

GIS 与地质图制作

王勇毅

(中国地质科学院信息中心,北京 100037)

[摘要]从分析传统纸质地质图的特点入手,分别阐述计算机数字制图及地理信息系统(GIS: Geographical Information System)对传统地质图制图所起的变革作用。

[关键词]地质图 计算机数字制图 地理信息系统(GIS) 矿产资源评价

[中图分类号]P208, P285.1, P623 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2000)01-0044-04

1 传统地质图制图特点

地质图是地质信息最重要的载体之一,它凝聚了人们对地质理论的研究成果和对地质过程的理解,以及对矿产资源的赋存状态、成矿规律、开发利用情况、水文和工程地质条件、地质灾害等等的认识。在矿产资源评价中,地质图既是重要的信息源,又是成果主要表达形式。

自世界上诞生第一张地质图以来,地质图的生产几乎没有什么变化。从本质上讲,它们只不过是地质调查人员依据地质规范在某段特定时间经过特定筛选后记录下的“瞬间”状态,具有很强的时限性。由于地质图所表示的内容在很大程度上是不可见的,主要基于有限的自然或人为露头及剖面,如峭壁、冲沟、人工开挖场所、坑道及钻孔等等揭示的信息,再加上人们依据一定地质理论作出推断,因此,它极大地受到所获信息量和当时的地质理论及对地质过程理解的制约。尤其在露头少的地区,图中许多地质要素主要靠推测得出,反映的是当时的地质理论及那时人们对地质过程的理解。由于新的钻孔或露头获取到新数据,可能极大改变了原有解释结果;另外,随着地质理论不断发展及对地质过程理解的不断深入,人们对地质现象的解释日益深入、详细,也可能改变过去的推断,导致新资料不断增多,这些都迫切要求快速更新地质图。然而,传统方式生产的纸质地质图最大缺陷就在于很难更新和修编,图上任何一点更改都意味着重绘全部内容。

另一方面,对于纸质地质图而言,一旦地质信息进入地图固定下来,就不再具有灵活性,再想从中派生出其它图件同样费时费力,甚至难以办到。例如分离、选取图上地质要素进行重分类、重组合,生成只包含选定要素的图件;将几类地质图内容叠置合

并,或加入其它信息生成综合地质图;从图幅内或图与图接合部位截取子区;改变图的比例尺或投影方式;将不同投影和比例尺的内容组合产生新图等。

地质图只是地质人员对地球表层观察及推断深部地质体结果的图示部分,为突出某些地质内容或减小图面负担,通常需对地质要素进行必要的缩小、夸张、删减、归并等处理,这必然导致许多地方详情被过滤或丢失,为此,人们提供附件、说明书或地质报告进行更详细的地质特征说明。长期以来,地质学家一直希望将地质图与同一区域其它地质特征文档信息合在一起进行深层次综合分析,以便找出内在地质成矿规律,指导矿产资源评价,但这一愿望始终未能很好实现,其原因就在于地质信息描述不易量化及很难用图示表达。

2 地质图与计算机制图

计算机制图又称机助制图或数字制图,是随电子计算机的出现发展起来的制图新技术。1963年,美国学者 Howard T. Fisher 首次实践用计算机制作地图的思想,并在哈佛大学领导开发了最早的制图程序 SYMAP。随后,大量计算机制图系统在世界各国相继开发出来。

计算机制图以采用计算机代替传统手工方式完成现存制图过程为主要目的,基本原理基于从图形到数字的变换,经过处理,再由数字到图形的转变过程。在数字制图中,地质图上图形被看做空间地质单元之间的分界面与地形表面的交会在二维制图平面上的投影,图上任何一点的平面位置用 x, y 表示,而用 z 表示其属性特征(质量、数量或类型),例如,一条地质界线上各点具不同 x, y 坐标和相同的 z 值(如志留系与泥盆系的界线)。另外,所有图形被分解为点、线、面 3 种基本图元,点是最基本构图

要素,点的连续移动构成线,线的闭合构成面(多边形),图形数字化就是按 3 种基本图元依次进行的。但在数字制图中,只采入 x, y 位置值,不采入 z 值。

数字制图研制图形数据自动化采集设备如数字化仪、光电扫描仪,开发相应数字化输入程序及扫描输入程序、扫描数据矢量化程序,以解决图形的数字化输入;开发各种空间变量数据处理程序、等值线生成程序、3 维图形生成程序、栅格-矢量数据相互转换程序、各种专题图点、线型符号、填充花纹图案及颜色生成程序、图形交互式屏幕编辑修改程序等,以解决图形数据在计算机中的编辑、处理、转换及图形表示;研制各种栅格及矢量图形显示输出设备如高性能彩色图形终端、各类打印机、笔式、喷墨及静电彩色绘图仪、高精度照排机;开发相应图形显示输出设备驱动程序及基本绘图子程序包、应用绘图子程序包,以解决图形输出,完成数字图形到纸质图形的转换。所有这些针对传统制图过程的开发工作在制图学上引起了一次新的技术革命,并由此开创了一门新学科——计算机数字制图。

进入 70 年代后,由于计算机硬件及软件技术的飞速发展,尤其是各种图形输入、输出设备及大容量高速硬盘的开发、使用及快速更新,使计算机数字制图技术迅速发展为一门实用的地图制图手段。到 70 年代末,地图制图上使用计算机已取得了长足进步,并研制开发出大量制图软件包,这些软件包将制图要素的输入、编辑处理、输出 3 大部分各种单一功能程序集成为一个完整的功能强大的数字制图软件系统,极大地方便了用户,并一直发展至今。计算机数字制图技术的迅速完善及实用化很早就引起了国内外地质界的关注,并很快被引入地质图制图。如北美及欧洲许多国家广泛采用的数字制图软件包 Corel DRAW。例如笔者在加拿大 McGill 大学及 Montreal 大学见到的地质图及笔者参与亚洲岩石圈地学大断面项目由俄罗斯地质学家提供的大断面图俄罗斯部分都是用这个软件编制的。国内这方面典型代表为中国地质大学(武汉)开发的 MAPCAD,该软件专门针对复杂的地学制图,实现了在普通微机平台上彩色地学图件从输入、编辑处理、输出校样、分色挂网到生成正式制版分色胶片全过程计算机化,并成功地编制出版了一系列高质量地质图件,目前该软件几乎占据了国内制图计算机制图的全部市场,并广泛覆盖了其它相关行业的数字地图制图。

计算机数字制图技术发展至今相当精致地解决了现存传统制图过程原稿数据采集录入、编辑处理、

图件输出及生成印刷制版分色胶片各阶段工作的自动化,完全能够替代传统人工从提交图件原稿至产生分色印刷胶片的全部生产过程,较好解决了地质图的及时修编更新问题。尽管计算机数字制图技术并未完全满足地质工作者希望全面发掘、充分利用全部地质图信息的需求,但这一技术至少给地质图制图带来如下好处:1) 由于图面上所有要素均以数字形式存贮,对老图只需作相应局部数据修改,即可完成一次版本更新,从而大大节省了人力、财力及时间,方便了地质图的及时修编、更新;2) 与纸质地质图易破损、易变形;不易携带、占存放空间、难以抵御突发灾害(如水情、火情、虫情)等相比,绘图数据以磁介质方式存储具有占地少、多备份、抗突发事件、安全、携带方便、易交换和多方式提供(数字的或纸质的)等优点;3) 在一定条件下,通过对数字地质图内容作简单叠加、删减、或对同一图幅数据作整图放大、缩小及转角处理,便可迅速满足用户的特殊制图要求;4) 对现存地质图的重复制作(包括再版正式印刷地图)与手工过程相比显然更快、更便宜;5) 可制作人工难以制出的特殊地图,如 3 维图或立体图。

3 GIS 与地质图制作

对地质工作者来说,计算机数字制图通过将地质图转成数字形式基本解决了地质图的更新、修编问题,但从本质上看,它只是对传统地质图的数字复制,数字地质图的点、线、面仍只是一般图形学意义上的图元,不能真正代表具体地质要素,因为它们不具有所表示地质要素的地质特征描述内容。由于一般数字制图软件主要解决现存传统制图过程的自动化,强调的是制图,不关心图形要素所代表的非图形文字描述的地质特征。尽管有些系统也引入“图层”概念,可对 3 种基本图元进行次级再分类管理,但毕竟功能太弱,无法全部表示出地质图中每个图元所代表的丰富的地质含义。例如,对矿床点文件中的矿床能给一个图层码区分是铜矿还是铁矿,但不可能再给若干个图层码区分出品位、储量、规模等,即不能用“图层”概念来多级分类。由于没有有效的存贮管理机制,在输入点、线、面图元时并不同时录入相关的地质特征描述数据。另外,地质图上的所有地质要素都具有唯一的地理坐标,且全球统一,图与图之间可以相互参照。而一般通用制图软件通常只负责尽可能精确地原样复制每一份原图,不关心图幅之间的地理位置关系,不要求图幅坐标必须统一配准,点、线、面数据在计算机中仍以每张原图为管

理单位,图幅之间坐标自成一体,不能统一管理和操纵,这自然不可能很好解决由原图灵活派生多样化数字或纸质地质图产品的问题。

在矿产资源评价工作中,一项非常重要的工作就是建立找矿模型。通常,为了建立找矿模型,地质工作者需要收集研究区内与矿床有关的 3 维空间地质体的信息,在前人资料的支持下进行野外填图,并综合物探、化探及遥感等现代找矿技术手段的研究结果,建立起一个地质体 3 维空间找矿概念模型,然后选取地质体 3 维空间的不同侧面绘出断面图,将概念模型转化成图的方式表示出来。显然,这是一个不断试验的过程,涉及到大量空间图形与属性数据的综合、叠加、检索、抽取等操作,包括从现有图件按属性检索形成派生图件(如从现有地质图中提取可能的控矿地层单元形成特定地层图),特定地质要素之间综合叠置分析(如各种特定地质要素及物探、化探异常等值线与矿产叠置进行控矿地质要素分析),地质要素多重叠置分析(如不同蚀变类型叠加进行多种蚀变复合控矿分析;将研究得出的地、物、化、遥等多种控矿地质要素叠置求交,精确确定所有控矿要素重叠位置范围,得出找矿远景区)等。这要求两个前提,第一要有地质属性数据,第二要能有效管理图形数据及属性数据,并能将二者有机联系在一起进行操纵。而这些实际上是数据库所具有的管理功能。然而,数字制图系统的数据管理为文件管理方式,对于计算机能够处理的其它地质属性数据(如已有的地质特征信息数据库)也未提供连接方法,因而无法将与地质图同时提交的地质特征文档资料与数字地质图数据综合在一起,分析、产生派生图件,以帮助建立找矿模型。

地理信息系统 GIS (Geographical Information System) 的出现为地质工作者带来新的契机。GIS 是一种融计算机图形与数据库于一体、用于存贮和处理空间信息的现代高新技术,它能将地质体地理位置与相关地质属性有机结合起来,按照各种实际需要准确真实、图文并茂地把它们输出给用户,同时借助其独有的空间分析功能和图示化表达能力,帮助地质工作者进行各种地质辅助决策分析,是一种可以超越传统方法解决地质问题的先进手段。

GIS 有 4 大要素,即计算机硬件、软件、数据及用户。从软件模块上看它有 5 个基本部分:数据输入与转换、图形与文本编辑、空间数据库、数据空间查询与分析、数据显示与输出。其中 1、2、5 部分为数字制图系统已有模块,另外,GIS 把数字制图中薄

弱的数据管理功能增强为空间数据库,并增加了数据空间抽询与分析功能模块。正是这两个部分使 GIS 在功能上较数字制图系统有了质的飞跃。

GIS 自诞生之日起,就与数字地图制图密切相关。事实上,GIS 最初就是从机助制图起步,从如何在计算机中表示地图开始的。早期大多数 GIS 都是以产生特殊专题地图和报表为直接设计目的,对图形数据和属性数据空间分析和综合功能反倒只是作为达到这一目的的工具和中间过程。今天,数字地图仍是 GIS 最重要的数据源,也是 GIS 分析结果的表达形式,而数字制图则是 GIS 的重要组成部分,这也是许多人一直把计算机数字制图与 GIS 混为一谈的原因。GIS 与数字制图系统主要有以下不同:

首先,GIS 用空间数据库管理地质图数据,它不以任何传统观念存贮地质图,而是存贮地质图数据,包括图形数据及地质特征属性数据。属性数据用传统数据库方式存贮和管理,图形数据则被划分成点、线、面基本图元来组织存贮,且 3 种几何图元之间建立了严格的拓扑关系。另外,属性与图形两种数据之间也已建立起有机联系,如断层方向、正逆性质等非图形属性数据一定与某条代表断层的线图元通过一个唯一代码联系在一起。这样,任何时候输入地质图,图形与属性数据在 GIS 内部均被置于一个统一的空间数据库进行存贮管理,其中拓扑关系的建立、属性数据的存在及其与图元数据之间的有机联系使得能最小至每一个基本图元实现对地质图要素进行各种典型的数据库查询操作。而在数字制图系统中,虽然图形数据的输入、编辑、操纵及存贮也按点、线、面基本图元进行,但 3 种图元之间未建立拓扑关系,也没有属性数据,因而不能对地图数据进行统一、有效的管理、操纵。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。

其次,GIS 具有强大的空间查询和空间分析功能,这是 GIS 有别于数字制图系统的本质特征。例如计算地质体出露总面积、断层长度、矿床到断层的距离;由某地质单元检索与之对应的地质属性或以某些地质属性特征为条件查出满足条件的所有地质体、查出某类矿床落在哪些地层内以确定地层的控矿性;通过缓冲区分析确定断层或构造线对矿床成矿的最佳影响范围、通过叠置分析将地、物、化、遥多种控矿因素叠加确定找矿靶区的准确位置等。这些功能将能极方便地对地质图与地质属性文档资料进

行综合利用,地质工作者可由此获取很多派生信息和新的地质认识,而这正是数字制图系统做不到的。

显然,数字制图数据可以转变成 GIS 数据,但需加做两项工作,一是建立拓扑关系,二是加入属性数据。在数字制图系统中,图形数据没有建立拓扑关系。具体说,对于由数字制图系统产生的地质图数据,点、线、面 3 种图元对应的地质要素不要求进行统一编号,面图元边界线起点与终点也不必严格重合,即可以出现区域边界不封口或封闭处弧线超出等现象,而这些是建立拓扑关系所不允许的。因此,首先必须按照 GIS 软件的要求,编辑现有数字地质图数据,然后通过拓扑关系生成工具,建立地质图数据间的拓扑关系。

为了加入地质属性,首先需要确定一个公共字段作为连接属性与图形的关键字,通常将在建立拓扑关系时对点、线、面图元统一编号作为公共字段。加入具体地质属性一般有两种情况,一种是对已建立拓扑关系的点、线、面图元直接输入所对应地质体的地质属性值,这只需按所用 GIS 软件的要求先定义好地质属性数据项,再输入属性值即可完成;另一种情况是利用现成地质属性数据库。自 80 年代以来,有关部门曾花费大量人力财力基于地质区调成果建成许多单一地质属性数据库,如地层数据库、矿产资源数据库等等。然而,由于地质属性数据不易量化及不能直观表达,绝大部分几乎没有发挥过实际效益。建立 GIS 空间数据库使得这些现存地质属性数据库有可能得到重新利用,具体做法是在相关数据库中加入一个新项,用于存放对应的地质图形要素的编号,以此作为关键字将数据库连入 GIS,成为相应图层的属性库,使以往闲置的大量地质属性数据库得到重新利用,既节省了 GIS 投资,又加快

了 GIS 的建库工作。

笔者于 1998 年上半年完成的世界前寒武纪成矿分带图集(第九幅)就是一次采用计算机数字制图与 GIS 技术制作地质图的成功范例。该项目为国际地科联世界地质图委员会(CWGM)世界成矿图分委员会(SCWMM)制定的国际编图计划,第九幅为东亚分幅,主要包括中国、朝鲜、韩国、蒙古、尼泊尔及越南与印度北部等地区,由 1:1000 万主图及一幅 1:250 万副图组成。图件采用 MAPCAD 完成输入矢量化及编辑工作,然后采用著名 GIS 软件 ARC/INFO 建成地理信息系统,其中的矿产属性利用了现成矿产资源数据库。

需要强调的是,尽管 GIS 也能产生不同比例尺、不同投影的高质量精美图件,但它显然不仅仅是一个简单的计算机制图系统。与数字制图不同,GIS 的图示功能不只是对原图再现或复制,而且能借助 GIS 空间分析功能联合地质属性数据检索、分离、重组原图,并通过空间查询、空间运算、空间分析赋予图元新的地质含义,得出对原图来说从图形外观到内在地质含义完全崭新的内容,从而发掘出地质图形数据及属性数据所蕴含的深层次地质意义,这也是最能体现 GIS 魅力的地方。显然,GIS 更是一个分析工具,主要优势在于能让你确定图件要素之间的空间关系。而这正是地质工作者最感兴趣的。

[参考文献]

- [1] Understanding GIS[M]. Environment Systems Institute. Inc. 1995.
- [2] Godchild M F, Kemp K K. Introduction to GIS[M]. NCGIA Core Curriculum. 1991.
- [3] 龚建雅,等. 地理信息系统基础软件(GeoStar)NT 版的总体设计思想与关键技术[J]. 武汉测绘大学学报,1997,22(3).
- [4] 李德仁,等. 地理信息系统导论[M]. 北京:测绘出版社,1993.9.

COMPUTER- GENERATED GEOLOGIC MAP APPLIED TO MINERAL RESOURCES ASSESSMENT

WANG Yong - yi

Abstract: The geologic map is important data source and main type of result in mineral resources assessment. For a long time, geologists hope to combine the geologic map with the literal geology data in same region and then analyze them in depth so as to find inherent metallogenic rules and apply them to mineral resources assessment. The techniques of the digital map - making and the geographic information system (GIS) are powerful tools for geologists to solve the questions. This paper analyze the features of traditional paper geologic map first, then make a statement of the innovation that is brought about by using digital map - making and GIS in traditional geologic map - making.

Key words: geologic map, digital map - making, geographic information system (GIS), mineral resources assessment



第一作者简介:

王勇毅(1956 -),男。1981年毕业于中南工业大学地质系矿产普查与勘探专业。现任中国地质科学院副研究员,主要从事地理信息系统(GIS)、计算机制图及地学信息数据库技术科研工作。

通讯地址:北京市百万庄路 26 号 中国地质科学院信息中心 邮政编码:100037