

圆形渡槽水力设计新公式及其应用

12
41-42

季国文¹, 贾秀琴¹, 杜学礼²

TV135.3

(1. 凌源市工程质量监督站, 辽宁凌源 122500; 2. 朝阳市水利科学研究所, 辽宁朝阳 122000)

摘要:研究圆形渡槽水力设计新公式的构造问题, 提出圆形渡槽纵、横剖面布置设计计算的水力设计新公式, 介绍其在工程设计实践中的具体应用实例。根据渡槽槽底纵坡通用方程, 推导给出圆形渡槽水力设计新公式, 运用其进行工程设计, 无需繁复试算, 计算快捷, 成果精确, 实现了纵坡 i 一次计算成功。

关键词:渡槽; 圆形断面; 水力计算; 工程水力学

中图分类号:TV135

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2000)01-0041-02

渡槽作为输送渠道水流跨越河渠、道路、山冲、谷口等的架空输水建筑物, 在水利水电工程中具有极为广泛的应用。在工程实践中, 特别是在近年来, 伴随着斜拉渡槽结构的推广, 大跨度输水结构的实现, 圆形渡槽以其优越的水力学特性、材料力学结构特性、最有利的抗风稳定性而倍受瞩目^[1]。然而, 对于其纵、横剖面的选择, 迄今一直沿用的是传统的设计方法^[2-4], 即通过一组水力设计公式进行反复试算一误差检验完成。为此, 完成一个方案的选择, 工程师们需要付出大量的劳动, 但精度仍欠佳。因此, 寻求一种不必经过繁复试算即可使渡槽槽底纵坡 i 一次求解成功的圆形渡槽水力设计新公式, 是有关工程设计者长期以来不断努力探讨的重要课题。鉴于此, 本文在文献[5]的基础上, 推导给出圆形渡槽水力设计新公式, 以求解决这一问题。

1 公式的推导

公式推导基于以下基本假定: ①渡槽过水渠槽为棱柱体; ②槽内水流为均匀流; ③渡槽总水头损失 Δz 既定。

圆形渡槽结构断面如图1所示, 其相应水力要素^[6]如下:

$$\theta = \sin\theta + 2K\pi \quad (1)$$

$$\chi = 2K\pi - \theta R \quad (2)$$

$$\omega = R^2(\pi - \frac{1}{2}(\theta - \sin\theta)) \quad (3)$$

根据文献[5]渡槽槽底纵坡通用方程

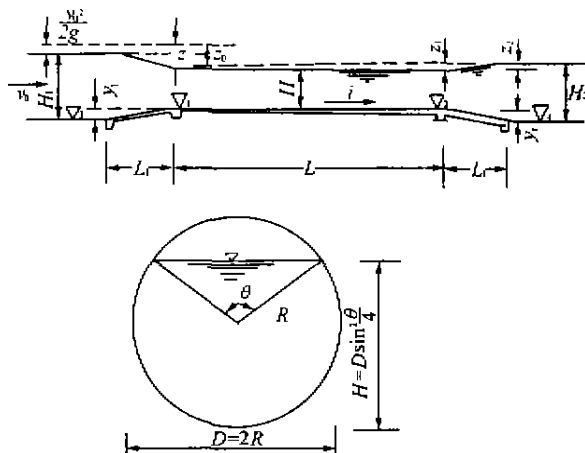


图1 渡槽水力计算

$$\left(\frac{Q\chi^{2/3}n}{\omega^{5/3}}\right)^2 - \frac{\Delta z - \frac{1}{3g}\left[\left(\frac{Q}{\sigma\varphi\omega}\right)^2 - \alpha v_0^2\right]}{L} = 0 \quad (4)$$

及以上各式有:

$$R_{i+1} = [L(Qn)^2(2\pi - \theta)^{4/3}]^{3/16}$$

$$\left[\left(\Delta z - \frac{Q^2}{3g\sigma^2\varphi^2 R_i^4(\pi - 0.5\theta + 0.5\sin\theta)^2} + \frac{\alpha v_0^2}{3g}\right)(\pi - 0.5\theta + 0.5\sin\theta)^{10/3}\right]^{-3/16} \quad (5)$$

以上各式中, θ 为水面所对的中心角, rad; K 为水面以上余幅与整个横断面面积的比值; χ 为湿周, m; R 为渡槽横断面的半径, m; Q 为渡槽通过的设计流量, m^3/s ; n 为槽壁糙率; ω 为过水断面面积, m^2 ; Δz 为进行渡槽规划时规定的总水头损失允许值, m; g 为重力加速度, $g = 9.8 \text{ m/s}^2$; σ 为侧收缩系数值; φ 为流速系数, 根据实际情况取定; v_0 为上游渠

道流速, m/s; L 为槽身总长度, m; H_1 为上游渠道相应 v_0 时水深, m; H 为渡槽内水深, m; i 为槽底纵坡; H_2 为下游渠道水深, m; L_1 为渐变连接段长度, m.

显然, 式(5)就是我们欲得到的圆形渡槽结构断面半径 R 的求解表达式, 由数学分析可以证明, 迭代函数恒收敛. 由观察发现, 除 R 外, 其余皆为常量, 亦即由表达式(5)得到迭代关系式是极为简洁的.

由公式(5)经迭代, 即得到隐函数方程的解 R , 则由以下表达式一次解得槽底纵坡 i ,

$$i = (Q\chi^{2/3}n/\omega^{5/3})^2 \quad (6)$$

从而, 依次得到渡槽进口水流经过渐变段与连接段时的水面降落值 z , 槽身水面降落值 z_1 和出口水面回升值 z_2 :

$$z = Q^2/(\sigma\varphi\omega\sqrt{2g})^2 - \alpha v_0^2/(2g) \quad (7)$$

$$z_1 = iL \quad (8)$$

$$z_2 = z/3 \quad (9)$$

通过渡槽的总水头损失校核表达式为

$$\Delta z = z + z_1 - z_2 \quad (10)$$

进而, 进出口高程亦相应一次准确确定.

式(5)中, θ 可根据事先拟定的 K 值并由式(1)迭代得到, 亦可根据需要由表 1 直接查用.

表 1 $K \sim \theta$ 函数关系数值

K	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
θ/rad	1.269	1.6268	1.8915	2.113	2.3099	2.490	2.662	2.825

2 算 例

某渡槽总长度 $L = 321.94$ m, 渠道通过设计流量 $Q = 10 \text{ m}^3/\text{s}$ 时, 相应流速 $v_0 = 0.58 \text{ m/s}$, 渡槽拟采用圆形断面, 糙率 $n = 0.014$, 规划规定, 渡槽通过设计流量时允许水头损失 $[\Delta z] = 0.60$ m, 侧收缩系数 $\sigma = 0.95$, 流速分布系数 $\alpha = 1.0$, K 值拟取为 0.15, 由式(1)迭代求得 $\theta = 1.8915 \text{ rad}$, 进行该圆形渡槽纵坡 i 及截面尺寸 R 的选择如下:

$$L(Qn)^2(2\pi - \theta)^{4/3} = 45.381$$

$$\pi - 0.5\theta + 0.5\sin\theta = 2.6704$$

$$(\pi - 0.5\theta + 0.5\sin\theta)^{10/3} = 26.4176$$

$$(\pi - 0.5\theta + 0.5\sin\theta)^2 = 7.1308$$

将以上数据代入式(5), 即有迭代式:

$$R_{i+1} = \left(\frac{1.7178}{0.6114 - 0.5856/R_i^4} \right)^{3/16}$$

设定迭代精度 $\Delta = |R_{i+1} - R_i| \leq 0.002 \text{ m}$, 取初始值 $R_0 = 1.5 \text{ m}$, 经 6 次迭代得 $R_6 = 1.3078 \text{ m}$, $\Delta = |1.3078 - 1.3067| = 1.1 \times 10^{-3} \text{ m}$, 满足要求, 故取 $R = R_6 = 1.3078 \text{ m}$, 由式(6)有:

$$i = (Q\chi^{2/3}n/\omega^{5/3})^2 = 1.2803 \times 10^{-3}$$

$$\chi = (2\pi \times 1.307 - 1.8915 \times 1.307) \text{ m} = 5.7399 \text{ m}$$

$$\omega = R^2(\pi - 0.5\theta + 0.5\sin\theta) = 4.5608 \text{ m}^2$$

$$Q = 9.999847 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$iL = z_1 = 0.4122 \text{ m}$$

$$z = Q^2/[(\sigma\varphi\omega\sqrt{2g})^2 - \alpha v_0^2/(2g)] = 0.283967 \text{ m}$$

$$z_2 = z/3 = 0.0934 \text{ m}$$

$$\Delta z = (z_2 - z_1) + iL = 0.6015 \text{ m}$$

3 结 语

a. 本文给出了一种圆形渡槽纵、横剖面水力设计的实用设计方法. 这种方法不同于传统的高阶隐函数方程的逐次试算法, 槽底纵坡 i 不是凭经验通过一系列的逐次缩小 i , R 范围确定的, 而是一次计算成功, 其精度是惯常方法无法达到的. 公式构造简单, 运用方便, 可供设计工程师使用.

b. 本文提出的圆形渡槽水力设计新公式是在文献[5]的基础上完成的.

c. 由本文提供的新公式计算获得的 Δz , i 是一次直接计算得到的, 成果精度高; 进出口高程设计无需反复修改, 规划条件下的水面衔接一次完成, 具有很高的经济效益和社会效益. 本文提出的新公式具有重要的推广应用价值.

参考文献:

- [1] 凌均忆. 斜拉渡槽设想[J]. 吉林水利, 1984(5): 19-20.
- [2] 武汉水利电力大学农水系水工教研室. 水工建筑物上册[M]. 北京: 人民教育出版社, 1979.
- [3] 武汉水利水电学院. 水工建筑物下册[M]. 北京: 水利电力出版社, 1984.
- [4] 赵文化, 陈德亮, 颜其照, 管枫年. 渡槽[M]. 第2版. 北京: 水利电力出版社, 1988.
- [5] 季国文. 渡槽水力设计新公式及其应用[J]. 人民长江, 1993, 24(10): 35-40.
- [6] 季国文. 圆形无压隧洞水力计算的简化公式[J]. 海河水利, 1994(6): 32-33.

(收稿日期: 1998-08-22 编辑: 熊水斌)

