

矩形渡槽经济水力要素的确定*

常林秀

(吕梁市水利勘测设计研究院, 山西 吕梁 033000)

摘 要:在渡槽设计中, 槽底纵坡、槽身净宽和净深是水力计算关键的三要素。以矩形槽为例, 分析求解渡槽最优纵坡, 提出了渡槽最优水力要素的计算步骤和计算方法, 所推导公式的方法同样适应于淤地坝无压输水涵洞、暗渠等类似工程。

关键词:矩形渡槽; 最优水力要素; 计算方法

中图分类号: TV672.3; TV131.4 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2008)04-0210-02

Determination of Hydraulic and Economy Elements of Rectangular Aqueduct

CHANG Lin-xiu

(Water Survey and Design Institute of Luliang City, Luliang, Shanxi 033000)

Abstract: In the light of the design of the aqueduct, the longitudinal slope of bottom i , net length b and net depth h are the three key elements in hydraulic calculation. In this paper, taking the rectangular aqueduct as the example, based on the analysis of the optimal solution aqueduct, the calculation steps and method of the optimal hydraulic elements are proposed. The formula derived by the same method is suitable to the nonr pressure water culvert silt dam, culverts and other similar projects.

Key words: rectangular aqueduct; optimal hydraulic elements; calculation method

1 问题的提出

在渡槽的设计中, 槽底纵坡 i 、槽身净宽 b 和净深 h 是水力计算关键的三要素。在纵坡 i 一定的条件下, 矩形渡槽的水力最佳断面为 $b=2h$, 但根据《水力计算手册》可知, 节省钢材的经济断面 b 为 $1.25h\sim 1.67h$, 为了方便计算, 我们这里取 $b=1.5h$ 。还有一种对槽身过水断面起着决定性作用的水力要素是槽底纵坡 i , 相对于这种影响来说, 槽身断面形式和深宽比 h/b 的影响则是微小的。渡槽纵坡受多种因素制约, 纵坡大, 可减小槽身断面, 节省材料, 施工吊装方便, 且单位槽长的总荷载减小, 故可减小整个渡槽的工程量而降低投资; 但纵坡太大则流速增大, 将增加进出口的水头损失, 从而增加渡槽的总水头损失, 使自流灌溉面积减小, 最终降低了工程的经济效益。因此, 如何合理选择槽底纵坡, 同时过水断面还能满足槽身最佳宽深比, 这一点在渡槽设计中是至关重要的。

2 基本思想

根据灌区总体设计的要求确定了渡槽上下游渠道后, 渡槽上下游允许的最大总水头损失就已确定。在设计中, 渡槽总水头损失不能低于上下游渠道允许最大总水头损失, 以便保证渡槽的输水能力和下游渠道灌溉要求。但渡槽水头损失过小, 将会增大槽身断面, 故只要合理选择槽底纵坡, 使其总水头损失等于上下游渠道允许的最大水头损失, 同时使槽

身断面深宽比 $b/h=1.5$ (纵坡等参数一定时的最经济水力断面), 则渡槽设计是最经济的。本文按此要求来确定槽身纵坡 i 、断面水深 h 、净宽 b 等要素的。

3 最优纵坡的求解

渡槽上下游渠道确定后, 其上下游水力坡降 (即上下游渠道所允许的最大总水头损失) 就已确定, 见图 1。

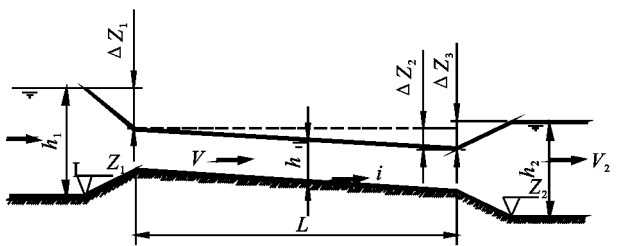


图 1 最优纵坡计算示意图

$$\Delta Z = (Z_1 + h_1 + \frac{V_1^2}{2g}) - (Z_2 + h_2 + \frac{V_2^2}{2g})$$

式中: Z_1 ——渡槽进口处渠道底高程, m; h_1 ——上游渠道水深, m; V_1 ——上游渠道流速, m/s; Z_2 ——渡槽出口处渠道底高程, m; h_2 ——下游渠道水深, m; V_2 ——下游渠道流速, m/s。

根据《水工设计手册》^[1] 计算的渡槽上下游总水头差为:

$$\Delta Z = \Delta Z_1 + \Delta Z_2 - \Delta Z_3 = \frac{2}{3}(1 + \zeta) \frac{V^2 - V_1^2}{2g} + iL$$

* 收稿日期: 2007-05-15
作者简介: 常林秀 (1957-), 女, 山西吕梁人, 工程师, 主要从事水利工程优化设计方面的研究。E-mail: clx1048@126.com

式中: ΔZ_1 ——渡槽进口水头降落值, $\Delta Z_1 = (1 + \zeta) [\frac{V^2 - V_1^2}{2g}]$; ΔZ_2 ——渡槽沿程水头损失, $\Delta Z_2 = iL$; ΔZ_3 ——渡槽出口水位回升值, $\Delta Z_3 = \frac{1}{3} \Delta Z_1$; V ——渡槽槽身断面流速, m/s; ζ ——渡槽进口流速系数, 根据不同的进口段形式查表选取; L ——渡槽长度, m。

将各参数代入并整理得

$$\Delta Z = \frac{(1 + \zeta)}{3g} (V^2 - V_1^2) + iL \tag{1}$$

根据明渠均匀流公式可知, 渡槽流速为:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}} \tag{2}$$

式中: n ——槽身糙率; R ——槽身过水断面水力半径, m。

将式(2)代入式(1)整理后为

$$\Delta Z = \frac{1}{n^2} \cdot \frac{(1 + \zeta)}{3g} \cdot R^{\frac{4}{3}} \cdot i - \frac{(1 + \zeta)}{3g} \cdot V_1^2 + iL \tag{3}$$

根据明渠均匀流公式可知, 渡槽流量为

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}} \tag{4}$$

设渡槽底宽为 b , 根据矩形渠道最佳水力断面宽深 $b/h = 1.5$, 则有 $A = 3 h^2/2$, $R = 3 h/7$, 由此联合求解式(3)和式(4), 即可求得最优纵坡和断面时的水深方程为

$$[\Delta Z + \frac{(1 + \zeta)}{3g} V_1^2] \cdot h^{\frac{16}{3}} - 0.148 \frac{(1 + \zeta)}{g} Q^2 h^{\frac{4}{3}} - 1.375 \ln^2 Q^2 = 0 \tag{5}$$

此方程可按一元四次方程求出最优纵坡及断面下水深 h 的精确解, 但由于其解法过于繁琐, 工程设计应用中可采用二分法、牛顿迭代法等方法求出其近似解。只要将允许误差取到足够小, 近似解完全能满足工程设计及运用要求。水深确定后, 按照水力最经济断面条件 $b = 1.5h$ 及式(4)即可求出槽身净宽 b 及最优纵坡 i 。至此, 渡槽最优纵坡、最优过水断面均已求出。

4 渡槽最优水力要素计算步骤

最优水力要素的计算一般是指上下游渠道及渡槽材料和渡槽长度都已确定的情况下求渡槽最优的纵坡 i 、净宽 b 和水深 h , 具体步骤为将已知条件代入式(3)后, 求出上下游渠道允许的最大水头损失 ΔZ , 然后将 ΔZ 及其他已知条件代入式(5)。

$$f(h) = (\Delta Z + \frac{(1 + \zeta)}{3g} V_1^2) \cdot h^{\frac{16}{3}} - 0.148 \frac{(1 + \zeta)}{g} Q^2 h^{\frac{4}{3}} - 1.375 \ln^2 Q^2 \tag{6}$$

用二分法求出 $f(h) = 0$ 时的水深 h 值(电算流程图见图 2), 按 $b = 2h$ 可求出渡槽净宽 b , 将 h 、 b 及其他已知参数代入式(4)后即可求出槽底纵坡 i 。

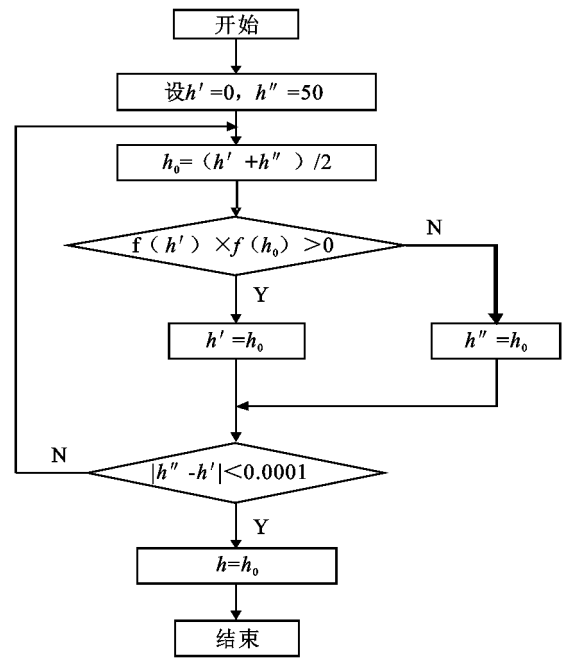


图 2 流程图

5 结 语

一般情况下, 渡槽的槽身总长度均大于进口前渠道水深的 20 倍, 所以本文计算槽底纵坡时槽内水流状态按明渠均匀流考虑。若为短渡槽, 过水流量与纵坡无关, 不能按本文推导公式计算。

本文是以矩形渡槽为例进行公式推导的, 若槽身为梯形、U 形等断面, 可按相应的最佳宽深比公式求出过水面积 A 和水力半径 R , 代入式(3)和式(4), 推导出相应的最优水深计算公式, 并由此来确定槽身为梯形、U 形等断面情况下的最优净宽及纵坡。另外, 本文只进行了最经济水力断面下的最优水力要素的推求, 最佳水力断面下的最优水力要素的推求可参照本方法进行。

本文所推导公式的方法同样适用于淤地坝无压涵洞、暗渠等类似工程。

参考文献:

- [1] 华东水利学院. 水土设计手册(8 卷)[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1992: 8-171.