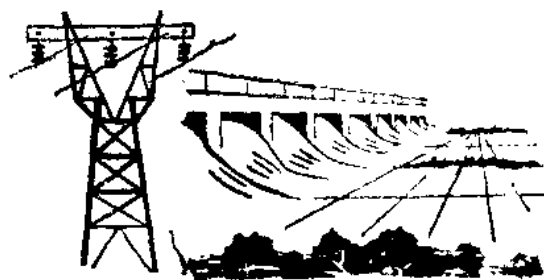


美国陆军工程兵团

水力设计准则

第二卷



长江流域
规划办公室 长江水利水电科学研究院译

美国陆军工程兵团水力设计准则

第 二 卷

前 言

出版水力设计准则第二卷的目的，是为了避免第一卷篇幅过大和便于使用。为了达到这个目的，随着图表的增加，将需随时把水力设计准则予以分编。每次新出版的水力设计准则所包括的目录表，将以相应的方式将图表进行重新编排。

对本资料手册内所公布的美国陆军工程兵团的材料，只要在复制品上加注材料来源，水道试验站并不反对复制。至于图表中除工程兵团以外的各家资料，复制时请征得该资料原提供单位的许可。

目 录

闸门和阀门—300

堰顶闸门上的波浪压力

设计假设条件	310—1
双曲函数	310—1/1
算例	310—1/2

溢流堰顶弧形闸门

流量系数	311—1
几何尺寸算例	311—2
几何要素	311—3
堰面座标及坡度因素	311—4
流量算例	311—5
堰顶压力—设计水头下, 闸门座位置对堰顶压力的影响	311—6

泄洪道上的垂直升降闸门

流量系数	312
------	-----

调节闸门的流量系数	320—1
-----------	-------

垂直升降闸门

水压力与重力

定义与应用	320—2
底部的上推力	320—2/1
闸门井水面高度	320—2/2
算例	320—2/3

泄水孔弧形闸门—流量系数	320—3
--------------	-------

明渠弧形闸门

流量系数

自由出流

$a/R = 0.1$

320—4

$a/R = 0.5$

320—5

$a/R = 0.9$

320—6

算例

320—7

淹没流

320—8

典型相关曲线

320—8/1

平板阀

损失系数

330—1

无压流流量系数

330—1/1

蝴蝶阀

流量系数

阀门在管道内

331—1

阀门在管道的末端

331—1/1

扭矩系数

阀门在管道内

331—2

阀门在管道的末端

331—2/1

算例

流量与扭矩

331—3

锥形阀门的流量系数

四个翼片

332—1

六个翼片

332—1/1

舌瓣式闸门的水头损失系数—淹没流

340—1

天然水道—400

通航水坝—500

船闸涵洞

反向弧形闸门的损失系数

534—1

渠道最低压力

矩形断面

534—2

算例

534—2/1

人工渠道—600

比降系数

$0.0001 < S < 0.010$

610—1

$0.01 < S < 1.00$

610—1/1

梯形断面渠道— $C_x \sim$ 底宽

边坡 1 : 1 —底宽 0 到 200 呎

610—2

底宽 200 到 600 呎

610—2/1

底宽 0 到 50 呎

610—2/1-1

边坡 1 : $1\frac{1}{2}$ —底宽 0 到 200 呎

610—2/2

底宽 200 到 600 呎

610—2/3

底宽 0 到 50 呎

610—2/3-1

边坡 1 : 2 —底宽 0 到 200 呎

610—3

底宽 200 到 600 呎

610—3/1

底宽 0 到 50 呎

610—3/1-1

边坡 1 : $2\frac{1}{2}$ —底宽 0 到 200 呎

610—3/2

底宽 200 到 600 呎

610—3/3

底宽 0 到 50 呎

610—3/3-1

边坡 1 : $2\frac{3}{4}$ —底宽 0 到 200 呎

610—3/4

底宽 200 到 600 呎

610—3/5

底宽 0 到 50 呎

610—3/5-1

边坡 1 : 3 —底宽 0 到 200 呎

610—4

底宽 200 到 600 呎

610—4/1

底宽 0 到 50 呎

610—4/1-1

梯形断面渠道—临界水深曲线

边坡 1 : 1

610—5

边坡 1 : $1\frac{1}{2}$

610—5/1

达坡 1 : 2	610—6
边坡 1 : $2\frac{1}{4}$	610—6/1
边坡 1 : $2\frac{1}{2}$	610—6/2
边坡 1 : 3	610—7
矩形断面渠道	
正常水深与临界水深—宽断面	610—8
$C_K \sim$ 底宽关系曲线	
底宽 0 到 200 呎	610—9
底宽 200 到 600 呎	610—9/1
底宽 0 到 60 呎	610—9/1-1
明渠水流	
阻力系数	631
$C \sim n \sim K_s \sim R$ 的关系曲线	631—1
算例	631—2
复合糙率	
有效曼宁系数 n	631—4
湿周关系曲线	631—4/1
河渠弯道	
超高	660—1 •
几何曲线	
等长螺旋线	660—2 •
不等长螺旋线	660—2/1 •
螺旋曲线表	660—2/2 •
计算实例	660—2/3 •
平面图与剖面图的实例	660—2/4 •

特殊问题—700

抛石护岸

梯形断面渠道—60° 河弯

星号 “•” 表示系第15版。

边界剪力分布	703—1
水工建筑物上的冰推力	704
低坝块体导流的流量系数	711
块石稳定度	
流速与石料块径的关系	712—1 •
调压塔薄板孔口的水头损失	733—1

HDC 310—1至310—1/2说明

堰顶闸门上的波浪压力

1、波浪打在垂直边墙上的压力理论，是由Sainflou氏〔1〕发展起来的。这个特殊现象，叫作“定波 (Clapotis)”。入射波与反射波合并后所产生的波高，为入射波的二倍。这个理论，仅在波高不大于静水深时适用。泄洪道堰顶闸门后的水深，在正常情况下，是大于设计浪高的。因此，这个理论可在堰顶闸门设计中和泄洪道稳定分析中，用以估算压力分布。

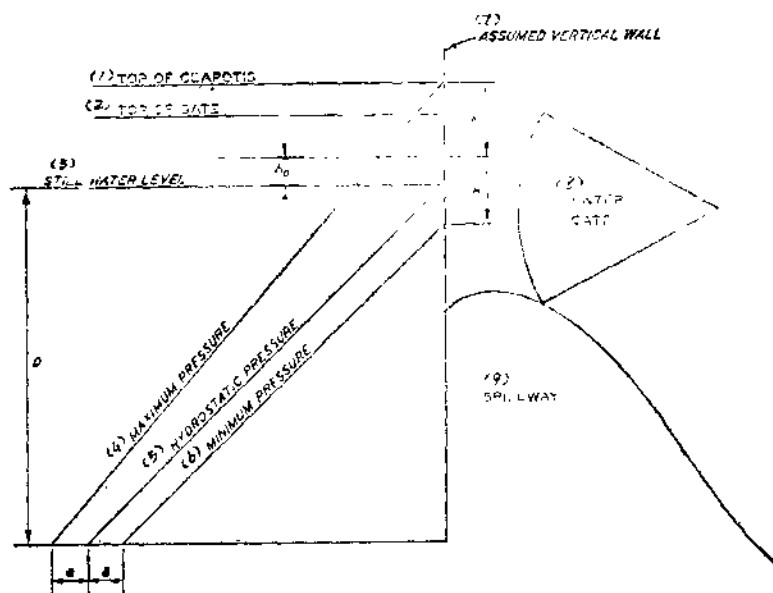
2、Sainflou的波浪压力理论在堰顶闸门与泄洪道上的应用，说明在H、D、C、310—1。第一个方程是定波的参变量，并表明由波浪的转变而造成的平均水深有效变化。第二个方程表明水底压力的变化。与静水压比较定波不但会随静水的静压增大压力，也会降低压力。设计上一般仅关心其最大压力。

3、当定波升高超过闸门，就会发生波浪漫过闸门。对这种情况来说，其最大压力的分布，在闸门顶处应为零，并沿一条曲线而变化，此曲线到泄洪建筑物底部将与一条直线型分布线为渐近线。因为没有绘制真实压力分布的现成资料，设计上，可以假设闸门顶部以上的压力分布不起作用，而，闸门顶部以下的压力按直线分布，如图310—1所示。

4、定波方程中包含有双曲余弦和双曲余切函数。HDC 310—1/1，以曲线和列表的形式，给出了水深~波长比 (D/λ) 从0.0到0.8的这些函数值。

5、HDC 310—1/2是一个计算实例，它说明了Sainflou理论在堰顶闸门设计和泄洪道稳定分析中的应用。在计算中，假设波长、波高和行进段水深分别为125,6和75呎。行进方向为正对泄洪道。

HDC 310—1: 堰顶闸门上的波浪压力设计假设条件。



(11) EQUATIONS

$$h_0 = \frac{\pi H^2}{\lambda} \text{COTH} \frac{2\pi D}{\lambda}$$

$$a = \frac{H}{\text{COSH} \frac{2\pi D}{\lambda}}$$

(10) NOTE VALUES OF $\text{COSH} \frac{2\pi D}{\lambda}$ AND $\text{COTH} \frac{2\pi D}{\lambda}$ ARE ON CHART 310-1/1.

310-1

- ① 定波顶
- ② 闸门顶
- ③ 静水顶面
- ④ 最大压力
- ⑤ 静水压力
- ⑥ 最小压力
- ⑦ 设想的垂直边墙
- ⑧ 弧形闸门
- ⑨ 泄洪道

⑪ 方 程

$$h_0 = \frac{\pi H^2}{\lambda} \text{COTH} \frac{2\pi D}{\lambda}$$

$$a = \frac{H}{\text{COSH} \frac{2\pi D}{\lambda}}$$

其 中:

h_0 = 定波参变量 (呎)

a = 水底压力参变量 (水柱高, 呎)

D = 水深 (静水顶面至水底, 呎)

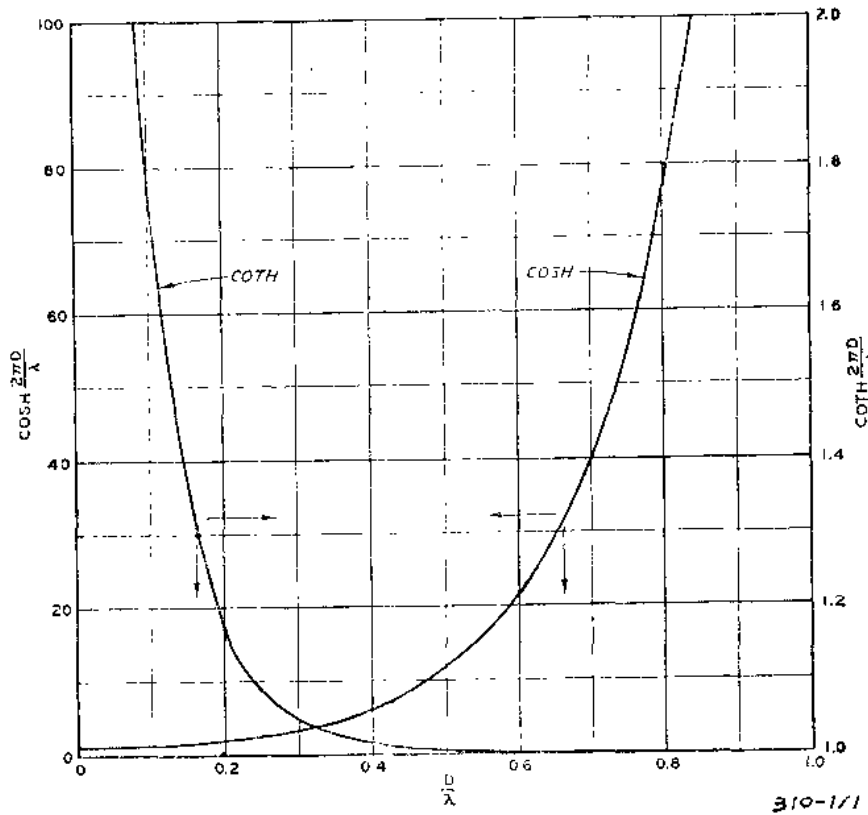
H = 浪高 (呎)

λ = 波长 (呎)

⑩ 注: $\text{COSH} \frac{2\pi D}{\lambda}$ 和 $\text{COTH} \frac{2\pi D}{\lambda}$

各值均见图310—1/1

HDC 310—1/1: 堰顶闸门上的波浪压力双曲函数



(1)
TABLE OF VALUES

$\frac{D}{\lambda}$	$\cosh \frac{2\pi D}{\lambda}$	$\coth \frac{2\pi D}{\lambda}$
0	1.000	∞
0.1	1.204	1.796
0.2	1.898	1.177
0.3	3.366	1.047
0.4	6.205	1.013
0.5	11.574	1.004
0.6	21.059	1.001
0.7	40.569	1.000
0.8	76.013	1.000

① 双曲函数表

② 注: D= 水深 (静水水面至水底, 呎)

λ= 波长 (呎)

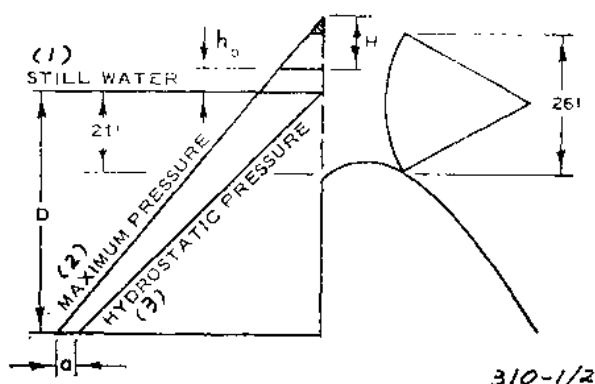
HDC 310—1/2: 堰顶 闸门上

的波浪压力算例

- ① 静水 (即无波浪时的) 水面
- ② 最大压力
- ③ 静水压力
- ④ 假设:

设有控制闸门的泄洪道如图所示

设计波长 (λ) = 125 呎



设计浪高 (H) = 6 呎

静水水深 (D) = 75 呎

⑤ 求:

- 1、闸门上及泄洪建筑物上的最大压力分布;
- 2、闸门单宽最大水力荷载。
- 3、泄洪建筑物单宽最大水力荷载。

⑥ 计算:

1、压力分布

(a) 有波浪时的最大有效水深:

$$h_0 = \frac{\pi H^2}{\lambda} \coth \frac{2\pi D}{\lambda} \quad (\text{图310—1})$$

$$D/\lambda = \frac{75}{125} = 0.6, \quad \coth \frac{2\pi D}{\lambda} = 1.001 \quad (\text{图310—1/1})$$

$$h_0 = \frac{3.14 \times 6^2}{125} \times 1.001 = 0.9 \text{ 呎}$$

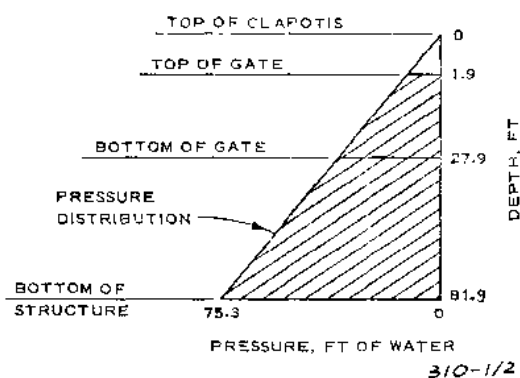
$$\text{有效水深} = D + h_0 + H = 75.0 + 0.9 + 6.0 = 81.9 \text{ 呎}$$

(b) 有波浪时的最大有效水底压力:

$$a = \frac{H}{\cosh \frac{2\pi D}{\lambda}} \quad (\text{图310—1})$$

$$D/\lambda = 0.6, \quad \cosh \frac{2\pi D}{\lambda} = 21.7 \quad (\text{图310—1/1})$$

$$a = \frac{6}{21.7} = 0.3 \text{ 呎}$$



$$\text{有效压力} = D + a = 75.0 + 0.3 \\ = 75.3 \text{ 呎。}$$

(c) 漫顶水深:

$$\text{水深} = 81.9 - (75.0 - 21.0 + 26.0) \\ = 1.9 \text{ 呎}$$

(d) 最大压力分布图

2、闸门最大单宽水力荷载如上图所示

$$\text{闸门顶部最大压力 } (P_1) = \frac{1.9}{81.9} \times 75.3 = 1.7 \text{ 呎}$$

$$\text{闸门底部最大压力 } (P_2) = \frac{27.9}{81.9} \times 75.3 = 25.7 \text{ 呎}$$

$$\text{闸门最大水力荷载 } (R) = \gamma \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right) \times \text{闸门高}$$

$$\gamma = \text{水的比重} = 62.4 \text{ 磅/呎}^3$$

$$R = 62.4 \left(\frac{1.7 + 25.7}{2} \right) 26 = 22,200 \text{ 磅/每呎宽}$$

(注: 无波浪时作用在闸门上的最大压力为21呎水柱高, 最大水力荷载为13,750磅/每呎宽。)

3、泄洪建筑物单宽最大水力荷载

$$\text{建筑物底处的最大压力 } (P_3) = 75.3 \text{ 呎}$$

$$\text{建筑物最大水力荷载 } (R_4) = \gamma \left(\frac{P_1 + P_3}{2} \right) \times \text{建筑物高}$$

$$= 62.4 \left(\frac{1.7 + 75.3}{2} \right) 80 = 192,000 \text{ 磅/每呎宽。}$$

注: 无波浪时相应最大水力荷载为175,000磅/每呎宽。

HDC 311-1至311-5说明

溢流堰顶弧形闸门的流量系数

1、通过部份开启堰顶弧形门的流量，可用下列的孔流基本公式来计算：

$$Q = CA\sqrt{2gh}$$

其中： Q = 流量 (呎³/秒)

C = 流量系数

A = 孔口开度的面积 (呎²)

H = 作用在孔口中心点上的水头 (呎)。

上式中的系数 C ，主要取决于行近及流离泄水口的流线特性，而流线又取决于堰顶形状、闸门半径和闸门轴的位置等等因素。

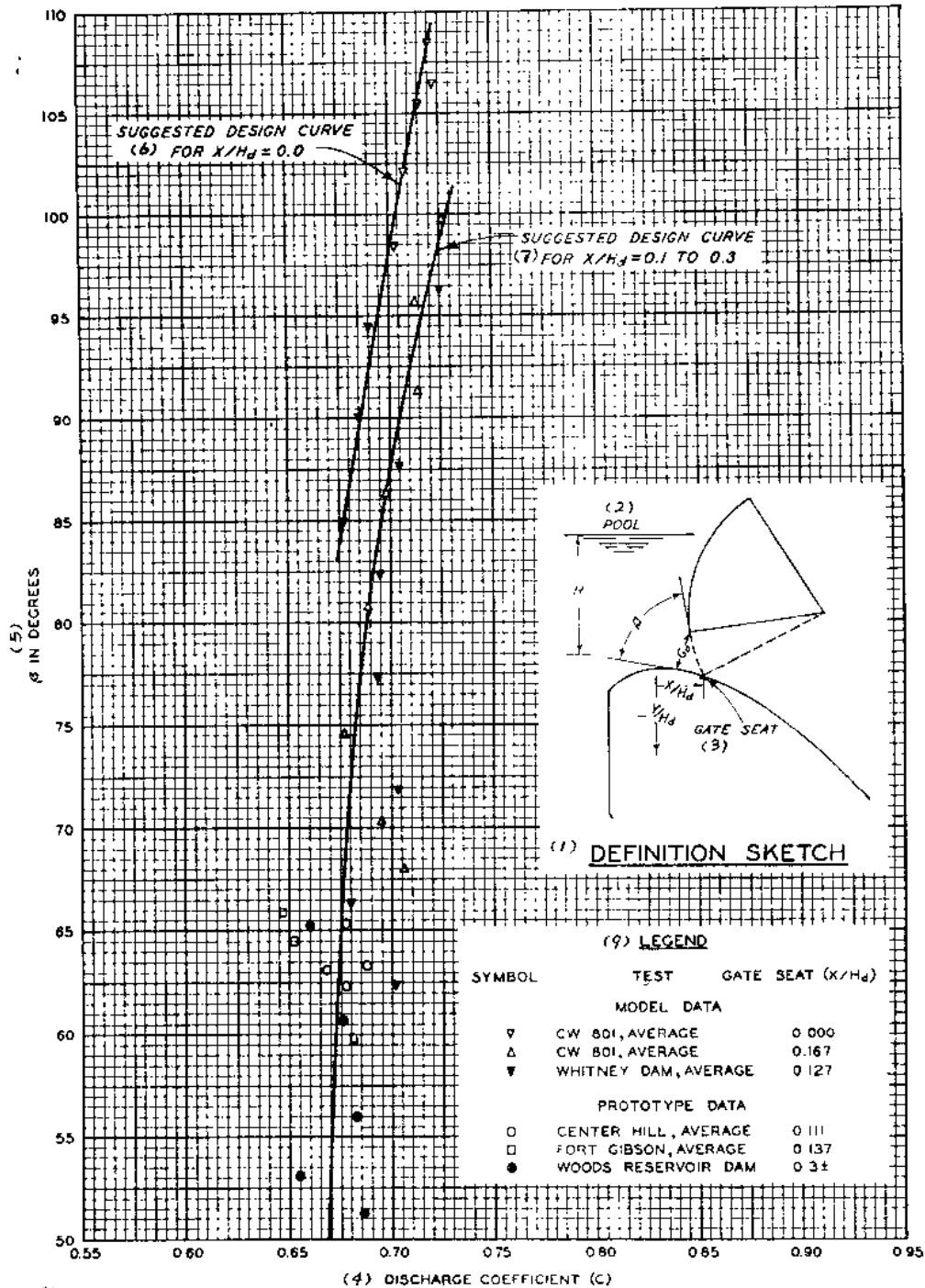
2、流量系数 图311—1为根据几种堰顶形状和几种弧形闸门布置在非淹没流中的模型及原型资料，通过计算所得出的平均流量系数曲线图。该图数据，主要均是根据两跨以上泄水闸同时开启所得试验成果。单跨开启的流量系数会较小，因为有侧边收缩的影响，可是现在还没有考虑此项因素的试验成果。在本图上，点绘了流量系数 C 与 β 角的关系曲线， β 角为闸门底缘切线与距堰顶曲线最近一点的堰顶切线所成的角度。并把闸门底缘到堰顶曲线间的最短距离。当作闸门的净开度。此 β 角为影响孔口出流流线的主要几何因素。所提出的计算曲线，其中一根适用于闸座安装在堰顶轴线下游处的弧形闸门；另一根是根据闸座位于轴线处的试验而提出的计算曲线，它显示了堰顶轴线上游坝面形状的影响。

3、计算 流经泄洪堰顶弧形闸门的流量计算，由于牵涉到需要确定用于孔口公式中的闸门净开度的尺寸，所以非常复杂。如果用圆弧适配设计的堰顶曲线，这问题可予简化。对于安装在堰顶(其堰面曲线形状为 $X^{1.85} = -2H_0^{1.85}Y$)上的弧形闸门，在图311—2中说明了求其净开度与在第2节中所描述的 β 角的必要计算方法。所有因素均以设计水头 H_0 来表示。所示方法，也能适用于其他形状的堰顶。但是，HDC311—3及311—4仅适用于标准堰顶。

4、开始计算时，先假设闸门底缘的 Y_L/H_d 值，并计算相应的 X_L/H_d 值（HDC 311—2的第1—6栏）。而后将这对坐标点绘在图311—3上，以确定代用圆弧的特征值。现在就用此代用圆弧来计算闸门的净开度（7—14栏）。由相似三角形原理确定堰面线与闸门开度线的交点（第14、15及16栏）。可用HDC 311—4确定 Y_c/H_d 的闸门开度与堰面线交点的座标（17栏），还能确定该处堰面的坡度（18及19栏），它与闸门底缘切线合成 β 角（20栏）。如用图解法代替分析法，则在一张大比例尺的布置图上 将能量出水头、净开度及 β 角等值，使流量计算得到良好精度。

5、图311—5是对部分开启的弧形闸门推演其率定曲线的计算步骤实例。最终计算成果，能定出各项尺寸，在开度~水头比 (G_o/H) 小于0.6的条件下，相信其误差不会超出 $\pm 2\%$ 。

HDC 311-1, 溢流堰顶弧形闸门的流量系数



(8)

FORMULA

$$Q = C G_o B \sqrt{2gH}$$

WHERE:

G_o = NET GATE OPENING

B = GATE WIDTH

H = HEAD TO CENTER OF GATE OPENING

TAINTER GATES ON SPILLWAY CRESTS

DISCHARGE COEFFICIENTS

HYDRAULIC DESIGN CHART 311-1

- ① 符号释义草图
- ② 水库
- ③ 闸门座
- ④ 流量系数C
- ⑤ β 角 (度)
- ⑥ 建议采用的计算曲线 ($X/H_d = 0.0$)
- ⑦ 建议采用的计算曲线 ($X/H_d = 0.1$ 至 0.3)
- ⑧ 公式:

$$Q = CG_o B \sqrt{2gH}$$

其中: G_o = 闸门净开度

B = 闸门宽度

H = 闸门开度中心上的水头

⑨ 图 例:

符号	试 验 资 料	闸座位置 (X/H_d)
模型成果		
▽	CW801, 平均值	0.000
△	CW801, 平均值	0.167
▼	WHITNEY坝, 平均值	0.127
原型成果		
○	CENTER HILL坝平均	0.111
□	FORT GIBSON坝平均	0.137
●	WOODS水库大坝	0.3±

COMPUTATION SHEET

GATE OPENINGS AND ANGLE β

JOB: CW804 PROJECT: JOHN DOE DAM
 SUBJECT: SPILLWAY DISCHARGE
 COMPUTED BY: AAMS DATE: 8-24-54
 CHECKED BY: HAS DATE: 8-26-54

DEFINITIONS

DESIGN HEAD (H_d) = 37.0 FT
 RADIUS OF GATE (R_0) = 0.531 H_d
 TRUNNION COORDINATES (X_T, Y_T)
 $X_T = 0.907 H_d, Y_T = 0.324 H_d$

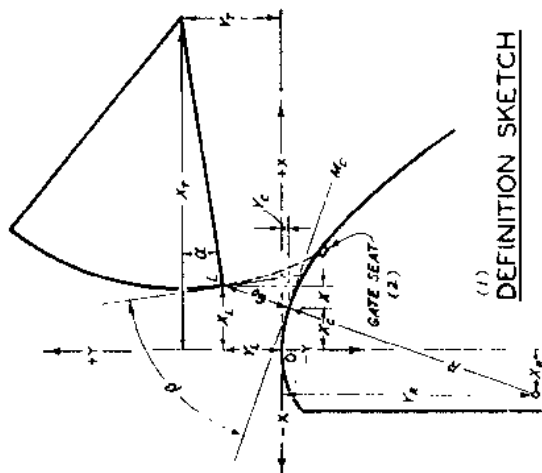
DEFINITIONS

GATE LIP COORDINATES (X_L, Y_L)
 SPILLWAY CREST COORDINATES (X_C, Y_C)
 SLOPE OF TANGENT TO CREST (M_C), NEGATIVE
 WHEN DOWNSTREAM FROM CREST,
 SHORTEST DISTANCE FROM GATE LIP TO CREST (G_0).

DEFINITIONS (CONT)

α IS THE ANGLE BETWEEN A LINE CONNECTING THE
 GATE LIP AND THE TRUNNION CENTER, AND A
 HORIZONTAL LINE THROUGH THE TRUNNION. CON-
 SIDERED POSITIVE AND NEGATIVE WHEN THE GATE
 LIP IS ABOVE AND BELOW THE TRUNNION, RESPEC-
 TIVELY.

(5)
 NOTE: ALL DIMENSIONS USED IN COMPUTATIONS ARE
 IN TERMS OF DESIGN HEAD (H_d).



(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)
Y_L	$Y_T - Y_L$	$\sin \alpha$	α	$R_0 \cos \alpha$	X_L	FROM CHART 311-3			$X_C - X_T$	$Y_C - Y_T$	$R + G_0$	C_0	X	X_C	FROM CHART 311-4		$\tan^{-1} M_C$	β	
						CLASS	X_S	Y_S							α	Y_C			M_C
		$(3) + R_0$	DEGREES	$0.83 \cos \alpha$	$X_T - (5)$					$(8) - (6)$	$(1) - (9)$	$[(11)^2 + (12)^2]^{1/2}$	$(13) - (10)$	$(11) X(14) / (13)$	$(6) - (5)$				$90^\circ + \tan^{-1} M_C + \alpha$ $90^\circ + (19) + (4)$ DEGREES
0.100	0.224	0.270	-15.67	0.800	0.107	II	-0.030	-0.329	1.330	0.157	1.429	1.437	0.107	0.012	0.095	-0.0065	-0.125	-7.13	67.20
0.200	0.124	0.149	-8.57	0.921	0.088	II	-0.030	-0.329	1.330	0.136	1.529	1.535	0.205	0.018	0.068	-0.0035	-0.094	-5.35	78.06
0.300	0.024	0.029	-1.66	0.930	0.077	II	-0.030	-0.329	1.330	0.127	1.629	1.634	0.304	0.024	0.053	-0.0022	-0.078	-4.36	83.98
0.400	-0.076	-0.031	+5.22	0.829	0.078	II	-0.030	-0.329	1.330	0.123	1.729	1.733	0.403	0.030	0.046	-0.0018	-0.070	-4.02	91.20