

# 综合信息矿产预测理论与方法体系新进展

王世称

WANG Shi-cheng

吉林大学, 吉林 长春 130061

Jilin University, Changchun 130061, Jilin, China

**摘要:**综合信息矿产预测理论与方法以研究地质、地球物理、地球化学和遥感信息为基础,并研究信息之间的转换规律,建立综合信息找矿模型,开展成矿预测,应用间接信息找寻隐伏矿产资源体,达到找矿的目的。通过上述研究为国家做出矿产资源总体规划 and 找矿勘探工程部署,指导实际找矿勘探工作。

**关键词:**综合信息;矿产预测;靶区;找矿模型

中图分类号:P612

文献标志码:A

文章编号:1671-2552(2010)10-1399-05

Wang S C. The new development of theory and method of synthetic information mineral resources prognosis. *Geological Bulletin of China*, 2010, 29(10): 1399-1403

**Abstract:** The purpose of the method of synthetic information mineral resources prognosis is to carry out metallogenic prognosis based on the study of conversion rule among geologic, geophysical, geochemical and remote sensing data. The results can be used in general planning of mineral resources and assigning exploration engineering.

**Key words:** synthetic information; mineral resources prognosis; target areas; prospecting model

综合信息矿产预测理论与方法是中国地质工作者根据中国地质工作的特点,于 1980 年代研究出的一种矿产预测新理论和新方法。20 多年来该理论与方法广泛应用于中国矿产资源预测和评价领域,现已成为矿产资源预测和评价通行的理论与方法。

多年来,吉林大学地球探测科学与技术学院应用该理论与方法完成了全国及西部综合信息矿产预测工作,所有研究项目均被评为优秀。吉林大学地球探测科学与技术学院被评为国家重点学科。综合信息矿产预测理论与方法体系研究成果获国家科技进步二等奖 2 次和李四光地质科学奖。

## 1 综合信息矿产预测是信息化地质科学的重要组成部分

应用综合信息研究矿产的成矿预测、统计预测

和矿产资源预测,并将三者有机结合,对矿产预测的成果做到“四定”(定靶区个数、定靶区位置、定靶区位置的可信度和定靶区的矿产资源量),靶区的成果是可以查证的,而且有经济实效。

### 1.1 综合信息找矿模型的建立

综合信息找矿模型以矿产资源体为单元,应用它们的集合建立统计性模型。矿产资源体有不同的等级(矿床密集区、矿田、矿床、矿体),不同等级的找矿模型是统计性模型而不是确定性模型。综合信息找矿模型以地质信息为基础,研究地质、地球物理、地球化学和遥感信息,并研究它们之间信息的转换规律,应用间接信息找寻隐伏矿产资源体和盲矿产资源体,达到找矿的目的。

### 1.2 对不同地质体集合的研究内容

研究变质岩系层理变化趋势、片理化变化趋势

收稿日期:2010-05-31;修订日期:2010-08-16

作者简介:王世称(1931-),男,教授,博士生导师,1952年毕业于北京大学地质系矿床地质专业。2000年和2007年2次获国家科学技术进步二等奖,2009年获得李四光地质科学奖

和变质岩系的成矿专属性,进行单元划分。研究沉积岩系层理变化趋势,推断隐伏盆地,进行单元划分。研究火山岩系、火山岩机制和火山岩系成矿专属性,进行火山岩系综合信息单元划分。研究侵入岩岩体群的分布规律。研究交代型岩体(S型)和侵入型岩体(I型),前者应用重力推断岩体,后者应用磁法推断岩体的规模、形态和产状。研究侵入岩体的成矿专属性并进行单元划分。

### 1.3 矿产资源体的特点

矿产资源体集合是密集成群的,绝对不是独生子。矿产资源体由大、中、小型矿床组成,为一个有机的整体,具有“鹤立鸡群”的分布形式。大型、超大型矿床外围有姊妹矿。因此,绝大多数的大型、超大型矿床外围有隐伏的大型、超大型矿床。从矿床密集区和异常密集区的角度分析,绝大多数老矿山的危机是假危机,危机矿山是具有资源潜力的。

### 1.4 矿产资源体集合明显受构造的控制

矿产资源体集合和异常密集区集合明显受构造的控制,一般位于环型和线型构造交会处,或者位于线型和线型构造交会处。研究表明,构造是由不同等级的环线构造格架组成的,只有通过综合信息解译方能推断构造格架。

### 1.5 成矿预测、统计预测和矿产资源预测

#### 为一有机的整体

成矿预测、统计预测和矿产资源预测为一有机的整体,靶区是可以查证的。老矿山外围通过综合解译可能会发现新的矿产资源潜力。

### 1.6 矿产资源的经济评价

按矿种进行矿产资源预测,矿种之间往往是伴生和共生的关系。因此,必须从循环经济和矿床伴生、共生的角度进行矿产资源的经济评价。

## 2 综合信息矿产预测理论与方法体系是数学地质在矿床学和找矿勘探地质学中的应用

综合信息矿产预测理论与方法体系的研究目标是矿产资源体和地质体集合,研究其地质、地球物理、地球化学和遥感信息的特征。建立综合信息成矿模型,开展成矿预测;建立综合信息找矿模型,开展统计预测(靶区定位预测);建立综合信息矿产资源预测模型,开展矿产资源预测。它们是有机关联的整体。通过上述研究为国家做出矿产资源总体规划和找矿勘探工程部署,并指导实际找矿勘探工作。

## 3 地质学数据的特点和研究方法

地质学中获得的数据是实际观测数据,这些数据来自不同的取样时间,是由不同地质勘探单位和不同地质专家提供的。因此,地质数据有它的独特性,主要表现为地质数据的不统一性,物探、化探和遥感数据的多解性,地质数据的精度和研究程度的不平衡性,地质体和矿产资源体具有个性和共性,这些因素会影响信息精度的不平衡。数学地质学所用的地质、地球物理、地球化学和遥感资料也存在上述问题。要解决这些问题,比较有效的方法是采用综合信息解译,通过地质体和矿产资源体的单元划分,将数据规格化、标准化,然后进行数据处理。

## 4 综合信息成矿预测图的编制

目前地质图是二维的,是地质露头推断图,因此不能有效地指示地质体的深部信息。通过物探方法对地质图进行隐伏变质岩系推断、隐伏盆地推断、隐伏岩体推断和隐伏构造推断。在此基础上进行地质体集合和矿产资源体集合单元划分。综合信息矿产预测地质体和矿产资源体单元是三维的。

地质矿产图也是二维的。应用综合信息矿产预测理论与方法体系,可以建立综合信息找矿模型,通过综合信息找矿模型研究矿产资源体的地质、地球物理、地球化学和遥感信息,形成三维化矿产资源体集合,按矿种进行矿产资源体预测。具体工作方法是:按矿种编制综合信息矿产预测图系,按不同矿种和不同类型矿床组成矿床密集区集合,按不同矿种研究矿床密集区和异常密集区信息之间的转换规律,推断不同矿种隐伏矿产资源体集合,在此基础上进行不同矿种矿产资源潜力评价。

## 5 从地质演化角度研究成矿系列和矿化系列

各种成因的矿床和不同矿种的矿床是有机关联的整体,形成成矿系列。应用综合信息研究成矿系列和矿化系列是研究信息之间的转换关系。成矿系列可以划分为变质成矿系列、沉积成矿系列、火山成矿系列和侵入成矿系列。按成矿系列和矿化系列的观点进行图层划分和综合信息解译。

### 5.1 变质岩图层(前震旦系)和变质成矿系列研究

应用重力和磁力信息,根据出露的变质岩地层具有密度大和磁性强的特征,推断隐伏基底。根据变

质岩系富铁镁质标志层,应用Ni、Cr、Co、V、Ti的信息,推断变质岩系层理的展布趋势,其方向为近东西向。通过层理展布趋势,研究层理和片理的关系,根据变质岩系片理的分布规律,研究区域性基底构造的特征。根据变质岩系矿床和矿致异常的分布规律,研究变质成矿系列成矿专属性。变质成矿系列成矿专属性控制盖层(沉积成矿系列、火山成矿系列),也控制侵入成矿系列专属性。

## 5.2 沉积岩图层和沉积成矿系列研究

应用重力、磁力和地震信息推断隐伏盆地。在隐伏盆地推断的基础上,研究不同时代(震旦纪—寒武纪—奥陶纪—志留纪—泥盆纪—石炭纪—二叠纪—三叠纪—侏罗纪—白垩纪)沉积地层的成矿专属性。沉积成矿系列和变质成矿系列的成矿专属性有继承性关系。如河北省水厂铁矿,风化后形成了烟筒山铁矿床;辽宁和吉林两省的变质硼矿床,风化后形成了辽宁和吉林的沉积硼矿床。

## 5.3 火山岩图层和火山成矿系列研究

同沉积成矿系列相似,按地层划分原则由老到新编制不同时代的火山岩图层和不同时代的火山成矿系列。应用重力和磁力信息推断隐伏火山岩盆地。在研究火山岩盆地分布规律的基础上,研究不同时代火山岩相的变化规律。火山成矿系列和变质成矿系列成矿专属性有继承性的关系。

## 5.4 侵入岩图层和侵入成矿系列研究

侵入岩体可以划分为侵入型岩体(I型岩体)和交代型岩体(S型岩体)。I型岩体应用磁法研究岩体的形态、产状和空间分布规律。S型岩体应用重力推断岩体的形态、产状和空间分布规律。I型侵入岩体的成矿专属性在矿床学书中已有系统的讲授。S型交代型岩体继承了变质成矿系列的基本规律,按成矿系列图系进行单元划分和地质变量提取,按矿种进行成矿预测、统计预测和矿产资源预测。

# 6 根据成矿预测、统计预测和资源预测的目的、任务、地质数据特点选择数学模型

## 6.1 编制综合信息成矿预测图系的数学模型

编制综合信息成矿预测图系重、磁资料数据处理的数学模型是化极、延拓、水平一阶导数和垂向二阶导数位场变化的数学模型。

## 6.2 综合信息找矿模型建立的数学模型

综合信息找矿模型建立的数学模型主要采用聚

类分析数学模型对矿产资源体集合和地质体集合进行分类研究。

## 6.3 建立统计预测数学模型

地质数据主要是混合变量,数量化理论主要是数学模型。建立统计预测数学模型主要应用相似类比数学模型。

## 6.4 矿产资源预测数学模型

矿产资源预测数学模型主要应用上升有序变量数学模型,研究矿产资源体如何变大和变富,如逻辑信息法等。

所有数学模型的应用均需要同地质信息系统平台接轨。

# 7 综合信息矿产预测理论与方法体系的创新点

## 7.1 矿产资源的2个来源

### (1) 基底成矿专属性控制的矿源

基底一般是由前震旦系变质岩系构成的,变质岩系成矿元素的分布是不均匀的,形成了不同元素富集的块体,它们是成矿物质来源之一。如辽宁和吉林两省的前震旦系基底富硼,因此辽宁和吉林地区存在变质硼矿床、沉积硼矿床,花岗岩为电气石花岗岩,以富硼为特征。云南的基底富铜,云南地区存在变质铜矿床、含铜砂岩铜矿床和火山岩型铜矿床。山东的基底富金,山东地区存在绿岩金矿床、蚀变岩金矿床、火山岩金矿床和含金砂砾岩金矿床,另外该地区石油油渣中都富含Au元素(含金达1g/t左右)。

### (2) 岩浆岩成矿专属性控制的矿源

不同时代、不同性质的岩浆岩赋存矿源。将基底矿源和岩浆岩矿源研究相结合是研究成矿规律的新思路,是进行矿产资源预测的基础。

## 7.2 矿床密集区金属省的概念

不同成矿时代、不同成矿作用形成的矿床密集区构成金属省。这种矿产分布显示了“鹤立鸡群”的分布规律。如河北水厂变质铁矿床风化形成了烟筒山沉积铁矿床,岩浆活动形成邯邢铁矿床,这2种类型的铁矿床形成了铁矿金属省。它们以“鹤立鸡群”的形式分布,这里的“鹤”是指大型、超大型矿床,这里的“鸡群”是指中、小型矿床,它们形成了矿床密集区。矿床密集区经过信息转换形成了异常密集区。通过异常密集区预测矿床密集区,进而在矿床密集区内找寻大型、超大型矿床,这是找寻



隐伏矿床的基本技术路线。从矿床密集区和异常密集区的角度研究危机矿山,大多数老矿山外围是具有矿产资源潜力的。

### 7.3 矿产成矿预测

以矿产资源体和地质体为单元,研究成矿预测、统计预测和矿产资源预测,它们是有机关联的矿产预测体系。在成矿系列理论的导向下,将地质、地球物理、地球化学和遥感信息相结合,建立矿化系列预测,可以解决隐伏矿产资源体的预测问题。矿产资源体集合的综合信息找矿标志是因变量集合,地质体集合的找矿标志是自变量集合,它们之间是统计方程组关系。通过自变量集合预测因变量集合,之后进行相似类比评价,是统计预测靶区可靠性评价的理论基础。通过矿产资源体集合模型预测隐伏资源体集合,对它们进行上升有序变量研究,是矿产资源预测的理论基础。

### 7.4 建立矿产资源体集合找矿模型

建立综合信息变质成矿系列找矿模型,推断出露基底和隐伏基底,进行变质成矿系列矿产预测。建立综合信息沉积成矿系列找矿模型,解决沉积成矿系列矿产预测。建立综合信息火山成矿系列找矿模型,解决火山成矿系列矿产预测。建立综合信息侵入成矿系列找矿模型,解决侵入成矿系列矿产预测。

### 7.5 建立综合信息控矿构造格架

建立综合信息控矿构造格架是研究矿产资源体空间分布规律的关键问题。研究表明,矿产资源体均位于环型和线型构造交会处或线型和线型构造交会处。

通过重、磁构造格架解译,研究重、磁构造格架的控矿规律。通过遥感构造格架解译,将重、磁构造格架与遥感构造格架相关联,研究控矿构造格架的规律。通过综合信息构造格架解译,研究地质、地球物理、地球化学和遥感信息控矿构造格架,它们具有成矿专属性。通过深部构造格架解译,将地表综合信息构造格架与深部构造格架相关联,研究深部控矿构造格架规律,进行综合信息构造格架研究。

### 7.6 从地质演化的角度进行化探信息解释

化探背景和异常是地质体和矿产资源体一个侧面的显示,从统计观点分析,地球化学图是不同性质、不同等级地质体和矿产资源体的叠加场。化探信息解译的基本思路为:编制多级汇水盆地网系图,从综合信息构造格架的角度研究构造化探,从新构造

运动的角度研究综合信息化探构造格架。

### 7.7 从感磁异常的角度研究铁矿床密集区、磁异常密集区和重力异常密集区综合信息的特征

以磁铁矿为主要矿石的铁矿床密集区,往往是重、磁吻合异常,而且以感磁异常为主。变质铁矿床也以感磁为主,主要是因为顺层磁化。矿床密集区总体上也显示以感磁异常为主。内生铁矿床的各个类型多伴随 Au、Cu 异常,钒钛铁矿床伴随 Ni、Cr、Co、V、Ti 异常。铁矿床密集区的空间分布,同样位于重磁环-线、线-线构造交会处,莫霍面陡变带,隐伏基底和隐伏岩体的边缘。钒铁矿床主要同超基性岩体关系密切。根据已知铁矿床密集区同异常密集区的信息之间的转换规律研究,已知铁矿床密集区的异常是重力正剩余异常、航磁正剩余异常、感磁异常和 Cu、Au 化探剩余异常。

### 7.8 从综合信息的角度研究交代型岩体和侵入型岩体的成矿专属性及其特点

以出露中酸性岩体的空间分布为基础,应用重磁构造格架推断隐伏岩体。交代型(继承型)岩体主要应用不同上延高度的重力垂向二阶导数零值线推断,侵入型岩体主要应用不同上延高度航磁垂向二阶导数零值线推断。根据重磁构造格架和中酸性岩体的地质、地球物理、地球化学、遥感信息的异常性,进行中酸性岩体的单元划分。

研究内容包括地质特征、岩性特征和成矿特征,交代型和侵入型岩体的地球物理场特征、单一磁场(侵入型)、组合磁异常(交代型)、正场、负场、火山跳跃场(交代型)、岩体的化探异常等。按矿种分别进行中酸性岩体成矿有利度等级划分。

### 7.9 综合信息成矿预测图系的编制

综合信息成矿预测图系的编制,实际上是多维化成矿预测图系的编制。它反映了矿床密集区和异常密集区的分布规律——“鹤立鸡群”;反映了环、线和线、线构造格架,表现为矿床密集区和异常密集区均位于环、线和线、线构造交会处;反映了前震旦系出露基底和隐伏基底的分布规律;反映了不同矿床密集区和异常密集区与基底的分布规律;反映了震旦纪—新近纪各时代沉积盆地及矿产的分布规律;反映了震旦纪—新近纪火山岩系盆地矿产的分布规律;反映了不同时代、不同性质侵入体的多维化图系和侵入体与矿床密集区、异常密集区的空间分布规律。

8 综合信息矿产预测实际效果

1985 年原地质矿产部在太原召开了固体矿产普查勘探会议。会议确定了在全国开展新一轮固体矿产普查勘探的目标、方针和要求,强调依靠科技进步逐步实现对区域矿产综合评价,运用各种方法提高找矿实效。为适应新一轮普查找矿勘探的需要,原长春地质学院数学地质研究室与安徽、浙江、江苏、辽宁、吉林、黑龙江、山东、河北、内蒙古、福建等省区地质矿产局合作,完成了各省区的综合信息矿产预测工作,优选的找矿靶区取得了明显的找矿实效,受到原地质矿产部领导的鼓励、支持、帮助和指导,于 1985 年在全国举办了 2 次研究生班,并重点在新疆和山东地质矿产局系统举办了 3 次共 222 人参加的研究生培训班。以综合信息矿产预测理论与方法体系为研究方向培养了博士生 34 名,指导跨学科博士后 7 名,他们已成为中国地质战线的技术骨干力量。

除上述之外,在辽宁鞍山、本溪地区,应用感磁异常找寻铁矿的思路,已取得找矿实际效果。在甘肃

白银地区,应用构造化探思路和综合信息铁帽评价方法,已取得找矿实际效果。在辽宁阜新煤田外围,应用综合信息重、磁解译推断隐伏盆地,已取得找矿实际效果。在辽宁青城子地区,应用矿床密集区“鹤立鸡群”的分布规律解译矿床密集区,解决了危机矿山的预测评价问题,也已取得实际效果。

参考文献

[1]王世称,刘玉强,伊丕厚,等.山东省金矿床及金矿床密集区综合信息成矿预测[M].北京:地质出版社,2003.

[2]王世称,杨毅恒,严光生,等.大型、超大型金矿床密集区综合信息预测[M].北京:地质出版社,2001.

[3]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.

[4]王世称,叶水盛,杨永强,等.综合信息成矿系列预测专家系统[M].长春:长春出版社,1999.

[5]王世称,成秋明,范继璋.金矿资源综合信息评价方法[M].长春:吉林科学技术出版社,1990.

[6]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.

[7]王世称,王於天.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.