

文章编号:1672—7940(2006)01—0075—05

# GIS 在地质图件编绘中的应用

田米玛,程红杰

(中国地质大学,武汉 430074)

**摘要:** 随着计算机软硬件技术的发展以及地质图件编绘工作对于制图技术要求的不断提高, GIS 作为一门独立的学科日益受到地质工作者的青睐。其中最重要的原因就是 GIS 具有不同于一般制图系统的强大的空间数据库以及建立在数据库基础上的查询和分析功能。本文以 MAPGIS 编制地质图的过程为例,着重从地质图数据库的建立来讨论 GIS 在地质图件编绘中的应用。

**关键词:** GIS; 地质图件编绘; MAPGIS

**中图分类号:** P628

**文献标识码:** A

**收稿日期:** 2005—10—18

## THE APPLICATION OF GIS TO GEOLOGICAL MAPPING

TIAN Mi-ma, CHENG Hong-jie

*(China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)*

**Abstract:** Along with the computer hardware and software technology developing and the geological mapping technique requirements increasing, the geologists are giving more and more attention to GIS. One of the most important factors is that GIS can provide powerful spatial database and query and analysis functions based on this database. This paper will take the use of MAPGIS in geological mapping as an example to mainly discuss GIS application to geological mapping in geological map database establishment.

**Key words:** GIS; Geological mapping; MAPGIS

## 1 引言

自 20 世纪 60 年代提出地理信息系统 GIS (Geographic Information System) 概念, GIS 的发展就与计算机机助制图密切相关。机助制图是地理信息系统的主要技术基础, 它涉及 GIS 中的空间数据采集、表示、处理、可视化甚至空间数据的管理<sup>[1]</sup>。我国从 20 世纪 80 年代就开始注重 GIS 技术的研究, 并在资源勘查、环境保护、土地利用规划、水文泥沙防治等领域取得了一定成果。此

后, GIS 作为一项先进的工具引入到地学领域, 并在地质图件编绘过程中得到推广和应用。实践表明, GIS 是实现地质调查基础数据信息化的基础, 是快捷、便利实时调查资料处理、分析一体化的方式, 具有实时专家知识体系, 进行资料信息综合的应用优势。

对于地质制图而言, GIS 是一种把计算机图形与数据库融为一体、用来存贮、处理以及管理空间信息的新技术。它可将地质体的地理位置与其地质属性结合起来, 根据实际需要准确、真实、形象地将图形信息展现给用户, 同时借助其独有的

空间分析功能和可视化表达能力,帮助地质工作者进行地质辅助决策分析,已经逐步代替传统的解决地质问题的手段。

## 2 地质图件编绘概述

地质图是显示地壳表层的岩石分布、地层年代、地质构造、岩浆活动等地质现象的地图<sup>[2]</sup>,是地质工作者从事专业工作必不可少的专题图件。地质图需要专业人员在野外实际填绘,通常的做法是首先将地壳表层的所有地质现象抽象为点、线、面、注记符号等,然后以普通地图为底图,通过正射投影将这些地理空间实体投影到地理底图上,以实现地质现象的可视化表达。传统地质图的载体为各种绘图纸,由于纸质图本身的局限,给专业人员进行综合分析造成了很多困难,如矿产资源评价、地质灾害预测、环境监测、土壤恶化等。所以,地学领域的工作人员一直希望能有一种新的方式克服传统纸质图的缺陷为地质工作者带来方便。

计算机技术和计算机制图学的发展,促进了电子地图的问世,数字地质图也应运而生。然而,这种数字地质图也只是传统纸质地质图的数字化,是通过计算机来表达和管理纸质地质图所包含的地质信息。GIS 的出现及其在地学领域应用的深入,地质图作为地学研究的基础图件,正在告别纸质时代,进入数字化时代。中国地质调查局自 20 世纪 90 年代末开始实施数字国土项目,到 2002 年底全国已经完成了 227 个标准图幅的建库工作,全库数据量达到 16 GB。其中,原图扫描的栅格数据 117 幅、MAPGIS 和 ARC/INFO 格式数据 227 幅、ArcSDE 数据库图元总数 788 190 个。数据库建设以空间数据为核心,采用了国内、国际先进、通用的技术平台,研究并建立了面向对象的地质图空间数据库数据模型,并首次将此模型应用到 1:250 000 数字地质图空间数据库建设中。1:250 000 数字地质图数据库也在建设之中,1:500 000 数字地质图数据库建设已经完成。

### 2.1 MAPGIS 系统介绍

MAPGIS 是由中国地质大学(武汉)自主开发的 GIS 平台,是目前我国最完善并具有国际先进水平的地理信息系统软件。它是一个集当代最

先进的图形、图像、地质、地理、遥感、测绘、人工智能、计算机科学于一体的大型智能软件系统,是集数字制图、数据库管理及空间分析为一体的空间信息系统,是进行现代化管理与决策的先进工具<sup>①</sup>。MAPGIS 具有输入、存储、检索、空间分析和显示等计算机辅助功能,可根据地物的地理坐标、地理属性对其进行管理、检索、评价、分析、结果输出等处理,提供决策支持、动态模拟、统计分析、预测预报等服务。通过该软件处理的图件,剪度高,位置准确,图形逼真,成图周期短,成本大大降低,实现了图形数据共享,方便图形数据存储、保管和使用,提高了图件的实用性和使用效率。

### 2.2 MAPGIS 数据类型

MAPGIS 系统是以地理空间数据库为基础,以地球表面空间位置为参照,来描述具有空间特征数据的系统。这些数据可以是数字、文字、表格、图像和图形等。系统中的数据包括两大类型:空间数据和属性数据。空间数据用来确定图形和地理特征的位置,其中包括两方面的信息:一是在某个已知坐标系中的位置(几何坐标);二是实体间的空间相关性(即拓扑关系)。属性数据用来反映与几何位置无关的属性,它是与地理实体相联系的地理变量或地理意义,是空间数据的重要数据成分,它同空间数据相结合才能表达空间实体的全貌<sup>[3]</sup>。

地质实体空间位置的表示在形式上是多种多样的,但可以抽象为三种最基本的实体类型:点、线、面。理论上讲,任何一种地理实体都是可以用点、线、面这三种基本实体再加上文字标注来表示的。用点实体表示不同尺度空间实体,如居民点、矿点、水井、高程水准点、钻孔等为点状类实体。点状实体的空间位置通常采用一对坐标( $X, Y$ )来表示,这对坐标( $X, Y$ )既可以是地表的经纬度坐标,也可以是数字化输入过程中的平面坐标系提供的相对位置。用线实体表示具有线性特征的地理实体,如河流、道路、断层、地质体界线等为线状类实体。线实体是一组有序点的集合,具有起始点、终止点和明确的方向性,可以采用一组有序的( $X, Y$ )坐标来表示。这些坐标是在曲线上按一定的间隔获取的,称为矢量数据。其表达式为: $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_n, Y_n)$ 。用面状实体表示各种规则与不规则的多边形地质实体,如湖

① 中国地质大学(武汉)信息工程学院,武汉中地信息工程有限公司. MAPGIS 地理信息系统使用手册数字制图篇[Z], 2003.

泊、矿区、行政区划、地质单元等为面状类实体。面实体可采用一组有序的线段来表示,这组有序的线段首尾位置必须重合。其表达式为 $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_n, Y_n)$ 且 $X_n = X_1, Y_n = Y_1$ <sup>[4]</sup>。

### 3 地质图数据库的建立

#### 3.1 拓扑关系的建立

拓扑关系是指网结构元素(结点、弧段、面域)间的邻接、包含、关联等关系,即要素(图元)之间的连通性或相邻的关系。GIS是将其作为基本关系直接建立,有的则是以定位关系为基础,间接导出实体间的拓扑关系。拓扑关系是空间数据结构化的重要体现,是当代GIS数据库的一大特点,拓扑技术则是GIS的核心技术。因此,建立拓扑关系是GIS与数字制图之间一个最重要的区别。拓扑关系的建立使GIS实现了对地质图数据的有效管理,并为实施地图数据的空间操纵和分析打下基础。

##### 3.1.1 GIS中的空间拓扑关系

空间特征的拓扑关系分两类:一种是几何元素的结构关系,如点、线、面之间的组成关系,可用于描述和表达几何元素的形态;另一种是目标之间的位置关系,可用于描述和表达几何元素之间的分布特征。具体可分为:

1)点一点关系:点与点重叠、距离、方向关系,如居民点与水井之间的距离关系。

2)点一线关系:点与线的距离、方向与重叠关系,如井位与断层之间存在:落于断层上;不在断层上等。

3)点一面关系:点与面的方向、距离关系,即点落在面内或界线上,点在面外,如异常体与地层之间的关系。

4)线一线关系:线与线之间重叠、平行、相交、邻接、距离、方向关系,如铁路与公路的关系,有相交、平行等关系。

5)线一面关系:线与面的方向、距离关系;即线与多边形相交、重叠、包含、相离,如构造线与地层之间的关系,存在:在地层内;与地层相交;与地层相邻等关系。

6)面一面关系:多边形之间重叠、相交、相邻、包含及方向关系与距离关系,如岩体、岩脉与地层之间的相互关系,岩脉落于某地层或相交于某地

层,与其它地层则是相邻关系。

#### 3.1.2 MAPGIS中拓扑关系建立

对于点一线,线一线,线一多边形等拓扑关系的建立,可以通过设计各类要素的数据结构表示,而对于多边形区域拓扑关系建立,MAPGIS中设计了一组操作流程,得以交互式建立,减轻了数据录入人员的工作量。

MAPGIS中拓扑关系的建立比较复杂,其一般工作流程为:数据准备—自动剪断线—清除重叠坐标及自相交—清除微短线—自动线结点平差—线转弧段—关闭线文件或清除线工作区—装入转换后的弧段文件—拓扑查错—拓扑重建—弧段转线。下面就从其工作流程来说明拓扑关系建立的过程。

1)数据准备:将原始数据中与区图元无关的线(如铁路)放到其他层,而将围成区域边界的线提取出来单独放到一层,将该层保存为一个新的线文件,以便进行拓扑处理。

2)自动剪断线:分为“端点剪断”和“相交剪断”。端点剪断用来处理“丁”字型线相交问题,即一条或数条弧段的端点(结点)落在另一条线上,而这条线由于数字化时出现失误没有断开。相交剪断是处理两条线互相交叉的情况。

3)清除重叠坐标及自相交:分为“清除线重叠坐标及自相交”和“清除弧段重叠坐标及自相交”。利用该功能可清除线或弧段上重叠在一起的多余坐标点并剪断自相交的线或弧段。这些重叠的点有可能是用户重复输入或采集的。

4)清除微短线:执行自动剪断线和清除重叠坐标及自相交功能后,可能会产生一些无用的短线头,这些线头会影响拓扑处理和空间分析。清除微短线就是为删除这些线头而设置的。

5)自动结点平差:包括结点和弧段结点平差。设置“结点搜索半径”后,系统会自动将线文件中位于搜索半径之内的线(或弧段)的端点进行平差。

6)线转弧段:将工作区内的线转换成弧段,并存入文件中,这样的文件只有弧段而没有区;拓扑处理中需要这样的文件。

7)拓扑查错:该功能是拓扑处理的关键,只有数据规范,无错误后,才能建立正确的拓扑关系。利用此功能,用户可以很方便的找到错误,并指出错误的类型及出错的位置。查错可以检查重叠坐标、悬挂弧段、弧段相交、重叠弧段、结点不封闭等

严重影响拓扑关系建立的错误。

8) 拓扑重建: 数字化后得到的线数据, 通过“线转弧段”转为弧段数据, 但这些数据仍然是孤立的弧段。拓扑重建就是要建立结点和弧段之间的拓扑关系以及弧段所构成的区域之间的拓扑关系并赋予其属性。

### 3.2 地质图数据库的建立过程

1) 矢量化: 进入到 MAPGIS6.2 版图形处理子系统, 打开“输入编辑”, 装入光栅文件, 进行图形录入编辑。图形录入是对图形进行矢量跟踪, 编辑是对点、线、区(多边形)等要素进行编辑修改, 形成点(.wt)、线(.wl)和区(.wp)文件然后存盘。图形要素录入时不能丢失也不能重复, 并按照相关工作规定的顺序依次进行, 避免在后期工作中遇到麻烦。最后利用拓扑检查功能对线文件进行线拓扑错误检查。检查无误后进行误差校正。

2) 误差校正: 由于对原图的扫描及矢量化过程中会产生误差, 因此要对矢量化所得的综合点、线文件进行误差校正。首先确定图形的控制点, 一般控制点为三角点、水准点和经纬点, 控制点越多, 精度越高。接下来在图上采集控制点的实际值, 然后输入其理论值。设置校正参数, 进行图形的误差校正, 将校正后的文件和校正控制点文件

存盘。

3) 图层划分: 对误差校正后的综合图层线文件拓扑检查无误后, 利用标准理论框建立内图框, 建立区文件, 进行区拓扑错误检查。检查无误后, 通过修改参数的办法, 按照图层划分要求形成不同的要素图层, 并建立分层文件。对录入的不参与整体拓扑的(点、线、区)文件按照专业分层要求进行分层存储。

4) 属性联接: 形成图层文件后需要进行图形要素与相应属性的联接。属性联接有两种方法: 第一, 利用“根据参数赋属性”功能对图元进行赋值; 第二, 首先生成属性数据库, 再利用其他软件将数据库导入, 通过设定的图元关键字(通常是图元的 ID 号)与其相对应的属性联接。属性联接完毕后, 按照建库要求和图元命名规则对每个图元赋予唯一的图元编号。

经过以上步骤, 一个地质图数据库就建立起来了(图 1 就是利用 MAPGIS6.2 系统对山东胶莱盆地的石油地质数据进行建库之后提取的莱阳区块石油地质图)。当然, 有些情况下要根据成果汇报的要求进行数据格式转换, 数据格式的转换是目的成果数据的形成过程。由于建立的空间数据库是借助于 MAPGIS 编辑平台进行的, 依照要求需进行各种坐标系的高斯投影和经纬度无投影



图 1 山东胶莱盆地石油地质图

Fig. 1 Jiaolai Basin petrol geology map in Shandong

转换,利用 MAPGIS 投影转换模块可实现这一过程。在投影过程中一定要注意 TIC 点和投影参数的坐标系统和单位。采用 MAPGIS6.2 版本的 E00 双精度格式转换可以保证属性格式不变。至此,所建立的地质图数据库可以适应各种不同的需要,帮助地质工作者进行空间分析,解决纸质图不能解决的问题。

### 3.3 GIS 中建立面文件的复杂性

MAPGIS 建库工作流程中,最繁琐、最复杂、也最容易产生错误的步骤是点、线、面文件的编辑及面文件弧段拓扑关系的建立形成。由于图件幅面大、曲线关系复杂、线型种类繁多、符号注记遍布,因此,在数据输入过程中难免有许多错误,数据的准确性较差。如微短线,重叠坐标,悬挂弧段,弧段相交,重叠弧段,结点不密封等错误都会严重影响拓扑关系的建立。而拓扑信息是否正确对于面文件形成是起着至关重要的作用。所以要花费大量的工作进行预处理,其步骤前面已经介绍。对于这些耗时费力的工作,大部分必须手工完成。由此可见,GIS 中点、线、面文件的编辑及面文件的拓扑关系的建立是相当繁琐的。因此,这一步工作的改进还有待于 GIS 技术的进一步发展完善。

## 4 结 语

从上面地质图数据库的建立过程可以看出,GIS 以其强大的数据库功能特别是数据之间拓扑关系的建立为地质工作带来了极大的方便,尽管其在地质图件编绘工作有些功能还不是尽善尽美。但是,我们有理由相信,随着计算机软硬件技术的发展以及 GIS 自身技术的完善,它将在地质图件编绘、综合分析以及决策支持等方面更好地为地质领域的工作服务,从而造福于人类。

### 参考文献:

- [1] 龚健雅. 地理信息系统基础[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [2] 蔡梦奇, 毛赞猷, 田德森. 新编地图学教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [3] 朱光, 季晓燕, 戎兵. 地理信息系统基本原理及应用[M]. 北京: 测绘出版社, 1996. 30-65.
- [4] 吴冲龙, 江新庆, 刘刚, 等. 资源信息系统教程[M]. 北京: 地质出版社, 2001.