

文章编号:1007-2993(2013)05-0222-05

公路测量工程中常见类型曲线坐标里程计算方法探究

姜 泉 姚培军

(中兵勘察设计研究院,北京 100053)

【摘要】 结合具体实例介绍了当前公路测量工程中常见类型曲线中线坐标、里程、曲线元素计算的主要技术方法、程序设计编制及其运用方法,特别是解决了两端插入非对称型缓和曲线的圆曲线中线计算,并结合 CAD 绘图系统提出了相应的解决办法。

【关键词】 圆曲线;缓和曲线;回头曲线;曲线主点;曲线元素;交点

【中图分类号】 TU 198.2

【文献标识码】 A

doi:10.3969/j.issn.1007-2993.2013.05.002

Highway Surveying Engineering Common Types of Curvilinear Coordinates Mileage Calculation Method to Explore

Jiang Quan Yao Peijun

(China Ordnance Industry Survey, Design & Research Institute, Beijing 100053, China)

【Abstract】 This article unified the concrete example to introduce the current highway surveying project in the common type curve the line coordinates, the course, the curve element computation main technical method, the programming established and utilized the method, specially solved the both sides to insert the asymmetrical transition curve the circular curve median line computation, and unified the CAD cartography system to propose the corresponding solution.

【Key word】 circular curve; transition curve; switch-back curve; curve principal point; element of curve; point of intersection

0 引言

在公路测量工程中,公路中线的坐标、里程及曲线元素的计算是其中的一项重要内容,它不仅是施工放样、纵横断面测量的依据,而且是检验设计数据正确性的最有效方法。通常情况下测量人员根据设计给出的线路中线起终点、各交点坐标、转角、半径等必要的设计数据来计算整条线路的中线坐标、里程及相应的曲线元素,当路线较长、曲线复杂或加桩过密时,往往计算工作量会很大,会消耗测量技术人员过多的工作时间和精力,随着当今测绘新技术的发展,已将实时动态 RTK GPS 测量(单基准站或网络 RTK)技术广泛用于公路中线施工放样定位、纵横断面测量。本文结合近几年承担的城市公路测量工程实例,对这些道路主线、桥梁及匝道等设计中采用曲线的坐标、里程计算方法进行了一些实用性探究,并设计了一套涵盖常见基本类型曲线坐标、里程计算的程序,程序自动生成的中线坐标、里程文件,既可用于 CAD 系统绘图编辑,也可通过格式转换

或直接复制到全站仪或 RTK GPS 测量控制手簿中,有效地解决了测量内外业数据采集一体化的问题,大大提高了野外测绘工作效率。

1 公路设计中采用的常见曲线类型

1.1 曲线类型一

单一圆曲线见图 1,图中 JD_i 、 O_i 、 ZY_i 、 QZ_i 、 YZ_i

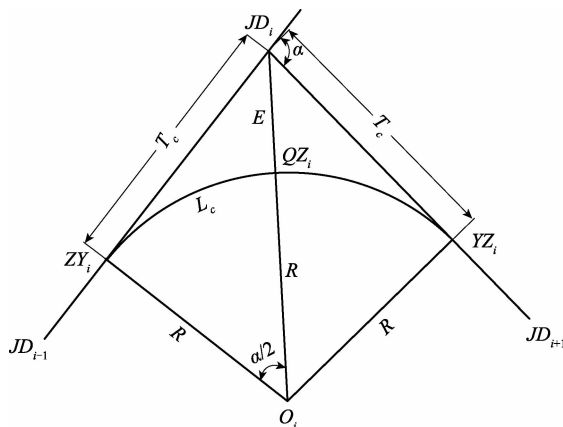


图 1 单一圆曲线

分别表示为该条曲线对应的交点、圆心、直圆点、曲中点、圆直点, α 为转折角, R 为圆曲线半径, T_c 为切线长, L_c 为圆曲线长, E 为外矢距, 其中 JD 点坐标、转折角 α 、圆曲线半径 R 均由设计给定。

1.2 曲线类型二

两端插入对称缓和曲线的圆曲线见图 2, 为一条两端插入对称、等长度缓和曲线的圆曲线(也称为基本型曲线), 图中 JD 、 O 、 ZH 、 HY 、 QZ 、 YH 、 HZ 分别表示为该条曲线对应的交点、圆心、直缓点、缓圆点、曲中点、圆缓点、缓直点, α 为转折角, β 为缓和曲线角, L_h 为缓和曲线长, R 为圆曲线半径, T 为切线长, L_c 为圆曲线长, L 为总曲线长, E_c 为未设缓和曲线时外矢距, E 为设有缓和曲线后之外矢距, 其中 JD 点坐标、转折角 α 、缓和曲线长 L_h 、圆曲线半径 R 均由设计给定。

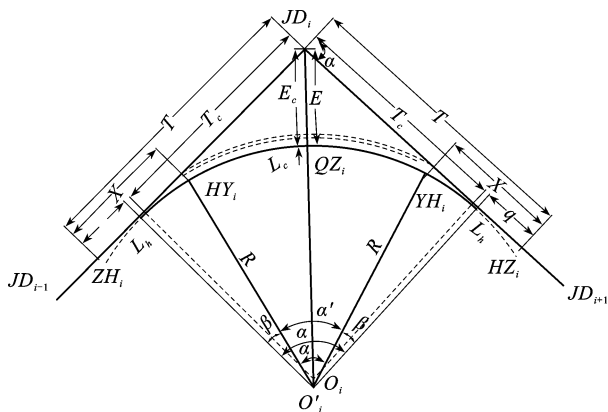


图 2 两端插入对称缓和曲线的圆曲线

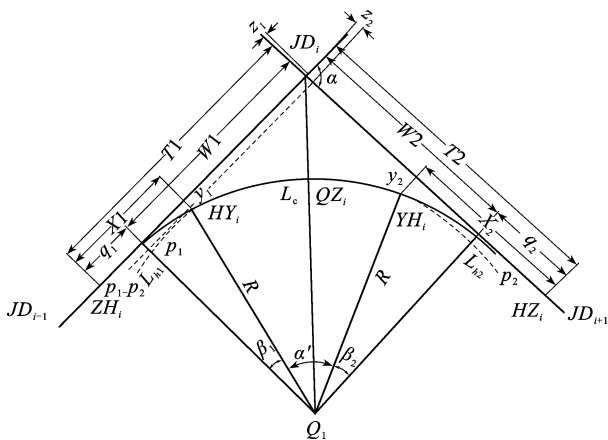


图 3 两端插入非对称缓和曲线的圆曲线

1.3 曲线类型三

两端插入非对称缓和曲线的圆曲线见图 3, 为一条两端插入非对称、不等长度缓和曲线的圆曲线(也称为非对称型曲线), 图中 JD 、 O 、 ZH 、 HY 、 QZ 、 YH 、 HZ 分别表示为该条曲线对应的交点、圆心、直

缓点、缓圆点、曲中点、圆缓点、缓直点, α 为转折角, β_1 、 β_2 为第一、第二缓和曲线角, L_{h1} 、 L_{h2} 为第一、第二缓和曲线长, R 为圆曲线半径, T_1 、 T_2 为第一、第二切线长, L_c 为圆曲线长, L 为总曲线长, 其中 JD 点坐标、转折角 α 、缓和曲线长 L_{h1} 和 L_{h2} 、圆曲线半径 R 均由设计给定。

1.4 曲线类型四

两端插入对称缓和曲线的回头曲线见图 4, 为一条两端插入对称、等长度缓和曲线的回头曲线, 图中 JD 、 O 、 ZH 、 HY 、 QZ 、 YH 、 HZ 分别表示为该条曲线对应的交点、圆心、直缓点、缓圆点、曲中点、圆缓点、缓直点, α 为转折角, β 为缓和曲线角, L_h 为缓和曲线长, R 为圆曲线半径, T 为切线长, L_c 为圆曲线长, L 为总曲线长, 其中 JD 点坐标、转折角 α 、缓和曲线长 L_h 、圆曲线半径 R 均由设计给定。

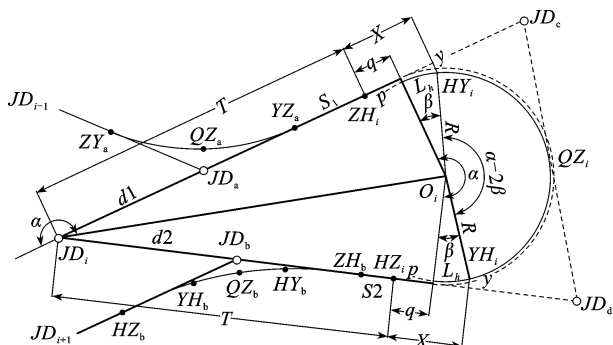


图 4 两端插入对称缓和曲线的回头曲线

2 常见类型曲线坐标里程计算方法

2.1 曲线元素计算

对于上述四种常见类型的曲线, 首先必须按设计给定的转角、半径、缓和曲线长等必要元素参照与其相对应公式正确计算出对应类型的其他曲线元素, 由于篇幅所限, 具体公式在此不一一罗列, 可参照文献[1]所列。

但在按相应曲线元素公式计算时须注意以下几点: ①对于曲线类型三, 先分别按两端的缓和曲线长计算出相对应的 β_1 、 x_1 、 y_1 、 p_1 、 q_1 、 w_1 和 β_2 、 x_2 、 y_2 、 p_2 、 q_2 、 w_2 , 还须计算出交点偏距 z_1 和 z_2 , 其中 $z_1 = (p_1 - p_2) / \tan \alpha$ 、 $z_2 = (p_1 - p_2) / \sin \alpha$; ②对于曲线类型三, 由于圆曲线的两端缓和曲线不等长, 所以对于曲中点在不同教科书中存有不同的理解, 本文则将曲线转折角的右角平分线与圆曲线的交点定义为该条曲线的曲中点, 程序设计时也按此定义来进行各曲线元素和曲线主点及加桩坐标里程的推算; ③对于曲线类型三和类型四, 外矢距 E 的计算值实地不能将之作为曲线设计、放样精度的一种检核参数;

④对于曲线类型四,实际计算时可分解为两条曲线类型三来处理,将曲中点作为分解后两条曲线的公切点,同时又作为其中一条曲线的终点、另一条曲线的起点,即分解为一条曲线的缓和曲线长为 L_{h1} 和 0、另一条曲线的缓和曲线长为 0 和 L_{h2} ,然后按曲线类型三的计算方法计算出其他元素值。

2.2 各曲线主点里程推算

当所有必要的曲线元素值计算出来后,就可参照文献[1]所列相对应公式来推算出对应类型的各曲线主点里程。在此需说明的是:本条曲线的起点即 ZY 点或 ZH 点的里程,可根据本条曲线交点和相邻前一条曲线终点(即 YZ 点或 HZ 点)的坐标及其里程推算得来,用公式可表述为: $K_i = K_{i-1} + D - T_i$,其中 K_{i-1} 为相邻前一条曲线终点的里程, D 为本条曲线交点和相邻前一条曲线终点的坐标反算后得出的平面距离, T_i 为本条曲线交点至本条曲线的起点的切线长。

2.3 各曲线主点坐标计算

在进行各曲线主点里程计算的同时,还必须根据曲线交点的坐标、与相邻前一条曲线交点的方位角、转角、半径和其他已经计算得到各曲线元素来推算出对应类型的各曲线主点坐标,可参

照以往文章中所列公式来进行计算。计算时需说明的是:①在实际运用中可将一条类型四曲线分解为由特殊的两条类型三曲线进行组合而成,其中一条可设定成 $L_{h1} = L_h, L_{h2} = 0$,而另一条设定为 $L_{h1} = 0, L_{h2} = L_h$,然后其他曲线元素均可按曲线类型三的相应公式分别进行计算;② X_o, Y_o 为圆心 O 点的坐标, A_{HY} 为圆心 O 点至缓圆点 HY 的方位角,其中 $X_o = X_{JDi} + (T_1 - q_1) \cdot \cos(A_1 \pm 180) + R \cdot \cos(A_1 \pm 90)$, $Y_o = Y_{JDi} + (T_1 - q_1) \cdot \sin(A_1 \pm 180) + R \cdot \sin(A_1 \pm 90)$,方位角 A_{HY} 可由圆心 O 点至缓圆点 HY 的坐标反算求得;③当遇到特殊的曲线类型三时,即圆曲线的两端缓和曲线中有任意一端长为某一数值 $L_h (> 0)$,而另一端长为 0,按设计给定的圆曲线半径 R 计算出圆曲线长 $L_c = 0$,此时恰好总曲线长 L 与 L_h 相等,也就是实际上整条曲线仅只有一条缓和曲线组成,在此情况下按上述方法计算得到的曲中点坐标不能取用,其点位会偏离缓和曲线,应予以舍去。

3 常见类型曲线坐标里程计算程序设计

3.1 程序设计框图

程序设计框图见图 5。

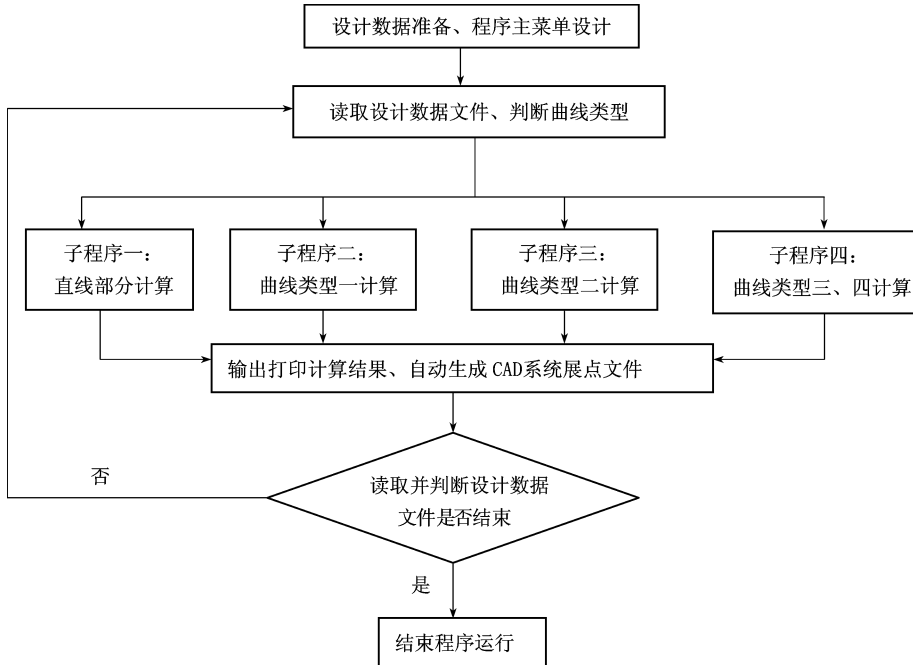


图 5 程序设计框图

3.2 程序运行说明

在利用上述程序计算时,首先必须建立设计数据相对应的文本文件,文件格式为:

$X0, Y0, K0, V$

$X1, Y1, CT1, I1, R1, Lh1, Lh2, S, "Y", S1$
 $X2, Y2, CT2, I2, R2, Lh1, Lh2, S, "Y", S1$

 0,0

上述文件格式说明:①第一行为线路起点的 X 与 Y 坐标、起始里程、点号;第二行以后依次为每条曲线的交点 X 与 Y 坐标、曲线类型、转角、半径、第一缓和曲线长、第二缓和曲线长、直线桩距、曲线加桩判断符、曲线加桩桩距;② CT 为曲线类型值,输入值为 1、2、3、4 则分别对应直线、单一圆曲线、两端插入对称型缓和曲线的圆曲线、两端插入非对称型缓和曲线的圆曲线;③转角输入时应带有正负号,左转时为负,右转时为正;④当曲线为单一圆曲线时,第一、第二缓和曲线长输入时为 0,即 $L_{h1} = L_{h2} = 0$;⑤当曲线为圆曲线两端插入对称型缓和曲线时,第一、第二缓和曲线长输入时为同一数值,即 $L_{h1} = L_{h2} = L_h$;⑥当曲线为圆曲线两端插入非对称型缓和曲线时,第一、第二缓和曲线长分别输入不同数值;⑦ S 为直线桩距,按设计要求具体值输入;⑧“ Y ”为曲线部分需要加桩的判断符,如不需要加桩则输入“ N ”, S_1 为曲线加桩桩距,需要加桩时按设计要求具体值输入,不需要加桩时输入为 0;⑨数据文件最后一行均以“0,0”作为结束符。

当设计数据按上述要求输入后,即可运行本程序,依程序提示先后输入设计数据文件名、CAD 展点文件名,则程序自动计算打印出曲线交点坐标里程、相邻交点的距离及方位角、曲线元素、曲线主点坐标里程、直线及曲线加桩坐标里程,并将每点的点号、坐标、里程自动保存至所输入的 CAD 展点文件中。

4 工程实例

4.1 工程概况

某城市在两条高速路相交处设计了一座大型立交桥,该桥设计除两条高速路主线外,还设计有 $A \sim H$ 等八条匝道,匝道中线设计全部采用了两端插入非对称型缓和曲线的圆曲线,所有匝道线路总长为 7415.52 m,直线部分桩距为 50 m,曲线加桩间距为 20 m,其中 A 匝道设计包含有起点、终点、两个交点,两个交点处均采用了两端插入非对称型缓和曲线的圆曲线,线路长为 758.92 m。在运用本程序计算时,首先建立了如下格式的设计数据文本文件(文件名可任意选取,如 AZD. dat):

```
331479.508,510839.072,0,32
331709.691, 510870.601, 4, 48.5458, 300,
200.08,75.00,50,“Y”,20
331891.642, 511147.760, 4, 45.1035, 350,
0.00,178.57,50,“Y”,20
331844.052,511373.739,1,0,0,0,0,0,“N”,0
0,0
```

然后直接运行本程序,依程序提示先输入上述设计数据文件名如 AZD. dat,后输入 CAD 展点文件名如 AZD. xy,则程序自动计算打印出所有中线各点坐标里程成果,成果格式如下(限于篇幅,仅将主要数据列出):

```
JD0 K = 0 + 0.000 X = 331479.508
Y = 510839.072 V = 32
A(JD0 - JD1) = 7.4758 S0 = 232.333
JD1 K = 0 + 232.333 X = 331709.691
Y = 510870.601 V = 33
转角 I = 48.5458 半径 R = 300.000 圆曲
线长 LC = 118.584
总曲线长 L = 393.664 外矢距 NC =
33.095 切曲差 DR = 19.266
缓和曲线长:
左 Lh = 200.080 右 Lh = 75.000
切线长:左 TC = 232.331 右 TC = 180.600
切线角:左 b = 19.0622 右 b = 7.0943
圆曲线内移量:左 p = 5.538 右 p = 0.781
切线延伸量:
左 m = 99.670 右 m = 37.480
z1 = 4.148 z2 = 6.311
曲线部分:
ZH1 K = 0 + 0.002 X = 331479.510
Y = 510839.073 V = 34
HY1 K = 0 + 200.082 X = 331672.553
Y = 510887.785 V = 35
QZ1 K = 0 + 228.104 X = 331696.913
Y = 510901.613 V = 36
YH1 K = 0 + 318.666 X = 331765.099
Y = 510960.689 V = 37
HZ1 K = 0 + 393.666 X = 331808.804
Y = 511021.575 V = 38
曲线加桩:
K = 0 + 20.000 X = 331499.321 Y =
510841.809 V = 39
.....
K = 0 + 380.000 X = 331801.288 Y =
511010.161 V = 57
A(JD1 - JD2) = 56.4257 S0 = 150.948
JD2 K = 0 + 544.613 X = 331891.642
Y = 511147.760 V = 58
转角 I = 45.1035 半径 R = 350.000 圆曲
线 LC = 186.682
```

总曲线长 $L = 365.252$ 外矢距 $N_c =$
 31.162 切曲差 $D_R = 16.628$
 缓和曲线长:左 $L_h = 0.000$ 右 $L_h = 178.570$
 切线长:左 $T_C = 150.946$ 右 $T_C = 230.934$
 切线角:左 $b = 0.0000$ 右 $b = 14.3658$
 圆曲线内移量:左 $p = 0.000$ 右 $p = 3.787$
 切线延伸量:左 $m = 0.000$ 右 $m = 89.092$
 $z_1 = 4.148$ $z_2 = -5.340$

曲线部分:
 $ZH_2 K = 0 + 393.667$ $X = 331808.804$
 $Y = 511021.576$ $V = 59$
 $HY_2 K = 0 + 393.667$ $X = 331808.805$
 $Y = 511021.576$ $V = 60$
 $QZ_2 K = 0 + 531.650$ $X = 331860.138$
 $Y = 511148.694$ $V = 61$
 $YH_2 K = 0 + 580.349$ $X = 331865.824$

$Y = 511197.020$ $V = 62$
 $HZ_2 K = 0 + 758.919$ $X = 331844.054$
 $Y = 511373.738$ $V = 63$

曲线加桩:
 $K = 0 + 400.000$ $X = 331812.232$ $Y = 511026.902$ $V = 64$

 $K = 0 + 740.000$ $X = 331847.935$ $Y = 511355.222$ $V = 81$
 $A(JD_2 - JD_3) = 133.4138$ $S_0 = 0.003$
 $JD_3 K = 0 + 758.921$ $X = 331844.052$ $Y = 511373.739$ $V = 82$

其他匝道中线按以上同样方法计算出中线各点坐标里程后,自动生成 CAD 展点文件,经适当连线编辑就可得到整座立交桥中线图形(见图 6)。

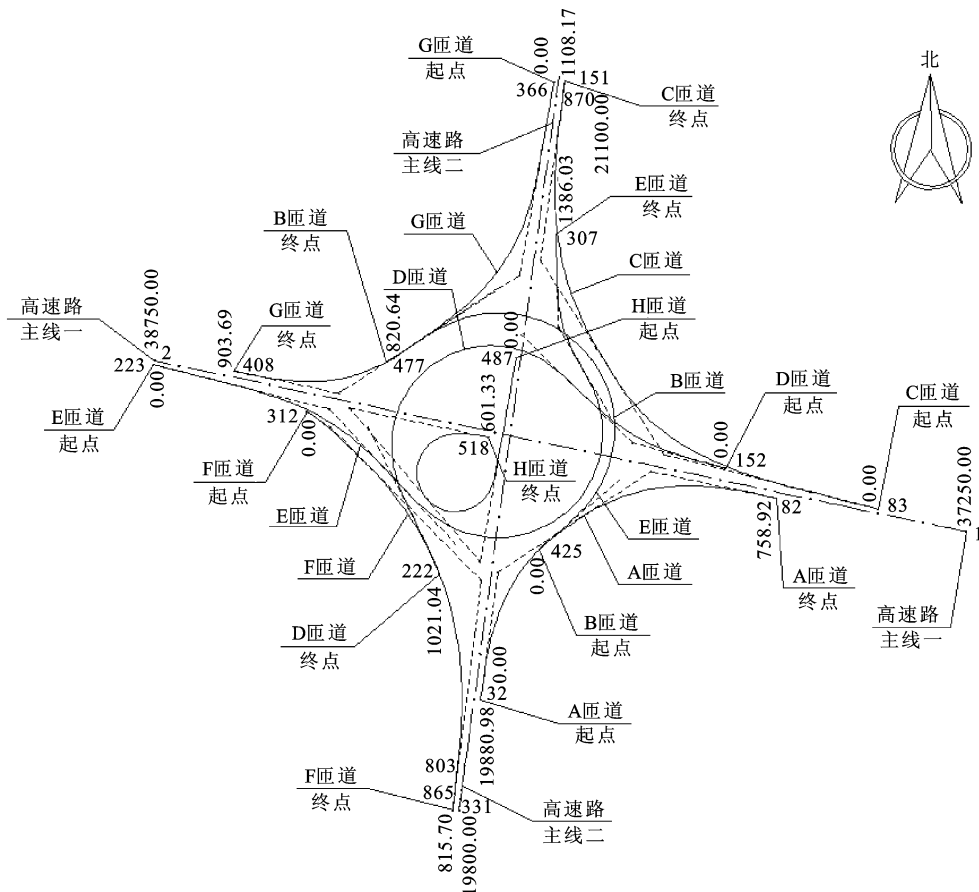


图 6 立交桥中线图形

4.2 计算成果与设计值比较

在上述 A 匝道中线计算结果中选择曲线主点、任选其中几个加桩点坐标与设计提供值进行比对,需要说明的是:①相对以上非对称型曲线类型,其曲中点存在着不同的理解定义,所以未将其坐标里程

计算成果参与比较;②实际作业中,对于各中线桩点里程推算的精度要求至厘米即可,比较结果显示二者仅在毫米尾数上有略微差值,实际作业时相对于公路中线平面的精度要求而言可完全忽略

(下转第 233 页)

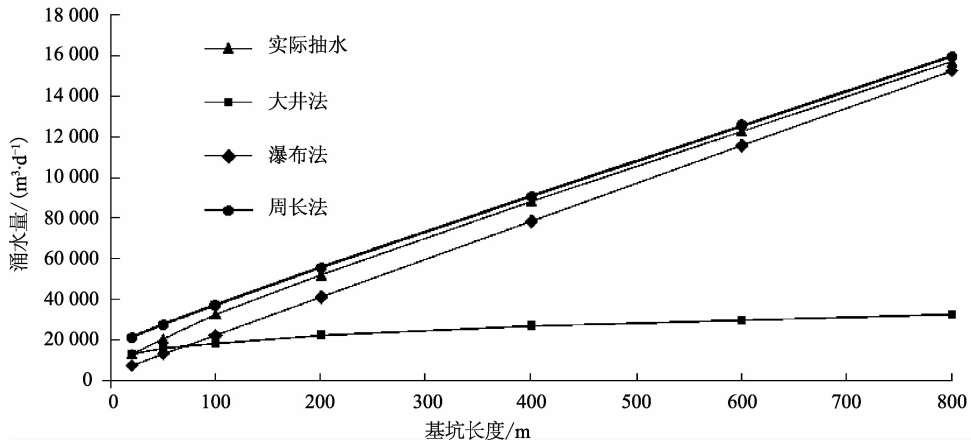


图6 涌水量随基坑长度变化曲线图

4 结论

1)本文分析了潜水完整井矩形基坑的涌水量,以裘布依假定为理论基础,推导了长条形基坑的计算方法。

2)通过工程实例,对大井法、瀑布法及周长法涌水量计算结果进行了比较,认为大井法适合长宽比较小时基坑的涌水量计算,而周长法及瀑布法适合于长宽比较大时基坑的涌水量计算。

3)本文方法可以用于指导矩形基坑降水设计。

参考文献

[1] 李再兴,梁杏. 大井法在基坑涌水量计算中的应用[J]. 人民长江,2009(15):50-52.
 [2] 卢德生. 基坑降水的非完整井流计算[J]. 岩土工程技术 1998(2):44-47.

[3] 中华人民共和国. JGJ 120-99 建筑基坑支护技术规程[S]. 北京:中国建筑工业出版社,1999.
 [4] 姚天强,石振华. 基坑降水手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2006.
 [5] 吴林高. 工程降水设计施工与基坑渗流理论[M]. 北京:人民交通出版社,2003.
 [6] Terzaghi K, Peck R B, Mesri G. Soil Mechanics in Engineering Practice[M]. Third edition, New York: John Wiley & Sons, 1996.
 [7] Shen S L, Tang C P, Bai Y, et al. Analysis of settlement due to withdrawal of groundwater around an unexcavated foundation pit[J]. Underground Construction and Ground Movement. Geotechnical Special Publication, 2006.

收稿日期:2013-07-24

(上接第 226 页)

不计,显然实际计算值与设计值完全一致,也说明了本程序的计算结果精度可靠,可完全满足实际需要。

5 结语

虽然随着现代计算机技术的突飞猛进,设计人员的设计手段得到大幅改进,各类复杂的曲线中线坐标里程推算已不再是难题,但是在设计过程中由于受到实际困难地形条件或遇狭小地理空间等情况的限制,在最终确定方案前经常会对中线作稍微调整,甚至给出多套方案要求测量人员实地放样提供纵横断面数据作选线比较,因而设计人员提供给测量人员的曲线中线坐标里程成果往往会与提供的曲线交点坐标、转角、半径、缓和曲线长等设计值不符。为减少此类错误的发生,检验各项设计值的正确可靠性,避免不必要返工,我认为广大测量技术人员在

公路、铁路等线路测量工程中仍然很有必要根据设计人员提供的曲线交点坐标、转角等必需设计值进行中线坐标、里程推算。

参考文献

[1] 侯家珍. 施工图设计阶段的公路测量[J]. 军工勘察, 1993(3):30-44.
 [2] 张正禄,等. 工程测量学[M]. 武汉:武汉大学出版社,2002.
 [3] GB 50026-2007 工程测量规范[S]. 北京:中国标准出版社,2007.
 [4] JTG C10-2007 公路勘测规范[S]. 北京:人民交通出版社,2007.
 [5] 北京市质量技术监督局. DB11/T 339-2006 北京市工程测量技术规程[S].

收稿日期:2013-05-03