

桂林市三维地形立体显示与分析系统

陈伟海¹, 马祖陆¹, 何观德², 张志明²

(1. 中国地质科学院岩溶地质研究所, 广西 桂林市 541004; 2. 桂林市水利电力局, 广西 桂林市 541001)

摘要:“桂林市三维地形立体显示与分析系统”利用了 GIS 和 RS 技术开发研制。它以数字化的地形图为核心数据源, 建立数字高程模型, 以卫星遥感数字图像为三维景观的表层粘模。具有二维平面—三维立体图对照显示、地形数据与专业图像数据迭合显示和任意调整观察(飞行)参数等功能, 并可以按预设的路线模拟飞行观察。还具有绘制剖面、分析地形坡度、求算面积和土石方量(或水库库容)综合背景查询和工程适宜性评价等功能, 有较高的实用价值。

关键词: 数字高程模型; 三维立体显示; 模拟飞行鸟瞰; 辅助工程规划

中图分类号: TP 751 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-070X(2000)03-0057-05

0 引言

人类的许多活动都与地形有关。长期以来, 人们采用等高线表示地球表面的起伏形态, 绘制成纸质地形图。这种对地形的表示形式有很大的局限性, 比如: 表现的信息量有限且更新不便; 二维平面图无法真实地表现地形的三维景观, 非专业人员难以读懂; 在地形图上量算的是投影距离和面积, 对工程规划设计中量测地表实际面积、坡度或计算土石方量有一定的难度等。

随着计算机图形学和信息处理技术的发展, 以及“数字地球(Digital Earth)”等概念的提出^[1]、“数字地形”、“数字国土”等概念相继提出并逐步实施。全国 1:25 万地形图数字化业已完成^[2]。以“数字地形”为基础的“虚拟现实”、“三维地形立体显示”等方面的研究已成为计算机图形学领域的热点之一^[3~5]。三维立体显示的出发点是运用三维立体透视技术和计算机仿真技术, 通过将真实世界的三维坐标变换成计算机坐标, 通过光学和电子学处理, 模仿真实的世界并显示在屏幕上^[6]。为了增加真实感, 往往在地形图上迭加航空或卫星遥感图片。它具有可视化程度高、表现形式灵活多样、动态感和真实感强、资料更新方便等优点, 可广泛应用于政府辅助决策、防洪减灾、地形勘查与野外作业设计、水电工程规划设计与选址、环境评估及军事等各个领域。

桂林市含 12 个县 5 城区, 面积近 3 万 km², 地处南方典型岩溶丘陵区, 地形复杂, 交通不便。为方便地了解全市的地形地貌和资源环境状况, 并为有关部门在工程规划与选址等方面提供一种快捷有效的手段, 中国地质科学院岩溶地质研究所与桂林市水电局合作完成了“桂林市三维地形立体显示与分析系统”。根据用户的需求, 该系统侧重于地表景观的三维立体显

示、模拟飞行观察及水电工程辅助规划设计等方面。

1 系统设计与技术特点

1.1 设计流程

以 MAPGIS 作为软件开发平台,在岩溶地质研究所 GIS 中心自主开发的 GIS 软件 SK Set3.0 的基础上^[7],运用 Borland C++、Delphi 和 Foxpro 等面向对象的软件开发工具,进行二次开发和建模。流程大致为:基础数据数字化→编辑处理、校正配准→建立相应的空间、属性、图像、符号等数据库→软件开发、系统集成→三维地形立体显示分析系统→功能实现。

1.2 技术特点

系统的信息资料处理全部采用了数字化技术,在此基础上建立的数字模型为定量化的空间分析奠定了基础。系统建设充分利用了遥感技术的信息优势和 GIS 的空间分析优势,两者相互结合和补充,使系统具有两大技术优势,一是信息处理的便捷性(主要源于 GIS 强大的空间分析功能);二是信息的可更新性(主要源于方便快捷的遥感信息的周期性获取)。系统具有二维—三维对照显示和任意调整观察(飞行)参数等功能,并可以按预设的路线模拟飞行观察,表示内容真实、丰富多彩,给人亲临其境的感觉。同时,结合水电工程建设需要,系统集成剖面绘制、地形坡度分析、面积量算和土石方量(水库库容)求算、综合背景查询和工程适宜性评价等功能,突破传统纸质地形图的表现方式和功能,有较高的实用价值。

2 数据处理

2.1 概述

该系统以 1:10 万地形图为核心数据源;以美国陆地资源卫星(Landsat-5)TM 数字图像和法国 SPOT 卫星数字图像作为三维景观的表层粘模,配以行政区划、道路交通、社会经济、水电工程、地质、水文等数据,从而实现对地形、地貌、人文等景观的重现。

系统采用矢量与栅格数据结构相结合的数据格式,两者在一定程度上可以相互转换。根据数据特点设计了相应的数据库,如属性库、图形库、图像库、文字符号库等,以便于信息的提取和查询分析。数据处理原则上按照资料整理→清绘→分类→分层→编码→输入→编辑→拼接及校正→建数据库等流程进行,在此不再赘述。

2.2 地形图数字化处理

地形图数字化处理的目的是建立数字高程模型,它是地形立体显示的骨架和水电工程规划设计的基础;它以数值形式存储了地表的空间分布坐标(X 、 Y)和高程信息(Z)。处理过程中,首先将地形图矢量化,然后通过一定的算法转换成栅格形式,即栅格 DEM,它以灰度图像形式表示,实质是把覆盖区域划分成大小和形状都相同的规则网格,用相应矩阵的行列号来对地面网格点的二维地理空间定位,而矩阵元素(图像灰度)则记录对应点的高程。

根据不同需要,系统采用 3 类不同精度的高程数据。第一类是全市的高程数据。由于考虑到系统数据量、显示速度和应用目的,DEM 采用 1:10 万地形图,等高距为 20 m,网格大小为 90 m×90 m;第二类为按 1:10 万地形图分幅显示,网格大小为 30 m×30 m(与 TM 图像地

面分辨率对应) ;第三类采用 1:1 万地形图 ,等高距为 2m ,网格密度为 10 m×10 m(与 SPOT 图像地面分辨率对应) ,以显示重点地区地面景观。

2.3 卫星遥感图像处理

选择 1998 年 10 月 TM 图像作为三维景观的表层粘模 ,另外 ,为了对桂林市区及漓江流域有更详细的了解 ,我们还购置了这些重点地段的法国 SPOT 卫星资料(1999 年 1~2 月份)。数字图像通过彩色合成、几何校正、与地形图配准、图像增强、图像镶嵌、行政区开窗处理、地理及人文要素标注等处理后 ,与上述 DEM 高程模型迭合显示 ,从而实现对地表景观的重现。

美国陆地资源卫星按固定轨道每 16 d 绕地球一圈 ,因此 ,地球表面同一地点每年可覆盖 20 余次。不同时期获取的数据 ,记录了特定时间的地表信息 ,因此 ,系统也是一个“ 四维 ”的模型 ,即空间(X,Y,Z)加时间(T)。通过选取不同时相的卫星数据与 DEM 迭合 ,可以了解各历史时期或不同季节的地表变化 ,真正建立了时空数据库 ,实现对时空事件反演 ,为资源环境调查、监测、防汛及减灾等服务。

2.4 其它数据

主要包括 1:20 万地质图、工程地质图 ;交通位置、行政区划(全市及各县)、河流水系图 ;专题图件包括漓江补水规划图以及各县(区)防洪排涝工程图、防洪风险图、水资源开发利用分区图、水利工程分布图、主要灌区图等 ;文字档案资料包括各种反映水利建设的文稿、简报、防汛手册、工程建设规划报告等资料 ;数据表格主要有桂林市河流特征表、水库基本情况表等。这些数据亦进行了数字化处理 ,归类到相应的数据库中。

3 主要功能

该系统主要包含数据处理、三维立体显示、应用分析等 3 项功能模块(图 1)。



图 1 桂林市三维地形立体显示分析系统主要功能

3.1 数据处理及更新

- (1)数据输入、编辑、修改。利用该模块可以对基础数据进行矢量化输入、赋值、编辑及修改 ,以及图形数据库的配准、拼接、投影变换、误差校正、图层管理等。
- (2)数据输出与格式转换。利用该模块可以输出任意大小的图像文件 ,或打印输出高精度的图形 ;可以与 AUTOCAD、ARC/INFO、MAPINFO 等格式的数据相互转换。

(3) 遥感图像分析处理。为用户提供遥感数字图像处理功能, 以便于对遥感数据的更新。主要有图像的定义、图像的显示、图像增强、几何校正、镶嵌拼接、图像输出、统计分析、直方图生成、辅助分类等功能。

3.2 三维立体显示

(1) 数字高程模型(DEM)显示。用户可以选择显示全市和各分幅地形, 或局部地段放大显示(插页彩片 1), 任意调整参数进行全方位观察, 平面图与立体图对照查看等。单独查看某地区的地形特征时, 可使用该功能。

(2) DEM 数据与专业图像数据迭合显示。将地形数据与卫星遥感图像迭合显示, 可生成立体地面实况图。使用该功能, 不仅能察看地形特征, 还能察看地表道路、水系、建筑物、植被等特征; 需要显示的要素可由用户在相应的遥感数字图像上添加。插页彩片 2 为添加了 TM 图像和人工标注后的虚拟地形场景, 它包含了地形和实体的信息。另外, 地形数据还可以与地质图、植被分布图、土地利用图等专业图像迭合, 生成专题立体图, 从而能够更直观、全面地反映研究区的空间结构和性质特征。

(3) 模拟飞行观察。可以在二维平面位置图上预先编辑飞行观察路线, 然后沿模拟的飞行路径从空中动态地、多方位地观察感兴趣的地段, 如河流水系分布、水利设施、工程环境, 或沿河考察洪水淹没区域情况, 或鸟瞰规划的工程区地面状况等, 使观察者有逼真的、亲临其境的感觉。从而为有关领导、决策者提供全方位的观察条件, 实现足不出户即可巡视桂林的山山水水(插页彩片 3)。

(4) 静态地形立体模型。可绘制指定地区的地形网格立体图(插页彩片 11)。

(5) 观察(飞行) 参数设置。可根据需要任意设置观察或飞行的参数, 以改变三维立体显示的效果和飞行观察效果。比如, 调整观察者的视点位置(平面 X 、 Y)、观察点的高度、观察方向、观察视角、光照角度、高程因子、飞行方向、飞行高度、飞行速度等等, 以达到最佳的观测效果。系统还具有平面图与立体图对照查看, 任意图像的自动浏览显示和任意区域的放大、缩小显示, 以及灰度或分层设色(彩色) 显示等控制功能, 以适应不同用户的需要, 提高视觉效果。

3.3 应用分析

系统在地形立体显示的基础上, 集成了一些实用性较强的应用分析功能, 为水电部门工程勘察设计提供的计算机辅助服务, 以提高工作效率和质量。主要包括:

(1) 绘制任意地形剖面。用户可以观察与 $X - Y$ 平面垂直的任意剖面的地形起伏情况, 量算任意两点间的距离。用鼠标选择剖面的始点, 在数字化的地形图上拉出任意方向和长度的剖面线, 设置有关参数后, 系统即开始处理剖面并将结果用图形显示出来。若地形图上同时迭加有地质图等, 剖面与地质图切割可生成如地层剖面之类的剖面图。

(2) 地形坡度分析。系统可提取指定地区的沟谷、山脊、坡度、坡向等地形信息, 用于分析地貌、汇水条件等, 并将结果以图像文件格式保存。

(3) 面积及土石方量(水库库容) 求算。用鼠标在地形图上任意圈划一个封闭的多边形区域(如拟建的水库库区等), 系统即时可计算出该区域的图上面积(集雨面积)、地表面积。若指定填平位置(库坝高程) 则可计算该高程下的土石方工程量(或水库库容) 等。在防洪工作中, 一旦确定洪峰水位, 则可相应求出洪水淹没区的面积, 评估灾害损失等。

(4) 综合背景查询。具有栅格图像之间的叠合、任意图斑地块的面积和综合背景条件查询

等功能。打开多个图层后,用鼠标点击任一图斑或开窗圈划任意多边形,系统即时求出该图斑的面积,并显示该图斑下伏诸多图层的属性,如地质状况、地形高程、第四系类型、土壤状况、工程地质、水文地质特征等,在工程规划中有重要意义。

(5)工程适宜性评价。进行工程规划选址时,可能要有必要一些必要条件,比如地形地貌、坡度坡向、地质地层、工程地质、气象水文等条件,用户输入这些条件后,系统可通过多图层的空间分析和检索,实时地在相应的图上显示符合条件的区域位置和面积。



参考文献

- [1] 崔伟宏,李小娟.“数字地球”科学工程[J].地球信息科学,1999,1(1):36~41.
- [2] 蒋景瞳.国家基础地理信息系统全国1:25万数据库设计和应用研究[J].遥感信息,1999(4):14~18.
- [3] 戴文晗,戴磊.3D-GIS三维地形分析系统[J].遥感信息,1999(1):42~44.
- [4] 赵韶平,高世海,齐世举.三维真实感地图生成[J].中国图形图像学报,1999,4(7):549~552.
- [5] 刘渭洁.建立实用型三维地理信息系统[J].中国图形图像学报,1999,4(1):72~75.
- [6] 徐伟忠,刘辉,谈正.三维立体显示系统的开发研究[J].中国图形图像学报,1997,2(4):144~148.
- [7] 茹锦文,马祖陆,刘光慧,等.黔东南州地理信息系统与遥感一体化试点研究[M].贵州:贵州科技出版社,1996.

THE 3D - STEREO TERRAIN DISPLAYING AND ANALYSIS SYSTEM OF GUILIN

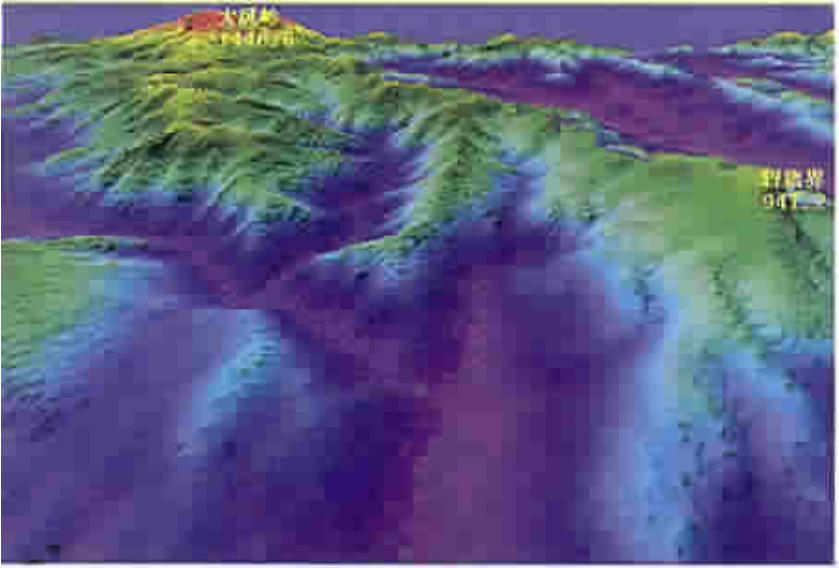
CHEN Wei-hai¹, MA Zu-lu¹, HE Guan-de², ZHANG Zhi-ming²

(1. Institute of Karst Geology, Chinese Academy of Geological Science, Guangxi 541004, China; 2. Bureau of Water Conservancy and Electric Power of Guilin City, Guangxi 541001, China)

Abstract: GIS and RS techniques were adopted in the development of The 3D - Stereo Terrain Displaying and Analysis System of Guilin. It uses digital topographic map as the key data source to set up the digital elevation model, and uses the digital picture of satellite remote sensing as the covering surface of stereo - landscape. It possesses many new functions, such as, 3D - stereo picture can be displayed against 2D - plane map, the observing (flying) parameter (position, altitude, direction and angle of view, etc.) can be set arbitrarily. Further more, people can take a simulated flight up the sky following the scheduled arbitrary road to get a bird's-eye view, as if you are on the spot personally. Moreover, the system possesses the functions of drawing the sectional map of topography, analysing the slope of terrain, calculating the surface area of arbitrary region, calculating the cubic meter of earth & stone and storage of reservoir, inquiring about the comprehensive data of the engineer area, evaluating the suitable area of the planning projects, etc..

Key words: Digital elevation model (DEM); Stereo display; Simulated flight to get a bird's-eye view; Projects planning

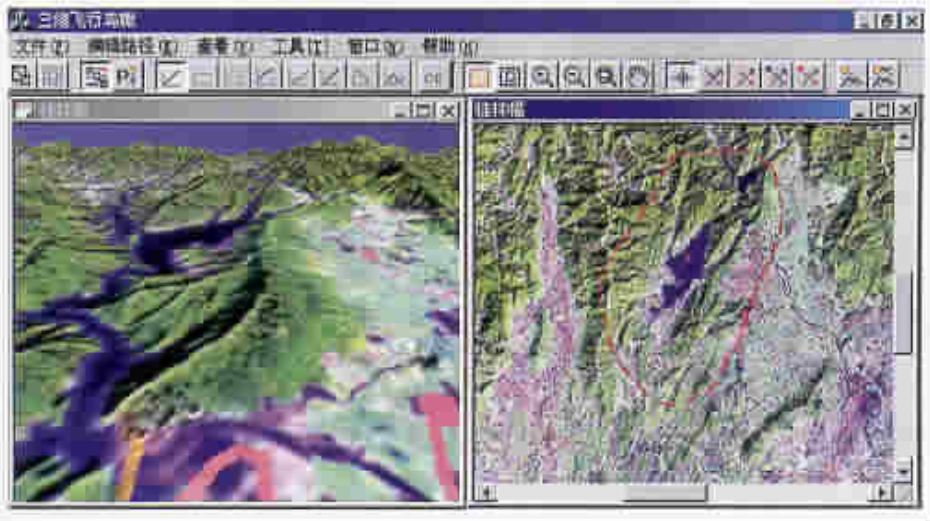
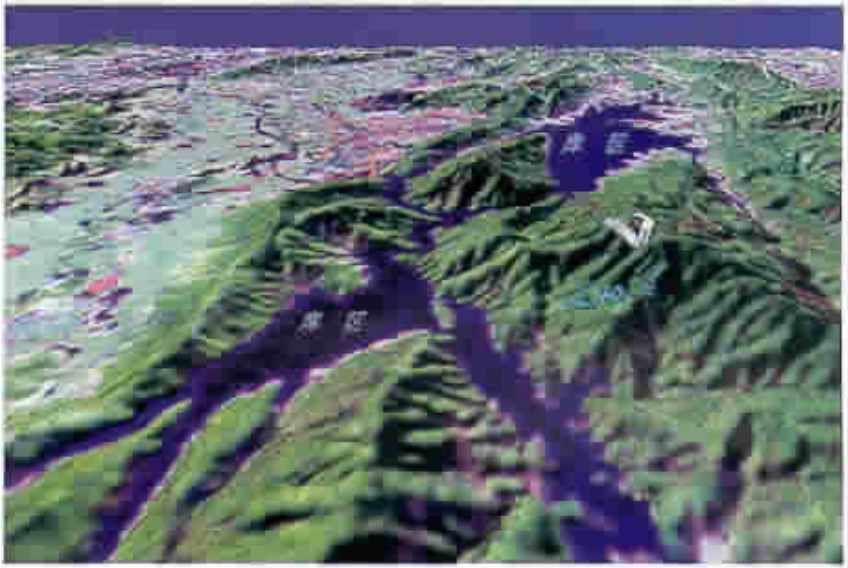
第一作者简介:陈伟海(1965-),男,助理研究员,1988年毕业于北京大学地质学系,学士学位。主要从事GIS与遥感应用、水文地质及国土资源调查和研究工作。



彩片 1 桂林市青狮潭水库补给区数字高程模型

(虚拟观察参数 :观察方向从南向北 视点高度为 2500m ;观察视角为 60° ,光照倾角为 50°)

彩片 2 桂林市青狮潭水库区立体实景图(虚拟观察参数 :观察方向从北向南 ;视点高度为 3200m ;观察视角为 30° ,光照倾角为 50°)



彩片 3 桂林市某地模拟飞行观察图(左图为三维飞行鸟瞰图 ;右图为平面对照图 ,红色虚线为预设的飞行观察路线)