

# 信息科学与矿产预测

杨中宝<sup>1</sup>, 彭省临<sup>2</sup>, 李朝艳<sup>1</sup>

(1. 玉溪师范学院 地理科学系, 云南 玉溪 653100; 2. 中南大学 地学与环境工程学院, 湖南 长沙 410083)

[摘要] 矿产预测实质上就是对成矿系统演化过程精确性表达的探索。面对时代发展的挑战, 矿产预测将从过去以分析为主转变为以分析与信息综合相结合。一方面, 人们将继续采用新的实验技术去了解地层、构造等因素的控矿机理。另一方面, 现代信息科学的发展为理解成矿系统的非线性特性以及信息运动过程提供了必要的理论基础, 虚拟现实技术的出现, 为定量研究成矿系统各要素间相互作用提供了新的技术支持, 为高精度成矿预测综合信息模型的建立创造条件。

[关键词] 信息科学; 矿产预测; 成矿系统; 虚拟现实技术

[中图分类号] P62 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2005)02-0040-03

[作者简介] 杨中宝(1971-), 男, 云南镇雄人, 工程师, 博士, 从事地理信息系统与成矿预测研究。

矿产资源是保证地球可持续发展的重要因素之一, 21 世纪对矿产资源的需求将有增无减, 资源形势十分严峻。美国著名经济地质学家 Skinner 指出:“21 世纪 50 年代我们需要开采 5 倍于今日的金属”,“一些传统金属仍然是老产业所需要的, 对所有元素的需求都将增长”<sup>①</sup>。21 世纪矿产资源的勘探与开发还面临所谓的“三难”(难识别、难发现和难开发)、“三新”(新类型、新深度和新领域)和“三重”(商品战略上的重要性、国际资源市场上的重要性和矿产紧缺程度上的重要性)<sup>[1]</sup>。面对如此责任重大而又困难重重的局面, 为了更好地适应矿产勘查中找矿主体对象的转变, 有效提高地质找矿效果, 确保中国众多已有生产矿山的可持续发展, 国家自然科学基金委员会在近几年的《自然科学基金项目申请指南》和《九五—2010 年优先资助领域》及国家科委、计委和地矿、冶金、有色行业的《九五—2010 年地质科技发展规划》中都明确提出, 将找寻隐伏矿的理论与方法、揭示矿体就位机理和定位规律以及找矿靶区快速定位预测评价技术列为优先资助的研究领域和鼓励倡导的重点研究方向<sup>[2]</sup>。这就是当前成矿预测工作面临的机遇与挑战, 迎接这一挑战是地学研究在矿产预测特别是隐伏矿产

测方面迈出的重要一步, 而找到解决这一问题的线索可能就在于将信息科学与成矿预测研究紧密结合。

## 1 信息与矿产预测

矿产预测工作的各个环节, 无论是生产、科研还是管理, 从本质上讲都是信息采集、保存、处理、解释、研究和应用的过程<sup>[3]</sup>。因此, 在成矿预测工作中, 从野外数据采集到室内数据保存、整理、分析和解释, 再到工作成果的存储维护、管理使用和制图出版以及科学管理和决策等诸多方面, 无一不与信息紧密相连。

矿产预测是通过信息感知研究对象, 根据所获得的信息对其规律的认识和把握, 通过思维对各种成矿或非成矿信息的重新组合。成矿系统表现出的各种信息只有经过接收、选择、处理、组合成新的认知信息, 并逐渐形成较为完整地信息体系, 才能为成矿预测所利用, 提高预测准确率。从信息科学的角度来观察, 信息在成矿预测工作中处于至关重要的地位, 没有信息的中介桥梁作用, 就会使成矿预测与研究对象之间缺少信息通道, 成矿预测工作就不能顺利进行, 成矿预测结果的可靠性和准确性

[收稿日期] 2004 06 20

[基金项目] 国家十五科技攻关项目(2001BA609A-06)

① Skinner. 下世纪的矿产勘查. 巴西第 31 届国际地质大会报告, 2000.

就无法保证。从成矿预测理论的角度看,成矿预测是一种特定的信息处理并使之进一步系统化的过程,虽然有自己的特殊规律性,但是总体上总是要受到信息规律的制约。显然,要做好矿产预测工作,有赖于对成矿信息表现形式和结构的整体把握。

信息具有多样性,是复杂系统中客观事物外在表现的基本特征,是系统内部各种因素自身演化与外部环境影响相结合的结果。1992年,陈国达曾指出“地壳中的矿产不是一次同时形成的。一个矿床,特别是大型矿床,大多也不是在某个时代由某种成矿作用一次形成的。在地壳形成和发展过程中,各种矿产、各个矿床都是随着地壳演化的进程,于各个不同发展阶段在各地先后不一地诞生的。”因此,成矿信息同样由于成矿物质自身的演化与外在地质环境的影响相耦合而有多多样性表现。长期以来,成矿信息多样性的研究一直停滞不前,人们更多关注的是成矿专属性问题,例如,岩浆岩成矿专属性等。然而,成矿专属性只是成矿信息多样性的一种特例或表现形式之一,成矿信息多样性则具有更普遍和更基本的意义。

成矿信息主要以各种异常的形式表现出来。控制成矿的地质信息是由多种成矿控制信息有机结合的综合表现,是成矿物质的物理、化学、生物及地质环境发生失常、失稳和失衡变异的演化结果。在成矿系统演化过程中,由于成矿作用的相互迭加和改造,使得成矿信息在强度和广度方面具有多样性和层次性。因此,以系统理论、求异理论为基础,以多因复成成矿理论为指导,分析成矿系统演化过程中成矿信息与非成矿信息特征的各种差异,才能有效进行隐伏矿的预测定位。

成矿信息多样性的某种规律性序列可以表现在矿床成因、规模、成分、数量、质量等信息以及它们之间的组合上,但最基本的信息规律表现在时空上的有序套合规律。於崇文认为,“矿床和成矿区带是复杂成矿动力系统的自组织,成矿作用的物理场和化学场具有时间和空间分形结构”<sup>[4]</sup>,这种时空分形特征导致了成矿信息的空间层次结构,不仅反映了大地构造、沉积环境、成矿深度的空间分布特点,还反映了含矿构造特征、成矿温度压力、成矿阶段的序次演化以及成矿后的次生变化等因素的时空演化规律,这种层次性一般存在于矿田、矿床或矿体范围内。因此,查明信息的空间层次性及由

此反映的矿床空间分布规律,对于隐伏矿预测往往具有重要影响。

## 2 信息科学虚拟现实技术与矿产预测

由于半导体、计算机和通信技术的日新月异,以微电子技术为基础的数字化信息技术得到迅猛发展。但是,人们发现,目前通用的冯·诺依曼式计算机处理的仅仅是单维的数字化信息,而不能满足视觉、听觉、触觉、嗅觉、味觉以及形体等多维信息处理形式的要求。于是,虚拟现实即一种支持多维信息空间的信息技术应运而生了。

虚拟现实技术的提出,最早始于飞行模拟器的设计,以减少飞行员训练的时间和经费。1965年,英国高等研究计划局 Sutherland 提出使计算机显示屏成为观察客观世界窗口的设想<sup>[5]</sup>,从而揭开了研究虚拟现实信息技术的序幕。20世纪80年代初,美国 Lanier 正式提出“Virtual reality”一词。80年代后期至90年代,由于计算机软硬件技术的飞速发展,使得虚拟现实技术在理论及应用研究方面都取得了新的突破。

虚拟现实技术的基本目标主要分实物虚化和虚物实化<sup>[6]</sup>。实物虚化是指在虚拟环境中表示客观世界的真实物体,一般采用几何建模方法,主要对物体进行几何描述。反之,虚物实化是指对虚拟环境中的物体赋予真实物体的物理特性,一般采用基于物理特性建模的方法<sup>[7]</sup>。

把虚拟现实技术引入矿产预测领域可以帮助解决矿床(体)空间定位预测问题。显然,矿产预测具有虚拟现实技术两个基本目标的综合特点。一方面,在特定研究区域已知的地层和岩矿体及其特征是地壳和成矿系统演化的最终产物;另一方面,地壳和岩矿体的演化过程只能通过计算机反演模拟进行预测估计。在矿产预测工作中,利用计算机虚拟环境,对成矿系统演化过程进行逼真的再现,要求虚拟物体运动行为具有仿真性,虚拟过程要符合物体运动的物理化学及力学定律。若已知成矿系统演化的初始状态、外部作用和各组成部分(如地层、构造、岩浆流体等)的物理特性,就可以依据物理化学及动力学基本定律,确定成矿系统演化过程中系统状态的偏微分方程组,就可以通过非线性数值方法确定系统下一时刻的运动状态。如果在某一时刻,成矿系统内部

或与外部发生物质或能量交换, 则成矿系统将无法按原有状态运动, 随着系统的初始状态、物理性质的不同, 将产生新的系统状态。因此, 在成矿预测工作中, 首先需要如实地表示出成矿系统各组分的物理特性, 准确地作出各组分间的相互依赖关系, 才能正确地确定成矿系统对各种因素的状态响应, 再现成矿系统演化过程, 达到矿产预测的目的。

### 3 成矿系统与信息模型

信息科学认为反馈是指信息的反馈, 任何信息系统都包含一个信息的接收、存储、加工的过程。因此, 要研究成矿系统的演化过程, 其关键在于研究成矿系统中的信息接收与传递过程, 也就是要研究装载着成矿信息的各个组分以及它们之间的作用过程。翟裕生认为“成矿系统是指在一定地质时空域中, 控制矿床形成和保存的全部地质要素和成矿作用过程, 以及所形成的矿床系列和异常系列构成的整体, 它是具有成矿功能的一个自然系统……一个成矿系统的内部结构一般包括 4 个部分: ①控制成矿因素有风化、沉积、构造、岩浆、变质、流体、生物、大气、地貌、热动力等作用因素; ②成矿要素有矿源、流体、能量、空间、时间等; ③成矿作用过程包括成矿发生、持续、终结以及成矿后的变化和保存等; ④成矿产物包括矿床系列和异常系列”<sup>[1,8]</sup>。成矿系统内不同的要素可以在成矿系统的不同演化阶段产生作用, 也可以在同一阶段相互作用。应该说, 成矿信息在不同时间、不同空间根据成矿系统内外环境的变化, 由各组成要素相互协调工作, 进行符合非线性统计学概念的调节与控制。这些控制既有孤立的与其他因素无关的调节, 也有着相互依存互相制约的网络状、环状的复杂控制, 表现为成矿系统演化过程中的各种物理化学及动力学过程。

综上所述, 通过各种手段获取的信息, 是成矿系统整个演化生命周期信息迭加的结果, 是各阶段信息运动的综合体现。因此, 利用逐步掌握的有关各种成矿系统要素以及其之间进行信息交换过程的了解, 应用成矿学、成矿预测理论以及相关的物理化学规律分析并建立成矿系统演化信息模型, 是了解成矿系统自组织自适应过程极其重要的一步。

当然, 作为成矿预测的基础, 首先必须收集、整理已知的成矿系统各组成要素以及它们之间相互作用、相互影响、相互依赖的资料, 为综合成矿信息模型的研究创造必要的条件。

### 4 矿产预测的发展趋势

从矿产预测的研究及其进展, 可以看到矿产预测研究出现的趋势:

(1) 成矿预测正在从以描述性为主向量化、精细化方向发展。随着科学技术的飞速发展, 出现了许多新的实验技术和观测手段, 可以连续不断地获得目标体的各种信息并进行定量的测量和分析, 同时现代信息科学的发展, 促使矿产预测由成矿信息的静态描述转向对过程的多维动态的定量表达。

(2) 成矿预测尤其是隐伏矿定位预测正在从以分析为主向分析与综合相结合方向发展。由于成矿系统从微观到宏观都呈现复杂系统性质, 因而应用多种手段以及综合信息方法对成矿系统进行系统性与综合性的分析, 建立高精度综合成矿预测信息模型将是成矿预测发展的一个必然趋势。

为适应这种发展趋势, 将物理学、化学、数学、非线性理论、信息科学与成矿预测研究相结合, 发挥交叉学科的优势, 将是矿产预测取得新突破的希望所在。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] 陈建平, 张寿廷, 汤军, 等. 非传统矿产资源定量预测的理论思考[ J ]. 地球物理学进展, 2002, 17( 2 ): 342 ~ 348.
- [ 2 ] 张均, 陈守余, 张玉香. 隐伏矿体定位预测中的几个关键问题[ J ]. 贵金属地质, 1998, 7( 4 ): 293 ~ 301.
- [ 3 ] 吴其斌. 信息技术在俄罗斯地质调查工作中的应用[ J ]. 国土资源情报, 2002, ( 2 ): 29 ~ 33.
- [ 4 ] 赵鹏大, 陈建平, 陈建国. 成矿多样性与矿床谱系[ J ]. 地球科学——中国地质大学学报, 2001, 26( 2 ): 111 ~ 117.
- [ 5 ] 王兆其, 徐振兴. 信息科学的发展与现代力学[ J ]. 力学与实践, 1998, 20( 4 ): 71 ~ 77.
- [ 6 ] 江成为. 灵镜技术——对逼真性和虚拟性的追求[ J ]. 科学, 1996, 48( 4 ): 11 ~ 14.
- [ 7 ] Alan H. B. Topical in physically based modeling[ J ]. ACM SIGGRAPH, Course Notes, 1987, 20( 4 ): 233 ~ 240.
- [ 8 ] 翟裕生. 论成矿系统[ J ]. 地学前缘, 1999, 6( 1 ): 13 ~ 27.

( 下转第 59 页 )

# Identification of oil water bearing reservoirs with fluorescent microscopic technology in Tuha Basin

ZHANG Xiao qing<sup>1</sup>, YI Hai sheng<sup>1</sup>, WEI Guo liang<sup>2</sup>, WAN Yong qing<sup>2</sup>, HUANG Tian xue<sup>2</sup>  
(1. *Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;*  
2. *Tuha Oilfield Company, PetroChina, Hami Uyгур Autonomous Region of Xinjiang 839009, China*)

**Abstract** By the oil water characteristics test under the fluorescent microscope, the fluorescent characteristics of oil, water in oil, oil in water, oil bearing water and water are obtained respectively. Then by experimenting repeatedly upon the fluorescent characteristics of oil layers and water layers for reservoirs of a single well in the Tuha Basin and compared those with the results of testing oil, the identifying markers of oil layer, water layer and oil water interface are summarized as follows. The oil layer is principally characterized by better and uniform fluorescence as well as extensive water in oil. The water layer is mainly characterized by non uniform fluorescence and widespread mobile water with the appearance of oil in water. The oil water interface is primarily characterized by fluorescence transition from uniform to non uniform and pore filling transition from mobile oil to mobile water. And the occurrence of oil bearing reservoirs in this region is revealed. Thus, it can provide evidence for testing oil of exploratory well and the division of oil layers.

**Key words:** fluorescent microscopic technology; oil asphalt; fluorescent characteristics; oil water bearing reservoir; oil water interface

[ 英文审定: 周军]

( 上接第 42 页 )

# Information science and mineral resources prediction

YANG Zhong bao<sup>1</sup>, PENG Sheng lin<sup>2</sup>, LI Chao yan<sup>1</sup>  
(1. *Department of Geography, Yuxi Normal College, Yuxi Yunnan 653100, China;* 2. *School of Geoscience and Environment Engineering, Central South University, Changsha 410083, China*)

**Abstract:** Mineral prediction is to study on the essence of metallogenic system evolution. Facing the challenge of age's development, mineral predication experienced a change from mainly relying on analysis to the combination of analysis and synthesis. On the one hand, new experimental technologies are used continuously to explore the metallogenic mechanism of stratigraphy, structure etc. On the other hand, modern information science provides the necessary theories for studying nonlinear feature and process of information flowing of metallogenic system. At the same time, the quantitative analysis of the interaction among members of metallogenic system and the high precision metallogenic predicting model are studied based on virtual reality.

**Key words:** information science; mineral predication; metallogenic system; virtual reality

[ 英文审定: 杨家喜]