叶天竺教授级高级工程师指导完成

勘查区找矿预测方法指南

薛建玲 陈 辉 姚 磊 庞振山 甄世民 等 ◎ 编著

KANCHAQU ZHAOKUANG YUCE FANGFA ZHINAN

需要全本请访问 www.ertongbook.com

勘查区找矿预测方法指南

薛建玲　陈　辉　姚　磊　庞振山　甄世民
吕志成　程志中　刘士毅　颜廷杰　范宏瑞
杨奎锋　张志辉　陶　文　贾儒雅　左群超　编著
杜泽忠　韦良喜　朱晓强　贾宏翔　林鲁军
张彦文　石光耀　王　江

安徽理工大学 藏書 图書馆

地质出版社
·北　京·

内 容 提 要

本书属于工作方法类专著，编者结合多年找矿实践，总结大量矿床研究成果，编写出版《勘查区找矿预测理论与方法》总论与各论；在总论中提出了“成矿地质体、成矿构造和成矿结构面、成矿作用特征标志三位一体”勘查区找矿预测理论与方法。各论按照五大类矿床类型，逐一阐述该理论在具体实践中的应用。在此基础上，总结提炼并进一步细化出勘查区找矿方法指南。

本书可供从事矿产勘查、成矿理论研究人员及地质矿产专业的大学生、研究生和老师阅读参考。

图书在版编目（CIP）数据

勘查区找矿预测方法指南 / 薛建玲等编著. — 北京 : 地质出版社, 2018.10

ISBN 978-7-116-10718-2

Ⅰ. ①勘… Ⅱ. ①薛… Ⅲ. ①矿产资源—地质勘探—指南 Ⅳ. ①P624-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2017）第 299624 号

Kanchaqu Zhaokuang Yuce Fangfa Zhinan

责任编辑：罗军燕　孙春迪　周国超
责任校对：关风云
出版发行：地质出版社
社址邮编：北京市海淀区学院路 31 号，100083
电　　话：（010）66554650（邮购部）；（010）66554540（编辑室）
网　　址：http：//www. gph. com. cn
天猫旗舰店：https：//zdjtts. tmall. com
印　　刷：北京印匠彩色印刷有限公司
开　　本：889 mm×1194 mm　1/16
印　　张：21　　拉页：1 页
字　　数：650 千字
版　　次：2018 年 10 月北京第 1 版
印　　次：2018 年 10 月北京第 1 次印刷
定　　价：168.00 元
书　　号：ISBN 978-7-116-10718-2

（如对本书有建议或意见，敬请致电本社；如本书有印装问题，本社负责调换）

前　言

依托全国危机矿山接替资源找矿专项及老矿山深部和外围找矿项目的实施，自然资源部矿产勘查技术指导中心以教授级高级工程师叶天竺为首的科研团队创建了勘查区找矿预测理论方法体系，首次提出了成矿地质体、成矿结构面、成矿作用特征标志的概念。以成矿地质体和成矿结构面为空间格架，以成矿作用特征标志为实体，构建了由脉、层、块、体矿化样式组成的内外、上下、左右多元空间结构模型首次研建了符合我国成矿地质特征的25种找矿预测地质模型，涵盖了硅钙面热液交代型多金属矿、非岩浆后生热液型铅锌矿、次火山热液型金银矿及铅锌矿、岩相构造带控矿的铬铁矿、后生热液型铀矿、远成低温热液型金矿等我国主要矿床类型。

该理论在国家整装勘查区、矿集区、老矿山深边部找矿中全面推广应用，实现找矿突破。以成矿地质体-成矿构造和成矿结构面-成矿作用特征标志研究为核心内容编写的《勘查区找矿预测理论与方法（总论）》和《勘查区找矿预测理论与方法（各论）》已公开出版，极大地推动了深部找矿理论和勘查技术进步，并已在实际应用中取得了良好的效果，获得了行业普遍认可，相关成果获得了国家科学技术进步二等奖1项、国土资源部科学技术一等奖1项。

部分地质工作者在阅读和使用《勘查区找矿预测理论与方法（总论）》和《勘查区找矿预测理论与方法（各论）》时，提出书籍篇幅过大，不方便携带，希望能出版找矿预测简明手册。本书在《勘查区找矿预测理论与方法（总论）》和《勘查区找矿预测理论与方法（各论）》的基础上，更加侧重于勘查区找矿预测方法研究，重点介绍了找矿预测模型概述、常见矿床类型找矿地质模型结构分析、勘查区找矿预测工作方法流程、专题地质填图研究方法和专项物化探工作方法等。内容主要包括资料整理及预研究、专题地质填图、成矿构造专题填图、蚀变矿物专题填图、专题样品采集与测试、物化探技术方法应用等。

本书的前言由薛建玲撰写，第一章概述由庞振山、薛建玲撰写，第二章勘查区找矿预测基础理论由姚磊撰写，第三章找矿预测预研究由庞振山、薛建玲撰写，第四章找矿预测地质模型概述由庞振山、薛建玲撰写，第五章主要矿床类型找矿预测地质模型由陈辉、姚磊撰写，第六章专题地质填图研究方法由庞振山、薛建玲、范宏瑞、杨奎锋撰写，第七章专项物化探技术工作方法由刘士毅、程志中、颜廷杰撰写，结语由薛建玲撰写，参考文献由贾宏翔、林鲁军、王江等梳理完成，薛建玲完成了最终的统稿定编。张志辉、甄世民、贾儒雅、陶文、左群超等参与了文稿的校对和整理工作。

本书是在叶天竺教授级高工的直接倡导和亲自指导下，按照庞振山教授级高工提出的详细提纲编写完成的。本书的出版得到了自然资源部矿产勘查技术指导中心薛迎喜常务副主任、李剑副主任、龙宝林副主任、谢国刚副主任、吕志成副总工程师等领导的大力支持。中国地质调查局严光生总工程师、中国地质科学院矿产资源研究所陈仁义所长、自然资源部科技司赵财胜处长一直关注和指导本项工作，多次对本书提出宝贵意见，勉励本书告成。本书能得以顺利完成，是负责完成129个危机矿山典型矿床研究的科研团队、《勘查区找矿预测理论与方法（总论）》、《勘查

区找矿预测理论与方法（各论）》和“矿集区找矿预测技术要求”编写者共同努力的结果，在此深表谢意！

本书编纂成稿后，特邀请王保良教授级高工、任丰寿教授级高工、祝新友研究员、韦昌山研究员、王玉往研究员、李胜荣教授等专家学者进行审阅，他们提出了大量宝贵的修改意见。在此向为本书编辑出版付出辛勤劳动的各位领导、专家和相关人员一并表示衷心感谢！

由于时间仓促，书中难免有不准确或错误之处，敬请批评指正！

本书由国土资源公益性行业科研专项“成矿地质体找矿预测理论研究与应用示范”项目（201411024），地质矿产调查与评价专项“全国重要矿集区找矿预测”（DD20160052）和“老矿山深部和外围”项目联合资助。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

目　录

前　言

第一章　概　　述 …… (1)

第一节　勘查区找矿预测理论 …… (1)

第二节　勘查区找矿预测总体原则 …… (5)

第三节　勘查区找矿预测工作程序 …… (8)

第二章　勘查区找矿预测基础理论 …… (11)

第一节　成矿作用机制 …… (11)

第二节　成矿元素迁移的相关理论 …… (12)

第三节　成矿地球化学障 …… (14)

第四节　流体及超临界流体 …… (15)

第五节　热液矿床成矿物质沉淀机制 …… (20)

第六节　成矿物质来源及成矿能量 …… (23)

第七节　成矿速度 …… (25)

第八节　成矿深度 …… (25)

第九节　岩浆成矿 …… (29)

第十节　矿床及元素分带 …… (32)

第三章　找矿预测预研究 …… (35)

第一节　全面收集资料 …… (35)

第二节　勘查区基本地质特征分析研究 …… (36)

第三节　勘查区找矿预测工作程度分类 …… (37)

第四节　矿床类型划分及判定 …… (38)

第五节　深部找矿可能性分析 …… (42)

第六节　野外实地踏勘 …… (43)

第七节　编制预测方案 …… (43)

第四章　找矿预测地质模型概述 …… (44)

第一节　成矿地质体研究 …… (44)

第二节　成矿构造和成矿结构面研究 …… (53)

第三节　成矿作用特征标志研究 …… (87)

第四节　找矿预测地质模型结构特征 …… (102)

第五节　勘查区找矿预测模型构建 …… (110)

第五章　主要矿床类型找矿预测地质模型 …… (119)
第一节　砂岩型铜矿床 …… (119)
第二节　砂岩型铀矿床 …… (125)
第三节　碳酸盐岩容矿的非岩浆后生热液型铅锌矿床 …… (128)
第四节　黑色页岩型镍钼钒多金属矿床 …… (134)
第五节　喷流沉积型（SEDEX）铅锌矿床 …… (137)
第六节　海相火山岩型铜铅锌矿床 …… (143)
第七节　陆相火山岩型铁矿床 …… (149)
第八节　陆相火山热液型金银、铅锌和铜矿床 …… (155)
第九节　岩浆型铬铁矿矿床 …… (161)
第十节　岩浆型铜镍硫化物矿床 …… (169)
第十一节　岩浆型钒钛磁铁矿矿床 …… (174)
第十二节　花岗岩型稀有稀土矿床 …… (181)
第十三节　接触交代型铁铜铅锌矿床 …… (188)
第十四节　斑岩型铜矿床 …… (194)
第十五节　斑岩型钼矿床 …… (201)
第十六节　岩浆热液型钨锡多金属矿床 …… (209)
第十七节　中低温岩浆热液型金矿床 …… (215)
第十八节　沉积变质型铁矿 …… (226)
第十九节　后生热液型铀矿床 …… (230)
第六章　专题地质填图研究方法 …… (238)
第一节　专题地质填（编）图工作方法 …… (238)
第二节　成矿构造专题研究方法 …… (251)
第三节　成矿蚀变矿物专题研究方法 …… (266)
第四节　专题样品采集测试及研究方法 …… (272)
第七章　专项物化探技术工作方法 …… (292)
第一节　物探方法应用 …… (292)
第二节　化探方法应用 …… (310)
结　语 …… (319)
主要参考文献 …… (321)

第一章 概 述

矿产预测是指应用地质成矿基础理论，通过成矿规律研究，分析成矿要素，结合地质、矿产、地球物理、地球化学和遥感等综合信息，总结预测要素，经过类比预测，判断成矿远景地段，指导勘查工作，并发现工业矿床的方法技术。研究矿产预测的学科称为矿产预测学，相关的方法称为矿产预测方法。由于现代物探、化探、遥感及计算机技术的广泛应用，矿产预测方法又称为矿产预测技术（叶天竺等，2014）。根据预测工作区范围和比例尺，可将矿产预测分为区域矿产预测和勘查区矿产预测。

区域矿产预测又称中小比例尺（≤1∶5万比例尺）预测，是在区域范围内，以区域地质构造、区域成矿学理论为指导，以1∶25万及1∶5万区域地质调查、地球物理和地球化学探测、自然重砂、遥感、矿产资料以及相关的专题科研资料为基础，通过成矿地质背景、区域成矿规律和典型矿床成矿特征的研究，建立综合信息预测模型，采用类比预测方法，圈定矿产预测区，估算预测资源量，指导矿产勘查工作。其主要目的是为区域矿产规划、勘查工作部署提供依据。

关于大比例尺矿产预测的概念是20世纪80年代在我国开展“成矿区划”工作时提出的，当时并没有十分明确的内容。1992年，原地质矿产部成矿区划研究室朱裕生等在制订全国第二轮成矿区划技术要求时，把≥1∶5万比例尺的矿产预测划为大比例尺预测。当时，对大比例尺预测的目的任务、资料基础、方法程序和成果等要求较笼统，并没有确切的说法，一般和区域矿产预测一起讨论。常见的大比例尺预测方法主要表现为两种类型，一类以科研院校为主的专题研究工作，基本做法是采用典型矿床研究的方法手段，通过专题研究总结成矿地质条件和成矿作用特征，进行矿床成因分析和矿床类型划分，提出类比预测意见。虽获得了一批有价值的成果，但难于直接推断矿体赋存位置，结果往往须借助于物探和化探等资料。另一类是勘查人员主要凭实践经验，依据一般矿床类型成矿特征分析，利用野外获取的矿床地质和矿化蚀变等直接现象提出找矿设想，边预测边验证，属于一事一例的经验式找矿预测，缺乏系统性和综合性。

2004~2012年，全国危机矿山接替资源找矿专项实施了230个老矿山接替资源勘查工作，开展了129个典型矿床的研究，叶天竺等结合国内外近年来找矿重大发现，边实践，边探索，系统总结了勘查区找矿预测方法，将大比例尺矿产预测方法技术进行了系统化、综合化，称之为“勘查区地质模型找矿预测方法”，又称“勘查区找矿预测”。勘查区找矿预测是在勘查区范围内，在找矿勘查过程中开展的矿产预测，又称为大比例尺（>1∶5万比例尺）预测和矿床预测。此类预测以找矿为唯一目的，是相对于区域矿产预测的分类名称。

第一节 勘查区找矿预测理论

一、概念

以岩石学、矿物学、地球化学和矿床学等基础理论为指导，以1∶1万和1∶5000大比例尺岩性、岩相、构造和矿化蚀变等地质填图为基础，通过成矿地质体、成矿构造和成矿结构面、成矿作用特征标志研究，构建勘查区找矿预测地质模型。结合应用物探和化探综合方法，推断矿体赋存位置，通过工程施工，发现并查明工业矿体的专门性工作。勘查区找矿预测是矿产勘查工作的重要组成部分，并应与勘查工作同时进行。

二、方法概述

勘查区找矿预测方法是以地球化学、矿物学和矿床学理论为指导，在全面收集勘查区地质构造、

矿化蚀变、物探、化探和遥感等资料基础上，通过大比例尺专题填图，研究成矿地质条件，确定成矿地质体；研究成矿构造系统，确定成矿结构面；研究成矿地质作用，确定成矿作用特征标志，进而总结成矿要素及预测标志，建立找矿预测地质模型。最后，结合大比例尺物探、化探工作，通过综合分析，推断矿体赋存位置，通过工程验证发现并查明矿体（床）。

该技术方法体系是以岩石学、矿物学、地球化学和矿床学等理论方法为基础，以大量实验数据为支撑，在大量典型矿床研究资料及勘查项目实践基础上总结而形成。目前，经过部分矿产勘查项目验证已证明其理论方法的有效性。由于我国实验室条件的局限，该方法体系从理论基础到找矿实践验证尚属初步，有待于进一步探索总结，修正提高。

三、研究思路

采用内因和外因相结合的思想方法，以元素地球化学理论、实验数据和地质事实为基础，以研究成矿物质迁移到矿床/矿体所在位置后由流体态转换到固体态过程为核心内容，揭示成矿作用机制，并以成矿地质作用划分矿床类型，按矿床类型构建找矿预测地质模型，解决找矿预测标志的不确定性问题。

1. 研究成矿物质从流体状态转变为固体矿物的短暂过程

成矿作用过程十分复杂，成矿类型又纷繁多样，巨量成矿物质集聚堆积受各种复杂的因素影响，现阶段科技水平和实验室水平，尚不具备全面进行理论总结的条件。由于元素地球化学特征是理解矿床成因和开展矿产预测的基础或纽带，我们试图以最本源的元素地球化学特征为切入点，以巨量金属的运移、集聚到矿床/矿体定位为主线，重点选择成矿物质从流体状态转变为成矿结构面中的固体矿物这一短暂过程进行探索研究，以解决异常复杂的成矿作用问题。现代地球化学基础理论和矿物形成过程的大量分析和实验资料，再加上典型矿床的丰富研究成果，均为这一方面的探索研究提供了条件。

勘查区找矿预测的任务是应用矿床地球化学理论解释复杂的成矿地质现象，通过研究成矿物质到达矿床现今所在位置后由流体态转变为固体矿物态的物理化学条件变化，从而从元素地球化学特征的角度再现这一成矿过程，进而解决找矿标志的不确定性问题。

2. 研究确定性找矿标志

如何解决成矿地质现象作为找矿标志的不确定性？勘查区找矿预测理论试图从两方面入手，一方面从研究决定元素地球化学行为的内在因素出发。地球化学的基本原理说明决定元素地球化学行为的基本因素分为内因和外因，内因包括原子结构、晶格能、元素结合方式、化学键类型、电负性、亲和性等。在流体中决定元素存在形式和地球化学行为的基本因素是离子半径和离子电价（张德会等，2013）。由此，在成矿作用过程中形成了各种复杂纷繁的地质现象。另一方面是外部条件因素的研究，决定元素地球化学行为的外部因素是环境温度、压力、酸碱度、氧化还原条件等基本物理化学要素，而引起这些基本物理化学要素变化的外部条件就是地质作用，包括沉积、火山喷发、岩浆侵入、区域变质和大型变形等五类。因此，决定成矿作用的内因是元素的地球化学特征，外因是地质作用条件。通过两方面的研究，可以对成矿地质现象进行甄别，区分偶然现象和必然现象，把能够用元素地球化学行为特征理论解释的带有普遍性的现象确定为必然现象，把无法进行相关理论解释的偶然现象进行排除。把成矿作用过程中由元素基本地球化学特征确定的，在各种地质作用条件下都可以出现的普遍现象作为确定性找矿标志，通过地球化学基础理论解释、热力学和矿物学实验资料验证、典型矿床地质事实证实、部分找矿预测实践验证的途径加以确认和归纳。这样就可以大大提高找矿预测的成功率。

四、研究思路的实现途径

（一）成矿作用地球化学分类

成矿作用地球化学研究涉及成矿物质从源区开始迁移、集聚和沉淀形成矿床的全过程。由于成矿

是在复杂系统下形成的，目前我们的理论基础和实验技术，还无法再现成矿作用的复杂过程。前人已经运用地球化学基础理论，包括地球化学热力学和动力学理论，对成矿作用进行了很多深入的研究。本次研究工作试图从找矿预测角度出发，梳理和归纳前人的研究成果，探索成矿作用过程，并以此作为理论基础构建找矿预测方法体系。

为了研究方便，从地球化学角度我们把成矿作用分为两大类，一类为以水为主要流体成分的成矿作用，能够直接用化学软硬酸碱理论解释成矿元素的迁移和沉淀机制。H_2O 通常以 H^+ 和 OH^- 两种离子存在，或者以 H^+ 和 H_2O 而存在，因此可以直接采用软硬酸碱理论解释此类成矿作用。另一类是以岩浆或硅酸盐流体为主要成分的成矿作用，应用岩浆不混熔理论（分异和熔离作用）和气-液分馏理论等对成矿过程进行探讨。目前，前一类矿产占大多数，研究相对比较深入。

（二）成矿作用研究方法

1. 典型矿床实际资料的收集

区域地质和矿产资料：大地构造演化、区域地层和分布、区域构造类型和时空规律、区域岩浆岩和区域成矿特征等。

矿床基础资料：矿床地质特征、矿体形态、规模、产状、品位、储量、矿石矿物组成及其含量、生成顺序、结构构造、化学成分和共伴生组分等。

2. 针对不同矿床类型进行归类专题研究

成矿作用研究方法包括：成因矿物学、流体包裹体、蚀变矿物学、标型微量元素、同位素组成、成矿物理化学数据、成矿年代学、矿物组合及分带、成矿物质和成矿流体来源、成矿结构面、成矿地质体和成矿地质构造背景研究。

3. 典型矿床案例实证

以矿床地球化学研究为基础，深化相关理论问题，从理论上总结初步认识后，经过典型矿床案例实证。

4. 收集实验室模拟资料

收集矿物形成实验条件数据资料，归类分析。

总体上，通过归纳典型矿床的大量地质事实和矿物热力学实验数据及热力学计算双向验证成矿作用机制的基本原理，从成矿机理角度研究矿床特征，直接和找矿预测衔接。

（三）矿床成因类型划分

矿床类型划分是勘查区找矿预测的基础工作，直接关系到找矿预测地质模型的构建。目前，矿床学家对矿床成因类型的划分方案复杂且差别较大，因此很难直接用于找矿预测。基于此，叶天竺等（2014）提出了用于找矿预测的矿床成因分类。该分类是以找矿预测为目的的矿床成因分类，首先以沉积、火山、侵入、变质、大型变形、复合六类地质作用为基础，对矿床进行分类。在此基础上，再考虑依据大地构造环境和地球化学特征显著不同的矿种组合、特殊矿化特征等因素划分亚类。分类方案详见第三章。

（四）构建找矿预测地质模型

以成矿地质体、成矿构造和成矿结构面、成矿作用特征标志为基础的找矿预测地质模型，简称为“三位一体”找矿预测地质模型。

1. 成矿地质体研究

包括成矿地质体基本特征研究、成矿地质体与成矿作用关系研究、成矿地质体的确定、找矿地质体空间位置和分布规律研究等内容。

2. 成矿构造和成矿结构面研究

包括确定成矿构造及其特征、研究成矿结构面特征、研究成矿构造和成矿结构面关系、研究成矿

构造和控岩构造关系、研究成矿构造和区域构造关系、构建成矿结构面空间格架、分析成矿构造体系的组成与发育规律等内容。

3. 成矿作用特征标志研究

包括矿体宏观特征研究、矿体矿物特征研究、成矿蚀变带研究、成矿化学成分研究、成矿物理化学条件研究、成矿物质和流体来源研究、成矿时代研究、成矿深度研究、迁移的络合物形式讨论等，构建成矿作用特征标志并研究其与成矿地质体和成矿结构面的关系等。

4. 勘查区找矿预测地质模型的建立

在上述研究工作基础上，根据具体的、不同矿床类型，通过对勘查区矿化样式的结构分析，构建深浅、上下、左右、内外矿化样式不同的“三位一体”找矿预测地质模型。

五、理论基础

勘查区找矿预测主要以地球化学、矿物学和矿床学理论为基础。

（一）地球化学理论的应用

应用地球化学理论研究成矿作用机理、探索成矿作用内因问题是本次研究技术思路的重要方面。地球化学理论的应用主要从基础地球化学理论、元素地球化学理论、矿床地球化学理论三个层次着手，其中，基础地球化学理论解决元素地球化学特征的共性问题，元素地球化学理论解决各种元素地球化学特征的个性问题，矿床地球化学理论解决成矿作用机理问题。

1. 地球化学特征与成矿作用分类

地球化学元素分类的方法很多，都是以元素周期表为基础，根据元素原子结构（原子半径、原子量和电子层等）分类。基本分类从原子电子层结构出发，按元素相互结合亲和性、电负性和晶格能等，分为亲气、亲石、亲铁、亲铜、亲生物元素。查瓦里茨基提出了元素相似性分类（见有关地球化学教材），对于微量元素又可分为相容元素、不相容元素、高场强元素和低场强元素等。

2. 成矿元素离子电位问题

基于应用目的，本书侧重讨论成矿元素通过迁移集聚到矿床所在空间位置以后，所经历的再迁移聚集和就位沉淀过程。为了专门探讨成矿元素聚集沉淀的内在因素，依据诸多元素地球化学特征要素及有关地球化学理论的论述，我们应用赵仑山等（1988）的相关理论讨论离子电位问题。同时，参照普通化学中的软硬酸碱理论（Pearson，1963），再根据美国李·布鲁克（Railsback，2003）的《化学元素与离子周期表》的相关内容，进行补充；然后结合典型矿床地质事实的验证，进行探索性讨论。张德会等（2013）出版了新版《地球化学》，为研究离子电位提供了最新的理论依据。

3. 软硬酸碱理论与络合物理论应用

地球化学界普遍认为成矿元素在水流体中的迁移形式主要为络合物（络合物）方式，这也为矿床学家所接受。但由于在高温高压下直接测定络合物配位阴离子成分的数据尚少，因此高温高压的络合物问题尚属假说。本次工作将着重讨论成矿物质迁移到矿床所在位置后由流体态转换为固体态，因此对络合物的迁移和分解问题尚需要深入研究和讨论。据此，本书主要通过对离子的配位法则、主要成矿元素络合物成分、不同络合物稳定和分解的体系环境变化的研究，探讨成矿作用的内在因素。

4. 元素地球化学特征

根据国内外相关研究进展和资料，《勘查区找矿预测理论与方法（总论）》中对金、铜、铅、锌、钨、锡、钾、钠、硫、氟、氯、铁、钼、镍、锑、银、铀、硅18种元素地球化学特征进行了综述，简要说明了这些元素的基本化学特征、常见工业矿物、分配系数、在岩浆-热液体系中的主要络合物以及沉淀富集的地球化学机理等内容，并以此阐述各种矿床类型和各矿种成矿作用过程中元素迁移富集的具体机理，为解决成矿作用基本问题提供理论基础。

5. 矿床地球化学理论

主要研究成矿物质来源、分配和运移、富集储存、矿石物质组分、成矿作用动力学、正岩浆成矿

需要全本请访问 www.ertongbook.com

作用；同时研究主要地质作用下的成矿作用以及矿物包裹体、微量元素、热力学、同位素等特征。它们的具体应用则体现在勘查区找矿预测基础理论研究内容中。近年来，张德会（2015）总结了“成矿作用地球化学”理论，为我们研究成矿作用提供了直接的理论基础。

（二）矿物学理论的应用

成矿作用机制研究的最终目的是确定其特征标志，并转换为找矿标志，包括元素和矿物两种主要标志。因此，矿物学理论是基础理论的重要组成部分，主要研究以下几个内容：

成因矿物学研究 包括矿物标型特征、热电性质、化学成分、微量元素、包裹体和同位素等内容，是获取物理化学数据、构建成矿地球化学标志的重要途径。

矿物交代关系、分带和组合研究 为揭示成矿地球化学特征提供依据。

找矿矿物学研究 构成成矿作用特征标志的矿物标志等内容。

矿物共生组合的物理化学条件研究 据此解释成矿作用中某些矿物组合出现的地质地球化学环境。

（三）矿床学理论的应用

矿床是研究成矿作用的出发点和落脚点，因此，矿床学理论是基础的基础。

矿床类型的确定 成矿元素地球化学特征研究、矿物学研究，都必须以各种矿床类型为出发点，同时应用矿床分类等基本理论，指导成矿作用特征标志研究。

矿床找矿预测地质模型的构建 是在成矿地球化学和矿物学研究的基础上，按照找矿预测的需要，以成矿地质体、成矿构造和成矿结构面、成矿作用特征标志等主要研究内容为依据，建立找矿预测地质模型。其性质属于矿床实体模型范畴。

矿床区域空间分布规律 也是矿床理论应用的重要内容，但因本次研究的重点是勘查区找矿预测，因此，矿床区域空间分布规律只是作为兼列的辅助内容进行讨论。

六、工作方法

以地质调查研究为主，结合物探、化探、计算机等技术应用，开展勘查区找矿预测。

第二节 勘查区找矿预测总体原则

勘查区找矿预测工作方法必须遵循如下原则：宏观调查和微观研究相结合，基础研究和综合研究相结合，地质研究和物探、化探方法应用相结合。

一、宏观调查和微观研究相结合

找矿预测工作方法和一切地质工作一样，都必须遵循宏观调查和微观研究相结合的原则，只是其具体内容各有区别。

（一）找矿预测宏观调查内容

1. 勘查区成矿地质特征综合调查

勘查区地质特征调查 一般情况下，勘查区在进行普查勘探过程中都已按照勘查规范要求完成了勘查区大比例尺地质填图，找矿预测工作应充分应用此类填图资料。在大致查明或基本查明矿区地层、构造、岩浆岩、变质岩等地质特征的基础之上，进行必要的补充性调查或验证性调查。针对找矿预测的需要，重点调查某些重要地质内容。

矿体地质特征综合调查 全面调查已经揭露的矿体地质特征，包括矿体宏观特征：矿体样式、形态、规模、产状、品位及其变化；矿石矿物组成及其特征、成矿阶段及其生成顺序、结构构造；蚀变

矿物组合、期次、分带及成矿元素共伴生组合、赋存状态等特征。

通过勘查区成矿地质特征综合调查，要求对成矿地质体、成矿构造和成矿结构面、成矿作用特征标志基本了解，在此基础上根据勘查区具体情况，针对具体问题，确定专项研究填（编）图方案。

2. 勘查区专项地质填（编）图工作

针对不同矿床类型和成矿地质背景开展岩性构造专项填（编）图；

根据勘查区成矿构造特征研究的需要，进行构造专题填图；

对于某些特定矿床类型，如斑岩型矿床、火山岩型矿床等，应开展蚀变矿物专题填图。

（二）找矿预测专题研究

通过勘查区成矿地质特征综合调查，很多问题并不能查明。因此，针对找矿预测中的重要问题，开展必要的专题研究，通过采集光薄片、岩石化学、矿物包裹体、稳定同位素、同位素年龄、微量元素（含稀土元素）等样品开展专题研究，才能准确确定成矿地质体、成矿构造和成矿结构面、成矿作用特征标志，为构建勘查区找矿预测地质模型奠定基础，推断未揭露矿体空间部位。

针对我国的地质工作现行体制，我们建议找矿预测专题研究工作，应以承担勘查工作的人员结合科研院校研究人员共同完成，只有这样才能取得事半功倍的效果。

二、基础研究和综合研究相结合

（一）基础研究工作

1）基础研究工作应紧紧围绕构建勘查区找矿预测地质模型，推断未揭露矿体的空间位置而开展。通过成矿地质特征调查和专项调查以及解决重要问题的专题样品研究，确定成矿地质体及其与成矿的关系；详细查明成矿构造和成矿结构面特征；通过已经揭露的矿化蚀变产物、成矿作用特征的研究，总结其特征标志。基础研究工作主要通过地质观察、编录、专题样品研究相结合的方法完成。

2）基础研究工作是找矿预测的关键，其每一项工作都必须严格要求，不能草率从事。第一，由于找矿预测工作涉及矿物学、岩石学、地球化学、矿床学、找矿勘探地质学、物探和化探等广泛的学科内容，因此在研究过程中必须严格遵循各学科成熟的基础理论和工作方法。第二，要求严格遵循地质填图、专项调查、专题样品采样测试相关的技术标准，取全、取准第一手资料。第三，针对找矿预测工作中的重要问题开展工作，提高专题样品的目的性。最终，获得能够解决找矿预测重要问题的基础资料。

（二）综合研究工作

1）综合研究工作的目标是通过基础研究工作，总结成矿地质体及其特征、成矿构造和成矿结构面特征、成矿作用特征标志，构建勘查区找矿预测地质模型，分析研究全部已知信息，预测未揭露矿体的空间部位，部署探矿工程。

2）找矿预测综合研究工作过程，就是通过基础研究，充分应用勘查区已经揭露的与成矿作用有关的信息，应用勘查区找矿预测的思想路线、操作程序，通过去粗取精、去伪存真的综合分析过程，构建找矿预测地质模型，并推断尚未揭露的矿体位置的过程。要求如下：第一，基本思想方法应符合成矿基础理论，不能以似是而非，或者以主观臆断做出结论，为此本书专门提供了成矿基础理论和元素地球化学特征供读者在分析地质事实时参考。第二，要求成矿地质体、成矿结构面、成矿作用特征标志、地质模型结构分析所依据的全部基础资料、数据，体现逻辑一致性。第三，应坚持动态分析，随着探矿工程的施工进展，出现的大量新的地质现象，不断的修正和完善原有的认识，直至揭露矿体为止。

三、地质研究和物探、化探方法应用相结合

勘查区找矿预测必须应用物探、化探方法，这是毋庸置疑的共识，由于本书的重点内容在于勘查区

找矿预测地质研究方法的总结，因此对物探、化探方法只设独立章节简要介绍。物探、化探方法应用分两方面内容：一是已有物探、化探资料的应用，二是找矿预测工作中应开展必要的物探、化探工作。

（一）物探、化探资料的应用

一般情况下，勘查区都已经完成了大比例尺物探、化探工作。对于勘查区普查勘探的重要基础工作应当包括：高精度磁测、电法、土壤测量等。如果资料不完整、不系统，应当在勘查评价工作内容中部署填平补齐工作。

1. 物探资料应用

应用于直接找矿 对于勘查区大比例尺全覆盖高精度磁测资料，首先应用于磁性矿产的勘查工作，如铁矿，高精度磁测工作其重要性并不逊于勘查区地质填图，对于覆盖半覆盖地区还应用于推测隐伏磁性矿体。勘查区大比例尺电法资料，主要应用于有色金属矿产的普查勘探工作，如铜、铅锌等矿产。

应用于成矿地质体和成矿构造研究 勘查区大比例尺全覆盖高精度磁测资料，除了直接用于寻找磁性矿产以外，还用于推断隐伏岩体和构造，直接采用二维半反演的方法可以推测隐伏岩体、盆地基底、勘查区断裂构造的空间位置，为确定隐伏成矿地质体和成矿构造提供依据。勘查区大比例尺电法资料，除了直接应用于圈定矿化蚀变带以外，还可以推测成矿地质构造、特殊岩性层及其界面，如含炭质地层等。

其他物探方法和资料的应用 除了磁法和电法已经成为寻找磁性矿产和有色金属矿产常用重要方法以外，对于煤矿勘查，地震和电法也是常用重要方法。因此，应当充分应用相关的地震、电法资料。最近几年来，为了解决深部找矿（1000m 以上）问题，电磁法已经成为行业内使用和讨论的热点方法。如有此类资料，也应充分收集。此外，应用伽马能谱资料直接圈定岩体范围及寻找放射性矿产十分有效。

2. 化探资料应用

应用于直接找矿 一般情况下，有色金属和贵金属矿产普查勘探工作都有全覆盖大比例尺土壤测量资料，有的矿区还有基岩原生晕资料。根据其异常分布情况，可以直接进行地表揭露，并圈定矿化蚀变带。一般情况下，需要开展找矿预测专题研究工作的勘查区，地表化探异常都已经揭露。在开展找矿预测工作时，还应当全面收集化探资料，进行再开发，按照新的认识进一步甄别矿致异常，并补充揭露。

应用于成矿地质体和成矿构造研究 应用已有的矿区大比例尺化探资料，可以圈定成矿地质体范围、特殊岩性层及其界线，推测隐伏成矿岩体、隐伏构造分布范围。

其他化探资料的应用 除了勘查区土壤和基岩原生晕化探资料以外，多数勘查区都有水系沉积物测量的资料，在缺少大比例尺土壤和基岩原生晕化探资料时，这些资料的应用也十分重要。

3. 勘查区物探、化探资料应用的注意问题

查明形成资料的年代，分析当时物探应用的仪器、化探采样方法和测试方法、数据处理的具体方法和精度等情况，评估其可利用性。有的地区早期形成的物探、化探资料，由于物探应用仪器设备或化探采样方法和测试方法等问题，不能使用，应下决心更新重做。

分析已有物探、化探资料时，要求全面收集原始数据图，尽量避免仅仅收集经过处理的综合异常图。通过原始数据的再处理，从中提取解决找矿预测中重要问题的信息。一般经过处理的综合异常过于简单，无法从中挖掘多方面信息。

4. 区域物探、化探资料的应用

区域物探、化探资料的应用十分重要，其意义不次于区域地质矿产资料，同样直接应用于研究区域矿产的分布规律，也应用于区域地质构造的推断解释。

区域物探资料主要以磁法和重力资料为主；区域化探资料以水系沉积物测量资料为主。有条件的情况下，还可以应用电磁法、地震等深部剖面资料，分析区域深部地质构造特征。

（二）新一轮物探、化探工作

该类工作是指在开展找矿预测研究工作中，为解决预测工作中急需解决的问题，而开展的必要的物探、化探工作。主要包括两方面内容：

1. 为构建勘查区找矿预测地质模型而开展的工作

物探工作为解决隐伏岩体位置、范围、埋深、勘查区构造格架、盆地基底埋深等地质构造问题，一般部署高精度磁测和重力测量，根据实际情况选择扫面或剖面测量。

化探工作为解决隐伏成矿岩体位置、范围、隐蔽成矿构造等地质构造问题，可以选择岩石地球化学或土壤测量方法。

2. 确定找矿靶区具体位置

在通过地质研究构建找矿预测地质模型，确定找矿方向或靶区位置以后，为了准确布置验证探矿工程，视情况应开展新一轮物探工作。根据地球物理前提和其他条件，选择适用的物探方法，进一步确定预测矿体产状、形态的大致范围。对于应用物探方法无法直接找矿的矿种，如金矿，必要时可采用原生晕测量方法。

（三）遥感图像资料应用

由于遥感图像比例尺的局限，在勘查区找矿预测工作中，一般不把遥感图像解释作为主要的方法，但是应用遥感图像资料，作为勘查区找矿预测的辅助手段，具有一定意义，主要用于岩性和地层解译、褶皱断裂构造解译、矿化蚀变信息解译等。

第三节　勘查区找矿预测工作程序

勘查区找矿预测工作程序包括：找矿预测预研究、确定矿床类型、专题地质填图、专项物探与化探工作、专题样品采集、构建找矿预测综合信息模型、工程验证（图 1-1）。

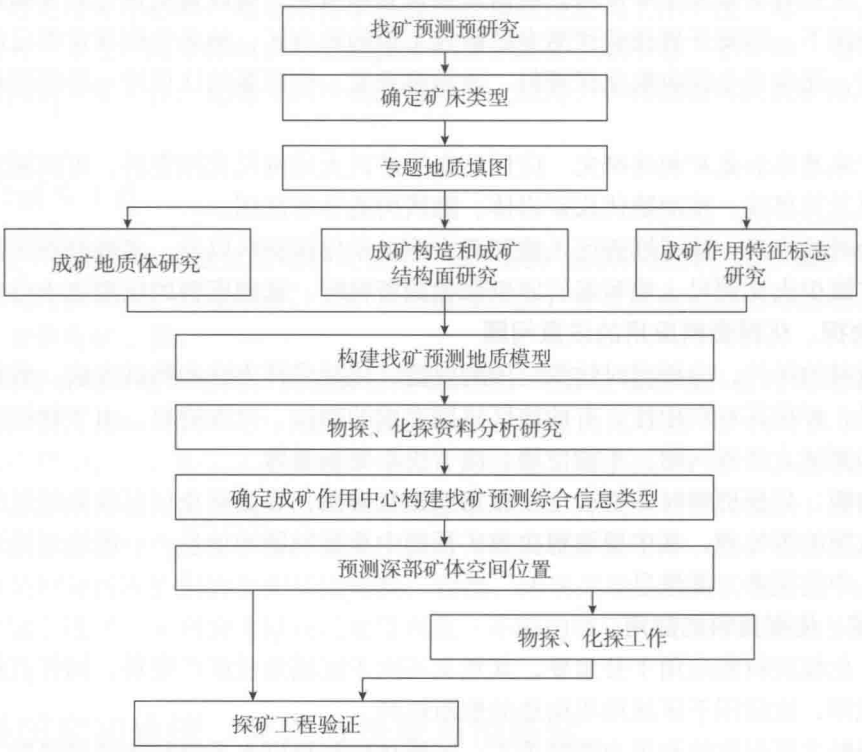


图 1-1　勘查区找矿预测工作流程图

其中，勘查区综合信息找矿模型是在勘查区找矿预测地质模型基础上，叠加了地球物理、地球化学、遥感、自然重砂等综合信息内容，其中地球物理、地球化学、遥感、自然重砂等综合信息都有确切的地质矿产意义。

一、找矿预测预研究

找矿预测预研究主要包括：全面收集资料，编制工作程度图；勘查区基本地质特征分析；勘查区找矿预测工作程度分类；深部及外围找矿前景分析；确定工作思路与编制工作方案。

进行技术培训，熟悉勘查区找矿预测理论与方法、相关规范和技术要求，统一工作思路、技术路线和工作方法是预研究的重要内容。

二、矿床预测类型确定

确定矿床类型是找矿预测的基础工作，十分重要，关系到找矿预测的成败。按照找矿预测矿床类型划分方案，以及勘查区地层、构造、岩浆岩、矿化蚀变等基本地质特征，确定矿床类型。同时，可以按照区域成矿带中相同成矿地质背景下的典型矿床进行类比。此外，各种矿床类型受大地构造环境直接控制，不同的大地构造环境只能形成不同的矿床类型。因此，确定矿床类型应考虑成矿地质背景条件。

三、专题地质填图

根据不同矿床类型、不同的勘查工作程度，根据需要开展≥1∶5 万专项地质填图工作。依据勘查区原有地质填图原始资料水平，结合实际情况可以采用填编结合的方法编制专题地质图。

四、专项物化探工作

专项物化探工作主要包括三方面内容：首先，根据已有资料，开展物探、化探异常综合推断解释，重点筛选矿致异常，推断成矿地质体、成矿构造和成矿结构面及总结成矿作用特征标志的地球物理、地球化学特征；其次，在工作区，根据预测需要及工作程度、目标地质体和物性条件，补充开展必要的面积性物探、化探工作；第三，对拟施工工程验证地段，开展物探、化探精测剖面，精细推断矿体赋存位置和相关地质体位置、规模、形态。

五、专题样品采集与测试

重点围绕解决成矿地质体、成矿构造和成矿结构面、成矿作用特征标志问题，在专题地质填图和矿体、矿化蚀变带调查研究工作中有针对性地采集各类样品。

六、专项研究工作

在上述工作基础上，编制矿区岩性构造图，开展成矿地质体特征、成矿构造和成矿结构面特征、成矿作用特征标志研究。

七、找矿预测综合信息模型构建

在编制矿区岩性构造图，总结成矿地质体、成矿构造和成矿结构面、成矿作用特征标志的基础上，络合物化探资料，利用浅部已知成矿作用特征标志，推测外围、深部或下部隐伏矿体及其可能的矿化样式，确定成矿作用中心，构建找矿预测综合信息模型。

八、工程验证

未经过工程验证的预测都是虚拟的，只有通过工程验证才能实现找矿突破。在探矿工程验证过程中，经常出现反复和曲折。由于地质现象的复杂性，我们对深部成矿特征的认识的不确定性，只有通

过探矿工程验证才能进一步得到修正，逼近事实。因此，初期验证的失败并不表示最终的失败，通过再研究进一步开展验证工作也是有必要的。但是，其前提是必须有新的认识，同时要考虑有限的财力所能承受的限度范围。

深部找矿风险十分巨大，勘查工作者主观上都认为深部有大矿，但是客观上往往大矿占极少数，因此找矿突破的成功率很低。这是严酷的客观事实，但是验证工程的失败经常是由于我们在开展找矿预测工作过程中思想路线、技术方法的失误而造成的。如有的因为前期工作不扎实，有的因为专题研究不到位，有的由于工作方法细节的失误等主观原因而造成，对于此种情况应当尽量避免。

需要全本请访问 www.ertongbook.com