

中小型水庫 水文預報和控制運用 計算方法

安徽省水利電力厅工程管理局編

水利電力出版社

中小型水庫 水文預報和控制運用 計算方法

（水利部水利研究所編）

水利部水利研究所編

內 容 提 要

本书包括中小型水庫的控制运用計算方法和中小型水庫水文情报及預报两部分。在前一部分中介绍如何算好防洪、灌溉、抗旱能力賬；后一部分中介绍水庫的水情观测、报讯和水庫洪水預报的計算方法，并介绍了一些簡易查算图表以供讀者参考。

本书供水庫管理工作人員及水文預报工作者閱讀。

中小型水庫 水文預报和控制运用 計算方法

安徽省水利电力厅工程管理局編

*

2868 S 769

水利电力出版社出版（北京西郊科学路二里沟）

北京市书刊出版业营业許可証出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印

新华书店科技发行所发行 各地新华书店經售

*

787×1092毫米开本*13%印張*31千字

1960年6月北京第1版

1960年6月北京第1次印刷(0001—4,180册)

統一书号：15143·2040 定价(第9类)0.17元

前 言

在水利化运动中，涌现出了无数的中小型水库，这对防洪、抗旱，保障工农业生产大跃进，起着重要的作用。在兴建了大量中小型水库之后，如何管好、用好这些水库，特别是在汛期，如何使它们既能削减洪水，减轻对下游的威胁，又能大量拦蓄洪水，满足各用水部门的需要，以充分发挥水库的最大效益，乃是当前很重要的问题。

兵家常说：“知己知彼，百战百胜”。要做好中、小型水库的防汛、管理及运用，保证战胜洪水，并有计划的蓄水，合理的用水，也必须“知己知彼”。在水库管理、运用工作中，知己者，就是要依据水库目前的工程情况（如坝身质量、溢洪、泄洪存在的问题等）、蓄水情况，摸清其防洪、抗旱、灌溉能力，适时提出正确的防洪、防淤、蓄水、用水措施；知彼者，就是要知道未来洪水可能有多大，什么时候来，什么时候退尽等。这就要随时观测水情，做好水库的水文情报及预报工作。只有这样才能做好水库的管理、运用工作。

为满足下游防洪、灌溉、抗旱的要求，就要知道水库现时有多少水，还能蓄多少水；或者能灌溉多少田亩，能维持下游多少田亩抗旱，抗多少天，等等。这就必须计算防汛、灌溉、抗旱三笔账，全面摸清水库的底细，以便管好、用好、充分发挥水库的最大经济效益，更好的为工农业生产服务。

中、小型水库的水情预报及控制运用，是一项新的工作，为便于大家学习与开展这项工作，我们吸取了各地经验，介绍一些计算方法及简易查算图表，仅供读者参考。

編 者

目 录

一、中小型水庫的控制运用計算方法.....	3
(一)定期算好防洪、灌溉、抗旱能力賬.....	3
1. 防洪能力賬.....	3
2. 灌溉、抗旱賬.....	19
(二)水庫汛期限制水位的計算.....	23
1. 确定中、小型水庫汛期限制水位須要考虑的情况.....	24
2. 水庫汛期限制水位的計算方法.....	24
二、中小型水庫的水文情报及預报.....	28
(一)水庫的水情观测和报讯.....	28
1. 布站观测.....	28
2. 傳报汛情.....	28
(二)水庫洪水預报.....	29
1. 水庫在不溢洪情况下的水位預报.....	29
2. 水庫溢洪情况下的最高水位与最大溢洪流量預报.....	32
(三)有关洪水預报几个問題.....	39
1. 如何增长預报預見期.....	39
2. 如何提高預报精度.....	40

一、中小型水庫的控制运用計算方法

(一)定期算好防洪、灌溉、抗旱能力賬

1. 防洪能力賬

水庫的防洪能力，就是在某一蓄水情況下，它能安全抵禦多大洪水不出險。當水庫水位很低，空庫容很大時，說明水庫這時的抗洪能力強，能攔蓄很多洪水，即是降雨量很大，也可以安全度過，但是在連續降雨情況下，在一次或幾次降雨後，水庫蓄水位已抬得很高，空庫容已經不多了，即使再有一次不太大的降雨，水庫也可能吃不消，這時水庫的抗洪能力已經減弱，因而水庫的危險性就要大些，必須及早採取防汛措施。

已建成的水庫，在保證質量的前提下，它的防洪能力是與水庫當時蓄水位高低及未來降雨量的大小有着密切的關係。在水庫的基本資料（如庫容曲綫、壩頂、溢洪道底高程、溢洪道寬度等）已具備的情況下，預先把水庫各級的蓄水位以上可能再攔蓄的降水量或稱安全允許降雨量（亦即表示水庫抗洪能力的指標）直接計算成圖表，就可以根據當時水情、雨情或未來天氣預報，迅速地判定未來的水庫安全程度，以便提供各有關防汛部門及時決策布置，這樣也就說明我們服務及時，起到了“參謀”作用。

水庫各級水位的安全允許降雨量計算分兩部分：

第一部分，水庫某一水位以上，溢洪道底以下，還能攔蓄多少水量？折合多少降雨量，以 P_1 表示。

第二部分，溢洪道底以上，最高洪水水位以下的調洪庫容，

还能允許多大来洪水量？折合多少降雨量？以 P_2 表示。

上述两部分， P_1 与 P_2 之和，即定为水庫某一水位的安全允許降雨量。

在第二部分中，最高洪水位視大壩质量、填址地形和防汛要求等而决定，一般指大壩頂以下 1.0~1.5 米(安全超高)处水位。

下面分別介紹 P_1 与 P_2 的計算方法：

(1) P_1 之計算方法：計算水量的一般公式：

$W = 1/10 \cdot \alpha \cdot P_1 \cdot F$ (万立方米)，轉化之即得

$$P_1 = \frac{10 \cdot W_1}{\alpha \cdot F} \text{ (毫米)}. \quad (1)$$

式中 W_1 ——为某一水位以上，溢洪道底以下，尚能拦蓄的水量(万立方米)；

F ——水庫集水面积(平方公里)；

α ——洪水徑流系数；

1/10——单位折算系数。

P_1 之計算可列成表 1 进行。

在实际应用时，徑流系数 α 值是个变数，是随前期(一般指前 5~10 天)降雨情况的不同而变化，如前期降雨較多，本次降雨損失就較小，徑流系数 α 要增大，則采用固定的 α 值，可能偏小；如代入公式(1)中，推求的 P_1 值就会較实际偏大。也就是估算的水庫防洪能力要偏高。反之，前期干旱，本次降雨損失量将会很大，因而徑流系数很小，选用固定的 α 值可能偏大，亦即推求的 P_1 值会較实际偏小，估計的防洪能力則偏低。前者不够安全，后者又可能由于騰空部分庫容而廢弃了部分蓄水。所以，在 α 值变化幅度較大地区，最好用本流域实测資料

表 1

水庫水位 (米)	庫 容 (萬立方米)	最大庫容 (萬立方米)	空庫容(W_1) (萬立方米)	空庫容折合成 降雨量 P_1 (毫米)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

說明:

1. 第(1)栏系可假定許多水位計算, 便于应用插補。
2. 第(2)栏系为第(1)栏数字查庫容曲綫而得。
3. 第(3)栏系即溢洪道底以下蓄水量, 为一常数。
4. 第(4)栏系为(3)-(2)栏。
5. 第(5)栏系在确定徑流系数后由第(4)栏数字代(1)式而得。

所分析的降雨徑流关系, 将空庫容 W_1 轉化为淨雨量 R_1 (毫米), 再从曲綫上反求出 P_1 值。由于計算考虑到前期降雨对徑流的影响, 应用的 α 值是个变数, 因而成果比較精确。但缺点是, 計算較繁, 每次雨前都要計算一次, 不易列成查算图表。

对于无資料地区, 如用降雨徑流关系計算 P_1 值, 可查用根据有資料地区的实测資料編制的“分区預报手冊”, 查出适用于本地区的降雨徑流关系曲綫。

用降雨徑流关系曲綫計算 P_1 值的方法:

計算公式: $R_1 = \alpha P_1$, 公式(1)可化为:

$$W_1 = 1/10 \cdot R_1 \cdot F, \text{ 即 } R_1 = \frac{10W_1}{F} \quad (1')$$

降雨徑流关系曲綫通常用 $P + P_d \sim R$ 曲綫表示(如图1)。

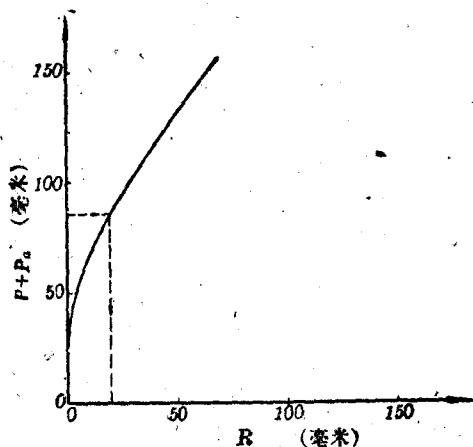


图 1

图中 P ——降雨量(毫米);
 R ——净雨量(毫米);
 P_a ——前期影响雨量(毫米)。

$$P_a = P_1 K + P_2 K^2 + \dots + P_t K^t.$$

式中 t ——间隔天数, 山区一般用10天;
 K ——系数, 山区一般在0.82~0.83;
 $P_1, \dots, P_t$ ——为前期各日日降雨量(毫米)。

P_a 值是反映前期土壤含水情况的一个近似指标, 由于参与计算的前期各日日降雨量 P_i , 并未除去产生径流而流入河中的一部分, 因而计算之 P_a 值反映前期土壤含水情况不太真实, 数值往往偏大, 甚至发生推求之 R 可能大于 P 的不合理现象。因此, 求得之 P_a 值应有一个极限, 一般是以本地区的最大初期损失量作为控制, 如 P_a 值超过最大初损量, 则应除去超过最大初损的部分, 然后再加 P , 才能查曲线求 R 值。

求 P_1 之計算步驟:

1) 根据前十天各日降雨量, 計算本次降雨前的前期影响雨量 P_a ;

2) 根据水庫現时水位, 查庫容曲綫求得蓄水量与水庫最大庫容之差, 即空庫容 W_1 值, 并代入公式(1'), 求得相应之 R_1 ;

3) 在 $P+P_a \sim R$ 曲綫(图1)上, 由 R_1 反查得 P_1+P_a 值;

4) 3)减1)即得 P_1 。

(2) P_2 的計算方法: P_2 是水庫溢洪道底以上, 最高洪水水位以下, 所允許的来水总量 W_2 折換成的降雨量。

計算公式为 $W_2 = 1/10 \cdot \alpha \cdot P_2 \cdot F$,

$$P_2 = \frac{10W_2}{\alpha \cdot F} \quad (2)$$

由于水庫溢洪过程具有調洪作用, 因而来水总量 W_2 的大小, 不单纯是水量的累积填满調洪庫容, 同时, 溢洪道不断溢出水。整个調洪过程中, 来水过程的形状、来水总量、来水最大流量的大小与調洪庫容、溢洪道出流过程、大小等因素, 互相都有密切的关系。

在溢洪道底高、寬度与水庫最高洪水水位均为已知的情況下, 溢洪最大流量 q_m , 調洪最大庫容 V_m 均可求出。

来水、溢水过程綫形状, 对于水流迅速、暴漲暴落过程尖陡的山溪性河流, 可近似的假定为三角形計算, 誤差不致很大。

来水总量 W_2 与来水最大流量 Q_m , 不但受流域特性的影响(如流域坡度、流域形状等。但对某一流域讲, 流域特性是一个固定不变的因素), 而且受降雨量、降雨强度的影响。

根据山区降雨历时短、强度大的特点，参加調洪計算的来水总量可用24小时降雨量推求，来水最大流量 Q_m ，可考虑有一定頻率参与計算的最大流量公式推求。下面将分別介紹。

調洪过程的計算，可用高切林經驗公式(見图 2)：

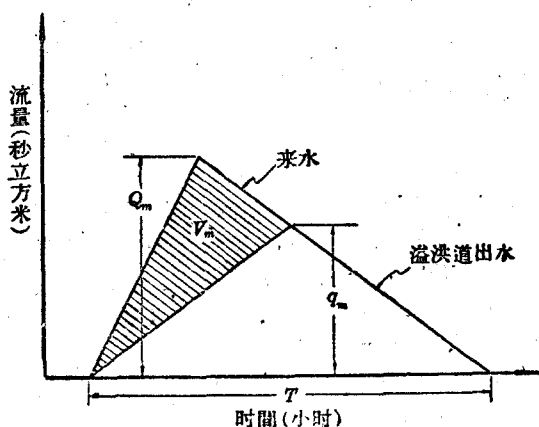


图 2

$$\begin{aligned} V_m &\triangleq \frac{1}{2} Q_m \cdot T - \frac{1}{2} q_m \cdot T = \frac{1}{2} \cdot T \cdot (Q_m - q_m) \\ &= \frac{1}{2} \cdot Q_m \cdot T \left(1 - \frac{q_m}{Q_m} \right). \end{aligned}$$

因

$$\frac{1}{2} \cdot Q_m \cdot T = W_i,$$

則

$$V_m = W_i \left(1 - \frac{q_m}{Q_m} \right),$$

或

$$q_m = Q_m \left(1 - \frac{V_m}{W_i} \right). \quad (3)$$

式中 V_m ——水庫最高洪水位以下，溢洪道底以上，最大調洪庫容(万立方米)；

Q_m ——来水最大洪峰流量(秒立方米);

q_m ——溢洪道最大溢洪流量(秒立方米);

W ——来水总量(万立方米);

T ——来水总历时(小时)。

在水庫溢洪道底高、宽度已知, 最高洪水位已确定的情况下, V_m 、 q_m 都是固定数值, q_m 可用宽顶堰公式推算:

$$q = m \cdot B \cdot H_0^{3/2} \quad (4)$$

式中 m ——系数, 一般为1.5~2.0, 可采用1.5;

B ——溢洪道平均宽度(米);

H_0 ——溢洪水深(米)。

公式(3)中, W 与 Q_m 是待求数值, 两者有一定的相关关系。同时, 在 q_m 、 V_m 固定情况下, W 与 Q_m 值又必须符合调洪计算公式(3)的关系。因此, 必须首先算出一系列的 W 、 Q_m 值, 再与公式(3)试错确定。

Q_m 用最大流量通用公式推求:

$$Q_m = k \cdot \varphi \cdot \alpha \cdot i \cdot F$$

式中 k ——单位折算系数为0.278;

F ——集水面积(平方公里);

i ——最大降雨强度(毫米/时);

α ——洪水径流系数;

φ ——径流完整系数, 一般为1.0。

则 $Q_m = 0.278 \cdot \alpha \cdot i \cdot F \quad (5)$

最大降雨强度 i , 具有一定的频率概念, 不同频率的 i 值代入公式(5), 得出不同的 Q_m 值。

现用苏联国立水文研究所1941年公式:

$$i = \frac{A + B \log N}{t^n} \quad (6)$$

式中 A 、 B ——暴雨参数，可从水文手册中查得；

N ——重现期(年数)；

t ——降雨历时(小时)，为偏于安全，一般用本流域的最大集流时间计算；

n ——为降雨强度，随历时的折减指数。我国各地一般在0.68~0.79之间。

W_i 用与 i 同频率的24小时降雨量，在确定径流系数 α 后，用公式(2)推求。

用试错法推求 P_2 之计算步骤如下：

1) 选择不同重现期 N (例如 2、10、25、50、100) 用公式(6)计算出相应的 i 值；

2) 确定适宜的洪水径流系数 α ，与(i) 所求不同重现期之 i 值代入公式(5)，求得不同重现期的 Q_m 值；

3) 查用水文手册，选取与 i 重现期相同的 24 小时降雨量 P_2 分别代入公式(2)，得出不同重现期的来水总量 W_i 。

上述计算成果可列成表 2。

表 2

N	i	Q_m	P_2	W_i
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

4) 以表中 Q_m 、 W_i 值点绘峰量关系，如图 3 中 I 线。

5) 根据公式(3)可知，在 q_m 、 V_m 固定情况下，待求的 Q_m

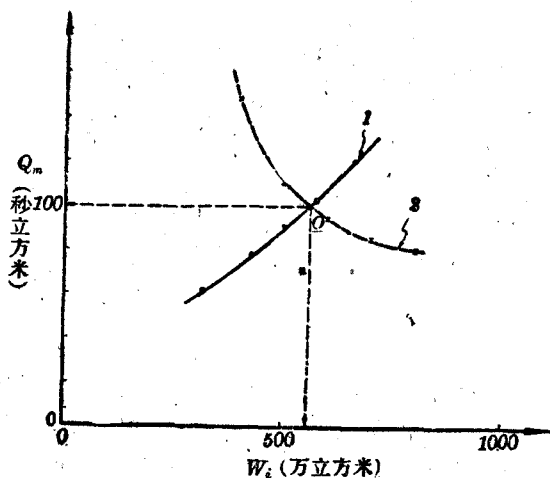


图 3

与 W_i 值也一定有相应数值, 可用试错法推求。假定不同的 W_i 值代入 (3) 式得出不同的 Q_m 值, 并点绘于图 3 中, 得曲线 2。曲线 1、2 交点 O 处之 Q_m 、 W_i 值, 即为 q_m 、 V_m 固定情况下的相应数值。

6) 以 5) 所求 W_i 值代入公式 (2) 即求得 P_s 值。

根据上述 P_1 、 P_s 值计算, 可列成表 3 查用。

中小型水库防洪能力计算举例。

某山区一中型水库, 其基本资料如下:

集水面积	36平方公里
坝顶高程	87.7米
最高洪水位	86.2米
溢洪道底高程	84.7米
溢洪道平均宽度	20.0米
死水位	58.5米
库容曲线一分	见图 4

表3 水庫各級水位安全允許降雨量查用表

水庫水位	水庫不致超过溢洪道底的降雨量 P_1	水庫从溢洪道底至最高洪水位所允許降雨量 P_2	水庫达各級水位时不致超过最高洪水位的允許降雨量(P_1+P_2)
(1)	(2)	(3)	(4)

說明：(3)栏数字，在水庫水位未超过溢洪道底时， P_2 是固定不变。

根据上述基本資料，及适用于本地区的水文手冊，求得計算数据如下：

安全超高(87.7—86.2)	1.5米
最大溢洪水深(86.2—84.7)	1.5米
水庫最大庫容(即溢洪道底以下庫容)	2200 万立方米
最大調洪庫容(即最高洪水位相应庫容与最大庫容之差)	250万立方米
死庫容(即死水位相同之庫容)	53万立方米
兴利庫容(即最大庫容与死庫容之差)	2147 万立方米
洪水徑流系数(α)	0.80
降雨徑流关系曲綫 $P+P_s \sim R$	如图1
流域集水時間(t)	0.5小时
暴雨参数: A	37.5
B	32.5
降雨强度随历时(t)的折減指数(n)	0.70

(1) P_1 之計算:

1) 用固定的徑流系数推求 P_1 。

已知 $\alpha=0.8$, $F=36$ 平方公里, 最大庫容2200万立方米。

今假定不同級水位, 每級为1.0米, 查庫容曲綫, 并用公式
(1)計算(如表4)。

表4

水庫水位 (米)	庫容 (万立方米)	最大庫容 (万立方米)	空庫容 (万立方米)	空庫容折合成 降雨量 P_1 (毫米)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
84.7	2200	2200	0	0
84	2090	2200	110	39.2
83	1940	2200	260	90.3
82	1790	2200	410	142
81	1630	2200	570	198
80	1490	2200	710	246
79	1350	2200	850	295
78	1200	2200	1000	347

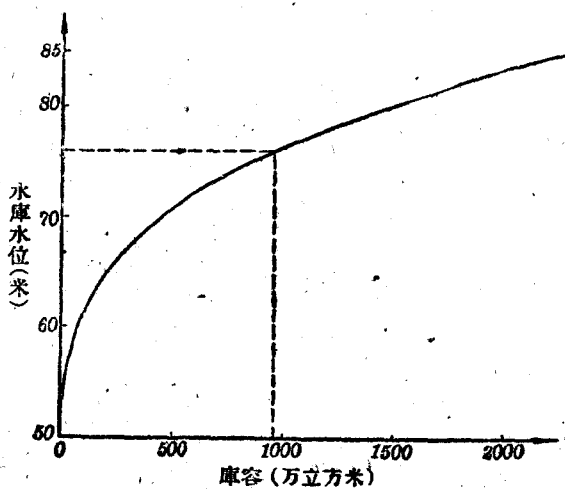


图4

表4中, 水庫水位为83.0米时, 查庫容曲线(图4)为1940万立方米; 即(2)栏; (2)栏与(3)栏空庫容2200万立方米之差为260万立方米即(4)栏; 以空庫容260万立方米代公式(1)得(5)栏之 P_1 值。

$$P_1 = \frac{10 \times 260}{0.8 \times 36} = 90.3 \text{ 毫米}.$$

2) 用降雨徑流关系曲线(如图1)推求 P_1

已知: 7月8日8时水庫水位为830米, 查庫容曲线求得空庫容为260万立方米, 8日前10天(6月28日~7月7日)有数次降雨, 各日降雨量均已知, 經分析本流域, $K=0.80$, 最大初損=100毫米, 可求出8日前期影响雨量 $P_a=750$ 毫米。

用公式(1')将空庫容260万立方米, 折合成相同之淨雨量

$$R_1 = \frac{10 \times 260}{36} = 72.3 \text{ 毫米}, \text{ 以此数反查图1, 得相应之 } P_1$$

+ $P_a=158$ 毫米。則空庫容折成之降雨量 $P_1=158-75=83$ 毫米。

上述两种方法的结果說明, 用降雨徑流关系求得之实际徑流系数 $\alpha = \frac{72.3}{83} = 0.83$, 比假定之0.80要大, 因而用固定的徑流系数求得之 P_1 (90.3毫米)要偏大, 亦即7月8日之防洪能力估計过高, 是不够安全的。因此, 在应用中必須常用降雨徑流关系校核, 才切合实际。

(2) P_2 之計算:

1) 推求 V_m 、 q_m 固定下, 适应于公式(3)之 W_1 与 Q_m 关系曲线。

根据水庫基本資料已求得:

水庫最大庫容 $V_m=250$ 万立方米;