

水力计算丛书

<I>

溢流堰水力计算

陈肇和 编



华北水利水电学院北京研究生部

科技情报室

4

87650

TV131.4
7432

水力计算丛书

< I >

溢流堰水力计算

陈肇和 编

华北水利水电学院北京研究生部

科技情报室

内 容 提 要

本书反映我国及美、苏、英、日、法等国堰流研究成果,可供水利水电工程设计人员、管理人员、科研人员和院校师生参考。

内容: 1.堰流总论; 2.矩形薄壁堰; 3.三角形薄壁堰; 4.梯形薄壁堰; 5.抛物线形薄壁堰; 6.长研 I 型实用堰; 7.龚氏等压堰面型实用堰; 8.WES 型实用堰; 9.克-奥型无真空实用堰; 10.USBR 型实用堰; 11.真空型实用堰; 12.驼峰堰及低槛; 13.矩形实用堰; 14.梯形实用堰; 15.水平缺口的三角形实用堰; 16.V 形缺口的三角形实用堰; 17.宽顶堰; 18.斜交堰; 19.侧堰; 20.折线堰; 21.曲线堰; 22.环形堰。最后列举堰流计算问题类型与解法示例。

全书共计102幅图, 45张表。

溢流堰水力计算

华北水利
水电学院 北京研究生部科技情报室内部出版发行

北京市第三印刷厂印刷

1983年12月第一版 第一次印刷

编 者 的 话

溢流堰水力计算，是大、中、小型水利水电工程设计中经常遇到的问题。自从1954年翻译出版苏联1952年规范〈溢流堰水力计算〉以来，已经29年了。这段期间内，随着生产的发展，溢流堰方面的科研成果不断涌现，且日臻成熟，但多散见于各种书刊，不便查阅。国内生产单位需要一本新的溢流堰水力计算方面的专门书籍，将我国成果及美、苏、英、日、法等国近年成熟成果汇集出版，以利查阅。

有鉴于此，编者以拙编“水力学”（“水工设计手册”第三章）的征求意见稿（1979年）为基础，着眼于实用，修改补充，缀成此篇，作为〈水力计算丛书〉的首卷。如果本书能为从事实际设计工作的同志提供些微方便，能为从事教学和科研工作的同志提供点滴参考，那末，它就实现了编者的愿望。

叶寿忠、黄文杰二同志协助整理图表，使本书得以问世，谨向他们致以由衷的感谢。

限于水平，书内谬误之处，敬请读者批评指正，谨此先致谢意。

陈肇和

1983年10月，北京。

目 录

第一章 堰流总论	(1)
第一节 堰流总论	(1)
第二章 薄壁堰	(4)
第二节 矩形薄壁堰	(4)
第三节 三角形薄壁堰	(9)
第四节 梯形薄壁堰	(10)
第五节 抛物线形薄壁堰	(11)
第三章 曲线形实用堰	(12)
第六节 长研 I 型实用堰	(12)
第七节 龚氏等压堰面型实用堰	(15)
第八节 WES 型实用堰	(18)
第九节 克-奥型无真空实用堰	(49)
第十节 USBR 型实用堰	(63)
第十一节 真空型实用堰	(72)
第十二节 驼峰堰及低槛	(77)
第四章 折线形实用堰	(81)
第十三节 矩形实用堰	(81)
第十四节 梯形实用堰	(83)
第十五节 水平缺口的三角形实用堰	(83)
第十六节 V 形缺口的三角形实用堰	(89)
第五章 宽顶堰	(96)
第十七节 宽顶堰	(96)
第六章 非正交堰	(111)
第十八节 斜交堰	(111)
第十九节 侧堰	(111)

第七章 非直线堰	(115)
第二十二节 折线堰	(115)
第二十一节 曲线堰	(115)
第二十二节 环形堰	(121)
第八章 堰流计算问题类型与解法示例	(146)
第二十三节 第 I 类问题——求流量	(146)
第二十四节 第 II 类问题——求堰顶高程	(151)
第二十五节 第 III 类问题——决定孔数 n 与孔宽 b	(153)
主要参考文献	(154)

第一章 堰流总论

第一节 堰流总论

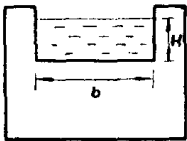
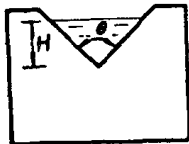
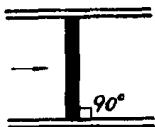
一、堰的定义。凡从底部及（或）两侧对明槽水流施加束缩而使水流变形的建筑物，在水力学上，概括为堰，这时的水流，属于堰流。

二、堰的分类，列如表1—1。

按上述堰流定义与分类可知：在水利水电工程实践中，举凡水流条件符合上述定义の場合，均可按过堰溢流计算。例如，混凝土溢流坝，就建筑物而言，属于坝，但就水流而言，属于曲线形实用堰（第三章）；防洪工程的泄洪闸、分洪闸，灌溉工程的进水闸、节制闸、分水闸等，就建筑物而言，属于水闸，但就水流而言，当其闸门完全开启，闸门底缘与水面不相接触时，若水平闸底板上的闸墩长度符合 $(2\sim3)H < \delta < (6\sim10)H$ 的条件，则可按宽顶堰计算（第五章）；水工建筑物下游消能工程采用的消力墙，一般可按折线形实用堰计算（第四章）；小桥桥孔与无压涵洞，尽管是不同的水工建筑物，但就水流条件而言，往往均属宽顶堰流（第五章）；拱坝溢流，属于曲线堰（第二十一节）；竖井溢洪道的井口漏斗段，属于环形堰（第二十二节）。

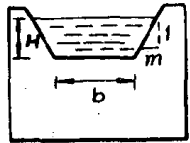
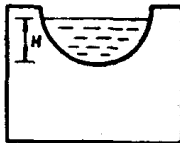
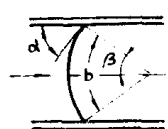
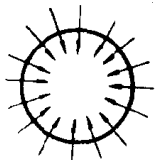
表 1—1

堰 的

分类依据	堰 的 名 称		
按堰口的几何形状分类	矩 形 堰  图 1—1 甲	三 角 堰  图 1—1 乙	
	按堰壁厚度 δ 与堰上水头 H 的比值大小分类		
薄壁堰 (详见第二节~第五节) ①对于矩形堰 $\delta/H \leq 0.5$ (1—1) ②对于非矩形堰 $\delta/H \leq 0.1$ (1—2)			
按堰顶在平面图上的几何形状分类	正 堰  图 1—2 甲	斜 交 堰  图 1—2 乙	侧 堰  图 1—2 丙
	不 淹 没 堰 下游水位不影响过堰流量者		
	按下游水位对过堰流量有无影响分类		

分 类

及 示 意 图

梯 形 堰	圆 形 堰	其它形状的堰
 图 1—1 丙	 图 1—1 丁	
宽顶堰 (详见第十七节) $(2 \sim 3) \leq \frac{\delta}{H} \leq (6 \sim 10)$ (1—3)	实用堰 (详见第三章~第四章) $\frac{\delta}{H} \text{ 不符合式 (1—1) } \sim \text{ (1—3) }$ 条件者	
折 线 堰  图 1—2 丁	曲 线 堰  图 1—2 戊	环 形 堰  图 1—2 己
掩 没 堰 下游水位影响过堰流量者		

第二章 薄壁堰

薄壁堰，主要用于量水。在实验室内及工程现场，均有使用。其中，所测流量小时，以采用三角形薄壁堰（第三节）为宜。现场测流，多采用矩形薄壁堰（第二节）。本章所引各种流量公式，均含经验系数，因此，务须注意符合各公式的适用条件，否则，便无量测精度之可言。

采用薄壁堰，须为水舌下方提供足够的空气，以免水舌贴附堰壁，本章各公式只适用于有充分通气的溢流情况。

堰板的加工制做，应符合规格，仔细安装，庶免影响溢流量，或达不到设计要求。

叠梁闸门，在提梁过水时，若满足薄壁堰的条件，可按矩形薄壁堰推求其流量。

第二节 矩形薄壁堰

一、直立矩形薄壁堰（图 2—1）

（一）不淹没、无侧收缩（ $b = B$ ）的情况。宜根据实际布置情况，按适用条件，选用适当的公式。各式中，符号意义，参见图 2—1。

1. 巴赞公式（适用条件为：0.2米 $<P_{\perp}<1.13$ 米， $b<2$ 米，0.1米 $<H<1.24$ 米）：

$$Q = \left(1.794 + \frac{0.0133}{H} \right) \left[1 + 0.55 \left(\frac{H}{H + P_{\perp}} \right)^2 \right] b H^{3/2} \quad (2-1)$$

2. 雷包克公式（适用条件为：0.15米 $<P_{\perp}<1.22$ 米， $H<$

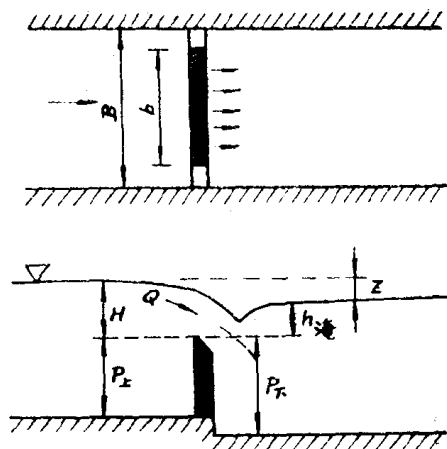


图 2-1 直立矩形薄壁堰

4P_上) :

$$Q = \left(1.782 + 0.24 \frac{H_e}{P_{上}} \right) b H_e^{\frac{3}{2}} \quad (2-2)$$

式中: $H_e = H + 0.0011$ 米 (2-3)

3. ВНИИГ^① 公式 (适用条件为: $H \geq 0.10$ 米, $H \leq 2P_{上}$):

$$Q = \left(0.402 + 0.054 \frac{H}{P_{上}} \right) \sqrt{2g} b H^{\frac{3}{2}} \quad (2-4)$$

4. 罗斯公式 (适用于低锐缘堰, 条件为: $0 < \frac{P_{上}}{H} < 0.06$)

$$Q = 3.131 \left(1 + \frac{P_{上}}{H} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot b H^{\frac{3}{2}} \quad (2-5)$$

5. 法国流体力学研究所公式^② (适用条件为: $H > 0.03$ 米, $b > 0.2$ 米, $P_{上} > 0.1$ 米, $H/P_{上} < 2.5$):

① 全苏水利科学研究所的俄文简称。

② Castex, L., La Houille Blanche, 1969, №5, p. 541~548.

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} b \left(0.627 + 0.018 \frac{H_0}{P_{\text{上}}} \right) H_0^{3/2} \quad (2-6)$$

6. 英国水力研究站公式① (适用条件为: $H > 0.02$ 米, $P_{\text{上}} \geq 0.15$ 米, $H/P_{\text{上}} \leq 2.2$, 由堰壁至水头 H 测点的水平距离 L_H 与 $P_{\text{上}}$ 之比 = 2.67, 或放宽为 2.5~3.0) :

$$Q = 0.564 \sqrt{g} b \left(1 + \frac{0.150 H}{P_{\text{上}}} \right) (H + 0.001)^{3/2} \quad (2-7)$$

按式 (2-7) 所能测量的单宽流量 $q = Q/b$ (米³/秒/米) 载于表 2-1。

表 2-1 按式 (2-7) 计算的单宽流量 q 值

$P_{\text{上}}$	0.2			0.5			1.0			(米)
b	0.3	1.0	3.0	0.3	1.0	3.0	0.3	1.0	3.0	(米)
$H_{\min} = 0.02$ (米)	1.64	5.46	16.4	1.62	5.41	16.2	1.62	5.39	16.2	(升/秒/米)
$H = 0.2$ (米)	54.9	183	549	50.6	169	506	49.2	164	492	"
$H = 0.5$ (米)	—	—	—	0.216	0.721	2.16	0.202	0.673	2.02	(米 ³ /秒/米)
$H = 1.0$ (米)	—	—	—	—	—	—	0.610	2.03	6.10	"
$H_{\max} = 2.2 P_{\text{上}}$	0.207	0.688	2.07	0.814	2.71	8.14	2.30	7.67	23.0	"

(二) 不淹没、有侧收缩 ($b < B$) 的情况:

1. 巴赞公式

$$Q = \left[1.794 + \frac{0.0133}{H} - 0.133 \frac{B-b}{B} \right] \left[1 + 0.55 \left(\frac{b}{B} \right)^2 \left(\frac{H}{H+P_{\text{上}}} \right)^2 \right] b H^{3/2} \quad (2-8)$$

2. 冲严公式 (适用条件为: $h \leq 0.02$ 米, $h/b \leq 1$, $b \geq$

① Ackers P.等, Weirs and Flumes for Flow Measurement, 1978.

0.15米, $P_{\perp} \geq 0.30$ 米, $3h < B - b$);

$$Q = 1.838 \left(1 + \frac{0.0012}{H} \right) \left[1 - \frac{1}{10} \sqrt{\frac{H}{b}} \left(1 - \frac{H}{10bP_{\perp}} \right) \right] \left[1 + \frac{b^2 H^2}{2B^2 (H + P_{\perp})^2} \right] b H^{3/2} \quad (2-9)$$

3. 哈密尔顿公式^① (适用条件为: $(B - b)/2 > 2H$, $H < 0.5P_{\perp}$, $H < 0.5b$, $0.075 < H(\text{米}) < 0.60$, $b > 0.3$ 米, $P_{\perp} > 0.3$ 米):

$$Q = 0.581 \left(1 - 0.1 \frac{H'_0}{b} \right) b \sqrt{g H'_0} \frac{3}{2} \quad (2-10)$$

式中: $H'_0 = H + 1.4 \frac{V_0^2}{2g} \quad (2-11)$

这里, V_0 —行近流速 (米/秒)。

4. 凯因茨瓦特-卡特公式 (适用条件: $H < 2P_{\perp}$, $H > 0.03$ 米, $b > 0.15$ 米, $P_{\perp} > 0.10$ 米, $(B - b)/2 > 0.10$ 米):

表 2-2 式 (2-12) 中的各系数值

b/B	C_{ke}	a_{ke}	k_b (米)	说 明
1.0	0.567	0.125	-0.0010	属于无侧收缩情况
0.9	0.564	0.107	+0.0038	
0.8	0.562	0.076	+0.0042	
0.7	0.560	0.050	+0.0040	
0.6	0.559	0.030	+0.0035	
0.5	0.558	0.022	+0.0030	
0.4	0.557	0.010	+0.0027	
0.3	0.556	0.003	+0.0025	侧收缩不充分情况
0.2~0	0.555	-0.003	+0.0025	
				侧收缩充分

① 英国标准采用此式。

$$Q = C_{kc} \left(1 + a_{kc} \frac{H}{P_{\perp}} \right) (b + k_b) \sqrt{g} (H + 0.001)^{3/2} \quad (2-12)$$

式中系数 C_{kc} , a_{kc} 及 k_b 之值, 列于表 2—2。

5. 维洛高尔斯基公式^① (适用于矩形狭缝堰, $b = 0.03 \sim 0.02$ 米, $H = 0.02 \sim 0.2$ 米, $P_{\perp} \leq 0.5H$, $B \leq 5b$):

$$Q = 0.550(b + 0.0025) \sqrt{g} (H + 0.001)^{3/2} \quad (2-13)$$

(三) 淹没的情况

1. 淹没准则: 当 $Z > 0$, 且 $\frac{Z}{P_{\text{下}}} < \left(\frac{Z}{P_{\text{下}}} \right)_{\text{临}}$ 时, 下游水位

就影响过堰流量, 堰就属于淹没堰情况。 $\left(\frac{Z}{P_{\text{下}}} \right)_{\text{临}}$ 值。由表 2—

3 查取, 表中的 m_0 值, 按下式计算:

$$m_0 = 0.405 + \frac{0.0027}{H}$$

式中的 H ——堰上水头 (米)。

表 2—3 $(Z/P_{\text{下}})_{\text{临}} = f(m_0, H/P_{\text{下}})$ 值

m_0	$H/P_{\text{下}}$								
	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.75	1.0	1.50	2.0
0.42	0.89	0.84	0.80	0.78	0.76	0.73	0.73	0.76	0.82
0.46	0.88	0.82	0.78	0.76	0.74	0.71	0.70	0.73	0.79
0.48	0.86	0.80	0.76	0.74	0.71	0.68	0.67	0.70	0.78

2. 淹没堰流量

$$Q_{\text{淹}} = \sigma_{\text{淹}} Q \quad (2-14)$$

式中: Q ——不淹没堰的流量; $Q_{\text{淹}}$ ——淹没堰的流量; $\sigma_{\text{淹}}$ ——

^① Wielogorski, J. W., The Engineer, 1966, p. 963~965

淹没系数，可按下列公式计算：

$$\sigma_{淹} = 1.05 \left(1 + 0.2 \frac{H - Z}{P_{下}} \right)^3 \sqrt{\frac{Z}{H}} \quad (2-15)$$

二、倾斜矩形薄壁堰（图2—2）

$$Q_{倾斜} = k Q_{直立} \quad (2-16)$$

式中： $Q_{倾斜}$ ——倾斜堰的流量； $Q_{直立}$ ——假设该倾斜堰呈直立状况时的流量； k ——修正系数，由表2—4查取。

表2—4 修正系数 k 值

堰壁倾斜方向	l/P上								
	1/3	2/3	1/1	2/1	4/1	5/1	6/1	7/1	8/1
顺流倾斜 (图2—2, 甲)	1.050	1.087	1.112	1.135	1.103	1.090	1.078	1.066	1.055
逆流倾斜 (图2—2, 乙)	0.96	0.93	0.91	—	—	—	—	—	—

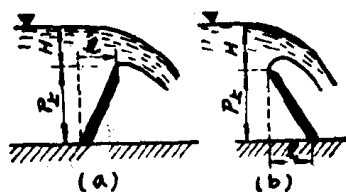


图 2—2 倾斜矩形薄壁堰

第三节 三角形薄壁堰

一、不淹没的三角堰（图1—1, 乙）流量公式

（一） 90° 三角堰（即 $\theta = 90^\circ$ ）：

$$Q = 1.343 H^{2.47} \quad (3-1)$$

式中： Q ——流量（米³/秒）； H ——水头（米）。在 $P_{上} > 2H$ ， $B > 5H$ ，且 $H = (0.06 \sim 0.65)$ 米条件下，式（3—1）所得流

量很精确，这里，B——矩形引渠宽度。

(二) 一般三角堰 ($\theta \approx 90^\circ$)

$$Q = CH^{5/2} \quad (3-2)$$

$$C = 2.361 \lg \frac{\theta}{2} \left[0.553 + 0.0195 \lg \frac{\theta}{2} + \operatorname{ctg} \frac{\theta}{2} \left(0.005 + \frac{0.001055}{H} \right) \right] \quad (3-3)$$

$$\text{当 } \theta = 60^\circ \text{ 时, } C = 1.363 \left(0.5730 + \frac{0.00183}{H} \right) \quad (3-4)$$

$$\text{当 } \theta = 30^\circ \text{ 时, } C = 0.3109 \left(0.5769 + \frac{0.00394}{H} \right) \quad (3-5)$$

式 (3-2) ~ (3-5) 中，Q 和 H 的意义及单位，同于式 (3-1) 的。在 $H = (0.1 \sim 0.3)$ 米条件下，式 (3-2) 的精度很高。

二、淹没三角堰流量公式

$$Q_{\text{淹没}} = \sigma_{\text{淹没}} Q_{\text{不淹}} = \left[1 - \left(\frac{h_{\text{淹}}}{H} \right)^{3.32} \right]^{0.385} Q_{\text{不淹}} \quad (3-6)$$

式中： $Q_{\text{淹没}}$ ——淹没堰流量； $Q_{\text{不淹}}$ ——不淹没时的流量（水头为 H）； $\sigma_{\text{淹}}$ ——淹没系数； $h_{\text{淹}}$ ——下游水位减堰顶高程之差。

第四节 梯形薄壁堰

一、不淹没的梯形堰（图1—1，丙）流量公式

$$Q = m(b + 0.8 \operatorname{tg} \alpha \cdot H) \sqrt{2g} H^{3/2} \quad (4-1)$$

当梯形的腰的坡度 $m = \frac{1}{4}$ （即 $\alpha \approx 14^\circ$ ）时，可取

$$Q = 1.86bH^{3/2} \quad (4-2)$$

式中： Q ——流量（米³/秒）； b ——梯形底宽（米）； H ——堰上水头（米）。

二、淹没的梯形堰流量公式

$$Q_{\text{淹}} = \sigma_{\text{淹}} Q_{\text{不淹}} \quad (4-3)$$

符号意义，同于式（3—6），但 $\sigma_{\text{淹}}$ 由表 4—1 查取，表中的 $h_{\text{淹}}$ ——下游水位高出堰顶的水深。

表 4—1 梯形薄壁堰的淹没系数 $\sigma_{\text{淹}}$ 值

$b_{\text{淹}}/H$	0.06	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60
$\sigma_{\text{淹}}$	0.996	0.988	0.968	0.939	0.901	0.855	0.800
$b_{\text{淹}}/H$	0.70	0.80	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90
$\sigma_{\text{淹}}$	0.730	0.642	0.621	0.599	0.576	0.550	0.520

第五节 抛物线形薄壁堰

一、抛物线形堰口方程 原点位于抛物线顶点， y 轴铅垂向上，则堰口方程可表为 $x^2 = 2ay$ 。

二、流量公式

$$Q = C \frac{\pi}{2} \sqrt{ga} H^2 \quad (5-1)$$

式中，系数 C 随 a 而变。 $a = 3$ 毫米时， $C = 0.615$ ； $a = 10$ 毫米时， $C = 0.605$ ； $a = 50$ 毫米时， $C = 0.585$ 。

三、优点在于： 若将实测水头点绘于极坐标格纸上（取其角度正比于溢水时间），则在给定时段内的累积溢水总量就正比于该曲线下的面积。