

· 讲座 ·

地理信息系统(GIS)及其应用

李军 杨东来 史辉
(山东地质矿产信息中心)

1 引言

地理信息系统(Geographical Information System)简称GIS,是指各类空间数据(反映整个地球表面或深部、整体或区域之资源、环境的现势和变迁)和表达其特征的属性数据,以及这些数据在计算机中的采集、存储、管理、建模、输出的技术系统或基础平台。它是一种集地理、地质、测绘、遥感、环境、应用数学等为一体的综合性科学(马智民等,1996)。

地理信息系统以地球科学和信息科学为基础,以系统论、控制论等现代科学理论方法为指导。针对当前地质找矿面临的综合信息,在地理坐标的控制下,采用直观的图形和数据库方式对地质、地理数据进行采集、存储、管理、查询、分析和制图,从而实现地质、物探、化探、遥感等信息的综合利用,充分研究各因素变量,以指导成矿预测和找矿。

地理信息系统是在计算机发展的基础上,在信息产业迅猛发展的形势下产生的。由于交叉学科的发展使地理学科的工作不断得到改进,人类在利用地理资源的同时也开始有意识地去保护它们,因此,对地理资源的管理、利用、开发、保护、分析和预测成为新的课题。1963年加拿大测量学家R.F. Tomlinson提出并建立了世界上的第一个地理信息系统——加拿大地理信息系统(CGIS),随后美国推出SYNAP软件,这些早期的地理信息系统带有机助制图(CAD)的色彩,地学分析功能很简单。现在GIS已发展成为确定性产业,深入到各个领域,成为人们关注的课题。我国地理信息系统起步较晚,但发展迅猛,目前已在队伍组建、人员培训、软件开发和应用上形成一定的规模,受到国家和各部门的高度重视。1994年9月中国GIS协会成立,并在1995年10月举行了中国GIS协会的首届年会。

从“七五”开始,地矿系统在GIS的应用研究和软件开发方面取得了长足的进展,其中可以1985年桂林岩溶地质研究所建立的桂林市资源环境信息系统为代表,地矿部科技公司开发的享有自主知识产权的GIS软件被列为“八五”攻关项目,该项目由中国地质大学(武汉)承担,现已开发出MAPGIS并通过鉴定。90年代以来,GIS已被列为发展地质勘查工作的关键技术,地矿系统在GIS的应用上进入了有组织、有计划的研究和推广普及阶段(姜作勤,1997)。

2 地理信息系统的组成

广而言之, 地理信息系统由数据、用户、软件和硬件组成, 其中数据是研究的核心, 用户是工作的方向和目的, 软件和硬件是 GIS 的基础。

地理信息系统作为一种基础平台, 由数据输入子系统、数据(图形和属性)编辑子系统、数据库管理子系统、空间分析和查询子系统及输出子系统五大基础部分组成(图 1)。

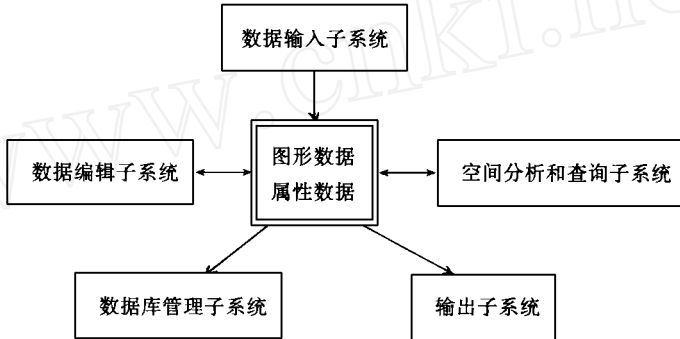


图 1 GIS 各组成部分及其相互关系

Fig. 1 Component of GIS and their correlation

数据输入子系统: 是对空间图形和特征属性数据的采集和录入, 包括数字化仪跟踪、扫描矢量化、GPS 输入、其它格式数据转换。

数据编辑子系统: 进行图形整饰、属性挂接、错误检查、误差校正、投影转换和拓扑关系的建立等。

数据库管理子系统: 包括图形库和属性库的管理以及与图形有关的系统库的管理。

空间分析和查询子系统: 是对数据的利用, 通过基本的空间计算和空间分析模块进行地形分析、叠加分析、缓冲区(buffer)分析、相邻连接分析以及检索查询。

输出子系统: 实现图形和属性数据以及分析结果的输出与显示, 包括生成图表、地图制图、数据转换。

3 地理信息系统的数据特点

GIS 的数据包括图形数据和属性数据。前者由具有一定坐标位置的空间实体通过测量、遥感手段转变成为具图形、图像形式的空间数据, 后者为描述空间实体特性的物理数据。

地理信息系统将不可再分的最小单元称为空间实体, 如: 一条断裂、一个湖泊、一个高程点等, 这些空间实体在 GIS 中是用矢量数据点、线、面表述的。表示各实体的点、线、面的空间位置, 采用 X、Y 坐标表示(边馥玲等, 1996)。

点: (X, Y) ;

线: $(X_0, Y_0), (X_1, Y_1), \dots, (X_n, Y_n)$;

面: $(X_0, Y_0), (X_1, Y_1), \dots, (X_n, Y_n), (X_0, Y_0)$ 。

点包括实体点(代表一个实体)、注记点(定位注记)、内点(负载多边形的属性)、结点

(表示线的终点和起点)。点的参数主要有符号的类型、大小、颜色、旋转角度, 注记的字体大小、颜色、排列方式等。

线是由一系列的坐标表示的, 包括线段、边界、网络等。线的参数为线型、线宽、线颜色、X 参数和 Y 参数以及辅助线型参数等。

面是由一封闭的曲线加线内点(LAB 点)组成的。面的参数主要是填充方式、填充颜色、填充图案类型、填充图案高度和填充图案颜色等。

表示点、线、面的空间数据即图形数据, 组成图形的每一个图形元素(单个的空间实体)都有一定的属性, 包括特征属性和扩展属性。

点的特征属性: 主要是实体点的特征属性, 只有用户标识码(D), 注记没有属性。

线的特征属性: 主要包括用户标识码(D)、线长度, 另外还有线的起始点、终结点、左多边形、右多边形等。

面的特征属性: 主要包括用户标识码(D)、周长、面积。

空间实体不仅有坐标位置, 而且还有相互间的空间关系和物理性质, 对这些空间关系和物理性质进行描述的文字或数据, 就是空间数据(点、线、面)的扩展属性。在 GIS 中属性数据是以二维数据库的形式存放的, 同一类实体具有固定的数据库结构和字段名。为实现数据共享和空间分析挂库, GIS 属性数据库结构有一定的标准。例如, 交通属性文件为图元编号(CHFCAC)、图素类型(CHFCAA)、图素名称(CHFCAD), 而重砂异常属性文件为图元编号(CHFCAC)、重砂矿物组合(QDNGB)、重砂矿物含量(QDNGC)、级别(QDN GDD)、异常推断(QDPDB)、图例代码(QDYGJ)、图素颜色(XHFXAF)。

另外, 属性数据不仅仅是包含了描述性的文字和数据, 还可以是图像、图形、声音或录像。

图形数据和属性数据是一个有机的整体。没有属性的图形不能称为 GIS, 只能是机助制图(CAD); 而离开了图形的属性数据也只能是一张简单的表格。属性数据库中的记录和图形数据中的图形元素是一一对应的, 并且属性数据和图形数据是挂接在一起的, 属性是图形元素的一部分。

4 地理信息系统的功能

4.1 数据采集

对多种形式(图形、图像、数字)及不同来源的信息, 可以用多种方法(GPS 和全站仪输入、数据格式转换、明码数据录入转换等)进行数据输入, 建立空间数据库。

(1) 图形数据的输入 扫描矢量化、数字化仪手扶跟踪, 可以将图形的点、线、面、符号、注记等以不同的参数形式录入到计算机中, 目前比较常用的是扫描矢量化。

(2) 栅格数据的输入 栅格数据包括各种遥感数据、航测数据、航空雷达数据和各种摄影数据, 以及网格化的地质、地球物理、地球化学等图形。栅格数据通过测量数据网格化或扫描输入后, 转换成 GIS 软件可以利用的 TIF、BNP、JPC 等格式, 可以进行图像处理和空间分析。

(3) 属性数据的输入 属性数据的录入有两种方式, 一种是在图形数据录入的同时输

入属性数据, GIS 软件通常都含有属性库处理和输入功能; 另一种是利用其它的数据库软件(DBASE、FoxBASE、EXCEL 等)单独录入, 图形录入时只给 ID 号, 然后利用相同字段(D)将属性库和图形挂接。

4.2 数据编辑

主要是进行图形数据、属性数据的检查与纠正, 空间拓朴关系的建立, 图形的整饰、裁剪、拼接及投影转换、误差校正等。

(1) 图形编辑 数据采集和图形编辑是数据准备工作的两大主要过程, 包括对点、线、面空间数据的参数、坐标位置、相对关系、图层等的修改编辑, 通过编辑可以改善绘图精度、更新图形内容、丰富图形表现力。图形的整饰也是通过图形编辑来实现的。

(2) 属性编辑 包括属性库的输出校对和图形属性间的对应检查, 以及多媒体属性的编辑。属性的编辑离不开图形编辑。

(3) 投影转换 通过输入系统录入的图形, 坐标形式一般是以毫米为单位的直角坐标, 必须进行投影转换形成 GIS 要求的数据形式。同时通过投影转换可以将不同比例尺、不同投影或同一投影不同分度带的图形, 统一到同一投影、同一比例尺中, 实现不同比例尺图形的合并和跨带图形的拼接。

(4) 图形变换 实现图形的放大、缩小、平移、旋转、合并等。

(5) 拓朴处理 通过拓朴结构的建立, 可以检查和消除数据录入时的错误和误差, 建立严格的数据结构; 还可以形成多边形, 并建立数据的空间关系, 为空间分析所利用。

4.3 数据管理

包括图形库管理和属性库管理, 实现图形的海量存放、检索、拼接及属性数据的存放、检索、维护和安全保护等。

4.4 应用空间分析

空间分析既是 GIS 的重要功能, 也是 GIS 与机助制图的主要区别, 它包括空间图形叠加、空间数据运算、属性统计分析、数据检索与查询、二维模型和三维模型分析等。空间分析使图形和各种专业信息的利用深度和广度大大增强, 并能从中获得大量的派生信息, 在地球环境和资源的利用与保护上起建设性指导作用。

(1) 空间数据运算

拓朴运算: 建立空间数据的相互关系, 计算的对象主要是空间坐标。

属性运算: 包括对数据库的统计、函数运算, 以及统计图表的自动生成。

叠加运算: 通过属性实现点与面、点与线、线与面、面与面的叠加运算。

几何变换: 放大、缩小、平移、旋转、三维投影等。

空间数据量算: 距离量算、面积量算、体积量算、质心量算和确定方位等。

空间几何运算: 求多边形的并、交、差。

(2) 空间数据查询

GIS 有着非常强大的查询功能, 包括属性查询、图形查询及图形与属性交叉查询, 如分层检索、定位检索、条件检索、交叉条件检索、空间关系检索等。

(3) 空间数据分析

空间数据分析实际上就是一系列的空间数据的运算与查询。分析目的不同, 应用分析

模型(运算和查询的内容、方法和过程)也不同。应用分析模型的建立有很大的灵活性和广泛性, GIS 只是提供一些基本的应用模型, 各种专业的应用模型还需要由各专业技术人员进行二次开发来建立。GIS 常采用地形分析、叠加分析、缓冲区分析、网络分析及领域分析等应用模型。

4.5 数据输出

各种空间数据分析处理的结果(包括图形、属性、图表)及原始数据输入的图形和属性库, 都可以通过计算机的输出设备, 形成用户可以理解的和所需要的形式(包括图形、图像、表格及报告等)。

5 应用与体会

两年多来在上级领导的支持下, 山东地勘局在 GIS 的应用研究上取得了重大进展, 并在山东金矿预测中获得了较好的应用效果。

(1)通过“山东省大型、特大型金矿预测中的MAPGIS 开发研究”和“应用 GIS 对山东省金矿资源进行评价实验”等项目的研究, 实现了利用 GIS 直接从原始数据进行成图; 通过 GIS 对重、磁、化、遥及地质等信息的综合分析, 得出的一系列很有价值的预测成果图。

(2)通过“1:20 万跨世纪地(质)物(探)重磁数据库”的建立, 实现了地质图形分层入库和属性挂接, 在 GIS 的数据建立和模型分析上取得了一定的成果, 积累了实际经验。

(3)通过《1:5 万王台幅数字地质图图库》的实验, 实现了利用 GIS 由 1:2.5 万野外实际材料图到 1:5 万区域地质图的微机录入、发排印刷, 并完成了建立属性库和空间模型的任务。

通过 GIS 的实际应用, 以及利用 GIS 的常用分析方法和证据权法对所建立的数据进行分析研究, 我们深刻体会到, 在地质学领域中, GIS 的最大优越性在于对多元地学信息, 如地理、地质、地球物理、地球化学、重砂、遥感等信息进行全面采集和综合分析解释。利用 GIS 的交互式处理方法和快速大容量的处理能力, 通过对各类地学信息的反复实验, 可以不断地完善空间信息的综合分析方法, 建立起应用模型, 从而达到深入开展区域矿产资源评价的目的。

总之, GIS 是一种集多元学科为一体的边缘学科, 具有很强的科学性。GIS 离不开数据, 而数据来源于各专业部门, 并要求实现共同享有, 因而具有广泛的社会性。GIS 是各专业部门和有关领域用于解决实际问题的一种有力的工具。

GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM (GIS) AND ITS USE

Li Jun, Yang Donglai and Shi Hui

(Shandong Information Center of Geology and Minerals)