

地质矿产预测信息化相关问题的探讨

弓小平¹, 王世称¹, 杨兴科², 郭莹²

(1. 吉林大学 综合信息矿产预测研究所, 长春 130026; 2. 长安大学 地球科学与国土资源学院, 西安 710054)

摘要: 在矿产资源决策分析领域, 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, 确定成矿的有利地区。文章探讨了有关地质矿产预测信息化若干问题, 包括元数据概念及其重要性、地质科学的数字化、定量化、模型化, 地质科学领域的数据库特点, 综合信息矿产资源预测中的数据分析方法。

关键词: 地质矿产预测; 地质模型; 元数据; 综合信息矿产资源预测分析方法

中图分类号: P612; P628 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2005)01-0066-05

在地质矿产资源决策分析领域, 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, 确定成矿的有利地区^[1-9]。

1 元数据概念及其重要性

随着计算机和 GIS 技术的发展, 尤其是网络通信技术的发展, 元数据已越来越为人们所重视。地理信息作为地球上的空间信息, 在许多国家均已发布了实施元数据的内容标准, 开发了若干元数据操作工具, 建立了大量元数据库, 为数据交流和空间信息共享提供了良好的条件。

元数据就是“关于数据的数据”。它是在地理空间数据中说明数据内容、质量、状况和其他有关特征的背景信息, 可用来辅助地理空间数据, 主要作用有^[22]:

(1) 帮助数据生产单位有效管理和维护空间数据, 建立数据文档, 并保证即使其主要工作人员变动时, 也不会影响对数据情况的了解;

(2) 提供数据生产单位数据存储、数据分类、数据内容、数据质量、数据交换网络及数据销售等方面

信息, 便于用户查询检索地理空间数据;

(3) 提供通过网络对数据进行查询检索的方法或途径以及与数据交换和传输有关的辅助信息;

(4) 帮助用户了解数据, 以便就数据是否能满足其需要作出正确的判断;

(5) 提供有关信息, 以使用户处理和转换接受的外部数据。

可见, 元数据是使数据充分发挥作用的重要条件之一。它可用于许多方面, 包括数据文档建立、数据发布、浏览、转换等。它对促进数据的管理、使用和共享均有其重要作用。对建立空间数据交换网络亦十分重要, 网络中心通过设在中心的元数据库可以实时地连接各个分发数据的分结点元数据库, 帮助潜在的用户找到其特定应用所需要的数据, 实现数据共享。

我国对地理信息元数据的研究以及相关标准的制定和实施均处于起步阶段。通过蒋景瞳等(1999)、王世称(2000)等多家研究群体在我国的科研实践, 参考有关国际标准, 现已提出了信息共享元数据标准的内容、层次、结构、分级、性质、特征以及元数据扩展的原则与方法, 研究了元数据标准实施的基本模型和操作工具, 元数据收集和元数据库的建立及其与数据链接的方法、元数据维护与更新、质量保证等问题; 已有一些初步的元数据标准讨论稿、草案或论文集供我们进行研究参照。

收稿日期: 2004-02-23

基金项目: 中国地质调查局项目《东天山地区综合研究与区域资源潜力预测评价(K4.3.3.3)》和《东天山地区火山-岩浆作用研究》(19991020008023)资助。

作者简介: 弓小平(1963), 男, 河南中牟人, 教授级高工, 吉林大学博士研究生, 研究方向地质矿产预测和信息科学研究与管理。

2 地质科学数字化、定量化、模型化

知识创新、技术创新是迎接知识经济时代建设国家创新体系的迫切需要。知识(生产力)解放及知识成果转化是实现科教兴国的关键。国土资源部及时确定主攻方向,提出了新一轮国土资源大调查的战略。近期有关领导也提出新一轮矿山找矿。以矿产资源开发为对象的技术创新是件大事。赵鹏大院士于 1999 年指出:“矿产资源是经济建设的重要物质基础,是社会可持续发展的物质保证。即使在未来的知识经济时代,作为物质资源的矿产资源仍将发挥其基础作用,面向 21 世纪,无论发达国家还是发展中国家,对矿产资源的需求都将有增无减”。“为了提高找矿效果,加快地质成矿和勘查理论与方法的研究,采用高新技术及手段,发现和开发难识别、难发现和难勘查的隐伏矿以及非传统的矿产资源等都是十分必要的”。

人类专家的行为之所以能获得显著的效果,是因为他们具有宝贵的知识和经验。通过某种获取知识的手段,把人类专家的某个专门领域的知识和经验“转移”到计算机中去,并依据它的推理程序,让计算机做出接近专家水平的工作成果,这就是基于模型的诊断。它是对人工智能的一个重要挑战和检验,是建筑在 GPS、数字影像测量系统、GIS、RS 和 ES(专家系统)基础之上的。

从统计观点分析,地球是由不同的性质、等级、时代、深度的地质体集合而成。可通过大地测量、地质、地球物理、地球化学和遥感等多种测量来采集数据,对这些数据进行综合解译,并建立模型从中提取综合地质信息而实现数字化,并了解地球。人们是从地、物、化、遥多种信息的不同侧面认识地质体的综合地质特征。信息是表达事物本质的标志。通过地质、地球物理、地球化学及遥感等多种数据提取信息,必须借助计算机技术来实现。

3 地质科学领域的数字特点

地球物理信息数据,如重力、航磁数据等属于矢量,主要应用位场变换方法来进行数据处理。化探数据、物探中的能谱数据等信息属于标量,主要应用多元统计分析方法来处理。地质信息也是标量,但

属于二态变量,主要应用数量化理论等定性数据分析处理^[1]。

以地质体为单元的综合信息解译和信息提取所涉及的变量多是定性变量,数量化理论等定性数据分析是主要的数据处理方法。数量化理论相当于多元统计的回归分析。数量化理论相当于多元统计的判别分析。数量化理论相当于多元统计的对应因子分析。数量化理论、相当于聚类分析^[23]。

对于定性变量中的有序变量,主要应用变异序列、秩相关和逻辑信息法等方法来处理。矿产预测中经常遇到的问题及其应用的数学模型见下表 1:

表 1 地质矿产预测中相关问题和应用方法
Table 1 Problems and application methods
for geological mineral forecasting

问 题	方 法
重力和航磁 构造解译	航磁化极(重力不作)
	不同高度上延
	$0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ 方向的不同上延高度水平一阶导数
	不同上延高度的垂向二阶导数
化探数据处理	标准化或正规化 用不同方法区分背景和异常
变量筛选数学模型	数量化理论 、 、
单元提取数学模型	数量化理论 、
定位预测数学模型	特征分析、数量化理论
定资源量数学模型	回归分析
大型、超大型矿床预测数学模型	双重筛选逐步回归方法等
成矿系列预测数学模型	特征向量、单调系数、方面系数、三权法

4 综合信息预测中的数据分析方法

综合信息矿产资源预测工作由三部分组成:综合信息成矿预测、综合信息矿产统计预测和综合信息矿产资源定量预测。其工作流程见图 1。

其中 属于定性预测,是定量预测的基础。是矿产资源的靶区定位预测。矿产资源是通过它们赋存的地质载体体现的有工业价值的地质体,是预测的对象。是在矿产资源体靶区定位预测的基础上,对矿产资源的资源量进行预测。而且 和 属于定量预测,主要通过定性数据处理方法来实现。

定性数据分析目前在国内外研究较盛行。包括日本学者建立的数量化理论、西方和日本学者研究

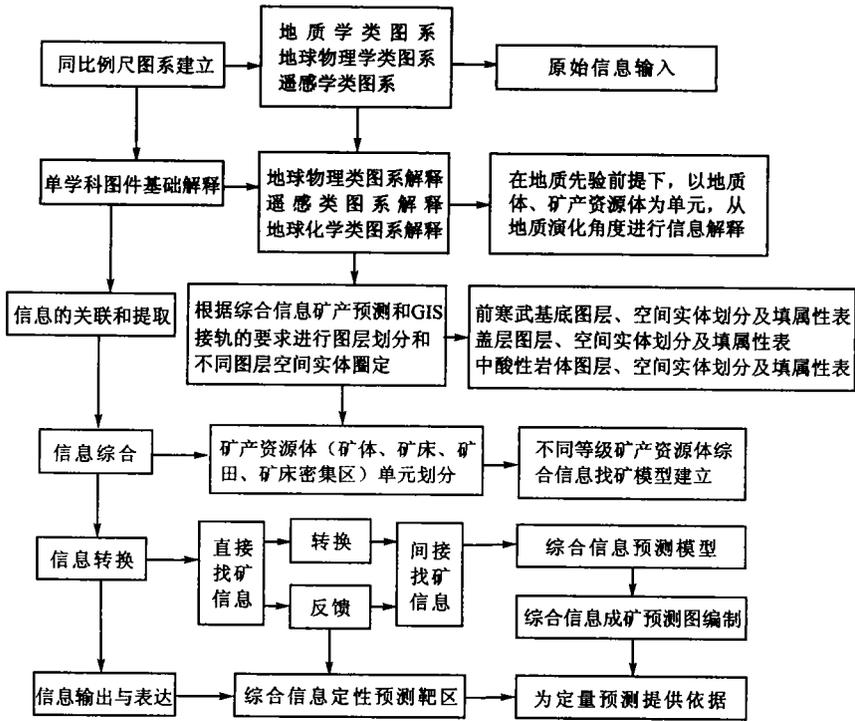


图1 综合信息矿产资源预测分析方法工作流程

Fig.1 Working process for the analysis methods of the resource forecasted mineral information

的多维标度法和列联表分析, 以及前苏联学者创建的逻辑信息法等。近年来, 日本学者把模糊数学和数量化理论相结合创建了模糊数量理论。定性数据分析理论在地质学、水文地质、环境地质、气象、林业调查、心理学、经济学等学科领域的应用较多。在矿产预测和矿山地质工作中也具有相当广阔的前景。

地质学的研究对象是地质体集合和矿产资源体集合。地质、地球物理、地球化学和遥感信息是对地质体集合和矿产资源体集合的多维标度。

综合信息矿产资源资源预测首先通过综合信息成矿预测进行多维标度的定性预测, 形成以地质体、矿产资源体为单元的划分, 地质体和矿产资源体的有关属性表的编制及定性地质变量的提取, 均属于地质变量研究过程。因此, 定性数据分析是综合信息预测的基本数学模型, 是最基本的数学方法。化探数据处理的多元统计分析和地球物理的位场变换的数据处理方法, 均属于矿产预测工作的数据预测处理中费时的工作。综合信息矿产预测的成果是通过综合信息矿产预测图系表达的(图1)。

5 在GIS平台上进行矿产资源决策分析

简称GIS(Geographic Information System)的地理信息系统可定义为“用于采集、存储、管理、处理、检索、分析和表达地理空间数据的计算机系统, 是分析和处理海量地理数据的通用技术”。

通过各种空间分析方法对各种不同的空间信息进行综合分析解释, 确认空间实体之间的相互关系, 分析在一定区域内发生的各种现象和过程。在矿产资源决策分析领域, 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上述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, 确定成矿的有利地区。

5.1 地质信息的建模理论基础

人类对地质对象的认识是一个复杂的过程, 当代科学要求对地学一系列具体的研究对象要抽象为在计算机上能够表达的信息。各类地图和地质图、矿产图等均是对地球实体的多种方式的抽象。不同

的研究者对地球地质现象的认识随时空、方法等的差异便有明显的不同。对于数字信息更是如此,随着不同的数据结构、存储方式、分析模型等的存在,会产生地球空间数字信息领域的混乱或信息共享的不便。

因此,需要对地质对象进行信息化、建模和抽象。通常有 9 个层次的抽象和建模过程,并通过 8 个接口实现由现实世界到地球要素集合世界的转换。这 9 个层次依次为:现实世界、概念世界、地理空间世界、尺度世界、项目世界、点世界、几何世界、地理要素世界以及要素集合世界。8 个连接接口分别是:认识接口、GIS 学科接口、区域几何接口、群体接口、空间参照系接口、几何结构接口、要素接口及项目接口^[1]。

5.2 GIS 综合信息研究与预测应用

(1) 建立概念世界(概念模型)。综合信息成矿预测的对象是矿产资源体,进行矿产资源体集合的控矿因素分析,实质上是建立矿产预测的概念世界。

(2) 建立地理空间世界,是对预测工作的图层划分,对每个图层划分空间实体,并编制相应的属性表。

(3) 通过尺度世界、项目世界、点世界、几何世界达到对矿产预测的数据特征、模型等的形式表达。

(4) 综合信息矿产预测的实现过程。

我们提出因变量图层和自变量图层的概念,应用相应的数学模型,达到在 GIS 平台上实现定量分析的目的。即综合信息定位预测和综合信息矿产资源预测。

5.2.1 因变量图层组

是研究的对象和目标图层。在综合信息矿产预测中,矿产资源体的空间分布图层,即是目标图层。矿产资源体集合是研究目标,每个矿产资源体为图层的空间实体需编制相应的属性表。

5.2.2 自变量图层组

是控制研究对象的因素图层。如地球物理图层组、地球化学图层组、地质图层组、矿产图层组。要划分空间实体并编制相应属性表,在各种矿产预测中有不同的应用。

因变量图层组和自变量图层组组成方程组,在 GIS 平台上进行决策分析。

5.2.3 建立因变量图层组

在综合信息矿产预测中,因变量图层组综合信息矿产预测是以矿种为研究对象,每个矿种的矿产资源体编制一个变量图层,每个矿种的不同等级

矿产资源体(矿体、矿床、矿田、矿化集区、矿带)是不同尺度世界,不同尺度的空间实体(单元),要分别编制属性表。依据矿床的围岩、矿石地质特征、地球化学特征、地球物理特征等,在属性研究基础上提取变量。根据成矿系列的理论形成因变量图层组,其目的是研究系列矿床的共生规律,开展系列矿床预测。

5.2.4 建立自变量图层组

基底图层。对前震旦纪的出露基底和隐伏基底进行推断。在推断的基础上,划分空间实体(单元),研究其分布规律并编制相应的属性表。按不同矿种分别对空间实体赋值,研究其成矿专属性。

盖层图层。对盖层划分空间实体,并编制属性表。按不同矿种分别提取变量和赋值。

岩体图层。在推断隐伏岩体的基础上,划分空间实体,并编制相应的属性表,按不同矿种以及不同岩体的成矿属性提取变量和赋值。

构造图层。在地质、遥感和重、磁构造综合解译基础上,按线型构造的每条断裂划分空间实体,并编制相应的属性表,按已控矿种进行变量提取和赋值。

5.3 地学信息系统数据库相关问题

地学信息系统数据库可分为原始数据库和知识数据库两类。原始数据库是按国家统一标准建立的。重点是元数据库。知识数据库用于在 GIS 平台上开展决策分析。必须是通过综合解译,形成综合信息图层,划分空间实体,编制属性表,在此基础上建立数据库。

地学信息标准化,实现信息共享是一个国际潮流和当前地学信息领域研究的热点,也是信息化社会中全球空间数据基础设施建设的核心内容。目前 GIS 技术正经历着前所未有的繁荣,并与遥感(RS)、全球定位系统(GPS)等技术一起领导着地球科学的“文艺复兴”,向数字地球时代迈进。而广泛应用地学信息系统进行科研和矿产资源综合预测等工作,则是未来不断深入发展的重要科研方向之一。

参考文献:

- [1] 王世称,陈永良,夏立显.综合信息矿产预测理论与方法[M].北京:科学出版社,2000.
- [2] 王世称,候慧群,王宇天,等.内生矿产成矿系列中比例尺预测方法研究[M].北京:地质出版社,1993.
- [3] 王世称,王宇天.综合信息解译原理与矿产预测图编制方法[M].长春:吉林大学出版社,1989.
- [4] 王世称,范继璋,杨永华.矿产资源评价[M].长春:吉林科学技

- 术出版社, 1990.
- [5] 赵鹏大, 胡旺亮, 李紫金. 矿床统计预测[M]. 北京: 地质出版社, 1983.
- [6] 陈永良. 综合信息矿产预测计算机辅助分析系统及成矿预测应用研究(博士论文)[D]. 长春: 吉林大学, 1998.
- [7] 王世称, 陈明, 严光生. 巨型矿床找矿预测的对策——以金为例[J]. 中国地质, 1997, 24(3): 30-33.
- [8] 王世称, 陈永良, 严光生, 等. 大型、超大型金矿床综合信息成矿远景预测方法研究[A]. 北京大学地质系. 北京大学国际地质科学学术研讨会论文集[C]. 北京: 地震出版社, 1998.
- [9] 陈永良, 杜德文, 刘安洲. 试论系统构造化探法及其在找矿中的应用[J]. 世界地质, 1996, 15(1): 49-53.
- [10] Agterberg F P. Automatic contouring of geological maps to detect target areas for mineral exploration[J]. Mathematical Geology, 1974, 6(4): 373-395.
- [11] Guocheng Pan. Extended weights of evidence modeling for the pseudo-estimation of metal grades [J]. Nonrenewable Resources, 1996, (5): 53-76.
- [12] Goovaerts, P. Ordinary cokriging revisited[J]. Math, 1998, (1): 21-42.
- [13] 陈俊, 官鹏. 实用地理信息系统[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [14] 边馥苓. 地理信息系统原理和方法[M]. 北京: 测绘出版社, 1996.
- [15] 叶水盛, 褚广勤, 马生忠. 实用型专家系统研制的思考[A]. 见: 中国数学地质(9)[C]. 北京: 地质出版社, 1998. 82-87.
- [16] 王世称, 成秋明, 范继璋. 金矿资源综合预测评价方法[M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 1990.
- [17] Kweon IS, Kandade T. Extracting Topographic Terrain Features from Elevation Maps[J]. Image Understanding, 1994, 59(2): 171-182.
- [18] Lesley Wyborn. Using GIS for Mineral Potential Evaluation in Areas with Few Known Mineral Occurrence[C]. Second National Forum on GIS in the Geosciences, 1995.
- [19] ISO/TC211 Metadata. Working Document: Geographic Information 15046 Part 15 Metadata[M]. 1997. 12-2211.
- [20] 赵永平, 承继成. 全球空间数据基础设施研究与展望[J]. 科技导报, 1998, (1): 17-19.
- [21] Tom Henry. GIS standards-The time has come[J]. GIS Asia-pacific, 1996, (2): 18-19.
- [22] 蒋忠瞳, 王忠明, 曾谟, 等. 中国地理信息元数据标准研究[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [23] 杨毅恒, 韩燕, 徐兵, 等. 多维地学数据处理技术与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2002.

DISCUSSION ON PROBLEMS ABOUT THE GEOLOGICAL MINERAL FORECASTING INFORMATIONING

GONG Xiao-ping¹, WANG Shi-cheng¹, YANG Xing-ke², GUO Ying²

(1. Institute of Integrating Information Mineral Resource Forecasting, Jilin University, Changchun 130026, China;

2. School of Earth Sciences and Resources Management, Chang'an University, Xi'an 710054, China)

Abstract: In the area of mineral resource decision-making analysis GIS provides not only the integrated management of multi-source geoscience information and the flexibly quering and searching but also comprehensive analysis and explanation of various spatial analysis methods' information related to ore formation and potential ore targets under guidance of experiences and models. The article discusses some problems about the geological mineral forecast information including the concept of the metadata and its importance and the digitalization, quantization, modeling of the geosciences, the characteristic of data in the area of the geology, the data analyzing methods of the integrating information mineral resource forecasting.

Key words: Geological mineral forecast; geology model; metadata; Integrating information mineral resource forecasting and analyzing method