

# 基于数字高程模型的公路勘察设计

jìyú shùzì gāochéngmoxíng de gōnglù kǎnchá shèjì

周 薇<sup>1</sup> 戴一鸣<sup>2</sup> 张兴国<sup>3</sup>

(1 湖南农业大学信息科学技术学院 湖南 长沙 410128;

2 湖南省交通科学研究院 湖南 长沙 410015;

3 济南市勘察测绘研究院 山东 济南 250013)

**摘 要:** 根据公路勘测设计的特点, 阐述了数字高程模型 (DEM) 的概念和特点以及数字高程模型的建模方式, 讨论了适应于公路勘察设计的数字高程模型数据采集方法等问题, 总结了数字高程模型在公路勘察设计中的应用。

**关键词:** 数字高程模型; 公路设计; 路线 CAD

随着我国公路建设的蓬勃发展, 公路勘测设计的任务也日益繁重。目前, 公路计算机辅助设计技术已广泛应用于公路设计中, 并产生了巨大的经济效益和社会效益。但是仍有相当多的项目采用人工模拟图解的方法测绘大比例尺地形图, 然后从图上读取或用数字化仪采集地形数据进行初步设计, 在施工图阶段, 则通过野外实测的方式采集数据, 从而使得设计费工费时, 效率低下。工程的设计方案及整体效果仅凭设计者的经验决定, 在设计中存在较大的随意性, 难以达到设计成果的最优化。

随着计算机技术和空间技术的发展, 数字地面模型的理论和方法日益成熟, 三维地形数据采集技术和手段也获得了极大的发展。RTK、激光测量、摄影测量与遥感等技术在公路勘测中得到越来越广泛的应用, 这为数字高程模型 (DEM) 在公路工程中的应用提供了理论和实践基础。由于在公路勘测设计中必须获得地形的高程信息, 而数字高程模型由于信息量少、简单易建, 可以广泛用于道路辅助设计系统中。

## 1 背景

### 1.1 概念

数字高程模型是对地球表面地形地貌的一种离散的数字表达, 用函数的形式描述为  $v_i = (x_i, y_i, z_i)$  ( $i=1, 2, 3, \dots, n$ ) 式, 其中  $x_i, y_i$  是平面坐标,  $z_i$  是  $(x_i, y_i)$  对应的高程。当序列中各平面向量的平面位置呈规则格网排列时, 其平面坐标可以省略, 此时 DEM 就简化为一维向量序列  $\{z_i, i=1, 2, 3, \dots, n\}$ 。

与传统地形图比较, DEM 作为地形表面的一种数字表达形式有如下特点:

- (1) 容易以多种形式显示地形信息;
- (2) 精度不会丢失;
- (3) 容易实现地图的自动化、实时化。

### 1.2 数字高程模型建模的方法

数字高程模型一般有等高线模型、规则格网和不规则三角形 (TIN) 三种类型。

#### (1) 等高线模型

等高线表示方法通常用于地图和现代地理信息系统中, 数据结构是一种矢量结构, 它是用二维手段表示三维信息的常用方法, 其方法简洁但缺乏直观性。等高线模型表示高程, 高程值的集合是已知的, 每一条等高线对应一个已知的高程值, 这样一系列等高线集合和它们的高程值就构成了一种地面高程模型。

#### (2) 规则格网

规则格网是将覆盖区域划分成为规则格网, 每个格网的大小和形状都相同, 用相应矩阵元素的行列号来实现网格 (点) 的二维地理空间定位, 三维为高程信息。由于通常只存储起始点角点坐标、格网间距及格网点的高程信息, 具有数据组织简单、存储效率高、检索速度快的优点, 是地形的三维显示中另一种经常使用的地形表示形式。其优点是数据结构简单, 存储量较小, 存储和管理方便, 算法易实现。基于该结构的各种分析和计算非常方便有效, 缺点是平坦地区数据冗余大, 地形复杂区域不能很好顾及地形特征。

#### (3) 不规则三角形

TIN 模型根据区域内有限个点集将区域划分为相连的三角面网络, 区域中任意点落在三角面的顶点、边上或三角形内。如果点不在项点上, 该点的高程值通常通过线性插值的方法得到 (在边上用边的两个顶点的高程, 在三角形内则用三个顶点的高程)。所以 TIN 是一个三维空间的分段线性模型, 在整个区域内连续但不可微。优点是能较好地顾及地形特征, 能够真实地模拟复杂的地形表面, 精度高。数据冗余小, 存储效率高, 适合多层次表达, 缺点是数据结构复杂, 存储量较大, 使用和管理复杂, 算法复杂, 不能表达扭曲或翻转的曲面。

### 1.3 数据获取

DEM 数据源主要通过在野外地形测量、摄影测量、已有地形图上进行数字化等方法获取。具体采用何种数据采集方式, 则要根据生产单位的实际情况, 一方面取决于数据的可

获取性,另一方面取决于 DEM 的精度要求、数据量大小和技术条件等。

### (1) 摄影测量与遥感

航空摄影测量获取的影像是高精度大范围 DEM 生产最有价值的数据库。利用它可以快速获取或更新大面积的 DEM 数据,从而满足对数据现势性的要求。航天遥感在近几年一些新的传感器应用后,将逐渐成为快速获取高精度、高分辨率 DEM 的最佳数据库。

### (2) 野外地形测量

使用全球定位系统 GPS、全站仪在野外进行观测获取地面点数据,经过适当处理建模后可得到数字高程模型。以地面测量的方法直接获取的数据能够达到很高的精度,但是这种方法工作量大,效率不高,加之费用昂贵,并不适合大规模的数据采集任务。

### (3) 现有地形图

地形图是地貌形态的传统表达方法,主要是通过等高线来表达地物高度和地形起伏。目前世界上绝大多数国家和地区都拥有各种不同比例尺的地形图。这些已有的地形图数据由于覆盖范围广、比例尺系列齐全、获取较为经济等而成为各种尺度 DEM 建立的主要数据库。

在现有的地形图上采集 DEM 数据就是对地形图要素如等高线等进行数字化处理,然后再用数据建模方法内插 DEM。目前较常用的地图数字化方法主要有手扶跟踪数字化仪法和扫描矢量化法。其中扫描矢量化法较为常用,矢量化操作流程如图 1 所示:



图 1 地图矢量化流程

## 2 DEM 在公路设计中的应用

在道路数字地面模型建立的基础上只需把选定的平面线起讫点、交点的平面坐标及平曲线要素输入 CAD 系统,计算机便可自动从数模中内插出路线设计所需的地形数据以及为绘制路线平面图所需的地形等高线串状数据,配合路线优化及辅助设计程序就可快速完成路线设计的各项内业工作并输出各项成果设计文件。数模与航测、路线以 CAD 相结合将形成覆盖数据采集与处理、路线设计与计算及设计图表输出的设计全过程的路线设计一体化系统,这是公路测设现代化的发展方向(见图 2)。

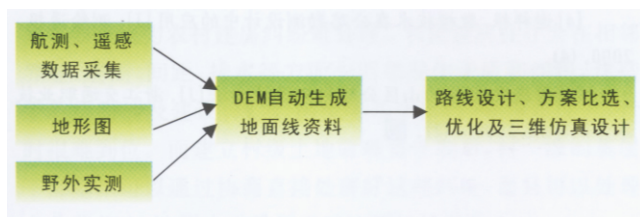


图 2 路线设计流程

### 2.1 DEM 用于方案比选

根据公路的使用任务和性质,按既定的技术标准和线路方案,结合实际地形地质等条件,从全局着眼,局部入手,综合考虑,选择合适的设计方案,以达到既要保证路基的安全、稳定,又要尽量缩短路线的长度,减少工程量的目的,使设计的公路既经济又合理。在整个公路工程设计中需要大量的地形、地质和水文等数据,并经常要进行参数的计算,同时,由于地形图表示方法的抽象性和概括性以及人视野的局限性,有时造成设计人员对整个区域的认识不充分,直接影响了线路的走向,这些不足是传统的设计方法自身无法克服的。建立数字高程模型可以使设计人员方便地了解整个区域的概况,以利于路线走向的确定。在 DEM 的基础上,能够快速比较所有可能的平面线形,进行路线平面优化及空间优化,确定最佳路线位置方案。

公路勘测设计的可行性研究阶段,一般在较小的比例尺上进行(较低分辨率的 DEM),以便把握路线的宏观走向,而在勘测设计阶段,则要求较大比例尺(较高分辨率 DEM)的图件,以进行路线的详细设计、工程量估算等。

### 2.2 在路线设计中的应用

DEM 能够方便地用于路线 CAD 系统。公路设计人员能够利用 DEM 选定路线,并能快捷方便地对方案的局部改变进行优化。通过路线 CAD 系统提供的路线平面逐桩坐标,在数模上插值出路线纵断面地面线、横断面地面线,并输出路线纵、横断面的地面线数据。公路设计人员可立即在计算机上完成纵断拉坡设计、路基设计、横断面设计,进而直接得到土石方工程量,使大范围的路线方案深度比选和优化成为现实。

### 2.3 面积和体积的计算

利用 DEM 可以很方便地制作任一方向上的地形剖面,可用梯形法、辛普森法等来计算剖面面积。另外,由 DEM 可以求出地表面积,地表面积的计算可看作是其所包含各个网格的表面积之和,若网格只有特征高程点或地性线,则可以将小网格分解为若干小三角形,求出它们斜面面积之和,就得出该网格的地形表面面积。土方量是工程费用估算及方案选优的重要因素,所以公路工程必须涉及土方量计算问题,将自然地形的 DEM 与规划地形 DEM 叠加起来(二者的网格体系应该完全一致),在每个格点处用规划高程减去自然高程,得出格点上的施工高度,施工高度为正时,为填方,施工高度为负时,为挖方,通过这种方法,就很容易地计算出土方量。

### 2.4 三维可视化

在公路的勘测设计中,通过设计表面模型和 DEM 的叠加,实现道路的景观模型以及动画演示,从而对设计质量进行评价,并对拟建道路与周围环境的协调状况进行分析。

通过路线 CAD 系统提供的路线平面逐桩坐标,在数模上插值出路线纵断面地面线横、断面地面线。路线 CAD 系统利用插值出的地面线进行路线纵断面、横断面设计,生成路线纵断面、横断面设计线数据。通过路线 CAD 系统建立路基三维模型(设计曲面模型),通过道路数字地面模型子系统生成地

[下转第 52 页]

# 建立村级土地管理责任制是 解决农村土地管理问题的最佳途径

孙有坤 欧阳声举  
(安乡县国土资源局 湖南 安乡 415600)

春节期间,笔者回老家与村里的“父母官”话聊土地资源管理工作,大家反应热烈,现将村级干部对国土资源管理工作的建议加以整理,希望能给大家的工作带来帮助。

2006年9月以来国务院出重拳打击地方政府的土地违法行为,并出台了一系列的土地督察法规。其实,自2003年12月开始,中央就要求省级以下国土资源部门实行垂直管理体制,但是,直到今天,市、县两级国土资源部门的管理职能和职责目前尚没有得到明显地加强。当前,土地管理的形式非常严峻,土地违法行为屡禁不止,需要进一步理顺国家、省、市、县、乡(镇)五级的国土资源管理体制。但更要着手解决乡(镇)政府以下农村基层自治组织——村委会对土地管理的盲区和空白,大家普遍认为是农村土地管理的核心。

## 一、当前农村土地管理的几个突出矛盾

随着《国务院关于深化改革严格土地管理的决定》和《国务院关于加强土地调控有关问题的通知》的出台,国家从严管理土地的力度一次次加大,其目的就是要管好、用好农村土地资源。在当前全社会大力建设社会主义新农村之际,现行的土地管理制度与建设新农村的用地需求之间的矛盾日益突出,其主要表现在以下几个方面。

(一)现行建设项目用地审批制度难以满足新农村个体、民营企业发展的需求

随着我国工业化进程的加快,农村中个体工商户、民营

企业的发展呈现出繁荣趋势,而个体工商户、民营企业要发展就必须有经营场所。因此,办理建设项目用地审批手续便成了个体工商户、民营企业谋求发展的首要环节。可是,个体工商户、民营企业办理建设项目用地审批手续的第一道“门槛”就是农用地转用审批。一般个体工商户、民营企业在办理农用地转用审批时常常会遇到两大难题。首先是农用地转用审批规费高,处于创业初期的个体工商户和民营企业无法承受高额的规费;其次是农用地转用审批程序繁琐,并且一般办理农用地转用审批手续要报省政府审批,而用地量较少的个体工商户和民营企业办理农用地转用审批手续不太现实。因此为新办的民营企业和个体工商户提供并利用计划经济时代留下的乡镇企业、村企业及村办小学等闲置用地发展生产显得十分必要。

(二)现行宅基地用地审批标准难以满足农民建房客观或心理需求,违规超面、超建现象严重

随着农民生活水平的提高,农民建房的热情越来越高。《湖南省实施〈中华人民共和国土地管理法〉办法》第三十二条规定:“农村村民一户只能拥有一处宅基地。农村村民建住宅应当符合乡(镇)土地利用总体规划。每一户用地面积使用耕地不超过一百三十平方米,使用荒山荒地不超过二百一十平方米,使用其他土地不超过一百八十平方米。”这一规定对于仅仅用于居住用途的宅基地已经足够了,但生活在农村的农民还需要生活辅助用房,如用于农业生产的晒场等,如

[上接第51页]

形三维模型(地表曲面模型),设计曲面模型和地表曲面模型在AutoCAD中经叠合消影生成静态三维全景透视图。然后借助3DSMAX做渲染和动画,生成公路动态全景透视图。

## 3 结 语

应用DEM进行公路设计具有较大的优势,无论是对前期的数据采集,中期的方案比较、优化设计,后期的成果修改管理都是十分方便的。随着计算机技术和路线CAD技术的发展,道路数字高程模型的优势和前景将更宽广。基于DEM的公路CAD技术,是公路勘测设计自动化的必由之路。

## 参考文献

[1] 李志林,朱庆.数字高程模型[M].武汉:武汉测绘科技大学

出版社,2000.

[2] 符铨砂.公路计算机辅助设计[M].北京:人民交通出版社,1998.

[3] 邱文东,王新田.数字地形在公路勘测设计中的应用[J].公路交通科技,2006.

[4] 谢祥根.数模技术在公路勘测设计中的应用[J].测绘通报,2000,(4).

[5] 周庆琨.DEM的山区公路勘测设计方法[J].浙江交通职业技术学院学报,2006,7(2).