

第七章 明渠均匀流

7.1 概述

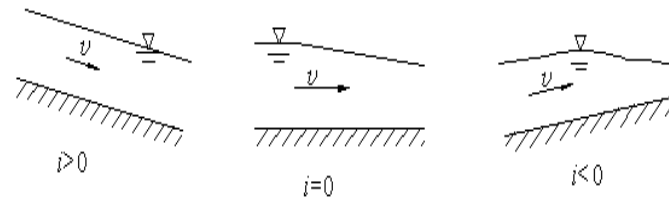
一. **明渠均匀流**: 明渠水流在水利工程中或是在自然界都是常见的, 例如: 水电站引水渠、灌溉渠、排水渠、运河、无压隧洞和下水道等人工渠道中的水流以及天然河道中的水流均为明渠水流。当明渠水流过水断面的平均流速及水深均沿程不变, 或更严格地讲, 当渠中水流的流为一簇相互平行的直线时, 称为明渠均匀流。否则, 称为明渠非均匀流。从力学的观点看, 明渠均匀流动是一种直线等速运动。

二. 明渠的底坡

底坡: 明渠渠底倾斜的程度称为底坡。以符号 i 表示, i 等于渠底线与水平线夹角口的正弦即 $i = \sin \theta$ 。

明渠有三种底坡: 顺坡、平坡和逆坡

1. 顺坡: $i > 0$, 明槽槽底沿程降低者称为正坡或顺坡。
2. 平坡: $i = 0$, 明槽槽底高程沿程不变者称为平坡。
3. 逆坡: $i < 0$, 明槽槽底沿程增高者称为反坡或逆坡。



三. 明渠的横断面

1. 人工明渠的横断面, 通常作成对称的几何形状。例如常见的梯形、矩形或圆形等。至于河道的横断面, 则常呈不规则的形状。

而根据渠道的断面形状、尺寸, 就可以计算渠道过水断面的水利要素。

2. 工程中应用最广的是梯形渠道, 其过水断面的诸水利要素关系如下:

水面宽度: $B = b + 2mh$

过水断面面积: $A = (b + mh)h$

湿周: $x = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$

水力半径: $R = \frac{A}{x} = \frac{(b + mh)h}{b + 2h\sqrt{1 + m^2}}$

7.2 明渠均匀流的特性和形成条件

一、明渠均匀流的特性

- 1、均匀流过水断面的形状、尺寸沿流程不变，特别是水深 h 沿程不变，这个水深也称为正常水深。
- 2、过水断面上的流速分布和断面平均流速沿流程不变。
- 3、总水头线坡度、水面坡度、渠底坡度三者相等， $J = J_s = i$ 。即水流的总水头线、水面线和渠底线三条线平行。
- 4、从力学意义上来说：均匀流在水流方向上的重力分量与渠道边界的摩擦阻力相等，因此只能在正坡渠道才可能形成均匀流。

二、明渠均匀流产生的条件

- 1、底坡和糙率沿程不变的长而直的棱柱形渠道；
- 2、渠道必须为正坡 ($i > 0$)；
- 3、渠道中没有建筑物的局部干扰；
- 4、明渠中的水流必须是恒定的，沿程无水流的汇入、汇出，即流量不变。

7.3 明渠均匀流的水力计算

明渠均匀流计算的基本公式是谢才公式和曼宁公式，即

$$V = C \sqrt{Ri}$$

$$C = R^{1/6}/n$$

也可表示为：
$$Q = AC\sqrt{Ri} = K\sqrt{i}$$

式中 K 是流量模数，它表示当底坡 $i=1$ 时渠道中通过均匀流的流量。

$$K = AC\sqrt{R} = AR^{2/3}/n = Q/\sqrt{i}$$

7.4 其他问题

一. 水力最佳断面

水力最佳断面：是指当渠道底坡、糙率及面积大小一定时，通过最大流量时的断面形式。

对于明渠均匀流，有：

$$Q = AC\sqrt{Ri} = \frac{A}{n} R^{2/3} i^{1/2} = \frac{1}{n} \frac{A^{5/3}}{P^{2/3}} i^{1/2}$$

说明：

- 1) 具有水力最佳断面的明渠均匀流，当 i , n , A 给定时，水力半径 R 最大，即湿周 P 最小的断面能通过最大的流量。
- 2) i , n , A 给定时，湿周 P 最小的断面是圆形断面，即圆管为水力最佳断面。

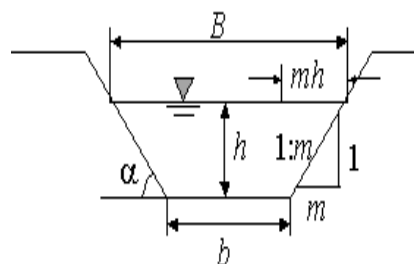
1. 梯形过水断面渠道的水力最佳断面

梯形水力最佳断面的宽深比值为：

$$\beta_m = \left(\frac{b}{h}\right)_m = 2(\sqrt{1+m^2} - m)$$

此时：

$$R = \frac{A}{P} = \frac{h(b+mh)}{b+2h\sqrt{1+m^2}} = \frac{h}{2}$$



2. 矩形断面的水力最佳断面

矩形断面， $m=0$ ，则：

$$\beta_m = 2, \text{ 即 } b = 2h \quad R = \frac{h}{2}$$

即矩形渠道水力最优断面的底宽是水深的两倍。

结论：

- 1) 梯形水力最佳断面的宽深比仅是边坡系数 m 的函数。

2) 在任何边坡系数的情况下, 水力最佳梯形断面的水力半径 R 为水深 h 的一半。

二、允许流速

允许流速是为了保持渠道安全稳定运行在流速上的限制, 包括不冲流速、不淤流速和其它运行管理要求的流速限制。在实际明渠均匀流计算中必须结合工程要求进行校核。

在设计中, 要求渠道流速 v 在不冲、不淤的允许流速范围内, 即:

$$v_{\max} > v > v_{\min} \quad \text{或} \quad v_s > v > v_d$$

式中:

$v_{\max}(v_s)$ 为不冲允许流速 (m/s), 根据壁面材料定。

$v_{\min}(v_d)$ 为不淤允许流速 (m/s)。(同时考虑避免渠中滋生杂草, 一般流速应大于 0.5m/s。)