	382	622	840	1012	1140	1179	1218	1258	1302	1330	1360				
		Z (m)	588	590	592	594	595	596	597	598	599	600				
D	H(m)	放水洞 h	0	2	4	6	7	8	9	10	11	12			B=16m D=2m M=1.45 $\mu=0.63$	
		溢洪道 H					0	1	2	3	4	5				
	q(m³/s)	放水洞 q ₁	0	12.2	17.3	21.2	22.9	24.5	26.0	27.4	28.7	30.0				
		溢洪道 q ₂					0	23.2	65.6	120.6	185.6	259.4				
		合计 q	0	12.2	17.3	21.2	22.9	47.7	91.6	148.0	214.3	289.4				
V(10⁴m³)	150	485	822	1090	1210	1335	1460	1575	1700	1780						

*放水洞 h 为放水洞中心至库水面之水深

$q-V$ 曲线横轴定在各库溢洪道堰顶高程相应库容 $V_{堰}$ 处，其流量比尺与一、四象限的 q 轴一致，并分别注明各库的溢洪道堰顶高程。设闸门的溢洪道，则以闸门开度 e (或开启孔数 n) 的 $V \sim e \sim q$ (或 $V \sim n \sim q$) 曲线和 $H \sim e \sim q$ (或 $H \sim n \sim q$) 曲线代替。

上述各曲线簇有机的组合，即构成区域洪水预报合轴查算图。

二、区域综合预报图解法

下面是当起涨水位等于溢洪道堰顶高程时图解法的步骤。

1. 根据雨前土壤干湿状况，确定时段降雨径流系数 α 值，据时段预报雨量或时段降雨量于图 1 第四象限上部 $P \sim \alpha \sim Y$ 曲线，查得相应径流深 Y ；由第三象限上部 $W \sim Y$ 曲线查出某库相应的洪水总量 W 。以 C 库为例，当 $P=175 \text{ mm}$ ， $\alpha=0.65$ 时，查得 $Y=128 \text{ mm}$ ， $W=410 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

2. 由第三象限下部 $W \sim Q_m$ 曲线，查相应于该库 W 值的洪峰流量 Q_m 。上例当 $W=410 \times 10^4 \text{ m}^3$ 时， $Q_m=354 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

3. 于第二象限 $W \sim V_{起} \sim V_m$ 曲线中，据本库降雨前起涨库容 $V_{起}$ 和 W ，查出不溢洪情况下的库容 V_m 。仍以 C 库为例，当 $W=410 \times 10^4 \text{ m}^3$ ， $V_{起}=V_{堰}=1140 \times 10^4 \text{ m}^3$ 时，查得 $V_m=1550 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

4. 于第一象限，用简化三角形图解法进行调洪计算，以 V_m 在纵轴上定 a 点，以 Q_m 在横轴上定 b 点，联结 ab 与该库 $q \sim V$ 曲线交于 c 点，该点的纵座标值即为调洪库容 $V_{调}$ ，横座标为最大下泄流量 q_m 。

如以 C 库各值绘入图中，即可得出 $V_{调}=1730 \times 10^4 \text{ m}^3$ ， $q_m=181 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

5. 以 q_m 于第四象限下部 $q \sim H$ 曲线，得出最大溢洪道水头 H_m ，其值与堰顶高程相加，即为最高洪水水位 Z_m ，C 库之 H_m 为 4.4 m ， Z_m 为 $658+4.4=662.4 \text{ m}$ 。

下面两种情况需作部分修正。

(1) 当起涨水位低于溢洪道堰顶高程时，则拦洪库容 $V_{拦}=V_{堰}-V_{起}$ 。

当 $W \leq V_{拦}$ 时，以不溢洪之 V_m 查出该库的 $Z \sim V$ 曲线，求出最高洪水水位 Z_m 。

旱季库水位过低 $V_{拦}$ 过大，入库洪峰流量 Q_m 只蓄满 $V_{拦}$ ，此时以改正的洪峰流量 $Q_{m.0}$ 定 b 点， $Q_{m.0}$ 改正公式如下：

$$Q_{m.0} = Q_m \sqrt{\frac{1 - \frac{V_{拦}}{W}}{1 - K}}$$

式中 K 为涨洪历时与洪水总历时的比值，可取 $1/3 \sim 1/2$ 。在取定的 K 值下，当 $V_{拦} >$

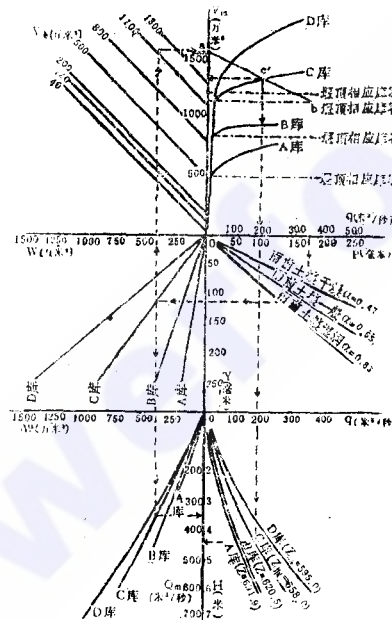


图 1 ××区中小型水库通用洪水预报图

KW 时进行改正, 见图 2。也可根据上式计算绘制 $Q_m \sim \frac{V_{\text{拦}}}{W} \sim Q_{m,0}$ 曲线。

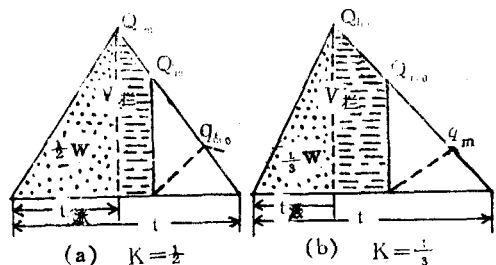


图2 $V_{\text{拦}}$ 较大时调洪示意图

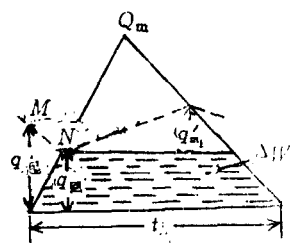


图3 起涨水位高于溢洪道堰顶时调洪示意图

(2) 当洪水连续入库, 起涨水位高于溢洪道堰顶 (无闸或闸门全开), 洪水入库时已经溢洪 (图 3), 设当时的瞬时溢洪流量为 $q_{\text{起}}$, 当入库流量小于 $q_{\text{起}}$ 时, 则库水位下降; 入库流量等于溢洪流量时, 则库水位不变; 当入库流量大于溢洪流量时, 则库水位上涨。设开始回涨时的流量为 $q_{\text{回}}$, 则 $q_{\text{回}}$ 以下的水量即为保持库水位不变的水量 ΔW 。大量资料分析证明, $q_{\text{起}}$ 近于 $q_{\text{回}}$, 可以 $q_{\text{起}}$ 代替 $q_{\text{回}}$ 。按公式

$$\Delta W = W \left[1 - \left(1 - \frac{q_{\text{起}}}{Q_m} \right)^2 \right]$$

计算绘制 $W \sim \frac{q_{\text{起}}}{Q_m} \sim \Delta W$ 曲线。

查 ΔW 。在 $q \sim V$ 曲线上以 $V_{\text{起}}$ (堰顶以上部分起涨库容) 和 $q_{\text{起}}$ 为原点, 作平行于原坐标轴的新坐标系 $O'V'$ 及 $O'q'$ (图 4), 以 $V_m - \Delta W$ 定 a 点, 以 $Q_m - q_{\text{起}}$ 定 b 点, 图解得出 q'_m 、 $V'_{\text{调}}$, 则 $q_m = q_{\text{起}} + q'_m$, $V_{\text{调}} = V_{\text{起}} + V'_{\text{调}}$ 。

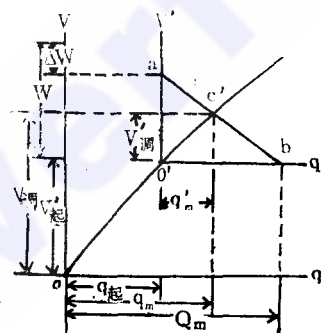


图4 移坐标法简易调洪演算示意图

三、结束语

图解法的优点在于能预报一个区域内的所有水库在不同雨量、不同雨前土壤干湿状况下的洪峰、洪量; 任何起涨库容 (相应起涨水位) 和入库洪水情况下的调洪库容、最大泄量、最高库水位。对溢洪道有无闸门, 单一水库和区域水库群, 均能迅速图解求出洪水各项预报值。

(上接 42 页)

深沟, 地摄为水平摄影, 而航片为近似垂直摄影, 测图时描绘分析处理问题, 比地摄成图有利得多, 所以用适当航片作地摄补漏是可行的。

如何提高航摄资料的质量特别是摄影处理的质量, 消除外控点中的差错, 防止测图中系统误差的过度积累, 进一步提高航测放大成图的质量, 和开拓航片的使用, 是有待进一步研究的问题。