

对渠系建筑物 简化水力计算的尝试

吴 际 春

四川省水利电力厅科技情报中心站 印

一九八二年七月

编 者 的 话

本书是原四川省水利设计院副院长、高级工程师吴际春同志在退休后的学习笔记，1981年10月我们刻印了少量样本送各有关单位，接着不少读者来信索取，特别是在基层的水利工作同志认为这本书对他们帮助很大，希望能“人手一册”。为了满足广大读者的要求，我们决定重印出版，在出版前请吴老作了修订，删去和补充了一些内容，比原刻印本更为完善充实。我们在此代表读者向吴老致谢，并以吴老这种关心水利建设的精神，鼓舞我们更好地为我国农田水利现代化作出贡献。

《四川水利》编辑部

1982年5月

序 言

退休后，在家对水力学作了一次温习，温习的书籍主要是柯莫夫著水力学和阿格罗斯金著水力学。这次温习功课因不受时间的限制，因此对灌溉渠系上的各种水工建筑物做了一些研究、思考和改进工夫，主要是在计算上改用了新的公式，把计算改进了和简化了，并且达到了与书中计算很接近的成果。这些简化和用作简化计算的一些新公式，是本人自造的，是书中所没有的。这样的简化计算可以减轻设计人员的脑力劳动和节省工作时间，还可避免在繁杂的计算中易于发生的差误。

当兹水利工作重点转移到管理上来，尤其在洪灾之后，全省大量的灌溉渠系需要改建、配套和重建的时候，这些简化计算对大量的水利工程技术人员进行快速设计和施工，是有一定的帮助的。为了顾及实际需要，特从书上选择了有代表性的、切合实际应用的例题，并通过例题将简化计算表达出来，而且与书中计算作了对照，以便读者易于查考、对照和直接运用而不易发生误差，又为了读者在计算上查考的需要，特将与本计算有关的各项系数值表20种，分附于文内和文后，以备就近查用。

本书承四川省水利电力研究所陈祉清工程师代为整理，并承《四川水利》编辑部冯广宏工程师予以整编，一并致

谢。由于我的水平有限，缺点错误和不足之处，在所难免，深望读者多多指正，以资改进。

作 者

一九八一年十月

— 目 录 —

(一) 是否淹没堰的确定·····	(1)
(二) 临界水深与共轭水深的求法·····	(16)
(三) 消力池及池式多级跌水的水力计算·····	(26)
(四) 陡坡的水力计算·····	(65)
(五) 水平槽中的闸下出流·····	(80)
(六) 压力短管出流·····	(86)
(七) 明渠的水力计算·····	(97)
(八) 其他·····	(101)

附 表

文 后 部 分

1. 薄壁堰的淹没系数 σ 值表·····	(110)
2. 实用断面堰的淹没系数 σ 值表·····	(110)
3. 宽顶堰公式中的 K 值和 m 值与系数 φ 的关系表·····	(110)
4. 宽顶堰的流速系数与流量系数之值·····	(111)
5. φ 、 k' 、 k'' 、 m 、 M 值表·····	(111)
6. 按公式 $k_x = f(\sigma) h_k^0$ 计算梯形河槽临界水深时所用的 $f(\sigma)$ 值表·····	(112)
7. 矩形河槽的水跃的相对水深 ξ_1 和 ξ_2 值表·····	(112)

8. П. С. 巴什基洛娃方法求矩形河槽的水深 h_c 和 h_{c2}
所用的相关值表 (114)
9. 垂直收缩系数 $\varepsilon' = f\left(\frac{e}{H_2}\right)$ 值表 (116)
10. 谢才系数 C 值表 (117)
11. 对数表 (119)
12. 渠道计算用的特性流速 $S = \frac{V}{\sqrt{1}} = C\sqrt{R}$ 数值表
..... (123)
13. 梯形断面渠道在各种边坡系数时的 $\frac{h}{x} = f\left(\frac{R}{x}\right)$ 值表
..... (128)
14. 宽顶堰侧收缩系数表 (118)
15. φ - m 值表 (130)
16. 对平底闸流速系数 φ 值表 (130)

文 内 部 分

1. φ_c 值表 (15)
2. 倒虹吸管的 μ 值 (87)
3. 管流的沿程水头损失“ λ ”值计算表 (91)
4. 不同 m 的 K' 值表 (99)
- 梯形渠道最经济断面的 α 、 β 数值表 (100)
- 系数 m' 值表 (100)

(一) 是否淹没堰的确定

在计算薄壁堰、曲线形断面堰、宽顶堰、无底槛的堰以及跌水与闸下出流等建筑物，在对它们的水力计算中，都有一个淹没与不淹没的问题，而且在计算中它必须是首先解决的问题。为了减轻计算劳动、提高工效、现将书中的计算条件及计算过程作了改进，并代之以简化计算，其简化算式如下表：

堰 名	算 式	备 注
薄 壁 堰	$\frac{h\delta}{H+p}$	$h\delta$ 为堰下游水深， p 为堰高， H 为堰顶水头， e 为闸门开启高度，都以米为单位。
曲线形断面堰	$\frac{h\delta}{H+p}$	
宽 顶 堰	$\frac{h\delta-p}{H} = \frac{h_n}{H}$	
无底槛的堰	$\frac{h\delta}{H}$	
跌 水	$\frac{h\delta}{H+p}$	
闸 下 出 流	$\frac{h\delta}{H+e}$	

淹没与不淹没，是情况大不相同的，不但用的计算公式不同，所应采取的工程措施也不一样。如为淹没，则不需要修建消力池，当然如果为了稳定水流、缩短护砌、增修一池也有相当好处。如为不淹没，出现远离水跃，则必须修建消力池，而且在池后还须再次检验，是否还有余能继续发生冲刷、若有的话，还须增加措施。故在设计计算之前，必须首先判明淹没与不淹没的问题，而判明的最有效而且又简化的基本算式就是 $\frac{h_0}{H}$ (h_0 为建筑物下游水深， H 为上游水头)。

这比对题先作猜测或先行假定作相当计算，俟得到成果后，才能判明淹没与不淹没的办法，是好而且省力多了。故设计者应在可能的范围内，尽量使其产生淹没，这对工程费是有相当节省的。

现将淹没与不淹没的例题简化计算如下：

例题 1. 在水平槽

中建有一道无侧收缩的薄壁堰，下游水位高于堰槛试就下列数据推求流量，如图一， $b=0.50$ 米，堰高 $p=0.40$ 米，堰上水头 $H=0.40$ 米，堰下游水深 $h_0=0.60$ 米。

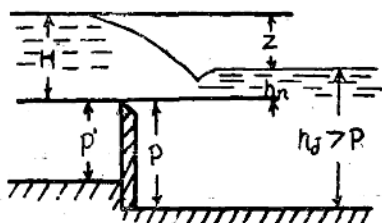


图 1. 淹没的薄壁堰

甲. 按书中题解是：先根据 $h_0 > p$ 和

$\frac{Z_0}{p} < 0.7$ 两个淹没条件未核验一下堰是否淹没的；

$$(1) h_8 = 0.60 > p = 0.40 \text{ 米};$$

$$(2) Z = (H + p) - h_8 = (0.40 + 0.40) - 0.60 = 0.20 \text{ 米};$$

$$\frac{Z}{p} = \frac{0.20}{0.40} = 0.50 < 0.70, \text{ 因此, 堰是淹没堰。}$$

按公式 $Q = \sigma M_0 b H^{3/2}$ 来求流量

当 $h_8 = 0.60$ 米和 $p = 0.40$ 米时, $h_n = 0.60 - 0.40 = 0.20$ 米。

$$\frac{h_n}{p} = \frac{0.20}{0.40} = 0.50, \text{ 根据附表 1}$$

$$\text{当 } \frac{Z}{p} = 0.50, \text{ 且 } \frac{h_n}{p} = 0.50 \text{ 时, 查得 } \sigma = 0.92$$

当 $H = 0.40$ 米, $p_1 = 0.40$ 米时, 根据下式计算流量系数

$$m_0 = \left(0.405 + \frac{0.0027}{H} \right) \times \left[1 + 0.55 \frac{H^2}{(H + p)^2} \right] = 0.468$$

$$M_0 = m_0 \sqrt{2g} = 0.468 \times 4.43 = 2.07, \text{ 因此过堰流量}$$

$$Q = 0.92 \times 2.07 \times 0.50 \times 0.40^{3/2} = 0.242 \text{ 秒立米。}$$

乙、简化算法是：若按书中题解是先计算是否符合它所规定的两个条件，这就增加了一番计算劳动和花费了一部份时间，同时亦就降低了工作效率。简化的算法是：用一个简单的计算公式来判明堰是淹没或不淹，以代替书中规定的两个条件，简化算式是：

$$\frac{h_8}{H + p} = \frac{0.60}{0.4 + 0.4} = \frac{0.60}{0.80} = 0.75, \text{ 此数大于 } 0.6 \text{ 就是淹}$$

没的，这样就将书中两个条件的计算，节省为一个条件，计算简化了，算式也容易记忆。

流量的计算与书中同。

例题 2. 试就下列数据, 求通过曲线形断面的溢流坝之流量。水头 $H = 1.5$ 米, 堰高 $p = 1.6$ 米, 下游水深 $h_d = 2.5$ 米, 堰宽 $b = 10$ 米, 行近流速 $V_0 = 0.8$ 秒米, 流量系数 $m = 0.45$, 收缩系数 $\varepsilon = 0.9$ 。

甲、按书中题解。因为 $h_d = 2.5 > p = 1.6$ 米, 所以有可能被淹没, 我们来核验一个淹没的条件: $\frac{Z_0}{p} < 0.7$ 和

$$\frac{h_n}{H} > 0.4$$

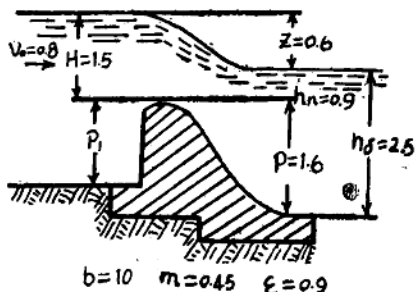


图2 淹没的实用断面堰

$$Z = (H + p) - h_d = (1.5 + 1.6) - 2.5 = 0.6 \text{ 米};$$

$$Z_0 = Z + \frac{V_0^2}{2g} = 0.6 + \frac{0.8^2}{19.62} = 0.63 \text{ 米};$$

$$\text{相对落差} \quad \frac{Z_0}{p} = \frac{0.63}{1.60} = 0.4 < 0.7$$

$$h_n = h_d - p = 2.5 - 1.6 = 0.9 \text{ 米}$$

$$\text{因此} \quad \frac{h_n}{H} = \frac{0.9}{1.5} = 0.60 > 0.40 \text{ 这就说明堰确是淹没堰。}$$

按公式 $Q = \sigma \epsilon M b H_0^{3/2}$ 来求流量，查附表 2

当 $\frac{h_n}{H} = 0.60$ 时，淹没系数 $\sigma = 0.96$

$$M = 0.45 \times 4.43 \approx 2$$

$$H_0 = H + \frac{V_0^2}{2g} = 1.5 + \frac{0.8^2}{19.62} = 1.53 \text{ 米}$$

$$Q = 0.96 \times 0.90 \times 2 \times 10 \times 1.53^{3/2} = 32.5 \text{ 秒立米}$$

乙、简化算法：书中指明，当下列条件成立时，实用断面堰才成为淹没堰：(1) $h_\delta > p$ ；(2) $\frac{Z_0}{p} < 0.7$ ；(3)

$\frac{h_n}{H} > 0.4$ 。而简化法解决此题是否为淹没堰的问题时，是用

$$\text{简化算式 } \frac{h_\delta}{H+p} = \frac{2.5}{1.53+1.6} = 0.80, \text{ 因 } 0.80 > 0.6, \text{ 故该}$$

堰是淹没的。用这样简单的计算就代替了书中规定的三个条件。淹没条件既已判明，就可开始用公式 $Q = \sigma \epsilon M b H_0^{3/2}$ 计算流量，流量计算与书中同。

例题 3. 试就下列数据确定通过宽顶堰的流量， $H = 2$ 米， $V_0 = 0.9$ 秒米， $p = 1$ 米， $b = 2$ 米， $h_\delta = 2$ 米，堰槛入口边缘未做成圆形 ($\varphi = 0.90$)，进口为曲线形。

甲、按书中题解：先按公式 $h_n \geq KH$ ，来判明堰是否为淹没的或不淹没的。

$$h_n = h_\delta - p = 2 - 1 = 1 \text{ 米}$$

当 $\varphi = 0.90$ 时，根据附表 3， $K = 0.805$

$$\text{水头 } H_0 = H + \frac{V_0^2}{2g} = 2 + \frac{0.90^2}{19.62} = 2.04 \text{ 米，因此}$$

$KH_0 = 0.805 \times 2.04 = 1.64$ 米, 因为 $h_a = 1 < KH_0 = 1.64$, 所以堰是不淹没堰。

按公式 $Q = \varepsilon M b H_0^{3/2}$ 求流量。

当进口为曲线型时, 收缩系数 $\varepsilon = 0.92$, 附表 14 当 $\varphi = 0.90$ 时, 查附表 4, $M = 1.42$ 。

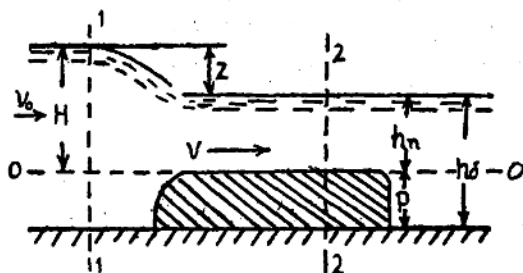


图3 淹没的宽顶堰

$$Q = 0.92 \times 1.42 \times 2 \times 2.04^{3/2} = 7.6 \text{ 秒立米}$$

乙. 简化算法: 不按书中的两个条件, 仍按简化式来决定它是否淹没。

$$\frac{h_\delta - p}{H_0} = \frac{2-1}{2.04} = 0.49 < 0.6$$

所以是不淹没的。

用公式 $Q = \varepsilon M b H_0^{3/2}$ 求流量 ($\varepsilon = 0.92$, $M = 1.42$, $H_0 = 2.04$)

例题 4. 试就下列数据决定坝的泄水孔之宽度, $Q = 30$ 秒立米, 下游日常水深 $h_\delta = 3.2$ 米, 堰槛的下游侧的高度 $p = 1.0$ 米, 上游的水位在堰槛以上的超高 $H = 2.5$ 米, 行近流速

$V_0 = 1$ 秒立米，堰槛入口边缘作成圆形， $\varphi = 0.936$ ，进口曲线形， $\varepsilon = 0.92$ 。

甲. 书中题解：首先要确定是否淹没。 $h_n = h_0 - P = 3.2 - 1.0 = 2.2$ 米，当 $\varphi = 0.936$ 时，查附表 3

得 $K = 0.76$ 。水头 $H_0 = 2.5 + \frac{1^2}{19.62} = 2.55$ 米。

$KH_0 = 0.76 \times 2.55 = 1.94$ 米，因为 $h_n = 2.2 > KH_0 = 1.94$ ，所以堰是淹没的。

按公式 $Q = \varepsilon \Phi b h \sqrt{H_0 - h}$ 进行计算，当 $\Phi = \varphi \times 4.43 = 0.936 \times 4.43 = 4.14$ ， $h = h_n = 2.2$ 时，得

$$b = \frac{30}{0.92 \times 4.14 \times 2.2 \sqrt{2.55 - 2.2}} = 4.95 \text{ 米}$$

用 $b = 5$ 米。

乙. 简化算法

用简化算式的结果，来判定它是淹没的或者不是淹没的如

$$\frac{h_0 - p}{H_0} = \frac{3.2 - 1.0}{2.55}$$

$= 0.865 > 0.6$ ，所以它是淹没的。

因此按淹没公式 $Q = \varepsilon \Phi b h \sqrt{H_0 - h}$ 来计算 b 值。

例题 5. 有一道按无底槛堰型式建成的节制闸，宽度 $b = 4$ 米，当其闸门完全开启时，通过流量 $Q = 8$ 秒立米，下游日常水深 $h_0 = 1.2$ 米；行近流速 $V_0 = 0.8$ 秒米，有侧收

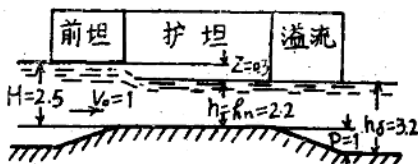


图 4 坝的泄水孔示意图

缩 $\varepsilon = 0.92$, 试在 $\varphi = 1.0$ 时, 求闸前水深 H 和槛上的水流流速 V_0 。

甲. 按书中题解: 我们按无底槛的宽顶堰的公式来进行计算, 先假设堰为淹没堰, 因而用公式 $Q = \varepsilon \Phi b h \sqrt{H_0 - h}$ 来求堰前水头 (Φ 为流速系数, 因 $\varphi = 1.0$, $\Phi = 4.43$) 即 $8 = 0.92 \times 4.43 \times 4 \times 1.2 \sqrt{H_0 - 1.2}$ 。

$$\text{或 } \sqrt{H_0 - 1.2} = \frac{8}{0.92 \times 4.43 \times 4 \times 1.2} = 0.41$$

由上式得 $H_0 = 0.41^2 +$

$1.2 = 1.37$ 米,

当 $\varphi = 1.0$ 时, 查附表 3 得 $K = 0.67$ 。

现在来核验堰是否

$$\text{淹没 } \frac{h_8}{H_0} = \frac{1.2}{1.37} = 0.88$$

$> K = 0.67$, 因此堰为

淹没堰。 $H = H_0 - \frac{V^2}{2g}$

$$= 1.37 - 0.03 = 1.34$$

米, 槛上流速 $V = \frac{Q}{\omega} =$

$$\frac{Q}{bh} = \frac{8}{4 \times 1.2} = 1.67 \text{ 秒。}$$

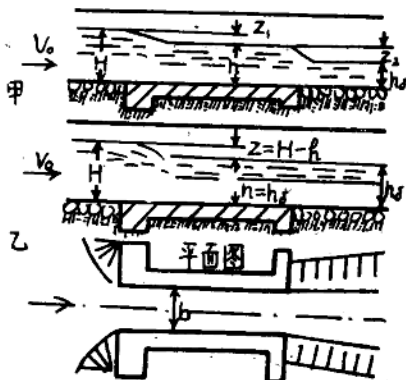


图5 无底槛宽顶堰型式的建筑物示意图

乙. 简化计算: 这个题的计算是先假设堰为淹没堰的, 从而按淹没堰的公式 $Q = \varepsilon \Phi b h \sqrt{H_0 - h}$ 来计算, 待算出 $h_8 > KH$ 时, 才决定堰是淹没的。这是因为题中未给出 H

值，而是求 H 值，因而先行假定计算是必要的，待 $H_0 = 1.37$ 米算出之后，用 $\frac{h_8}{H_0} = \frac{1.2}{1.37} = 0.88 > 0.6$ ，再次证明堰是淹没的，也是必要的。先假定为淹没堰是对的。

所需注意者，在未经判明堰是否淹没之前，先行假定，也有假定错了的可能，那就需要另行计算，检查时，仍用上式为宜。

例题 6. 渠道上的一座矩形单级跌水，应当宣泄流量 $Q = 2$ 秒立米。来水渠中的水深(跌水前的水深) $H = 1.0$ 米，行进流速 $V_0 = 1$ 秒米，堰槛的上游面高度 $p_1 = 0$ ，下游面高度 $P = 0.9$ 米，尾水渠中的水深 $h_8 = 1.0$ 米，试在侧收缩系数 $\varepsilon = 0.92$ 和 $\varphi = 1.0$ 的情况下，决定跌水口的宽度。

甲. 书中题解：根据无槛宽顶堰的公式来进行计算，计

$$\text{入行近流速的水头为 } H_0 = H + \frac{V_0^2}{2g} = 1.0 + \frac{1^2}{19.62} = 1.05 \text{ 米,}$$

$$h_n = h_8 - P = 1.0 - 0.9 = 0.1 \text{ 米, 查附表 3}$$

当 $\varphi = 1$ 时 $K = \frac{2}{3} = 0.67$ ，故 $KH_0 = 0.67 \times 1.05 = 0.7$ ，因为 $h_n = 0.1 < KH_0 = 0.7$ ，所以堰是不淹没堰。

用公式 $Q = \varepsilon M b H_0^{3/2}$

采用 $M = 1.70$ ，乃得

$$Z = 0.92 \times 1.76 \times 1.05^{3/2}$$

$$b = \frac{2}{0.92 \times 1.70 \times 1.05^{3/2}}$$

$= 1.2$ 米，即跌水口的宽度 $b = 1.2$ 米。

乙. 现在仍用简化算式来计算该堰是否淹没，

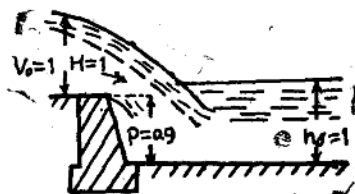


图6. 矩形单级跌水

即 $\frac{h_0}{H_0 + p} = \frac{1}{1.05 + 0.9} = 0.515 < 0.6$ 所以它是不淹没堰。

然后用公式 $Q = \varepsilon M b H_0^{3/2}$, $M = 1.70$, 从其中计算出 b 值等于 1.2 米。

例题 7. 试就下列数据决定小桥桥孔所需的宽度 b 和桥前的水头, 流量 $Q = 20$ 秒立米, 建筑物内的最大流速 $U_{max} = 3.5$ 秒米, 日常水深 $h_0 = 1.70$ 米, 侧收缩系数 $\varepsilon = 0.90$, 不计行近流速。

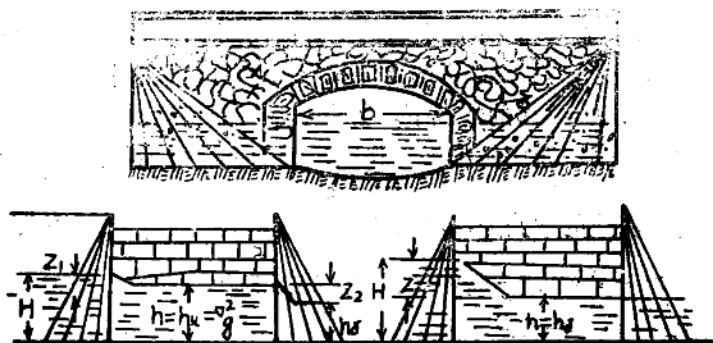


图 7. 象堰一样工作的小桥

甲. 书中题解, 书中先认为堰是淹没堰。在 $V_{max} = 3.5$ 秒米的条件下, 按公式 $b = \frac{Q}{\varepsilon h V}$ 来决定桥孔的宽度, 当 $h_0 =$

$h = 1.7$ 米时, $b = \frac{20}{0.90 \times 1.70 \times 3.5} = 3.74$ 米。现在采用桥孔宽度 $b = 4.0$ 米来求在这种宽度下宣泄已知流量 $Q = 20$ 秒立

米时桥孔中的流速。根据上面的公式，得 $4 = \frac{20}{0.9 \times 1.70V}$ ，从而得出 $V = 3.26$ 秒米。当 $V = 3.26$ 秒米时，建筑物中之水位落差 Z 。在不计行流速时，此落差将为 $Z = \frac{V^2}{\phi^2}$ ，式中的 $\phi = 4.21$ ，故 $Z = \frac{3.26^2}{4.21^2} = 0.60$ 米。因此，桥前的水头 $H = h_0 + Z = 1.70 + 0.60 = 2.30$ 米。现在我们再来核验一下堰是否淹没。查附表 3

当 $\phi = 0.95$ 时，系数 $K = 0.73$ ，因为 $\frac{h_0}{H} = \frac{1.70}{2.30} = 0.74 > K = 0.73$ 所以堰是淹没堰，与假定相符。

乙. 简化算法：书中先假定堰为淹没堰，用公式 $b =$

$\frac{Q}{chV}$ 计算所需要的宽度，然后用公式 $Z = \frac{V^2}{\phi^2}$ 得出水头损失 Z ，最后 $h + Z = H$ 。在此题计算中，虽然不能首先利用简化公式的计算以判明它是淹没的或者不是淹没的，但算出 H 值后，用简化算式计算以验证其假设是否恰当，仍然是很有作用的，如 $\frac{h_0}{H} = \frac{1.7}{2.3} = 0.74 > 0.6$ 。所以它是淹没的，从而证明它的假设是正确的。

例题 8. 有一石砌的带八字形斜坡翼墙的矩形断面无压涵洞欲在最大容许流速 $V_{\max} = 3$ 秒米的情况下，宣泄 $Q = 7$ 秒立米的流量，试决定其孔径之宽度。涵洞下游的日常水深 $h_0 = 0.6$ 米。涵洞没有突出于渠道底面以上的槛，并且应当不被淹没。