

文章编号: 1674-9057(2010)03-0343-07

全信息在地学研究中的尝试 ——以成矿环境空间结构建模为例

唐小春¹, 张善明^{2a}, 吕新彪^{2b}, 邓国祥¹

(1. 青海西部资源有限公司, 北京 100012;

2. 中国地质大学(武汉) a. 资源学院; b. 地质过程与矿产资源国家重点实验室, 武汉 430074)

摘要: 全信息建模要求模型内容须全面、组织架构有层次、信息变量可分解、变量间数量关系和空间关系明确, 同时还强调对所涉及到的信息进行语法、语义、语用3个层次的信息学分析。成矿环境是矿产地质研究的对象, 成矿环境空间结构全信息模型可以更直观地描述成矿系统, 运用全信息模型将有助于提高矿床地质评价的系统性和可靠性, 构建全信息模型也是实现地球科学研究综合人工智能化的关键。按照全信息建模的要求, 介绍了成矿环境空间结构全信息建模的要点及解决方案。全信息建模是一种思想, 它所强调的重点适宜任何地质建模, 它的优越性可体现在任何地学研究中, 是将来地学建模的方向。

关键词: 全信息; 空间结构; 系统结构; 模型; 成矿环境

中图分类号: P628

文献标志码: A

矿床产于特定的地质结构中, 这种结构在时间上表现为一系列成矿地质作用的继承与发展, 空间上表现为各种控矿因素、成矿地质特征及示矿信息在矿床周围的配置和变化, 它的构成要素来自成矿系统的各个阶段和各个部位, 具有一定的时空结构, 我们将这种能描述成矿环境的四维地质结构称之为成矿环境空间结构^[1]。对大型、超大型矿田(床)成矿环境的探索, 已有研究所总结的成矿条件和控矿因素等, 并不足以揭示其矿产资源如此超常富集; 也不能说明同样具备这些条件和因素的矿区, 为什么却没有巨量的储量。所以, 对成矿环境空间结构的探索建模, 仍将是一个重大而艰巨的研究命题。本文的目的则是提出一种成矿环境空间结构建模思路, 并探讨其特点、优越性及解决方案。

1 全信息模型的涵义

“全信息”是来自信息科学领域的词汇, 它强

调对信息进行语法、语义、语用3个层次的信息学分析。从认识事物的层次来看, 由于主体具有观察能力, 将首先关注“事物运动状态及其变化方式”的形式, 这是语法信息; 同时由于主体具有理解能力, 他也必然会关注“事物运动状态及其变化方式”的逻辑含义, 这是语义信息; 正常的主体还具有目标性和评价能力, 因此他必然最终要关心“事物运动状态及其变化方式”对他的效用, 这就是语用信息。一般来说, 形式、含义和效用是不可分割地联系在一起, 因此, 语法、语义、语用信息乃是认识论层次信息概念的三位一体, 称为全信息。而成矿环境空间结构建模中的“全信息”概念, 除具备上述的信息学涵义外, 还强调建模要体现信息内容的全面性、组织架构的层次性、信息变量的可分解性、变量间数量关系和空间关系可确定性等。全信息建模是一种思想, 它所强调的重点适宜任何地质建模, 本文正是

收稿日期: 2010-02-01

基金项目: 地质过程与矿产资源国家重点实验室项目(GPMR200807)

作者简介: 唐小春(1984—), 男, 工程师, 矿产普查与勘探专业。

通讯作者: 吕新彪, 博士, 教授, luxb@cug.edu.cn。

引文格式: 唐小春, 张善明, 吕新彪, 等. 全信息在地学研究中的尝试——以成矿环境空间结构建模为例[J]. 桂林理工大学学报, 2010, 30(3): 343-349.

信息提取后,还要对其进行综合及预处理,主要是做好以下几方面工作:①规范各信息的表达方式,查明各信息的地质涵义,对定性-定量、直接-间接信息间的转换建立一套合理标准;②针对所建模型的具体运用,明确各信息的运用价值,对影响结果的畸变信息进行校正,对噪音信息进行压低,对信息的不确定性传播积累进行控制和估计^[6];③对提取的信息进行必要的二次开发,即联系野外地质实际,挖掘有用的隐含信息^[7]。

3.2 地质变量的选择、分解、组织及赋值

3.2.1 地质变量的选择及分解 分析归纳已提取的有关成矿环境空间结构的全信息,并结合所建模型的具体运用要求,选择适当的地质变量。变量的选择以地质研究为基础,地质方法和数学方法相结合,原则是:①使地质变量尽可能地少且各要素间相互独立;②不能丢失与建模目的有直接或间接联系的信息。

任何地质变量都是总体变化、多级局部变化和随机变化相互叠加的综合效应,由于研究目的或认识深度的需要,须对变量进行多级分解。令 $c(x_n)$ 表示一个具体的地质变量,则

$$c(x_n) = T(x_n) + R_1(x_n) + R_2(x_n) + \cdots + R_m(x_n) + \varepsilon(x_n), \quad (1)$$

其中: $T(x_n)$ 为总体变化(或趋势变化); $R_1(x_n)$ 、 $R_2(x_n)$ 、 \cdots 、 $R_m(x_n)$ 分别为不同级别的局部变化; $\varepsilon(x_n)$ 为随机变化,不论是总体、局部或随机变化,都用半变异函数进行度量^[8]。研究表明^[9],多级变化的这种叠加在半变异函数模型上有明显的反映(漂移效应和套合结构),即多级变化的分解与各级变化所对应之变异特征的分离应具有同步性,因此利用趋势-剩余分析或滑动平均与结构分析相结合的方法能有效地筛分地质变量中的多级变化。

3.2.2 地质变量系统结构模型的确立 传统的成矿环境空间结构研究思路是有缺陷的,成矿环境空间结构是一个“矢量”,以往只关注控矿因素与找矿目标间固定的数量关系,而忽略了它们间固有的空间关系以及控矿因素间互相耦合、协同作用的深层次关系。为此,采用系统结构模型来描述地质变量的全信息组织架构,运用这种模型,可以将复杂的系统分解成条理分明的多级递阶结

构,而模型内各要素间错综复杂的关系,则可以采用结构模型解析法来确立,步骤如下^[10]:

①根据不同的目的,确定系统的目标要素。

②分析与系统目标有关的因素,确定组成系统的要素集合,进行编号,列出要素明细表。

③构思系统模型,确定系统目标与各要素间以及各要素相互间的因果关系,并用矢线连接起来。

④建立邻接矩阵,经运算获得可达矩阵。

⑤将可达矩阵进行分解。首先,进行区域划分,区域分解是把系统单元分解成几个部分或区域,不同部分间的单元相互间没有关系;然后,进行级别划分,级别划分在每一区域进行;最后,强连接子集划分,并找出回路集。

⑥获得反映系统多级递阶关系的结构矩阵,将矩阵中行列按级别重新排序与分块。

⑦绘制系统的多级递阶结构图。

⑧将结构模型进行反馈,与原构思模型对照,反复修正完善。

3.2.3 地质变量的赋值及变量间影响权重的计算 系统结构模型确立后,还须利用层次分析、证据权或特征分析等数学方法对模型内各地质变量赋值,建立一个定量的成矿环境空间结构全信息系统模型,本文重点讨论系统结构模型内高层次地质变量对低层次地质变量影响权重的计算问题^[11]。

令 $W_{\text{上}}$ 表示上级控矿因素对下级控矿因素作用的权重, $w_{\text{上}}$ 表示上级控矿因素控矿权重, $w_{\text{下}}$ 表示下级控矿因素控矿权重,则有

$$W_{\text{上}} = w_{\text{上}} \times w_{\text{下}} \times I_{A_j \rightarrow B}; \quad (2)$$

$$I_{A_j \rightarrow B} = \lg[P(B|A_j)/P(B)]. \quad (3)$$

其中: $I_{A_j \rightarrow B}$ 为 A_j 标志 j 状态下提供的事件 B 发生的信息量; $P(B|A_j)$ 为 A 标志 j 状态存在条件下,事件 B 实现的概率; $P(B)$ 为事件 B 发生的概率。

如此之后,可得某一层地质变量控矿权重等于自身控矿权重与上级控矿因素对自身作用权重之和,即

$$w_{\text{调}} = w_{\text{下}} + w_{\text{上}} \times w_{\text{下}} \times I_{A_j \rightarrow B}, \quad (4)$$

其中: $w_{\text{调}}$ 表示某一层地质变量真正的控矿权重。

3.3 成矿环境空间结构的信息学描述

所提取的全信息主要来源于露头观测、岩心描述、物理测井、采样化验、物理-力学测试、

日常生产日记、水文地质调查、地球物理勘探、遥感、地球化学勘探、综合研究与编图,以及已有的各种勘探资料 and 研究成果^[12],面对纷繁复杂的地质信息,如何用它们来合理地描述成矿环境空间结构,怎样评价这些信息的可靠度和真实性,怎么认识这些信息对我们研究目的的效用?全信息不仅涉及到语法信息、语义信息和语用信息的全部层次,同时还涉及到获取信息、传递信息、处理信息、再生信息和使用信息的全部环节,从更深层次、更全的方面解决了以往信息利用中的根本性问题,即对信息本身认识不足,同时它也是实现利用综合智能技术研究地学问题的关键^[13]。

以下将分别从语法信息、语义信息、语用信息来讨论成矿环境空间结构的信息学描述。令

$$X = \{x_n \mid n = 1, \cdots, N\} \tag{5}$$

表示成矿环境空间结构的可能状态集, x_n 是状态空间的点。

定义 C 为状态 x_n 的肯定度,它是表示成矿环境空间结构内状态 x_n 存在形式的特征量,于是

$$C = \{c(x_n) \mid x_n \in X, n = 1, \cdots, N\}, \tag{6}$$

可以看作是状态肯定度的集合或广义分布。

在此将各变量的地质意义介绍如下: X 表示成矿环境空间结构, x_n 则代表空间结构内的某个成矿环境要素, x_n 组成的整体构成了成矿环境空间结构这个系统; $c(x_n)$ 表示构成要素 x_n 所提供的成矿信息量; C 是空间结构内的成矿信息量总体。于是

$$(X, C) = \{x_n, c(x_n) \mid x_n \in X, n = 1, \cdots, N\}, \tag{7}$$

就表征了成矿环境空间结构的运动状态和状态变化的形式化因素,即语法信息。

语义信息主要是考虑信息的可靠性或者真实性。首先,由于自然现象自身存在的不稳定性和人类对其认识的不完备性导致了信息的不确定性;另一方面在信息提取、分析综合及预处理的过程中也会带来误差,而且信息的不确定性还会传播积累,所以成矿环境空间结构的语义信息也很重要。

为了描述状态 x_n 的语义因素,引入 $t(x_n)$ 来描述状态 x_n 的逻辑语义真实度,它表示状态 x_n 与成矿作用相联系时它的含义在逻辑上的真实程度(即逻辑语义),于是

$$t(x_n) = \begin{cases} 1, & x_n \text{ 逻辑为真,} \\ 1/2, & x_n \text{ 逻辑不定,} \\ a \in (0, 1), & x_n \text{ 逻辑模糊,} \\ 0, & x_n \text{ 逻辑为假,} \end{cases} \tag{8}$$
$$n = 1, \cdots, N;$$

显然有

$$T = \{t(x_n) \mid x_n \in X, n = 1, \cdots, N\} \tag{9}$$

为 X 状态的逻辑语义真实度广义分布。其中 $t(x_n)$ 为环境空间内地质要素 x_n 提供的成矿信息量的可靠程度,而 T 则是成矿环境空间结构内各地质要素提供信息量可靠程度的总体。

对于提取的各种信息,还必须确定它的效用和价值,所以用合理的语用信息来描述成矿环境空间结构是全信息建模的关键。

类似地,为了描述状态 x_n 的语用因素,引入 $u(x_n)$ 来描述状态 x_n 相对于主体的目的而言所具有的价值或效用的大小。于是

$$u(x_n) = \begin{cases} 1, & x_n \text{ 具有最大效用,} \\ b \in (0, 1), & x_n \text{ 的效用模糊,} \\ 0, & x_n \text{ 的效用最小,} \end{cases} \tag{10}$$
$$n = 1, \cdots, N;$$

显然有

$$U = \{u(x_n) \mid x_n \in X, n = 1, \cdots, N\} \tag{11}$$

为 X 状态的效用度广义分布。其中 $u(x_n)$ 为环境空间内构成要素 x_n 的效用,而 U 则是成矿环境空间结构内各构成要素效用的总体。

至此,就可以用

$$\begin{bmatrix} x_1 & \cdots & x_n & \cdots & x_N \\ c(x_1) & \cdots & c(x_n) & \cdots & c(x_N) \\ t(x_1) & \cdots & t(x_n) & \cdots & t(x_N) \\ u(x_1) & \cdots & u(x_n) & \cdots & u(x_N) \end{bmatrix} \tag{12}$$

来描述成矿环境空间结构的全信息。

3.4 模型优化

模型建成后,须验证其有效性,若效果不理想,应修改模型,修改时主要考虑以下三方面问题:①一定区域内多个同类型矿床,其成矿环境空间结构必有某些相似性,模型应该具备描述这些同类型矿床的功能,所以要找到这些矿床的本质特征,抓住本质,改良模型,即通过同类型多个矿床空间结构相似性的极大化来优化模型;②又因不同空间要素与各个矿床有不同的生成联系

和空间配置关系，故优化模型应最大限度地体现这种具体的关系。所以，模型优化还应考虑到使不同变量与矿床之间空间关系的差异尽量大；③成矿环境空间结构全信息模型的建立是一个循序渐进的动态过程，随着地质研究程度的不断提高，要不断地对其优化，模型才会逐步趋于完善^[1]。

3.5 实例简介

以广西大瑶山西侧重晶石－多金属矿为例，简要地介绍成矿环境空间结构全信息建模的步骤及方法要点。研究区位于桂中凹陷与大瑶山隆起的过渡区，属活动性较强的大陆边缘，是一个建立在加里东构造旋回基础上的强张裂走滑陆缘盆地，盆地内主要出露泥盆系，矿床（点）众多，主要为沉积－改造型^[14]，本次建模的目的是为了开展区域矿产预测评价。

3.5.1 全信息准备 通过大量的地质资料收集，提取的成矿环境空间结构全信息主要集中在以下几方面：①控矿因素方面有构造的配套关系与成矿、地层时代及含矿性、岩性特征及控矿作用、盆地结构及矿床分布、海平面变化与成矿、蚀变特征与成矿、区域成矿元素的丰度、元素分布的地域性规律、元素的共生组合等；②成矿地质特征方面主要有矿种及共生组合特征、矿床类型、矿床规模、矿体赋存特征及复杂程度、矿物种类及共生组合、有用元素赋存状态、矿石结构构造等；③矿化信息方面主要有矿产地质信息（包括矿化露头、铁帽等）、地球化学信息、地球物理信息三大类。

3.5.2 地质变量选择及建模 以赵鹏大院士提出的三联式（地质异常－成矿多样性－矿床谱系）成矿预测理论为指导^[15]，建立成矿环境空间结构的全信息模型，限于篇幅，本文仅介绍成矿地质异常的空间结构模型。基于对研究区的地质调查及普查工作，选择以下地质异常变量，计算每个变量的成矿信息量并赋值^[16]（表1）。

通过对这些地质异常变量进行综合地质分析，建立了变量的系统结构模型，并利用式（2）计算出模型内高层次地质变量对低层次地质变量的影响权重（图3），然后利用式（4）计算出调整后的地质异常变量成矿信息量。表2描述了控矿地质异常环境空间结构的语法信息。

对收集到的信息继续进行可靠性估计，通过一定的数学方法计算出变量的可靠性程度值，表3描述了控矿地质异常环境空间结构的语义信息。

建模的目的是为了开展区域小比例尺矿产预测评价，判别每个变量对矿产预测评价的效用在获取准确的评价结果中至关重要，为此计算出每个地质变量的具体效用，表4描述了控矿地质异常环境空间结构的语用信息。

表1 地质异常变量
Table 1 Geo-anomaly variables

变量	说 明	信息量
x_1	异常地层区域	0.543 9
x_2	层序边界面 0.7 km 范围内的缓冲区	0.334 6
x_3	热水沉积重晶石区域	0.247 6
x_4	热水沉积硅质岩区域	0.143 6
x_5	喷流沉积硅质岩区域	0.097 3
x_6	断裂构造集约度	0.365 1
x_7	白云岩化区域	0.376 9
x_8	硅化蚀变区域	0.067 3
x_9	重晶石化区域	0.125 4
x_{10}	流体温度	0.275 3
x_{11}	1:2.5万沟系土壤次生异常区域	0.436 7

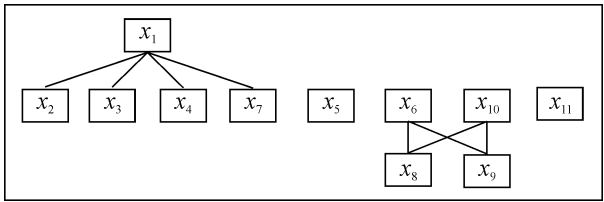


图3 地质异常变量的系统结构模型
Fig. 3 Structure model of the geo-anomaly variables

表2 调整后的地质异常变量的成矿信息量

Table 2 Ore-forming information quantity of geo-anomaly variables after adjustment

变量	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}
权重	0.543 9	0.339 2	0.250 3	0.176 7	0.097 3	0.365 1	0.388 2	0.092 1	0.156 7	0.275 3	0.436 7

表3 各地质变量控矿权重的可靠性

Table 3 Ore-controlling weight reliability of geo-anomaly variables

变量	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}
可靠性	0.916 4	0.852 1	0.809 2	0.812 4	0.891 7	0.712 9	0.724 5	0.703 2	0.730 9	0.907 6	1.000 0

表4 各地质变量的效用
Table 4 Avail of every geo-anomaly variable

变量	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}
效用	0.901 2	1.000 0	0.753 4	0.820 9	1.000 0	0.958 7	0.790 7	0.873 6	0.753 3	0.892 3	1.000 0

至此，成矿地质异常空间结构的全信息描述如下

x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}
0.543 9	0.339 2	0.250 3	0.176 7	0.097 3	0.365 1	0.388 2	0.092 1	0.156 7	0.275 3	0.436 7
0.916 4	0.852 1	0.809 2	0.812 4	0.891 7	0.712 9	0.724 5	0.703 2	0.730 9	0.907 6	1.000 0
0.901 2	1.000 0	0.753 4	0.820 9	1.000 0	0.958 7	0.790 7	0.873 6	0.753 3	0.892 3	1.000 0

4 成矿环境空间结构全信息模型的运用及展望

根据需要，可以建立各具侧重的成矿环境空间结构全信息模型，总的来说，建立的模型可用于解决以下几方面问题。

4.1 成矿系统研究

成矿系统是指在一定的地质时空域中，控制矿床形成和保存的全部地质要素和成矿作用过程，以及所产生的矿床系列和异常系列构成的整体，成矿系统观点将成矿的构造体系、流体系统和化学反应及矿床定位有机结合起来，从成矿作用动力学的深度来分析成矿作用过程及其要素，从而以新的思路去探讨认识矿床的形成和分布规律^[17]。可以看出，成矿系统的边界是可以用成矿环境空间结构来界定的，将一个抽象的成矿系统用成矿环境空间结构来描述，不仅使研究对象更具体，成矿系统内各要素间的关系及整个成矿作用过程也将更加清晰。

4.2 地质评价

地质评价是一个以已有的各种地质资料为基础，依据一定的理论作指导，通过一定的途径和方法，经过专门的、有针对性的分析研究，对研究对象（某一地区、矿床、矿点）等的某些感兴趣的属性，如成矿前景、可能的资源量及进一步的具体找矿地段等所作出的带推测性的结论性意见^[18]。如果用成矿环境空间结构全信息模型将研究对象和收集的资料联系起来，则可在一定程度上解决以下问题：①由于勘查工作的循序渐进性和阶段性，人们对有关地质资料的认识是不断深化的，所以就导致阶段性的地质评价无法从整体

上来把握评价的质量，无法从整体上来认识评价的结果，如果有一个全信息模型，那么评价就是带着整体观进行的，上述问题则可避免；②由于地质认知过程中所获取的有关信息的灰特性、有限性及复杂性，造成了地质评价具有较大的推测性和不确定性，技术评价的不确定性最终将直接导致经济评价的不确定性，而全信息模型考虑了信息本身的可靠性和效用，可以在一定程度上控制预测过程中不确定性的传播积累。

4.3 矿床数字化、智能化研究

其实，构建成矿环境空间结构全信息模型正是矿床数字化的第一步。将智能化技术引进地球科学，始终是地球科学的前进方向。在矿产资源综合预测评价中，笔者用一些假设和简化的约束条件作为建立数学模型的基础，如多元统计中的样本正态分布假设、地质统计学中的本征假设、数值模拟中的控制参量的简化与取值等，这些假设往往与实际地质情况有一定偏差，因而所得结果也就与地质事实有一定差距^[19]。人工智能技术正是解决以上瓶颈问题的出路之一，兼具专家系统与人工神经网络功能的综合智能系统，不仅能克服传统预测方法的缺陷，更能带来多方面的优势，是新一代智能技术发展的方向，综合智能系统优越性的根本在于它能处理和利用全信息，所以要在矿产资源综合预测与评价中成功地引进综合智能技术，构建成矿环境空间结构的全信息模型是前提^[20]。

在本文实例简介所述的野外地质工作中，广西有色金属地质研究所韦文灼高工，广西地勘总院徐立春高工给予了悉心帮助，特此致谢！

参考文献:

- [1] 张振飞, 夏庆霖. 成矿环境空间结构的模糊建模 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2005, 30 (1): 109 – 112.
- [2] 钟义信. 面向智能研究的全信息理论——纪念 Shannon 信息论 50 周年 [J]. 北京邮电大学学报, 1998, 21 (4): 1 – 6.
- [3] 钟义信. 全信息: 通信理论的新课题 [J]. 北京邮电学院学报, 1987, 10 (2): 1 – 7.
- [4] Boulding K E. General systems theory—The skeleton of science [J]. Management Science, 1956, 2 (3): 197 – 208.
- [5] 肖克炎, 朱裕生, 张晓华, 等. 矿产资源评价中的成矿信息提取与综合技术 [J]. 矿床地质, 1999, 18 (4): 379 – 384.
- [6] Bárdossy G, Fodor J. Evaluation of Uncertainties and Risks in Geology [M]. Berlin: Springer Press, 2002: 34 – 57.
- [7] 侯景儒, 郭光裕. 矿床统计预测及地质统计学的理论与运用 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1993: 81 – 200.
- [8] 胡光道. 变差函数在矿床勘探中的应用 [J]. 地质科技情报, 1985, 4 (4): 125 – 133.
- [9] 宋暖和, 潘志刚, 毛先成. 地质变量的多级分解及其应用 [J]. 地质与勘探, 2005, 41 (3): 71 – 74.
- [10] 汪树玉, 刘国华. 系统分析 [M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2002: 68 – 79.
- [11] 孙华山, 赵鹏大, 张寿庭, 等. 基于 5P 成矿预测与定量评价的系统勘查理论与实践 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2005, 30 (2): 199 – 205.
- [12] 吴冲龙, 刘刚, 田宜平, 等. 论地质信息科学 [J]. 地质科技情报, 2005, 24 (3): 1 – 7.
- [13] 钟义信, 潘新安, 杨义先. 智能理论与技术——人工智能与神经网络 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 1992: 559 – 599.
- [14] 王剑. 桂中北层控铅锌矿与海平面变化 [M]. 成都: 西南交通大学出版社, 1996: 68 – 78.
- [15] 赵鹏大. “三联式”资源定量预测与评价——数字找矿理论与实践探讨 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2002, 27 (5): 482 – 488.
- [16] 张善明, 吕新彪, 邓国祥, 等. 地质界面控矿原理及其运用要点 [J]. 地质科技情报, 2009, 28 (6): 45 – 56.
- [17] 翟裕生, 彭润明, 邓军, 等. 成矿系统分析与新类型矿床预测 [J]. 地学前缘, 2000, 7 (1): 123 – 131.
- [18] 叶天竺, 肖克炎, 严光生. 矿床模型综合地质信息预测技术研究 [J]. 地学前缘, 2007, 14 (5): 11 – 18.
- [19] 吕新彪. 人工神经网络在地球科学中的应用综述 [J]. 地质科技情报, 1996, 15 (3): 93 – 97.
- [20] McCormack M D. Neural computing in geophysics [J]. The Leading Edge, 1991, 10 (1): 11 – 15.

Perfect Information Application in Geoscience

—with Spatial Patterns Modeling for Mineralization Environment as an Example

TANG Xiao-chun¹, ZHANG Shan-ming^{2a}, LU Xin-biao^{2b}, DENG Guo-xiang¹

(1. Qinghai Western Resources Co. Ltd., Beijing 100012, China; 2. a. Faculty of Earth Resources; b. State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: Perfect information modeling asks for information comprehensive, systematic, and decomposable. The mathematics relationship and spatial relationship should be clear, while the information model should be analyzed in information grammar, semantics and pragmatics. The spatial patterns of mineralization environment is the main content in minerals geology study. Perfect information model can improve the precision and reliability of ore-prospecting and prediction and explain the geological phenomena and exploration achievements systematically, to achieve integrated artificial intelligence technology in study geosciences. According to the requests of perfect information modeling, this article introduces the keys and methods of modeling the spatial patterns of mineralization environment. The perfect information modeling provides advantages for geosciences study, with new orientation.

Key words: perfect information; spatial patterns; system structure; model; mineralization environment