

# 贵金属与有色金属大型、超大型矿床预测 有关问题的探讨\*

王世称 杨毅恒 李景朝

张晓华 肖克炎

(吉林大学朝阳校区, 吉林 长春 130026)

(中国地质科学院区划室, 北京 100037)

**摘要** 从统计观点研究大型、超大型矿床, 它们同中、小型矿床的关系很密切, 在空间上具有“鹤立鸡群”的分布形式。组成矿床密集区。从地质演化角度, 在捐赠作用下, 它们是不同的成矿类型矿床组成的金属省。从信息间转换角度分析, 它们具有矿床密集区和异常密集区信息之间的转换关系。从矿床密集区的统计分析, 它们是矿床集合与控矿地质体集合上升有序变量关系。贵金属与有色金属大型、超大型矿床密集区的控矿因素有共性, 而基底、岩体和衍生矿源层的成矿床专属性, 是不同矿种预测的差异性。综合信息矿床密集区的找矿模型建立和综合信息矿床密集区的预测模型建立是预测的关键问题。由于贵金属与有色金属大型、超大型矿床密集区控矿因素的共性, 故成矿系列理论应用于大型、超大型矿床预测是今后研究的主攻方向。

**关键词** 贵金属 有色金属 大型-超大型矿床 预测

## 1 关于大型、超大型矿床概念

(1) 大型矿床的五倍储量的矿床称之为超大型矿床(涂光炽院士)。

(2) 大型、超大型矿床与中小矿床是有机关联的整体。以矿床密集区为统计单元。具有大型、超大型矿床的密集区称为金属省(3种以上矿种、3种以上矿床类型、3个以上不同时代矿床的集合称之为金属省)。

(3) 研究矿床密集区与异常密集区之间的信息转换规律, 以矿床密集区为模型单元(或以扩展模型为单元), 异常密集区为预测单元。建立大型、超大型矿床密集区综合信息找矿模型。通过矿床密集区和异常密集区之间的信息转换规律, 建立综合信息矿床密集区综合信息预测模型。

(4) 大型、超大型矿床综合信息的预测途径是: 先预测“鸡群”, 再在“鸡群”中找“鹤”, “鹤”往往不只是一只。首先是找寻大型、超大型矿床密集区中的姊妹矿床。

(5) 研究不同矿种、不同类型矿床的矿床密集区边界条件的确定方法。主要是应用地球化学和地球物理方法确定矿床密集区的边界条件。

## 2 研究已知大型、超大型矿床的找寻途径, 作为预测途径的基础

在大型、超大型矿床理论研究的基础上, 追溯世界上诸多已知大型、贵金属、多金属、大型、超大型矿床发现途径, 对正确的探索综合信息预测思路具有重要指导意义。

\*本文受地质调查项目“全国成矿远景评价与重要矿产资源潜力评估”项目资助

第一作者简介: 王世称, 教授, 博士生导师, 长期从事数学地质及矿产资源预测评价。创建了综合信息成矿预测理论方法。

## 2.1 广泛开采的砂矿密集区发现大型、超大型矿床

利用砂金追溯岩金这一最常用的找矿方法至今仍被找矿公司所沿用，其原因不仅是因为该方法简单、经济、直观，更主要是因为砂金在某种程度上反映汇水盆地金的补给能力。具有广泛分布的砂金矿床密集区，表明该区有富金地质体的金矿物质补给来源，是岩金成矿的有利地区。中国著名的团结沟大型金矿床就产在砂金密集区内，其砂金向源汇水盆地面积可达 1 000 km<sup>2</sup>。盆地内砂金矿床广泛分布，重砂矿物组合复杂，有多金属硫化物矿物，水系沉积物组合异常也比较复杂。团结沟次火山岩金矿床位于向源和侧源次一级汇水盆地中。

## 2.2 已知大型、超大型矿床外围找寻姐妹矿床

应用类比的方法，通过研究对比地质成矿条件，在已知矿床外围寻找类似矿床是地质上常用的和有效的找矿方式之一。中国山东省玲珑焦家式金矿床是一个典型地区，伴随玲珑焦家式金矿床的找矿模型和成矿地质背景分析研究的不断深入，山东省境内不断发现大型金矿床，扩大了山东省金矿资源潜力。美国内华达州卡林型金矿床自从本世纪 60 年代发现以后，也在不断发现姐妹矿床。这正反映了大型、超大型矿床的“线型”或面型分布的特点。

## 2.3 应用地球化学方法发现大型、超大型矿床

地球化学方法是一种直接和有效的找矿方法，尤其是 70 年代末期以来，随着金分析灵敏度的大幅度提高，使得地球化学家认识和识别新类型金矿和预测盲矿有了长足进展。美国卡林型金矿床的发现是通过推断地质构造格局和研究元素地球化学中 As、Sb、Hg、Au 的组合异常而确定的。中国的西南、川西北、湘中与桂西北的微细浸染型金矿床一般也都出现 Au、As (Hg、Sb) 异常。

## 2.4 在中、小型金矿床密集区中发现大型、超大型矿床

大型、超大型金矿常处在中、小型金矿密集区中。实际找矿工作往往是首先发现中、小型金矿床，再通过多年细致的工作后有可能突破发现大型、超大型金矿。如中国辽宁省盖县组片岩中广泛发现有含金石英脉型的中、小型矿床，四道沟金矿床就是其中之一，即储量为 1 t 左右的含金石英脉型金矿床。但在开采过程中，储量不断扩大，并发现新类型金矿床，找到了猫岭大型金矿。

## 2.5 应用地质、地球物理、地球化学综合信息发现大型、超大型矿床

强调在新的地质理论、成矿模式、综合信息成矿模型的指导下，采用有效的地质、地球化学、地球物理等探测方法，系统开展成矿区、带的研究，是近些年矿产资源预测普遍采用的有效方法之一（王世称等，1983）。如赫姆洛金矿床，其勘查史可以追溯至 19 世纪 60 年代，虽经百年的努力，并未获得明显进展。1977~1978 年加拿大安大略地质调查所在该区进行系统的地质、地球物理调查工作，并进行综合研究最终确定了该区的进一步勘查价值，经后来详细勘探该区金储量达 600 t 以上。

中国辽宁猫岭金矿床的发现也是综合地质、地球物理、地球化学找矿的范例。该区地质信息主要反映矿厂中的毒砂、磁黄铁矿和自然金的矿物共生组合和黑云母化蚀变的特点；地球物理信息则反映高精度磁法和激发极化的组合异常，其主要用于研究钾化带的高磁、高极化；As、Pb、Cu、Zn、Ag、Au 组合异常则是地球化学信息的具体表现。将地质、地球物理、地球化学综合后的结果经钴探验证，猫岭金矿确定了 52 t 黄金储量（王世称等，1983）。

在大型、超大型金矿床的成矿理论研究和大型、超大型金矿床的发现历史研究基础上，提出了大型、超大型金矿床的预测途径和预测方法。

# 3 大型、超大型矿床的预测途径

## 3.1 以矿床密集区为模型单元，建立大型、超大型矿床密集区综合信息找矿模型

我们把研究对象——大型、超大型矿床看作是矿产资源体集合中的一个重要组成部分。从宏观预测角度，大型、超大型矿床与中小型矿床有不可分割的关系，应视为一个有机整体，以矿床密集区为单元，对矿床密集区的单元集合，建立矿床密集区综合信息找矿模型。

研究矿床密集区集合的特点，大型、超大型金矿床与中小型矿床的关系可以用“鹤立鸡群”的分布形

式来表达。这里的“鹤”是指大型、超大型矿床，并且“鹤”不只一只；这里的“鸡群”是指中、小型矿床及矿化点密集成群。大型、超大型矿床与中小型矿床的关系，从统计观点分析，可视为矿床密集区的集合。在矿床密集区中，大、中、小型矿床集合，可视为矿床集合和控矿因素集合的有序上升变量的定量化研究问题。

综合信息矿床密集区找矿模型是从发现及找寻大型、超大型矿床出发，进行以地质体矿产资源体为单元的地质、地球物理、地球化学和遥感信息的综合解释，总结矿床密集区客观存在的找矿标志，通过直接与间接找矿信息的有机关联和合理的信息间转换形成的矿床密集区统计性找矿模型（陈毓川等，1999）。它们也是类比和求实相结合，应用共性进行预测，应用个性进行评价，为隐伏大矿和难识别大矿预测提供理论依据。

### 3.2 以异常密集为预测单元，建立大型、超大型矿床密集区综合信息预测模型

对于大型、超大型矿床密集区的形成，必须有足够的物质供应来源。地球化学上表现为区域上的高背景和强异常，地球物理上则表现为能够反映提供巨量物质供给的深大断裂和有利的赋矿条件，地质上则反映为有利的成矿元素，适宜的围岩条件和多期次的成矿作用（王世称等，2000）。贵金属与多金属元素物质供应源是多期、多阶段、多来源的，是长期演化、继承和捐赠作用的结果。

首要的物质供应源是前寒武系基底对各种元素的提供，其次是不期次、不同阶段构造岩浆供应源。它们可以控制形成不同期次、不同类型的贵金属与多金属矿床密集区。由3个以上不同成矿期，3种以上不同类型贵金属与多金属矿床组成的矿床密集区称之为金属省。大型、超大型矿床密集区多属于金属省组成的矿床密集区。

大型、超大型矿床密集区，与各种贵金属与多金属元素地球化学剩余异常和砂金矿床密集区有一定的空间分布关系，它是物质供应源的信息显示。应用全国贵金属与多金属元素地球化学数据，经过泛克立格数据处理，计算出剩余异常，它们与已知大型、超大型矿床密集区有明显的对应关系，可以作为圈定矿床密集区的边界条件之一。通过全国砂金向源汇水盆地图的编制可以看出，砂金矿床密集区和岩金矿床密集区也有一定的对应关系。对贵金属与多金属异常密集区划分预测单元，进行大型、超大型贵金属与多金属矿床密集区的成矿预测。

### 3.3 综合信息大型、超大型矿床预测同GIS相接轨

#### 3.3.1 因变量图层——研究目标和对象图层

(1) 矿床密集区的集合是大型、超大型矿床预测的研究对象。研究不同矿种矿床密集区的圈定方法；研究矿床密集区的特征、矿床个数、矿床储量、大型、超大型矿床个数、大型、超大型矿床储量占总储量的百分比；矿床类型个数、大型超大型类型个数、矿床年代个数、大型、超大型年代个数。

(2) 编制矿床密集区属性表，研究矿床密集区集合的上升有序变量的特点。

#### 3.3.2 自变量图层——研究综合信息找矿图层组

##### (1) 基底图层

研究出露基底和隐伏基底、研究变质岩系的层理展布趋势、研究构造片理的分布规律、研究变质岩系成矿专属性、研究大型、超大型矿床的空间分布与基底的关系。划分出露基底和隐伏基底的空间实体，并编制相应的属性表。

##### (2) 盖层图层

研究盖层同隐伏基底的关系、研究盖层的空间实体划分、研究盖层的地质特征、研究盖层的地球化学和地球物理的特征；研究衍生矿源层的成矿专属性，并编制每个空间实体的属性表。

##### (3) 侵入岩体图层

研究基底对侵入岩体分布规律的影响、研究侵入岩体地质特征、地球化学特征、地球物理特征和成矿专属性（肖克炎等，2000），对每个侵入岩体编制属性表。

##### (4) 构造图层

以重力、航磁构造为主体，划分构造空间实体。重磁垂向二阶段导数为环型构造、重磁水平一阶导数

为线型构造。研究每条重磁构造的地质、地球化学和遥感信息特征, 并编制相应的属性表。

(5) 深部构造—莫霍面同大型、超大型矿床的分布规律的研究, 大异常同莫霍面的关系, 属于构造图层的一个组成部分。

### 3.33 信息回代图层——预测图层

- (1) 异常密集区的圈定方法及其分布规律研究。
- (2) 建立综合信息异常密集区的预测模型。
- (3) 编制异常密集区的属性表。

## 4 贵金属与多金属大型、超大型矿床密集区的控矿因素分析

通过 Au、W、Sn、Mo、Bi、Cu、Pb、Zn、Hg、Sb、Ag 等矿种大型、超大型矿床预测, 发现它们的控矿因素的特征有共性。它们的区别点是基底, 岩体和衍生矿源层的成矿专属性, 形成不同的成矿域。大型、超大型矿床密集区的主要控矿因素有以下几个方面:

### 4.1 不同大地构造单元对大型、超大型矿床密集区的控制作用

- (1) 大地构造单元相对抬升区;
- (2) 不同大地构造单元相结合部位, 即构造单元边缘控矿;
- (3) 地壳消减叠接带、地壳消减对接带及走滑断层控矿。

### 4.2 前寒武系基底构造对大型、超大型矿床密集区的控制作用

- (1) 不同年龄前寒武系出露基底和隐伏基底边缘控矿;
- (2) 前寒武系在不同大陆及陆缘构造域上控制大型、超大型金矿床密集区。

### 4.3 不同时代、不同期次岩浆对大型、超大型矿床密集区的控矿作用

- (1) 不同构造域岩浆岩活动与矿床密集区的关系, 岩浆活动是构造长期演化、继承的结果。
- (2) 同中酸性继承性岩体关系密切。

### 4.4 综合信息构造对矿床密集区的控制特点

- (1) 重力构造对矿床密集区的控制, 表现为环线构造交汇处;
- (2) 航磁构造对矿床密集区的控制, 表现为环线构造交汇处;
- (3) 遥感构造对矿床密集区的控制, 表现为环线构造交汇处;
- (4) 综合信息构造对矿床密集区的控制, 表现为环线构造交汇处。

### 4.5 深部构造对矿床密集区的控制, 主要是莫霍面的陡度带

由于大型、超大型矿床密集区控矿因素有共性, 开展大型、超大型成矿系列预测是研究工作的主要方向。这项目工作是十分复杂的, 要在实践中不断完善。

## 参 考 文 献

- 陈毓川等编. 1999. 中国主要成矿区带矿产资源远景评价[M]. 北京: 地质出版社.
- 王世称, 陈永良, 夏立显. 2000. 综合信息矿产预测理论与方法[M]. 北京: 科学出版社.
- 王世称, 范继璋, 成秋明. 1983. 金矿资源综合信息评价[M]. 长春: 吉林科技出版社.
- 肖克炎, 张晓华, 王四龙, 等. 2000. 矿产资源 GIS 评价系统[M]. 北京: 地质出版社.

## Tentative Discussion on Some Problems Related to Prognosis of Large and Superlarge Noble Metallic and Nonferrous Metallic Ore Deposits

Wang Shichen<sup>1</sup>, Yang Yiheng<sup>1</sup>, Li Jingchao<sup>1</sup>, Zhang Xiaohua<sup>2</sup> and Xiao Keyan<sup>2</sup>

(1Chaoyang Campus, Jilin University, Changchun 130026, Jilin, China; 2 Division of Regional Planning, Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China)

### Abstract

Viewed from statistical data, large and superlarge ore deposits are very closely related to medium-size and small-size ore deposits and look like “cranes standing among chickens” in space. They form deposit concentration areas. From the angle of geological evolution, they are metallic provinces comprising ore deposits of different ore-forming types under the role of “donation”. Analyzed from information transform, they possess the transform relationship between the information of deposit concentration areas and that of anomaly concentration areas. According to statistical analysis of deposit concentration areas, they show ordered variable relationship between assemblages of ore deposits and associations of ore-controlling geological bodies. The ore-controlling factors for concentration areas of large and superlarge noble metallic and nonferrous metallic deposits show generality. The different ore-forming specializations of the basement, rock bodies and derivative ore source beds reflect the differences in prognosis of different ore species. The construction of the composite information prospecting model for deposit concentration areas and the composite information prognostic model for deposit concentration areas seems to be the key problem in the prognosis.

**Key words:** noble metals, nonferrous metals, large-superlarge deposits, prognosis

<http://www.kedz.ac.cn/>