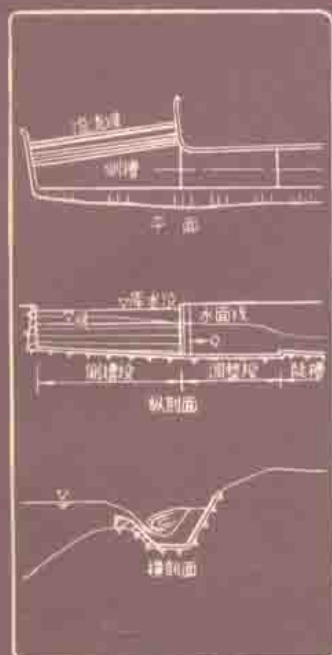




江苏省水利科学研究所

无闸控制溢洪道水力设计

水利出版社

无闸控制 溢洪道水力设计

江西省水利科学研究所

水利出版社

内 容 提 要

本书比较全面系统地介绍了中小型水库无闸控制的溢洪道水力设计方法。其中对低堰和过渡段分别进行了比较详细的讨论和介绍,对消能工的水力设计也提出了一些简便实用的方法。

用本书介绍的方法设计溢洪道,既可使设计计算简便、准确,又可使溢洪道布置合理,节省工程量。

本书最适合基层水工设计人员应用,对大专院校的水工专业师生也有参考价值。

无闸控制溢洪道水力设计 江西省水利科学研究所

*

水利出版社出版
(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售
水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 6 $\frac{1}{2}$ 印张 144千字
1981年10月第一版 1981年10月北京第一次印刷
印数 0301—3650册 定价 0.70元
书号 15047·4159

前 言

中小型水库工程中应用最广的无闸控制溢洪道具有结构简单、运行安全可靠和管理维修费用省等优点。由于它有着溢流水深浅、溢流前缘宽的特点，所以习惯称为“宽浅式溢洪道”。

本书针对宽浅式溢洪道的水力特征和现有工程设计中存在的一些问题，提出了比较简便、合理的水力设计计算方法。在内容选取和编写方法上，着重于实用性和系统性，并力求概念清楚、计算简便。对低堰和过渡段部分补充了我所近期的试验研究成果。在编写前曾对省内外数十座中小型水库的溢洪道工程进行现场调查，听取了基层设计、管理人员的意见。

在编写过程中，曾通过各种途径向有关方面征求意见，得到很多同志的支持与帮助，特别是李桂芬、凌裴章、李士豪、吴持恭、郭子中、谭福甲诸同志提出了许多宝贵的意见。江西省水利厅、省科委、省工学院有关领导，对编写工作始终给予关怀和支持。在此，一并致以谢意。

本书共分五章，第一、二章由林孟程同志执笔；第三章由舒以安同志执笔；第四、五章由程应昌（江西工学院）同志执笔。

由于我们业务水平不高，实际工作经验较少，书中定有缺点和错误，衷心地希望读者提出批评和修改意见。

江西省水利科学研究所

1981年3月

目 录

前 言

第一章 引渠水力设计	1
第一节 引渠的设计原则	1
第二节 引渠水力设计计算	3
第三节 算例	9
第二章 控制段的水力设计	16
第一节 堰式控制段	16
第二节 渠式控制段	57
第三章 过渡段的水力设计	69
第一节 缩窄陡槽型过渡段	70
第二节 缩窄消力塘型过渡段	76
第三节 侧槽型过渡段	82
第四章 陡槽段的水力设计	108
第一节 陡槽的水力特征及断面设计	108
第二节 陡槽水面线计算	112
第三节 陡槽边墙高度的确定	117
第五章 出口消能段的水力设计	124
第一节 底流式衔接消能水力设计	124
第二节 挑流式衔接消能水力设计	155
第三节 下游尾水位的确定	175
附表一 梯形槽水力半径计算系数 C_R 值 ($R = C_R h$)	179
附表二 梯形槽临界流计算系数 k_k 值 ($Q_k = k_k h_k^{5/2}$)	180
附表三 梯形槽临界流计算系数 k'_k 值 ($Q_k = k'_k b^{5/2}$)	183

附表四	数的二分之五次方值 ($N^{5/2}$)	186
附表五	梯形槽均匀流计算系数 k 值 ($Q = k \frac{1}{n} h^{8/3} i^{1/2}$)	187
附表六	梯形槽均匀流计算系数 k' 值 ($Q = k' \frac{1}{n} b^{8/3} i^{1/2}$)	189
附表七	数的三分之八次方值 ($N^{8/3}$)	191
附表八	曼宁公式中舍齐系数 C 值	192
附表九	渠道糙率 n 值	194
附表十	土渠、石渠允许不冲刷流速 (米/秒) 值	195
附表十一	铺砌及防护渠道允许不冲刷流速 (米/秒) 值	196
附表十二	一般条件下构筑物允许不冲刷流速 (米/秒) 值	196
附表十三	梯形槽共轭水深 h_e-h_c 关系值 ($E_c = h_c + \frac{V_c^2}{2g}$)	197
附表十四	矩形槽共轭水深 h_e-h_c 关系值	198
附表十五	不同堰上游坡度流量系数修正值	199
附图 1	挑流射程图解	199
附图 2	挑流水舌入水角图解	200
附图 3	散粒体河床冲坑深度图解	201
附图 4	岩石河床冲坑深度图解	202
附图 5-1	消力池计算图解示例	203
附图 5-2	消力池计算图解	204

第一章 引渠水力设计

第一节 引渠的设计原则

溢洪道控制段的位置，常因地形、地质条件的限制而不能紧靠水库。在这种情况下，则需开挖一条渠道，平顺地将水库的水引向泄水建筑物的控制段——溢流堰(闸)。这种引水用的渠道，称为引渠(见图1-1)。

引渠内的水头损失，直接影响到溢洪道的泄流能力。引渠的平面布置是否合理，关系到过堰(闸)流态的好坏。为

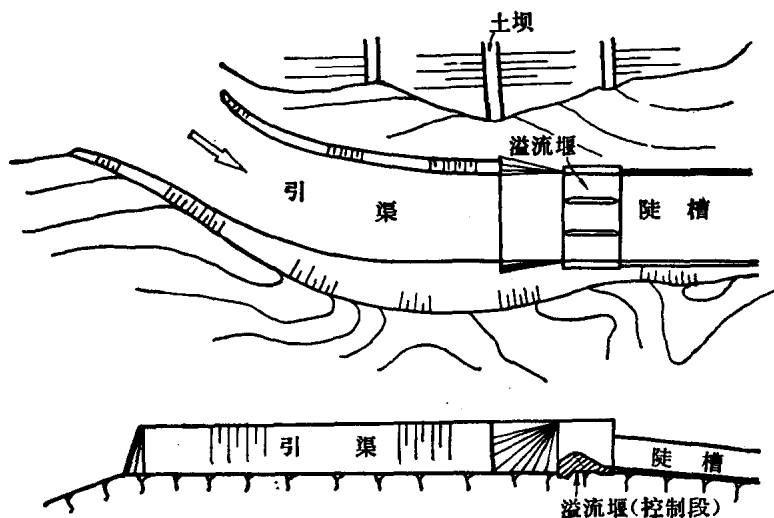


图 1-1

了减小水头损失，改善进流条件，增加泄流能力，减少工程量，在引渠布置和设计中应注意如下几个问题：

(1) 引渠的过水断面一定要大于控制段的断面。在不致造成过大挖方量的前提下，引渠流速通常应限制在 $2 \sim 3$ 米/秒以内，以减小引渠的水头损失。同时，引渠流速在可能的条件下应使其不超过引渠的抗冲流速，否则引渠应作衬砌。

(2) 当溢洪道控制段采用实用堰时，堰前引渠渠底高程不宜太高，以免造成因上游堰高 P_1 太小，而过多的减小实用堰的流量系数，并导致工程量的增加。就大多数情况来说上游堰高应大于三分之一堰上水头。

(3) 引渠断面应避免突然变化，在平面布置上应尽可能平顺。尤其是位于坝头的溢洪道，由于侧向进流的影响和导墙布置不当，往往在引渠形成回流，影响堰的过流能力。设置弯道的引渠，转弯半径一般不应小于 $4 \sim 6$ 倍渠底宽。当地形条件限制，进口边界条件难于改善，平面上弯曲较大时，也可以采用加大引渠过水断面，减小引渠流速的办法来改善水流条件，减小引渠内的水头损失。引渠与控制段之间应设置渐变过渡段，渐变段长度一般不小于堰上水头的 $2 \sim 3$ 倍。

(4) 引渠一般采用梯形断面。其边坡坡度必须根据地质情况合理选定，以避免因边坡崩坍而造成溢洪道进口堵塞的严重事故。对于挖深较小的小型工程，一般的说对新鲜岩石的边坡，可采用 $1:0 \sim 1:0.3$ ；对风化岩石的边坡可采用 $1:0.5 \sim 1:1.0$ ；对土坡可采用 $1:1.5 \sim 1:3.0$ 。

(5) 引渠纵坡一般采用平坡 ($i=0$)，也有设计成反坡的。若为了增加实用堰的堰高，采用了堰前引渠局部挖

深的办法时（相当于引渠纵坡为顺坡），则应注意：引渠进口处渠底高程必须低于堰顶高程，引渠过水断面必须大于控制段的断面，并应验算引渠的水头损失。

（6）不少工程在引渠上设置了拦鱼栅。对于漂浮物较多的水库，必须严防拦鱼栅被树木、水草堵塞，迫使库水位壅高，造成土坝漫溢的严重事故。

第二节 引渠水力设计计算

一、引渠的水力特征及水力计算方法

由于引渠末端修建了控制建筑物——溢流堰，引渠水流为非均匀流，引渠流速和水深是沿程变化的，水面线为一降水曲线。严格的说引渠水面线的计算应按明渠非均匀流公式进行计算。但是，这种计算比较繁琐。为了简化计算，在满足精度要求的前提下，可根据引渠流速大小、平面布置及引渠沿程断面、糙率变化等情况，采用下列不同的方法进行近似计算。

（1）当引渠流速 $V \leq 0.5$ 米/秒时，引渠的水头损失很小，可忽略不计。可取离堰前缘 $3 \sim 6H$ 处的水位作为水库水位。计算式为

$$\text{水库水位} = \text{堰顶高程} + H_0 \quad (1-1)$$

溢流堰堰上水头 H_0 可根据堰流公式求得：

$$H_0 = \left(\frac{Q}{\epsilon \sigma_m B \sqrt{2g}} \right)^{2/3} \quad (1-2)$$

式中 H_0 ——包括行近流速水头的堰上水头（米）；

B ——全部闸孔净宽；

m ——流量系数;
 ε ——侧收缩系数;
 σ_s ——淹没系数;
 Q ——流量(米³/秒);
 g ——重力加速度(米/秒²)。

各系数的选择请参阅第二章第一节泄流能力计算部分。

(2) 当引渠流速 $V = 0.5 \sim 3.0$ 米/秒, 并且引渠沿程断面、糙率不变(或变化很小)平面布置比较顺直时, 引渠水头损失所占比重也很小, 这时, 仍可按明渠均匀流公式进行近似计算。计算误差并不很大, 且略偏于安全。

按明渠均匀流计算引渠前水库水位的计算式为

$$\text{水库水位} = \text{堰顶高程} + H + \frac{\alpha V^2}{2g} + h_w \quad (1-3)$$

式中 h_w (引渠总水头损失) = 沿程水头损失 h_f + 局部水头损失 h_j ;

α ——动能改正系数, 一般采用 $\alpha = 1.0$;

其他符号见图 1-2。

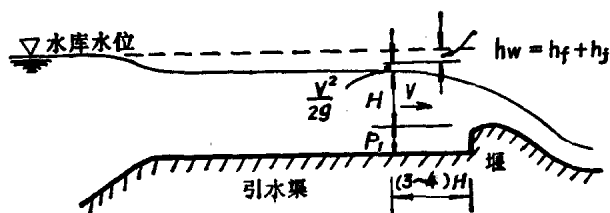


图 1-2

局部水头损失 h_j , 一般用流速水头与局部水头损失系数的乘积来表示。

$$h_f = \zeta \frac{V^2}{2g} \quad (1-4)$$

式中 ζ ——局部水头损失系数，见表1-1。对于较重要的工程 h_w 值应通过水工模型试验确定。表1-1中所列数据可作为引渠局部水头损失估算时参考。

表 1-1 引渠局部损失系数 ζ

名 称	简 图	局部水头损失 ζ 值
渠道匀缓扩大		$\zeta = \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} - 1 \right)^2$
渠道匀缓收缩		0.05 ~ 0.1
渠道直角进口		0.4
渠道折线型进口		0.2 ~ 0.3
渠道匀缓进口		0.1
渠道转弯 ($\alpha < 90^\circ$)		$\zeta = 2.23 \frac{1}{R} \sin \alpha$

引渠沿程水头损失 h_f 的计算式，可根据明渠均匀流公式推算得到。明渠均匀流公式为

$$V = C \sqrt{Ri}$$

亦可写成：

$$i = \frac{V^2}{C^2 R} \quad (1-5)$$

式(1-5)中的 i 可近似的看作总水头线的坡度，即水力坡度 J 。

$$J = \frac{V^2}{C^2 R} \quad (1-6)$$

式中 C —— 舍齐系数，按曼宁公式计算，计算式为

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad (1-7)$$

n —— 引渠糙率（它反映引渠表面粗糙程度对水流阻力的影响），附表九列出了不同引渠表面的糙率，可供选用时参考；

R —— 水力半径， $R = \frac{\omega}{\chi}$ （米）；

ω —— 过水断面面积（米²）；

χ —— 湿周（米）；

对于梯形断面（见图1-3） $\chi = b + 2h\sqrt{1+m^2}$ (1-8)

对于矩形断面 $\chi = b + 2h$ (1-9)

V —— 引渠流速（米/秒）。

将式1-7代入式1-6得

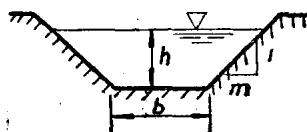


图 1-3

$$J = \frac{V^2 n^2}{R^{4/3}}$$

沿程水头损失

$$h_f = JL = \frac{V^2 n^2 L}{R^{4/3}} \quad (1-10)$$

式中 L —— 引渠长度（米）。

式1-3中的堰上水头亦可根据堰流公式反算：

$$H_0 = H + \frac{\alpha V^2}{2g} = \left(\frac{Q}{\varepsilon \sigma_s m B \sqrt{2g}} \right)^{2/3} \quad (1-11)$$

将式（1-4）、（1-10）、（1-11）求得的结果代入公式（1-3），即可求得水库水位。

(3) 当引渠流速 $V > 3$ 米/秒, 引渠沿程断面糙率变化较大, 则要用明渠非均匀流公式进行计算。计算步骤叙述如下:

第一步计算起算断面的水力要素——水深、流速。

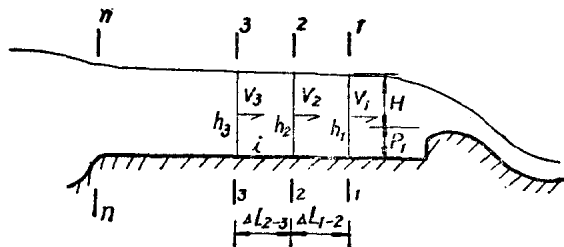


图 1-4

引渠的起算断面一般可选择在堰前 $3 \sim 4H$ 处, 如图 1-4 中的 1-1 断面。该断面的水深用 h_1 表示, 流速用 V_1 表示。

$$\text{水深 } h_1 = H + P_1 = H_0 - \frac{\alpha V_1^2}{2g} + P_1 \quad (1-12)$$

式中 H_0 可根据式 (1-11) 求得,

$$V_1 = \frac{Q}{\omega} \quad (1-13)$$

联立式 (1-12) 和 (1-13) 可试算得 h_1 、 V_1 。

第二步从起算断面起往上游推算水面曲线。取任意相距为 ΔL 的两断面建立能量方程 (断面间水流边界条件无突变, 局部能量损失忽略不计):

$$i\Delta L_{1-2} + h_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = h_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + \Delta h_{f1-2}$$

上式可改写成

$$\frac{\left(h_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g}\right) - \left(h_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g}\right)}{\Delta L_{1-2}} = i - \frac{\Delta h_{f_{1-2}}}{\Delta L_{1-2}} \quad (1-14)$$

对于非均匀流水力坡度 J 是沿程变化的, 即 $J = \frac{dh_w}{dL}$ 。

当局部损失可忽略不计时, 则 $J = \frac{dh_w}{dL} \approx \frac{dh_f}{dL}$ 。对于每一分段来说其渐变流中的水力坡度 J , 可近似的用均匀流的方法计算, 即用每一分段的平均水力坡度 $\bar{J}$ 代替变化的水力坡度 J 。即

$$\frac{\Delta h_{f_{1-2}}}{\Delta L_{1-2}} = \bar{J} = \frac{\bar{V}^2}{C^2 \bar{R}} \quad (1-15)$$

$$\text{式中} \quad \bar{V} = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

$$\bar{C} = \frac{C_1 + C_2}{2}$$

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2}{2}$$

将式 (1-15) 代入式 (1-14) 得

$$\Delta L_{1-2} = \frac{\left(h_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g}\right) - \left(h_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g}\right)}{i - \bar{J}} \quad (1-16)$$

式中 i —— 引渠纵坡;

α_1 、 α_2 —— 动能改正系数, 一般采用 $\alpha = 1.0$ 。

利用式 (1-16) 即可推求引渠的水面曲线。

综上所述, 溢洪道引渠按明渠非均匀流公式进行计算时, 计算步骤可归纳如下: 用式 (1-12) 和 (1-13) 求得

h_1 、 V_1 ；假定 h_2 ，求 $V_2 = \frac{Q}{\omega_2}$ ；根据式(1-15)求 $\bar{J}$ ，将 $\bar{J}$ 值代入式(1-16)求得 ΔL_{1-2} 。重复上述步骤求得 ΔL_{2-3} ， ΔL_{3-4} ……，直至 $\Sigma \Delta L$ 等于引渠全长（即推算至渠首断面为止）。至此，引渠渠首断面的水力要素水深 h_n 和流速 V_n 均为已知条件，最后即可根据式(1-17)求得水库水位。

$$\text{水库水位} = \text{渠首底部高程} + h_n + \frac{\alpha V_n^2}{2g} + \zeta \frac{\alpha V_n^2}{2g} \quad (1-17)$$

式中 ζ ——引渠进口局部水头损失系数。

二、引渠抗冲稳定校核

在进行引渠设计时，应验算引渠的抗冲稳定。如果引渠平均流速超过引渠的不冲流速，则应根据引渠流速值的大小选取砌护材料，或修改设计（加大引渠过水断面，使引渠流速略小于不冲允许流速）。

对于各种土质、岩石及人工护面的不冲允许流速，可参考附表十、十一选取。

第三节 算 例

【例 1-1】某工程溢洪道最大泄水流量为 $71 \text{米}^3/\text{秒}$ ，堰顶高程为100米，堰宽 $B = 40 \text{米}$ ，上游堰高 $P_1 = 2 \text{米}$ （选定流量系数 $m = 0.4$ ，选取方法见第二章第一节）。引渠系砂壤土，采用梯形断面，其边坡为1:1。引渠长150米，渠底宽 $b = 50 \text{米}$ ，引渠进口采用折线形进口（布置见图 1-5），引渠糙率 $n = 0.03$ ，求水库水位。

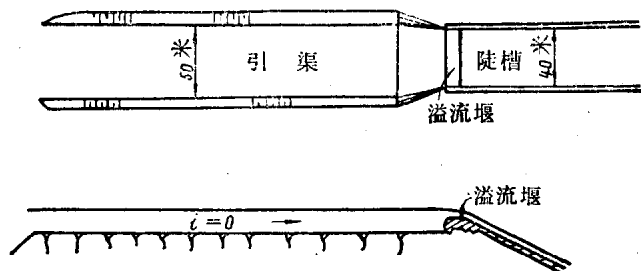


图 1-5

解:

计算溢流堰堰上水头:

$$H_0 = \left(\frac{Q}{Bm\sqrt{2g}} \right)^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{71}{40 \times 0.4 \times 4.43} \right)^{\frac{2}{3}} = 1 \text{ 米}$$

计算堰前引渠水深、流速:

$$\begin{cases} h_1 = H_0 + P_1 - \frac{V_1^2}{2g} = 1 + 2 - \frac{V_1^2}{19.6} \\ V_1 = \frac{Q}{\omega} = \frac{Q}{bh + mh^2} = \frac{71}{50h + h^2} \end{cases}$$

联立上两式试算得

$$h_1 = 2.99 \text{ 米}; V_1 = 0.45 \text{ 米/秒}.$$

由于引渠流速 $V_1 < 0.5$ 米/秒, 引渠水头损失可忽略不计, 可取堰前水位作为库水位。

水库水位 = 堰顶高程 + $H_0 = 100 + 1 = 101$ 米。

(本例题如若计算引渠水头损失, 其值 $h_w = 0.01$ 米, 则水库水位为 101.01 米, 误差仅 1 厘米, 可忽略不计)。

【例 1-2】某工程溢洪道设计正常高水位为 100 米, 最大泄洪量 753 米³/秒, 设计引渠为平底明槽, 槽长 96 米, 槽

底高程与堰顶齐平 ($\nabla 100$ 米)，槽底宽 48 米，其边坡为 1:0.5，渠道进口匀缓，引渠糙率 $n = 0.03$ 。溢流堰为宽顶堰，堰宽 $B = 40$ 米，堰高 $P_1 = 0$ （布置如图 1-6），求最大泄量时的水库水位。

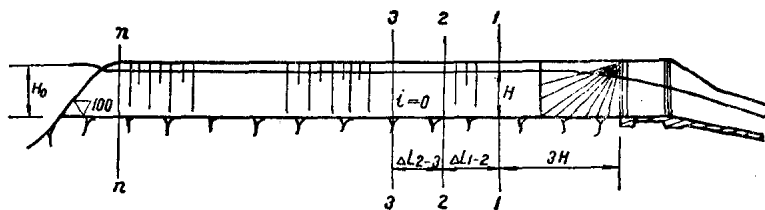


图 1-6

解：

本例题中应用两种不同的计算方法进行演算，以便对比。

1. 按明渠非均匀流进行计算

第一步计算起算断面（离堰前 $3H$ 处）的水深 h_1 、流速 V_1 。

求溢流堰堰上水头：

$$H_0 = \left(\frac{Q}{Bm\sqrt{2g}} \right)^{2/3} = \left(\frac{753}{40 \times 0.38 \times 4.43} \right)^{2/3} = 5 \text{ 米}$$

求堰前引渠水深、流速：

$$\begin{cases} h_1 = H_0 + P_1 - \frac{V_1^2}{2g} = 5 + 0 - \frac{V_1^2}{2g} \\ V_1 = \frac{Q}{\omega} = \frac{Q}{bh_1 + mh_1^2} = \frac{753}{48h_1 + 0.5h_1^2} \end{cases}$$

联立上式试算得

$$h_1 = 4.41 \text{ 米}, V_1 = 3.4 \text{ 米/秒}。$$