

文章编号: 1002-0268 (2004) 03-0030-04

基于 MapGIS 的数模建立方法及其在路线 CAD 中的应用

朱爱民, 唐 勇
(山东交通学院 山东 济南 250023)

摘要: 针对公路勘测设计一体化的特点与要求, 论述应用 GIS 技术采集公路地面数据和建立数字地面模型的方法; 研究 MapGIS 系统在公路选线和 CAD 中的应用。在分析地理信息系统与公路勘测设计关系的基础上, 根据我国公路路线设计 CAD 发展的实际情况, 提出基于 MapGIS 平台进行公路路线设计应用软件开发的建议。
关键词: 地理信息系统 (GIS); 勘测设计; 数字地面模型 (DTM); 计算机辅助设计 (CAD)
中图分类号: U412 **文献标识码:** A

A Study of Creating Digital Terrain Model and its Application in Highway Route CAD Based on MapGIS

ZHU Ai-min, TANG Yong
(Shandong Jiaotong University, Shandong Jinan 250023 China)

Abstract: Aiming at the characteristic and request of highway survey and design integration, this paper discusses the methods of gathering highway ground data and set up digital ground the methods of models by GIS technology; Study applications of MapGIS in the highway route selection and CAD. According to development situations of highway route design CAD in our country, an idea that the development of our country's highway design CAD should be based on an advanced MapGIS platform are presented after analyzing the relationship between GIS and highway design.
Key words: Geographical information system (GIS); Survey and design; Digital terrain model (DTM); CAD

0 引言

地理信息系统 (GIS) 作为一种采集、贮存、管理、分析和描述空间地理分布的信息系统, 受到了社会各界的广泛关注, 是当前国内外测绘、城市规划管理、资源环境等领域的研究热点。由于公路工程建设与地理空间信息密切相关, 需要大量的地理数据信息, 在公路路线勘测设计工作中充分应用 GIS 技术, 对加快国内公路规划设计领域的技术进步, 逐步实现公路勘测设计工作的自动化和现代化具有重要意义。本文结合近年来从事 GIS 研究的工作经验与成果, 以国产优秀地理信息系统软件 MapGIS 为基础, 研究论述在公路勘测设计中采集地面数据及快速建立数字地

面模型的方法, 探讨 MapGIS 系统在公路选线和计算机辅助设计中的应用; 此外, 在分析地理信息系统与公路勘测设计一体化关系的基础上, 根据我国公路路线设计 CAD 发展的实际情况, 提出基于 MapGIS 平台进行公路路线设计应用软件开发的设想与建议, 希望能对相关技术研究和公路勘测设计项目有所帮助。

1 应用 MapGIS 建立公路数字地面模型

1.1 基于 MapGIS 的地形数据采集
应用 MapGIS 软件建立公路数字地面模型, 应首先获取数模的原始数据。数据采集的方法通常有 3 种: 既有地形图的扫描数字化、电子测量仪器地面测量及航空摄影测量, 采集方法的选取依赖于勘测设计

单位的软硬件设备。从目前公路勘测设计的现状来看,一般勘测设计单位均具有扫描仪和电子测量仪器,且 MapGIS 系统针对上述数据来源,均提供有数据接口,故以下重点介绍 MapGIS 按上述两种方式获取 DTM 数据的方法。

1.1.1 既有地形图扫描矢量化方式获取 DTM 数据

利用扫描仪扫描既有地形图方式获取 MapGIS 系统的 DTM 数据时,其过程包括如下几个步骤:

(1) 地形图的扫描:即对既有的地形图通过扫描仪扫描,得到数字化栅格地图。

(2) 底图校正:进入 MapGIS 镶嵌配准子系统,对栅格底图进行校正,以减弱变形所带来的误差。

(3) 高程信息的获取:为获取生成 DTM 所必须的高程信息,需在栅格底图上进行数字化。方法是:进入 MapGIS 编辑子系统选择矢量化菜单,通过对等高线进行屏幕跟踪矢量化、对等高线标赋高程值、对离散高程点进行屏幕矢量化、高程点标赋高程等环节实现。最后,对这些矢量化产品进行检查、编辑、拼接生成拓扑关系完整的矢量数据。

由于扫描矢量化方式以地形图为数据源,原有地形图的误差和图纸伸缩误差及扫描矢量化时的操作误差都会影响数模的精度,所以数模的精度不会高于原始的地形图^[1]。因此,用这种方式采集数据所建立的数模宜用于高等级公路的初步设计阶段。

1.1.2 利用 MapGIS 的数字测图系统 (MapSuv) 实测地面数据

MapSuv 是 MapGIS 系统的前端数据采集系统,以 MAPGIS 为基础,在数据格式上与 MapGIS 软件保持一致,实现了测、编、绘一体化。该系统具有完备的数据接口,可与电子全站仪或 GPS-RTK 等测量仪器设备匹配,采用电子平板、全站仪内存或电子手簿 3 种作业方式之一采集公路带状走廊范围内的地形数据。这种方法能够直接利用地面测量数据建立数模。因为 MapSuv 的输出菜单能将当前测量工程中的测点信息写为用于建模的点文件“工程名.dpt”,且在写文件时有两种选择,即当前工程中的全部测点或者是被标记为“参与建模”的测点用于建模。利用 MapSuv 数字测图,不仅可以生成数字地形图,输出 MapGIS 标准的点、线、面文件,同时还可生成建立数字地面模型的 DTM 点文件,供 MapGIS 的“DTM 系统”建模使用,从而实现直接利用测量数据在 MapGIS 系统内快速建模的目的。

这种方法采集的建模数据,宜用于利用 MapGIS 的“DTM 系统”建立三角网数模。由于三角网数模

直接采用原始地形点,保留了原始地形点的几何精度,在三角网数模中的待定点高程内插,实际上是在原始地形点间的高程内插,精度损失小。应用电子全站仪或 GPS-RTK 采集的原始数据精度高,只要地面数据采集时正确选择反映地形变化的特征点,点的分布和密度随地形变化而调整,使采集的数据能反应地形的变化,所建立的三角网数模可以达到很高的精度,应用这种地面实测数据的数模可应用于公路路线施工图设计阶段^[2]。

1.2 公路数字地面模型的生成与实例

1.2.1 文件的装入

在 MapGIS 程序组中,双击“空间分析 DTM 分析”功能项后,系统即弹出“数字地面模型 (DTM) 子系统”的主界面,选择文件菜单装入以上采集的地形数据文件。

1.2.2 生成三角剖分网

菜单中有 3 种生成方式,可根据实际需要选择:先生成初始三角剖分网,再优化三角剖分网;直接生成三角剖分网;生成约束三角剖分网。

经比较采用第 3 种方式,因为三角形的建立应考虑地形线的骨架作用。否则,例如连接沟谷线两端的高程点所建立的三角形将会“架空”于沟谷上,与实际地形情况不符。所以,采用这种方式,通过指定地形线的“约束特征码”,建立的三角网数字地面模型就会避免上述情况的发生,以确保生成与实际地面相符的准确的数字地面模型。

1.2.3 编辑三角剖分网

三角网生成后,对其中一些不合理的三角网进行调整编辑。编辑的主要内容有:删除不合理三角网边;交换三角网边;删除无效三角形;重建邻接拓扑关系等。

1.2.4 三角网剖分分析

三角网经建立编辑后,可开始进行剖分分析。包括:产生离散点凸包线;追踪等值线;三角网高程网络化、坡向分布图绘制等。另外,若执行三角网高程网络化功能,也可直接从三角网数据生成规则网 GRD 数据,完成三角网数据向规则网 GRD 数据的转换。转换后可选择在“GRD 模型”中操作,主要内容有交互式修改、稀疏网格加密、规则网拼接等。

1.2.5 公路数字地面模型的三维可视化处理

在 MapGIS 系统中,对以上建立的 DTM 模型进行三维显示、光照处理、明暗效应与渲染处理操作,可得到理想的三维可视化效果。

本文利用 MapGIS 对某高速公路建立了约 10km 数

字地面模型，如图 1 所示为利用 MapGIS 经地面数据采集、数模建立和三维可视化处理后的三维透视景观结果。

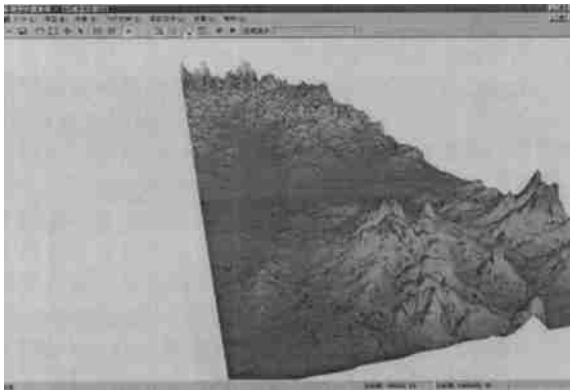


图 1 某公路测区的可视化地面模型

2 MapGIS 在公路选线和计算机辅助设计中的应用

2.1 MapGIS 在公路选线设计中的应用

MapGIS 所建立的数字地面模型，作为自然地形表面的数字化表现形式，在公路路线优化设计和动态全景透视图制作中有着无法替代的作用，这种可视化的地面模型既可用于分析地形辅助选线，也可通过“模型应用”菜单对模型进行一维高程剖面分析。综合应用这些功能可使设计人员在短时间内选择最佳的路线方案。利用 MapGIS 系统进行公路选线工作，可结合路线设计规范按以下方法操作。

(1) 在透视投影方式下，进行鼠标漫游和局部放大显示，通过设置飞行路径，可看到按设置的飞行路径显示的实时地形情况，据以初步选择公路路线位置。

(2) 为分析所选路线与其它地理要素间的关系，准确确定公路平面线形的位置和交点坐标，可根据系统内形成的相应数字地形图，在图形编辑子系统中显示查询对应的数字地形图和其它属性信息，用鼠标设置路线，而在图形的下方可直接显示鼠标所选路线交点位置的坐标。

(3) 对所选择公路路线位置，执行“模型应用”菜单功能进行一维高程剖面分析。MapGIS 中的一维高程剖面分析即公路路线的纵横断面问题，如图 2 为利用所建数模执行剖面分析生成的路线纵断面图形显示结果（即所选路线位置的地面线），它是公路纵断面设计的重要基础。

(4) 输出高程数据：执行“输出高程数据”菜单功能，可将本系统处理过的点数据以其它系统接受的明码格式输出（高程文件名为 *.DET）。

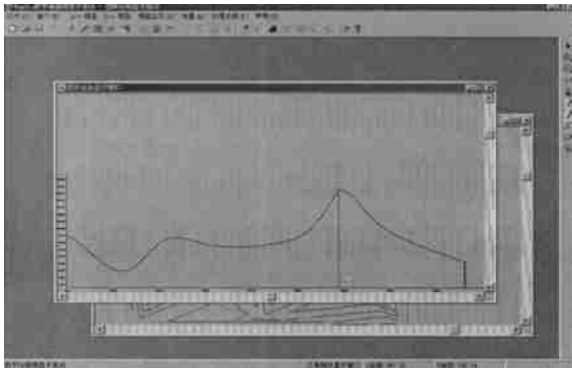


图 2 一维高程剖面图

2.2 MapGIS 数据在路线 CAD 中的应用方法

为使公路设计的图表成果输出适应公路规范的需要，在实际路线设计应用中可将以上 MapGIS 系统所生成的数模等数据转换至 CAD 系统使用，这样能综合利用 MapGIS 系统中数字成图与空间分析优势和 AutoCAD 舒适的辅助设计环境。由于 MapGIS 与 CAD 在数据格式方面不同，应用时需进行数据转换。MapGIS 系统中具有数据接口转换子系统，它为 MapGIS 与 AutoCAD 系统间架设了一座桥梁，从而达到资源共享的目的。具体实现的途径是：进入“数据转换”功能模块，MapGIS 提供了将 MapGIS 数据转换为 AutoCAD 格式的功能有 3 种转换方式^[3]：数据方式、部分图形方式和全图形方式，在具体公路路线设计中可根据需要选择应用。将以上利用 MapGIS “数字地面模型（DTM）子系统”所建立的数字地面模型和纵断面等文件数据转换调入路线 CAD 系统，按公路设计要求进行路线 CAD 设计与出图工作。根据路线设计的基本步骤，后期 CAD 设计的主要工作内容包括：在数模的基础上，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；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；利用插值得出的地面线进行路线纵断面、横断面设计，生成路线纵断面、横断面设计线数据对地形复杂地区的高等级公路进行全景透视检查 and 设计出图等等。

3 MapGIS 建立数模的特点及对我国公路勘测设计一体化工作的建议

3.1 MapGIS 建立数模的特点

当前，国内公路勘察领域对数字地面模型有所研究与应用。与其它方法相比，应用 MapGIS 系统建立数模并应用于路线设计具有以下特点：

(1) MapGIS 的整个系统包括输入编辑与数字测图（MapSuv）、库管理、空间分析、输出和实用程序

6 个子系统。其中, 输入编辑与数字测图 (MapSuv) 子系统可以直接接收全站仪、摄影测量、GPS 等设备测量的数据或通过数字化仪、地图扫描地图资料而形成三维数字地面模型。所以, MapGIS 具有接收多源地面数据的特点, 有利于公路勘察单位选择地面勘察设备与手段, 多渠道获取路线设计必须的地面数据。

(2) MapGIS 的库管理系统具有较强的地形数据拼接、管理、显示、漫游和灵活的跨图幅检索能力, 可管理多达数千幅的地图和数模数据, 可以满足建立公路带状地形数据库的要求。

(3) MapGIS 支持多种类型地形数据的地表模型建立, 可建立输出不规则三角形网结构 (简称 TIN) 模型和规则方格网 GRD 模型。MapGIS 对 TIN 模型和 GRD 模型提供了强大的三维交互地形可视化环境, 支持高程分层设色、遥感影像叠加、矢量数据叠加等多种绘制方式; 能实现三维场景的多角度实时观察、动态飞行模拟。其中, 由于 TIN 模型可以不必对原始离散数据进行网格化处理, 而是直接对这些非网格化数据建立三角剖分和分析, 不改变原始数据及其精度, 保存了原有的关键地形特征, 能够较好地适应不规则形状区域, 特别适用于公路路线优化设计和三维透视图显示。

(4) 属性信息是描述地面空间实体的特征信息, 能同时处理地面的空间和属性信息是 GIS 的重要特点之一。在 MapGIS 中, 一般可通过相应实体的输入界面输入属性信息; 当属性数据量较大时, 可将属性信息与空间数据分别输入与存储, 此时需通过连接关键字将属性数据与采集输入的空间点、线、面实体连接起来。所以, MapGIS 不但能显示数字地面模型, 还能在图形编辑子系统中显示查询对应的数字地形图和其它属性信息, 这样, 空间位置和属性信息保持了连续性和一致性, 使公路规划选线工作能综合考虑地面的所有信息数据, 提高选线决策的科学化。

3.2 对我国公路勘测设计一体化工作的建议

当前, 我国在公路勘测设计中 CAD 的应用还只局限在整个一体化过程中的某些方面, 公路勘测设计仍处于半手工、半自动化设计状态。与国际先进的道路 CAD 软件 (如德国 CARD/1、英国 MXRoad 软件) 相比, 国内公路勘测设计领域还没有开发出功能完整的公路线路设计 CAD 一体化应用软件, 缺乏像

MXRoad (前 MOSS) 那样能运用于测量、设计、分析、绘图和可视化分析等整个设计过程的系统。要想尽快赶上世界先进水平, 使公路线路设计从勘测到设计真正实现一体化, 必须在较高的起点上选择平台环境开发公路 CAD 应用软件。若再综合应用其库管理和网络地理信息系统 (WebGIS) 技术, 它在公路勘测设计一体化工作中的应用空间则更大。因此, 笔者认为可以以 MapGIS 为基础开发我国公路勘测设计一体化应用软件系统。经研讨, 认为这种想法是可行的, 因为借助 MapGIS 软件所提供的完整的二次开发函数库^[3], 可在 MapGIS 平台上开发面向各自领域的应用系统。目前, 利用该平台已研制开发出国土详查、城市规划、GPS 导航与监控等一系列应用软件系统。基于 MapGIS 开发公路勘测设计一体化应用软件的键是按公路有关标准规范对 MapGIS 的一些界面和输出子系统进行改造开发, 使界面和输出的图形符合路线设计规范的要求。这样, 开发的软件既具有 GIS 的先进技术功能, 又能符合公路勘测设计中的有关标准要求, 使 GIS 技术在公路勘测设计一体化的工作中发挥更大的作用。

4 结语

本文研究应用国产优秀地理信息系统软件 MapGIS 系统, 在公路勘测设计中采集公路地面数据和建立数字地面模型, 并将 GIS 技术与公路设计 CAD 系统集成进行公路工程路线设计, 反映了应用 GIS 这一高新技术改造传统公路勘测设计方法的新途径。研究实践证明, GIS 技术应用于公路勘测设计能有效地利用勘测阶段的各种测量信息, 快速建立数字地面模型; 将其可视化的三维地面模型和图层管理、属性信息查询等功能相结合, 能够全面反映公路工程与环境的空间与性质特征, 对公路选线和计算机辅助设计等工作具有良好的应用效果。

参考文献:

- [1] 刘友光, 黄桂兰, 等. 工程中数字地面模型的建立与应用及大比例尺数字测图 [M]. 武汉: 武汉测绘科技大学出版社, 1997.
- [2] 符铎砂. 公路计算机辅助设计 [M]. 北京: 人民交通出版社, 1998.
- [3] 武汉中地信息工程有限公司. MapGIS 地理信息系统教程 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2000.