

利用 GIS 编制矿产预测图

吴堃虹

(中国科学院长沙大地构造研究所,长沙 410013)

[摘要]介绍了 GIS(地理信息系统)在矿产预测图编制中的应用、工作原理,并以澳大利亚 Yilgarn Block 矿区金矿预测的成功实例说明 GIS 在矿产预测图编制中的主要步骤。

[关键词]GIS 矿产预测图

[中图分类号]P623,P628+.5 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2000)03-0048-04

1 GIS 进行矿产预测图编制

目前, GIS(地理信息系统)的商业软件已超过十种, 美国 ESRI 的 ArcInfo 占据了 GIS 软件市场的主要份额; 值得庆幸的是国内自主知识产权的 Map GIS 和 CityStar 正逐渐为越来越多的人所了解和应用。 GIS 所以能够应用于矿产预测图的编制是它能够对数据进行空间定位和分析, 并将分析结果以图展现。

1.1 GIS 用于矿产预测

矿产预测的理论和实现预测的思路及方法是预测图编制的基础。矿产预测可分为传统经验对比法和概念法两类。传统经验对比法的基础是类比, 即使是专家库的运用也是以类比为基础。地质条件与已知矿山极为相似的地区常被视为有望区。这个过程需要在预测区调查大量已知矿山, 确定找矿标志。但工作量大, 已知区代表性不确定^[1]是其不足。人们还曾运用数学地质理论进行矿产预测, 该方法有地质数据的统计意义, 但忽视了空间关系, 也未涉及其时间效应, 与实际地质过程相差甚远, 其发展已受到制约。由于计算机技术的发展, 概念法也应运而生。它是在矿床成因和特征模式的基础上运用储存在 GIS 内的大量数据进行预测。这种方法可应用于已知矿床较多的地区或是研究程度很低的地区^[1]。实际上 GIS 已用于多种矿产预测, 如地热勘探^[3]、金矿^[4,5]、水资源^[6]、石油天然气^[7,8]、铜^[9]等。其原因在于这种预测方法以新成矿理论为理论模型, 丰富的地质空间和属性数据为依托, 将理论模型与特征数据结合进行空间分析。GIS 的图形数据或图形数据与属性数据的分析功能、可以图形形式展现分析结果以及方便的数据及图形修改功能, 使将之运用于矿产预测图的编制成为可能。

1.2 GIS 的主要组成部分及基本功能

常用的 GIS 平台具有图 1 所示组成和功能, GIS 的数据库管理功能允许将与预测有关的属性和图形数据分别储存于计算机中, 并可进行数据形式的转换、数据的编辑、修改和检索以及图形的数字化。GIS 的分析功能对栅格数据和矢量数据进行拓扑分析, 聚类分析, 图幅拼接, 建立各类数据, 特别是属性数据与图形数据之间的联动连接, 使数据动态分析成为可能。输出功能使数据、图件及分析结果均能显示于屏幕, 通过打印机、照象、录像设备、磁盘等输出设备输出。开发功能使应用者能根据自己工作意图和要求进行应用程序的编写, 形成新模块。

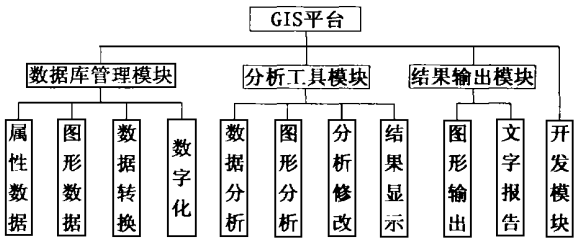


图 1 GIS 的主要组成部分

1.3 利用 GIS 进行矿产预测图编制的主要步骤

图 2 展现了在 GIS 平台上进行矿产预测图编制的主要步骤。

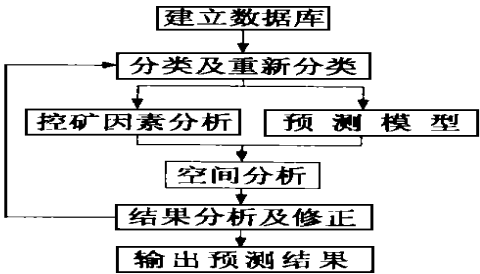


图 2 利用 GIS 进行矿产预测图编制的流程图

[收稿日期]1999-01-07; [修定日期]1999-04-06; [责任编辑]王延忠
[基金项目]湖南省自然科学基金项目(编号:98JJY2055)资助。

步骤一 :数据收集及数据库的建立

收集文字、数字、图件、遥感、航空照片等数据。确定数据库结构并建立数据库。将数据分类输入数据库中。描述性数据可通过键盘直接输入,图形数据则可用数字化仪,将线、点等逐点数字化 (digitizing), 或者通过扫描仪将全图输入计算机后进行数字化。各类数据可通过数据转化软件将相应数据转化成可使用形式,以满足空间分析要求。

步骤二 :预测分析

预测分析包括了控矿因素分析、建立预测模型。根据分析结果和预测模型对数据进行重新分类,确定数据的空间关系,将之量化,并进行空间分析。

1) 控矿因素分析。单元层编制是方法之一。单元层是与一组与主题相关的数据,表现为图形和属性表的集合。形成单元层的实质是对数据按一定主题进行重新分类。在矿产预测图编制中,可赋予上述主题以控矿因素实际含义。如认为深大断裂为一控矿因素,利用 GIS 的数据查询分析功能,从所有断层属性数据中选出深大断裂的属性数据;再利用 GIS 中形成单元层的程序形成深大断层单元层,同时建立了图与断层属性表的联系。又如通过 GIS 的叠加功能建立深大断裂与金矿床的综合单元层(图 3),此过程对数据进行了重新分类。

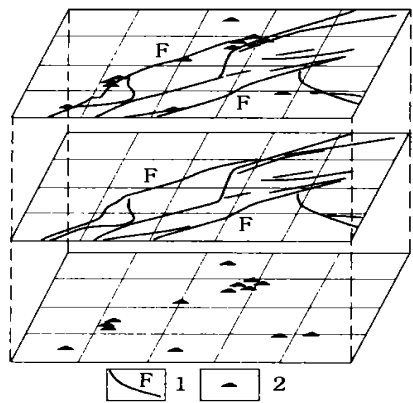


图 3 深大断裂单元层与金矿点单元层
叠加后形成新的单元层

2) 建立矿产预测模型

(1) 确定重要的空间关系

主要确定已知矿床与某些地质因素间的空间关系,人为因素对此有较明显的影响。

(2) 空间关系的量化

目前进行量化的方法有权重法、布尔逻辑法、代数法和模糊逻辑法等。现仅对模糊逻辑法作简要介绍。该方法有 4 个基本函数(表 1)。从地质学角

度我们可赋予地质含义(如矿床与断层的距离)。经过数学处理,使 μ 分布于 0~1 之间(0 表示完全不相干,1 表示完全相关)。如使用“和”或“或”操作时,结果会极高或极低,形成量化干扰。运用模糊代数积或代数和可以避免量化干扰。模糊代数积代入的数都小于或等于 1,积小于或等于最小代入值,为一连续递减函数。模糊代数和非是真正的代数和,其结果总是大于或等于最大代入值,为一连续递增函数。为此将这两种函数相结合形成一伽玛运算:

$$u = \left(1 - \prod_{i=1}^n (1 - u_i) \right)^r \times \left(\prod_{i=1}^n u_i \right)$$

其中 $i = 1 \dots n, 0 \leq \gamma \leq 1$ 。
如选择合适的 γ 值,伽玛函数既不是连续递增也不是连续递减的。在预测中通常赋 γ 为 0.95^[10]

表 1 模糊逻辑法的四个基本函数

基 本 参 数	表 达 式
模糊“和”函数	$\mu_c = \text{Min}(\mu_a + \mu_b + \dots)$
模糊“或”函数	$\mu_c = \text{Max}(\mu_a + \mu_b + \dots)$
模糊代数积	$u_c = \prod_{i=1}^n u_i, i = 1 \dots n$
模糊代数和	$u_c = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - u_i), i = 1 \dots n$

3) 将空间关系融合于一预测图

确定了主要控矿因素或控矿因素与矿体(床)的空间关系后,就进行空间关系分析,赋空间以地质含义。将空间关系组合、叠加形成预测图。

步骤三 :结果分析及修正

如需对上述结果进行修正,可根据修改思路重复进行上述有关步骤。求得与实际情况的最佳拟合预测图,这正是传统预测方法无法比拟的优势。

步骤四 :结果输出

以上所有的步骤均可通过计算机完成。成熟的 GIS 平台人机对话界面友好,有一定计算机操作经验的人能在较短的时间内掌握。

2 实例

澳大利亚在 Yilgarn Block 金矿区成功进行了金矿预测^[4],主要步骤简介如下:

(1) 以 1:2500 和 1:25000 的地质图,航空磁测图作为基础图件。为了分析和比较成矿区和非成矿区空间数据的组成,对全区所有的岩石进行同等程度的描述。

(2) 分析矿床特征。预测区内金矿均受构造控制,在此意义上将金矿归为同一成因类型。基于各金矿围岩、变质程度、构造控制等方面的差异,采取经验和概念法相结合方式进行预测。

(3) 选用 ArcInfo 为工作平台。

(4) 图件数字化。在数字化过程中分别将岩石接触界线和断层等控矿因素置于不同的单元层。建立属性数据库,将所有描述单元层的数据置于该数据库内。

(5) 建立综合单元层。根据预测思路,围绕不同的控矿因素(断层、岩性接触带等)建立单元层,然后建立相关因素之间的拓扑关系。拓扑关系建立过程中发现数据点发生了位移,位移量与原始图件相比非常小,通过程序将之修正。根据预测思路,选择与控矿因素有关的单元层叠加,形成综合单元层。

(6) 控矿因素分析。预测区的金矿与其周围地质特征之间的可能存在的关系有:

紧密关系:矿床与某些地质体密切相关,又如矿床与距深大断裂剪切带的距离紧密相关。

伴随关系:矿床存在于某些特定地质域内的关系,如矿床与含矿围岩的伴随关系。

多边关系:矿床与区内普遍存在的地质特征有关,如金矿床与河流相岩石接触带的空间密度相关。

Murchison 省的小型金矿床 ($< 2\,000\text{ kg}$) 与距深大断裂的距离无关,但大规模金矿则严格受这些断裂的控制,一般距深大断裂的距离不超过 800 m 。大规模金矿与岩性接触带关系更密切,在距岩性接触带一定距离内的大规模金矿床的数量与预测区所有金矿床数的比值大于小型金矿与预测区所有金矿床数的比值。

(7) 预测分析

利用 GIS 的缓冲(buffer)重新分类功能把上述空间关系表达在图上。以距断层或岩性接触带的距离作为缓冲域参数,将紧密关系用缓冲域表示,缓冲域内有矿可能性较域外高;将相关要素合并以表示伴随关系。

紧密关系的定量:计算每一个像素(图的组成元素)到最近特征参照物(断层,岩性接触带等)的距离;统计该段距离与特征参照物之间面积范围内金的含量和像素的数量。每一像素的赋值为金的含量除以像素的数量。最终形成一线状排列的光栅面。像素值在 $0 \sim 1$ 之间,适合模糊逻辑计算。选用模糊常数 $= 0.85$ 进行操作,所有的空间关系定量并融合于一张预测图中。计算程序将自动按预测有望度划分出预测重点勘探区,有望区、远景区等(图 4)。

为对预测图进行验证,将 Meekatharra 地区已知含金量 $> 100\text{ kg}$ 的金矿点投影于预测图,结果均落入重点勘探区内。预测结果还表明,占 Yilgarn Block

地区 16 % 以上的已知金矿和 80 % 以上的金产自只占 Kambalda Kalgorlie 岩层 0.3 % 的绿片岩。

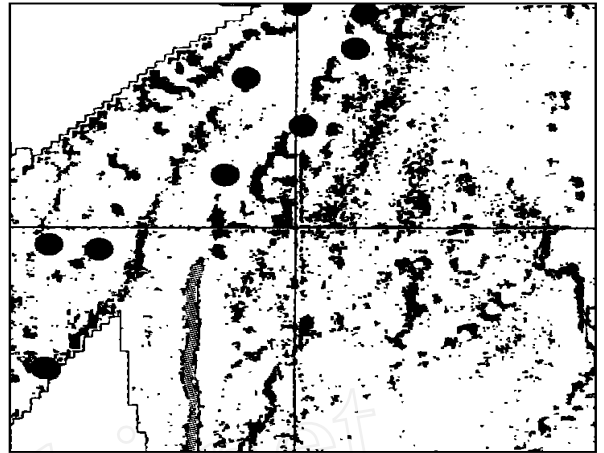


图 4 Meekatharra 地区金矿预测示意图

3 利用 GIS 进行预测图编制的不足

人们使用 GIS 时应对之的缺陷引起足够重视。实质上 GIS 只是一种技术方法,并未带来预测理论上的突破;三维的 GIS 平台仍不成熟,人们在二维 GIS 平台上,通过若干个不连续平面对深部进行大概了解,无法进行连续性三维预测分析和预测图编制;GIS 平台对线条光滑度的处理仍不甚理想;GIS 平台的操作技术仍较复杂,人们需要经过一定的训练方可从事该项工作。但 GIS 的优势仍能给人们带来极大的好处,其应用将越来越广。

[参考文献]

- [1] Bonham - Carter G F. Geographic Information Systems for Geoscientists: Modeling with GIS[M]. New York: Pergamon Press, 1994. 398.
- [2] Knox - Robinson C M, Wyborn L A I. Towards a holistic exploration strategy: using geographic information systems (GIS) as a tool to enhance exploration[J]. Australia Journal Earth Science 1997, (44): 453 ~ 463.
- [3] Scott M G, Cummings M L. A GIS data base for southeastern Oregon; applications for geothermal exploration[J]. Abstracts with Programs - Geological Society of America, 1996, (28) 5:110 ~ 111.
- [4] Knox - Robinson C M, Goves D I. Gold prospectivity mapping; using a Geographic Information System (GIS) with examples from the Yilgarn Block of Western Australia[J]. Chronique De La Recherche Miniere. 1997, (529): 127 ~ 138.
- [5] Mazzucchelli R H. The application of soil geochemistry to gold exploration in the Black Flag area, Yilgarn Block[J]. Western Australia, Journal of Geochemical Exploration, 1996, (57) 1 ~ 3:175 ~ 185.
- [6] Saraf A K, Jain S K. Integrated use of remote sensing and GIS methods for ground water exploration in parts of Lalitpur District, U. P.[J]. Water Science and Technology Library, 1996, (16) 2: 251 ~ 259.

(下转第 66 页)

THE PROSPECTING OF STRUCTURAL FRAMES OF IRON AND STEEL IN WATER WITH HIGH PRECISION MAGNETOMETRY

YUAN Zhao - ling LI Da - ming

Abstract :This paper introduces the method of high magnetometry using in water. Pointing out that existing and position of magnetic anomalies must be only considered when exploring iron and steel structural frames , while without regard to the sign of magnetic anomalies. The effects of magnetic field about the bridge body are removed and the local magnetic anomalies are located after data processing. Finally , the positions of steel beans (rails) under water are deduced , and which is well conformed with actual condition.

Key words :structural frames of steel bean (rail) , magnetic anomaly , trend analysis



第一作者简介 :

袁照令(1945 年 -) ,男。1970 年毕业于原北京地质学院地球物理勘探系 ,留校任教至今。现任中国地质大学(武汉)应用地球物理系副教授。主要从事重力、磁力的教学和科研工作以及核磁共振找水方法技术的应用研究工作。

通讯地址 :湖北省武汉市武昌喻家山 ,中国地质大学(武汉)应用地球物理系 邮政编码 :430074

(上接第 50 页)

- [7] Smirnova I O , Gololobov Y N , Kots V G , Prishchepa O M , Rousanova , A A. Role of remote sensing in petroleum exploration at Timan - Pechorian Province , From tectonic zonation to investigation of petroleum fields[J] . AAPG Bulletin , 1997 , (81) 8 : 1413.
- [8] Grace J D , Walsh D B. Development of a GIS on domestic oil and gas resources Annual Meeting Abstracts - American Association of Petroleum Geologists and Society of Economic Paleontologists and Mineralogists[J] , 1997 , (6) : 42.
- [9] Deblond A , Hanon M , He Z J , Tang R Y , Wu J S. Copper exploration in Henan , China ; a contribution of remote sensing and GIS multisource data integration[J] . Proceedings of the Thematic Conference on Geologic Remote Sensing , 1996 , (11) : 1365 ~ 1372.
- [10] An P , Moon W M , Rencz A. Application of fuzzy set theory for integration of geological [J] . geophysical and remote sensing data , Canada Journal Exploration Geophysics , 1991 , (27) : 1 ~ 11.

GIS TECHNIQUE USED FOR MAKING OF MINERAL RESOURCES PREDICTION MAP

WU Qian - hong

Abstract :We benefit from GIS in collecting , editing , modifying and analysing data. It can analyze , confirm and quantify the space relations to mineralization and integrates these relations into a prospecting map. It can help us to refresh data , make the variation of analysis and modify the pattern of map during the process of making a prospecting map. Based on the analysis of its characteristics , the application and principle in the mineral resources map - making process in the Yilgarn Block gold mine are detailed.

Key words :GIS mineral resources map



第一作者简介 :

吴黔虹(1957 年 -) ,女。1981 年毕业于中南工业大学地质系 ,获学士学位 ,现任中国科学院长沙大地构造研究所副研究员。主要从事构造地球化学和贵金属矿床学研究

通讯地址 :湖南省长沙市桐梓坡 96 号 中国科学院长沙大地构造研究所 邮政编码 :410013 电子邮箱 :wqh @ms. csig. ac. cn