

中华人民共和国城镇建设行业标准

城市排水流量堰槽测量标准 宽 顶 堰

CJ/T 3008.4—1993

Standards for municipal wastewater discharge measurement
—Broad-crested weir

本标准制定参照了国际标准(ISO)3846:1989《堰槽明渠水流测量——矩形宽顶堰》、(ISO)4374:1990《明渠水流测量——圆缘宽顶堰》、(ISO)772:1988《明渠水流测量——词汇和符号》和(ISO)4373:1979《明渠水流测量——水位测量设备》。

1 主题内容与适用范围

本标准规定了使用宽顶堰测量明渠排水流量的术语、结构、流量公式、制作、安装、水头测量、综合误差分析和维护等。

本标准适用于流量较大的城市生活污水、工业废水和雨水的明渠排水流量测量。

本标准的测量精度为3%~5%。

供水明渠的流量测量可参照使用。

本标准不适用于含有大量漂浮物质和易淤积物质的流量测量。

2 引用标准

GBJ 95 水文测验术语和符号标准

3 术语

3.1 导流板 baffle

为改善水流条件,在行近渠道中设置的挡板。

3.2 基准板 datum plate

具有精确基面的金属板,用以测量水位。

3.3 亚临界流 sub-critical flow

弗汝德数小于1的水流。在这种水流中,水面的扰动会影响上游的流态。

3.4 堰顶 crest

测流堰顶部的线或面。

3.5 本标准采用的其他术语和符号应符合 GBJ 95 的规定。

4 宽顶堰的类型与形状

4.1 类型

宽顶堰分为矩形宽顶堰和圆缘宽顶堰。

4.2 矩形宽顶堰

矩形宽顶堰的纵剖面是矩形断面。顶面是水平的矩形面,该平面与水流垂直、与渠道等宽。堰的上、

下游端面与明渠侧壁和渠底垂直。上游端面与顶面的交角为尖锐的直角,见图 1。

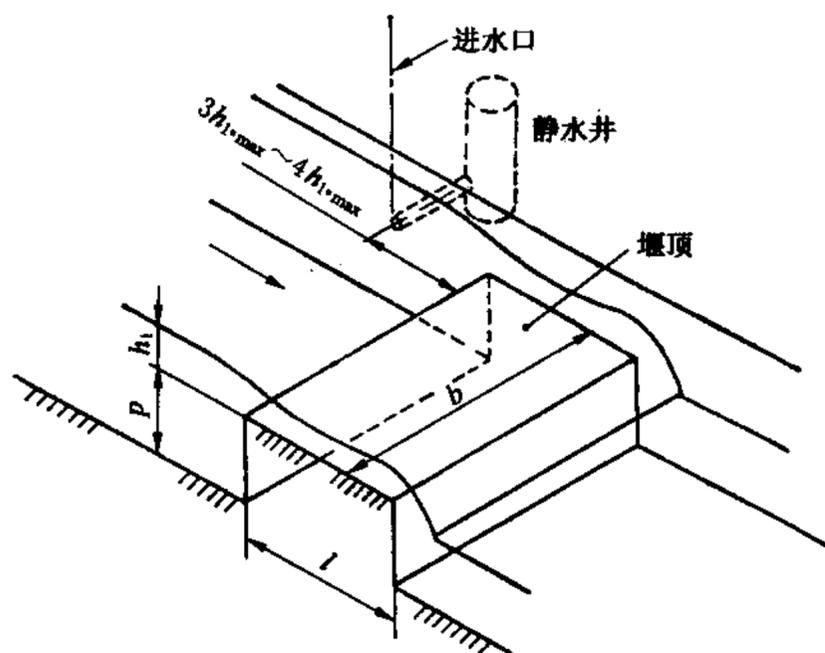


图 1 矩形宽顶堰

4.3 圆缘宽顶堰

圆缘宽顶堰的堰顶前缘为圆弧,堰顶下游角可为圆形,下游面可为斜面或垂直面。其他结构与矩形宽顶堰相同,见图 2。

图中: b ——堰宽, m;

l ——水流方向堰顶水平段长度,称堰顶厚度, m;

p ——上游堰高, m;

p_d ——下游堰高, m;

h ——上游堰顶水头, m;

h_{max} ——上游堰顶最大水头, m;

r ——堰顶圆缘的圆弧半径, m;

R ——行近渠道前的明渠转弯半径, m。

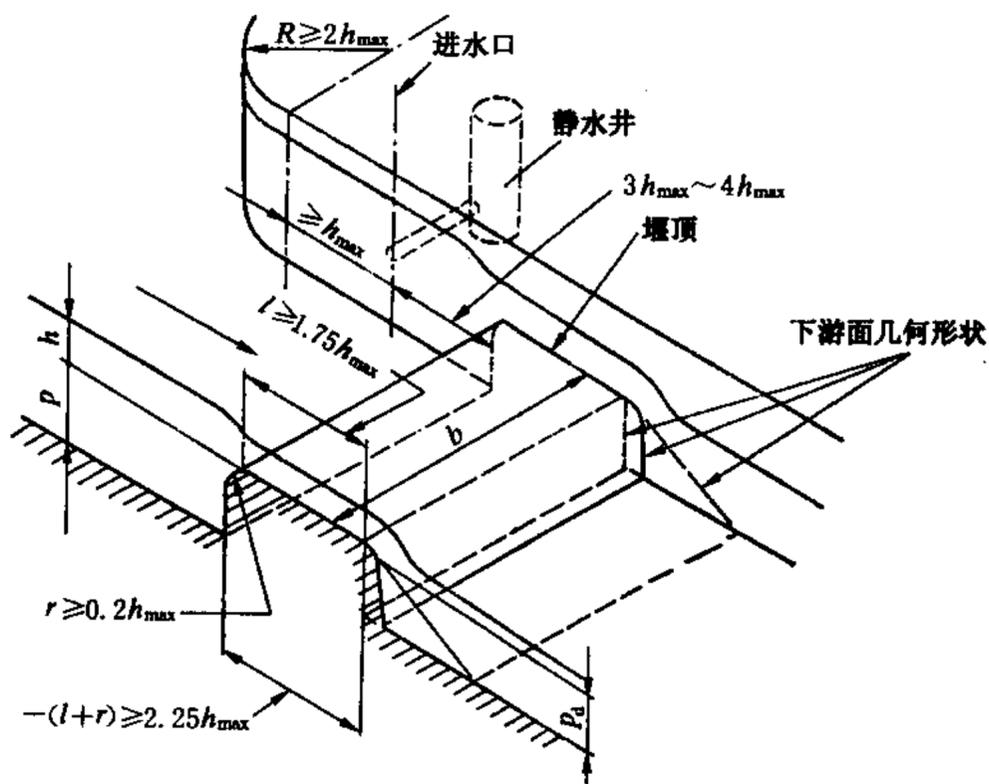


图 2 圆缘宽顶堰

5 流量计算

5.1 矩形宽顶堰的流量公式

$$Q = (2/3)^{3/2} C \cdot g^{1/2} \cdot b \cdot h^{3/2} \dots\dots\dots(1)$$

式中: Q ——流量, m^3/s ;
 C ——流量系数;
 g ——重力加速度, m/s^2 。

5.1.1 C 值可由表 1 查得。 C 的中间值按直线内插求得。

表 1 流量系数 C 值

h/p	h/l															
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
0.1	0.850	0.850	0.850	0.861	0.870	0.885	0.893	0.925	0.948	0.971						
0.2	0.855	0.855	0.855	0.864	0.874	0.888	0.907	0.930	0.954	0.977	1.001	1.026	1.050	1.074	1.096	1.120
0.3	0.864	0.864	0.864	0.868	0.879	0.894	0.913	0.936	0.961	0.986	1.011	1.037	1.061	1.085	1.110	1.132
0.4	0.873	0.873	0.873	0.874	0.885	0.901	0.920	0.945	0.969	0.995	1.021	1.047	1.072	1.097	1.122	1.144
0.5		0.882	0.882	0.883	0.894	0.909	0.929	0.954	0.978	1.005	1.032	1.057	1.083	1.109	1.133	1.154
0.6		0.892	0.892	0.894	0.904	0.920	0.941	0.964	0.990	1.016	1.043	1.067	1.094	1.120	1.143	1.164
0.7		0.901	0.901	0.906	0.916	0.932	0.952	0.975	1.000	1.026	1.052	1.077	1.104	1.129	1.152	1.171
0.8		0.911	0.912	0.916	0.926	0.942	0.962	0.985	1.010	1.036	1.062	1.086	1.112	1.136	1.158	1.176
0.9			0.922	0.926	0.936	0.952	0.972	0.996	1.021	1.046	1.072	1.096	1.120	1.143	1.163	1.181
1.0			0.931	0.936	0.946	0.962	0.982	1.006	1.031	1.056	1.081	1.106	1.128	1.150	1.169	1.187
1.1			0.940	0.946	0.956	0.972	0.993	1.017	1.042	1.066	1.092	1.115	1.138	1.159	1.177	1.195
1.2			0.949	0.956	0.966	0.982	1.004	1.028	1.053	1.077	1.103	1.126	1.148	1.168	1.186	1.204
1.3				0.966	0.977	0.993	1.016	1.040	1.063	1.089	1.114	1.136	1.158	1.178	1.196	1.214
1.4				0.975	0.986	1.005	1.028	1.050	1.075	1.101	1.124	1.147	1.168	1.187	1.206	1.224
1.5				0.984	0.997	1.018	1.040	1.061	1.086	1.111	1.134	1.156	1.176	1.196	1.215	1.235
1.6				0.994	1.010	1.030	1.050	1.073	1.096	1.119	1.142	1.164	1.184	1.204	1.224	1.245

5.1.2 应用限制条件应符合下列规定:

- a. $h \geq 0.06$ m;
- b. $p \geq 0.15$ m;
- c. $b \geq 0.30$ m;
- d. $0.1 < l/p < 4.0$;
- e. $0.1 < h/l < 1.6$;
- f. $h/p < 1.6$;
- g. 堰上水流应呈非淹没状态。非淹没流的界限由图 3 查得。

5.2 圆缘宽顶堰的流量公式

$$Q = (2/3)^{3/2} \cdot C_D \cdot C_v \cdot b \cdot g^{1/2} \cdot h^{3/2} \dots\dots\dots(2)$$

式中: C_D ——流量系数;
 C_v ——行近流速系数。

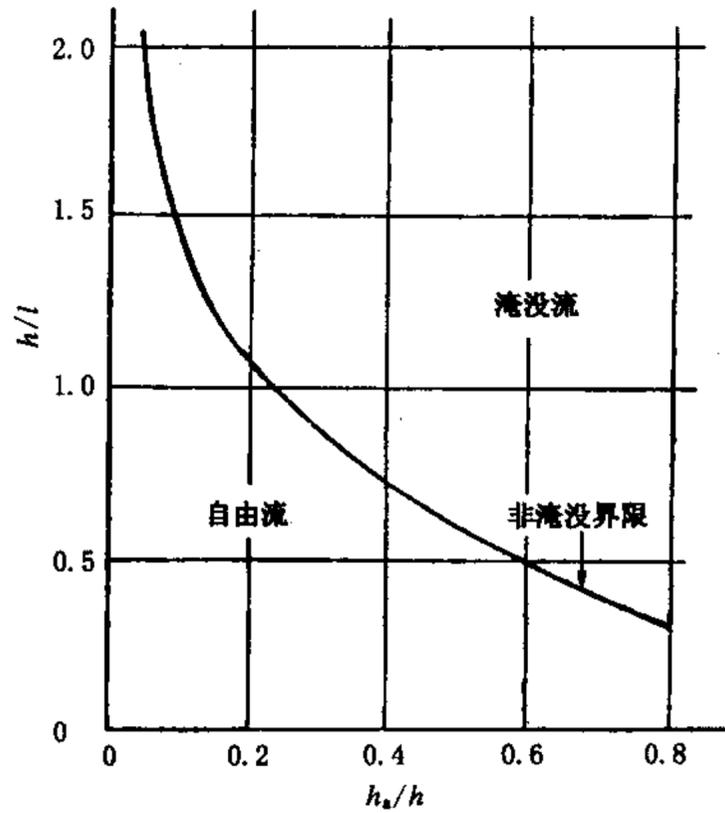


图3 矩形宽顶堰非淹没界限

5.2.1 C_D 值应按公式(3)计算:

$$C_D = \left(1 - \frac{0.006 l}{b}\right) \left(1 - \frac{0.003 l}{h}\right)^{3/2} \dots\dots\dots (3)$$

5.2.2 C_v 由图4查得。

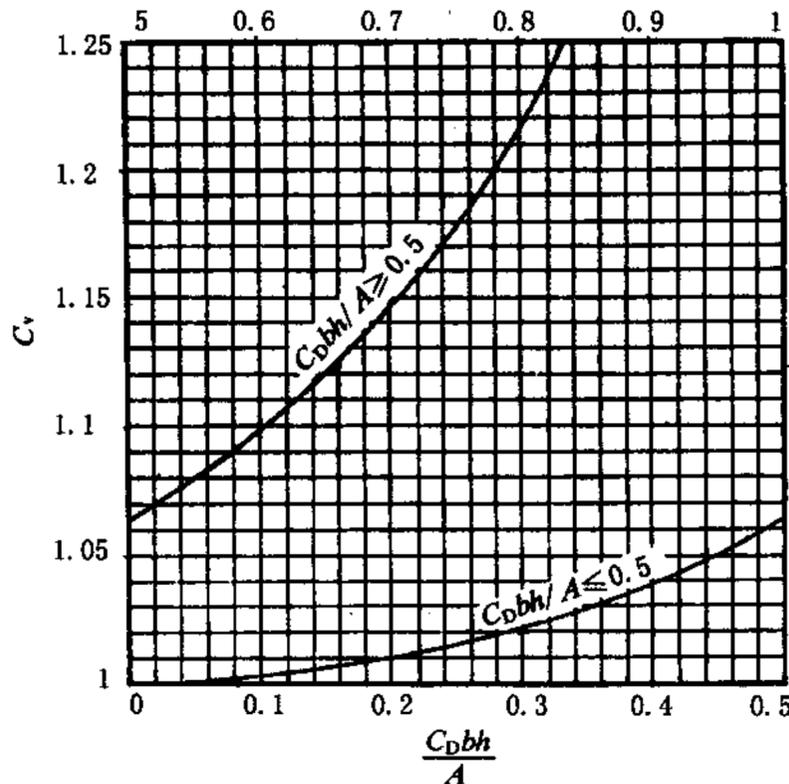


图4 行近流速系数 C_v

图中:

$$A = B(h + p) \dots\dots\dots (4)$$

式中: A ——行近渠道水流断面面积, m^2 。

5.2.3 应用限制条件应符合下列规定:

- a. $h \geq 0.06 m$ 或 $h \geq 0.01l$, 采用其中较大值;
- b. $h/l > 0.57$;
- c. $h/p \leq 1.5$;
- d. $p \geq 0.15 m$;

- e. $b \geq 0.30 \text{ m}$, $b \geq h_{\max}$, $b \geq 1/5$,三者必须同时满足;
f. 堰上水流应呈非淹没流状态,规定值见表2。

表2 非淹没流的规定值

h/P_d	淹没比 h_d/h	
	下游垂直面	下游斜坡面坡度小于 1:5
<0.5	<63%	<68%
0.5	<75%	<80%
≥ 1.0	<80%	<85%

6 技术条件

6.1 材料

宽顶堰、行近渠道、下游渠道和静水井用混凝土或砖石砌筑,外抹水泥砂浆并压光;也可用耐腐蚀、耐水流冲刷、不变形的材料预制而成。

连通管采用铸铁管或塑料管等耐腐蚀管道。

6.2 制作精度

6.2.1 宽顶堰的表面应平整光滑。

6.2.2 制作精度见表3。

表3 制作精度

堰顶厚度 l	$\leq 0.2\%l$,最大误差不超过 0.01 m
堰顶宽度 b	$\leq 0.2\%b$,最大误差不超过 5 mm
堰高 P	$\leq 2 \text{ mm}$
堰顶平面	允许坡度 $< 0.1\%$ (1 mm/m)

6.3 行近渠道

6.3.1 长度

行近渠道是顺直平坦的矩形明渠,其长度至少为堰宽的10倍。

6.3.2 流态

行近渠道中水流的流态应符合附录A的规定。若流态不能满足此规定时,可采用导流板整流。

6.4 下游渠道

6.4.1 下游渠道无杂物,排水应通畅。

6.4.2 下游水位的变化不影响堰上水流。

6.4.3 水流自堰顶流向下游渠道时,确保水舌的底部不流通空气。

6.5 静水井

6.5.1 位置

静水井设在行近渠道的一侧,距宽顶堰上游端面 $3 \sim 4 h_{\max}$ 处。

6.5.2 连通管

a. 渠道和静水井之间用连通管相连通,管长尽量缩短,管子坡向渠道。

b. 连通管的直径应不小于 50 mm。

6.5.3 井筒

a. 静水井可为圆形或方形。竖直设置,高度应不低于渠顶。

b. 井筒内壁与水位计浮子的间隙应不小于 75 mm。井底低于连通管进口管底 300 mm。

c. 在井筒的顶面上设一金属基准板,其一边与井筒内壁齐平。

6.6 安装

- 6.6.1 宽顶堰砌筑或安装在行近渠道的末端,堰顶面与渠壁垂直。
- 6.6.2 行近渠道、静水井和堰体均不得漏水。
- 6.6.3 下游渠道紧接堰体处,应作加固处理。
- 6.6.4 在最大流量通过时,堰体和渠道不受损坏。

7 水头测量

7.1 测量仪器

- 7.1.1 测量瞬时堰顶水头时,使用刻度至毫米的水尺测量。
- 7.1.2 连续地测量堰顶水头的变化过程时,使用浮子式水位计、超声波水位计或其他有同等精度的水位计。
 - 7.1.2.1 水位精度
 - 水位计的水位刻度刻划至毫米。
 - 水位滞后行程应不大于 3 mm。
 - 7.1.2.2 记时精度
 - 记时装置连续工作 30 d 以上,记时累积平均误差应不大于 ± 30 s/d。连续工作 24 h 的记时钟,误差应不大于 ± 30 s/d。
 - 7.1.2.3 电子记录仪精度
 - 电子记录仪的误差应不大于满量程读数的 0.5%。
- 7.1.3 直接与污水接触的测量仪器部件,用耐腐的材料制成。
- 7.1.4 安装在现场的仪器,应有防潮、防腐和防冻等措施。

7.2 测量位置

在行近渠道上距堰体上游面为 $3 \sim 4h_{\max}$ 距离处测量堰顶水头。若渠道中的水面波动不大,测量时不影响水流,可在渠道上直接测量,否则应在静水井中测量。

7.3 确定水头零点

- 7.3.1 测流前应确定水头零点。水头零点,即过堰水头为零时,水头测量位置处水尺的读数,或基准板与堰顶面的垂直距离。此值用水准仪测量求得。
- 7.3.2 不能用下降或上升堰前水面至堰顶处的读数,当作水头零点。

7.4 水头测量精度

水头测量的误差应为水头变幅的 1%,但不能大于 ± 10 mm。

8 流量测量的综合误差分析

8.1 矩形宽顶堰和圆缘宽顶堰的测量误差计算方法相同。

8.2 误差计算公式

$$X_Q = \pm [X_c^2 + X_b^2 + (1.5X_h)^2]^{1/2} \dots\dots\dots(5)$$

式中: X_Q ——流量的综合误差,%;
 X_c ——流量系数 c 的误差,%;
 X_b ——堰顶宽度 b 的误差,%;
 X_h ——堰上水头 h 的误差,%。

8.2.1 确定 X_c 值

8.2.1.1 矩形宽顶堰的 X_c 值

本标准流量系数的最大综合误差应为 $\pm 3\%$ 。

8.2.1.2 圆缘宽顶堰的 X_c 值按公式(6)计算:

$$X_c = \pm 2(21 - 20C_D)\% \quad \dots\dots\dots(6)$$

8.2.2 X_b 值按公式(7)计算:

$$X_b = \pm 100 \times \frac{\epsilon_b}{b} \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中: ϵ_b ——宽度测量误差。

8.2.3 X_h 值按公式(8)计算:

$$X_h = \pm \frac{100[1\epsilon_h^2 + 2\epsilon_h^2 + \dots\dots + (2S_h^-)^2]^{1/2}}{h} \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中: $1\epsilon_h^2, 2\epsilon_h^2$ ——影响水头测量值的各种误差;

$2S_h^-$ —— n 个水头测量读数平均值的误差。

8.2.3.1 S_h^- 值按公式(9)计算:

$$S_h^- = \frac{S_h}{n^{1/2}} \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中: S_h —— n 个水头测量值的标准差。

$$S_h = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad \dots\dots\dots(10)$$

式中: n ——水头测量次数;

h_i ——每次的水头读数;

\bar{h} —— n 次水头读数的平均值。

9 维护

- 9.1 行近渠道、连通管和静水井应保持清洁,底部无障碍物。
- 9.2 下游渠道无阻塞,不发生雍水,保证宽顶堰上水流处于自由出流状态。
- 9.3 应保持堰体牢固可靠,不受损坏。
- 9.4 凡有漏水部位,应及时修补。
- 9.5 每年应核查一次堰体各部位的尺寸,是否与原尺寸相符。
- 9.6 每年应校验一次水位计的精度。
- 9.7 每年应校测一次水头零点。

附录 A
行近渠道的流态
(补充件)

A1 行近渠道的水流应为均匀稳定的亚临界流,其流速分布接近于图 A1。

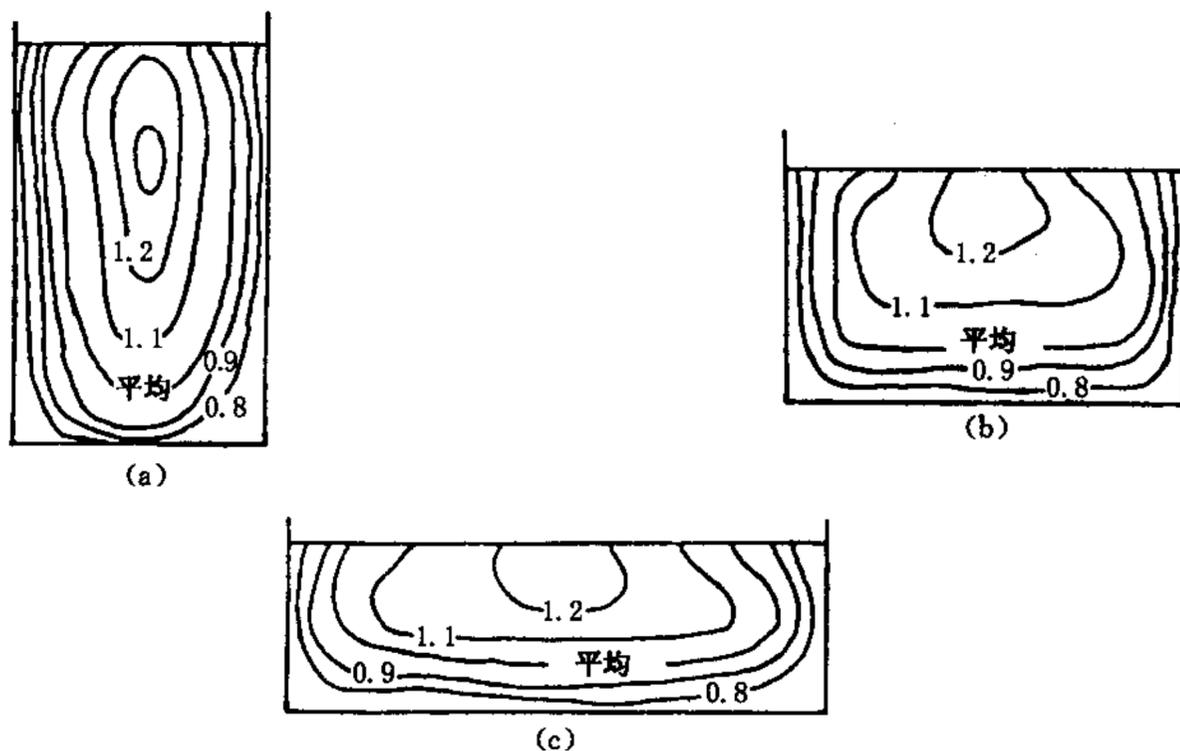


图 A1 行近渠道中的正常流速分布

A2 保持亚临界流的条件

$$\bar{v} < \left(\frac{g \cdot A}{B} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (A1)$$

式中: \bar{v} ——行近渠道中的平均流速, m/s;

A——行近渠道中的水流断面面积, m²。

附录 B
宽顶堰流量测量综合误差举例
(参考件)

B1 矩形宽顶堰单次测量流量综合误差举例。

B1.1 基本尺寸

在规则的矩形明渠上设矩形宽顶堰,过堰水流为非淹没流,在堰上作单次流量测量。

- 堰顶高度 $p=0.3$ m
- 上游堰顶水头 $h=0.4$ m
- 堰顶宽度 $b=1.0$ m
- 行近渠道宽度 $B=1.0$ m
- 堰顶厚度 $l=0.5$ m

B1.2 误差分析

B1.2.1 本例给定的误差

流量系数的误差 $X_c = \pm 3\%$ 。

B1.2.2 使用者估算的测量误差

水头测量装置最小刻度为 1 mm。

测量水头误差 $\epsilon_h = \pm 3.0 \text{ mm}$

水头零点设置误差 $\epsilon_{h_0} = \pm 5.0 \text{ mm}$

堰宽的测量误差 $\epsilon_b = \pm 5.0 \text{ mm}$ 。

B1.2.3 计算 X_b 和 X_h

根据公式(7), X_b 是:

$$\begin{aligned} X_b &= \pm 100 \times \frac{\epsilon_b}{b} \\ &= \pm 100 \times \frac{0.005}{1.000} \\ &= \pm 0.5\% \end{aligned}$$

根据公式(8), X_h 是:

$$\begin{aligned} X_h &= \pm \frac{100[\epsilon_h^2 + \epsilon_{h_0}^2 + \dots + (2S_h^-)^2]^{1/2}}{h} \\ &= \pm \frac{100[0.003^2 + 0.005^2]^{1/2}}{0.400} \\ &= \pm 1.46\% \end{aligned}$$

B1.2.4 计算流量测量误差 X_Q

根据公式(5), X_Q 是:

$$\begin{aligned} X_Q &= \pm [X_c^2 + X_b^2 + (1.5X_h)^2]^{1/2} \\ &= \pm [3.0^2 + 0.5^2 + (1.5 \times 1.46)^2]^{1/2} \\ &= \pm 3.75\% \end{aligned}$$

B2 圆缘宽顶堰的测量流量误差举例

B2.1 基本尺寸

在规则的矩形明渠中设圆缘宽顶堰,过堰水流为非淹没流。连续作 10 次水头测量。

堰顶高度 $p = 1.00 \text{ m}$

实测水头 $h = 0.67 \text{ m}$

堰顶宽度 $b = 2.00 \text{ m}$

堰顶长度 $l = 0.50 \text{ m}$ 。

B2.2 误差分析

B2.2.1 使用者估算的测量误差

测量水头仪器的误差 $\epsilon_h = \pm 3 \text{ mm}$

水头零点设置误差 $\epsilon_{h_0} = \pm 5 \text{ mm}$

测量堰宽误差 $\epsilon_b = \pm 0.01 \text{ m}$

连续 10 次水头读数均值标准差 $S_h^- = 1 \text{ mm}$ 。

B2.2.2 计算 C_D 和 X_C

根据公式(3), C_D 是:

$$\begin{aligned} C_D &= \left(1 - \frac{0.006l}{b}\right) \left(1 - \frac{0.003l}{h}\right)^{3/2} \\ &= \left(1 - \frac{0.006 \times 0.50}{2.00}\right) \left(1 - \frac{0.003 \times 0.50}{0.67}\right)^{3/2} \\ &= 0.9966 \end{aligned}$$

根据公式(6), X_C 是:

$$X_C = \pm 2(21 - 20C_D)\%$$

$$= \pm 2(21 - 20 \times 0.9966)\%$$

$$= \pm 2.1\%$$

B2.2.3 计算 X_b

根据公式(7), X_b 是:

$$X_b = \pm 100 \times \frac{\epsilon_b}{b}$$

$$= \pm 100 \times \frac{0.01}{2.00}$$

$$= \pm 0.5\%$$

B2.2.4 计算 X_h

根据公式(8), X_h 是:

$$X_h = \pm \frac{100[\epsilon_h^2 + \epsilon_{h_0}^2 + \dots (2S_h^-)^2]^{1/2}}{h}$$

$$= \pm \frac{100[0.003^2 + 0.005^2 + (2 \times 0.001)^2]^{1/2}}{0.67}$$

$$= \pm 0.92\%$$

B2.2.5 计算流量测量误差 X_q 值

根据公式(5), X_q 是

$$X_q = \pm [X_c^2 + X_b^2 + (1.5X_h)^2]^{1/2}$$

$$= \pm [2.4^2 + 0.5^2 + (1.5 \times 0.92)^2]^{1/2}$$

$$= \pm 2.81\%$$

附加说明:

本标准由建设部标准定额研究所提出。

本标准由建设部城镇建设标准技术归口单位建设部城市建设研究院归口。

本标准由北京市市政工程局负责起草。

本标准主要起草人:陶丽芬、李俊、王岚、王春顺、肖鲁。

本标准委托北京市市政工程局负责解释。