

GIS 在矿产资源评价中的应用

杜灵通, 吕新彪

(中国地质大学资源学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 随着计算机技术的发展, GIS 已经运用到了许多行业之中。在地质矿产勘查领域, 其应用也开始由科研阶段向生产阶段转化。文章主要介绍 GIS 概念及其在地质及矿产资源评价中的应用现状、应用途径、应用步骤等, 并对其将来的应用前景和发展方向做了评述。

关键词: GIS; 矿产资源; 评价

中图分类号: P 208; P 624. 6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2003)04-0275-04

随着找矿难度和找矿风险的增大, 矿床勘查和开发成本的提高, 找矿勘探效率的降低, 人们开始探讨矿产勘查的新理论、新技术和新方法。目前, 一些科研机构尝试利用地理信息系统(Geographic Information System, 简称 GIS)在一定范围内进行了矿产资源评价试点, 相应地开发出了一些基于 GIS 的系统, 如金属矿产资源评价分析系统(MORPAS)、矿产资源综合信息矿产资源预测评价系统和固体矿产资源 GIS 评价系统(MRES)等^[1,2]。从这些试点的结果可以看出, GIS 在矿产资源评价中有广阔的应用前景。

1 GIS 概述

地理信息系统(GIS)是处理地理数据的输入、输出、管理、查询、分析和辅助决策的计算机系统^[3]。它是介于信息科学、计算机科学、地理学、测量学、地图学、空间科学等多门学科之间的一门的技术, 目前它已发展成为一门新兴学科——地理信息科学^[4,5]。地理信息系统中“地理”的概念并非指地理学, 而是广义地指地理坐标参照系统中的坐标数据、属性数据以及以此为基础而演义出来的知识^[6]。

1963 年, 加拿大测量学家 R. F. Tomlinson 首先提出了地理信息这一术语, 并于 1971 年建立了世界上第一个 GIS——加拿大地理信息系统(CGIS), 用于自然资源的管理和规划; 随后, 美国哈佛大学也开

发出了一套 GIS 软件——SYMAP 系统软件。20 世纪 80 年代以后, 计算机硬件和软件技术的飞速发展促进了 GIS 软件的研制和开发, 这一时期涌现出了一批有代表性的 GIS 软件, 如美国环境系统研究所(ESRI)的 ARC/INFO、澳大利亚 GENASYS 公司的 Genamap、美国 MapInfo 公司的 MapInfo 等; 软件的成熟促进了 GIS 的普及和推广应用; 而普及和推广应用又使得 GIS 不断完善, 使 GIS 理论、方法和技术趋于成熟, 开始有效地解决人们面临的各种难题, 例如土地管理、环境监测、生态模拟、城市规划、交通运输等^[7-10]。

我国 GIS 软件的研制和开发起步较晚, 到 70 年代末一些学者才提出开展 GIS 研究的倡议。进入 80 年代后 GIS 得到了迅速发展, 在理论探索、规范探讨、实验技术、软件开发、系统建立、人才培养和区域性试验等方面都取得了突破和进展。其中中国地质大学的 MapGIS/MapCAD、北京大学遥感所的 CityStar 和 CityInfo、武汉大学(原武汉测绘科技大学)的 GEOSTAR 等一批优秀国产 GIS 软件的研制开发成功, 推动了我国 GIS 学科的产业化及 GIS 理论研究的进一步深入。

从 GIS 的发展过程和趋势来看^[11-13], 其经历了一个由单一功能到多功能、单一目的到多目的、属性管理到空间管理、图形输入输出到复杂分析处理的发展过程, 今后也将朝着高度集成化、智能化、标准化、组件化、对象化、网络化、三维及加时间维的四维化方向发展。

2 GIS 在地质学中的应用现状

GIS 早在 20 世纪 70 年代就引起了各国地学界的普遍注意, 1970~1976 年, 美国地质调查局就建立了 50 多个信息系统。1984 年美国地质调查局(USGS)与自然资源保护中心合作, 组织了 4 个应用项目来评价 GIS 技术在管理地理、地质和水资源等空间信息时的有效性; 此后他们又开展了多学科多部门协作的项目研究, 探索利用 GIS 进行地学数据管理的方法, 其中每个项目都集中了地质、地球物理、地球化学、工程、制图和计算机方面的专家进行跨学科的综合研究^[14]。1989 年 Mejia、Navarro 和 Wohl^[15]将 GIS 运用于地质灾害评价上, 他们利用 GRASS 系统, 综合分析了哥伦比亚某地区的基岩及第四系、构造、气候、地形、地貌、水文、土地利用等因素, 对该区的地质灾害进行了危险性评价。建立基础地学数据库是一项非常费时费力的工作, 但由于其地学信息数字化过程中的重要性, 许多国家投入了大量的人力、物力, 做了大量的工作。1985 年至 1989 年, 美国、加拿大、澳大利亚三国先后开始实施新一轮的地质填图计划, 提出了建立国家地质图数据库的总目标^[16]。1994 年美国开始实施国家空间数据基础设施计划——NSRDI, 目前已完成了国家 1/100 万地形数据库, 完成了 1/10 万国家地质图库的 70%, 并建立了近 11 万条世界矿产资源战略数据库^[2]。随着 INTERNET 的广泛应用, 目前网络 GIS 成为新的发展方向, 以美国地质调查局(USGS)为例, 它已建立了由多个局域网互联的地学信息网络。在跨世纪的未来战略中, 美国地质调查局把集成地理空间数据及开发地理数字产品列为未来 5 年的主要任务; 在国家矿产资源调查计划(MRSP)中, “空间信息与技术转让”被列为 4 项重大计划之一^[2]。我国已将 GIS 应用于区域地质调查过程的各个环节^[17], 原地矿部专门组织会议讨论了 GIS 在区调中的应用, 地矿系统很多单位已购买 MAPGIS 软件, 实现了区调中的图幅数据采集、数据编辑、成果输出一条龙, 但总体来说, GIS 在我国地质行业中的应用还处于由科研向生产的转化阶段。

3 GIS 在矿产资源评价中的应用

3.1 GIS 在矿产资源评价中的应用现状

GIS 在矿产资源评价中的应用起始于 80 年代

初期, Agterberg 等首先利用 SPANSGIS 系统的空间分析功能提取多源地学信息并进行矿产资源评价; 在 80 年代中期开始的美国 CUSMAP 国家矿产资源评价计划中, GIS 为常规工具得到了较广泛的应用。国内利用 GIS 进行矿产资源评价始于 90 年代中期, 中国地质调查局、大专院校及研究部门, 运用 GIS 技术在全国一定范围内开展了矿产资源潜力评价的试点工作, 初步研制出基于 GIS 平台上的矿产资源评价辅助决策系统, 并对部分矿种实施了资源潜力评价和成矿规律研究^[1]。据赵鹏大院士提出的“5P”找矿理论, 即成矿可能地段、找矿可行地段、找矿有利地段、矿产资源体潜在地段和矿体远景地段。池顺都、赵鹏大(1998)利用 GIS 对云南元江地区大红山群铜矿床进行了预测, 圈定了“5P”地段^[18, 19, 20]。曹瑜、胡光道(1999)等应用 GIS 的空间分析功能(叠加分析、拓扑分析、空间集合分析等)对各种地质信息进行组合、匹配、叠加、筛融合以达到“5P”地段的圈定^[21, 22]。以云南某地区的铅锌矿为例, 结果圈定了 7 个一级铅锌矿找矿可能地区, 5 个二级铅锌矿找矿可行地段, 现已勘探出 3 个中型矿、9 个小型矿、6 个矿化点, 只有 2 个小型矿落入背景区, 其余的都与圈定符合。肖克炎等人利用自己研制的 MRAS 软件对我国的内生金矿、斑岩型铜矿资源进行了定量预测, 取得的预测资源量数据与现有的人工预测的数据基本一致^[2, 23]。陈石美利用 MAPGIS 对鄂东南地区铁矿资源进行了预测, 取得了较好的效果^[24]。Zhou 等人在我国东北也用 GIS 做过矿产资源的预测^[25]。

为了使 GIS 技术在地质找矿中得到更加广泛的应用, 国土资源部制定了“资源评价规划工作中地理信息系统工作细则”、“数字化地质图图层及属性文件格式”、“GIS 图层描述数据内容标准”、“物化探异常数据文件格式”、“固体矿产矿点(床)地质数据文件格式”等规范标准^[26]。在此基础上, 为了实施跨世纪地矿工作信息化工程, 1997 年 4 月国土资源部下发文件, 将信息系统建设包括成矿区划数据库、1:20 万数字地质图数据库、大中型矿产数据库和钻孔数据库等作为生产任务下达各局^[26]。这一项重要举措标志着应用 GIS 进行矿产资源评价从科研进入生产阶段。

3.2 GIS 在矿产资源评价中的应用

3.2.1 GIS 提供的主要功能和在矿产资源评价中的应用途径

GIS 作为一种技术手段在矿产资源评价中可以提供以下 7 种主要的功能: ①多源地学信息的综合管理功能。大量的地质、地球物理、地球化学、遥感信

息通过数字化进入 GIS 系统后, 这些空间数据就可以长期保存起来, 这就保障了矿产资源评价可以动态地、经常性地开展。②多源地学信息的空间查询功能。该功能可以方便地为用户提供空间数据库的条件查询和交互查询, 解决了信息提取的问题, 大大地提高了工作效率。③空间信息叠加分析。该功能是 GIS 最突出的功能, 许多矿产资源评价系统模型的设计都是以此功能为基础的。④缓冲区分析。该功能可以用来分析构造线两侧不同宽度范围内的矿点分布及相关关系等。⑤空间实体统计。⑥可视化工具。⑦输出高质量的 GIS 图件^[12, 27]。

矿产资源评价是一项复杂的系统工程, 预测成败的关键在于对预测地区的成矿条件、成矿规律的认识程度, 而这种认识的飞跃往往需要专门地学知识及理论体系, GIS 不能完成没有地质认识的地区的预测。但 GIS 作为成矿分析的辅助工具, 其可以解决以下两个方面问题^[2]: 第一, 信息提取。目前矿产资源评价信息资料越来越多, 综合性越来越强, 难度也越来越大, 大量的地质、地球物理、地球化学、遥感信息需要进行深层次研究, 如何有效地、快捷地把矿致异常、非矿致异常区分开, 如何衡量一个地质作用的复杂程度等, 这就可以在 GIS 平台上构筑相应的模型, 进行成矿信息的条件提取。第二, 信息的综合分析。矿产资源评价过程中需要进行大量信息的综合分析, 即如何从地质图件中圈定“5P”地段, 如何确定各证据权, 并利用这些证据因子进行矿产预测, 这就可以利用 GIS 建立适当的模型, 进行成矿信息的叠加、综合。

目前 GIS 在矿产资源评价中可通过两个途径来解决信息的提取和综合, 一是直接利用 GIS 的一些基本空间分析功能, 通过研究空间实体(地质体、地质现象、矿产实体)及相互关系(如空间实体的关系运算、BUFFER 分析、叠置分析等)而达到类比预测的目的; 二是与矿产预测数学模型相结合进行预测, 目前主要结合方式可概括为: 利用 GIS 空间数据库提取信息→利用统计预测方法分析信息→利用 GIS 图形功能显示结果^[28]。

3. 2. 2 GIS 在矿产资源评价中应用步骤

GIS 用于矿产资源评价, 可以具体概括为以下几个步骤^[29](图 1): ①将各类地学信息输入 GIS, 建立地学信息(地层、岩石单元、元素异常、地球物理场、遥感图像等)数据库。②根据所研究矿产模型的需要, 从原始数据库中提取有意义的信息。③根据地学统计方法, 建立矿产预测推理模型^[30]。④利用 GIS

强大的统计分析、缓冲区分析功能, 按建立的模型进行各种综合操作分析, 并通过 GIS 的可视化工具显示结果。⑤结果输出及解释。

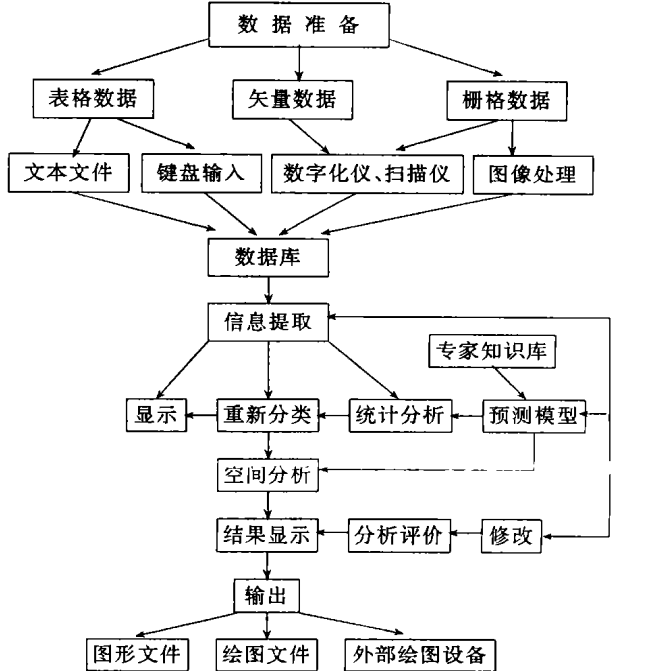


图 1 GIS 在矿产资源预测中的应用流程图
Fig.1 Flow chart of GIS applications to mineral resources assessment

3. 3 GIS 在矿产资源评价的应用前景及发展方向

GIS 在矿产资源评价中的应用, 将大大地提高地学资料的综合利用程度和地质工作者的效率, 尽管目前一些基于 GIS 开发的预测系统还处于试运行阶段, 也存在诸如建基础数据库花费大、计算机硬件的要求较高、软件使用人员需要同时掌握计算机和地质两门知识等一些问题^[31]。但从它们用于已知矿床所取得的成果看^[2, 19, 21], 其预测结果有很高的可信度。因此, GIS 在矿产资源的定量和定性评价中都有很广阔的前景。

目前, 在该领域的研究应根据矿产资源快速勘查评价工作的实际需求, 研制面向基层地勘单位的专用系统; 建立多源地学信息系统的规范与标准, 为我国地矿行业实现地学信息的交流与共享创造条件; 研制专用型空间分析方法与模型, 增强 GIS 在地学资料综合处理中的功能; 解决数据的存储管理、分析应用等问题。

参考文献:

[1] 王全明, 方一平. 矿产资源调查评价中的 GIS[J]. 中国地质,

2001, 28(4): 38-44.

- [2] 肖克炎, 张晓华, 王四龙, 等. 矿产资源 GIS 评价系统[M]. 北京: 地质出版社, 2000. 1-124.
- [3] 吴信才. 地理信息系统的基本技术与发展动态[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1998, 23(4): 329-333.
- [4] 周成虎, 鲁学军. 对地球信息科学的思考[J]. 地理学报, 1998, 53(4): 372-380.
- [5] 张洪岩, 王钦敏, 周成虎, 等. “数字地球”与地理信息科学[J]. 地球信息科学, 2001, (4): 1-4.
- [6] Tor Bernhardsen. Geographic Information Systems—An Introduction[M]. New York: John Wiley & Sons Inc, 2002. 1-408.
- [7] Anne Vernez Moudon, Michael Huber. Monitoring Land Supply with Geographic Information Systems—Theory, Practices, and Parcel-Based Approaches[M]. Canada: John Wiley & Sons, Inc., 2000. 1-327.
- [8] Andrew C Millington, Stephen J Walsh, Patrick E Osborne. GIS and Remote Sensing Applications in Biogeography and Ecology[M]. USA: Kluwer Academic Publishers, 2001. 1-328.
- [9] Keith C Clarke, Bradley O Parks, Michael P Crane. Geographic Information Systems and Environmental Modeling[M]. NJ: Prentice Hall, 2002. 1-298.
- [10] 赵俊三, 赵耀龙. GIS 发展的最新趋势及其应用前景[J]. 测绘工程, 2000, 9(2): 21-25.
- [11] 吴信才, 白玉琪, 郭玲玲. 地理信息系统(GIS)发展现状及展望[J]. 计算机工程与应用, 2000, (4): 8-9.
- [12] 方裕, 周成虎, 景贵飞, 等. 第四代 GIS 软件研究[J]. 中国图象图形学报, 2001, 6(9): 817-823.
- [13] 孟鲁闽, 朱庆伟. 互联网上地理信息系统的发展[J]. 测绘通报, 2000, (7): 9-10.
- [14] 郑贵洲. 地理信息系统(GIS)在地质学中的应用[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1998, 23(4): 420-423.
- [15] Mejia M, Navarro M, Wohl E E. Geological hazard and risk evaluation using GIS[J]. Bulletin of the Association of Engineering Geologists, 1994, (4): 21-30.
- [16] 姜作勤. 新一代地质填图所面临的挑战[J]. 中国地质, 1996, (2): 29-30.
- [17] 赵文吉, 张松梅, 晋佩东. GIS 技术在区域地质调查中的应用[J]. 贵金属地质, 2000, 9(3): 170-173.

- [18] Chi Shundu, Zhao Pengda, Li Jianwei. Application of GIS to Geo-anomaly-Based Delineation of Mineral Resources[J]. Journal of China University of Geosciences, 2000, 11(2): 164-167.
- [19] 池顺都, 赵鹏大. 应用 GIS 圈定找矿可行地段和有利地段——以云南元江地区大红山群铜矿产为例[J]. 地球科学, 1998, 23(2): 125-128.
- [20] Wu Xinlin, Chi Shundu. A GIS Approach to Prediction of Copper Deposits[J]. Journal of China University of Geosciences, 2000, 11(2): 180-182.
- [21] 曹瑜, 胡光道. 圈定“5P”找矿地段的 GIS 成矿预测空间模型及应用[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1999, 24(4): 409-412.
- [22] Cao Yu, Hu Guangdao, Ma Hongchao. Application of GIS to Geological Information Extraction[J]. Journal of China University of Geosciences, 2000, 11(2): 183-185.
- [23] Xiao Keyan, Zhang Xiaohua, Chen Zhenghui, *et al.* GIS—A Tool to Change Traditional Way of Mineral Resources Appraisal[J]. Journal of China University of Geosciences, 2000, 11(2): 138-140.
- [24] 陈石美. 地理信息系统在金属矿产预测中的应用[J]. 地质找矿论丛, 1998, 13(1): 74-83.
- [25] Zhou Yunxuan, Wang Lei, Liu Wangsong, *et al.* A Review of Mineral Resources and GIS Application in Mineral Resource Assessment in Northeast China[J]. Jour. Geosci. Res. NE Asia, 2000, 3(2): 169-180.
- [26] 李春霞. GIS 在地质勘查找矿应用中的关键问题探讨[J]. 矿产与地质, 2000, (6): 362-364.
- [27] 吴玺虹. 利用 GIS 编制矿产预测图[J]. 地质与勘探, 2000, 36(3): 48-50.
- [28] 张振飞. GIS 支持的矿产预测单元簇法[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2001. 6-8.
- [29] 向运川, 任天祥, 杨竹溪. 开发利用地理信息系统(GIS)综合分析地学信息进行矿产预测[J]. 物探与化探, 1996, 20(1): 1-13.
- [30] 苏红旗, 葛艳, 刘冬林, 等. 基于 GIS 的证据权重法矿产预测系统(EWM)[J]. 地质与勘探, 1999, 35(1): 44-46.
- [31] 周军, 梁云. 地理信息系统及其在地质矿产勘查中的应用[J]. 西安工程学院学报, 2002, 24(2): 47-50.

APPLICATIONS OF GIS TO MINERAL RESOURCES ASSESSMENT

DU Ling-tong, LU Xin-biao

(Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: With the development of computer technology, GIS has applied to many field. GIS is applying to practice from scientific research to in geology and mineral resources assessment. The paper mainly introduces the conceptions of GIS, the status of applications and analyzes its functions and applied approaches. At last, the paper estimates the future development direction of GIS in mineral assessment.

Key words: GIS; mineral resources; assessment