

消力池的水力计算

刘仲桂 陈振坤 王乐秀
(广西水电厅) (广西计算中心) (桂林地区水电局)

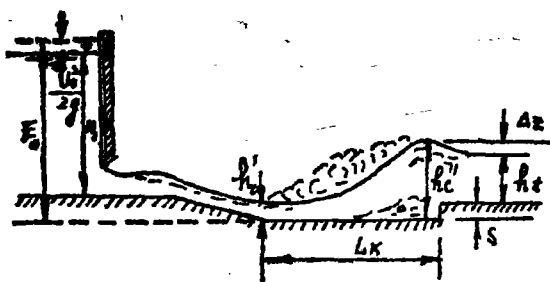
提 要

在水利工程的溢流重力坝和溢洪道等泄水建筑物中,需要设计消力池设施来消除高速水流对下游河床的冲刷作用。消力池设计计算的主要内容包括确定消力池池深,坎高、消力池入口收缩断面水深和消力池的长度等。消力池的水力计算实质上就是解联立方程。

本文编制了BASIC语言和FORTRAN语言源程序,该程序是采用迭代法进行逐步逼近求解的,而且在PC-1500机和PE-3220小型机上进行实例计算,列出了运算的操作使用指示说明,可供实用中参考。

一、计算公式

一矩形断面平底的消力池,从下游河床下挖一深度为 S ,其长度为 L_K ,并使水跃发生在池内,见图一。



图一. 消力池水力计算示意图.

由以缩水深 h_c 的基本计算式:

$$E_o = h_c + \frac{q^2}{2g\phi^2 h_c^2} \quad (1)$$

由(1)式推求出:

$$H_1 = Q \sqrt{\frac{1}{19.6A^2(E_o - H_c)}} \quad (2)$$

共轭水深的计算:

$$h_c'' = H_o = \frac{H_c}{2} \left(\sqrt{1 + 8 \frac{Q^2}{gH_c^3}} - 1 \right) \quad (3)$$

消力池出口水面落差:

$$\Delta Z = Z = \frac{Q^2}{2g} \left(\frac{1}{A^2 H_T^2} - \frac{1}{C^2 H_B^2} \right) \quad (4)$$

消力池深度:

$$S = C \times H_B - H_T - Z \quad (5)$$

上列各式中:

$H_c = h_c'$ ——跃前断面水深;

$H_B = h_c''$ ——跃后断面的水深;

$q = Q$ ——单宽流量;

E_o ——以下游河床为基准面的泄水建筑物上游总能头;

g ——重力加速度 9.81 ;

$\phi = A$ ——流速系数;

$\delta = C = 1.05 \sim 1.10$ ——安全系数;

$h_t = H_T$ ——下游水深。

1. 判别是否需要设置消力池:

设 $H_c = 1.0$ 米, 代入(2)式计算 H_1 , 如果 $|H_1 - H_c| < 0.01$ 米时, H_c 即为所求的收缩断面水深; 如果计算得出 $|H_1 - H_c| > 0.01$ 米时, 使 $H_c = H_1$, 再采用式(2)计算 H_1 , 如此反复进行多次计算, 直到得出 $|H - H_c| < 0.01$ 米为止。用试算法算出的 H_c 代入(3)求出跃后水深 H_B 。如果 $H_B < H_T$, 则不需要修建消力池, 此时即可打印出 h_c, h_b, h_t ; 如果 $H_B > H_T$, 则需要修建消力池。

2. 用试算法计算消力池深度 S :

设 $S = 1.0$ 米, $E_o = E_o + S$ 代入(2)式, 采用如上步序求出 H_c , 再将 H_c 代入(3)式求出 H_B , 用(4)式求出消力池出口水面落差 Z , 最后即可采用(5)式求出 S ; 若 $|S_1 - S| < 0.01$ 米时, S 即为消力池的深度; 若 $|S_1 - S| > 0.01$ 米, 则需多次重复上述计算, 直至 $|S_1 - S| < 0.01$ 米时为止。

3. 消力池长 L_K 的计算:

$$L = DL_1 \quad (6)$$

式中, L_1 ——自由水跃长度;

D ——系数, 一般为 $0.8 \sim 0.9$ 。

$$F = \frac{Q}{\sqrt{g} H_c^{1.5}} \quad (7)$$

式中: F ——收缩断面的弗汝德数; 其余符号同前。

当 $F > 9.0$ 时,

$$L_1 = (8.4(F - 9) + 76)H_c \quad (8)$$

当 $F < 9.0$ 时,

$$L_1 = 9.5(F - 1)H_c \quad (9)$$

二、程序设计流程图

见图二

三、源程序

(一) BASIC源程序

```

2  READ Q, HT, A, C, U0, H, S, D
5  E0 = U0 * U0 / 19.6 + H + S
7  A1 = 19.6 * A * A : Q1 = 8 * Q * Q : Hc = 1
10 H1 = Q * SQR ( 1 / ( A1 * ( E0 - Hc ) ) )
15 IF ABS ( H1 - Hc ) < 0.01 THEN 25
20 Hc = H1 : GOTO 10
25 HB = Hc / 2 * ( SQR ( 1 + Q1 / ( 9.8 * Hc ^ 3 ) ) - 1 )
30 IF HB > HT THEN 50
31 HT = INT ( HT * 1000 ) / 1000
33 HB = INT ( HB * 1000 ) / 1000
35 LPRINT "hc = " ; Hc ; "hb = " ; HB
40 LPRINT "ht = " ; HT : LPRINT : GOTO 220
50 S = 1
60 E0 = E0 + S
70 H1 = Q * SQR ( 1 / ( A1 * ( E0 - Hc ) ) )
75 IF ABS ( H1 - Hc ) < 0.01 THEN 90
80 Hc = H1 : GOTO 70
90 HB = Hc / 2 * ( SQR ( 1 + Q1 ) / ( 9.8 * Hc ^ 3 ) ) - 1 )
100 Z = Q * Q / 19.6 * ( 1 / ( A * HT ) ^ 2 - 1 / ( C * HB ) ^ 2 )
110 S1 = C * HB - HT - Z
120 IF ABS ( S1 - S ) < 0.01 THEN 132
130 S = S1 : GOTO 90
132 Hc = INT ( Hc * 1000 ) / 1000
133 HB = INT ( HB * 1000 ) / 1000
135 S = INT ( S * 1000 ) / 1000
138 E0 = INT ( E0 * 1000 ) / 1000
140 LPRINT "S = " ; S : LPRINT "hc = " ; Hc
145 LPRINT "hb = " ; HB : LPRINT "E0 = " ; E0 : LPRINT
160 F = Q / ( SQR ( 9.8 ) * Hc ^ 1.5 )

```

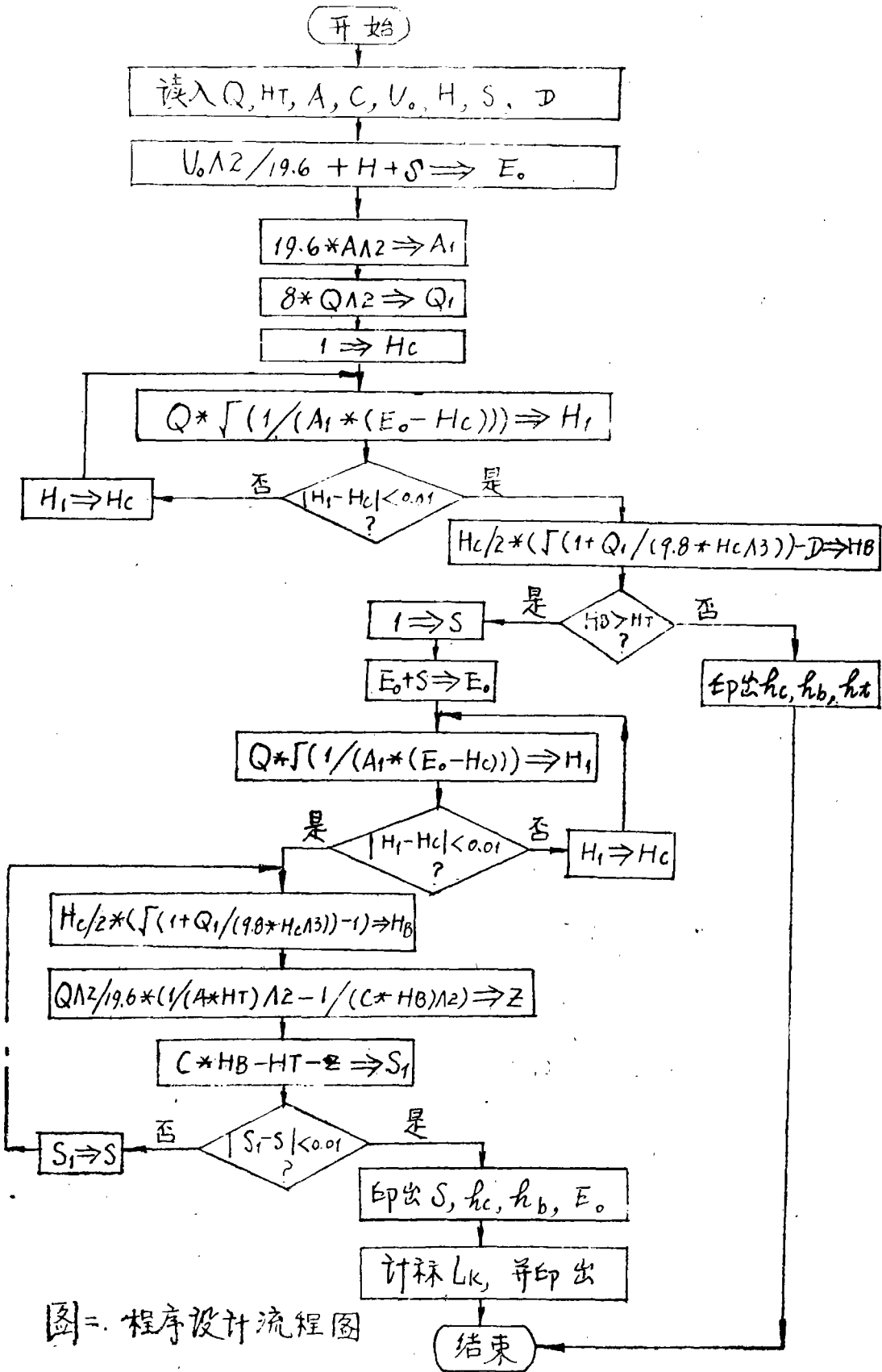


图 = 程序设计流程图

```

170 IF F>9 THEN 190
180 L1=9.5*HC*(F-1):GOTO 200
190 L1=HC*(8.4*(F-9)+76)
200 LK=INT(D*L1*1000)/1000
210 LPRINT "LK="; LK:LPRINT
220 END
230 DATA (Q), (HT), (A), (V0), (H), (S), (D)

```

(二) FORTRAN 源程序

```

E0=U0**2/19.6+H+S
A1=19.6*A**2
Q1=8.*Q**2
HC=1.
10 H1=Q*SQRT(1./(A1*(E0-HC)))
IF (ABS(H1-HC).LT.Q1) GOTO 25
HC=H1
GOTO 10
25 HB=HC/2.*(SQRT(1.+Q1/(9.8*HC**3))-1.)
IF (HB.GT.HT) GOTO 50
WRITE(5,100)HT, HC, HB
100 FORMAT(5X, 3Hhc=, F8.3, 10X, 3Hhb=, F8.3, 10X, 3Hht=, F8.3)
GOTO 220
50 S=1.
E0=E0+S
70 H1=Q*SQRT(1./(A1*(E0-HC)))
IF (ABS(H1-HC).LT.0.01) GOTO 90
HC=H1
GOTO 70
90 HB=HC/2.*(SQRT(1.+Q1/(9.8*HC**3))-1.)
Z=Q**2/19.6*(1./(A*HT)**2-1./(C*HB)**2)
S1=C*HB-HT-Z
IF (ABS(S1-S).LT.0.01) GOTO 130
S=S1
GOTO 90
130 F=Q/(SQRT(9.8*H**1.5))
IF (F.GT.9.) GOTO 140
L1=9.5*HC*(F-1.)
GOTO 150
140 L1=HC*(8.4*(F-9.)+76.)

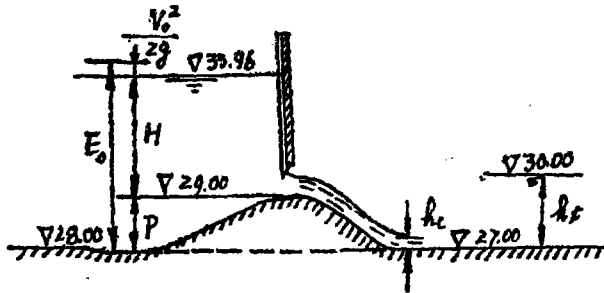
```

```

Lk = D * L1
WRITE (5, 200) S, Hc, Hb, E0, Lk
200 FORMAT (1X, 2HS =, F8.3, 5X, 3Hhc =, F8.3, 5X, 3Hhb =, F8.3, 5X,
3HE0 =, F8.3, 5X, 3HLk =, F8.3)
DATA Q, H1, A, C, U, H0, S, D/10.82, 3., 0.95, 1.05, 1.53, 6.96
0., 0.8/
END
    
```

四、算例及使用指示

1.算例：某分洪闸底坝为一曲线势低堰，布置如图三所示：



图三. 算例示意图

图中尺寸单位:米

单宽流量 $q = 10.72 \text{米}^3/\text{秒}$ ，流速系数 ϕ 取0.95。试判别是否需建消力池。若需要则进行消能计算。

2. BASIC 源程序使用指示

(注: PC-1500机上通过)

步序	输入	印出	说明
1	输入源程序		
2	230 DATA (Q), (HT), (A), (C), (V ₀), (H), (S), (D), RUN <u>ENTER</u>	S h _c h _b E ₀ L _k	置数语句括号括起的表示输入具体的数值。 运行程序若需建消力池时将打印输出 消力池深 跃前水深 跃后水深 以下游河床为基准面的泄水建筑物，上游总水头 消力池长

3		h_c	经判断后, 若不需建消力池时, 将打印输出
		h_b	跃前水深
		h_t	跃后水深
			下游水深

3. 对算例的具体操作说明

置数语句

```
230 DATA 10.82, 3, 0.95, 1.05, 1.53, 6.96,
        0, 0.8
```

计算输出结果:

$S = 1.259$ (米) 即池深

$h_c = 0.969$ (米);

$h_b = 4.502$ (米);

$E_0 = 8.079$ (米);

$L_K = 19.32$ (米);

打印结果表明, 需要建消力池。尺寸如上所示。

4. FORTRAN 源程序使用指示

对于算例, 只要在数据初值语句中, 换上对应的数据。

```
DATA Q, H, A, C, U0, H, S, D/10.82, 3., 0.95, 1.05, 1.53, 6.96,
    0.0, 0.8/
```

经编译连接程序后, 执行程序后打印输出的结果与BASIC程序输出的结果相同。

主要参考文献

《水力计算手册》 武汉水利电力学院编: 水利电力出版社出版,