

GIS 在鄂东地区第二轮铁矿找矿中的应用

陈石菱

(中国冶勘总局 中南地质勘查院, 武汉 430081)

摘 要: 通过地理信息系统(GIS)可以对与成矿有关的各种空间信息进行分析, 确定成矿的有利靶区。利用 GIS(MAPGIS) 功能对鄂东地区大量的铁矿地质信息进行二次开发, 验证铁矿的成矿规律和找矿标志, 确定了铁矿成矿与地层、岩浆岩、构造和磁异常有着紧密的联系, 并据此对鄂东地区隐伏铁矿床进行预测, 圈定了 4 处可供第二轮找铁矿的有利目标靶区。

关键词: 地理信息系统(GIS); 隐伏铁矿预测; 靶区圈定; 湖北省

中图分类号: TP79; P618.31 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2006) 03-0214-06

0 引言

鄂东地区集中分布了若干重要的接触交代型富铁矿床。随着国家建设对铁矿资源需求的不断增加, 一些建矿较早的铁矿区资源危机严重。因此在老矿山的深部和外围开展第二轮找矿已迫在眉睫。该区地质工作程度很高, 积累了丰富的多源地学信息, 并做了大量成矿模式研究。

地理信息系统(GIS)作为对地球空间数据进行采集、存储、检索、建模、分析和表示的计算机系统, 不仅可以管理以数字、文字为主的属性信息, 而且可以管理以图形、图像为主的空间信息。在矿产资源评价领域, 不管是进行区域成矿系统的研究, 还是确定矿床的有利靶区, GIS 不仅提供了在计算机辅助下对多源地学信息进行集成管理的能力、灵活的查询检索能力, 而且可在经验与模型的指导下, 通过各种空间分析方法对与成矿有关的各种空间信息进行综合分析解释, 确定成矿的有利靶区。因此 GIS 将为鄂东地区第二轮找矿提供强有力的软件工具。

1 GIS 的主要功能

一个 GIS 软件系统应具备 5 项基本功能, 即数据输入、编辑、存储与管理、空间查询与空间分析、可视化表达与输出。

(1) 数据输入。数据输入是建立地理数据库必须的过程。数据输入功能指将地图数据、物化遥数据、统计数据和文字报告等输入, 转换成计算机可处理的数字形式的功能。对多种形式、来源的信息实现多种方式的数据输入, 如图形数据输入、栅格数据输入、GPS 测量数据输入、属性数据输入等。

(2) 数据编辑与处理。数据编辑主要包括图形编辑和属性编辑。属性编辑主要与数据库管理结合在一起完成, 图形编辑主要包括拓扑关系建立、图形编辑、图形整饰、图幅拼接、图形变换、投影变换、误差校正等功能。

(3) 数据的存储与管理。数据的有效组织与管理是 GIS 系统应用成功与否的关键。主要提供空间与非空间数据的存储、查询检索、修改和更新的能力。矢量数据结构、光栅数据结构、矢栅一体化数据结构是存储 GIS 的主要数据结构。在空间数据的存储与管理中, 关键是确定应用系统空间与属性数据库的结构以及空间与属性数据的连接。目前广泛使用的 GIS 软件大多数采用空间分区、专题分层的数据组织方法, 用 GIS 管理空间数据, 用关系数据库管理属性数据。图 1 是一个典型的地学数据分层管理概念模型, 展示了空间图层及其属性的连接。

收稿日期: 2006-05-22

作者简介: 陈石菱(1962-), 女, 福建龙海人, 高级工程师, 学士, 1983 年毕业于桂林工学院地球物理勘探专业, 长期从事地球物理勘探、科研、生产和技术管理工作。

(4) 空间查询与分析。空间查询与分析是 GIS 的核心。GIS 的空间分析可分为 3 个层次的内容: 空间检索: 包括从空间位置检索空间物体及其属性, 从属性条件检索空间物体; 空间拓扑叠加分析: 实现空间特征(点、线、面或图像)的相交、相减、合并等, 以及特征属性在空间上的连接; 空间模型分析: 如数字地形高程分析、BUFFER 分析、网络分析、图像分析、三维模型分析、多要素综合分析及面向专业应用的各种特殊模型分析等。

(5) 可视化表达与输出。中间处理过程和最终结果的可视化表达是 GIS 的重要功能之一。通常以人机交互方式来选择显示的对象与形式。GIS 不仅可以输出全要素地图, 也可以根据用户需要, 分层输出各种专题图、各类统计图、图表及数据等。

除上述 5 项功能外, 还有用户接口模块, 主要包括用户界面、程序接口与数据接口。由于 GIS 功能复杂, 用户又多为非计算机专业人员, 用户界面是 GIS 应用的重要组成部分, 使 GIS 成为人机交互的开放式系统。

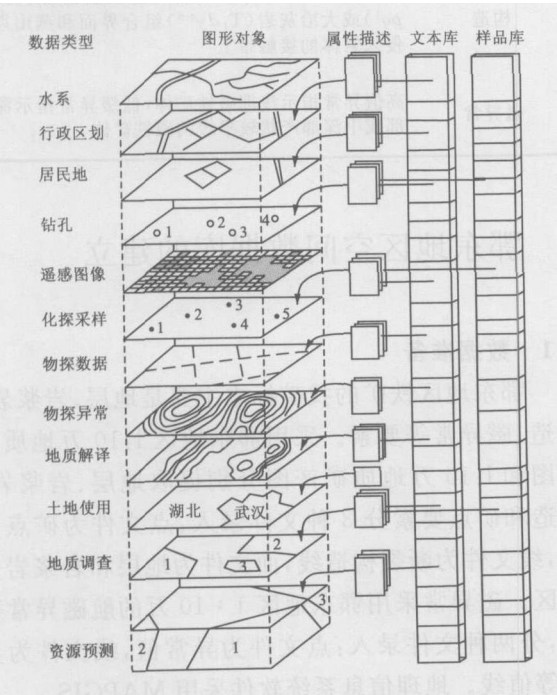


图 1 典型地质数据分层管理概念模型

Fig. 1 Conception model of the typical layered geological data management

2 GIS 的成矿预测方法与流程

根据研究区的工作程度差别, 用于矿产资源预

测的空间分析方法可大致分成两类: 经验的和理论的。前者利用已知矿床, 后者利用矿床和成因模型。在工作程度较高、数据比较丰富的地区, 可采用数据驱动的经验方法。经验模型法主要是研究区域矿床与多元地质找矿信息的关系, 通过定量分析方法建立起区域成矿有利度和资源潜力值与多参数地质信息的统计规律, 根据经验模型进行区域评价, 本文采用经验法, 工作流程如图 2。

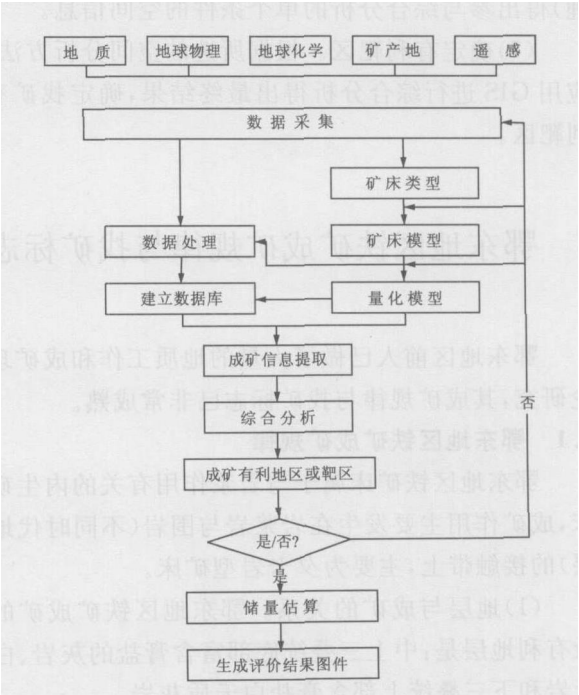


图 2 基于 GIS 的成矿预测流程

Fig. 2 GIS- based ore prediction flow sheet

(1) 搜集资料。搜集研究区内与成矿有关的地质、矿点分布、地下岩性和构造、地球化学、航磁、重力等地球物理和遥感等资料。如有可能, 在缺乏资料的地区补充采集资料。据此进行综合研究, 确定成矿地质环境。

(2) 确定矿床类型。确定可能形成的矿床类型。将研究区内的地质环境与国内外已知的特定矿床类型或研究区内已知矿床(点)的地质环境进行对比。

(3) 建立找矿模型。建立矿床的描述性模型, 列出所有的地质、地球物理、地球化学、遥感等找矿标志。

(4) 模型的定量化与转换。从每一个描述性模型中选择出能确定该类型矿床存在与否的重要标志和一般性标志, 并将其定量化, 包括单个空间关系的确定和量化以及多个空间关系集成的量化, 确定空间分

析的方法并转换成 GIS 可以表示和处理的形式。

(5) 建立空间数据库。用搜集的信息建立数据库(空间数据库与属性数据库),并用 GIS 实现集成管理与灵活检索。建库时要解决现存数据的集成问题:比例尺、定位与投影方式、数据精度与格式等。

(6) 成矿信息的提取。根据量化后的模型,通过对专题数据的处理(如应用 GIS 的空间与属性双向检索的功能处理地质数据、对其他专题数据进行处理)得出参与综合分析的单个条件的空间信息。

(7) 确定有利靶区。根据所选的空间分析方法,应用 GIS 进行综合分析得出最终结果,确定找矿有利靶区。

3 鄂东地区铁矿成矿规律与找矿标志

鄂东地区前人已做了大量的地质工作和成矿理论研究,其成矿规律与找矿标志已非常成熟。

3.1 鄂东地区铁矿成矿规律

鄂东地区铁矿床属于与岩浆作用有关的内生矿床,成矿作用主要发生在岩浆岩与围岩(不同时代地层)的接触带上,主要为夕卡岩型矿床。

(1) 地层与成矿的关系。鄂东地区铁矿成矿的最有利地层是:中上三叠统底部富含膏盐的灰岩、白云岩和下三叠统上部含膏盐白云质灰岩。

(2) 构造与成矿的关系。地质构造控制着与成矿有关的地层分布和岩浆活动。鄂东地区处于淮阳隆起的南东缘,下扬子台褶带西段,自古生代至中三叠世一直处于拗陷状态,沉积了有利于成矿的碳酸盐岩与碎屑岩地层。印支运动使区内形成 NW 向褶皱与断裂。燕山运动使 NW 向压性-压扭性断裂变为张性断裂,为岩浆岩侵入和成矿提供了构造空间。

(3) 岩浆岩与成矿的关系。鄂东地区不同期次岩浆岩的岩浆系列不同,成矿系列也不同,燕山早期二次或燕山晚期一次侵入的富含铁的中酸性岩浆岩形成的闪长岩-花岗闪长岩或辉长闪长岩-闪长岩-花岗岩是鄂东铁矿成矿母岩。

(4) 铁矿与围岩的物性差异。鄂东地区的围岩,岩浆岩与磁铁矿存在明显的磁性差异(表 1)。

3.2 鄂东地区铁矿找矿标志

从鄂东地区铁矿的成矿规律可以得出结论,鄂东铁矿床的形成与地层、岩浆岩、构造有着密切的联

系,由于围岩、岩浆岩与磁铁矿存在明显的磁性差异,因此鄂东地区铁矿床找矿标志归纳于表 2。

表 1 鄂东地区铁矿和围岩的磁性特征

Table 1 Magnetic property of iron deposits and the host rocks		
岩(矿)石	磁化率(10^{-5} SI)	磁化强度(10^{-3} A/m)
砂页岩	0~ 40	0~ 20
大理岩	0~ 40	0~ 20
磁铁矿	8 000~ 240 000	5 000~ 120 000
闪长岩	5 000~ 7 000	1 000~ 3 000
花岗岩	500~ 2 000	300~ 1 000

表 2 鄂东地区铁矿床找矿标志

Table 2 Iron ore searching marks in the east Hubei province	
控矿要素	找矿标志
地层	三叠系富膏盐灰岩、白云岩($T_{23}pq^1$),白云质灰岩(T_{1dy}^{+6})
岩浆岩	燕山早期闪长岩(δ)、花岗闪长岩($\gamma\delta$);燕山晚期石英闪长岩(δ_o)、花岗岩(γ)
构造	粉砂质页岩($T_{23}pq$)与富膏盐碳酸盐岩($T_{23}pq^1$)或大冶灰岩(T_{1dy}^{+6})组合界面和燕山期侵入岩体的接触带上
磁异常	高值异常指示浅部磁铁矿体,低缓异常指示深部或中深部产状较平缓的磁铁矿体

4 鄂东地区空间数据库的建立

4.1 数据准备

鄂东地区铁矿的找矿标志主要是地层、岩浆岩、构造、磁异常等要素。采用鄂东地区 1:10 万地质构造图和 1:10 万地质矿产图分别提取地层、岩浆岩、构造和矿点要素分 3 种文件录入:点文件为矿点资料,线文件为断裂构造线,面文件为地层和岩浆岩分布区。磁异常采用鄂东地区 1:10 万的航磁异常数据,分两种文件录入:点文件为异常值,线文件为异常等值线。地理信息系统软件采用 MAPGIS。

4.2 利用 MAPGIS 的分析功能验证铁矿找矿标志

(1) 点、线(矿点与断裂构造)关系分析。点文件指所有的铁矿点,包括矿床和矿点;线文件是指断裂构造。鄂东南地区铁矿成矿与断裂构造关系十分密切。将矿点文件与构造文件进行叠加,再用 GIS 功能对矿点与断裂距离的关系进行分析,从断裂构造影响带(Buffer 区)图件(图 3)看出,在距离断层 15.51 假定单位范围内,集中了 75.02% 的矿点,由

此我们证实了铁矿点的产出与断层构造的关系, 可以确定断裂构造周围 15.5 个假定单位宽度是寻找铁矿的有利地段。

(2) 点、区(矿点与岩体和地层)关系分析。点文件是指铁矿点文件, 区文件是岩体和地层分布的文件, 作铁矿点与不同岩体和地层分布的相交分析(图 4), 检索了有矿的岩体或地层共有 8 种, 再用 GIS 分析功能得出有利成矿地层或岩体与铁矿分布统计直方图, 统计结果表明, 与侵入岩体有关的矿点最多, 占 71%; 主要与鄂城岩体、铁山岩体、金山店岩体、灵乡岩体、阳新岩体、殷祖岩体有关; 与成矿有关的主要岩石类型为石英闪长岩、石英闪长斑岩、闪长岩等; 主要赋矿地层为三叠系下统大冶组灰岩及其上部的含膏盐段, 主要岩石为角砾状白云岩、大理岩和薄层泥质灰岩。从而证实中酸性侵入体和三叠系碳酸盐岩的接触带是寻找铁矿的有利标志。

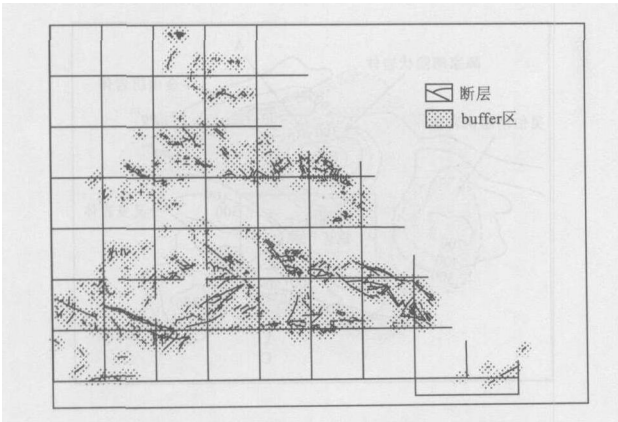


图 3 假定单位为 15.51 的断层 Buffer 区
Fig. 3 Buffer area of faults with a presumed unit of 15.51

(3) 物探磁异常与成矿有力度分析。利用铁矿点的点文件、物探磁异常分布的线文件、有利成矿岩体或地层的面文件, 用 GIS 的叠加分析功能, 将点、线、面 3 个文件叠加, 得到磁异常与铁矿点、有利成矿岩体和地层分布图(图 5)。从图中可见, 铁矿点大部分赋存在磁异常梯度较大的岩体与围岩的接触带上。

由于资料有限, 未能做出更细致的分析, 但从上述分析结果已明确了鄂东铁矿床的形成与地层、岩浆岩、构造和磁异常有着紧密的联系: 断裂构造影响带是寻找铁矿的有利部位; 中酸性侵入岩体和三叠系碳酸盐岩的接触带是铁矿成矿的有利地段; 磁异常与铁矿关系密切。4 个主要标志缺一不

可。如果同时满足 4 个条件, 铁矿床存在的可能性就很大。

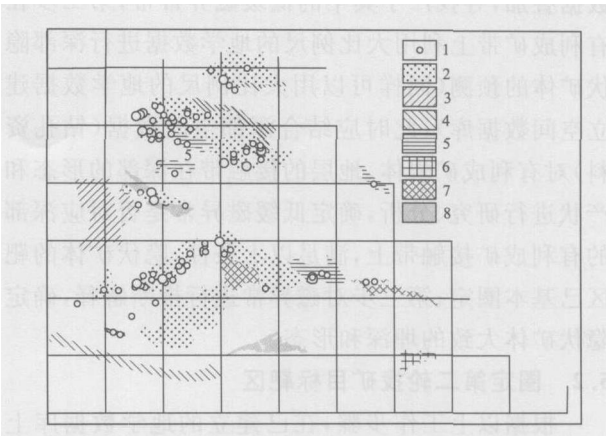


图 4 鄂东南地区铁矿点与有利成矿岩体、地层分布图
Fig. 4 Distribution map of Fe ore deposits and related igneous masses and stratigraphic units

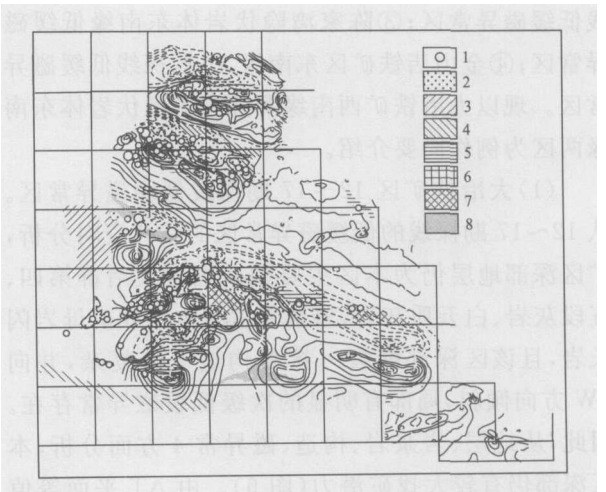


图 5 鄂东南地区铁矿点与有利成矿岩体、地层、磁异常分布图
Fig. 5 Distribution map of Fe ore deposits, related igneous masses and stratigraphic units and the magnetic anomalies

5 鄂东地区第二轮找矿预测和靶区圈定

5.1 第二轮找矿预测的思路

第二轮找矿预测是指对深部隐伏矿床的预测。由于地层、构造、岩浆岩控制着鄂东铁矿带、矿田的分布, 研究工作中首先利用(1/10 万)空间地学数据根据铁矿成矿标志圈出区域性的有利成矿地带, 成

矿地带中必须具备铁矿的控矿岩浆岩或控矿地层,且在断裂构造影响带(Buffer 区)内, 然后与磁异常数据叠加, 寻找产于其中的低缓磁异常带; 第二步在有利成矿带上利用大比例尺的地学数据进行深部隐伏矿体的预测(同样可以用大比例尺的地学数据建立空间数据库), 此时应结合深部空间数据(钻孔资料) 对有利成矿岩体、地层的接触带在深部的形态和产状进行研究、分析, 确定低缓磁异常是否对应深部的有利成矿接触带上, 满足以上条件, 隐伏矿体的靶区已基本圈定; 第三步对磁异常进行推断解释, 确定隐伏矿体大致的埋深和形态。

5.2 圈定第二轮找矿目标靶区

根据以上工作步骤, 在已建立的地学数据库上利用 MAPGIS 的分析功能, 圈定了可供第二轮找铁矿的有利目标靶区: 大冶铁矿区龙洞-象鼻山地段 12~ 17 线、狮子山 19~ 23 线、尖山 31~ 35 线的 3 个低缓磁异常区; 程潮铁矿区东南缘 0~ 24 勘探线低缓磁异常区; 陈家湾隐伏岩体东南缘低缓磁异常区; 金山店铁矿区东南缘 32 勘探线低缓磁异常区。现以大冶铁矿西南缘和陈家湾隐伏岩体东南缘两区为例作简要介绍。

(1) 大冶铁矿区 12~ 17 勘探线低缓磁异常区。从 12~ 17 勘探线的低缓磁异常区的钻孔资料分析, 矿区深部地层仍为本区主要赋矿围岩大冶群第四、五段灰岩、白云质灰岩, 岩浆岩主为本区成矿母岩闪长岩, 且该区深部断裂- 接触构造十分复杂, 并向 SW 方向倾斜, 局部有明显的次级低缓磁异常存在。因此, 从地层、岩浆岩、构造、磁异常 4 方面分析, 本区深部仍有较大找矿潜力(图 6)。由 ΔT 平面等值线图可见, 在地表接触带的南西侧, 1 000 nT, 500

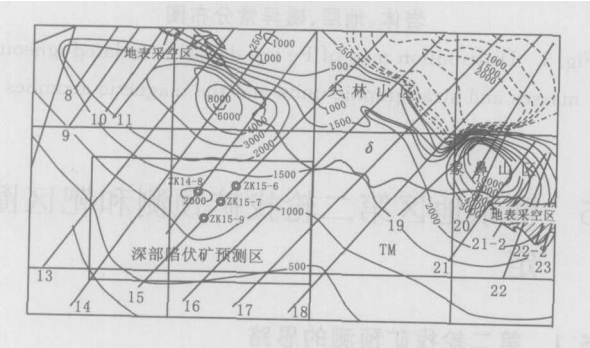


图 6 大冶铁矿西南缘磁异常平面图

Fig. 6 Magnetic anomaly plane of the southwest margin of Daye iron mine

nT 和 400 nT 等值线向南西方向凸出, 在 12~ 17 线局部弯曲突起, 形成较为明显的次级低缓异常。根据 ΔT 平面等值线变化特征, 结合地质资料分析, 认为该地段的 ΔT 磁异常主要反映了闪长岩岩体与大理岩的深部接触带总体向 SW 方向倾斜的特点; 12~ 17 线之间的局部弯曲是深部接触带产状由陡变缓和沿接触带分布的铁矿体的综合反映。12~ 17 线剖面三位精细反演成果也说明了这一点。经 14 线、15 线数个钻孔揭露, 在预测隐伏矿部位, 见到厚大铁矿体。

(2) 陈家湾隐伏岩体东南缘低缓磁异常区。岩体为燕山晚期石英闪长岩, 是本区重要成矿母岩, 其东南缘接触带是中上三叠统富膏盐白云质灰岩, 并复合有断裂构造, 这些围岩与构造条件与金山店铁矿相似, 且伴有低缓磁异常, 预测有深部隐伏矿体存在(图 7)。

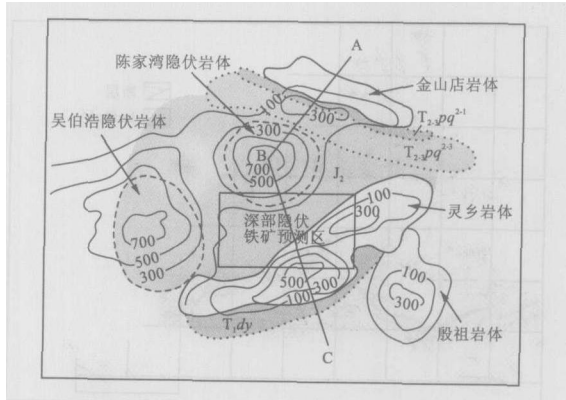


图 7 陈家湾隐伏岩体磁异常平面图

Fig. 7 Plane map of magnetic anomaly of the buried- Chenjiawan intrusive body

7 结束语

鄂东地区数十年的找矿勘查, 经历了由寻找浅部矿床和露头矿床到寻找半隐伏矿床和浅部隐伏矿床, 再到寻找深部隐伏矿床等 3 个阶段。自 80 年代中期始, 在灵乡岩体中部、铁山岩体东端先后发现新的深隐伏铁矿床, 在程潮铁矿深部发现了矿区内规模最大的铁矿体, 在铜绿山铁铜矿深部和西部找到新的铜金矿床……。这些成果说明鄂东地区第二轮找矿具有很大的潜力。

在鄂东地区不仅富集了大量富铁矿床, 还富集了大量富铜、铜铁矿床和铜、钨、钼、铅、锌、金、银矿

床,多年的找矿勘探和研究,鄂东地区的成矿理论和找矿标志基本成熟,并且勘探程度非常高,积累了大量丰富的多源地学信息数据,为综合评价和预测提供了丰富的地学资料,因此利用 GIS,在成矿理论的指导下,提取成矿信息,对各种成矿信息进行综合研究,以确定成矿有利靶区,是鄂东铁、铜、金、钼、铅锌矿床第二轮找矿的新探索。

参考文献:

- [1] 李晓池. 地理信息系统在地学中的应用[J]. 地学前缘, 1995, 2(1-2): 236-243.
- [2] 池顺都. GIS 支持下的地质异常分析及金属矿产经验预测[J]. 地球科学, 1997, 22(10): 99-103.
- [3] 舒全安. 鄂东铁铜矿床地质[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1992.
- [4] 陈石菱. 地理信息系统在金属矿产预测中的应用[J]. 地质找矿论丛, 1988, 13(1): 74-82.

APPLICATION OF GIS TO THE 2nd ROUND OF IRON ORE EXPLORATION IN THE EAST HUBEI PROVINCE

CHEN Shi-xian

(The Centralsouth China Geology and Exploration Institute, Wuhan 430081, China)

Abstract: Geographical information system (GIS) has been widely used in analysis of various spatial data related to ore and determination of ore-searching targets. We take the advantage of GIS(MAPGIS) functions to make secondary development of large volume of iron ore deposit-related geological data from the east Hubei province and verify metallogenic pattern and ore-searching marks of the iron ore deposits and close relation of strata, magmatic rocks, structures and magnetic anomalies to iron ore is ascertained. Based on the results blind iron ore deposits in the east Hubei province are predicted and four targets are lineated for the second round of iron ore-searching in the area.

Key Words: geographical information system(GIS); concealed ore deposit; ore target location; Hubei province