

# 目 录

序	
前言	
第一章 综合信息矿产预测的一般理论与方法	( 1 )
第一节 综合信息解译的基本原理	( 1 )
一、综合信息解译的一般概念	( 1 )
二、开展综合信息解译的矿产勘查工作背景	( 3 )
三、综合信息解译的基本原理	( 5 )
第二节 综合信息矿产预测的理论要点	( 11 )
一、综合信息矿产预测与常规矿产预测的关系	( 11 )
二、综合信息解译与综合信息矿产预测图编制	( 12 )
三、综合信息找矿模型研究纲要	( 15 )
四、综合信息矿产预测成果的表述	( 16 )
第三节 中、大比例尺矿产预测概述	( 17 )
一 中比例尺矿产预测	( 18 )
二、大比例尺矿产预测	( 19 )
第四节 综合信息矿产预测的合理普查工作部署	( 20 )
一、不同比例尺矿产预测的合理部署	( 20 )
二、物探、化探工程的合理部署	( 24 )
三、原始信息资料数据处理的合理部署	( 26 )
第二章 中比例尺综合信息矿产预测图编制方法	( 28 )
第一节 综合信息初步解译工作	( 28 )
一、航磁平面剖面图的解译工作	( 29 )

# 第一章 综合信息矿产预测的一般理论与方法

## 第一节 综合信息解译的基本原理

### 一、综合信息解译的一般概念

#### 1. 综合信息

信息是客观事物向人们提供或传递的情报，是人们了解和判断事物本质和外表特征的基本依据。换句话说，信息就是事物存在的方式或运动的状态以及这种方式、状态的直接或间接的表达。

从矿产勘查角度看，一个矿床的形成，总会在地质产出环境方面有所反映。例如矿床的围岩、围岩蚀变与普通的非矿岩体的围岩特点有所不同，这种差异就向人们提供了认识矿床的信息。

所谓综合信息，是指地质、地球物理、地球化学、遥感地质等一系列方法所获取的信息的有机关联和综合。人们知道，任何一种矿产，都赋存于一定的地质环境中，有其特定的成矿地质条件，这就是地质的找矿前提和标志。一个矿床和它所处的区域地质条件，又有其物性的差异，并通过不同的岩石建造所形成的不同磁性、电性、密度等等表现出来，从而造成了不同的地球物理场。不同的岩石建造产生不同的化学性质，这种差异又造成了不同的地球化学场。于是，地质、地球物理和地球化学场以及遥感影象等所反映的矿产形成和分布特征，就构成了预

测和寻找该类矿产的前提和标志，即矿产预测的综合信息。

由于地质成矿作用的长期性和复杂性，仅凭单一手段和信息预测或找寻矿床，已难以奏效。特别在当前，隐伏矿预测成为矿产勘查的主要方向，传统的地质预测法和利用物化探直接找矿方法，很难适应形势的需要。改善和提高矿产预测效果的最重要技术对策，就是扩大找矿信息量，充分利用地质、物探、化探、遥感等多种信息资料，开展综合信息解译和成矿预测。

## 2. 综合信息解译

地质、物探、化探、遥感等各种资料都是对地球某一地段总体的测量结果。显然，资料中既蕴含着我们所感兴趣的与成矿有关的信息，同时也包括了大量与矿产无关的其它干扰因素。为了从干扰因素的“海洋”中提取出有用的成矿信息，我们需要对单一信息（例如磁异常或重力异常）进行成矿意义下的地质解释。另一方面，由于各种资料提供的信息，是从不同侧面反映矿产的生成和分布规律，因而单一信息相对整体而言，还是孤立的或相对片面的，从而不可避免是多解的。为了正确揭示客观规律，掌握成矿作用全貌，需要把各个侧面的有用信息加以有机关联和综合，从而形成全息完整的成矿概念和找矿模式。因而，无论是单一信息的地质解释，还是多种信息的彼此关联，本质上都是从测量资料中提取控矿信息并加以综合解释，这个解释和推断过程，我们称为综合信息解译。这里，我们称作“解译”而不叫“解释”，是强调必须严格遵循原始信息资料的内在地质意义进行地质翻译，依赖的是客观存在的事实，而不依赖于某种学派观点或理论假说。

简言之，综合信息解译是指遵循一定的原则，采用一定的方法，对地质、物探、化探、遥感等多种资料进行的分析、加工、研究以及成矿信息提取的完整过程。显而易见，这是成矿预测中一项十分重要的工作，也是有一定难度的技术研究任务。综合信息解译是否合理，将直接影响成矿预测的效果。人

们经常发现，同一批资料，持有不同地质观点的人，具有不同学科专业知识和经历的人，常常会作出迥然不同的解释；采用不同分析方法和解释程序，往往也会得出不同的结论。这样就为我们提出一个问题，即应该在现有解释方法基础上，给出一个最优的、更能反映客观实际情况的解译途径和方法，这是后面我们将要讨论的有关综合信息解译的基本原理问题。

## 二、开展综合信息解译的矿产勘查工作背景

综合信息解译工作，是建筑在当前矿产勘查工作基础上，同时为解决矿产勘查工作中的问题而设置的。

从系统工程和成矿预测要求角度看，目前矿产勘查工作存在着以下几个问题。

### 1. 地质观察研究的不统一性

矿产普查勘探最基本的工作方法，是地质调查研究。由此产生的地质解释和推断的成果，用来指导找矿勘探实践活动。

在地质调查过程中，由于专家们所使用的观测手段不同，所持的地质理论观点以及地质经验等各方面存在着差异性，他们对资料的解释和对成果的推断也就存在着差异。这种差异以至由此带来的学术争论，是地质学科本身特点决定的。客观上，这些争论也促进了地质学科的发展。因此说，地质观察研究的不统一性，不但过去是这样，今后也将长期存在下去。

然而，地质观察研究的不统一性，为客观地进行矿产预测带来了困难。为了克服这种不统一性，只有通过综合信息解译途径，把各种资料和推断成果有机关联，彼此综合融为一体，才能全面揭示矿产的生成和分布规律。这也是综合信息矿产预测的基本思路。

### 2. 矿产勘查工作程度和研究程度的不平衡性

矿产勘查工作部署，受制于经济法则，即利用有限的地质事业经费，去获得最大的经济效益。因此，在那些业已发现的

找矿远景区，投入的工作量和取得的地质研究程度就远大于其它地区。随着地质事业的发展，地质工作程度较低地区的成矿预测和找矿工作已经提到日程上来。为了开展这些地区矿产预测，应该把不同工作程度地区的有关信息相关联，通过在研究程度较高地区建立的找矿模型，利用间接找矿信息，去预测和发现未知地区的矿产资源。要实现不同性质、不同等级地质体之间的信息关联和转换，唯一途径只能是开展综合信息解译。

### 3. 地质体的复杂性和物探、化探、遥感信息的多解性

各种物探、化探异常和遥感图象，是岩石与岩石、岩石与矿石以及矿石与矿石间的物性和地球化学性质差异的反映。据此可以将具有不同性质的岩石、矿石区分开来。但是自然界的地质体是多变的、复杂的。有时，不同性质的地质体，可能在某些物性或地球化学性质方面相近或相同；反过来，同一地质体，由于物质成分分布不均匀，又可能形成不同特点的地球物理和地球化学异常。因此，物化探异常和遥感图象解释不可避免地存在着多解性，这给矿产预测中有关资料的使用带来了困难。近年来我们的科研实践工作表明，以地质为先验前提，进行物探、化探、遥感信息的解译，是克服多解性的行之有效的方法。

### 4. 地质体的特殊性和共性

任何地质体都具有别于其它地质体的个性，这是我们能够将地质体加以区分的原因所在。同时，某些地质体具有本质上相似的共性，它是我们对地质体进行类型划分和等级划分的基础。后者表明，建立地质体的统计性模型是可能的。

上述的地质观测的不统一性，研究的不平衡性和物探、化探、遥感信息多解性的存在，往往使我们所研究的问题复杂化。但是如果我们注意到各种信息间，在以地质体为单元的情况下，具有关联性和可能相互转化的事实，那么将会简化问题。这表明，建立以地质体为单元的统计模型是十分必要的。

上面叙述了矿产勘查工作中存在的四个矛盾。为了解决这些问题，提高矿产预测的科学性，只有进行综合信息解译，通过多种成矿信息的相互关联和转换，才能减少多解性，取得较好效果。

### 三、综合信息解译的基本原理

综合信息解译，是正确认识地质控矿规律的基本手段。它的核心思想是，在地质的先验前提下，通过综合分析方法，客观揭示地质体与地球物理场、地球化学场以及遥感图象特征场的对应关系，以预测矿产资源体为目标，进行直接和间接找矿信息的关联与转换，建立隐伏控矿地质体与矿产资源体的综合信息标志组合，开展矿产预测。

#### 1. 综合信息解译的理论基础

综合信息解译建立在正确认识矿产勘查工作现状和合理运用地球物理、地球化学、遥感地质的基本理论基础之上。综合信息解译的原则，表现在以下几个方面。

##### (1) 以地质为先验前提，开展综合信息解译。

综合信息解译认为，各种地质测量和科研成果都是对各种不同地质母体统计、观察、抽样和度量的结果。这些结果对地质规律的刻划是相对的，而不是绝对的，即带有统计性质特点。因此，地质测量的结果不应是最终的结论，只能是成矿规律研究的向导。另一方面，地质测量是直接观察的结果，它是实际的、客观的。测量结果中必然蕴含着许多表征被测量的母体某种成矿特性的有益信息。这些有益信息又是对物探、化探、遥感等测量结果进行地质解释的依据。各种成矿、控矿信息，总是以不同的“信噪比”存在于各种测量结果中，只有以地质为先验前提，采用合理分析方法，才能将有用信息从资料中提取出来。因此，综合信息解译工作应牢牢地建立在地质的先验前提之上。

(2)以地质体为单元，进行地质、物探、化探、重砂、遥感等各种信息的关联、转换和提取。

从统计观点看，地质图系是不同性质地质体的组合。各种地质体是有等级的，地层划分为层、组、系、界；构造可划分为不同级次；侵入岩可划分为岩体、构造侵入岩带；矿化地质体可分为矿体、矿床、矿田、矿带。各种物探、化探、重砂、遥感等信息是不同等级地质体的不同侧面的反映。各种场的强度、形态和分布，是与地质体的物质成分、产状及分布相联系的。由于地质现象的复杂性，同一地质体可以有不同的地球物理场和地球化学场，同样的地球物理场和地球化学场也可以反映不同的地质体。因此，场和地质体对应的不唯一性，带来了地质解释的多解性。只有在以地质体为单元条件下，进行各种信息的关联、补充和转换，才能克服多解性，全面反映地质体的客观面貌。

(3)严格遵循各有关学科的基本原理和工作方法，进行信息解释。

每一学科都有其基本的原理与方法，每一种测量结果都是遵循该学科的理论与方法获取的。对各种资料的初始解释，必须按其内在的原理客观分析、解释和推断。一般说，航磁、航放、重力、遥感等信息，主要反映区域地质情况，多用来研究地层、构造、岩浆岩的特征和分布，并推断区域性基本构造格架。但这些信息本身解释的方法并不相同。航磁侧重于异常的强度、形态、连续性、场形变化研究，遥感则重点解释线性体及环形影象。对断裂构造，在重力场上可能表现为异常梯度带，而在航磁场上，可能为场强降低带。重砂、化探资料的解释，则主要用来解释和提取矿化信息。

(4)研究已知典型地质体、矿产资源体（矿体、矿床、矿田），建立综合信息找矿模型，指导全局性综合信息解释。

综合信息解释的目标在于捕捉成矿、控矿信息，预测未知的矿产资源。因此，必须充分利用典型矿床(田)资料，研究

主矿化阶段的信息特征和指示标志，通过直接与间接找矿信息关联，建立找矿模型，指导工作区内的综合信息解译工作。综合信息模型的建立，应以间接找矿信息为主，以利于实现区域展开的目的。

## 2. 综合信息解译的基本方法

综合信息解译方法，包括下述五项基本内容。

### (1) 图系的形成。

图系是指同比例尺图件所形成的规则化图件的组合系列，是综合信息解译的资料基础。图系的组成，是由若干子图系表达的。主要子图系包括有：地质类子图系、应用地球物理类子图系、地球化学类子图系、遥感地质类子图系。

对建立图系的基本要求是对应和配套。所谓对应，是指充分收集各种可能提供成矿、控矿信息的图件，使每个子图系中的图件都具有反映研究对象特征的有用信息，所谓配套，则指在比例尺上，各种子图系规一化；在信息类型上，完整全面；在立体化研究上，各种层位图件齐全。

为了便于信息的关联和转换，一般多将图系作成透明纸或薄膜图。

### (2) 根据各类信息特点，确定解译的主要目的和内容。

综合信息解译的基本思路，是利用重、磁、遥感资料信息研究和推断区域构造格架，建立有意义的地层、岩体信息标志特征；利用化探和重砂资料信息，研究构造化探和构造重砂的特点，推测成矿时期的构造和矿化裂隙。然后把矿化信息摆在区域构造格架中，建立综合信息找矿模型。

具体应用时，不同矿种、不同成因类型的矿床，主矿化阶段矿物组合特点是不同的，因而确立矿化信息的类别及利用区域信息资料也是有别的，需要结合具体情况加以选择。

### (3) 单学科信息的解译。

不同学科，信息解译的方法不同。例如，磁法解译，已有



较为成熟的一套定性解译和定量解译方法。遥感地质目视解译，则仍在发展中。它们所依据的原理亦不相同。因此，单学科信息的解译应严格遵循该学科的基本原理来进行。

一般说，单学科解译，在次序上，多从整体（或图件全局）到局部逐次解译；在场的特征上，多以场强、形态、排列组合特点等为解译依据。

#### （4）信息的关联和提取。

各种成矿信息不是孤立地存在，而是有机联系在一起的。只有通过信息彼此之间的关联，才能正确、全面地提取有用信息，排除与研究对象无关的“干扰”。

各种信息关联和提取的主要手段，是迭置透明图法。即以成矿地质体为目标，将磁法、重力、遥感、重砂、化探等各种单学科（透明纸）解译图系作有序关联和扣合，在扣合中研究信息的重叠、相交、相关排列或离散排列等规律，解释各种关系的地质意义和成矿意义。同时，在解释过程中还需不断作更深层次的信息关联和提取，进一步丰富成矿信息的组合特征，深化对控矿构造的认识。

信息关联的层次，可分为子图系内和子图系间两种关联。在同类子图系内关联，例如航磁平剖解译图与化极、求导、延拓解译图的关联，重点放在研究地质体的埋深、产状以及成矿作用的立体化变化规律。在不同类子图系间关联，例如重磁推断构造纲要图与化探元素分带图等相关联，往往是寻找矿化信息与间接指示矿化作用的信息之间联系，确定控矿作用的机理和各种制约关系的重要方法。

信息关联和提取的地质意义是清楚的。一般成矿作用，通常理解为多种地质作用相互迭加的结果。各种地质作用常常具有不同的地球物理和地球化学信息标志特征。通过信息关联而确定的有用信息的叠合部位或信息浓集区，则被认为是成矿可能性最大的空间地段。显然，这是符合地质规律的。

### (5) 信息的综合和转换。

所谓信息的综合是指在单信息关联和提取基础之上，对全图系解译出的有用成矿信息作进一步加工、优化和综合提取，建立完整的成矿和控矿地质概念，形成模式化的综合信息成矿标志组合。

信息转换，是指信息之间的合理交换、传递、转移和有机关联。信息转换目的，是通过直接找矿信息与间接找矿信息的转换，在有机关联基础上，用间接找矿信息标志代替直接信息标志，建立综合信息找矿模型。这是综合信息解译的最后一步工作，也是建立矿产预测实用模型的关键环节。

信息综合与转换的基本途径是：首先根据典型矿床（田）综合信息研究结果，确定矿化信息的重砂矿物和化探指示元素的组合特征。然后把矿化信息摆在区域构造格架中，通过矿化裂隙与区域性地层、构造、岩浆岩的特点和彼此关系，建立成矿时期控矿的地层、构造、岩浆岩的综合信息特征。最后，研究那些具有典型矿化信息的构造、岩浆岩和地层的地球物理和遥感信息标志，用相应的场强、场形、场的组合特点，建立控矿、导矿、容矿的各类地质体的综合信息标志，实现直接找矿信息向间接找矿信息的转化。最终以地球物理、遥感等信息为主体建立的简化找矿模型，将是开展区域矿产预测的实用模型。

综合信息解译的完整工作流程，示于图1-1。

### 3. 几点认识

(1) 单一信息的解译结果，并非总是正确的或有用的。例如，地球物理资料的解译，由于异常源的等效性、观测数据中的误差以及异常源形状的复杂性等等，都会导致异常解译的多解性，这在单一信息的初始解译中往往难以完全避免。但是在进行各种信息的关联提取时，常常可以对这一问题加以弥补，使多解性逐步归向唯一解。所以说，综合信息解译的过程，实质是信息的提取、筛分、提纯、浓聚的过程，是一个对成矿规

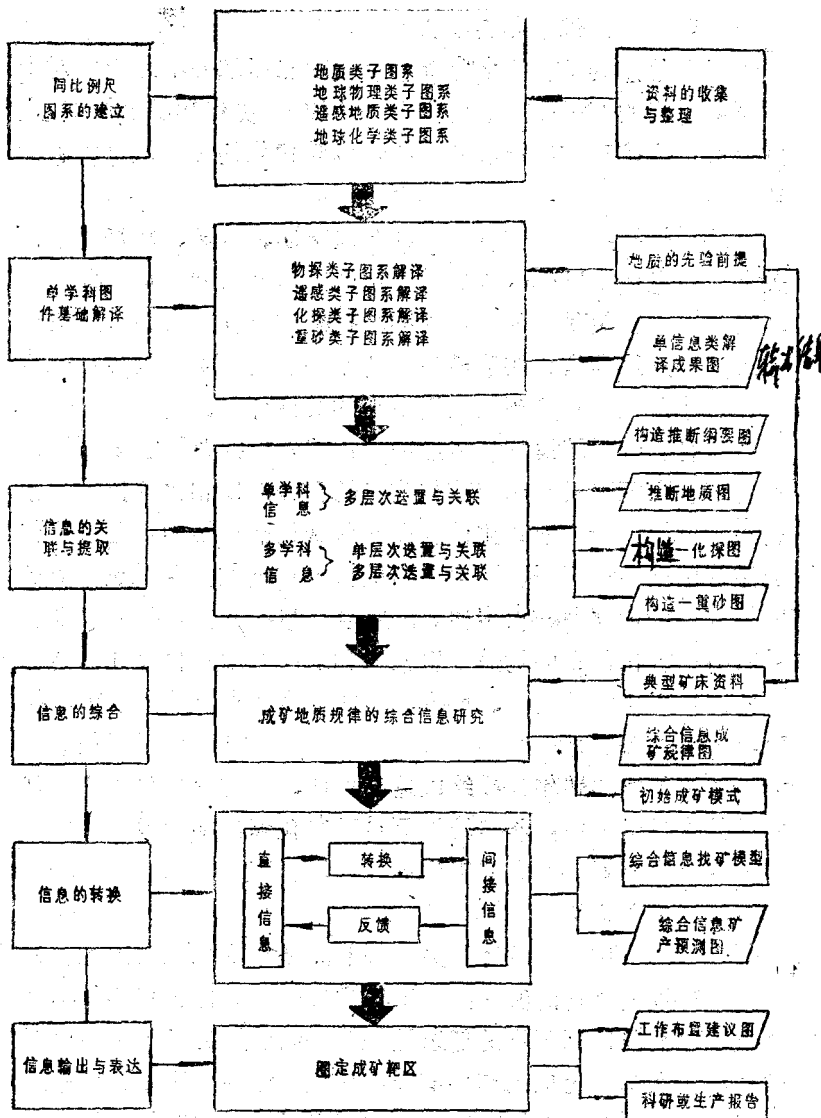


图1-1 综合信息解译及矿产预测流程图

Fig.1-1 Flow Diagram of Synthetic Information Interpretation and Minerogenic Prognostic

律的认识，由主观到客观的逼近过程。

(2) 综合信息解译的有效性，受制于原始资料的完整性、可靠性和精度。为了提高解译质量，常常希望尽可能地收集各种可以利用的资料，以便于对比分析。

(3) 原则上说，采用一个合理的综合信息解译流程，解译的结果应该是唯一的。但事实上，对于有不同技术水平和实践经验的人来说，解译的结果有时也会有差别，这是因为人们对各学科知识的认识、技能的熟练程度以及具有的成矿预测经验不同所造成的。开展综合信息解译，需要具有地质、物化探等多学科的综合知识，这既是今后高等地质院校培养技术人材的任务，也是当今每个矿产地质工作者需要努力的方向。

## 第二节 综合信息矿产预测的理论要点

### 一、综合信息矿产预测与常规矿产预测的关系

常规的矿产预测是以成矿模式为基础，以成矿理论为指导，通过成矿规律的研究达到预测和圈定矿产的找矿靶区为目的。它是矿床学走向实用阶段的重要标志。由于矿床成因问题往往是矿床学长期争论的焦点，因此，受其影响，成矿模式的建立也带来了不统一性。不同地质学家从各自的专业经验角度出发，往往采用不同的成矿模式开展矿产预测工作，预测的结果有时也是迥异的。

综合信息矿产预测是以找矿模型为基础，运用矿产地质、地球物理、地球化学和遥感地质等综合信息开展的预测工作。它着眼于矿床成矿地质环境的分析、实际找矿标志的研究和成矿规律的总结，较少受矿床成因争论的影响，因而具有更大的客观性和实用性。综合信息矿产预测以计算机为工具，以各种数学模型为手段，充分开发各类矿产地质资料蕴含的成矿信

息，有利于实现矿产资源立体化预测，提高矿产预测的科学性。综合信息矿产预测以地质为先验前提，以地质体和矿产资源体（矿体、矿床、矿带）为单元，合理地开展综合信息解译工作；通过各种控矿信息的有机关联和综合，深化对成矿规律的认识，通过直接找矿信息和间接找矿信息的转换，达到用间接信息进行矿产预测的目的。

综合信息矿产预测侧重于定位预测，因此能提供普查勘探靶区，便于及时开展靶区查证工作，具有较大的实用价值。这种工作方法，可以扩大找矿思路，有利于贯彻普查找矿的区域展开，重点突破方针。从一定意义上看，综合信息矿产预测是常规矿产预测工作的深化和推进，是开展隐伏矿或盲矿<sup>[1]</sup>资源预测的主要方法，也是贯彻新一轮普查工作中区调、区划、物探、化探、遥感相统一的基本途径之一。

## 二、综合信息解译与综合信息矿产预测图编制

综合信息解译是指应用地质、地球物理、地球化学及遥感地质等资料，以控矿地质体和矿产资源体为目标，按各学科的基本原理所开展的信息分析，信息提取、信息关联、信息转换和综合地质解释工作。它是研究成矿规律的基本手段。

综合信息解译的直接目的，是编制综合信息矿产预测图。矿产预测图是集中反映成矿规律的综合性图件，也是矿产预测最主要的基础。它应在当代最新地质理论和技术方法指导下编制。程裕琪、陈毓川等学者提出了矿床成矿系列理论，较全面地反映了矿化共生组合和空间分布规律，有利于预测系列盲矿床产出部位和难识别矿。因此，综合信息解译方法与成矿系列理论的结合，是编制矿产预测图的理论基础。

〔1〕 盲矿床系指赋存于基岩之中未出露的矿床。

隐伏矿床则指虽有露头，但露头已被第四系沉积物所覆盖，未直接出露地表的矿床。

· 综合信息研究的优势，在于可以从各种资料的综合中有效地提取多方面有用信息，强化成矿信息特征。由于不同资料是从不同角度和侧面反映成矿规律，因而在综合信息解译和编图中，信息的利用方法和目的有所不同。

地质信息、遥感信息直观性较强，主要反映地表观测结果，是综合解译的重要地质前提。重、磁信息具有一定的透视性，是不同深度和不同规模地质体水平投影的显示。重磁信息的利用，主要在地质先验前提下，通过异常分解和重磁异常源识别，解决研究区的基本构造格架，奠定成矿的构造控矿前提。地球化学信息，来自不同规模和埋深的矿产资源体和地质体，是地表信息与深部信息的总体反映。它们通常受区域内基本构造格架的控制。因此把地球化学信息的解释放到构造格架中进行，通过典型矿化信息与地质、地球物理、遥感地质信息的关联，来解决成矿期构造的识别问题。

综合信息矿产预测图编制的基本思想，是以地质为先验前提，广泛研究不同地质学派，不同矿床成因观点关于成矿规律的认识，合理地继承有关地层对比，岩体类型划分，构造及控矿规律的研究成果。在此基础上，开展地球物理、地球化学、遥感等资料的综合地质解释，提取控矿信息，建立地质体和矿产资源体的地质、地球物理、地球化学和遥感地质的找矿标志，实现找矿标志模式化。

为了编制综合信息矿产预测图，需要预先编制一系列基础图件和中间结果性图件，主要为物探构造纲要图，推断地质图、构造化探图和构造重砂图。

重、磁勘探是地球物理勘探的基本手段和方法。在我国应用广泛，带有可利用的普遍性。重、磁资料的利用和有关的图件编制是综合信息成矿预测图编制的最基本的地球物理内容。

各种重力图件和磁法图件，反映的是不同性质，不同等级，不同密度的密度体和磁性体引起的迭加场。重、磁数据处

理的意义在于分解迭加场,恢复异常源,区分不同特点的密度体或磁性体,实现立体化地质解释。重、磁解释的地质、地球物理前提是建立区域重、磁标志层和重磁标志体,明确重、磁解释的目标物(标志)和目的物(预测对象)。重、磁解释的主要目的,是研究区域构造格架及其控矿规律。这需要在地质前提下,以地质体和矿产资源体为单元,对重磁原始图件及数据处理图件进行全面解释,弄清重、磁场同地质体和矿产资源体的对应关系。在此基础上,完成物探构造纲要图和推断地质图的编制。

勘查地球化学方法包括原生晕、次生晕、水系沉积物和重砂等不同测量方法,它们组成了一个系统工程。原生晕和次生晕的研究,是识别矿床成矿特征的主要手段。而水系沉积物和重砂研究,则重点在于建立与原生晕和次生晕的联系,同时完成不同勘查地球化学信息间的转换。

我国许多地区已完成1:200000化探扫面,这些资料的利用和解释具有一定普遍意义,也是综合信息矿产预测图编制的重要内容之一。重砂、水系沉积物是不可分割的整体,它们代表矿化信息的不同侧面。在表生作用下,稳定性矿物、半稳定性矿物形成重砂,而不稳定性矿物和半稳定性矿物形成水系沉积物,这些地球化学异常分布均受制于地形地貌的影响。因此,地球化学信息的解译应该在多级汇水盆地网系图上进行。以具有相同组合异常的最小汇水盆地为单元,向源追溯异常源,确定成矿的典型重砂矿物组合及元素组合的空间分布规律,进而推断矿化裂隙、容矿和导矿构造。这是地球化学信息研究的主要方法。

各种地球化学信息同地质构造有极密切关系,分别受导矿构造、散矿构造和储矿构造控制。根据地球化学信息识别主矿化阶段的成矿期构造,是矿产预测的关键,也是综合信息矿产预测图要解决的最重要问题。控矿构造有等级性和配套系列性,

构造本身又是演化发展的，应通过不同类型矿化信息与不同等级矿产资源体及构造背景相关联，完成构造化探和构造重砂图件的编制。

### 三、综合信息找矿模型研究纲要

综合信息找矿模型是从发现和寻找矿床的角度出发，总结客观存在的找矿标志及其综合信息特征，通过直接与间接找矿信息的有机关联和合理转换，形成的一类统计性找矿模式。

矿床的矿石矿物，围岩蚀变和围岩地球化学特征是研究综合信息找矿模型的基础。研究的基本方法是：首先从找矿角度出发，确定主矿化阶段的矿物学标志，研究矿物组合和标型矿物特征；其次，研究矿石矿物的元素组合特征，确定标型元素及不同矿化阶段元素组合及原生晕特点。进一步，研究主矿化阶段在景观地球化学条件下的显示标志及次生晕、水系沉积物和重砂的典型特征。

矿石、围岩蚀变和围岩的岩石物理性质，是找矿模型研究的另一侧面。同一地质体或矿产资源体，由于矿物成分的不均匀性，可能引起不同异常特征。因此应以地质体为单元，研究矿床的地球物理场组合特征，通过物性资料和地质先验前提，正确开展综合信息解译，建立地质体的地质——地球物理模式。已知矿床分布区的地球物理测量是模式研究的基础，应该在典型矿床区，进行地质、地球物理、地球化学综合方法联合剖面测量，以获取主矿化阶段的典型综合信息特征，为找矿模型建立奠定基础。

综合信息找矿模型是统计性模型。它是在一类矿床或矿田单元的对比分析基础上，通过研究找矿标志的统计性规律，提取共性特征而建立的。这类模型比之单一成矿模式有更大的客观性和适应能力，在预测中使用常有较好效果。当前，隐伏矿和盲矿预测是矿产预测的主攻方向，因此应重点研究直接找矿



信息和间接找矿信息的关联技术与方法，以便应用间接找矿信息完成预测任务。

综合信息找矿模型要适应研究程度较低地区的特点，要考虑数据水平的不平衡性。为此必须建立与预测地区研究水平相适应的简化找矿模型。简化模型的精度，要经过高精度综合信息找矿模型检验，并论证其相对可靠性。

为了适应不同比例尺的综合信息矿产预测，应该分别建立不同等级矿产资源体的找矿模型。对于中、小比例尺矿产预测，一般建立以矿田为单元的综合信息找矿模型，而大比例尺预测，则主要建立矿床、矿体为单元的综合信息找矿模型。同一地区，同一矿种的不同比例尺预测，其找矿模型的特点应该是不同的。

#### 四、综合信息矿产预测成果的表述

综合信息矿产预测，是一项点面结合的系统工程。通常按小、中、大比例尺循序开展。对中小比例尺矿产预测，一般应用同比例尺的地质测量资料，做为区域性综合信息解译的地质先验前提；而相应比例尺的航磁、重力、水系沉积物、重砂、遥感资料，则做为区域性综合解译的重点，从中总结成矿规律，建立中、小比例尺的综合信息找矿模型，形成相应的矿产预测图系。对大比例尺矿产预测，一般用大比例尺的矿区地质、物化探资料，建立矿床的综合信息找矿模型，同时形成大比例尺综合信息矿床预测图系，全面表达综合信息找矿模型的规律和内容。不同比例尺的综合信息矿产预测图系，是成矿规律和矿产预测成果最基本、最重要的表达内容。

找矿靶区的分布和总资源潜力的预测，是综合信息矿产预测成果的另一重要表达内容。根据找矿模型中矿产资源体的存在条件，具体确定矿产单元的定义域和边界条件，提出准确圈定找矿靶区的综合信息原则，作为寻找隐伏矿和盲矿资源的依据。

应用各种统计分析方法，对矿产资源潜力总量提供概率意义下的评价，并作出随时间、技术条件改变而动态变化的资源潜力变化曲线，为国家制定资源政策提供依据。

为了提高成果利用的可靠性，应合理确定找矿风险。包括检验简化模型的精度和可靠性，对整个预测系统做客观的误差分析，对找矿风险做出合理的评估。

### 第三节 中、大比例尺矿产预测概述

中、大比例尺矿产预测是我国新一轮固体矿产普查工作的重要组成部分。它的基本思想是，在“区调、区划、物探、化探、遥感”工作成果的综合研究基础上，充分发挥物化探和遥感等先进技术手段的优势，开展综合信息矿产预测，以解决隐伏矿床和盲矿床的找寻问题。

中、大比例尺矿产预测基本方法，是以地质、地球物理、地球化学、遥感地质等多种信息资料为基础，以成矿系列理论为指导，开展全面系统的综合解译，提取成矿、控矿信息，编制矿产预测系列图件，建立综合信息找矿模型。在此基础上，以计算机为工具，以数学模型为手段，建立定量预测模型，开展矿产预测。最后，优选找矿靶区，确定普查勘探的最佳有利地段、为普查勘探部署提供依据。

中、大比例尺综合信息矿产预测工作的主要内容包括：

- ① 地质先验前提的分析研究。
- ② 地球物理资料的分析、信息处理和综合解译。
- ③ 地球化学资料的分析、信息处理和综合解译。
- ④ 遥感地质资料的分析、信息处理和综合解译。
- ⑤ 综合信息矿产预测图的编制。
- ⑥ 区域成矿规律和典型矿床研究，总结成矿模式，建立找矿模型。

⑦ 划分不同等级矿产资源体(矿田、矿床,矿体)的单元,推断不同等级矿产资源体靶区。

⑧ 开展定量化分析研究,建立矿产资源定位预测模型。

⑨ 开展信息转换研究,建立简化预测模型。

⑩ 编写报告,提供找矿靶区及有关成果。

由于中比例尺与大比例尺矿产预测对象不同,因此从资料使用、研究方法、成果提供也都有不同特点。下面分别叙述。

## 一、中比例尺矿产预测

是指1:200000~1:100000比例尺的矿产预测。使用的资料应等于或大于相应比例尺。中比例尺矿产预测对象主要是矿带和矿田。

中比例尺预测主要目的是用综合信息圈定矿带及矿带中矿田的空间位置。分析的主要资料有相应比例尺的区调、遥感、航磁、航放、重力、重砂和水系沉积物测量。预测工作是以矿带为实际模型,而以矿带中存在的矿化亚带或矿田为统计单元,建立有关的统计预测模型。

中比例尺矿产预测要特别重视区域成矿背景的综合信息研究,总结区域成矿规律,建立区域性适用的找矿模型,为找矿的区域展开工作奠定基础。因此,在中比例尺的成矿预测工作中,物化探资料的合理解释显得更为重要。

中比例尺矿产预测的成果,要为大比例尺矿产预测选区提供依据。

## 二、大比例尺矿产预测

是指1:50000—1:1000比例尺的矿产预测工作。常用的比例尺包括有:1:50000,1:25000,1:10000,1:5000和1:1000。大比例尺矿产预测的对象是矿田、矿床和矿体。它是根据中比例尺矿产预测结果,进一步优选找矿靶区,在其中开展大比例

尺地质测量及相应物化探工作，应用地质、物探、化探等综合信息建立矿床和矿体找矿模型。大比例尺矿产预测是详查和勘探工作的前导。

1:50000 比例尺综合信息矿产预测，主要应用和分析相应比例尺的区调，遥感地质、高精度航磁测量、航空能谱测量、重力测量以及重砂、水系沉积物、次生晕测量资料。预测工作是以矿化集中区（亚带或矿田）为实际模型，以矿化集中区中的矿田（或矿田中的矿床）为统计单元，建立矿田或矿床统计预测模型。

1:25000—1:10000 比例尺综合信息矿产预测，是在矿田范围内，以矿床为统计单元，建立矿床统计预测模型为目的。主要利用的资料包括有：矿田内大比例尺地质测量，普查勘探资料，相应比例尺的地面磁法测量、电法测量、地面能谱测量、次生测量量及原生晕。主要任务在于识别矿床主矿化阶段信息特征，研究矿床找矿标志模式化，通过区域控矿信息与矿床成矿信息有机关联，建立矿床的综合信息找矿模型。然后应用找矿模型，圈定以矿床为单元的找矿靶区，并进行定量评价。

1:5000—1:1000 比例尺综合信息矿产预测是在以矿床为实际模型条件下，以矿体为统计单元，建立矿体的预测模型。应用的资料包括矿床范围内大比例尺地质测量、钻探、少量坑探、大比例尺地面磁法、电法、重力物探测量、地下综合物探测量，原生晕测量等。研究主要任务在于建立矿体的综合信息找矿模型，预测以矿体为单元的找矿靶区。

大比例尺矿产预测工作，要充分发挥综合信息图系作用，开展空间立体化预测。应强调以成矿系列地质理论为基础，认真研究矿田、矿床、矿体的水平和垂直分带规律及构造控矿规律。利用电法、磁法、地下物探、原生晕等资料，建立矿床、矿体综合信息找矿模型，指导矿产普查找矿工作。

## 第四节 综合信息矿产预测的合理普查工作部署

综合信息矿产预测只有建筑在合理的普查工作部署基础上,才能保证预测工作具有较好的资料来源和丰富准确的成矿、控矿信息。

矿产预测是一项工程实践,它是矿产普查系统工程 的延续,又是新的找矿勘探工作的前奏。因此,综合信息矿产预测成功与否,取决于普查工作部署是否合理,是否坚持做到区调、区划、物探、化探、遥感等工作统一规划和研究,而矿产预测结果,又直接影响矿床勘查的成败。

矿产普查工作的根本目的,是搜索捕捉矿产资源体(矿带、矿田、矿床、矿体)。我们把矿产资源体称之为矿产普查的目的物;把控制矿产资源体存在的地质、遥感地质、地球物理、地球化学标志和前提,称之为矿产普查的“目标物”。我们是通过研究和建立可靠而全面的“目标物”,来达到预测“目的物”即矿产资源体目的。

### 一、不同比例尺矿产预测的合理部署

不同比例尺矿产预测是点和面的关系。合理普查工作部署通常包括三个层次:

(1)以矿带和矿田为目的物 以矿田控矿因素为目标物,通过研究矿产综合信息特征,弄清矿带内系列矿田的分布规律和成矿条件,总结具体矿带的实际模式,建立矿田的综合信息找矿模型。这一工作属中比例尺矿产预测工作。

(2)以矿田和矿床为目的物 以矿床的控矿因素为目标物,通过矿产综合信息解释,分析矿田内系列矿床的分布规律

和成矿条件，总结具体矿田的实际模型，建立矿床的综合信息找矿模型。一般由 1:50000 比例尺矿产预测来完成。从综合找矿方法角度分析，这亦属于中比例尺矿产预测。该项工作通常需要按不同岩区（沉积岩区、火山岩区、侵入岩区、变质岩区）选择工作图幅、建立不同岩区背景条件下，矿田中矿床成矿系列找矿模型，指导靶区预测及勘探。

（3）以矿床和矿体为目的物 研究矿床内的矿体分布规律和找矿标志，总结矿床的具体实际模式和矿体的综合信息找矿模型，圈定矿体的空间位置，为矿体勘探工程验证提供依据。这项工作一般属于大比例尺综合信息矿产预测，比例尺多采用 1:10000 万以上。

总之，不同比例尺矿产预测，解决问题的目标和研究侧重点有所不同，因而要研究地质、物探、化探、遥感的合理方法组合，以达到最佳预测效果。

各种比例尺综合信息矿产预测主要地质研究任务如下。

#### 1. 1:200000综合信息矿产预测

主要内容是在矿带范围内，研究矿田成矿系列的规律，重点分析区域地质构造背景，区域控矿因素，区域成矿岩系、控矿岩体、控矿构造的地球物理、地球化学特征，区域基本构造格架的航片卫片影象特征，特别要侧重研究区域成矿时主矿化阶段特征，确定区域主成矿阶段的重砂、水系沉积物标志。在上述工作基础上，按不同岩区的矿带中矿田的成矿系列，建立区域性成矿模式和区域性找矿模型。

#### 2. 1:50000综合信息矿产预测

主要内容是在矿田范围内，研究矿床成矿系列的规律。这项研究工作要注意不同岩区的成矿背景前提。

##### （1）沉积岩区

沉积岩区矿床成矿系列及其综合信息预测，要注意分析沉积作用与成矿作用联系，按不同时代地层单元，研究岩相古地

理特征,从时间、空间、物质成分三方面总结层控矿床与沉积作用和沉积环境的具体关系;研究古地理环境、古构造、岩相等控矿因素和标志,建立矿田内沉积类型矿床成矿系列成矿模式和综合信息找矿模型,开展找矿靶区预测。

## (2) 火山岩区

重点研究火山作用与成矿作用关系。首先,按不同时代火山喷发旋回划分火山岩相,确定火山机构,圈定次火山岩体和火山热液蚀变区。其次,具体分析火山岩的物质成分在空间上和时间的演化特征,研究火山作用与火山岩型矿床成矿系列在时间、空间和物质成分上的控制关系,提取控矿和找矿标志。最后,在火山岩区矿田范围内,对上述多种控矿信息进行综合分析,建立不同类型火山岩矿床成矿系列找矿模型。

## (3) 岩浆岩区

研究岩浆岩侵入作用与成矿系列的关系,重点分析岩浆分异过程各阶段的物质成分演化特点,分析侵入的岩石化学、地球化学、地球物理特征,确定岩体与围岩的接触关系,大致推断岩体侵入深度、剥蚀深度和隐伏岩体的分布规律。要求从时间、空间、物质成分三个方面研究矿田中矿床成矿系列特点,建立相应的找矿模型。

## (4) 变质岩区

主要研究变质岩系的物质成分、岩石矿物的标型特征,恢复原岩建造。要注意研究变质、变形作用过程及物质成分的迁移情况,探讨区域变质、变形作用与成矿系列的关系。研究变质岩系的地质、地球化学、地球物理标志特征及空间展布规律,建立矿田中矿床成矿系列的综合信息找矿模型。

## 3. 1:25000—1:10000比例尺综合信息矿产预测

主要内容是在矿田、矿床范围内,以矿床、矿体为目的物,以建立矿床、矿体找矿模型为重点,开展预测工作。该项预测工作灵活性较大,对不同矿种及不同成因类型,选择地质、

地球物理、地球化学工作方法的内容和特点也有较大不同,但从综合信息研究角度看,总的研究内容和工作步骤可以概括为以下几点:

(1)以成矿模式为地质先验前提,研究找矿标志模式化。

(2)根据矿产资源体的等级性,从矿体实际模型入手,建立矿床内的矿体统计模型;然后再从矿床实际模型入手,建立矿田中矿床为单元的统计性模型;最后,从矿田实际模型入手,研究在矿带中矿田单元的统计性模型。

(3)以矿产资源体(矿体、矿床、矿田)的岩石和矿石物质成分为基础,分析不同等级矿产资源体直接找矿标志和间接找矿标志的关系,研究直接和间接信息间的转换规律。

(4)建立单一矿种和类型的综合信息找矿模型,在此基础上,研究并建立成矿系列综合信息找矿模型。

(5)研究预测区内资料信息水平,建立与预测区信息水平相适应的简化综合信息找矿模型,开展实际矿产预测工作。

综合信息找矿模型建立的目的在于应用。因此,充分研究不同比例尺预测区的资料水平和不同比例尺的找矿模型关系,对于找矿工作的“区域展开、重点突破”是十分重要的。

#### 4. 不同比例尺的矿产预测是点和面合理部署问题

由上述介绍可知,大比例尺综合信息矿产预测工作方法的灵活选择,取决于预测的矿种和类型。预测主要目的是为普查探勘工作服务和建立综合信息找矿模型,从而指导面上的中比例尺矿产预测。中比例尺综合信息矿产预测,主要是区域性矿产分布规律的研究;预测的结果,用于指导大比例尺矿产预测的工作部署和找矿靶区评价工作。因此,不同比例尺矿产预测是普查工作的有机组成部分,相互促进找矿工作不断深化。



表1-1 综合测量方法在矿产勘查系统工程中应用

Table 1-1 The application of composite survey methods in surveying system of minerals

比 例 尺	系 统 工 程		
	地 质 方 法	物 探 方 法	化 探 方 法
1:200000 综合信息矿产预测 (新一轮区划)	遥感地质 区 调	航 磁 航 放 重 力	重砂测量 水系沉积物 测量
1:50000 综合信息矿产预测	遥感地质 区 调	高精度航磁测量 航空能谱测量 重力测量	重砂测量 水系沉积物 或原生晕测量
1:10000-1:25000 综合信息矿田预测	矿田范围内普查勘探, 大比例尺地质测量少量钻探验证	地面磁法测量 地面电法测量 地面能谱测量	次生晕测量 及 原生晕研究
1:5000-1:1000 综合信息矿床预测	矿床范围内普查勘探大比例尺地质测量钻探勘探,少量坑探	地面综合物探测量 地下综合物探测量	原生晕研究

## 二、物探、化探工程的合理部署

物探、化探测量,是一项点面结合的系统工程。不同比例尺的物化探测量的部署,应该和不同比例尺的矿产预测工作相适应(表1-1)。

### 1. 大比例尺测量

大比例尺物探测量工作的首要问题,是对已知矿床、矿田建立地质——地球物理模型。因此,应该针对已知矿体、矿床的具体控矿地质条件,部署一些大比例尺物探综合剖面测量,结合物性研究工作,开展方法试验。在明确各种物探方法的使用目的和评价任务后,应该结合矿床、矿田具体情况,有针对性地开展各种地面磁法、电法、地下物探、能谱测量及重力测量,系统研究矿田内矿床和矿体在物理性质方面与围岩的差

异，建立起矿区的地质——地球物理模型。

大比例尺地球化学测量的主要任务，是从已知矿床入手，建立矿床的地质——地球化学模型。根据已知矿床主矿化阶段的矿物组合特点，选择指示元素，进行建模方法试验。然后根据试验结果，部署原生晕化探测量工作，重点研究矿体的走向分带、水平分带和垂向分带，建立矿体和矿床的地质——地球化学成矿模型。在原生晕研究基础上，以地质体为单元，部署次生晕地球化学测量，进一步建立起矿床的次生晕为特点的地球化学找矿模型。

## 2. 中比例尺测量

中比例尺物化探测量，与大比例尺测量是面与点的关系，侧重于面上宏观地球物理场和地球化学场研究。

中比例尺物探测量工作，一般要考虑工作区内已知矿点、矿床上过去开展过的大比例尺物探测量结果和有关矿产的成矿规律，结合区域地球物理条件，有目的地部署物探工作。通常以矿田和矿带为重点，部署中比例尺的磁测和重力测量，查明区域构造格架，把矿床的地质——地球物理模型转化为区域性矿田、矿带的地质——地球物理找矿模型。

中比例尺化探测量工作，通常把工作区内已知矿床的水平分带、走向分带规律，作为区域地球化学研究的先验前提。首先，应根据区内各矿床主矿化阶段的矿物组合特点，确定区内水系沉积物测量的指示元素和重砂测量矿物。然后，把大比例尺原生晕矿床模式，关联到以汇水盆地为单元的网系图上，进一步研究水系沉积物和重砂矿物的区域分带特点，建立起区域性的矿田成矿的地质—水系沉积物—重砂找矿模型。最后，根据已知矿床所处的矿带空间分布范围，部署水系沉积物和重砂测量工作。

### 三、原始信息资料数据处理的合理部署

原始信息资料的数据处理，主要涉及有物探、化探和遥感资料，在中、大比例尺矿产预测中占有重要地位。原始信息资料的数据处理，是挖掘资料潜力，扩大找矿信息量，实现成矿信息的二次开发和利用的重要途径。

物探资料数据处理的目的，是为了了解工作区内基本的构造格架，弄清有关地质体的产状、相对埋深以及彼此制约关系，实现立体化成矿预测。因此，物探数据处理必须考虑矿产立体化预测要求。一般说，考虑到不同等级、不同埋深、不同产状方向的磁性体以及密度体的特点，至少应部署3至4个不同高度平面的延拓数据处理，同时应在每个延拓高度平面上，进行4个不同方向的一阶导数和二阶导数电算工作。这样做，有利于逐级、逐层、逐方向地研究控矿地质体的边界、产状、埋深以及展布特征，便于信息的逐次关联和合理解释。

遥感数字图象处理的目的，是通过一些图象处理方法，例如反差扩展、彩色合成、边缘增强、方向滤波、纹理分析、空间变换、代数运算以及模式识别等技术，提取控矿地质体的遥感信息，配合物化探信息，重点解决控矿构造格架和控矿岩体和地层的展布问题。遥感数字图象的处理，应该考虑多种信息的综合分析反馈，特别是应在地质先验前提下和磁法、重力资料初步解释基础上，有针对性部署不同方案。在中比例尺矿产预测中，遥感图象数据处理的主要方向，是研究线性特征和环形特征。线性特征的提取及统计分析，对于进一步研究地质和物探推测的断裂构造十分有益。有时某些线性构造的发现或重新认识可能导致成矿带，成矿区的重新评价。提取线性特征需要在处理过程中，用目视解译、调整处理方法和模板配合进行。环形特征的提取和分析，对于隐伏岩体、大型隆起和凹陷，放射状断裂、火山构造以及盐丘等构造的识别，比较有效。而这些环形构

造往往与内生矿产的生成和分布密切联系。环形特征的提取流程类似线性特征的提取，只是用拉氏算子代替方向卷积滤波和线条检测，以增强环形特征效果。遥感图象处理的部署，始终应与物探，化探的数据处理解释结果相配合开展。

化探资料数据处理，应该围绕矿床、矿田主矿化阶段的特征研究来进行。根据典型矿床中主矿化阶段的矿石矿物组合特点、指示元素及其地球化学分带规律，确定研究方向和选择数据处理对象。一般多采用因子分析、对应分析、典型相关分析、趋势分析、聚类分析或判别分析等多元分析方法，用于研究各种指示元素的相关特点和成因规律。通过与地质体的关联，提取主矿化阶段矿化信息的典型地球化学特征，建立地球化学找矿模型，配合地质和地球物理信息解释，开展矿产预测。化探数据处理的合理部署，应该考虑地质和物探初步解释结果来进行。