

抛物线形渠道正常水深的直接近似计算公式

李风玲 文 辉

(茂名学院 , 广东 茂名 525000)

摘要 : 针对求解抛物线形断面输水渠道的正常水深十分困难这一问题 , 通过对其均匀流方程进行数学变换 , 应用拟合方法得到了抛物线形断面正常水深的近似计算公式。该公式形式简捷、结论准确 , 在工程常用范围内 $[0.01 \leq hP \leq 2.0]$ 最大误差小于 0.51% , 满足工程精度要求。

关键词 : 明渠水力计算 ; 水深近似算法 ; 抛物线形渠道

中图分类号 : TV133 文献标识码 : B 文章编号 : 1006-7647(2009)S1-0088-02

明渠过去最常用的过水断面为梯形断面 , 由于梯形断面渠口宽度大、占地多 , 而被新兴的 U 形渠道所替代 , 其抛物线形断面的衬砌渠道具有以下优点 : ①水力半径小 , 从而使沿程水头损失小 , 水力学条件优越 ; ②具有冻胀分布均匀 , 冻胀变形很小且易复位的抗冻特点 ; ③近几年随着施工机具的发展 , 抛物线形渠道由于方程的连续性在施工、制模中更容易计算和控制。因而 , 在水力发电渠道、灌溉渠道、排水渠道、城市给排水工程中以及在南水北调工程的中线和东线工程中应用广泛。但由于抛物线形断面的设计及水力计算中 , 其正常水深基本方程为含参数的高次方程 , 理论上无解析解 , 传统求解方法是用试算法、图解法及迭代法进行求解 , 计算过程相当繁琐且误差较大。目前对于抛物线形断面水力计算 , 卢琴等^[1]、赵延风等^[2]在收缩水深 , 张志昌等^[3-4]在临界水深、最优断面设计及测流 , 明万才等^[5]在正常水深迭代计算方面都取得了一些研究成果。笔者在抛物线形断面渠道设计中要尽可能与水力最优断面接近 , 以便获得优良的水力学条件和较好的经济性。文献^[3]得到的抛物线形渠道水力最优断面水深与抛物线形参数的关系为 $Ph = 0.946732$, 所以笔者也将重点考察特征水深范围为 $[0.01 \leq Ph \leq 2.0]$ 的抛物线形断面 , 从抛物线形断面明渠均匀流基本方程出发 , 对其进行恰当的恒等变形 , 应用优化拟合的方法 , 得到了抛物线形断面正常水深的直接近似计算公式。

1 正常水深的直接近似计算公式

1.1 过水断面、基本参数及水力要素

抛物线形过水断面见图 1 , 基本参数为形状系数 P 。抛物线形过水断面的水力要素^[4]如下 :

$$\begin{cases} \chi = \sqrt{\frac{h}{P}(1 + 4Ph)} + \frac{1}{2P} \ln(2\sqrt{Ph} + \sqrt{1 + 4Ph}) \\ A = \frac{4}{3} P^{-1/2} h^{3/2} \end{cases}$$

(1)

式中 : A 为过水断面面积 , m^2 ; χ 为湿周 , m ; P 为断面形状系数 ; h 为正常水深 , m 。

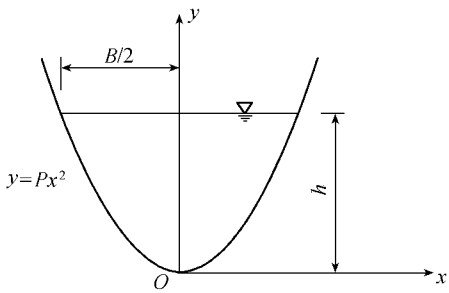


图 1 抛物线形断面示意图

1.2 直接近似计算公式

均匀流基本方程^[6]如下 :

$$Q = \sqrt{i} A^{5/3} n^{-1} \chi^{-2/3}$$

(2)

式中 : Q 为设计流量 , m^3/s ; i 为渠底坡降 ; n 为糙率系数。

联立式 (1) 和式 (2) 即可得到抛物线形渠道正常水深与流量的关系式 :

Q = \frac{\sqrt{i}}{n} \left(\frac{4}{3} P^{-1/2} h^{3/2} \right)^{5/3} \left[\sqrt{\frac{h}{P} (1 + 4Ph)} + \frac{1}{2P} \ln(2 \sqrt{Ph} + \sqrt{1 + 4Ph}) \right]^{-2/3} \tag{3}

但该方程为超越方程,无法直接求解,可通过恒等变形及优化拟合得到正常水深的近似计算公式。

设无量纲参数

M = \frac{nQ}{\sqrt{i}} P^{8/3} \tag{4}

则特征水深

h_0 P = 1.0483 M^{0.4693} + 0.0761 M + 0.0002 \tag{5}

所以

h_0 = P^{-1} (1.0483 M^{0.4693} + 0.0761 M + 0.0002) \tag{6}

2 公式评价

通过设定抛物线形断面特征水深范围[0.01≤hP≤2.0],由式(5)计算特征水深 h_0 P ;误差计算 Δ = (h_0 P - hP) / (hP) × 100%。结果列于表 1。从表 1 中看出,最大误差小于 0.51%,精度满足工程需要。

表 1 公式(5)计算结果精度评价

hP	Δ/%	hP	Δ/%	hP	Δ/%
0.01	-0.35384	0.70	-0.37349	1.40	-0.31448
0.05	0.12827	0.75	-0.41559	1.45	-0.26767
0.10	0.45111	0.80	-0.44917	1.50	-0.21654
0.15	0.50629	0.85	-0.47460	1.51	-0.20581
0.20	0.46173	0.90	-0.49224	1.55	-0.16128
0.25	0.37614	0.95	-0.50245	1.60	-0.10210
0.30	0.27484	1.00	-0.50560	1.65	-0.03915
0.35	0.17011	1.01	-0.50541	1.70	0.02740
0.40	0.06830	1.05	-0.50202	1.75	0.09739
0.45	-0.02721	1.10	-0.49205	1.80	0.17068
0.50	-0.11467	1.15	-0.47601	1.85	0.24713
0.51	-0.13111	1.20	-0.45418	1.90	0.32661
0.55	-0.19322	1.25	-0.42686	1.95	0.40899
0.60	-0.26252	1.30	-0.39431	2.00	0.49416
0.65	-0.32256	1.35	-0.35677		

3 计算步骤及应用举例

计算正常水深步骤如下:①根据已知条件,由式(4)求参数 M ;②由式(5)求得 h_0 P ;③由式(6)求得 h_0。

算例^[3]已知某抛物线形断面渠道 y = 0.016x²,渠道底坡 i = 0.52 × 10⁻³,糙率系数 n = 0.025。求流量 Q = 77.702 m³/s 时的正常水深 h。

解 由式(4)得 M = 0.001385,由式(5)得

h_0 P = 0.04805,由式(6)得 h_0 = 3.003125 m(精确解 h = 3.0 m)相对误差为 0.1042%。

4 结 语

误差分析及实例计算表明本文方法具有适用范围广、形式较简洁及计算精度高的特点。该方法将为抛物线形断面在工程实践中发挥一定的指导作用。

参考文献:

[1] 芦琴,王正中,任武刚.抛物线形渠道收缩水深简捷计算公式[J].干旱地区农业研究,2007,25(2):134-136.
[2] 赵延凤,宋松柏,孟秦倩.抛物线形断面渠道收缩水深的直接计算方法[J].水利水电技术,2008,39(3):36-38.
[3] 张志昌,刘亚菲,刘松舰.抛物线形渠道水力最优断面的计算[J].西安理工大学学报,2002,18(3):235-237.
[4] 张志昌,刘松舰,刘亚菲.抛物线形渠道长喉道测流槽的水力设计方法[J].西安理工大学学报,2003,19(1):51-55.
[5] 明万才,黄开路,张晓莲.抛物线形断面明渠的水力计算探讨[J].水利科技与经济,2002,8(2):74.
[6] 吴持恭.水力学[M].北京:高等教育出版社,1982.

(收稿日期 2009-02-12 编辑 高建群)

· 简讯 ·

“第五届世界水论坛”在伊斯坦布尔举行

2009年3月16日,“第五届世界水论坛”在土耳其伊斯坦布尔金号角会展中心隆重开幕,2.8万名代表出席会议。中国代表团成员出席了开幕式。第五届世界水论坛的中心主题是“跨越水的鸿沟,强调全球各地区参与水管理或受水影响的各方之间应加强沟通、交流和协调”。论坛在中心主题下设立了6个子主题,分别是全球变化和风险管理、推进人类发展和千年发展目标、管理和保护水资源及供水设施以满足人类和环境的需求、水治理和管理、水融资,以及教育、知识和能力建设;在子主题下又设立24个议题。在此后的一周时间里,论坛通过部长级会议、区域日、议题分会、水展和水博览会以及水文化活动等多种形式,展开研讨和交流,共同为世界水问题的解决做出努力。论坛期间,有156个国家代表团包括90多位部长、63名市长和148位议员出席了论坛。

(编辑部供稿)