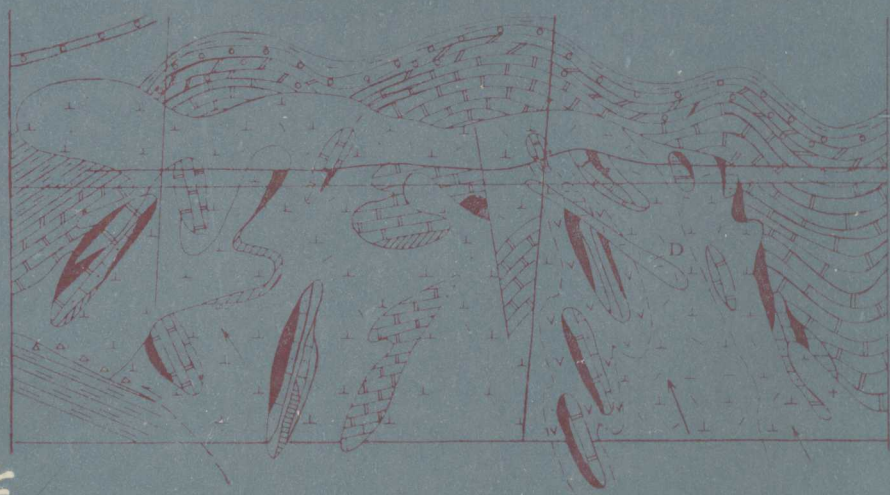


# 大比例尺 成矿预测方法

胡惠民 等 编著



地质出版社

大比例尺

航空摄影测量方法



# 大比例尺成矿预测方法

胡惠民等 编著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

## 内 容 简 介

本书是“全国固体矿产成矿预测系统综合研究项目”的组成部分。书中阐明了成矿预测的理论与方法,提供了若干研究实例,对于矿产勘查工作部署、提高矿产勘查效益具有重要意义。全书共分五章,内容包括成矿预测的理论与方法、成矿规律和定量预测方法。在阐明成矿地质规律的基础上,论述了运用成矿预测方法进行找矿靶区的优选和与矿产勘查相结合的途径。本书在应用找矿模型、扩大找矿思路、实现地质找矿等方面具有重大突破。

这是一本具有较大实用价值的书,可供从事找矿勘探的科技人员、生产人员和大专院校师生参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

大比例尺成矿预测方法/胡惠民等编著. -北京:地质出版社,1995. 10

ISBN 7-116-01931-6

I. 大… II. 胡… III. 成矿预测-地质调查,比例尺 IV. P612

中国版本图书馆CIP数据核字(95)第13420号

## 地质出版社出版发行

(100083 北京学院路29号)

责任编辑:杨友爱

北京大兴沙窝店印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:11.25 字数:330000

1995年10月北京第一版·1995年10月北京第一次印刷

印数:1—800册 定价:13.50元

ISBN 7-116-01931-6

P·1495

# 前言

社会主义经济建设、国防建设的发展,对矿产资源的需要日益增长,特别是对有色金属及贵金属的需要更为迫切。据预测,2000年以后,我国矿产资源的保证还有很大的缺口,形势十分严峻。我国矿山大部分集中于东部,可是由于东部地区地质工作和研究程度相对较高,地表露头矿、易于识别的矿日益减少,所以找矿难度越来越大。为了实现找矿工作的重大突破,新一轮固体矿产普查工作的重点是寻找隐伏矿、难识别矿和新类型矿床。因此,摆在地质工作者面前的找矿任务十分繁重;要求在现有经济技术条件下,依靠科学技术进步,应用科学找矿的系统思想,预测深部隐伏矿床。根据地矿部对我国重要成矿区带的部署,要求在区域地质调查、区域物化探扫面的基础上,全面分析区域成矿背景,查明矿产在时空上生成和分布规律;研究区域地层、构造、岩相古地理、沉积作用、岩浆活动、变质交代作用,弄清区域地质发展史与各个成矿期的演化,进行中小比例尺成矿预测,圈出远景预测区,为普查找矿指出方向。在此前提下,有计划、有步骤、有目的地开展大比例尺成矿预测。本书内容是以有色(铜矿)与贵金属(金、银矿)矿为主,试图通过几个矿田的成矿预测,提供一批国家急需的找矿靶区,为部署普查找矿提供科学依据。同时,要求总结大比例尺成矿预测的工作方法,为今后开展此项工作提供参考意见。我们曾努力向这个目标奋斗,由于多种原因干扰,还没有达到预期目的,仍需继续努力,以完成历史赋予的任务。

近几年来的实践证明,开展成矿预测,必须采用普查与预测相结合的方法。在工作部署和方法手段的选择上,实行预测区与普查区一致,普查方法与预测对象一致,找矿手段与预测找矿目的一致。在地质观察研究的基础上,选择相对最佳的方法组合和最佳的施工方案,以一定的工作方法、手段取得必要的找矿标志,据一定的找矿标志组合可以获得必要的地质找矿成果。我们在完成的中比例尺成矿预测后,优选出远景预测区,开展综合方法普查,然后再进行大比例尺成矿预测,圈出找矿靶区,预测隐伏矿赋存位置、规模、品位与矿床类型,提供普查钻孔验证。

我国大比例尺成矿预测已经做出一批出色成果,发现多处重要的大中型矿床。成矿预测理论与技术方法也有很大发展。学习外国经验,洋为中用,结合实际,很具特色。

在科学找矿系统思想的指导下,本书在编写时坚持了辩证唯物主义的认识论,既重视方法论,又强调方法学。方法论是以矿床成矿系列和成矿地质建造为基础的理论找矿预测原理。方法学强调地质、物探、化探、遥感等技术方法的最佳组合,从中提取有用的找矿标志、圈出找矿靶区,提供钻探验证,达到发现矿床的目的。本书由胡惠民高级工程师编著,参加工作的有赵鹏大教授、李紫金教授、朱裕生研究员、魏世昆高级工程师、陈夕琨高级工程师、任丰寿高级工程师、邵俭波高级工程师、齐先茂工程师等61人。朱裕生研究员修改定稿。

由于我们的地质理论水平不高,掌握的综合技术手段很不全面,且初步学习运用科学找矿理论开展大比例尺成矿预测,尚有许多不够完善之处,甚至存在错误,敬请各位专家批评指导。

作者



# 目 录

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 前 言                     | 1   |
| 第一章 概 况                 | 1   |
| 第一节 目的、任务与要求            | 4   |
| 第二节 研究现状                | 7   |
| 第三节 方法途径                | 9   |
| 第四节 完成任务概况              | 11  |
| 第二章 成矿预测的理论与方法          | 11  |
| 第一节 开展成矿预测的意义           | 12  |
| 第二节 成矿预测基本理论和基本原则       | 24  |
| 第三节 成矿预测的方法             | 30  |
| 第四节 成矿预测工作的步骤           | 32  |
| 第五节 成矿预测区圈定原则和依据        | 40  |
| 第六节 成矿信息的优化和预测区或靶区的优选方法 | 46  |
| 本章参考文献                  | 47  |
| 第三章 成矿规律                | 47  |
| 第一节 成矿规律研究内容和方法         | 65  |
| 第二节 成矿控制因素类别            | 68  |
| 第三节 成矿信息提取方法与综合分析       | 78  |
| 第四节 建立成矿模式和找矿模型的步骤和方法   | 92  |
| 第五节 成矿规律图的编制方法          | 97  |
| 本章参考文献                  | 98  |
| 第四章 成矿预测的实施             | 98  |
| 第一节 侵入岩区矽卡岩型矿床成矿预测      | 116 |
| 第二节 变质火山岩区银金矿床成矿预测      | 125 |
| 第三节 块状硫化物矿床成矿预测         | 135 |
| 第四节 变质岩区铜矿成矿预测          | 144 |
| 第五章 定量预测方法              | 144 |
| 第一节 概述                  | 145 |
| 第二节 铜录山矿田立体定量预测         | 150 |
| 第三节 银洞沟—鲍峡矿带定量预测        | 155 |
| 第四节 月山矿田定量预测            | 163 |
| 第五节 胡篁型铜矿床勘查与评价专家系统设计   | 168 |
| 第六节 大比例尺成矿预测图系的编制方法     | 172 |
| 本章参考文献                  | 174 |
| 结束语                     |     |

# 第一章 概 况

## 第一节 目的、任务与要求

### 一、目的

根据国民经济建设对矿产资源的要求,应在具有成矿远景的矿带(IV级)与矿田(V级)内进行科学的成矿预测,圈出远景预测区或预测靶区,为普查选区提供依据。1:5万成矿预测的目的是查明矿带成矿地质因素和控矿、地质条件;利用区调矿产普查、区域物化探、重砂、遥感等资料,深入地研究区域成矿规律,制定成矿预测准则,进行成矿预测,圈出面积为10—30 km<sup>2</sup>的远景预测区;在成矿有利地区,由于矿化集中、物化探异常明显,所以可以圈出面积为2—4 km<sup>2</sup>的预测靶区,作为优先安排普查找矿区。1:1万成矿预测是查明矿田成矿地质因素和控矿地质条件,结合物探、化探异常,通过综合研究矿田成矿规律,制定隐伏矿床预测评价准则,进行成矿预测,圈出预测靶区,面积为1—2 km<sup>2</sup>,预测深度达到800—1000 m。

### 二、任务

在新的一轮固体矿产普查工作中,应研究确定一套行之有效的成矿预测方法,以提高成矿预测的准确性,缩短成矿预测工作的周期,提高地质找矿工作的经济效益和社会效益,发展成矿预测学的地质理论,促进地质找矿的现代化。本课题的基本任务是:从研究矿床成矿系列——矿床类型入手,总结矿带、矿田成矿规律和找矿经验,运用综合地质方法,提取各种找矿信息,制定隐伏矿床普查预测准则,圈出成矿远景区(段),确定隐伏矿床位置、规模、类型。在地质工作与研究程度较高地区开展立体成矿预测,在地质工作与研究程度一般地区只作平面预测。从大比例尺成矿预测的基本任务出发,可提出下列具体任务:

1. 以现代地质理论为基础,以地质、物探、化探、遥感等资料为依据,运用数学地质方法和计算机手段,研究隐伏矿床与难以识别矿床的预测评价方法。

2. 研究矿田主要成矿地质因素、控矿地质条件和找矿标志,总结隐伏矿床普查预测准则,应用综合找矿信息,确定含矿地质体在三度空间的展布规律,定量评价其埋藏深度、规模和类型。

3. 建立矿床地质模式。研究矿床原生晕组分浓度分带、元素分带系列,建立原生晕地球化学模式。研究包括矿石、岩石在内的各类地质体的物性,结合矿体产状,建立矿床的地质地球物理模式;以成矿模式为基础,结合物化探信息,建立综合找矿模式,应用模式类比指导找矿。

4. 根据成矿地质条件,应用物探、化探方法研究地表的直接找矿标志和间接找矿标志特征,推断矿田剥蚀程度,认识矿区不同剥蚀水平上找矿标志的差别,确定不同深度的隐伏矿体在地表所反映的地质物化探异常特征。

5. 按照矿床类型、矿化强度、控矿条件和物化探异常与重砂异常,分类圈出预测靶区。对A类与B类靶区优先进行定量预测,1:1万成矿预测圈出的靶区,要求估算E级和F级资源

量;1:5万成矿预测圈出的靶区,要求估算F级和G级资源量。

### 三、成矿预测的要求

由于矿床类型较多,研究程度很不一致,对成矿预测的要求就应分别对待。依据资料水平、工作研究程度的差异,将本书涉及的矿床分为三类:第一类是长江中下游地区与中酸性岩体有关的矽卡岩型铜铁矿、铜金矿床(铜录山、月山矿田)。特点是地质物化探研究程度高,在前人工作的基础上已查明了区域成矿地质环境、成矿主导因素与重要的控矿条件和成矿规律;矿床数目多,普查勘探钻孔多,在原来已作平面成矿预测的基础上,进行了1:1万立体成矿预测。第二类是变质岩中银金多金属矿(山门矿田、胡篁矿田)。前人已基本查明了成矿地质环境、控矿条件、矿化展布规律,但对成矿主导因素认识并不一致,典型矿床研究不多,工作程度不够深,进行了1:1万—1:2.5万平面成矿预测。第三类是与变质火山岩系有关的块状硫化物矿床及银金矿床(白银厂外围、银洞沟矿带)。前人大致查明了成矿地质环境、控矿条件和成矿规律,对成矿主导因素与成矿机理认识有很大争议,典型矿床研究少,个别矿床研究程度较高,大部分较低,只进行了1:5万成矿预测。

显而易见,上述各地区地质工作与研究程度有明显差别,为此,对整体工作部署提出了如下共同要求。

1. 成矿预测要有明确的指导思想。大比例尺成矿预测既是对普查隐伏矿床与难以识别矿床的一种科学方法,又是一项复杂的系统工程。它具有多学科、多结构、多层次的特点。多学科是指地质、地球物理、地球化学、重砂、遥感等多种学科的综合,从中提取各种找矿信息,应用综合信息找矿。多结构是指工作过程中野外调查和室内研究结合、直接观察和间接观察结合、点和面结合、理论和实际结合。多层次指在普查勘探阶段,由于预测目标物不同,1:5万成矿预测对象主要是矿田、个别大型矿床;1:1万成矿预测对象是矿床;1:5000—1:2000成矿预测对象是矿体。成矿预测是在地质理论指导下对矿床形成环境、成矿主导因素和控矿条件及成矿作用三个方面基本内容的综合研究。按照矿床成矿系列的观点,研究矿带(IV)或矿田(V),内生成矿地质环境在一定的成矿历史演化阶段,以一种地质作用(沉积、岩浆、变质)为主或多种地质作用叠加,在有利的储矿构造部位富集成矿,形成的一组具有成因联系的矿床。注意在互相缠绕的各类因素中,分清主次,抓住成矿作用的主导因素,防止认识上的片面性。以先进的地质成矿理论为指导,以地质观察研究为基础,运用行之有效的新技术、新方法,结合具体情况,择其所长,避其所短。从实际出发运用成矿作用普遍联系的观点,分析成矿地质条件,总结成矿规律,并用来指导成矿预测。成矿规律和成矿预测之间具有必然的联系,认识这种必然性,才能提高成矿预测的科学性。总之,要坚持区域展开、重点突破、由点到面、点面结合的工作方法,加强综合研究,从地质、地球物理、地球化学、遥感等多方面,提取综合找矿信息,正确圈出预测靶区,不断提高成矿预测的准确性,以获取最佳的找矿效果。

2. 选区要有科学依据。大比例尺成矿预测能否取得成效,决定于选区是否正确。一般在1:20万中比例尺预测圈定的相当于矿田(V级)区的A类预测区,面积为30—50 km<sup>2</sup>的范围内开展大比例尺成矿预测。有时在远景较好的成矿区带内,进行1:5万区调,配合航空物探、重砂与化探及遥感解译,开展1:5万成矿预测。最好按图幅联测,在划定的成矿区带的范围内进行,避免面积过大、分散力量、拖长时间。正确的选区应该遵守循序渐进的原则,按阶段、按任务、按资料水平来选择工作区,才能取得良好的成果。立项论证是解决正确选区的中心问题,要全面收集分析选区内各种地质矿产和物化探、遥感资料,进行技术经济论证,提出立项建



议,呈报上级主管部门批准,保证资金来源。对选区内重大基础地质问题,可立专题研究,由生产、教学、科研单位三方联合攻关,以提高选区的地质矿产研究程度。一般情况下,应该选择矿产资源量大、成矿条件好、找矿标志明显的地区进行成矿预测。当前应在已知大中型矿床外围安排工作,尤其在生产矿山外围更为迫切,如果等到资源枯竭才布置成矿预测,必然造成矿山危机。有一些矿山没有重视大比例尺成矿预测,盲目打钻,未能取得良好找矿成效,造成矿山后备资源短缺,面临闭坑停产的威胁;也有一些矿山重视成矿预测,开采量不断扩大,储量继续增加,保证了矿山持续稳定生产,焕发出勃勃生机。1:1万大比例尺成矿预测面积不宜过大,一般以30—50km<sup>2</sup>为宜,一是保证有充足时间安排超前地质、物化探工作;二是需用时间较短,三年完成,有利于地勘单位设计普查钻孔,缩短普查周期。

3. 要提前安排超前的地质、物化探工作。开展成矿预测要有充足的资料,首先,应超前完成同比例尺的地质填图及地磁、重力测量,配合一定数量的浅钻,揭露第四系沉积物厚度,查明基岩性质,同时开展次生晕和原生晕测量。其次,处理物化探资料,取得二次信息和综合信息,推断成矿期构造,确定矿田、矿床构造类型,查明成矿主导因素与主要控矿条件,如复式岩体成矿、次火山岩体成矿、火山机构控矿、沉积岩相控矿、成矿期的导矿构造、储矿构造及含矿标志层、容矿岩石组合等。要充分利用综合方法取得的资料研究矿田的地质结构特征:第四系沉积物厚度,基岩起伏变化情况,基岩褶皱、断裂位置规模、产状要素,岩浆岩侵位方式、性质、形态和产状,侵入接触带和热液蚀变带分布等。在地质工作与研究程度高的地区,特别要强调以应用重磁为主,结合电法、化探,编制综合物化探推断剖面,利用普查勘探钻孔及井中物化探编制若干条综合地质剖面图,为编制立体成矿预测图提供资料。

4. 认真进行资料的分析与综合。先从点入手,对典型矿床进行研究,查明矿床成因类型、矿体形状产状及其在空间上展布规律,研究主要成矿阶段形成的矿物组合、矿石分带和近矿围岩蚀变,建立矿床地质模式。同时从面上着眼,全面分析控制矿带、矿田的构造背景及成矿期构造与岩浆活动关系,总结以往找矿经验与成矿规律,制定隐伏矿的普查预测准则。在成矿分析的基础上,结合矿床地质模式、地球化学模式和地球物理模式建立综合找矿模型作为预测靶区的类比依据。建立综合方法找矿模型必须充分考虑隐伏矿的埋藏深度,一般埋深在300 m左右者,物化探结合可以达到直接找矿预测的目的。矿体埋深在500 m以下者,异常不明显,可以通过控矿条件的研究、预测信息的分析,起到间接指导找矿的效果。一般而论,综合研究从地质开始,探索成矿环境、成矿时代、成矿作用和矿床组合,接着分析各种找矿标志。物化探资料的解释推断,多从地球物理场与地球化学场特征出发,以场的强度、形态、排列组合特点作为分析的依据。

5. 成矿预测的一个重要内容之一是估算预测靶区内的矿产资源量。首先是全面搜集找矿信息,在老资料二次开发时有许多信息可以提取,更要充分挖掘利用新的信息。各种成矿信息是有机地联系在一起的,只有通过信息彼此之间关联,才能正确地提取有用信息,压制或排除与成矿无关信息(噪声)的干扰。各种信息关联的主要手段是叠置透明图法,以成矿地质体为目标,将磁法、电法、重力、遥感、重砂、化探等信息叠置扣合,研究信息的重叠、相交、相关排列或离散排列规律,分析各种信息的找矿意义。在地质物化探重砂成果图上,对与成矿有关的信息进一步加工、优化和综合提取,建立完整的综合信息标志组合,形成综合找矿模型。在处理信息过程中要通过直接信息与间接信息的转换,用间接信息代替直接信息,把综合找矿模型转换成数学地质模型,定量估算预测靶区的矿产资源量,指出在一定概率水平上,靶区内可能发

现的潜在矿产资源量。一般在已知矿床边部和深部(A类)指出可能发现的新矿体,计算E级资源量;在矿田内有利成矿地段又有物化探重砂组合异常(B类),估计深部可能有隐伏矿,计算F级资源量;在矿带内具有有利控矿条件与单一找矿标志(C类),预测可能发现新矿床,计算G级资源量。由于各地区、各矿种、各类型矿床的特点迥异,工作程度高低不一,资料水平参差不齐,只能从各地区实际情况出发,选用不同的数学地质模型。当前成矿预测估算的矿产资源量过大,难以令人置信。问题多在于对矿田成矿规律研究不清楚,选入与成矿无关的标志过多,漏失了一些重要标志,从而造成失误。有的A类靶区内,没有矿产资源量,只有矿化体;有的C类靶区内,却发现工业矿体。因此,要加强综合找矿模型与数学地质模型相互关联的研究,选准取全与找矿有关的信息,才能提高预测资源量的可信度,并在长期实践中逐步完善矿产资源定量预测的理论与方法。

6. 编制一套完整的成矿预测图系及附表。图系分三类:基础图件、工作图件及最终图件(目的图件)。

(1) 基础图件:基岩地质矿产图,构造岩浆岩图(构造岩相图),物探成果图,化探成果图,重砂成果图,航片解译地质(构造)图,地质物化探综合异常图,物化探推断地质构造图等。

(2) 工作图件:化探研究图,磁法解释图,重力解释图,构造地球化学图,工作研究程度图。

(3) 最终图件:矿田成矿规律图,矿田成矿预测图,要求在成矿预测图上反映对地质工作部署的建议或编制专门的地质工作部署建议图等。

在提交报告与系列图件时,应附上矿产登记表,物探异常登记表,化探、重砂异常登记表,各类靶区登记表,矿产资源预测表等。

## 第二节 研究现状

如何着手寻找隐伏矿床?对此,国内外矿产勘查界都在进行积极的探索。原苏联较早地重视了对隐伏矿预测的研究工作,自1958年以来,一些重要矿区大都开展了隐伏矿预测工作。经过几十年的努力已经形成了比较完整的矿产预测理论和方法体系。原苏联开展1:5万区域调查面积已超过700km<sup>2</sup>,他们大量地应用遥感、地球物理和地球化学等方法,同时进行成矿预测,明显地提高了区调质量和找矿效果。先后多次召开专门性的全苏隐伏矿预测学术讨论会(1958,1971,1986,1987),还召开过一些地区性的隐伏矿预测会议(如乌拉尔)。会后陆续发表了专门探讨隐伏矿预测问题的文章及专著。如《隐伏矿研究及普查勘探问题》、《以热液矿床分带为基础的隐伏矿预测》和《热液矿床详细预测图的编制》等。1971年12月全苏地质科学研究所召开的“金属矿床与非金属矿床科学预测的基础”的讨论会曾指出:“成矿预测只能以事实为基础,研究成矿元素含矿建造、控矿断裂及侵入体的分布特点和找矿经验奠定的规律。”1974年原苏联地质工作者提出了“地质异常”的概念,编制地质异常图来确定储矿构造,强调综合构造、岩浆、地貌、地球化学、地球物理异常的特征,抓住“地质异常”的综合特征来预测大型矿床。尤其是1986年10月召开的“建造分析是有色、稀有和贵金属矿床大比例尺预测和普查的基础”学术讨论会和1987年5月召开的“提高矿床局部预测科学论证效果”全苏科技会议,专门讨论制定了局部预测方法和合理的“预测普查组合”。随着寻找隐伏矿工作的开展,三维空间综合性地质调查和立体成矿预测也提上了议事日程。原苏联地质系统对此已有明确的规定和技术要求,并已付诸实施。近年来,原苏联在地质工作研究程度较高的土尔盖和鲁德内依阿尔

泰地区,运用局部成矿预测的理论和方法及综合性立体地质方法,成功地找到了斯捷普诺依、塔洛夫斯克、鲁布佐夫斯克和扎哈罗夫斯克四个隐伏的多金属矿床,将隐伏矿预测的研究推向了一个新的水平。

美、日、加及欧洲的一些发达的资本主义国家,近20年来,也对隐伏矿预测问题给予了极大的关注<sup>①</sup>。据美国工程与采矿杂志报道,从1975年起,美国地质调查所的主要活动,即转向为发展隐伏矿及低品位矿寻找的预测评价方法和勘查技术。甚至像澳大利亚这样幅员辽阔、现代地质工作开展较晚的国家,也突破了靠铁帽过日子的局面,“埃卢腊铅锌矿床和奥林匹克坝铜铀金矿床的发现也许是(寻找隐伏矿床)新纪元的开始”。美国、加拿大、法国等在1:5万填图工作中广泛采用遥感地质和航空物探等方法,大大提高了填图效率并取得较好的找矿成效。自70年代以来,美国政府就把成矿预测作为矿产地质工作中一个重要环节来抓,而且由政府直接控制。从1975年开始,执行和完成了“美国尚未发现的石油和天然气可回收资源的地质估计”、“阿拉斯加矿产资源评价计划”、“国家铀矿资源评价计划”、“美国本土矿产资源评价计划”等四大计划。仅“国家铀矿资源评价计划”,美国国会拨款便达三亿美元。通过上述计划,对美国本土矿产资源作出了全面的、系统的、科学的、迅速的预测评价,为制定美国的近期、长期资源政策提供了依据。加拿大政府也执行了类似的计划。近年来,西方矿产勘查界,在积极发展各种找矿勘探新方法和新技术的同时,普遍重视在矿产区域评价和靶区选择中运用成矿模式,成矿模式研究方兴未艾,并且作为一种重要的找矿工具,已经在矿产勘查中发挥了重大的作用。1980年以来在《加拿大地学》杂志上专辟了矿床模式讲座,先后发表了12个矿床类型的成因模式。加拿大地质调查所总结出版了《加拿大矿床类型》,书中详细介绍了矿床描述模式。1985年美加两国在美国弗吉尼亚州利斯堡市联合召开了“公有土地矿产资源评价展望”专题讨论会,肯定矿床模式是进行矿产预测和评价的有效方法。美国继1982年出版了《矿床产地的特征》一书后,美国地质调查所D. P. 科克斯、P. B. 巴顿、D. A. 辛格等一批矿床学家总结了世界上4000多个矿床的地质特征,出版了《矿床模式》一书。该书包括85个矿床描述模式、60个矿床的品位-吨位模式,强调在理论指导下,矿床模式在找矿预测中的作用。该书对于经验不足的地质人员,根据自己观察研究所取得的资料寻找相应的模式,提高找矿能力很有帮助。据不完全统计,世界上近年新找到的约40个大—特大型矿床中80%是在理论指导下发现的。西方发达国家运用成矿模式理论指导隐伏矿预测,近年来已取得了一些重大的突破,发现了一批重要的隐伏矿床。例如,美国的新密苏里铅锌矿床(埋深330 m);卡拉马祖斑岩铜钼矿床(埋深600 m)、亨德逊钼矿床(埋深900 m)等,取得了较好的找矿效益。

综上所述,发达国家的矿产勘查界近年来在隐伏矿预测方面所取得的一系列重大突破表明,在对隐伏矿的认识能力、预测能力及现代综合找矿方法系统的发展和运用上都已达到了新的高度。

在我国,对隐伏矿床大比例尺成矿预测的探索工作早在50年代即已开始,甘肃小铁山隐伏大型黄铁矿型多金属矿床的预测成功(1956)即是典型的一例<sup>②</sup>。当时找矿经验缺乏、手段不多、可资借鉴的参考资料也很少,物化探方法正处于萌芽和试验阶段,因此,主要依据地质构造和成矿特点的分析在已知矿床外围进行简单的类比预测。60年代初期,江西和广东的钨矿地质工作者对一部分矿床总结出“五层楼”模式,揭示了成矿规律,运用这些规律指导找寻

① 张均,隐伏矿床预测的研究现状、存在问题及解决途径,中国地质大学(武汉)11届科学报告会论文,1987。

② 曾自强,深部地质研究(找矿)与隐伏矿寻找的实例,《地质科技通报》8期。



隐伏钨矿取得了很好的效果。1962年我国地质部制定了《综合地质普查勘探方法暂行工作条例》，要求在地质观察研究的基础上，根据不同地质矿产特征、自然地理条件及地球物理、地球化学特点，合理地、有效地使用物探、化探和探矿工程手段，并通过各工种运用上的紧密结合、资料的综合研究，更充分地发挥它们的作用和更深入地认识地质体，从而达到多快好省地查明地质与矿产情况的目的。应用综合方法开展普查预测工作，在广东大宝山、河北涿源、湖北大广山、铜录山等地试点初步取得一些成果。60年代云南个旧锡矿，根据花岗岩突起控矿的认识，采用大面积电测深方法，并结合化探构造原生晕和岩石变质特征研究，探索隐伏花岗岩突起的位置，从而有效地指导寻找隐伏矿体。60年代中后期至70年代，李四光教授倡导的地质力学理论与方法曾盛行矿床预测，取得了一定成效，总结了构造体系控矿、多级控矿、结构面控矿、复合控矿及空间等距性等比较成熟的经验及研究成果。江西大余木梓园隐伏钨钼矿床、河南卢氏夜长坪隐伏钨钼矿床的成功预测都是典型实例。孙殿卿教授等曾著有《隐伏矿床预测》一书，做了全面总结。1978年地质部恢复后，在规划院的指导下，全国有计划地开展了成矿远景区划（包括矿产资源总量预测）工作，1980年以来又开展了35个矿种100多个典型矿床的研究工作。这些工作提高了区域地质和矿床的研究程度，深化了对全国各主要成矿区（带）的地质特征、矿床分布规律的认识，成矿规律研究深入了一步。第一轮区划取得的成果对“六五”、“七五”地质普查勘探部署起了积极的作用。在鄂东南地区，1977—1978年开展了1:10万成矿远景区划，1979—1985年在1:10万成矿远景区划的基础上，先后选择了三个A类成矿远景预测区（铜录山、铜山口、铁东三矿田）开展了1:1万大比例尺成矿预测，研究矿田成矿地质条件，总结矿田成矿规律和找矿标志，进行矿床（体）预测。其中大冶铜录山矿田预测发现大型铜金矿一处，中型铜铁矿一处，取得了突出的成果。1985年地矿部太原会议指出：“我国东部大部分地区和西部交通条件较好的地区，……今后主要面临向深部进军寻找隐伏、半隐伏和难以识别的矿”。“地质研究程度较高的地区，……找矿工作主要转入找隐伏矿、半隐伏矿、难以识别的矿、新类型矿及探索新的找矿领域。”太原会议所制定的新一轮固体矿产普查工作方针、政策，为固体矿产普查勘探指明了方向。新一轮固体矿产普查勘探，是地矿部的一个长远战略布局，是适应找隐伏矿和难识别矿床的重大措施，它突出了找矿的实战性，具有深远的历史意义。“七五”期间国家科委组织了“中国东部隐伏矿预测”的专门性科研攻关课题。在长江中下游地区的铜陵狮子山矿田、九江城门山—瑞昌武山矿田、大冶铁东矿田等地开展成矿预测，取得了较好的成效。共圈出115个找矿靶区，查证了20个靶区，发现矿产13处，见矿率达65%。此外，南岭地区的芒场矿田、大厂矿田、银岩矿田、赣南的许多钨锡矿田开展的成矿预测也取得一批较好成果。在华北地台北缘中条山铜矿外围开展的隐伏矿预测工作，扩大了矿床远景。与此同时选择了地质工作与研究程度较高的地区，开展三维立体统计预测的试点。地矿部物化探局组织“1:5万区调中遥感、物探、化探应用和方法研究”，分别在侵入岩发育区、变质岩发育区、沉积岩发育区和火山岩发育区立四个专题，应用综合方法，加快区调进度，提高找矿成效。其中侵入岩发育区和火山岩发育区立四个专题，应用综合方法，加快区调进度，提高找矿成效。其中侵入岩发育区专题应用综合方法推断隐伏断裂、隐伏岩体及其埋深和空间变化，在香花岭地区新发现矿床矿点66处，其中大、中型矿床各两处。1985年、1986年中国地质学会矿床普查勘探专业委员会两度举行了以“如何寻找隐伏矿”为中心议题之一的全国性学术讨论会，中国有色金属工业总公司召开了“隐伏矿找矿方法经验交流会”。重点讨论了隐伏矿床的普查预测方法和建立综合找矿模型，交流了成矿预测经验。部分专家、学者也陆续发表文章或专著，对隐伏矿预测的理论及方法展开讨论。1988年地矿部在武汉召开的固体矿产普查工作会议上，决定有



计划有步骤地开展中,大比例尺成矿预测工作,作为深化新一轮固体矿产普查勘探的措施,要求推广实用而有成效的预测方法和综合找矿途径。国家科委“七五”期间又增列了本项目的研究,由陈毓川等负责指导,要求对理论指导找矿、成矿预测理论与方法作系统研究,其成果对提高地勘单位的成矿预测水平能起示范和推动作用。总观我国大比例尺隐伏矿成矿预测现状,在预测方法上应用控矿构造、构造地球化学、矿化分带、隐伏岩体、地球化学、地球物理、火山机构、遥感解译、数学地质、包体温压、计算机模拟、岩相-建造分析等多种途径,开展隐伏矿预测工作,矿床学家、成矿预测学家应用构造体系、成矿系列、建造分析、成矿模式等理论与方法不同程度地解决了各类地质成矿问题和成矿预测问题,并取得了一定的成绩,尤其是由我国学者创立和倡导的构造体系控矿理论、成矿系列理论、构造地球化学在隐伏矿预测实践中取得了丰硕成果,更是丰富和发展了成矿预测学。

### 第三节 方法途径

建国四十年来,国内普查找矿大体经历三个阶段,第一阶段(1950—1960),露头矿评价阶段。以地表矿为对象,在已知矿床周围就矿找矿,以地质填图为主要手段,布置槽井探追索矿体,配合少量物化探和钻探工程了解矿体规模、形状、产状与质量。第二阶段(1961—1977年),验证物化探异常、评价隐伏矿。在发动群众报矿、找矿的同时,采用地质、物化探综合方法,在成矿有利部位验证物探异常或物化探综合异常,用钻探了解隐伏矿体埋深,配合井中物化探继续扩大矿体规模,追索矿体变化情况并确定其工业价值。第三阶段(1978—至今),在地质理论指导下采用综合技术方法,普查预测隐伏矿。主要开展大比例尺成矿预测,运用现代成矿理论,总结矿带(田)成矿规律,制定隐伏矿的普查预测准则,通过典型矿床研究,建立矿床成矿模式,研究物化探与重砂成果,提取找矿信息,综合各种找矿信息建立找矿模型,圈出预测靶区,并用钻探验证,发现隐伏矿体,预测深度可达500—600 m。大比例尺成矿预测主要用于解决隐伏矿和难识别矿的找矿与评价问题。当前在开展新一轮固体矿产普查工作中,地质找矿有了新进展,全国先后发现了二十多处大型隐伏的铁、铜、多金属和银金矿床,如铜陵东瓜山铜硫矿、大冶鸡冠咀铜金矿、阳新鸡笼山金铜矿、桐柏金银矿和新疆阿舍勒铜矿、广东玉水铜矿等。据统计在不同年代发现的内生金属矿床中,60年代隐伏矿占45%,70年代隐伏矿占65%,80年代隐伏矿占80%以上。随着工作进展,隐伏矿所占比例逐年增加。在我国东部地区,当前普查找矿对象主要是隐伏矿与难以识别的矿床,它要求地质工作者针对这种情况提出相应的对策。用什么理论来指导找矿?用什么方法和手段来发现隐伏矿?并且做到速度快、可信度高、经济合理、社会效益好。根据我们的实践,提出如下解决问题的方法途径并进行初步讨论。

#### 一、认真总结以往综合地质方法找寻隐伏矿的经验

从总结实际找矿经验入手,对矿带或矿田内综合方法找矿效果进行分析。有三种情况:①扩大已知矿床规模,继续发现新矿体;②在掩盖区应用综合物化探方法(譬如磁异常十次生晕)普查预测隐伏矿床;③在成矿有利的构造部位运用高精度物化探方法,发现隐伏矿体。

#### 二、重视物化探资料的二次开发

埋深在500 m以上的矽卡岩型铜铁矿、铜金矿及块状硫化物矿床,都可能在地表产生各种类型物探异常,据此可直接估计矿体可能赋存的深度与矿石类型。银金矿、金矿床可以采用物探方法探索控矿构造判别围岩蚀变间接找矿;采用精度较高的定量分析,测定Au、Ag、Cu、

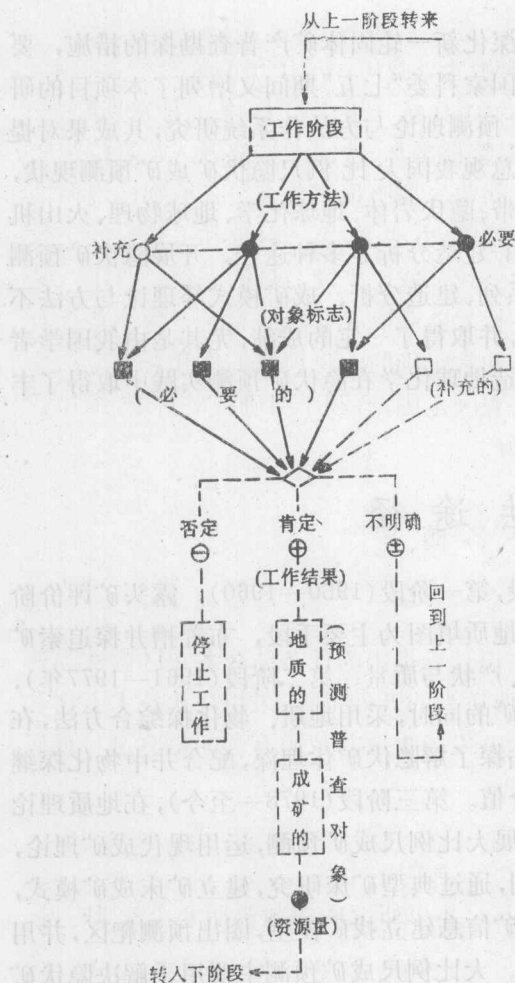


图 1-1 预测普查组合阶段流程图

成矿预测总的趋势是向立体预测方向发展。编制立体地质图首先对重磁资料进行数据处理,结合航片解译,建立区内构造格架,配合标型矿物与原生晕研究指出成矿主导因素和重要控矿条件,同时充分应用物化探资料扩大找矿预测范围。通过立体预测查明矿田内含矿层位或容矿层位、岩浆岩含矿性、容矿构造类型、矿化蚀变分带;系统整理三维空间内各种找矿标志,筛选出对找矿行之有效的信息,利用显示于地表的物化探二次标志和三维空间成矿信息,确定预测标志组合,定量预测隐伏矿的位置、规模、类型。

### 五、大比例尺成矿预测自始至终贯穿于整个地质勘探工作全过程

从普查前期开始,直到勘探和矿山开采,必须开展相应阶段、不同要求和不同比例尺的成矿预测工作。其中尤以普查前期最为重要。这是一项经常性的综合研究工作,具有很强的理论性和实践性,经过实践、认识、再实践过程,不断深化,反复进行,不能一次完成。找矿有反复,成矿预测更有反复。这与矿田研究程度有关也与地质科学技术的进步更具有密切关系,科学在发展,地质工作水平也在提高。在整个矿产普查勘探过程中都要树立成矿预测依靠地质科技进步,地质科技要面向预测普查的观念,从某种程度上讲,地质科技的进步对成矿预测具有决定性意义。

Pb、Zn、As、Mo、Bi 等成矿元素,可以直接圈出含矿带,预测银金矿体。物化探资料的二次开发,首先,研究一次标志,即直接观察所取得的原始数据特征;其次,分析二次标志,即数据处理后(电算)的特征,可能提供一些更隐蔽的找矿信息;再次,要综合分析各种物化探标志组成的综合标志,以提供更多的找矿信息,综合信息预测隐伏矿的效果较好。

### 三、继续完善成矿预测基础理论与技术方法的研究

在矿床成矿系列理论指导下对成矿地质环境,成矿物质来源及成矿作用三个方面基本内容的全面综合研究,确定矿床共生关系。合理地运用地、物、化、遥感、重砂等方法,对各类地质信息进行综合研究,对浅部和深部的地质构造,隐伏岩体,隐伏矿化进行科学的解释推断。关键是:①总结区域成矿规律,运用规律指导找矿。②制定隐伏矿的普查预测准则,正确圈出预测靶区。③继续完善区域成矿系列研究,按矿带、矿田、矿床三个层次建立成矿模式和不同深度隐伏矿的综合找矿模式,应用模式类比预测隐伏矿。

### 四、大比例尺成矿预测由平面预测逐步转向立体预测

## 六、坚持预测与普查结合

为了适应普查探索性强,风险大和多变性特点,要把普查找矿与成矿预测紧密结合起来,组成预测普查区。把地质、物探、化探、遥感和数学地质等工作统一组织起来,各工种密切配合,要以地勘单位为主,吸收物化探队,专业科研单位、大专院校参加,协同工作部署,及时组织成果交流,适时召开协调会议,解决预测普查工作中存在问题。按照预测普查组合原则,遵循地质工作阶段性特点,从整体布置地质工作,把地质工作阶段、方法、标志、对象和工作目的一致起来,即预测区与普查区一致,采用的普查方法与对象一致,找矿手段与目的一致。对于一定的工作方法,手段要取得必要的找矿标志,一定的找矿标志能获取必要的结果——预测普查对象(图1-1)。总之,预测普查结合的指导思想与原则是非常正确的,将预测工作和普查方法统一起来考虑,随着地质工作进展,逐步缩小预测区和普查区范围,有利于明确找矿对象,缩短找矿周期,提高预测效果,使地质工作投入最少,效果最好。

## 第四节 完成任务概况

### 一、工作基本原则

根据《全国固体矿产预测系统综合研究项目总体设计》提出的任务结合各个区内实际情况,确定以综合以往的地质、物化探重砂资料为主,补做适当的野外工作,采用现代技术方法和测试手段,系统整理已有地质物化探资料,并进行二次开发,提取与找矿有关的信息进行成矿预测。

### 二、工作概况

分三个阶段工作:

(一) 设计编写阶段(1988年10月—1989年5月)。本书研究的课题包括七个三级专题,多数与综合普查项目同步进行。

(二) 同步工作阶段(1989年5月—1990年9月)。三级专题在广泛搜集研究区内已有地质、物化探重砂等资料的基础上,补充野外工作并进行了专业性成果整理。

1. 修编1:5万或1:1万地质图。补做综合地质剖面,确定容矿地层的岩石组合,测定其物理性质与化学组份;探索导矿构造、容矿构造之间关系,初步划分控矿构造类型;研究岩浆系列特征、侵位次序和岩浆岩的含矿性及与成矿关系。

2. 研究典型矿床地质特征及成矿主导因素控矿条件,总结直接找矿标志和间接找矿标志,建立矿床描述模式或矿床成因模式。

3. 编制航磁平剖面图、等值线图,进行化极、延拓、求水平一次导数和垂向二次导数等,进行数据处理,深化对矿田断裂系统与隐伏岩体的认识。对磁异常特征研究提取成矿信息,铜录山,白银厂外围对重力做了初步研究。部分矿田作了激电、自电、联合剖面及电测深,发现一批与找矿有关的电异常。

4. 编制1:5万分散流异常图与1:1万原生晕次生晕单元素地球化学图和元素综合异常图,并对异常进行登记,分类排序。用1:1万次生晕和原生晕圈定隐伏矿床效果较明显。综合成矿元素组合特征及分带序列,可以确定矿化类型,大致判别矿化剥蚀程度。由于区域化探进行时间长,限于当时技术条件,元素分析灵敏度低,资料水平不一致,1:5万成矿预测没有条件编制区域地球化学系列图件,漏失了许多区域化探标志。



5. 搜集遥感解译资料。1:5 万成矿预测所利用的遥感解译成果, 由 各省局遥感站提供, 采用了多源地学信息综合图像处理技术, 使用的方法很多, 实质上可分为两大类: 一是目视综合法, 即图像显示方法, 如彩色合成、密度分割等方法, 将多种信息进行重叠显示, 或用各种信息与遥感图像复合, 进行综合解译分析; 二是解析法, 即数理分析法。通过多源地学信息综合图像处理, 增强了图像信息, 提供了大量新的信息, 新解译出主要隐伏断裂与隐伏岩体。1:1 万大比例尺成矿预测因面积太小, 未利用遥感解译资料。

6. 编制 1:5 万重砂成果图, 采用重砂汇水盆地分级圈定异常方法, 不仅提高了重砂在找矿中的作用, 而且为区域矿产评价提供了依据。研究已知矿床与重砂异常组合的相关性, 矿石的矿物组合与重砂矿物组合的相似性, 确定不同类型矿床的重砂矿物组合, 作为最有意义的找矿标志之一。研究重砂矿物组合与化探异常的关系, 成矿元素异常与重砂异常分带规律, 追索异常源可能出现的矿化, 指出找矿方向。

(三) 报告编写阶段(1990 年 6 月—1990 年 12 月)。主要编制成矿规律图、成矿预测图与今后普查工作布置建议图。1:5 万成矿规律图与成矿预测图合并编制; 1:1 万成矿规律图与成矿预测图要求分开编制, 避免把成矿规律图简单化。



## 第二章 成矿预测的理论与方法

### 第一节 开展成矿预测的意义

在开展新一轮固体矿产普查工作中找矿难度越来越大,我国每年发现的金属矿床总数不断下降。最近几年我国东部地区发现的金属矿床大部分为隐伏矿和难以识别的贵金属矿。据统计,80年代以来,每年发现的工业矿床的绝对数锐减,呈直线下降趋势,但隐伏矿床所占比例急剧增加,形成了目前普查找矿的新局面。其特点是:

1. 经过四十多年来专业队伍的勘查和群众报矿、找矿,目前我国大部分的露头矿已基本上查明,找矿难度越来越大,找矿效果和投资比例明显下降。金属矿的勘查已经进入了找隐伏矿和难以识别矿床的新阶段。针对普查找矿难度的日增,确定开展中大比例尺的成矿预测,正确圈定远景预测区或预测靶区,把隐伏矿与难以识别的矿床作为主要普查对象。

2. 应用综合方法预测隐伏矿床是当前地质找矿的主要手段。以找矿为目的,要求地质、物探、化探、重砂、遥感与探矿工程紧密配合,联合攻关,不仅要解决与找矿有关的基础地质问题,而且要解决普查勘探后备基地。任何一种找矿方法、手段都有其特性和局限性,只能在特定的条件下完成特定的任务。许多方法取得的信息往往又具有多解性,判别能力低,只有根据地质、矿床特点选择最佳组合方法,扬长避短,互相补充,方能奏效。

3. 成矿预测是近期发展起来的实用性很强的技术应用学科。在地质工作的实践中,过去地质工作者根据矿床特征与地质条件之间关系的认识作了有效的预测,在有些地方找到了潜在的矿床,但在另一些地方,按同样的认识所作的预测验证后屡屡落空,有时在预测人员疏忽的地方却意外地发现了矿床。在隐伏矿床的预测评价中,这种情况屡见不鲜。它说明我们目前对隐伏矿床形成及分布规律的认识能力和预测能力尚不能适应找矿对象变化后实际找矿工作的需要。成矿预测的理论、方法有待于进一步发展和总结完善,中大比例尺成矿预测仍处于探索阶段。

4. 虽然许多地勘单位都配备了物探、化探综合找矿手段,具备开展综合方法找矿的能力,但由于普查隐伏矿的工作程序不成熟,所以预测方法产生的实效不大,大比例尺成矿预测工作并未引起相应的重视。

5. 时至今日,由寻找地表直接观察到的露头矿,转为隐伏矿的普查评价,通过“预测—普查—评价”过程,使用的找矿手段具有多样化现代化,因而要求地质工作者知识面要广,具备一专多能的技术素质。

6. 随着找矿转入勘查隐伏矿床阶段,原有方法和技术的适应性将发生重大变化,它要求勘查的技术结构作相应的调整。加速发展地球化学、地球物理和遥感技术,构成了现代地质找矿技术发展的主要内容。技术结构的改变,是找矿对象变化的必然结果。技术结构的调整必然招致组织结构、投资结构等一系列相应的调整。在金属矿地质勘查费用中,物探、化探、遥感研究费用所占比重逐渐增高,有人预测到下世纪初,在金属矿地质找矿工作中,地球物理和地球