

文章编号:1671-6833(2008)02-0077-03

# 利用 ArcGIS 进行公路路线的三维建模

周明智, 周振红

(郑州大学 水利与环境学院, 河南 郑州 450001)

**摘要:** 现行公路路线设计不能直观反映公路整体设计效果, 难以对路线设计成果做出科学评价, 提出一种利用 ArcGIS 进行公路路线三维建模的方法: 在 ArcGIS 下建立线性参考系, 将路线桩号与其  $M$  值相关联; 在此基础上, 建立路线的高程模型, 并将高程值与其  $Z$  值相关联; 最后, 利用 ArcObjects 的相关接口、方法, 建立起适合公路特点的路线三维模型 MultiPatch. 该方法简便易行, 所建立的公路路线三维模型效果逼真.

**关键词:** 公路; 竖曲线; ArcGIS; ArcObjects; 三维建模

**中图分类号:** TP 311 **文献标识码:** A

## 0 引言

公路是一条由路基、路面、桥梁、涵洞、隧道和沿线设施等组成的三维线形构造物. 公路路线是指公路中线的空间曲线, 现行的路线设计采用平、纵、横分别设计的方法, 根据相应的设计控制要素, 从平面线形设计入手, 进行纵断面设计和横断面设计<sup>[1]</sup>. 这种设计方法不能反映公路路线的整体设计效果, 设计者不能及时了解自己的设计中还存在哪些不足和需要进一步修改的地方<sup>[2]</sup>. 鉴于此, 笔者从公路设计数据出发, 探讨利用 ArcGIS 进行公路路线三维建模的方法.

## 1 公路路线的高程模型

沿道路中线竖直剖切然后展开即为路线纵断面, 在纵断面图上有 2 条主要的线: 一条是地面线, 它是根据中线上各桩高程点绘制而成的一条不规则的线, 反映了沿道路中线地面的起伏变化情况; 另一条是设计线, 它是经过技术、经济以及美学等多方面比较后定出的一条具有规则形态的几何线, 反映了道路路线的起伏变化情况<sup>[3]</sup>. 设计线由直线和竖曲线组成: 直线有上坡和下坡, 用高差和水平长度表示; 在直线的坡度转折处为了平顺过渡需要设置竖曲线, 按坡度转折形式的不同, 竖曲线有凹凸之分, 其大小用半径和水平长度表示.

### 1.1 竖曲线

竖曲线一般按二次抛物线进行设计. 设变坡点相邻两坡度分别为  $i_1$  和  $i_2$  如图 1 所示, 它们的代数差用  $w$  表示, 即  $w = i_2 - i_1$ . 当  $w$  为“+”时, 为凹形竖曲线; 当  $w$  为“-”时, 为凸形竖曲线. 用二次抛物线作为竖曲线的基本方程.

$$y = i_1 x \pm x^2 / 2R. \quad (1)$$

式中: 凸曲线时取“-”; 凹曲线时取“+”.

竖曲线诸要素的计算公式为:

$$L = Rw \quad (2)$$

$$T = T_1 \approx T_2 = L/2 = Rw/2 \quad (3)$$

$$h = x^2 / 2R \quad (4)$$

$$E = T^2 / 2R \quad (5)$$

式中:  $L$  为竖曲线长;  $R$  为竖曲线半径;  $w$  为变坡;  $T$  为竖曲线切线长;  $h$  为竖曲线上任一点的竖距;  $E$  为竖曲线的外距.

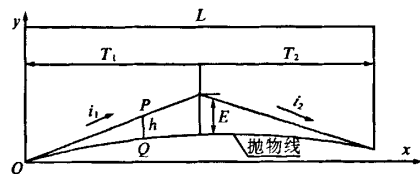


图 1 公路竖曲线构成

Fig. 1 Sketch of highway vertical curve

已知纵断面竖曲线的变坡点桩号为  $BPD$ 、变坡点设计高程为  $H$  和竖曲线半径为  $R$ . 竖曲线各要素计算公式为

$$\text{起点桩号: } QD = BPD - T \quad (6)$$

收稿日期: 2008-03-12; 修订日期: 2008-04-17

作者简介: 周明智(1983-), 男, 河南沈丘人, 郑州大学硕士研究生, 研究方向为岩土工程信息技术.

$$\text{终点桩号: } ZD = BPD + T \quad (7)$$

$$\text{切线高程: } H_T = H + i_1(Lcz - BPD) \quad (8)$$

$$\text{设计高程: } H_d = H_T \pm h \quad (9)$$

公式(8)中:  $Lcz$  为竖曲线上点的桩号;公式(9)中:凸竖曲线时取“-”,凹竖曲线时取“+”, $h$  为竖曲线上点的竖距,竖距的计算公式

$$h = x^2/2R \quad (10)$$

式中: $x$  为竖曲线上某点到起点的距离。

若以竖曲线终点为分界点进行计算,只需计算出竖曲线起点的设计高程  $H_q$ ,就可以计算出竖曲线上任一点  $p$  的高程。

$$H_q = H - Ti_1 \quad (11)$$

$$H_p = H_q + i_1(Lcz - QD) \pm (Lcz - QD)^2/2R \quad (12)$$

式中:凸竖曲线时取“-”,凹竖曲线时取“+”。

## 1.2 直坡线

直坡线可以看作是  $i_1 = i_2$  的竖曲线,任一点  $p$  的设计高程  $H_p$  等于其切线高程  $H_T$ ,只要已知直坡线的起始高程  $H_q$ 、起点桩号  $QD$  和起始坡度  $i_1$ ,就可以计算出直坡线上任一点的高程。

$$H_p = H_q + i_1(Lcz - QD) \quad (13)$$

综合考虑竖曲线和直坡线 2 种线形,给出公路路线设计高程的统一计算公式。

$$H_p = H_q + i_1(Lcz - QD) + k(Lcz - QD)^2/2R \quad (14)$$

式中:直坡线时  $k=0$ ;凸曲线时  $k=-1$ ;凹曲线时  $k=1$ 。

## 2 ArcGIS 中的高程建模

ArcGIS 使用矢量数据模型时,为要素几何形状的点提供了 2 个可选属性: $M$  值和  $Z$  值,分别用作线性量度和垂直量度<sup>[4]</sup>。支持具有  $M$  值和  $Z$  值的 3D 几何要素有点(Point)、线(Polyline)、面(Polygon)和多面片(MultiPatch)。笔者正是利用这里的  $M$  值和  $Z$  值,来建立线性参考系和进行高程计算的。

### 2.1 建立线性参考系

将设计线上各点的坐标与  $M$  值相关联,使其具有线性参考作用<sup>[5]</sup>。建立线性参考系有 2 个主要步骤:一是把线状数据转为路径,二是给路径刻标。

#### 2.1.1 线状数据转为路径

先将路线平面设计图的 CAD 数据转换为 ArcGIS 的 Shape 数据,作为线性要素存储起来。由于路径转换的正确与否直接关系到刻标的准确度,所以要在 ArcMap 的编辑状态下检查线状数据是否有悬挂点,确保线性数据为一个整体。

然后,利用 ArcToolbox 线性参考下的“创建路径向导”功能,将公路路线多义线数据转为多义线  $M$ ,线上的每一点都具有  $M$  值,初始值为沿路径的自然长度。

#### 2.1.2 路径刻标

给路径刻标,就是将公路桩号( $M$  值)指定在路径的相应节点上,这里采用 ArcObjects 编程的方法来实现。

esriGeometry 组件是 ArcObjects 中基本的图形组件,它提供了对 ArcGIS 中核心几何对象的有关操作。IMSegmentation 是 esriGeometry 组件提供的一个很重要的接口,用于对折线或多边形指定基于  $M$  值的线性参考系统。通过 IMSegmentation 接口的方法 SetAndInterpolateMsBetween 和 InsertMAAtDistance,可以在路径的所有节点上设置相应的  $M$  值。

(1) SetAndInterpolateMsBetween 方法。SetAndInterpolateMsBetween 方法用于在指定路径的起止点上设置  $M$  值,同时内插出中间点的  $M$  值。如:

pMSeg.SetAndInterpolateMsBetween 11 000, 20 000

其中:pMSeg 指所要刻标的平面设计线,其起点桩号为 11 000,终点桩号为 20 000,设计线上其它控制点的  $M$  值介于 11 000 与 20 000 的  $M$  值之间。

(2) InsertMAAtDistance 方法。InsertMAAtDistance 方法用于在指定距离的路径节点上设置相应的  $M$  值,如果此处没有节点存在则创建一个节点。平面设计线上控制点越多,转换后路径上的节点就越密,按逐桩设计高程计算得到的路线三维模型也就越精确。如:

pMSeg.InsertMAAtDistance 11 000, 10, False, False, False, 0, 0

公路的起点桩号为 11 000,在距起点 10 m 处插入一个节点并指定其桩号为 11 010。

### 2.2 计算高程

一旦建立了线性参考系,路线设计线上每一节点就具有了相应的桩号( $M$  值),再利用 ArcObjects 的相关接口、方法逐桩计算各段路线的高程。

先根据各变坡点数据将路线分为若干段,按照竖曲线要素计算公式,计算各竖曲线的起点桩号  $QD$ 、终点桩号  $ZD$ 、起始高程  $H_q$  和变坡  $w$ 。其中,两竖曲线之间为直坡段,直坡段的起点为上一竖曲线的终点,终点为下一竖曲线的起点,直坡线

的变坡  $w$  等于 0。

然后进行高程计算,并存储在节点的  $Z$  字段中。若在 ArcMap 的编辑状态下手工完成,工作量会比较大。此处,采用 ArcObjects 编程的方式来实现:先利用 ArcObjects 的 IPointCollection 接口获取线 (IPolyline) 的所有节点 (IPoint),再对线上的每一个节点进行遍历,得到点的桩号 ( $M$  值);再按逐桩高程计算的方法,计算出点的高程值,并将其存储在点的  $Z$  字段中。

3 ArcGIS 中的三维建模

公路路线三维建模是根据公路的平、纵、横基本数据,建立公路路线的三维空间模型<sup>[6]</sup>。

ArcScene 是 ArcGIS 三维扩展模块的核心应用,在 ArcScene 中提供了一些进行三维可视化的基本功能。比如,通过拉伸点 (Point) 生成线、拉伸线 (Polyline) 生成墙、拉伸多边形 (Polygon) 生成立体块<sup>[7]</sup>。这里为了展现公路路线的立体形状,采取拉伸多边形的方法生成三维立体块的三维模型 (MultiPatch),并将其保存在 Shapefile 文件中,以便三维可视化显示。

具体步骤:根据横断面设计线上各部分的宽度、横向坡度等数据,将关联了高程值的道路设计中线按一定的宽度向两边扩展生成路线轮廓线;再根据坡度值,计算轮廓线与设计中线的高程差,进而计算出轮廓线上每个节点的高程值;然后将各部分的轮廓线闭合,利用 ArcToolbox 中的 FeatureToPolygon 工具生成带有高程信息的面 (Polygon);然后利用 ArcObjects 提供的 IConstructMultiPatch 接口将 Polygon 按一定高度拉伸,得到公路路线的三维模型。

由于公路是条带状的复杂空间几何形体,不能简单地按照相同的厚度进行拉伸。此处,先用 ArcGIS 三维扩展模块中的 CreateTINFromFeatures 方法生成路线上下表面的 TIN 模型,然后调用 ArcObjects 的 IConstructMultiPatch 接口中的方法 (ConstructExtrudeBetween),将这 2 个 TIN 作为参数来构建路线的三维模型:

pMPatch. ConstructExtrudeBetween pFuncSurf1, pFuncSurf2, pPolygon

其中,pMPatch 指要建立的三维模型,pFuncSurf1 和 pFuncSurf2 指三维路线模型的上下表面,pPolygon 为公路横断面上的行车道、边坡等轮廓线组成的多边形。

4 应用实例

运用笔者提出的方法,对一段实际的公路路线进行三维建模。表 1 为采集的竖曲线各段变坡点的数据,表 2 是由公路路线设计高程计算公式计算的路线各段的起算数据,图 2 是最终建立的公路路线三维模型。

表 1 竖曲线各段的变坡点数据  
Tab.1 Knick point data of vertical curve segment

桩号	设计高程	坡度 1	坡度 2	半径
BPD	H	$i_1$	$i_2$	R
29 620	430.092	0.014	-0.025	7 744
30 020	420.092	-0.025	-0.0162	24 000
30 400	413.919	-0.0162	-0.03	25 000
31 100	392.919	-0.03	-0.049	30 000
31 780	359.599	-0.049	0.01	9 000

表 2 路线各段的起算数据  
Tab.2 Starting data of vertical curve segment

起始桩号	终点桩号	起始高程	起始坡度	变坡	半径
QD	ZD	$H_q$	$i_1$	$w$	R
29 468.992	29 771.008	427.977 888	0.014	-0.039	7 744
29 771.008	29 914.4	426.316 8	-0.025	0	0
29 914.4	30 125.6	422.732	-0.025	0.008 8	24 000
30 125.6	30 227.5	418.381 28	-0.016 2	0	0
30 227.5	30 572.5	416.713 5	-0.016 2	-0.023 8	25 000
30 572.5	30 815	408.744	-0.03	0	0
30 815	31 385	401.469	-0.03	-0.019	30 000
31 385	31 514.5	378.954	-0.049	0	0
31 514.5	32 045.5	372.608 5	-0.049	0.059	9 000



图 2 所建立的公路路线三维模型

Fig.2 Highway alignment 3D model established

5 结束语

运用笔者提出的方法可以快速建立公路路线的三维模型,使设计者对路线设计成果有直观的立体认识,为路线线形设计、评价和修改提供了形象化的视觉手段,从而使路线设计从常规的二维设计提升为三维可视化设计,大幅提高了设计质量和效率。目前,公路三维模型虽然还只是公路设计的一项辅助手段,但它却丰富了公路设计的思

(下转第 91 页)

- [6] 王亥,胡健栋. Logistic - Map 混沌扩频序列[J]. 电子学报,1997,18(8):71-77.
- [7] 凌聪,孙松庚. Logistic 映射跳频序列[J]. 电子学报,1997,25(10):79-81.
- [8] 梁华强,张麟兮,李道京. 基于混沌的跳频通信系统[J]. 计算机仿真,2004,3.
- [9] 任玉升,唐向宏,廖见盛. 跳频通信系统同步的一种方法[J]. 杭州电子工业学院学报,2003,23(6):39-42.
- [10] 周昕,夏健刚. 直扩系统中两种 PN 码同步方法的比较与仿真[J]. 四川大学学报:工程科学版,2002,34(2):96-99.

## The Synchronous Method of the Frequency - Hopping Communication System Based on Chaotic Sequence

LI Juan, SHENG Li - yuan, LIU Ai - hui

(School of Physics Science and Technology, Central South University, Changsha 410083, China)

**Abstract:** Synchronization is one of the key techniques to frequency - hopping (FH) communication system. This paper proposes to use the Logistic chaotic sequence as FH codes, replacing pseudo - noise sequence in FH communication. In order to solve the difficulty in synchronization of chaotic FH sequence, it adopts the sliding correlating mode to realize the synchronization of synchronization - head signal, so it can achieve the synchronization of chaos between transmitting terminal and receiving end. The MATLAB simulation is completed, which shows that the synchronous method acquires the satisfying communication effect in FH communication.

**Key words:** chaos;pseudo - noise sequence;synchronization;frequency - hopping communication

(上接第79页)

维和方法,随着计算机软硬件技术的发展,三维模型必然会在公路设计中显示出巨大的应用价值。

### 参考文献:

- [1] 赵一飞,杨少伟. 高速公路设计[M]. 北京:人民交通出版社,2006.
- [2] 潘兵宏,许金良,杨少伟,等. 公路三维建模应用研究[J]. 西安公路交通大学学报,2001,21(1):49-51.
- [3] 张金水. 道路勘测与设计[M]. 上海:同济大学出版社,2005.
- [4] 毛峰,沈小华. ArcGIS 8 开发与实践[M]. 北京:科学出版社,2002.
- [5] 周振红,王效群,王珺珂. 基于公路线形特征的线性参照系及其应用[J]. 郑州大学学报:工学版,2005,26(4):69-71.
- [6] 左小清,李清泉,唐炉亮. 公路三维模型建立与数据组织[J]. 武汉大学学报:信息科学版,2004,29(2):179-183.
- [7] MICHAEL Z. Exploring ArcObjects [M]. California USA: Environmental System Research Institute, Inc 2001.

## 3D Modeling of Highway Alignment with ArcGIS

ZHOU Ming - zhi, ZHOU Zhen - hong

(School of Water Conservancy and Environment, Zhengzhou University, Zhengzhou Henan 450001, China)

**Abstract:** To solve the problem that global design effect of highway cannot be directly reflected in existing highway route design and a scientific evaluation of the route design results is difficult to make, the method of highway route 3D modeling with ArcGIS is put forward. First, by establishing linear reference systems in ArcGIS, route stakes and their M values are related. On this basis, the route elevation model is built, and elevations associated with their Z values. Finally, the 3D model MultiPatch of a route is established with relevant interfaces and methods of ArcObjects. This approach is simple and feasible, and the 3D model established has verisimilar effect.

**Key words:** highway;vertical curve;ArcGIS;ArcObjects;3D modeling