

# 基于 VB 与 Matlab 的任意缓和曲线坐标计算

张帅帅<sup>1</sup>, 于胜文<sup>2</sup>, 王鸣翠<sup>2</sup>, 刘尚国<sup>2</sup>

(1. 济南市勘察测绘研究院, 山东 济南 250013; 2. 山东科技大学 测绘科学与工程学院, 山东 青岛 266590)

**摘要:**通过对完整缓和曲线参数方程进行分析, 构建了以缓和曲线上任意一点为坐标原点的切线直角坐标系, 进而推出完整、非完整缓和曲线的切线直角坐标通用计算公式。结合 VB 程序设计界面友好以及 Matlab 数值积分运算函数精度较高的特点, 设计实现了缓和曲线坐标计算程序, 并根据某高速公路工程中的匝道设计数据, 利用该程序对匝道中的缓和曲线坐标进行了计算, 检验了程序的准确性和可靠性。

**关键词:**完整缓和曲线; 非完整缓和曲线; VB; Matlab; 坐标计算

中图分类号: P258      文献标志码: A      文章编号: 1672-3767(2014)04-0076-05

## The Coordinate Calculation of Arbitrary Easement Curve Based on VB and Matlab

Zhang Shuaishuai<sup>1</sup>, Yu Shengwen<sup>2</sup>, Wang Mingcui<sup>2</sup>, Liu Shangguo<sup>2</sup>

(1. Jinan Geotechnical Investigation and Surveying Institute, Jinan, Shandong 250013, China;

2. College of Geomatics, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266590, China)

**Abstract:** Based on the analysis of complete easement curve's parameter equation, a tangential rectangular coordinate system whose coordinate origin can be any point on the curve was built. Then the common formula for calculating the complete and incomplete easement curve's tangential rectangular coordinate was ascertained. A program for the coordinate calculation of easement curve which combined the friendly programming interface of VB and the precision integral operation of matlab was designed and achieved with the programming language of VB and Matlab. With the designed data, the coordinate of easement curves in a freeway ramp project were calculated, which verified the accuracy and reliability of the program.

**Key words:** complete easement; incomplete easement; Visual Basic; Matlab; coordinate calculation

在线路工程中, 缓和曲线的测设是一项重要的测量工作。在测设之前, 需要对缓和曲线上任意点坐标进行准确地计算, 完整缓和曲线的坐标计算相对比较简单<sup>[1]</sup>, 而非完整缓和曲线在计算时需要将非完整缓和曲线延伸为完整缓和曲线, 根据完整缓和曲线公式计算任意一点的直角坐标, 再通过多次坐标系转换, 才能计算出非完整缓和曲线的任意点坐标, 计算过程较为复杂和困难<sup>[2-3]</sup>。

本研究通过对完整及非完整缓和曲线进行分析, 构建了以缓和曲线上任意一点为坐标原点的切线直角坐标系, 推导完整与非完整缓和曲线坐标通用计算公式; 综合 Matlab 强大的数值运算能力以及 VB 友好的可视化界面设计功能对其进行编程实现; 最后, 根据某高速公路工程匝道的的设计数据, 对匝道中的完整、非完整缓和曲线坐标进行计算分析, 检验其准确性, 取得了较好的结果。

## 1 任意缓和曲线的坐标计算

### 1.1 缓和曲线基本公式

在我国公路工程中, 通常规定缓和曲线采用回旋线的形式, 回旋线上任意一点的曲率半径  $R$  随该点至

起点的曲线长度  $l$  的变化而变化,其基本公式<sup>[3]</sup>为:

$$R \cdot l = A^2. \quad (1)$$

其中: $R$  为回旋线上任意一点的曲率半径; $l$  为回旋线上任意一点到原点的曲线长; $A$  为回旋线参数。

### 1.2 缓和曲线坐标计算

建立以缓和曲线上任意一点  $o$  为原点,过  $o$  点的缓和曲线切线为  $x$  轴,以  $o$  点上缓和曲线的半径为  $y$  轴的直角坐标系,并记  $o$  点处曲线半径为  $R_1$ ,如图 1 所示。

从图 1 中可以看出,缓和曲线上任一点的坐标,可由  $dx, dy$  与对应微分线段  $dl$  之间的关系式取定积分求得,即:

$$\left. \begin{aligned} x &= \int_{l_1}^l \cos \alpha dl \\ y &= \int_{l_1}^l \sin \alpha dl \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

其中: $\alpha$  为  $l$  的函数。根据弧长与半径的关系,以及回旋线的基本公式(1),并取定积分,有:

$$\alpha = \int_{l_1}^l \frac{l}{A^2} dl = \frac{l^2 - l_1^2}{2A^2}. \quad (3)$$

将式(3)代入式(2),则得:

$$\left. \begin{aligned} x &= \int_{l_1}^l \cos \frac{l^2 - l_1^2}{2A^2} dl \\ y &= \int_{l_1}^l \sin \frac{l^2 - l_1^2}{2A^2} dl \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

式(4)即任意缓和曲线坐标计算方程,通过对式(4)进行分析可知,当  $l_1 > 0$  时,式(4)即非完整缓和曲线的坐标计算公式, $o$  点即非完整缓和曲线的起点,亦为 YH 点;当  $l_1 = 0$  时,缓和曲线起点  $o$  亦为 ZH 点,式(4)则为完整缓和曲线的坐标计算公式,将  $\cos$  和  $\sin$  函数利用泰勒级数展开,并带入进行定积分运算,可得到完整缓和曲线参数方程形式<sup>[1]</sup>。

### 1.3 曲线坐标转换到测量坐标系中的坐标

在线路工程中,为保证测量精度,一般采用国家坐标系(大地坐标)建立一个贯穿全线统一的坐标系,根据路线地理位置和几何关系计算出线路上各点的统一坐标<sup>[2-3]</sup>。以缓和曲线起点为原点建立切线直角坐标系  $xoy$ ,则缓和曲线上任意一点在大地坐标系中的坐标为:

$$\left. \begin{aligned} X &= X_{Z/YH} + x \cos A_{Z/YH} - \zeta y \sin A_{Z/YH} \\ Y &= Y_{Z/YH} + x \sin A_{Z/YH} + \zeta y \cos A_{Z/YH} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

其中:当缓和曲线位于切线右侧时, $\zeta = 1$ ;当缓和曲线位于切线左侧时, $\zeta = -1$ 。 $(X_{Z/YH}, Y_{Z/YH})$  为 ZH 点或 YH 点在大地坐标系中的坐标, $A_{Z/YH}$  为缓和曲线起点的坐标方位角, $(x, y)$  为缓和曲线任意一点在切线直角坐标系中的坐标。

## 2 基于 VB 与 Matlab 的缓和曲线坐标计算程序设计

### 2.1 主程序设计与实现

Matlab 具有强大的数值运算、符号计算以及矩阵处理功能,而且在数值积分运算方面提供了多个可直接调用的函数和命令,具有较高的精度。但是,Matlab 的不足之处在于可视化界面设计功能相对简单、粗糙,给友好界面的开发应用带来了不便。与之相比,Visual Basic(VB)程序设计极其快捷、方便,可视化界面编程能力强大,菜单、工具条、快捷方式等的设计与实现简单,但是对于数值计算方面的能力欠佳,运算速度慢,不适合进行大型的数值计算和图形处理。

而 AxtiveX 技术为实现 VB 可视化编程与 Matlab 数值运算的结合提供了方法,可以充分利用 Matlab

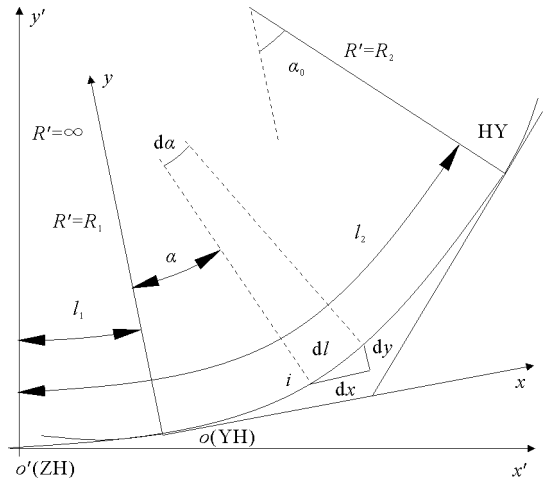


图 1 缓和曲线坐标系

Fig. 1 The coordinate system of easement

运算能力强大和 VB 开发界面方便的特点进行混合编程,即利用 VB 来设计界面作为主程序,并调用 Matlab 进行运算<sup>[4-7]</sup>,从而达到 Matlab 与 VB 优势互补的效果。

根据 VB 与 Matlab 的编程优势,以及 AxtiveX 技术进行编程,其主程序流程图如图 2 所示。

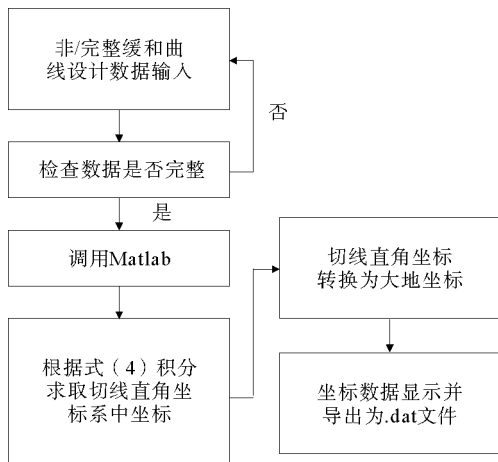


图 2 程序流程图

Fig. 2 Program flow chart



图 3 程序用户界面

Fig. 3 The user interface of program

根据程序流程图,利用 VB 编写主程序,完成程序用户界面设计,曲线设计数据的输入,Matlab 的调用,数据传输,切线直角坐标的计算与转换,坐标数据的显示以及导出为 .dat 文件等操作。其中,非完整缓和曲线坐标计算程序的用户界面设计如图 3 所示,其中包括有 Text,Command,Label,Frame 等控件。

## 2.2 VB 调用 Matlab

首先,在 VB 变量声明部分声明要调用 Matlab 的 ActiveX 对象<sup>[6]</sup>,代码如下:

```
Public Matlab As Object
```

并在其 Command1\_Click() 中给出下面命令来链接 Matlab 的 ActiveX 部件:

```
Set Matlab = CreateObject("Matlab.Application") '初始化对象
```

```
Call Matlab.MinimizeCommandWindow 'Matlab 窗口最小化
```

```
P=Matlab.execute(k) '执行 matlab 命令,k 为 Matlab 执行代码
```

## 2.3 Matlab 程序的设计

在 Matlab 中,数值积分函数 quad 采用自适应 Simpson 方法计算积分,具有较高的计算精度<sup>[8]</sup>,且由于式(4)利用泰勒级数展开不方便,所以,该程序设计时采用了 quad 函数直接对式(4)进行数值积分的方法求取完整或非完整缓和曲线各点的切线直角坐标,并转换为大地坐标。其主要程序代码如下:

```
%定义切线直角坐标的函数
```

```
p=inline(strcat('cos((l.^2-l1.^2)./(2.^',num2str(A),'^2)')), 'l');
```

```
q=inline(strcat('sin((l.^2-l1.^2)./(2.^',num2str(A),'^2)')), 'l');
```

```
l=l1 : dl : l2; s=size(l);
```

```
for i=1 : 1 : s(2);
```

```
%积分求取缓和曲线任意点切线直角坐标
```

```
x(i)=quad(p,0,l(i));
```

```
y(i)=quad(q,0,l(i));
```

```
%将切线直角坐标转换为大地坐标
```

```
X(i)=roundn((X0+x(i)*cos(A0)-r*y(i)*sin(A0)),-3);
```

```
Y(i)=roundn((Y0+x(i)*sin(A0)+r*y(i)*cos(A0)),-3);end;
```

### 3 工程实例分析

现有某高速公路工程位于内蒙古自治区呼伦贝尔市,工程线路全长 76.262 km,是国家高速公路网中的重要组成部分。该工程中某标段设计有一段匝道,如图 4 所示。在该匝道附近稳固处理设有已知控制点,在实地放样点位前,首先求取匝道上任意点坐标,然后选取合适的位置架设全站仪,利用后方交会的方法观测已知控制点,并计算该点的坐标,即可放样曲线上各点的位置。

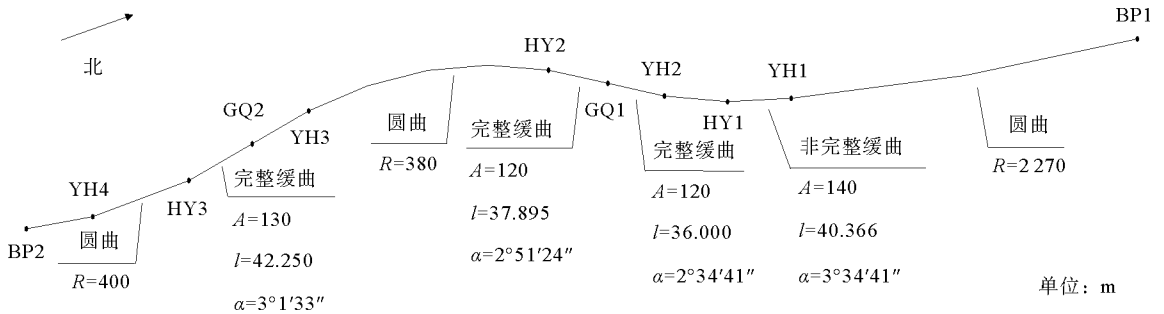


图 4 匝道及其设计数据  
Fig. 4 The ramp and design data

该匝道沿 BP1-BP2 方向,共设计有 4 段圆曲线,6 段缓和曲线,其中 YH1-HY1 段为非完整缓和曲线,其余各段均为完整缓和曲线,各曲线段设计数据如图 4 所示, HY1-YH2 段圆曲线设计数据同 HY3-YH4 段, YH3-GQ2, YH4-BP2 段缓和曲线设计数据分别同 GQ1-HY2, GQ2-HY3 段。非完整缓和曲线段 YH1-HY1 与完整缓和曲线段 YH4-BP2, YH2-GQ1 的主要点坐标数据如表 1 所示。

利用编写的缓和曲线坐标计算程序,对该匝道中的缓和曲线坐标进行计算。运行该程序,依照待求缓和曲线的类型,选择完整缓和曲线坐标计算或非完整缓和曲线坐标计算模式,在弹出的用户界面(如图 3)中,依次输入缓和曲线坐标计算时所需要的设计数据,包括 ZH 点或 YH 点、JD 点、HY 点坐标,缓和曲线参数、桩号、半径以及桩距等,点击“计算”控件调用 Matlab 计算缓和曲线上点的坐标,最终将计算结果显示在用户界面上,然后,单击“导出”控件,将计算结果按照“桩号, X, Y, Z”的格式导出为 .dat 文件,便于将各点坐标数据直接导入到全站仪内进行目标点放样。

针对该匝道中的缓和曲线,以 10 m 等桩距计算其相应里程的坐标,在实际工作中,为了测量与施工的方便,一般要求放样曲线点的里程尾数为桩距的整数倍,但曲线起、终点等里程通常不是等桩距的整数倍<sup>[1]</sup>。所以,程序设计主要考虑对起、终点以及桩距的整数倍里程点坐标进行计算。其中,非完整缓和曲线段 YH1-HY1 以及完整缓和曲线段 YH4-BP2, YH2-GQ1 的计算结果如表 2 所示。

程序运行时,对表 2 中的三段缓和曲线,分别以 YH1, BP2, GQ1 为起点进行计算,根据表 2 中各缓和曲线段的终点 HY1, YH4 与 YH2 的计算结果,与表 1 中相应点设计坐标进行比较, X 坐标差值分别为 1, 0, 0 mm, Y 坐标差值分别为 -1, -1, 0 mm, 已经能够满足一般线路工程放样工作的需要。与此同时,还利用该程序对该高速公路工程中其他匝道的缓和曲线的坐标进行了计算,其结果均能够满足线路里程点放样的要求。

表 1 缓和曲线主要点坐标数据  
Tab. 1 The main point coordinate data of easement

点名	桩号	X(N)/m	Y(E)/m
YH1	BK0+220.000	5 461 045.811	477 884.911
JD1		5 461 021.100	477 881.850
HY1	BK0+260.366	5 461 005.881	477 879.039
YH2	BK0+300.382	5 460 966.959	477 869.817
JD3		5 460 955.433	477 866.470
GQ1	BK0+336.382	5 460 932.707	477 858.745
YH4	BK0+670.440	5 460 603.097	477 851.090
JD9		5 460 589.017	477 850.624
BP2	BK0+712.690	5 460 560.951	477 848.206

表 2 缓和曲线计算结果

Tab. 2 The caculation results of easement

m

YH1	桩号	BK0+220.000	BK0+230.000	BK0+240.000	BK0+250.000	BK0+260.000	BK0+260.366
-	X(N)	5 461 045.811	5 461 035.891	5 461 025.983	5 461 016.096	5 461 006.24	5 461 005.880
HY1	Y(E)	477 884.911	477 883.651	477 882.298	477 880.799	477 879.106	477 879.040
YH4	桩号	BK0+712.690	BK0+710.000	BK0+700.000	BK0+690.000	BK0+680.000	BK0+670.440
-	X(N)	5 460 560.951	5 460 563.631	5 460 573.596	5 460 583.567	5 460 593.547	5 460 603.097
BP2	Y(E)	477 848.206	477 848.437	477 849.275	477 850.039	477 850.668	477 851.091
YH2	桩号	BK0+336.382	BK0+330.000	BK0+320.000	BK0+310.000	BK0+300.382	
-	X(N)	5 460 932.707	5 460 938.75	5 460 948.234	5 460 957.752	5 460 966.959	
GQ1	Y(E)	477 858.745	477 860.796	477 863.969	477 867.034	477 869.817	

#### 4 结束语

通过将完整缓和曲线参数方程推导过程延伸应用于任意缓和曲线的坐标计算,即以缓和曲线上任意点为原点,而不仅限于 ZH 点,建立切线直角坐标系,利用函数积分方法直接求取各点的切线直角坐标,并将其转换为大地坐标,完成了任意缓和曲线坐标的计算以及点位放样的数据准备。结合 VB 用户界面设计友好以及 Matlab 数值运算功能强大的特点,编写了基于 VB 与 Matlab 的缓和曲线坐标计算程序,并将其应用于某高速公路工程匝道缓和曲线的坐标计算中,取得了较好的计算结果,解决了任意缓和曲线坐标计算的问题。与此同时,该程序还避免了 VB 与 Matlab 单一程序语言的编程局限性,具有准确性、实用性和高效性的特点,为线路工程中任意缓和曲线的坐标计算提供了一种新的思路。

#### 参考文献:

- [1] 李青岳,陈永奇. 工程测量学[M]. 北京:测绘出版社,2008:174-186.
- [2] 周保兴,岳建平,郑应新. 道路复合曲线放样元素的快速计算及精度评定[J]. 河海大学学报:自然科学版,2012,40(5):576-581.  
Zhou Baoxing, Yue Jianping, Zheng Yingxin. Rapid calculation of road compound curve lofting elements and precision assessment[J]. Journal of Hohai University: Natural Sciences, 2012, 40(5): 576-581.
- [3] 隋永芹,张雪华,王家红. 高速公路互通立交匝道非完整缓和曲线计算[J]. 中南公路工程,2003,28(3):53-55.  
Sui Yongqin, Zhang Xuehua, Wang Jiahong. Calculation of incomplete transition curve in interchange ramp[J]. Central South Highway Engineering, 2003, 28(3): 53-55.
- [4] 王新志,曹爽,丁海勇. VB 调用 Matlab 神经网络工具箱在测绘软件设计中的应用[J]. 测绘通报,2011(11):59-62.  
Wang Xinzhi, Cao Shuang, Ding Haiyong. Application of method of calling Matlab neural network toolbox in VB to surveying software design[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2011(11): 59-62.
- [5] 瑚琦,陆建生,赵明娟,等. 用 Visual Basic 6.0 调用 Matlab 实现对材料实验数据的处理[J]. 材料导报,2004,18(4):63-65.  
Hu Qi, Lu Jiansheng, Zhao Mingjuan, et al. Experimental datum processing solved by Visual Basic 6.0 calling Matlab[J]. Materials Review, 2004, 18(4): 63-65.
- [6] 郑君杰,黄峰. 在 VB6.0 中调用和操作 MATLAB[J]. 微机发展,2002(4):15-17.  
Zheng Junjie, Huang Feng. Use and operate Matlab with VB6.0[J]. Microcomputer Development, 2002(4): 15-17.
- [7] 张赛民,陈灵君. VB 调用 Matlab 制作的 COM 组件实现二者混合编程[J]. 微型电脑应用,2006,22(4):52-54.  
Zhang Saimin, Chen Lingjun. Hybrid-programming with Matlab COM object in VB[J]. Microcomputer Applications, 2006, 22(4): 52-54.
- [8] 胡晓冬,董辰辉. MATLAB 从入门到精通[M]. 北京:人民邮电出版社,2010:94-96.

(责任编辑:高丽华)