

## 第九章 堰流和闸孔出流

### 9.1 概述

1. **堰**：顶部溢流的水工建筑物，如溢流坝、水闸坝顶。流经堰的水流，当不受闸门控制时是**堰流**，当受闸门控制时是**孔流**。

#### 2. 水力计算的应用

(1) 已知堰闸型式，上下游水位，过水能力，设计堰闸。

(2) 施测流量

(3) 测流堰槽

#### 3. 堰的分类

按堰的水力特性，以  $H$  表示堰上水头，在距堰上游面  $(3-4)H$  处量测， $\delta$  表示堰顶厚度，用  $\delta$  与  $H$  的相对大小将堰分为：薄壁堰，实用堰，宽顶堰三类。

- |        |                                 |
|--------|---------------------------------|
| 1) 薄壁堰 | $\frac{\delta}{H} < 0.67$       |
| 2) 实用堰 | $0.67 < \frac{\delta}{H} < 2.5$ |
| 3) 宽顶堰 | $2.5 < \frac{\delta}{H} < 10$   |

## 9.2 堰流的基本公式

如下图：（图 9.2）

对渐变流断面 1, 2 列能量方程：

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_w$$

令 
$$H_0 = z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g}$$

带入能量方程得： 
$$H_0 = \frac{\alpha v^2}{2g} + \xi \frac{v^2}{2g}$$

得： 
$$v = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \xi}} \sqrt{2gH_0} = \varphi \sqrt{2gH_0}$$

其中， 
$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \xi}}$$
，成为流速系数。

则通过堰的流量为： 
$$Q = Av = kH_0 Bv = \frac{k}{\sqrt{\alpha + \xi}} B \sqrt{2gH_0}^{3/2}$$

令 
$$m = \frac{k}{\sqrt{\alpha + \xi}}$$
，称为流量系数。

则： 
$$Q = mB \sqrt{2gH_0}^{3/2}$$

再考虑到淹没系数  $\sigma$  和侧收缩系数  $\varepsilon$ ，则有：

$$Q = \sigma \varepsilon m B \sqrt{2gH_0}^{3/2}$$

## 9.3 薄壁堰

### 一. 矩形薄壁堰

#### 1. 流量计算公式

$$Q = m_0 B \sqrt{2g} H^{3/2}$$

式中,  $m_0$  是流量系数,  $H$  是堰上水头。

#### 2. 流量系数 $m_0$ 的经验公式

$$\text{巴辛公式: } m_0 = \left( 0.405 + \frac{0.0027}{H} \right) \left[ 1 + 0.55 \left( \frac{H}{H+a} \right)^2 \right]$$

适用条件:  $0.15\text{m} < a < 1.22\text{m}, B < 2.0\text{m}, 0.1\text{m} < H < 1.24\text{m}$

$$\text{雷保克公式: } m_0 = 0.4034 + 0.0534 \frac{H}{a} + \frac{1}{1610H - 4.5}$$

适用条件:  $0.15\text{m} < a < 1.22\text{m}, H < 2a$

#### 3. 淹没系数 $\sigma$

当下游水位影响堰的泄流量时为淹没出流。

薄壁堰发生淹没出流的条件是:

(1) 下游水位高于堰顶; (2) 堰下游发生淹没水跃

$$\text{发生淹没水跃的经验公式: } \frac{z}{a_1} = \left( \frac{z}{a_1} \right)_c$$

$$\text{淹没系数 } \sigma \text{ 的经验公式: } \sigma = 1.05 \left( 1 + 0.2 \frac{h_s}{a_1} \right) \sqrt[3]{\frac{z}{H}}$$

其中,  $h_s$  为下游水位高于堰顶的数值。

所以, 矩形薄壁堰淹没出流的流量公式为:

$$Q = \sigma m_0 B \sqrt{2g} H^{3/2}$$

### 二. 三角形薄壁堰 (简称三角堰)

1. 矩形薄壁堰的优点: 过堰的水面宽度随水头而变。小水头时水面宽度小, 流量的微小变化将引起较大的水头变化, 可得到较高的量测精度。

$$\text{2. 流量计算公式: } Q = CH^{5/2}$$

## 9.4 实用堰

### 一. 流量计算公式

$$Q = \sigma \varepsilon m B \sqrt{2g} H_0^{3/2}$$

### 二. 曲线型

#### 1. 剖面形状

(1) 设计原则：使堰面轮廓与薄壁堰水舌下缘基本吻合，以减少水流阻力。

(2) 设计水头：设计堰面时所采用的水头。在  $H_d$  下，堰顶附近的动水压强接近于 0。

(3) WES 剖面堰，近十年最常用。

#### 2. 系数的确定

##### (1) 流量系数 $m$

a. 设计流量系数  $m_d$ ：当水头等于设计水头时的流量系数。

b. 实际上， $H$  不等于  $H_d$

$H > H_d$ ：水舌下缘与堰面轮廓脱离，形成真空，有效水头增加，过水能力增大， $m > m_d$

$H < H_d$ ：水舌抛射距离减小，实用堰轮廓插入  $H_d$  时的水舌，从而减小了堰的过水能力， $m < m_d$

c.  $m$  也可表示成与  $\frac{H_0}{H_d}, \frac{a}{H}, \frac{a}{H_d}$  的关系

##### (2) 侧收缩系数 $\varepsilon$

与边墩的平面形状，溢流孔数，堰上水头，溢流宽度等有关。

(3) 淹没系数  $\sigma$ ，与  $\frac{a_1}{H_0}, \frac{h_s}{H_0}$  有关

### 三. 折线型

适于小型的溢流坝。

流量系数  $m$  小于曲线型的  $m$ ， $\varepsilon$ 、 $\sigma$  可与曲线型一样。

## 9.5 宽顶堰

### 一. 流量计算公式

1. 
$$Q = mB\sqrt{2g}H_0^{3/2}$$

2. 
$$Q = \varphi Bh\sqrt{2g(H_0 - h)}$$
,  $\varphi$  为流速系数。

二. 流量系数, 侧收缩系数按相关经验公式计算。

三. 宽顶堰的淹没条件:  $\frac{h_s}{H_0} > 0.8$

## 9.5 闸孔出流

一. 闸孔出流是指闸门建在宽顶堰或实用堰上的出流问题。

二. 堰流与孔流的界限

用相对开度  $\frac{e}{H}$  来衡量

对于宽顶堰, 当  $\frac{e}{H} > 0.65$  时, 为堰流, 当  $\frac{e}{H} < 0.65$  时, 为孔流。

对于实用堰, 当  $\frac{e}{H} > 0.75$  时, 为堰流, 当  $\frac{e}{H} < 0.75$  时, 为孔流。

三. 实用堰上的闸孔出流

1. 流量公式:  $Q = \mu_1 e B \sqrt{2gH_0}$ ,  $\mu_1$  为闸孔的流量系数。

2. 闸孔的流量系数  $\mu_1$  的经验公式:

$$\mu_1 = 0.65 - 0.186 \frac{e}{H} + \left( 0.25 - 0.375 \frac{e}{H} \right) \cos \theta$$