

文章编号: 1002-0268 (2001) 05-0019-03

# 公路勘测设计一体化应用技术

程建川, 王之江  
(东南大学交通学院, 江苏 南京 210096)

**摘要:** 以数字地面模型为技术核心, 就公路路线勘测、设计两阶段的一体化技术进行讨论, 通过相应的工程项目的实践, 得到有价值的结论。  
**关键词:** 公路勘测设计; 一体化; 数字地面模型  
**中图分类号:** U412.3      **文献标识码:** A

## Research on Integrated Methods for Highway Survey and Design

CHENG Jian-chuan, WANG Zhi-jiang  
(Transportation College, Southeast University, Jiangsu Nanjing 210096 China)

**Abstract:** With the help of digital terrain model (DTM) techniques, this paper presents the integrated methods for highway survey and design. The methods include obtaining dispersed points automatically or manually, creating DTM (Triangulated Irregular Network) and computer aided design for highway alignments. Based on several different projects, this paper delivered a valuable conclusion which should be useful for other projects.  
**Key words:** Highway surveying and design; Integrated; Digital terrain model

### 0 概述

随着光电技术、计算机软硬件水平的不断提高, 道路野外测量的效率与质量有了明显提高, 其主要标志是众多电子测图系统 (EPS) 在工程中的广泛应用; 另一方面, 道路路线计算机辅助设计 (CAD) 也在工程实践中成为不可缺少的利器。但从公路勘测设计一体化、集成化的角度看, 其效率并不高, 其主要原因有: 1. 观念上的, 即野外测量和室内设计是两个不同的工种、两个联系不密切的工作阶段。即使目前野外测量提供的电子地图, 也大都用着路线设计的背景或底图, 而不能利用测量的中间信息 (如磁卡记录数据) 或电子地图丰富的三维数据及各种属性数据, 这不能不说是一种浪费。2. 技术上的, 如何利用不同来源的地形、地形特征线数据, 如何快速建立数字地面模型 (DTM, 以下简称数模) 并用于道路路线设计等技术, 仍有待完善。

本文通过一些道路工程勘测、设计项目, 对公路

勘测设计一体化的相关技术进行了研究和实践, 取得了一些成果, 希望能对其他的同类项目有所帮助。

### 1 数字地面模型的生成

所谓数字地面模型, 即是地面点平面坐标和高程的数字化表征, 并通过一定的数学模型建立起地面点之间的关系。它是地表单元平面位置及高程信息的有序集合 (图 1 所示为三角网数模, 数字表示地形点编号, 带圈的数字表示三角形编号)。数模是连接公路勘测与设计阶段的桥梁, 是公路勘测设计一体化技术的核心。

用于工程的数模类型很多, 不规则三角网 TIN (Triangulated Irregular Network) 数字地面模型是目前工程中使用最广泛的<sup>[1]</sup>。它具有网形稳定, 高程内插精度高、速度快的特点, 构网可包含地形散点和地形特征线串, 能够保留原始采样精度, 建模时达到同等内插高程精度所需的原始地形点数据量远少于其它类型数模, 因此本文的数模研究以三角网数字地面模型为

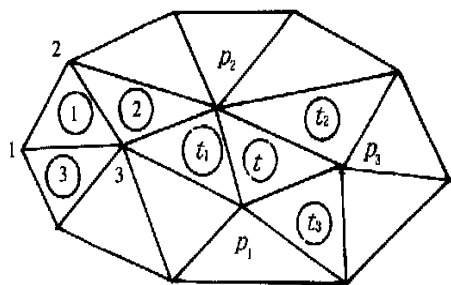


图 1 数模数据结构示意图

主, 利用自主开发的道路几何设计程序系统 AHCAD (AutoCAD-Based Highway Computer Aided Design) 的数模模块 (AHCAD-DTM), 可按以下方式生成获取数据然后生成数模。

### 1.1 从全站仪中获取地形数据

不同型号的全站仪均有内存或磁卡记录测量数据, 通过接口程序, 可将其转换为地形数据文件, 数据内容通常包含地形点的序号、三维坐标、编码和属性。

### 1.2 从电子测图系统 (EPS) 中获取地形数据

清华山维 EPSW、武测瑞得 CREAD、南方测绘 CASS 等主流电子测图系统均有透明的地形数据文件可供利用。

系统在提示用户选择电子测图系统类别, 获取地形数据后, 可自动转换生成用于构建三角网数模的地形数据文件 MODEL \*, 若已存在 MODEL \* 则会提示用户刷新或续写文件, 以便于用户根据实际情况对数据进行处理。

### 1.3 利用电子地图系统采集地形数据

所谓电子地图, 指各种数字化的、矢量化的图形文件, 其中以 AutoCAD 图形软件生成的 DWG 格式文件使用最为广泛。其实, 各种不同方式的图形文件大都可以 DXF 方式输入输出以达到相互数据交换的目的。本文讨论的电子地图为 DWG 格式文件。

目前, 电子地图的制作技术和水平正不断提高, 电子地图中表达的数据信息也越来越丰富, 并在道路设计中得到广泛应用。然而, 对于电子地图的管理还缺乏统一的规范、标准, 各地区、各部门使用不同手段制作 (机助或人工) 的电子地图在风格与类型上都很不一致, 这给从电子地图中提取数据带来了不便, 以下是几种常见的表达三维地形数据的方式。

(1) 小圆 (CIRCLE) 方式。以半径为 0.025 ~ 0.1 的一个或几个同心圆, 其圆心为带高程属性的三维点。

(2) 图块 (BLOCK) 插入方式。以统一图块 (如

小圆、小三角形、小矩形等) 插入, 插入点为二维或三维点。

(3) 文本方式。分普通文本 (TEXT) 和多文本 (MTEXT) 两种, 是利用文本的插入点得到地形点的平面位置, 并将标注的字符转换成高程。该方式生成的平面坐标有少许误差。

当电子地图对地形点的表达方式为二维图块加文本标注时, 可利用 BLOCK 和 TEXT (MTEXT) 方式拼和成正确的地形点文件供数模构网用。

(4) 等高线 (Polyline Spline Line) 方式。等高线是表达地貌的最常用方法, 其表达方式较丰富, 有 2D 或 3D Polyline, 用 Spline 表示又分控制点或拟合点两种方式, 甚至有用短线 (Line) 表达的。但无论何种方式表达, 等高线上的点都太密, 且无助于精度的提高, 因此, 系统设置了对等高线上点进行稀疏的功能, 以保证数模时间与空间的优化。如等高线不带高程属性, 系统提供的添加高程的命令可将二维线转换为三维线。

### 1.4 地形图矢量化, 机助采集地形数据

就国内工程测量的现状, 电子平板等测绘工具的应用还未达到十分普及的程度, 大量测图成果仍表现为纸质或聚酯胶片。在这种情况下利用人工或半自动进行地形图矢量化, 机助采集数据生成数模, 亦不失为一种比较简单而有效的办法。

人工矢量化地形图采集数据的方法主要有利用数字化仪和利用图形扫描仪。两者输入数据的精度均取决于原地形图本身的精度、图纸变形、仪器误差以及作业人员的熟练程度等。图纸变形、仪器误差可以通过相应的软件 (如 Photoshop, CoreDraw) 进行修正, 在一定程度上能消除或降低误差的影响。

半自动 (机助) 矢量化地形图, 是指利用计算机软件对栅格地形图进行矢量化, 这项技术是 OCR 领域的热点, 也是难点, 目前国内外的优秀软件对地形图的识别、处理都不尽人意, 需人工配合。机助矢量化和人工矢量化的成果应是同等的。

## 2 数字地面模型的应用及精度分析

### 2.1 纵横地面线的自动生成

数字地面模型在路线设计中最主要的应用便是输出路中线的纵横地面线, 有了上述数模数据结构作支撑, 该项工作很容易完成。使用中要特别注意判断点是否在数模三角形内的算法效率以及点、线交于三角形顶点的处理<sup>[1]</sup>。

### 2.2 基于三维的土石方数量计算

传统的土石方数量是按平均断面法计算，是建立在两相邻横断面线性变化假设的基础上的，有明显的理论缺陷。有了数字地面模型的依托，土石方计算的实质是原始地面（数字地面模型）和施工后地面（三维设计模型）的叠加<sup>[2]</sup>，这种计算是基于三维的，理论严密，计算准确，且能给出更多的计算信息（如土石方的分层、分类数据）<sup>[3]</sup>，实现也不算复杂，在今后定会得到广泛的应用。

2 3 数模应用的精度分析

部分项目的数模应用精度数据 表 1

项 目	公路等级	地形类别	路线长度（km）	地形点数	高大高程差（m）	高差中误差（m）	备 注
1	高速	山岭	12	47467	0.40	0.15	
1	高速	山岭	12	137990	0.12	0.05	数模经加密、特征线处理
2	二级	平原微丘	1.1	2675	0.13	0.06	
3	二级	平原微丘	2	5451	0.15	0.05	

3 路线 CAD

在目前的道路路线设计中，几乎离不开 CAD，但不同的单位使用着不同层次、不同水平的 CAD 软件。基于勘测设计一体化的 CAD 软件系统具有以下特点：

- （1）能有效地利用勘测阶段的各种信息，如地物、地貌、地质、水文等方面的数据。
- （2）勘测、设计两阶段的数据由数据库进行管理，使用效率与质量更好，对开发人员来说，便于 CAD 系统的升级、更新与维护。
- （3）有利于道路的三维设计与表现。地表面三维模型、道路三维模型及全景（拼合后）道路三维模型的生成操作变得标准、统一。

表 1 项目所示，有了数模的支持，道路平纵横设计与绘图、土石方工程数量表等表格可迅速生成，设计效率大大提高，对工程早期的方案比选更是特别有利。

4 结论及建议

通过上述讨论与工程实例的定量分析，可得到以下结论及建议：

- （1）以电子测图系统（全站仪测量）或电子地图或人工矢量化地形图完成的数模、数模应用及路线 CAD 技术为主要标志的勘测设计一体化技术对提高勘测、设计的效率与质量有着重要的推动作用，特别是在工程可行性研究和初步设计阶段，其作用更加明

显、突出。

通过对部分路线纵、横地面线的实测与数模生成数据比较，得到如表 1 所示的数据，表中的数模均由电子地图生成。这些数据表明，数模完全可满足道路工可与初步设计阶段的精度要求，对平原微丘地形，用于施工图设计阶段也基本没问题；对山岭重丘地形，可能因高程注记、图纸整饰等原因损失一些地形实测数据，经加密、特征线处理后，用于施工图设计阶段也基本没问题，但对高等级公路，建议对交叉、桥位、隧道等重要路段进行现场实测。

- （2）那种认为数模不能用于路线施工图设计的观点是不正确的，其实，无论对工可研究、初步设计或是施工图设计，数模的内核是一样的。数模及其应用的精度，主要取决于地形点的准确度、密度及地形特征线的正确处理，只是在施工图设计阶段，对上述数模的构网条件要求更高而已，但其技术过程是一致的。
- （3）目前，纸质地图已呈淘汰之势，面对大量的、格式互不相同的电子地图，如何快速准确地从中提取三维地形点及地形特征线（山脊、山谷、坎、河、塘等）信息是勘测设计一体化质量效率和实用性的保证。地形特征线提取相对困难、自动化程度较低，主要原因之一是电子地图对其表达的格式各不相同，建议测绘行业主管部门应尽快制订出电子地图的标准、规范，并考虑到其为土木工程服务的特点，在图中尽可能保留原始测量信息，特别是三维和特征线信息的内容。对影响图面质量的三维和特征线信息的内容可置于特定的层，通过层的管理来协调电子地图面向不同用户的需要。

参考文献：

[1] 程建川，邓学钧. 数字地面模型在公路 CAD 中的应用. 东南大学学报, 1997, 11 (土木专刊).

[2] 李为民. 基于数字地面模型的土方计算软件的开发与应用. 测绘通报, 1998 (9): 10—12.

[3] IB&T (德). CARD/1 用户手册. 1995.