

矿产预测方法理论

（代讲稿）

叶天竺

二 七年一月

第一部分

全国重要矿产资源潜力预测评价项目

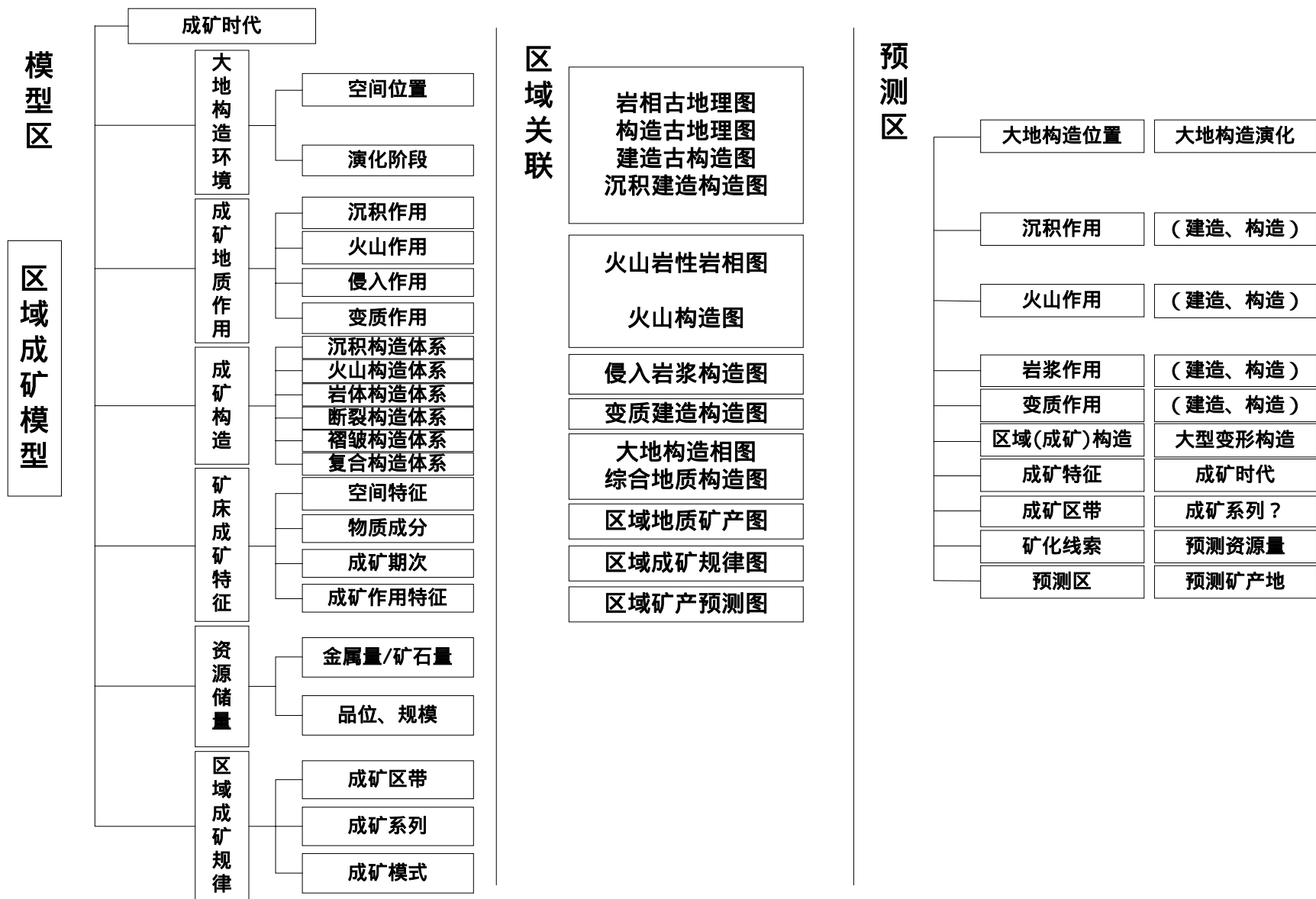
技术要求总论

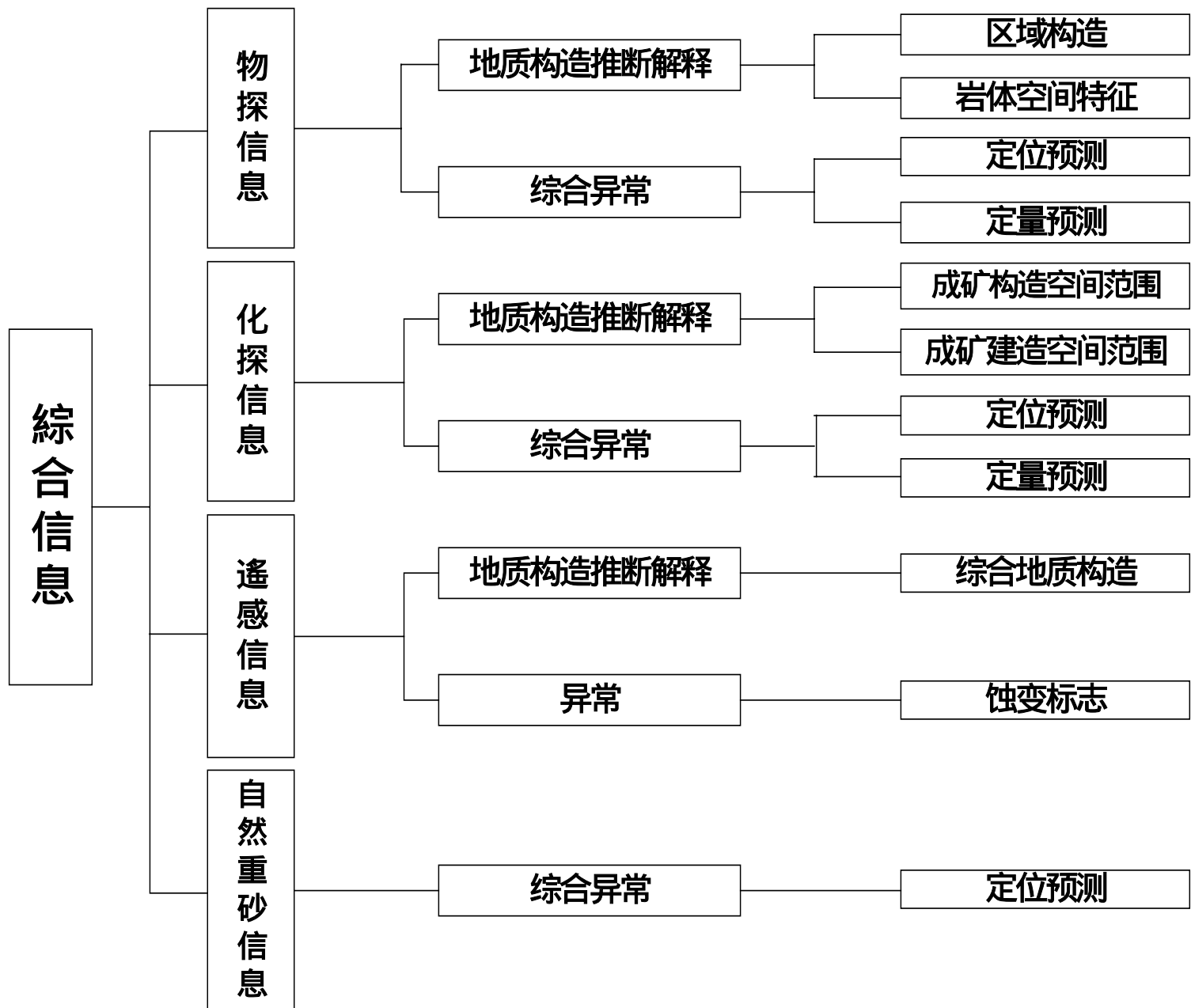
一、总体技术思路

本次预测采用的技术路线是，要求全面利用地质构造、综合信息、成矿规律研究工作成果。根据某一矿种的某一矿床类型的典型矿床及区域成矿规律研究成果，建立区域成矿模式；应用已知矿床的区域成矿模式，全面解析区域地质构造，主要控矿因素，物探、化探、遥感、自然重砂等综合信息，矿化特征，确定预测要素，建立预测模型，对未知区进行类比预测，圈定预测区、预测矿床数、估算资源量。

以上技术路线的核心思路是：当前矿产定量预测方法都面对两大技术难题：第一个问题是信息不对称问题。非总合式定量预测，一般采用矿床模型类比方法，但是遇到了模型区和预测区信息不对称问题，主要体现在通过典型矿床成矿特征研究而建立的模型区的各种成矿要素，在预测区很难找到对应的信息，造成信息不对称。传统的解决方法主要通过挖掘物、化、遥等综合信息解决，这就是综合信息预测技术的思路。无疑这是十分有效的方法，但是还是存在显著的局限性。第二个问题是知识驱动和数据驱动不协调问题。随着 GIS 等计算机技术的发展，人们都在探索运用数学方法，通过数据处理，进行定量预测，目前这方面技术的发展很快，已经成为国内外矿产定量预测的主流技术。但是不同程度的存在知识驱动和数据驱动不协调的问题。针对这两大技术难题，国内外有关人士都在积极探索解决方法。

本次采用的矿床模型综合地质信息预测技术是根据陈毓川院士的“成矿系列”理论，总结国内外各种矿产预测方法的实践经验，立足于我国地质工作及资料水平的实际情况而提出来的。其核心思路是：根据“成矿系列”理论，把成矿作用视为地质作用的重要组成部分，通过深入研究模型区成矿特征以及控制成矿的地质要素（建造和构造）全面解析统一技术标准下获得的区调、区域物探、区域化探资料，精细研究地质构造、矿产、物探、化探、遥感、自然重砂等信息，通过编制各类区域专题图件的途径，对预测区进行关联，并实现类比预测，解决信息不对称问题。通过模型区地质构造、矿产、物探、化探、遥感等信息的精细研究，归纳预测要素，采用定性（先）和定量（后）相结合的途径，运用 GIS 技术以及数学方法进行数据量化处理，解决知识驱动与数据驱动不协调的问题。





现把以上技术思路的具体操作实现说明如下：

（一）划分矿床类型

矿床类型是指在特定的成矿地质作用过程中，受特定的成矿地质因素控制而形成的矿床。同一矿种根据其成矿地质因素，可以划分为不同矿床类型，其控矿因素是不同的，预测要素也是不同的，因此矿产预测的第一项基础工作是划分矿床类型。矿床类型的概念既不同于成因类型，也不同于工业类型。

1、本次预测矿床类型的划分主要依据陈毓川院士的成矿系列中的矿床式的内容为基本内容，不划分成因类型和工业类型。

2、要求分矿种划分矿床类型。

3、矿床类型划分因素：成矿时代、大地构造环境、控矿因素、成矿作用特征。

4、矿床类型分两种，第一种为确定的，指国内有典型矿床的类型；第二种为探索的，指国内具备成矿地质条件，但尚未发现典型矿床。根据周边国家或全球已知矿床提出的类型。

本项目采用成矿规律组提出的方案，23 个矿种（铀、煤除外）初步划分 103 种矿床类型。在预测工作中，预测要素基本相同的将进一步归并。

（二）建立区域成矿模式

建立区域成矿模式是矿产预测工作的核心内容，区域成矿模式应按照不同矿种、不同矿床类型分别建立。

1、研究区域矿产特征，按照不同成矿时代、不同矿种及其不同矿床类型分别总结区域矿产的空间分布特征，根据单类型矿产、矿化点、矿点、矿床等分布状况，分别研究其空间分布特征，在此基础上根据相同的成矿地质因素，归纳区域矿产综合空间分布特征。

2、划分成矿区带：根据地质构造基本特征，按照不同矿床类型的主要控矿因素，划分单类型成矿区带，在此基础上再进行综合分析，归并为综合成矿区带。

3、典型矿床研究：典型矿床研究工作，主要按照不同矿床类型选择代表性矿床或矿点开展解剖工作，研究成矿时间、成矿期大地构造空间位置及其演化阶段，研究矿床与成矿有关的地质作用特征，分析成矿（矿田）构造，研究矿床空间特征、成矿期次和阶段，物质组分及其时空分布特征，研究成矿作用及其标志特征，建立矿床成矿模式，确定矿床式。

4、建立区域成矿模式：首先，按矿床类型总结区域成矿模式；其次，按成矿地质作用归并区域综合成矿模式。

5、总结区域成矿规律：建立成矿系列和亚系列，建立成矿谱系。

（三）物探、化探、遥感、自然重砂综合信息分析

1、根据典型矿床对照物探、化探、遥感、自然重砂异常特征，建立矿床综合信息模型。技术路线：

（1）收集典型矿床大比例尺物探、化探资料，建立物探、化探信息模型。

（2）收集已有专题研究成果，摘录有关模型资料。

（3）对照 1/5 万、1/20 万区域综合异常资料，选取典型矿床的区域物探、化探、遥感、自然重砂等综合异常，建立典型矿床的区域物、化、遥、重砂等信息模型，即矿床模型。

2、根据典型矿床的综合信息模型，按照不同矿床类型剖析其物探、化探、遥感、自然重砂等综合异常内部结构特征，作为找矿模式和预测要素。

（四）确定预测要素

1、根据典型矿床研究资料和区域成矿规律总结的区域成矿地质模型以及地、物、化、遥、重砂综合信息模型，按不同矿床类型确定预测要素，并按矿床类型对预测要素分类。预测要素分两级，类型分为三类。

2、一级要素初步归纳为 27 项：

（1）成矿时代（2）大地构造位置（3）大地构造演化阶段（4）沉积建造/沉积作用（5）岩相古地理/构造古地理/建造古构造（6）火山建造/火山作用（7）火山岩性岩相构造/火山构造（8）岩浆建造/岩浆作用（9）侵入岩浆构造（10）变质建造/变质作用（11）变质变形构造（12）大型变形构造/区域断裂构造（13）成矿构造（14）成矿特征（15）资源储量（16）成矿区带（17）磁测资料（18）重力资料（19）伽玛能谱资料（20）化探资料（21）遥感资料（22）自然重砂异常（23）找矿线索（预测区）（包括：矿点、矿化点、规模性蚀变带、老窿、转石矿化线索等）（24）水文条件（25）河湖（26）地貌（27）预测区。初步确定 27 种一级要素。

3、二级要素：根据各子项目组确定的二级要素汇总如下（详见技术要求各部分）：要素的确定根据以下原则：

第一，根据目前全国矿产勘查、科研资料水平，1/5 万、1/20 万、1/25 万区调资

料水平，包括成果报告及原始资料情况，具有可操作性，不宜过细，但也不宜过粗。

第二，紧密结合不同矿床类型的实际情况，以满足成矿规律研究和矿产预测工作的需要，抓住要害，突出重点。为了满足全国各地开展成矿规律研究及矿产预测工作的需要，尽量全面系统。

第三，符合专题图件空间数据库建设的要求。

第四，各省根据本省预测矿种的实际情况在提出的全部二级预测要素中取舍。

（五）划分要素类型

要素划分为三类：必要的、重要的、次要的。

1、必要的：某一种矿床类型在预测工作中必不可少的要素，如果此矿床类型缺少了其中一项，则未知区不存在预测对象。

2、重要的：在预测工作中可以据此确定预测区的具体空间范围、矿床数及其规模、资源量，但并不决定预测远景区是否存在。

3、次要的：对划分预测区类别有一定作用，能增加预测区可信度，但不能据此估算资源量、空间范围、矿床数及其规模。

（六）预测要素的图面表达

1、本次预测应用 GIS 技术，通过建立专题图件空间数据库实现，要求在图面上全部表达所有预测要素。二级要素中的空间要素，在专题图的图面上表达，非空间要素主要在空间要素的属性表中表达，所有属性表的数据格式将由总项目组统一制订。

2、根据不同矿床类型编制不同的专题图件作为预测底图。包括：岩相古地理图/构造古地理图/建造古构造图、沉积建造构造图、侵入岩浆构造图、火山岩性岩相图/火山构造图、变质变形构造图/变质建造构造图、大地构造相图、物探推断地质构造图、化探推断地质构造图、遥感推断地质构造图、物探、化探、遥感、自然重砂等综合异常图等。其比例尺要求根据不同矿种，不同矿床类型以能够圈定最小预测单元为原则，一般用 1/5 万 - 1/20 万，有的可能用 1/2.5 万、1/万不等，在矿产预测部分的技术要求中明确。

（七）按照矿床类型确定预测工作区范围

一般要求，在某一矿床类型的总体区域范围内确定预测要素。例如：太古代沉积变质型铁矿，应当在该类型矿床所涉及的全部地层区范围内确定要素及要素类型。

因此按照矿床类型具体划分预测区范围十分重要，这是确定地质构造研究、编制有

关专题研究图件、编制矿产预测底图的基础工作。例如：铁矿有六种矿床类型：沉积变质型、基性岩浆型、沉积型、海相火山喷发沉积型、陆相火山岩相、矽卡岩型（或热液型），这六种矿床类型的成矿区带的划分方案是完全不同的。

全国 25 个矿种不同矿床类型的区域分布范围已经由成矿规律组圈定。（详见成矿规律研究部分）

（八）定位和定量预测

1. 选择并确定每一种矿床类型的预测要素：每一种矿床类型预测要素都是不同的，因此必须根据成矿规律研究结果在提供的综合要素中进行选择。

2. 确定各种预测要素组合：

（1）预测区定位组合；

（2）预测区圈定组合；

（3）预测矿床数组合；

（4）预测资源量组合。

3. 确定 预测要素类别：

（1）定性分类（必要的、重要的、次要的；其中预测区圈定组合应划分必要的、重要的、次要的，其它组合不划分类别）；

（2）定量分类。

4. 提出预测方法：针对不同的矿床类型选择预测方法，具体包括预测区定位方法，多因素预测要素定量分类方法，多因素预测区边界圈定方法，矿床数确定方法，资源量估算方法。本次预测方法，由总项目组统一提出，各省可根据实际情况加以选择应用。

5. 资源量估算：可以归并三大类考虑估算方法：

第一类，沉积矿床；

第二类，综合因素“内生”矿床；

第三类，层控类“内生”矿床。

（九）预测成果要求

1、预测资源量分类：

（1）334 - 1：已知矿田或已知矿床深部及外围的预测资源量；最小预测区范围内已有矿床（大、中、小规模）的预测资源量。

（2）334 - 2：最小预测区内同时具备直接（包括含矿层位、矿点、矿化点、重要

找矿线索等)和间接找矿标志的预测资源量(间接找矿标志包括:物探、化探、遥感、自然重砂等异常。)

(3) 334 - 3: 最小预测区内只有间接找矿标志的预测资源量。

334?是我国 1989 年颁布的资源储量分类标准中提出的未查明矿产资源的分类代号,本次预测的分类方案是对未查明矿产资源的进一步细分。

2、预测区分类:

预测区分类主要是相对分类,根据预测区范围内预测资源量大小、类别等因素确定:

(1) 定性分类:

A 类:已知矿田内或已知矿床深部及外围最小预测区范围内已有矿床,同时具有中型及中型远景以上规模预测资源量的最小预测区。

B 类:同时具备直接找矿标志和间接找矿标志,具有中型及中型远景以上规模预测资源量的最小预测区。

C 类:其它预测区。

(2) 定量分类:按照最小预测区内预测资源量数量、类别进行分类。

3、预测区分级:

预测区分级为空间范围分级,目的是为了和成矿区带对应,划分 3 级。

(1) 1 级:最小预测区,一般为矿田范围。

(2) 2 级:由若干空间上相对集中的最小预测区组成,相当于 级成矿带范围。

(3) 3 级:由若干空间上相对集中的 2 级预测区构成,相当于 级成矿带范围。

由于实际预测区的划分程序是从最小预测区开始,然后进一步归并,因此其级别划分和成矿带的划分不一致,请加以注意。预测工作开始按矿床类型划定预测区,最终和区域综合成矿区带加以衔接。

二、准备工作

(一) 技术培训

明确技术思路

熟悉方法技术

确定研究内容

准备技术标准

掌握操作程序

(二) 编制片区及省级子项目组总体设计

- 1、明确目的任务、研究内容、工作部署、工作安排、操作程序；
- 2、确定本地区预测矿种及其矿床类型；
- 3、确定预测要素，划分要素类型及要素组合；
- 4、落实研究内容；
- 5、落实编图技术要求；
- 6、编制数据格式，划分空间数据和属性数据，掌握各类软件及数据库建库要求；
- 7、落实定性和定量预测方法；
- 8、按提纲编制总体设计书并落实年度安排。

(三) 准备资料

1、填图资料：

(1) 全部 1:20 万、1:5 万地质报告及原始资料(包括野外记录本、实际材料图、野外手图、野外清图)；

(2) 1:20 万、1:50 万地质图数据库；

(3) 本省区域地质志以及各类专题报告、研究报告、主要论文等；

(4) 区调报告以外的各种新数据(上世纪区域地质志收来的新数据)；

(5) 收集资料：

区域地质志；

各类研究报告及专著。

2、矿产地资料

(1) 全部矿产地资料、矿产地卡片；

(2) 矿产地数据库(包括地矿、行业两套内容)

(3) 2005 年完成的陈毓川院士的“全国成矿系列及评价”专项报告及有关全部资料；

(4) 上世纪 90 年代以来的各种最新数据；

(5) 收集资料

区域矿产志

冶金、全国黄金公司、有色、化工等部门完成的成矿预测专题报告

二轮区划报告、一轮区划报告

地调局十四片成矿区带专题研究报告

各类研究报告及专著

3、磁测资料：

(1) 全部 1：100 万，1：50 万，1：20 万，1：5 万航预资料；

(2) 全部地磁测资料 1：2.5 万，1：1 万等资料

(3) 航磁数据库

(4) 各类研究报告及专著

4、重力资料

(1) 全部 1：100 万、1：50 万、1：20 万、1：5 万重力资料；

(2) 部分 1：2.5 万，1：1 万资料；

(3) 重力数据库

(4) 各类研究报告及专著

5、区域化探资料

(1) 全部 1：20 万、1：50 万区域化探资料包括分幅报告、采样点位图、小格子图；

(2) 1：20 万化探数据库；

(3) 各类专题研究报告；

收集资料：

各类专题研究及专著

6、遥感资料

(1) 遥感 ETM1：25 万标准图幅原始数据库；

(2) 其它各类遥感原始数据；

(3) 地调局中国西部遥感异常专项报告；

(4) 省级遥感综合编图资料；

(5) 各类专题研究及专著

7、自然重砂资料：

全国自然重砂数据库

原 1：20 万区调报告重砂资料

8、全国工作程度数据库

9、维护各类原始数据库

补充地质图、矿产地、航磁、区域化探、区域重力、遥感、自然重砂、工作程度等数据，资料截止时间为 2005 年 12 月（由全国汇总组、数据库子项目组统一组织各省于 2007 年 6 月底完成）。

10、改编用于本次预测工作的矿产地数据库

- （1）按预测实际要求简化内容建立新的属性表；
- （2）按预测矿种矿床类型整理原有数据库并建立新的逻辑图层；
- （3）改编图例及有关内容

三、确定预测矿种、划分矿床类型、确定预测工作范围

（一）分析本地区地质构造、成矿作用等基本特征，确定预测矿种

（二）根据主要控矿因素划分矿床类型，矿床类型参考全国统一标准划分方案

根据本省具体情况对矿床类型可以分为两种：

确定的：国内有典型矿床的

探索的：国内没有典型矿床的

（三）初步拟定成矿时代一览表，编制预测矿产分布略图、确定预测工作范围

1、成矿时代一览表：

地 区	矿 种	矿床类型	成矿时代	分布范围	备 注

2、XX 矿种 XX 矿床类型成矿范围略图：

按不同矿化类型确定成矿空间范围

3、确定预测工作区范围

四、确定研究工作内容

（一）地质构造研究工作

1、确定成矿地质背景研究工作具体内容，按照地质构造初步划分方案，分别说明研究不同地质构造背景与不同矿产矿床类型及其成矿作用的关系。

2、确定地质构造专题研究目的、要求、内容

（1）编制本地区综合地质构造图；

（2）编制某种矿床类型的预测底图；

（3）根据不同目的分别确定图件类型、内容、资料来源、编制程序、技术标准；

3、落实空间数据库建库要求，编码规则、数据格式、逻辑图层划分方案，划分空间数据和属性数据并确定挂接关系，准备软件；

（二）物、化、遥、自然重砂资料推断解释研究工作

1、地球物理资料解释研究工作（包括重力、磁法）

（1）地质构造推断解释研究工作：

推断岩体延伸（深）、倾伏、侧伏等空间位置、产状；

推断隐伏岩体埋深、产状、规模；

推断构造带延伸（深）、产状、规模；

推断盆地构造、基底构造；

（2）局部异常研究：推断深部矿体或含矿岩体空间位置、范围、产状、规模等；

（3）数据处理：原场分析、二次场分析、反演；

2、地球化学资料解释研究工作：

（1）地质构造推断解释研究工作：

推断不同地质体大致范围

推断控矿地质体范围

推断控矿构造带范围

推断不同地质体和成矿关系

（2）局部异常研究：推断预测区矿种空间位置、范围、规模、产状

（3）数据处理：数理统计、非线性、人工智能

3、遥感资料解释研究工作：

(1) 地质构造推断解释研究工作；

推断线性构造带、环形构造；

推断岩体及隐伏岩体；

推断盆地构造

推断火山构造

(2) 提取遥感异常，推断各类蚀变及铁氧化带

4、自然重砂资料解释研究工作：

局部异常研究：推测预测区矿种、空间位置、范围、规模、产状；

(三) 成矿规律研究工作

根据本次预测矿种、矿床类型，开展区域成矿规律研究工作。具体确定不同矿种、不同矿床类型代表性矿床的研究对象，并划分成矿区带，在此基础上开展典型矿床研究和区域成矿规律研究工作，建立矿床成矿模式和区域成矿模式。

(四) 矿产预测工作

1、划分矿床类型

2、确定预测要素及要素组合

3、预测方法的选择

4、圈定预测区范围

5、预测矿床数及资源量估算

6、预测资源量分类

7、编制矿产预测图

(五) 工作部署研究

(六) 勘查趋势及资源基地预测研究

五、地质构造研究及专题图件编制

(一) 地质构造研究工作目的

1、沉积岩区研究

第一，以开展沉积矿床类型矿产预测研究为目的并提供工作底图。比例尺大于 1：5 万。

第二，以开展综合地质构造研究为目的并提供编制大地构造相图基础资料底图。比例尺 1：20 万/1：25 万。

第三，以编制表达煤、铝、锰、磷、钾等沉积矿产全省单矿种成矿规律研究及矿产预测成果用工作底图为目的，工作比例尺 1：20 万/1：25 万，成图比例尺 1：50 万（青海、西藏、新疆、内蒙为 1：150 万）。

2、侵入岩区、火山岩区、变质岩区研究

第一，以开展岩浆作用、火山作用、变质作用为主的矿床类型矿产预测为目的，并提供工作底图。比例尺大于 1：5 万 - 1：20 万。

第二，以开展综合地质构造研究为目的，并提供编制大地构造相图基础资料底图。比例尺 1：20 万/1：25 万。

3、大型变形构造/区域断裂带研究

大型变形构造指造山带普遍发育的变质程度不高，但变形作用强烈的地区。

主要目的为开展综合地质构造研究服务，并提供编制大地构造相图基础资料，大型变形构造地区应独立成图，区域断裂带可以在大地构造相图原始底图上综合表达。

4、综合地质构造研究

第一，以开展“内生”综合矿床类型矿产预测研究为目的，并编制大地构造相图，为该类型矿产预测提供工作底图。比例尺 1：20 万/1：25 万。

第二，以开展全省综合地质构造研究为目的，并为编制表达除煤、铝、锰、磷、钾等矿产以外的其它矿产全省单矿种成矿规律研究及矿产预测成果用工作底图为目的工作。比例尺 1：20 万/1：25 万，成图比例尺 1：50 万（青海、西藏、新疆、内蒙为 1：150 万）。

（二）各矿种矿床类型预测类别划分及底图要求

1、沉积类、沉积变质类矿床类型：

沉积类：（岩相古地理图/构造古地理图/建造古构造图）—岩性建造图

沉积变质类：变质建造构造图

2、内生”综合类矿床类型：

（1）岩浆作用为主导因素—侵入岩浆构造图

（2）火山作用为主导因素—火山岩性岩相图/火山构造图

（3）变质作用为主导因素—变质建造构造图

(4) 断裂构造带为主导因素—区域断裂构造体系图

(5) 盆地“内生”成矿作用为主导因素...构造岩相古构造图+构造流体系统有关的图件

(6) 复合“内生”成矿作用类型—综合地质构造图/大地构造相图；

3、“内生”层控类矿床类型；

(1) 沉积建造构造图—岩性建造图叠加“内生”综合类有关专题图件；

(2) 综合地质构造图/大地构造相图：突出表示沉积建造有关内容

研究成矿地质背景、基本图件，全面反映大地构造空间位置及大地构造演化阶段特征

作为“内生”综合矿床类型底图

作为地区矿种（组）成矿规律与矿产预测综合图件（数据库）的基础图件；

因此此图必须编制

（三）综合地质构造图/大地构造相图

1、研究成矿地质背景的基本图件，全面反映大地构造空间位置及大地构造演化阶段特征

2、作为“内生”综合矿床类型底图

3、作为地区矿种（组）成矿规律与矿产预测综合图件（数据库）的基础图件；

因此此图必须编制

（四）专题研究及图件编制程序

1、岩相古地理/构造古地理/建造古构造研究及编图：

(1) 确定编图目的及研究比例尺

以编制综合地质构造图为目的，一般用 1：5 万—1：20 万；

以编制沉积矿产预测底图为目的，一般用 1：5 万

(2) 补充编制大比例尺地质图并建立数据库

(3) 确定地层分区、对比地层层序、编图目的层位

(4) 确定编图区范围及比例尺

(5) 查阅区调原始资料中的实测剖面 and 路线资料，填制沉积建造构造研究原始记录表，按剖面为单元填制沉积地层剖面研究原始记录表；

(6) 编制柱状对比剖面图，目的层等厚度图；

- (7) 研究目的层位岩性组合、岩石组分、微量元素、常量元素等，划分沉积建造；
- (8) 分析岩相标志以及特殊标志；
- (9) 分析古地理特征；
- (10) 分析古水流、古气候、古风化壳等有关特征标志；
- (11) 编制岩相古地理图，划分岩相带，标志古地理特征及其它特征，分析与含矿标志层关系，类比圈定成矿远景地段；
- (12) 分析盆地构造：包括原始构造、同生构造、盆缘构造、盆内构造、后期构造，确定盆地类型；
- (13) 编制构造古地理图，标示岩相古地理内容和盆地构造内容；
- (14) 综合物、化、遥推断资料；
- (15) 分析大地构造环境并划分构造古地理，编制建造古构造图；
- (16) 分析沉积建造构造与成矿作用关系（时间、空间、物质）；
- (17) 编制沉积建造构造图，对岩性建造图/大地构造相图/综合地质构造图中圈定的预测区进行复位表达；
- (18) 按照统一的数据格式，划分空间数据及属性数据，建立空间数据库，使用GIS平台完成编图及建库；
- (19) 编写说明书

2、侵入岩浆构造研究

- (1) 根据不同目的确定研究比例尺：
 - 以编制综合地质构造图为目的，用1：5万—1：20万（或1：25万）；
 - 以编制岩浆矿床或岩浆热液类型矿床预测底图为目的，用>1：5万；
- (2) 补充编制大比例尺地质图并建立数据库
- (3) 划分构造岩浆旋回，确定研究旋回（或期次）与目的时段；
- (4) 确定编图区范围及比例尺；
- (5) 查阅区调原始资料，填制岩体建造构造研究原始记录表，按实测剖面和路线为单元填写；
- (6) 收集岩浆岩各类专题研究资料，尤其是近十年来有关数据资料；
- (7) 全面研究侵入岩体特征：时代、期次、产状、岩体特征、岩性特征、侵位特征、演化特征等；
- (8) 划分岩体类型，确定岩体大地构造环境；

(9) 分析侵入岩体构造及控制侵入岩的区域构造，侵入接触构造及控制侵入接触构造的区域构造特征；

(10) 划分区域侵入岩浆构造带，分析其规模、产状、边界、活动期次及与控制侵入岩浆构造、控制侵入接触构造的关系，建立区域侵入岩浆带构造体系；

(11) 综合物、化、遥推断资料；

(12) 分析大地构造与区域侵入岩浆构造带关系（演化、空间、物质）

(13) 分析侵入岩浆构造带与成矿作用关系（时间、空间、物质）

(14) 对不同构造岩浆旋回（期次）分别完成上述程序，形成不同图层；

(15) 按照统一数据格式，划分空间数据及属性数据，建立空间数据库，使用 GIS 平台完成全过程编图及建库；

(16) 编写说明书

3、火山岩性岩相构造/火山构造研究及编图：

(1) 根据不同目的确定研究比例尺

以编制综合地质构造图为目的，用 1：5 万——1：20 万（或 1：25 万）编制火山构造图；

以编制火山矿床或火山热液矿床预测底图为目的，用 1：5 万编制火山岩性岩相图；

(2) 补充编制大比例尺地质图并建立数据库

(3) 为提供矿产预测用底图的划分火山旋回，确定研究旋回（或期次）目的时段；为提供综合地质资料用图为目的的，应首先确定火山岩浆构造带、火山构造分区。

(4) 确定预测区的范围及比例尺；

(5) 查阅区调原始资料，填制火山建造构造研究原始记录表，按剖面 and 路线为单元填写；

(6) 收集各类专题研究资料，尤其最近十年有关数据资料；

(7) 全面研究火山岩特征：时代、期次、岩性成分、喷发类型等资料；

(8) 划分岩性岩相空间分布范围；

(9) 划分火山岩类型，推断火山岩大地构造环境；

(10) 确定火山构造位置、类型；

(11) 分析火山原生构造，控制火山机构的构造、控制火山构造的构造；

(12) 划分区域火山岩浆构造带，分析其边界、规模、产状、喷发旋回及与控制火

山机构的构造及火山构造的关系

- (13) 综合物、化、遥推断资料；
- (14) 分析大地构造演化与区域火山构造带关系（演化、空间、物质）
- (15) 分析火山岩浆构造带与成矿作用关系（时间、空间、物质源）；
- (16) 海相火山岩尚需进一步分析火山喷发沉积建造类型、环境，原始火山沉积盆地构造特征及其与成矿关系；
- (17) 对不同火山岩浆旋回（期次）分别完成上述程序，形成不同图层；
- (18) 按照统一数据格式划分空间数据及属性数据，建立空间数据库，使用 GIS 平台完成编图及建库；
- (19) 编写说明书

4、变质建造构造研究及编图：

- (1) 根据不同目的确定研究比例尺；
 - 以编制综合地质构造图为目的用 1：5 万——1：20 万（或 1：25 万）；
 - 以编制变质矿床或变质叠加后期构造岩浆作用矿床类型为目的，用 1：5 万；
- (2) 补充编制大比例尺地质图并建立数据库
- (3) 按构造旋回确定编图目的、时段；
- (4) 确定预测区范围；
- (5) 查阅区调原始资料，填制变质建造及变质变形构造研究原始记录表，以实测剖面 and 路线为单元填写；
- (6) 收集各类专题研究资料，尤其近十年来有关数据资料；
- (7) 全面研究变质岩特征：岩性成分，恢复原岩建造、变质相带等资料，划分变质建造类型，划分深层岩、表壳岩、高级区、低级区、TTG 组合、绿岩地体等等；
- (8) 全面研究变质变形构造、划分向形、背形构造、韧性剪切带构造及其它构造；
- (9) 分析区域变质构造带边界、规模、产状、物质组成、构造活动旋回（期次）；
- (10) 综合物、化、遥推断资料；
- (11) 分析大地构造演化与区域变质构造带关系（演化、空间）
- (12) 分析变质建造及变质构造与成矿作用关系（时间、空间、物质）
- (13) 按照统一数据格式划分空间数据及属性数据并圈定空间范围建立空间数据库，使用 GIS 平台完成编图及建库；
- (14) 编写说明书

附：对变质叠加后期构造岩浆作用的矿床类型应增加岩浆构造图层有关内容。

5、大型变形构造/区域断裂构造研究及编图：

(1) 根据不同目的确定研究比例尺；

以编制综合地质构造图为目的的一般用 1：5 万——1：20 万（或 1：25 万）；

以编制与构造作用有关矿床类型底图为目的，用 1/5 万；

(2) 补充编制大比例尺地质图并建立数据库

(3) 确定大型变形构造/区域断裂构造研究对象；

(4) 确定工作区范围及比例尺；

(5) 查阅区调原始资料及报告，填制大型变形构造/区域断裂构造研究原始记录表，按构造剖面 and 路线为单元填写；

(6) 收集有关专题研究资料；

(7) 研究构造带特征：规模、产状、延伸（深）、活动（力学）、性质、旋回、期次、位移等；

(8) 研究构造带内部物质组成（动力变质岩石类型、混杂岩类、蛇绿混杂岩类、脉岩、小岩株、基质、岩块、构造岩片等等）；

(9) 划分构造类型；

(10) 综合物、化、遥推断资料；

(11) 研究构造带与大地构造活动的关系（空间、演化、物质成分）；

(12) 研究构造带与成矿构造（矿田构造）体系的关系，建立区域成矿构造体系；

(13) 按照统一数据格式划分空间数据及属性数据，建立空间数据库，使用 GIS 平台，完成编图及建库。

(14) 编制说明书。

说明：根据变形构造规模、范围和矿产预测的比例尺要求，一般情况下在大地构造相图中合并表达。如有需要应单独编图。

6、综合地质构造/大地构造相研究及编图：

(1) 确定研究区边界范围

(2) 根据沉积建造构造、火山岩性建造构造、侵入岩浆建造构造、变质建造构造、盆地构造、大型变形构造等基本特征，确定大地构造相类型以及综合地质构造单元划分方案；

(3) 根据大型变形构造/区域构造带确定大地构造相/综合地质构造单元界线，并

在大地构造相及综合地质构造单元区块内表达沉积建造、火山建造、侵入岩浆建造、变质建造等内容。

(4) 全面综合沉积建造构造、火山建造构造、侵入岩浆建造构造、变质建造构造、盆地构造、大型变形构造等特征，确定大地构造演化特征；

(5) 编制综合地质构造图/大地构造相图；

(6) 按照前述五类专题数据库数据格式，增加综合地质构造/大地构造相数据格式，建立空间数据库，使用 GIS 平台完成编图及建库；

(7) 编写说明书

(8) 各类专题图件编图范围必须衔接，大多数专题内容为逻辑图层叠加。

(五) 提交验收的资料要求

1、沉积岩区

(1) 岩相古地理图 / 构造岩相古地理图 / 建造古构造图，比例尺 $> 1:5$ 万

提供矿产预测原始工作用图底图

(2) 沉积建造构造图，比例尺 $> 1:5$ 万

提供沉积矿产预测结果表达用图底图（该图在地质图基础上编制，突出沉积建造和构造内容，简化其它内容）

(3) 沉积建造构造图，比例尺 $1:20$ 万— $1:50$ 万

提供编制综合地质构造图资料用图（目的为编制大地构造相图提供基础资料，此图编图目的层位按构造旋回确定）

(4) 沉积（或盆地）建造构造图，比例尺 $1:20$ 万— $1:50$ 万

提供煤、铝土矿、磷、锰、硼、钾、菱镁矿（单一沉积类型的矿种）等全省单矿种预测成果图底图。（目的为某种沉积矿产提供底图，此图编图目的层位按含矿层位确定）

(5) 图件说明书

(6) 原始资料

沉积建造构造研究实际材料图，比例尺 $> 1:5$ 万— $1:20$ 万

沉积建造构造研究原始记录表

地层剖面研究原始记录表

(7) 数据库（上述各项内容）

2、侵入岩区

(1) 侵入岩浆构造图, 比例尺 $> 1:5$ 万

提供矿产预测原始工作用图底图

(2) 侵入岩浆构造图, 比例尺 $1:20$ 万— $1:50$ 万

提供编制综合地质构造图资料用图

(3) 图件说明书

(4) 原始资料

侵入岩建造构造研究实际材料图, 比例尺 $> 1:5$ 万— $1:20$ 万

侵入岩建造构造研究原始记录表

(5) 数据库 (上述各项内容)

3、火山岩区

(1) 火山岩性岩相构造图/火山构造图, 比例尺 $> 1:5$ 万

提供矿产预测原始工作用图底图

(2) 火山构造图, 比例尺 $1:20$ 万— $1:50$ 万

提供编制综合地质构造图资料用图

(3) 图件说明书

(4) 原始资料

火山建造构造研究实际材料图, 比例尺 $> 1:5$ 万— $1:20$ 万

火山建造构造研究原始记录表

(5) 数据库 (上述各项内容)

4、变质岩区

(1) 变质建造构造图, 比例尺 $> 1:5$ 万

提供矿产预测原始工作用图底图

(2) 变质建造构造图

提供编制综合地质构造图资料用图

(3) 图件说明书

(4) 原始资料

变质建造构造研究实际材料图

变质建造构造研究原始记录表

(5) 数据库 (上述各项内容)

5、大型变形构造 / 区域断裂构造

(1) 区域大型变形构造体系图, 比例尺 $> 1:5$ 万

提供矿产预测原始工作用图底图

(2) 区域大型变形构造体系图, 比例尺 $1:20$ 万 - 50 万

提供编制综合地质构造图资料用图

(3) 图件说明书

(4) 原始资料

大型变形构造研究实际材料图

大型变形构造研究原始记录表

(5) 数据库 (上述各项内容)

6、大地构造相 / 综合地质构造

(1) 大地构造相图 / 综合地质构造图 (预测用 $1:20$ 万/ 25 万, 研究综合地质构造 $1:50$ 万)

(2) 原始资料

综合地质构造研究原始记录表

综合地质构造研究实际材料图

沉积 + 岩浆 + 火山 + 变质 + 大型变形 + 上叠盆地等六要素原始叠加数据库 (图)

说明书

数据库 (上述各项内容)

六、物探、化探、遥感地质构造推断解释研究及编图

(一) 物探、化探、遥感、自然重砂资料研究工作目的

1、磁测资料研究

第一, 以预测磁性矿产为直接目的, 判别矿致异常、圈定预测区范围、预测矿床数, 为估算资源量提供数据 (定量) 及资料 (定性)。工作比例尺大于 $1:5$ 万。要求研究全部磁测资料并定量解释。

第二, 以编制各类矿产预测用综合信息地质构造底图提供基础资料为目的, 并编制磁法资料推断地质构造图。工作比例尺分两种: 大于 $1:5$ 万 ~ $1:20$ 万。要求对与预测有关的重要地质构造进行定量解释。

第三, 以综合地质构造研究为目的, 为编制各类地质构造研究专题图件提供基础资

料为目的，编制磁法推断地质构造图。工作比例尺为 1 : 20 万，成图比例尺 1 : 50 万（青海、西藏、新疆、内蒙为 1 : 150 万）。

2、重力资料研究

第一，以编制矿产预测综合信息地质构造底图提供基础资料为目的，并编制重力资料推断解释地质构造图，工作比例尺为 1 : 20 万。与预测有关的重要地质构造进行定量解释。

第二，以综合地质构造研究为目的，为编制各类地质构造研究专题图件提供基础资料为目的，并编制重力资料推断地质构造图。工作比例尺为 1 : 20 万，成图比例尺 1 : 50 万（青海、西藏、新疆、内蒙为 1 : 150 万）。

说明：

（1）物探资料研究工作中，磁法及重力资料都有两项相似的内容，即 1 : 20 万比例尺的地质构造推断解释工作，其工作内容相似，但是精度要求不同，对于以编制矿产预测用综合地质构造图为目的地质构造推断解释工作要求对其中与预测有关的重要地质构造进行定量解释。

（2）与预测有关的重要地质构造包括：

预测矿体空间位置有关的隐伏岩体、隐伏及隐蔽断裂带、隐伏褶皱、隐伏火山构造、变质基底、埋深、规模、产状。（包括半隐伏）

与成矿带相关的变质基底、盆地构造、断裂带、大型变形构造、火山构造、岩浆构造带、特殊构造带规模、产状（延长、延深、宽度）物质组成。

其它重要地质构造

重力和磁法资料地质构造推断解释的内容、要求是不完全相同的，应根据两种方法的特点对上述内容进一步细化，除了上列内容以外，请物探专家们在编写技术要求时进一步细化、补充。

3、化探资料研究

第一，以预测有关矿产为直接目的，判别矿致异常，圈定预测区范围、预测区矿床数，为估算资源量提供数据。工作比例尺大于 1 : 5 万 ~ 1 : 20 万（1 : 50 万）。

第二，以矿产预测用综合信息地质构造底图提供化探资料为目的，并编制化探资料推断地质构造图，工作比例尺为大于 1 : 5 万 ~ 1 : 20 万。

第三，以综合地质构造研究为目的，为编制全省大地构造相图提供基础资料为目的，并编制化探资料推断地质构造图。工作比例尺为 1 : 20 万，成图比例尺为 1 : 50 万（青

海、西藏、新疆、内蒙为 1 : 150 万)。

说明：关于第二种目的的工作比例尺，取决于预测的矿种及矿床类型，例如：预测基性、超基性岩铜镍矿床，利用化探资料推断岩体分布，尽量应用大于 1:5 万资料。例如“三江”南段。预测斑岩铜矿利用化探资料推断岩浆构造带应用 1 : 20 万资料。

4、遥感资料研究

第一，以预测有关矿产为直接目的，提取蚀变遥感异常，判别矿致异常，为圈定预测区范围、估算矿床数、划分预测区级别、划分预测资源量级别提供信息。工作比例尺大于 1 : 5 万。

第二，以编制矿产预测用综合信息地质构造底图提供遥感推断地质构造图为目的。工作比例尺大于 1 : 5 万 ~ 1 : 20 万。

第三，综合地质构造研究为目的，为编制各类地质构造研究专题图件提供遥感推断地质构造图为目的。工作比例尺为 1 : 20 万/1 : 25 万，成图比例尺为 1 : 50 万（青海、西藏、新疆、内蒙为 1 : 150 万）。

5、自然重砂资料研究

为预测有关矿产为直接目的，判别矿致异常、矿种，为圈定预测区范围，估算矿床数，划分预测区级别、预测区资源量级别提供信息。

（二）物探（重力、磁法）资料地质构造推断解释研究

1、全面整理物探原始数据库：1 : 5 万—1 : 20 万-1 : 50 万，局部地区为、1 : 100 万

2、收集并整理模型区/预测范围区 > 1 : 5 万物探原始数据资料；

3、尽量收集物性资料；

4、原场区域分区及其特征研究，分析与地质构造分区关系（包括沉积盆地、火山构造带、变质建造构造带、大地构造分区带）；

5、二次场研究：求导、化极、延拓；

6、反演推断解释：

（1）地表重要侵入体、区域构造带深部延深、产状特征；

（2）隐伏岩体、隐伏（隐蔽）构造带的空间位置、范围、规模、产状、顶面埋深特征。

（3）上叠沉积盆地：推断基底埋深、盆地产状、盆地构造。

- 7、模型区、预测范围区、大比例尺地质构造详细解释研究；
- 8、编制物探推断解释地质构造图；
- 9、分析推断地质构造与成矿的关系；
- 10、按统一数据格式划分空间数据及属性数据，建立空间数据库，应用 GIS 平台以及统一数据处理软件完成全编图及建库。

（三）遥感资料地质构造推断解译研究及编图

- 1、全面整理遥感影像原始数据库（利用已有 1：25 万-ETM 已校正原始数据）局部地区 1：25 万各类数据；
- 2、收集并整理模型区/预测范围区 > 1：5 万遥感原始数据资料；
- 3、研究遥感影像色、块、带、线、环等特征，并推断解译地质构造特征内容；
- 4、模型区、预测范围区大比例尺地质构造详细解译研究；
- 5、编制遥感推断解译地质构造图；
- 6、分析推断地质构造与成矿的关系；
- 7、按统一数据格式划分空间数据及属性数据，建立空间数据库，应用 GIS 平台以及统一数据处理软件完成编图及建库。

（四）化探资料地质构造推断解译研究及编图

- 1、全面整理化探原始数据库（利用已有 1：20 万-1：50 万原始数据库）；
- 2、收集并整理 1：5 万原始数据并建库；
- 3、编制单元素异常图及综合异常图；
- 4、编制单元素/综合元素等直线图；
- 5、研究造岩元素（组合）与地质构造分区关系，推断解释区域地质构造；
- 6、确定成矿元素特征区及特征线；
- 7、推断解释成矿地质构造范围、产状、规模；
- 8、编制化探推断解释地质构造图；
- 9、按统一数据格式划分空间数据及属性数据，建立空间数据库，应用 GIS 平台以及统一数据处理软件完成编图及建库。

（五）提交验收的资料要求

- 1、物探（重力、磁测）资料研究
- （1）为矿产预测用磁测资料推断地质构造图。比例尺：大于 1：5 万~1：20 万；

(2) 为编制各类地质构造研究专题图件提供基础资料的物探（重力、磁测）推断地质构造图。比例尺：1：20 万；

(3) 全省推断地质构造图。比例尺：1：50 万；

(4) 原始资料

各类原始数据及平剖面图；

各类位场转换实际材料图及数据表

定量反演实际材料图及数据表

(5) 说明书

(6) 数据库（上述各项内容）

2、化探资料研究：

(1) 为矿产预测用化探资料推断地质构造图。比例尺大于 1：5 万～1：20 万；

(2) 为编制综合地质构造研究用的化探资料推断地质构造图；

(3) 原始资料：

各类化探原始数据（除统一建设的 1：20 万化探数据库以外的数据）；

实际材料图；

原始数据表

(4) 说明书

(5) 数据库（上述各项内容）

3、遥感资料研究

(1) 为矿产预测用遥感推断地质构造图，比例尺大于 1：5 万～1：25 万；

(2) 为编制综合地质构造图用的遥感推断地质构造图，比例尺：1：25 万；

(3) 原始资料（除统一建设的 1：25 万遥感数据库以外的数据）

原始数据

实际材料图

(4) 说明书

(5) 数据库（上述各项内容）

七、物探、化探、遥感、自然重砂局部异常研究

（一）物探局部异常推断解释

- 1、根据地质构造背景条件大致区分可能致矿及非致矿异常；
- 2、根据模型区异常特征对可能致矿异常推断解释；
- 3、定量反演推断地表磁性矿体延伸（深）、产状、形态、范围；
- 4、定量反演推断含磁性隐伏地质体埋深、产状、形态、范围；
- 5、定量反演推断隐伏密度异常地质体埋深、产状、形态、范围；
- 6、综合地质、化探、遥感、自然重砂、矿化线索等综合信息，判断隐伏磁性矿体；
- 7、定量推断隐伏的磁性矿体形态、产状、规模；
- 8、综合地质、化探、遥感、矿化线索等综合信息，推断隐伏基性超基性岩体产状、形态、规模；
- 9、编制综合异常图并建库。

（二）化探局部异常推断解释

- 1、圈定化探单元素异常；
- 2、圈定化探综合异常；
- 3、根据模型区异常特征进行未知区类比预测；
- 4、根据地表已知矿化线索推断化探异常区、可能矿种、矿化规模、产状、范围；
- 5、结合地质、物探、遥感异常、自然重砂等综合信息推断矿化范围、规模、产状；
- 6、编制综合异常图并建库。

（三）遥感局部异常推断解释

- 1、应用不同波段光谱数据处理，获取遥感异常；
- 2、根据遥感异常圈定蚀变区及铁氧化区；
- 3、结合地质、物探、遥感异常、自然重砂等综合信息推断矿化范围、规模、产状；
- 4、编制遥感异常图并建库。

（四）自然重砂异常推断解释

- 1、划分汇水盆地；
- 2、圈定单矿物异常范围；

- 3、圈定矿物组合异常范围；
- 4、结合地质、物探、化探、遥感等综合信息推断矿种、矿化范围、规模、产状
- 5、编制综合异常图并建库。

(五) 物、化、遥、自然重砂局部异常研究和矿致异常

- 1、遵循各专业理论依据进行科学解释；
- 2、物探应进行定量反演；
- 3、化探应进行数理统计及非线性、数据处理等；
- 4、推断解释必须以地质构造及成矿规律研究为基础。

(六) 提交验收的资料要求

1、磁异常研究

- (1) 磁测异常分布图；比例尺大于 1：5 万～1：20 万；
- (2) 磁性矿体推断解释图；推断磁性矿体形态、产状、规模；比例尺大于 1：5 万；
- (3) 原始资料：

 各类原始数据及数据库

 磁性矿体推断解释实际材料图及数据库

 异常圈定实际图及数据表。

(4) 说明书

(5) 数据库（上述各项内容）

2、重力异常研究：

- (1) 重力异常分布图；比例尺大于 1：5 万～1：20 万；
- (2) 异常圈定实际材料图及数据表；
- (3) 说明书
- (4) 数据库（上述各项内容）

2、化探异常研究

- (1) 单元素异常图
- (2) 综合异常图
- (3) 原始资料

 景观地球化学分区图

 圈定异常实际材料图

各类数据表

(4) 说明书

(5) 数据库 (上述各项内容)

八、成矿规律研究工作 (仅指满足矿产预测工作要求)

(一) 省级成矿规律研究工作目的

(1) 为矿产预测提供典型矿床矿床模型资料。

(2) 为矿产预测提供区域成矿规律资料。(全国成矿规律研究工作还要求进一步总结成矿理论。)

(二) 典型矿床研究工作 (按矿床类型分类研究)

1、成矿时代研究：

(1) 沉积矿床：沉积成矿地层年代、沉积成矿年代、沉积矿产后期改造年龄；

(2) “内生”矿床：主成矿期成矿年龄、多期成矿年龄 (同一成矿作用) 叠加成矿年龄；

(3) 层控矿床：层控成矿地层年代、层控成矿主成矿期年龄

(4) 变质矿床：变质年龄、变质成矿年龄

2、控矿因素研究

(1) 成矿有关的地质建造研究：

划分成矿地质建造类型：沉积建造、火山建造、岩浆建造、变质建造、复合建造；

研究成矿地质建造特征：(具体研究内容参考地质构造研究有关内容)；

确定成矿地质建造有关控制成矿要素；

编制矿田 (模型区) 岩性建造图。

(2) 成矿构造研究：

划分成矿构造类型：沉积构造体系、岩体构造体系、接触构造体系、褶皱构造体系、断裂构造体系、火山构造体系、复合构造体系；

研究成矿构造特征：类型、规模、产状、期次、构造性质、运动方式、活动强度、活动期次、物质成分、空间组合；

确定成矿构造类型，建立成矿 (矿田) 构造体系。

编制矿田构造图。

3、矿床特征研究：

(1) 矿床空间特征：

矿体形态、规模、产状

矿带（段、脉群）形态、规模、产状

(2) 矿床物质成分特征：

矿石矿物成分、矿物特征、组合

矿石结构构造

矿床元素组分、赋存状态、空间分布

(3) 成矿期次特征：

成矿期划分与物质组分及其空间变化

成矿阶段划分与物质组分及其空间变化

4、成矿流体及蚀变特征研究：

(1) 蚀变带研究：

类型 范围 规模 组合 期次 强度

(2) 划分反映流体迁移和沉淀蚀变分类

(3) 成矿流体类型

(4) 成矿物理化学条件特征（温度、压力、PH 值、EH 值、氧逸度、硫逸度、盐度、包裹体）

(5) 成矿物质源判别（水源、物源、热源）

5、矿床资源储量

平均品位

金属量

矿石量

矿床规模类型

6、建立矿床成矿模式，编制矿床（田）成矿作用专题图件

(1) 矿床（田）成矿地质图；(2) 矿床（田）成矿模式图(平面图、剖面图)，包括成矿建造特征、成矿构造特征、成矿作用特征、矿床资源储量等内容；

(三) 区域成矿规律研究

1、确定成矿时代：

按矿床类型：

(1) 沉积、沉积变质矿床类型应编制详细的成矿地层年代表，划分到统。

(2) “内生”矿床类型应编制成矿年龄表。

2、区域成矿地质背景研究：

(1) 大地构造位置特征；

(2) 大地构造演化特征；

(3) 成矿作用与大地构造活动关系（时间、空间、物质）

3、区域成矿建造研究：

(1) 区域成矿建造类别划分：沉积建造、火山建造、岩浆建造、变质建造、复合建造；

(2) 区域成矿建造特征研究；

4、区域成矿构造研究：

(1) 区域成矿构造类别划分：沉积构造（岩相古地理/构造古地理/建造古构造）、区域火山构造、区域岩浆构造带、区域变质变形构造、区域断裂带；

(2) 区域成矿构造特征研究：时代、期次、边界、规模（延长、延深、宽度）产状、物质组成、演化、性质、类别等。

5、按照不同矿床类型分布范围，确定研究范围；

6、编制各类专题图件：

区域成矿模式图、区域成矿作用平面图、区域成矿作用剖面图

按不同矿床类型编制各类专题图：

1) 底图类别

岩相古地理图/构造古地理图/建造古构造图；

火山岩性岩相构造/火山构造图；

侵入岩浆构造图

变质建造构造图

综合地质构造图/大地构造相图

2) 确定区域控矿因素内容

3)叠加物探、化探、遥感、自然重砂综合信息内容

7、确定区域成矿要素

(1)按矿床类型确定区域控制成矿要素，编制成矿要素一览表

分三类：必要的、重要的、次要的；

XX 矿种 XX 矿床类型成矿要素一览表（内容参照二级要素综合分类方案）

矿种	矿床类型	类别	典型矿床式	成矿时代	成矿建造		成矿构造	
					类别	特征	类别	特征

矿床空间特征	物质成分	成矿期次	蚀变和成矿流体特征

(2)划分控矿要素类型：必要的，确定矿床定位要素；重要的，决定矿床空间范围，矿床数、预测资源量；次要的，提高矿床成矿规律的研究程度；

XX 矿种 XX 矿床类型成矿要素分类一览表

矿种	矿床类型	要素类别		
		必要的	重要的	次要的

8、建立区域成矿模式

区域成矿模式分为单一矿床类型成矿模式，以及综合成矿模式，在建立单一矿床类型成矿模式的基础上，根据控矿地质作用特征建立多矿种综合成矿模式。

（四）编制区域成矿模式图

根据区域成矿规律图，编制区域成矿模式图（平面图、剖面图），叠加物探、化探资料，建立区域矿床模型。

（五）编制区域成矿规律图

1、两类图件及数据库要求

(1) 各种矿床类型成矿规律图：比例尺不等，大于 1：5 万—1：20 万（原始库）；

(2) 按矿种（组）编制的区域成矿规律图：比例尺 1：20 万—1：50 万（综合库）；

2、底图要求：按上述两类图件分别要求：

(1) 各种矿床类型成矿规律图底图：岩相古地理图/构造古地理图/建造古构造图、火山岩性岩相图/火山构造图、侵入岩浆构造图、变质建造构造图、综合地质构造图；比例尺不等，大于 1：5 万—1：20 万（原始库）；

(2) 按矿种（组）编制的区域成矿规律图底图：一般按省、片区、全国三种情况编制，单一沉积矿产、以岩性建造构造图/盆地构造图/构造古地理图为底图，综合类型矿产以综合地质构造图/大地构造相图为底图。

比例尺 1：20 万—1：50 万（综合库）；

3、叠加物、化、遥、自然重砂综合异常信息；

4、划分区域成矿区带；

5、按统一数据格式划分空间数据及属性数据建立空间数据库、应用 GIS 平台完成编图及建库；

（六）总结区域成矿规律

在以上工作基础上，全面总结区域成矿规律：

1、建立成矿系列

按照成矿时代，成矿地质构造背景，综合分析区域成矿地质作用特征，综合区域成矿作用特征，建立矿床组合，划分主要矿种、次要矿种及伴生矿种，建立成矿系列及亚系列。

2、建立区域成矿谱系

根据不同地质历史时期的区域地质构造构造演化特征，以及不同地质历史时期的成矿作用及矿床成矿系列建立时空演化规律，一般以图表表达。

3、编写区域成矿规律研究报告

（七）提交验收的资料要求

1、典型矿床研究报告（分矿床编写）

2、区域成矿规律图；

3、原始资料：

(1) 典型矿床。研究数据来源、原始记录。

(2) 典型矿床研。成矿要素数据表。

(3) 区域成矿规律图实际材料图。

4、说明书

5、数据库（典型矿床数据库、区域成矿规律图、数据库）

九、矿产预测评价工作

（一）矿产预测工作目的

- 1、圈定远景区并分类；
- 2、估计矿床数；
- 3、估算资源量并分类。

（二）确定预测要素

- 1、预测要素综合分类方案（详见附录 2）；
- 2、按矿床类型具体成矿要素确定预测要素具体内容；

（三）划分要素类型

- 1、定性分类：必要的、重要的、次要的；
- 2、定量分类：根据统一方法进行数理计算、分类；
- 3、根据定性分类校正定量分类

（四）划分要素组合

- 1、定位预测组合
- 2、圈定预测区边界组合
- 3、推断矿床数组合
- 4、估算资源量组合

（五）编制预测要素一览表

XX 矿种 XX 矿床类型预测要素一览表

矿种	矿床类型	类别	预测要素类别		
			必要的	重要的	次要的

预测要素组合				预测方法选择			底图 要求	备注
定位 组合	圈定边 界组合	估计矿 床数	估算资 源量	要素分类	定位	定量		

（六）预测基础图件要求

1、沉积矿床类型

（1）预测原始工作用图：

辅助图件：岩相古地理图/构造古地理图/建造古构造图，比例尺大于 1：5 万。

预测远景区底图采用复原的沉积建造构造图，比例尺大于 1：5 万。

（2）分省单矿种矿产预测图：

底图采用沉积建造构造图，工作比例尺 1：20 万，成果表达比例尺 1：50 万。

2、综合“内生”矿床类型

一般采用综合地质构造图（大地构造相图）为底图，根据不同矿床类型有的突出表达岩浆岩内容，有的突出表达区域断裂构造内容，比例尺大于或等于 1：20 万。

3、层控“内生”矿床类型、海底火山喷发沉积型矿床类型

应增加编制沉积建造构造图。

4、变质矿床类型

采用变质建造构造图，比例尺大于 1：5 万 - 1：20 万。

5、由于各种矿床类型预测要素比较复杂，因此，预测用的基础图件应根据不同的情况编制相应的辅助图件。除上述四种情况以外，可自行选择预测基础图件的有关内容。例如，离子吸附型稀土矿床类型预测用基础图件为第四纪地貌地质图。

（七）预测方法的选择

1、预测要素定量分类方法

2、计算机圈定预测区范围方法

3、确定预测区矿床数方法

4、资源量估算方法

(八) 圈定预测区范围

- 1、圈定最小预测区范围
- 2、圈定不同级别预测区范围
- 3、划分预测区级别

(九) 预测矿床数量

(十) 估算资源量

(十一) 划分预测资源量类别

预测资源量分为三类，根据分类原则确定 334 - 1、334 - 2、334 - 3、资源量

(十二) 划分预测区类别

预测区分为 A、B、C 三类。

- 1、定性分类：
- 2、定量分类：根据定量计算进行分类排序。按计算结果分类。定量分类应通过定性分类进行校正。

(十三) 编制矿产预测图

- 1、预测图及数据库分两类：
 - (1) 按矿床类型提交的原始矿产预测图
比例尺大于 1：5 万—1：20 万
 - (2) 按单矿种（组）提交的综合矿产预测图；
- 2、预测底图要求：按上述两种成果图选择不同的专题图件，修改补充地质构造研究专题图件；
- 3、圈定预测区并标明预测区类别；
- 4、按统一数据格式划分空间数据及属性数据应用 GIS 平台完成编图及建库。

(十四) 提交验收的资料

- 1、矿产预测图
- 2、原始资料：
 - (1) 各类原始数据表（预测要素分类、组合、最小预测单元、预测区、预测资源量等）；

- (2) 实际材料图。
- 3、说明书
- 4、数据库（上述各项内容）
- 5、单矿种预测报告
- 6、矿产预测工作报告

十、工作部署建议

（一）工作部署研究

根据预测区分类以及社会经济发展情况提出工作部署建议意见，分下列几类：

- 1、基础地质调查工作
- 2、矿产资源远景调查评价工作
- 3、预查—普查工作
- 4、深部找矿工作

（二）提交验收的资料

- 1、工作部署图；
- 2、原始资料；
- 3、说明书；
- 4、数据库。

十一、未来勘查工作趋势及矿产资源基地预测

（一）预测工作

- 1、勘查工作预期成果预测：分 5、10、15 年三期；
- 2、勘查工作条件预测：资金、能力；
- 3、编制矿产资源基地预测图

（二）提交验收的成果

- 1、矿产资源基地预测图；
- 2、原始资料；
- 3、说明书；

4、数据库。

十二、成果要求

- (一) 省级重要矿产资源预测评价工作报告
- (二) 省级重要矿产资源预测评价成果报告
- (三) 省级单矿种资源量预测报告
- (四) 省级重要矿产资源预测评价数据库
- (五) 省级重要矿产资源预测评价图件
- (六) 省级重要矿产资源预测评价图册
- (七) 各类附图、附件、附表

第二部分

矿床预测方法研究

前 言

矿床预测是指矿区范围内的矿产预测,其性质为定位预测,一般为三维空间预测,也有二维预测。通过预测,推断矿体可能存在的空间位置,指示矿产勘查工作,其基本特点:

1. 预测区空间范围基本限定,根据工作程度,大概可分为两种类型:一是仅有化探、物探等异常和零星的矿化,蚀变标志,或者是地表已发现一定规模的矿体,进一步扩大远景;二是矿区内已经达到一定工作程度,部分矿体已经深部探矿工程查明,在此基础上进一步扩大远景,例如:矿山深部找矿,矿区深部勘查等。

2. 工作目的是推断是否存在未发现的矿体,并确定其空间位置。一般情况下,前者以地表进一步揭露矿体或矿化带,并进一步开展深部揭露工作,后者是进一步探寻深部矿体扩大远景。两者性质存在区别,预测的方法思路有一定差别。

3. 预测工作实践性很强,矿产勘查的全过程就是其工作方法是和矿产勘查同步的连续过程:

(1) 完成大比例尺地质填图及物探、化探等基础工作。

(2) 系统揭露物探、化探异常及矿化蚀变线索,并进行地表及深部工程揭露。

(3) 深入研究矿区控矿因素及成矿作用特征。

(4) 深入总结找矿标志及预测准则,开展外围及深部预测工作。

4. 矿床预测工作是一项复杂的系统工程,集地质学、矿床学、找矿勘探学、勘查地球物理、勘查地球化学等专业等学科知识之大成,具有极强的综合性,因此必须具备各方面的知识基础。

矿床预测工作具有很强的探索性、综合性、实践性。由于矿床类型不同,预测方法也完全不同,根据成矿作用的基本条件,一般可划分为与沉积作用有关的矿床以及与热液流体作用有关的矿床。前者包括:煤、磷、锰、铝土矿等各类沉积矿床。后者包括:热卤水,火山作用、岩浆作用、变质作用等与流体作用有关的各类矿床。

本文提出的预测方法的成矿作用理论思路是:无论是沉积成矿作用,还是“内

生”成矿作用，都是成矿物质载体物理化学条件转换作用过程，沉积成矿作用是含矿水体在不同物理化学条件下形成的沉积地球化学障卸载作用的过程；“内生”成矿作用则是含矿流体在不同物理化学条件下形成的热液地球化学障卸载作用的过程。本文依据上述基本理论思路说明矿床预测的基本方法。

第一节 基础工作要求

矿床预测工作是矿产勘查工作的重要组成部分,贯穿于矿产勘查工作的全过程,但是作为相对独立的工作内容,应当界定明确的范畴以及基础工作要求。

一、矿区基础工作程度

1. 已完成地质、物探、化探大比例尺面积性工作。
2. 系统揭露地表矿化、蚀变以及物探、化探异常。
3. 已知矿体已经进行了探矿工程控制。

二、区域成矿规律研究工作要求

矿床预测工作必须在区域成矿规律研究工作基础上进行,区域成矿规律研究工作,一般是前人工作基础上展开,但是由于种种原因在实际工作中,区域成矿规律的研究工作程度,往往很不理想,因此必须通过全面收集前人工作资料进一步总结区域成矿规律的认识。主要工作内容如下:

1. 单矿种成矿规律研究

- (1) 确定矿种(组);
- (2) 划分矿床类型(附录:矿床类型分类表);
- (3) 确定各矿床类型空间分布(附录:各矿种空间分布略图);
- (4) 确定各矿床类型成(控)矿要素组合(附录:各矿种成矿要素划分方案);
- (5) 矿床式研究;
- (6) 建立成矿谱系;
- (7) 单矿种成矿区带分布特征;
- (8) 建立单矿种区域成矿模式(分矿床类型);(附单矿种区域成矿模式图)
- (9) 编制单矿种成矿规律图。

2. 区域成矿规律研究

- (1) 区域成矿系列研究;

- (2) 区域成矿谱系研究；
- (3) 区域成矿区带划分；
- (4) 区域控矿因素研究；
- (5) 建立区域成矿模式；

由于本文重点说明矿床预测方法技术,因此对区域成矿规律的研究工作在此不再详述。

三、区域矿产实地踏勘调查工作

踏勘调查工作是指对已知矿床、矿点、矿化线索进行野外踏勘,实地收集控矿地质条件、矿床特征、找矿标志等资料。同时,有目的的采集必要的研究样品。

区域矿产实地踏勘调查工作是矿床预测的基础工作,无论对已经有系统区域成矿规律研究资料的地区,还是对没有系统成矿规律研究的地区,都必须进行踏勘工作。区域矿产实地踏勘调查工作应当对区域上与矿床预测有关的已知矿床、矿点、重要矿化线索开展尽量多的现场观察工作。

1. 典型矿床实地观察:一般典型矿床工作程度和研究程度都比较高,应作为踏勘、调查工作的重点,根据已有研究成果,有针对性的采集必要的专题样品。

2. 面上矿点踏勘:与矿床预测对象有关的矿床、矿点、矿化点,根据成矿系列及矿床类型开展系统实地调查。

3. 区域成矿地质背景调查;一般在开展区域矿产实地踏勘调查过程中,对区域地质背景进行顺便了解,但是对与成矿有重要关系的基础地质问题应重点安排。

四、确定预测基础研究工作内容

矿床预测的基础研究工作主要包括三方面内容:一是成矿地质建造研究,二是成矿构造的研究,三是矿化特征及成矿作用研究。对于每一个具体的工作矿区,其控矿因素以及成矿作用都有其特定的确定性,因此在开展预测基础研究工作时,应根据矿区工作程度,区域成矿规律的认识,确定预测基础研究的具体工作内容及重点。

第二节 成矿地质建造研究

成矿地质建造研究是矿床预测基础研究工作的主要内容之一。主要包括与成矿密切相关的沉积建造、火山喷发建造、岩浆侵入建造、变质建造。其研究内容如下：

成矿建造分四种：沉积建造、侵入岩浆建造、火山建造、变质建造。

一、沉积成矿建造研究：

1．地层研究

岩石地层单位、地层时代、特殊标志层

2．岩性成分研究：

岩石类型、岩性特征、岩石组合、岩石结构、沉积构造、常量元素、稀土元素、微量元素、同位素

3．沉积建造研究：

建造类型、建造序列、建造厚度、沉积建造分布范围

4．沉积作用研究：

沉积作用类型、沉积序列类型、古水深、古盐度、古水温、生物组合、矿化特征、蚀变特征、氧化还原环境、酸碱度

二、火山成矿建造研究

1．火山地层研究

火山地层分区、火山地层时代、岩石地层单位、火山地层层序、火山地层分布范围、火山-沉积岩厚度、火山-沉积岩系产状、地层接触关系、基底时代、基底岩性

2．火山岩性成分研究

火山岩性、火山岩岩石类型、火山-沉积岩类颜色、火山岩岩石组合、火山岩岩石系列、火山岩岩石演化系列、火山岩相带划分

3．矿物特征研究

主要矿物特征、次要矿物特征、副矿物特征、火山碎屑物特征、包体特征、常量元素、稀土元素、微量元素、成矿元素、同位素、矿物包裹体

4. 火山喷发作用：

火山喷发类型、火山喷发韵律、流动单元和冷却单元、火山喷发古地理环境、火山岩成因类型、特殊岩类、岩墙（群）、岩脉、矿化特征、蚀变特征、共生沉积化石、喷发沉积物理化学条件（盐度、温度、深度、氧化还原环境）、特殊岩性夹层、火山作用类型

三、岩浆成矿建造研究

1. 岩体特征研究

侵入岩年龄、侵入期次、出露面积、岩体产状、剖面形状、侵位深度、侵位方式、剥蚀程度、隐伏岩体（埋深、产状、形态）、接触带（内、外）、隐爆角砾岩、岩相带、脉岩及小岩体组合

2. 岩石特征研究

岩石组合、矿物成分、副矿物、岩石结构、岩石构造、常量元素、微量元素、稀土元素、成矿元素、同位素示踪、同位素年龄、矿物包裹体、岩石包体、侵入岩成因

四、变质成矿建造研究

1. 地层研究

填图单位、分布范围、出露面积、地质产状、接触关系、岩石组合

2. 岩石研究

岩石类型、矿物成分、矿物共生组合、岩石结构、岩石构造、岩相标志、副矿物、原岩建造、形成年龄、变质年龄、常量元素、微量元素、同位素

3. 变质作用研究

混合岩化程度、蚀变特征、矿化特征、变质温度、变质压力、变质相、变质相系、（P、T、t）轨迹、变质热中心、变质期、变质作用类型、叠加变质特征、变质单元、大地构造环境

第三节 成矿构造研究

成矿构造是指与矿床形成及改造有关的构造。矿床预测的本质是推断未知矿体的空间位置。因此，成矿构造的研究是矿床预测基础工作的关键内容。

构造活动是流体形成及发生运动的原因和动力，构造裂隙是成矿流体迁移富集的通道和沉淀的空间。构造活动的多期性和不均匀性是形成成矿期次以及矿化强度不均匀性的直接原因。成矿作用和构造活动在时间上和空间上是完全统一的。

根据各种矿床类型，把成矿构造划分为六类：沉积成矿构造体系、侵入成矿构造体系、火山成矿构造体系、断裂成矿构造体系、褶皱成矿构造体系、复合构造体系、成矿后构造。我们经常使用一种概念为“矿田构造”，实际上矿田构造包括了矿田、矿区、矿床、矿体；同时包括了成矿构造及成矿后构造。成矿构造又可分为区域成矿构造及矿田构造。相对比较原来的矿田构造的概念更加宽泛一些。

一、成矿沉积构造体系研究：

1．沉积相研究：

岩相：沉积相、沉积亚相类型、沉积相岩石组合、沉积体系类型、生物相类型

2．古地理研究

古地理类型、沉积中心、沉积等厚线、物源供给方向、古流方向、古气候带类型

3．盆地构造

盆地类型、盆地同沉积构造、盆缘构造、盆内构造

4．大地构造环境

沉积大地构造旋迴、沉积大地构造环境

二、成矿侵入构造体系

1. 岩体构造研究

- (1) 岩相分异构造 (重力、动力);
- (2) 多期侵入构造 (期次、性质、物质、规模、产状);
- (3) 岩体侵位构造 (控制岩体产状的构造特征);
- (4) 岩体形状复杂指数;
- (5) 脉岩带构造 (控制脉岩带、群的构造特征);
- (6) 侵入角砾岩构造 (体、脉、带边界清晰);

2. 侵入接触构造研究

- (7) 侵入接触构造 (产状、期次、形态);
- (8) 围岩构造 (褶皱、顶垂体、变形构造);
- (9) 捕掳体构造 (规模、产状、空间组合);
- (10) 岩浆作用影响范围 (热源、流体、范围、分带);

3. 岩浆构造带研究

- (11) 区域岩浆构造带 (规模、产状、期次、岩性);
- (12) 大地构造环境。

三、成矿火山构造体系：

火山喷发旋迴、火山岩相类型、火山岩相组合、火山基底构造、火山原生构造、火山构造类别、火山构造空间组合、剥蚀程度、控制火山机构构造、控制火山岩带构造、火山构造带大地构造环境。

四、成矿断裂构造体系：

断裂构造类型、断裂构造规模、断裂构造产状、断裂构造期次、断裂构造性质 (简单构造力学性质)、断裂构造运动方式、断裂构造物质成分、断裂构造组合关系、断裂构造强度、断裂构造体系 (矿区内控矿断裂的相互关系：空间、时间、性质、物质成分、应力作用方式)、区域构造带 (时间、空间、物质)。

五、成矿褶皱构造体系：

褶皱构造类型、褶皱构造规模、褶皱构造产状、褶皱构造形态、叠加褶皱、褶皱构造空间组合、区域构造带（时间、空间）。

六、复合成矿构造体系：

一般情况下，大中型矿床都是复合构造体系控制成矿，例如：断裂构造体系和褶皱构造体系的复合，侵入成矿构造体系和断裂构造体系的复合，或者和褶皱成矿构造体系复合；火山构造体系和断裂构造体系复合，基本上绝大多数成矿构造体系都是和断裂构造体系复合，如果没有断裂成矿构造体系的加入，一般不会形成规模型矿床，往往只能行创矿化。

实际上，外生矿床（除煤以外）在沉积成矿构造控制成矿作用过程中，如果同时叠加了断裂构造体系，则会形成超大型矿床。例如兰坪铅锌矿。

七、成矿后构造：

构造类型、构造规模、构造产状、构造期次、构造性质（力学）、构造运动方式、构造强度、矿体位移特点（方向、距离）、矿体破坏程度、与矿体空间关系（顺矿、切矿）。

鉴于成矿断裂构造体系实际上是无处不在，为此将成矿断裂构造体系研究内容进一步详述如下：

1. 区分成矿期、成矿后构造

成矿期构造指主元素富集阶段发生活动的构造。包括两种：一种为成矿前形成，成矿期复活的构造，另一种是成矿期形成的构造。以上构造简称控矿构造。成矿后构造是指主元素富集阶段以后发生活动的构造。

（1）成矿断裂（碎裂）构造的判别

碎裂构造包括：断裂、破碎带、裂隙带、剪切带等等。一般观察是否有矿化蚀变现象，对规模较大的区域构造，可用系统采集微量元素和人工重砂的办法区分。

2. 鉴别简单成矿构造的力学性质

断裂（碎裂）构造力学性质判别

形态、产状断裂物质结构构造，应力矿物鉴定、岩组分析，断裂面特征。

3. 判别成矿构造运动方式

- （1）通过断裂面特征判别。
- （2）通过低序次构造判别。
- （3）通过构造带内透镜体判别。
- （4）根据切断的地层判别。
- （5）根据岩组，分析判别

4. 确定成矿构造的空间形态特征

- （1）首先确定单体平面形态和剖面形态。
- （2）确定空间组合特点，受褶皱构造控制的断裂空间组合，侵入岩原生构造空间组合，火山构造空间组合。

- （3）产状。
- （4）规模。
- （5）级别或序次划分。

5. 成矿构造强度分析

- （1）长度、宽度、延伸，以及平面、剖面强度变化。
- （2）单体构造的间距。
- （3）密脉带的频率。
- （4）构造岩结构构造。
- （5）围岩岩性影响构造强度。
- （6）多期构造活动强度。

6. 确定成矿构造活动期次

- （1）对定义构造的时间顺序分析。
- （2）不同应力场对构造形态改造研究。
- （3）构造岩特征，结构面形态改变，交切、叠加。
- （4）利用物质成份，查明构造活动期次及其性质、空间分布，充填物质。
- （5）建立构造演化 状对比图。

7. 确定构造活动不同期次的物质成分

- (1) 划分成矿阶段。
- (2) 查明各类矿脉的穿插关系。

8. 分析成矿构造的可能应力作用方式

- (1) 确定矿区构造的边界条件。
- (2) 根据同期构造空间组合进行应力分析。
- (3) 解析不同期构造应力场的变更。
- (4) 区域构造分析。

9. 建立矿区构造体系

10. 编制矿田构造图

矿区构造的研究应放到区域范围内研究，因此矿床预测应当编制矿田构造图，其范围包括区域成矿带或矿田，其内容以控岩、控矿构造为重点。

- (1) 以简化地质图为底图。
- (2) 首先编制控岩控矿构造实际材料图，把收集到的矿点、矿区有关构造内容分期次，分不同特征加以标示。
- (3) 编制矿田构造图。
- (4) 标定重要的成矿后构造。

第四节 矿化特征及成矿作用研究

矿化特征及成矿作用研究是矿床预测基础研究的核心内容,也是开展矿床预测的基本条件。

一、成矿时代研究：

1. 沉积矿床：

沉积成矿地层年代、沉积成矿年代、沉积矿产后期改造年龄

2. “内生”矿床：

主成矿期成矿年龄、多期成矿年龄（同一成矿作用内）、叠加成矿年龄

3. 层控矿床：

层控成矿地层年代、层控成矿主成矿期年龄

4. 变质矿床

变质年龄、变质成矿年龄

二、矿床空间特征研究

1. 矿体形态、规模、产状；

2. 矿带（矿段、脉群）形态、规模、产状、空间组合特征。

三、矿体物质成分研究

1. 矿石矿物成分

2. 矿石矿物特征

3. 矿石矿物组合

4. 矿床主要组分、伴生组分、共生组分、有益组分、有害组分

5. 矿床主要组分赋存状态

6. 主要成矿元素空间分布及其含量变化

四、成矿期次研究：

1. 成矿期划分及矿物组合、元素组合
2. 成矿阶段划分及其矿物组合、元素组合
3. 不同成矿阶段划分及其矿物成分、元素成分的空间分布变化特征

五、成矿流体特征研究

成矿流体类型、成矿流体特征、成矿温度、成矿压力、流体 pH 值、流体 EH 值、流体氧逸度、流体硫逸度、流体盐度、氯液包裹体特征、成矿水源、成矿热流、成矿物源

六、蚀变特征研究

蚀变矿体是成矿流体特征的矿物表达，因此是成矿流体特征的研究实体，对于矿床预测工作，尤其是深部预测十分重要。

首先划分反映流体迁移的蚀变矿物组合以及反映流体中金属矿物沉淀的蚀变矿物组合，其研究内容为：

蚀变带范围、蚀变带规模（长度、宽度、延伸）、蚀变矿物组合（附录：蚀变分类方案）、蚀变矿物组合期次、矿石矿物和蚀变矿物组合、成矿阶段和蚀变矿物组合、蚀变强度

七、热液地球化学障研究：

1. 研究流体富集标志：大面积蚀变，出现增水蚀变矿物（绢云母、绿泥石、绿帘石等），岩体边部结晶差、结晶顺序反常（石英呈斑晶先析出）；岩体下部以角闪石为主，上部以黑云母为主；碱金属元素（Na、Ca、Mg）大幅度下降；气液包裹体发育；出现隐蔽爆破作用；氢、氧、碳等同位素值变小。

2. 研究成矿元素迁移富集物理化学条件

反映成矿元素物理化学条件的内容主要是温度、压力、酸碱度、氧化还原电位、氧逸度、硫逸度、包裹体成份等等。

3. 研究蚀变矿物组合，定性判别物理化学条件：

(1) 强碱性标志：

花岗质岩石：钾化；酸性火山岩；沸石化；

碳酸盐类：铁白云石化，白云岩化，碳酸盐化。

基性岩：阳起石化。

(2) 强酸性标志：

花岗质岩石：次生石英岩化、蛋白石化；

酸性火山岩：叶腊石化、明矾石化；

基性岩类：黑云母化。

(3) 中性标志：

绢云母、绿泥石、钠长石、伊利石、绿帘石、硅化。

(4) 强氧化标志：赤铁矿出现，斜长石红化等等。

(5) 温度变化标志：根据矿物组合判别，例如钾长石化、钠长石化、黑云母化代表高温；绢云母化代表中温；冰长石化代表低温等等。

(6) 压力变化标志：根据矿物组合判别，例如兰闪石反映高温高压。

4. 研究成矿物质沉淀和流体卸载的蚀变标志。

(1) 反映成矿物质沉淀和流体卸载的蚀变就是和矿物共生的近矿围岩蚀变。

(2) 研究此类围岩蚀变的作用：一是可以作为寻找矿体的直接标志，二是可以推测反映成矿元素溶解与迁移的蚀变组合。

5. 寻找并判别反映成矿物质迁移的蚀变标志

(1) 此类标志范围比反映成矿物质沉淀的蚀变标志大；一般大型矿床都有规模较大的此类蚀变，蚀变规模越大，强度越高，矿床规模越大。此类蚀变区有的在矿体四周，有的在矿体上方或下方，也有的在偏侧位置。由于此类蚀变并不和矿体紧密伴生，其意义经常被人们忽视。

(2) 判别方法：一是根据成矿元素溶解迁移的物理化学条件去判别此类蚀变矿物组成的区带。二是根据反映成矿元素沉淀的蚀变组合所标志的物理化学条件反向判别溶解迁移的物理化学条件，进而寻找并判别此类蚀变的标志。

6. 寻找并判别反映成矿元素搬运剂的矿物标志（例如：F、Cl、S、N、C、H、O 等元素）

7. 热液成矿地球化学障

(1) 地球化学障反映界面：

酸碱度转化界面，温度高低转化界面，氧化还原界面。此类界面分空间和时间两种界面，经常交错叠加。成矿物质的卸载一般都在界面附近。

(2) 酸碱度转化界面：例如：地层岩性差异形成的硅钙面；斑岩铜矿蚀变分带；岩浆热液矿床中天水和岩浆水的混合带；碱性介质；酸性介质时间上形成的交替带等等。

(3) 氧化还原转化界面：花岗质岩石红化带的边界区，黄铁矿化发育区，火山岩开放状态下形成的热液蚀变和次火山岩体蚀变带的叠加区等等。

(4) 高温、高压——低温、低压转化区

韧性剪切带叠加脆性构造；各类构造带；侵入体接触带；高温蚀变叠加低温蚀变；高级变质作用叠加退化变质带；浅成侵入岩、次火山岩等等。

第三部分

深部找矿的实践与理论方法探讨

随着我国矿产勘查活动的不断高涨，矿床学、矿产预测学、找矿勘查学等与矿产勘查有关的学科面临着发展的机遇期。当前找矿勘查学科发展的方向主要体现在两大领域。一是区域成矿规律研究与区域矿产预测，二是隐伏矿床预测和深部找矿。本文结合近两年来开展的矿山深部找矿所取得的初步成果，结合其它深部找矿的实例讨论深部找矿的有关技术问题。

一、深部找矿问题的提出

我们在找矿过程中经常遇到以下情况：第一种情况：成矿地质条件十分有利，也有物探、化探异常，但是经地表及深部工程揭露仅见零星工业矿体；有的地表有大规模蚀变，没有工业矿体，虽然也有物探异常，经少量钻孔验证已达推断深度而未见矿，但又无法给予确切的结论等等。第二种情况：矿山已知矿体深部延伸找矿，探明矿体已采空，深部是否还有矿体？向下延伸矿体断断续续，能否找到规模矿体；矿体遇到断层后不知去向如何进一步追索等等。这些情况在矿产勘查工作中和矿山开采过程中带有普遍性，也是司空见惯的问题，实质上这就是所谓深部找矿问题。过去在区域矿产勘查工作程度低的地区，一般采用转移策略，一个地方难以突破，转移到另一个地方开展工作。因此深部找矿问题并没有引起人们特别关注。最近几年来，对于我国中东部很多地区，由于区域矿产勘查工作程度越来越高，许多地区已经几进几出，仍然没有多大进展。对于矿山而言，由于几十年的开发，已探明的矿产资源即将枯竭，无处转移，只能就地深部找矿，因此近几年来深部找矿的话题越来越被人们重视。深部找矿问题对于我国东部和矿山而言确实是迫在眉睫的问题，需要我们从技术层面提出解决方案。

首先，深部找矿问题是探索性很强的实践问题，不是理论问题，必须紧密结合找矿实践，边施工、边研究，不断修正对成矿特征的认识，才可能获得像样的找矿成果。其次，深部找矿问题是战术性问题，不是战略，属于找矿勘查学中的微观问题，因此带有很强的实例性，个案性，很难在理论上总结出放之四海而皆准的规律性东西，因此很少看到深部找矿的理论性概括。第三，深部找矿问题具有高度的综合性，从理论应用而言，是多学科的高度综合，基本上包括了地质、矿产、勘查技术等相关学科的全部内容。从方法技术而言，必须实现多专业的有机结合。包括地质研究，物探、化探技术应用，探矿工程验证。

所谓深部找矿指的是地表以下达到 1000 - 2000 米空间范围内的找矿，从成矿学的

角度分析，本质上属于同一成矿作用系统内，其成矿条件、控矿因素、成矿作用没有本质的区别。深部找矿理论方法研究突出的一点在于特别强调三维空间信息的综合研究，以及地质成矿作用的垂向变化的研究。

二、深部找矿实例

实例一 云南大姚六苴铜矿

沉积型砂岩铜矿，沉积成矿构造体系，盆地构造控制矿体深度，沉积地球化学障氧化还原带控制矿体位置，带宽约 300 米，目前施工 1400 米钻孔见矿（新增 333 资源量 Cu2 万吨，Ag124 吨）。

实例二 辽宁阜新八道壕煤矿

陆相盆地成煤，南西方向见盆地边界，和阜新盆地对比，差别较大，含煤岩系为白垩系泥下组，于 1100 米深度见工业煤层（新增 333 资源量 6000 万吨，其中精查储量 5100 万吨）。

实例三 四川攀枝花宝鼎煤矿

属古老基底上的断陷盆地，含煤层为三叠系大荞地组，构造环境为滨海裂谷盆地，后期褶皱构造发育，经研究控矿褶曲构造，深部见矿，远景资源量 3 亿吨。

实例四 湖南姚岗仙钨矿

属高温热液型钨矿，区域北西向构造带叠加岩体顶部构造，属复合成矿构造体系，深部存在隐伏掩体。大根垄地区深部已见钼矿化，预测深部存在钼矿，正在验证中。

实例五 湖北大冶铁矿

矽卡岩型矿床，属侵入接触构造体系，见到陡缓相间台阶状接触构造，已见第三台阶，深度 1100 米，见厚大富矿，验证 1:1 万航磁异常，见矿（新增 333 资源量：铁 2000 万吨，铜 9 万吨，金 3 吨）。

实例六：安徽铜陵铜山铜矿

矽卡岩型铜矿，接触构造体系，深部见厚大矿体，预测目的层为 D1W 顶面层状矽卡岩矿床，正在验证中。

实例七 云南个旧锡矿

矽卡岩型矿床，侵入接触构造体系，花岗岩顶面凹陷部位和玄武岩、大理岩接触界面赋存铜矿，运用电法（EH4、CSAMT）寻找花岗岩凹陷带，经验证见矿（新增 333 资源

量：铜 8 万吨、铅 1.3 万吨、锌 0.8 万吨、锡 1000 吨）。

实例八 湖南康家湾

矽卡岩型矿床，层间构造带叠加接触构造体系控矿，深部验证见层状矽卡岩型矿体。

实例九 山西灵丘县支家地铅锌银矿

火山岩型矿床，酸性次火山岩体（脉）控矿，见爆破角砾岩型矿体，北西向构造带和火山成矿构造复合体系控矿，深部与反向接触构造带验证，见矿（新增 333 资源量铅锌 6.5 万吨，银 885 吨）。

火山热液成矿作用特征明显。

实例十 安徽马鞍山和尚桥铁矿

属玢岩型铁矿，火山成矿构造体系，深部验证见矿

实例十一 江西乐安市××山××矿

火山岩型矿床，火山构造体系叠加断裂构造体系，北北东向和东西向交汇部位控矿，典型的热液地球化学障模式，酸性和碱性蚀变带交汇处成矿

实例十二 山东牟平邓格庄金矿

热液脉状矿床，断裂构造体系控矿，构造控制深部矿体侧伏方向，成矿后顺矿构造造成无矿段，构造交叉部位成矿。钾化带指示深部找矿方向，经验证见矿（新增 333 资源量 Au5.4 吨）

实例十三 山东招远玲珑金矿

热液脉状矿床，复杂断裂构造体系控矿，北东向裂隙构造带，平面及剖面形成两组交夹，沿反倾向深部找矿，见矿（新增 333 资源量 Au5.7 吨）

实例十四 广东仁化县××坑××矿

热液脉型矿床，断裂构造体系，南北、北东东、北西西三组构造交汇，形成近南北向（NNW），主要结构面控矿，深部延伸大，经验证见矿。

实例十五 辽宁鞍山弓长岭铁矿

沉积变质型矿床，褶皱构造体系控矿，深部延深见富矿。

实例十六 辽宁红透山铜锌矿

火山喷发沉积变质型矿床，多期褶皱构造体系控矿，深部延深 1100 米见富矿，成矿后断裂决定深部找矿方向（新增 332 资源量：Cu+Zn 5 万吨）。

实例十七 广西南丹铜坑锡矿

属矽卡岩型矿床，见矿为铜锌矿，属于矿区外围找矿，在黑水沟 - 大树脚地区，在

泥盆纪层间剥离带成矿。经验证获找矿重大突破（新增 333 资源量：Zn78 万吨，铜 3.5 万吨，银 423 吨）。

实例十八 河北迁安铁矿

沉积变质型矿床，成矿后断裂决定深部找矿方向，经深部验证见矿

三、深部找矿理论方法探讨

如前所述：深部找矿是三维空间找矿信息的综合研究工作。由三大要素构成：第一，地质研究是基础条件；第二，物探、化探是技术支撑条件，尤其是物探工作是关键技术支撑；第三，钻掘探矿工程是实现条件。三要素缺一不可。本文主要论述地质研究基础工作，同样由三方面内容构成。第一，与成矿有关的地质作用研究；第二，成矿（矿田）构造研究；第三，成矿作用标志研究。

成矿作用是地质作用的组成部分，因此研究与成矿作用有关的地质作用是深部找矿地质研究的基础工作，地质作用由地质建造和地质构造两部分内容组成，深部找矿突出其空间特征的研究，尤其是垂向空间变化特征的研究。

成矿构造包括区域成矿构造和矿田构造两部分内容，由于区域成矿构造的研究内容和区域地质构造基本一致，因此一般在研究工作中并不特别强调，着重强调矿田构造的研究。矿田构造表达了矿体三维形态，因此矿田构造研究工作是深部找矿地质研究的核心内容。

成矿作用的标志研究是矿床学研究的延伸，是成矿模式直接用于找矿勘查的实现形式，把成矿作用理论阐述转化为找矿的直接标志的研究工作，往往被人们忽略。本文将重点论述。现将地质研究内容详细阐述如下：

（一）成矿作用相关的地质作用特征研究：

1. 成矿作用的深度分析：

根据目前各种矿床类型成矿作用的研究表明，成矿地质作用的深度大致如下：

（1）超基性岩铬铁矿：形成深度大于中地壳，约 20 - 30 公里。以冷侵入形式成矿。

（2）基性超基性岩硫化铜镍矿床：岩体形成最大深度约 10 公里左右，主要分重力分异岩体底部分凝成矿和动力分异岩浆后期矿浆贯入成矿。

- (3) 高温热液型矿床(以钨、锡矿为主)岩体侵位深度约 7 - 8 公里。
- (4) 矽卡岩型、斑岩型成矿岩体,最大侵位深度 4 - 5 公里。
- (5) 火山岩型(包括次火山型)矿床侵位深度<2 公里。
- (6) 热卤水型成矿作用:<2 公里,和盆地深度有关。
- (7) 沉积成矿作用:地表水体底部成矿,和盆地深度有关。
- (8) 韧性剪切带一般可分浅部脆性带,形成深度约 2 公里左右,温度<300 - 450 ;中浅部剪切带,为低绿片岩相,形成深度 3 - 5 公里,温度 450 - 600 ;中部带为高绿片岩相,形成深度 5 - 10 公里,温度大于 600 ;深部带为角闪岩相,形成深度>10 公里,温度 600-1000 以上。成矿作用主要发生在浅部及中浅部,不超过 3 - 5 公里。

(二) 地质作用特征研究

与成矿密切相关的地质作用研究主要分沉积成矿地质作用、火山成矿地质作用、岩浆侵入成矿地质作用、变质成矿地质作用四类,分别说明如下:

1. 沉积成矿地质作用:除了研究沉积地层、时代、岩性、建造等基本内容以外,着重研究含矿地层深部延伸、隐伏夹层、水深、盐度、水温、氧化还原环境、酸碱度等特征,以及沉积岩相、古地理、盆地类型、盆内及盆缘构造、盆地同沉积构造等特征。

2. 火山成矿地质作用:除了研究火山地层、时代、岩性组合、矿物成分等基本内容以外,着重研究火山地层特殊夹层、次火山岩体、喷发沉积的物理化学环境以及火山喷发旋迴、火山岩相、火山机构、火山构造等特征。

3. 侵入成矿地质作用:除了研究侵入岩体形态、产状、岩性组合、矿物成分、期次等基本内容以外,着重研究延伸及隐伏岩体埋深、形态、产状、侵位构造、脉岩带、侵入角砾岩、隐爆角砾岩、接触带、围岩构造、捕虏体、岩浆作用影响范围等特征。

4. 变质成矿地质作用:目前国内外并不特别研究变质成因矿床,但是作为地质建造直接影响后生叠加成矿作用,因此仍应注意研究,除了研究地层、岩石组合、矿物成分等基本内容以外,着重研究:原岩建造、变质相、成岩年龄、热事件年龄、多期变形构造、变质前原始构造环境等特征。

(三) 成矿(矿田)构造研究

成矿(矿田)构造研究是直接研究矿体三维空间变化的主要手段,是深部找矿理论方法的核心内容。

1. 矿田构造研究的一般特征:(1)成矿作用过程中,构造活动和成矿物质沉淀一

一般都是同时的，因此成矿构造一般指成矿同时性活动构造，所谓成矿前构造虽然存在，但无法识别，因此采用成矿构造的概念。成矿作用过程是流体三维空间渗滤作用过程，矿体、矿脉、矿带的存在代表了含矿流体的物理化学条件变换界面，即地球化学障的空间表达。成矿过程不是如自来水管道的的作用，因此“导矿构造”、“容矿构造”的概念，除了矿浆成矿作用以外实在罕见，一般不推荐广泛使用。

(2) 成矿构造结构面一般类型：根据前述成矿地质作用的最大深度，除了超镁铁质岩铬铁矿形成深度达到中地壳，基性超基性岩硫化铜镍矿床形成于 10 公里左右以外，绝大多数成矿作用深度都是 3 - 5 公里以浅，矿物沉淀深度一般还要浅一些。除了岩浆矿床以及同沉积矿床以外一般成矿作用发生于成岩作用以后，因此，多数矿床类型成矿构造基本上都是脆性构造形变产物，本文针对此种情况展开讨论，岩浆矿床以及同沉积矿床另当别论。成矿后叠加变质构造，如果变形没有达到置换，则保持原来结构面，如果变形已达置换则按多期变形另行研究。因此多数成矿构造基本上属于脆性构造形变产物。我们对成矿构造研究的技术路线基于这一点。据此成矿构造结构面主要包括：断裂面（有位移）、节理、裂隙面（无位移）、层间滑脱面、侵入体接触面、原生火山机构/构造、硅质和钙质地（岩）层的接触面、基性超基性岩相转换面等。

(3) 成矿构造研究方法的特点：成矿构造都是属于小构造研究，研究方法有别于区域构造的研究方法。非沉积矿床一般矿床类型范围面积较小，其形变边界条件相对比较简单，因此可以采用简单变形椭球体的原理进行构造解析。在此重申，实践证明以及上述理论分析，地质力学的方法对于研究矿田构造而言是完全适用的。

2. 成矿（矿田）构造分类及其主要研究内容：

成矿构造分为：沉积成矿构造体系、火山成矿构造体系、侵入岩体成矿构造体系、褶皱成矿构造体系、断裂成矿构造体系、复合成矿构造体系六大类别，此外还包括成矿后构造。分别说明其研究内容：

(1) 沉积成矿构造体系：进一步可以划分为两类，第一类以单一沉积矿床类型，一般在没有确切边界的水域内的沉积成矿作用，主要研究岩相特征，包括沉积相、沉积相岩石组合、沉积体系类型、生物相等内容，古地理特征：包括古地理类型、沉积中心、沉积等厚度、物源、水源、古气候、水温、物理化学环境等内容。第二类以盆地沉积、热卤水沉积为主的矿床类型，除上述内容以外，还要研究盆地构造特征：包括盆地类型、盆内、盆缘构造，同沉积构造；以及热液活动等特殊岩类标志产物。

(2) 火山成矿构造体系：进一步划分陆相和海相火山矿床两种类型，主要研究内

容：火山原生构造、火山基底构造、火山岩相构造、火山岩相研究中突出火山机构和次火山相的研究内容，海相火山岩则应突出火山沉积盆地的研究内容。

（3）侵入岩体成矿构造体系：进一步划分两类：一是侵入岩体构造体系；二是侵入接触构造体系。

第一类主要形成于岩浆型铬、铜镍矿床类型，主要研究内容：岩体平面、剖面形态、产状、侵位、空间组合、岩相带界面等特征。第二类主要形成于高温热液型、斑岩型、矽卡岩型矿床，主要研究岩体特征以外，重点研究接触带构造（接触面、接触裂隙带）围岩构造、捕虏体、爆破角砾岩等成矿构造等特征。

（4）断裂成矿构造体系：这是最常见的成矿构造体系，主要研究断裂构造类型、规模、产状、强度、力学性质、期次、运动方式、物质成分、组合关系、构造体系等特征。

（5）褶皱成矿构造体系：主要研究褶皱构造类型、规模、产状、形态、空间组合、叠加及多期褶皱等特征。

（6）复合成矿构造体系：一般情况下，大中型矿床都是复合构造体系控制成矿，最常见复合成矿构造是断裂和其它四种成矿构造体系的叠加，意义十分重大，往往形成大型、超大型矿床。

（7）成矿后构造：主要有两类：顺矿构造，主要是后期构造沿矿体复合叠加活动；沿矿体空间位置顺走向切断矿体。二是断矿构造，沿走向横向切断矿体。研究内容主要为规模、产状、力学性质、运动方式。

3．深部找矿中成矿（矿田）构造研究应注意的问题：

（1）沿垂直方向成矿结构面上下存在不同形式：近地表成矿作用由于压力瞬时释放，可以形成密集裂隙带构造，同时由于强应力作用也可以形成主构造结构面，向下中等压力状态下，如果强度小不能形成主构造结构面，往往形成不了规模型矿床，因此往往以存在主构造结构面为常见成矿构造。深部高温成矿作用，由于压力相对较大，往往主要以密集裂隙结构面为常见成矿构造。所谓“大脉带”，从总体上讲仍然属于密集裂隙带。因此不论何种结构面类型，都应判别是主要结构面，不是低序结构面，一般情况，深部矿体主要受主构造结构面控制，此类主构造结构面，有的形成延深很大的主压结构面，有的则形成延深很大的裂隙带，虽然其中每条裂隙规模不大，但是总体上裂隙带规模较大。一般情况下，主压结构面延伸较大。对于深部找矿而言，主压结构面的识别意义十分重大。

(2) 判别两组构造交汇部位对确定深部成矿位置十分重要：构造交汇分为两种：一种是同一构造体系同序次交汇和不同序次交汇；另一种是两个不同构造体系交替活动，两种构造体系活动痕迹往往反映在同一矿体上，对于两种构造体系活动标志的识别就深部找矿而言意义更为重要。

(3) 结构面不同运动方式，对判别矿体垂向延伸十分重要，矿体垂向侧伏对深部找矿意义重大，主要取决于结构面运动方式，因此应认真研究主成矿期的结构面力学性质和运动方式。一般矿体侧伏方向就是结构面运动的轴向方向。

(4) 成矿构造垂向组合方式十分重要，一般根据垂向构造（不同结构面）组合可以判别深部矿体位置，构建构造体系可以判断成矿构造组合方式。

(5) 成矿构造多期活动，尤其是主成矿期后的末期成矿作用掩盖了主成矿期构造作用，造成无矿假象。应注意认真判别，避免误判。

(6) 成矿后构造研究对深部找矿意义十分重大：断矿构造研究一般都很重视，顺矿构造的破坏作用往往直接影响深部工程施工部署其规模、性质、与矿体的空间关系十分重要。在深部找矿中，推覆体构造对寻找层状矿层意义十分重大。

(四) 成矿作用标志研究

成矿作用标志研究指的是根据流体成矿作用过程中形成的物质组分转变为直接找矿标志的研究工作。据此直接判别深部矿体的大体位置，确定隐伏矿体找矿方向。这是深部找矿地质研究工作的主要内容。我们选择的技术路线是通过研究流体作用过程的矿物表达来实现上述目标：

1. 流体成矿作用的一般特征：

从成矿作用的角度讨论，沉积型矿床、热（卤）水型矿床、“内生”热液型矿床、岩浆型矿床都是在流体作用过程中形成的。可以看作不同流体成矿作用类型的连续过渡过程。区别在于流体的水源、成份、气相和液相比比例不同，流体成矿的物理化学过程是完全一样的。

(1) 流体中水源特征：从沉积型矿床和岩浆型矿床两个端元对应了天水和岩浆型矿床两个端元，中间的各种矿床类型，都是天水和岩浆水相混合的过渡类型，混合比例主要取决于成矿作用的深度，据科拉半岛超深钻资料，天水已达地表以下 10 公里，我国东海大陆超深钻资料也已证明天水达 5 公里深度。如前所述：除超镁铁质有关的铬铁矿以外，各类成矿作用的成矿深度最大也就是 10 公里。大多数矿床类型成矿深度 3-5

公里，少数达 8 公里左右，因此大多数成矿流体都有天水加入。根据近三十年来，无数矿床研究资料表明，一般成矿流体都是天水和岩浆水的混合水，区别在于相互比例多少而已。流体中天水所占的比例主要受成矿地质作用的形成深度所控制。

（2）气相和液相比比例特征：流体由气相和液相组成，气相和液相的比例受流体物理化学条件控制，当成矿作用深度不同时，其流体气液比例也不同，一般“内生”热液矿床成矿越浅气相比比例越高。

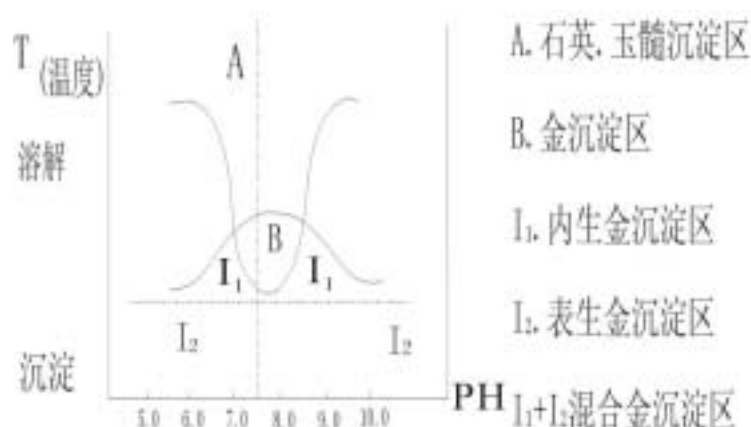
（3）物质组分特征：流体中主要物质组分主要受流体运移和聚集过程中母体及接触的地质体的物质成份有关。

（4）流体成矿作用过程，实质上是流体中金属元素溶解、迁移、集聚、沉淀的过程，一般情况下都是在强酸、强碱、高温高压，强氧化环境下溶解、迁移，在低压低温、中性环境下沉淀。因此成矿作用过程就是流体物理化学条件的变化过程。

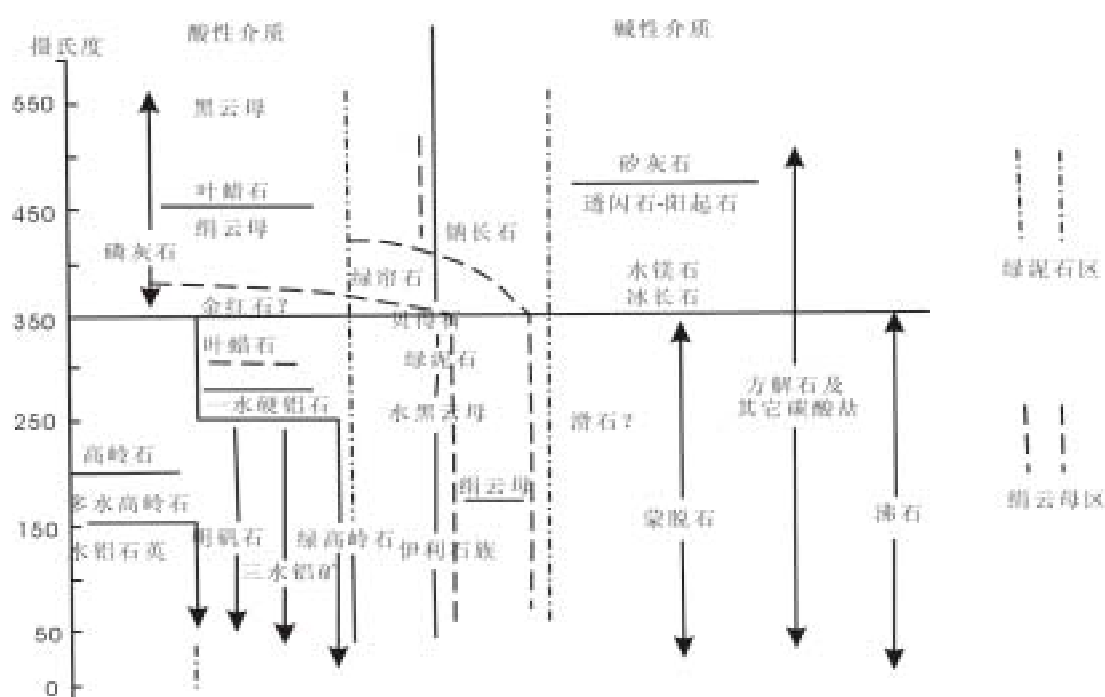
2．地球化学障研究：

（1）地球化学障的概念：在流体成矿作用过程中，无论是沉积成矿作用还是热液成矿作用，地球化学障在成矿作用中起到了决定性作用。沉积地球化学障空间位置就是沉积金属矿物的富集沉淀区，主要是平面上氧化还原界面，剖面上为酸碱度急剧变化界面。热液流体成矿作用属于高温水岩地球化学系统，情况复杂得多，温度、压力、酸碱度、氧化还原条件的变化，四种因素既相互影响，又直接控制金属元素的聚集沉淀。不论何种因素，其结果是成矿物质大量在温度变换、压力变换、酸碱度变换、氧化还原条件变换的界面附近聚集和沉淀，而各种物理化学交换界面就是热液地球化学障，属于一种地球化学动力学界面。

（2）地球化学障的识别：



据陈光远，胶东金矿找矿矿物学研究，1986



温度（纵坐标，摄氏度）和酸碱度（横坐标）对一些热液矿物形成区的影响。（名称下画线的矿物表示它们的分布区是准确确定的）

据陈光远，成因矿物学与找矿矿物学，1987

沉积流体成矿作用主要通过岩性成份、岩石颜色、特种矿物沉积岩（例如膏盐建造等）来判别地球化学障的空间位置。热液流体成矿作用主要通过判别反映物理化学环境的标志矿物来判断热液地球化学障的存在。

举例如下： 强碱性环境：花岗岩类：钾长石化；酸性火山岩：沸石化；碳酸盐类：铁白云石化、白云岩化、碳酸盐化。

强酸性环境：花岗质岩类：次生石英岩化、高岭石化、蛋白石化；酸性火山岩：叶腊石化、明矾石化；基性岩类：黑云母化。

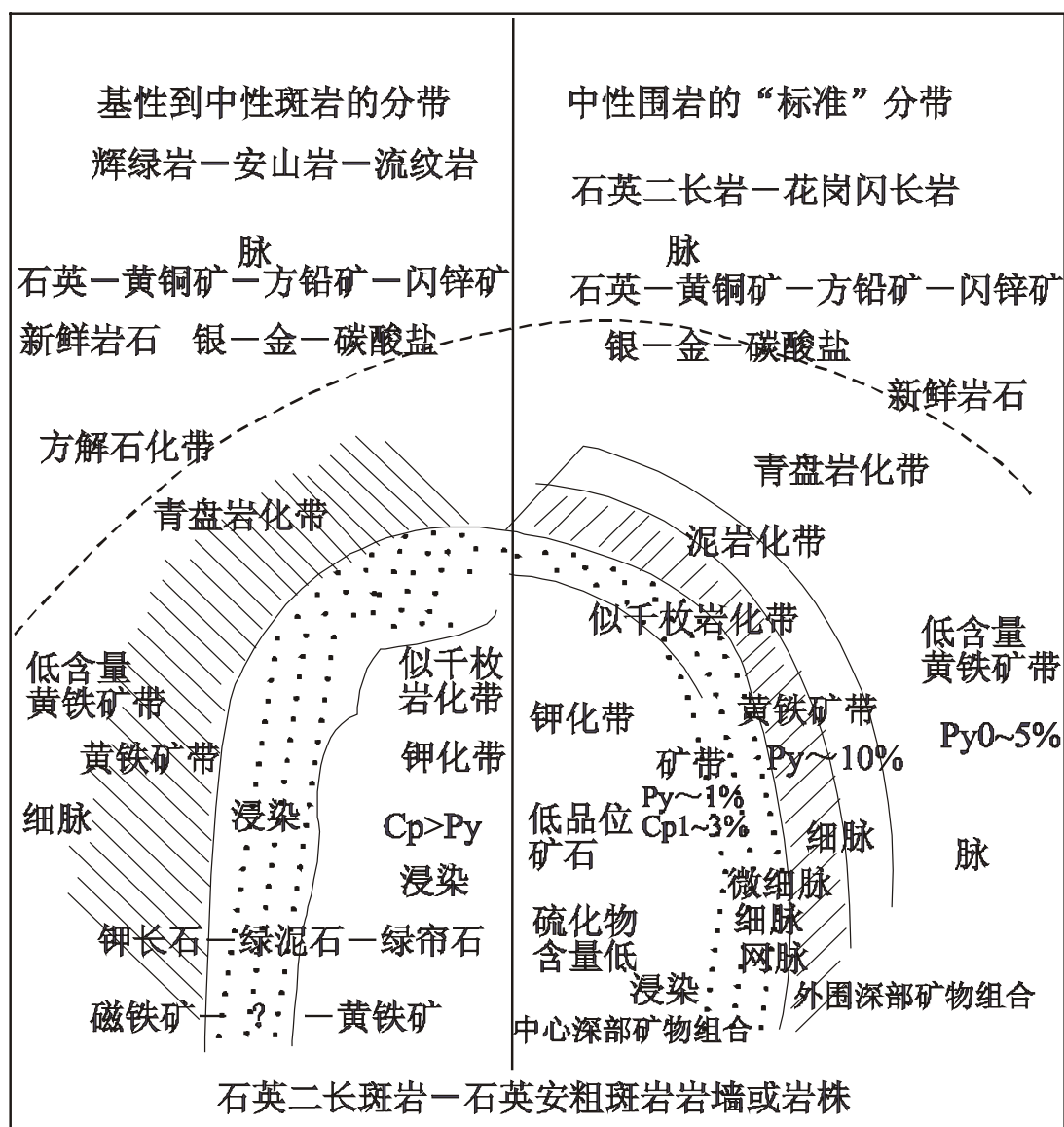
(3) 中性环境：绢云母化、硅化、绿泥石化、钠长石化、绿帘石化、伊利石化、水云母化。

(4) 强氧化环境：赤铁矿化。

(5) 还原环境：黄铁矿化，等等。

例 1：斑岩铜矿的蚀变模式，从上到下或从外到内分别为青盘岩化、泥岩化、石英绢云母化、钾化。实际上表示了弱酸性 - 中性 - 强碱性的物理化学环境，外带以天水为主，相对低温，内带为岩浆水，相对高温，中带含矿。黄铜矿赋存于石英绢云母化带，这是一个标准中温，3-5 公里侵位环境下的热液地球化学障模式。

例 2：胶东金矿带，每一个金矿床都存在以下蚀变分带，成矿构造带中黄铁绢云岩化带和金矿体在空间上紧密产出。属于酸碱度为中性、中低温环境。在附近广泛出现钾长石化，分布范围大小不等，但总是在矿体附近如影子一样出现，属于强碱性，高温环境。因此这是中低温蚀变构造带型矿床的热液地球化学障的标志。



斑岩铜矿蚀变模式分带图

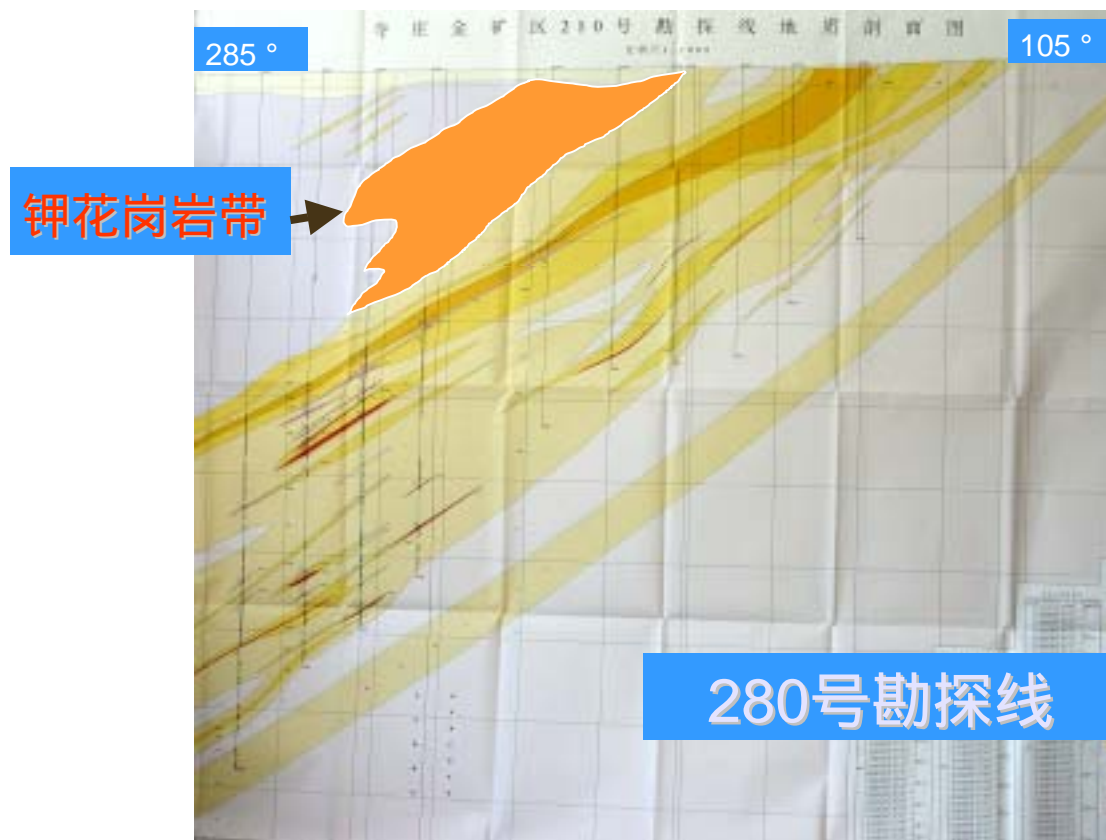
例 3：紫金山铜金矿属于火山岩型低温热液矿床，这是一个低温低压环境下铜矿床得热液地球化学障模式，顶部为硅质淋滤带，向下为石英明矾石带，到底部为石英绢云母化带。深部岩体为英安质次火山岩，外带为石英迪开石带。反映了从上到下强酸至中性环境。推断成矿深度 300m-2400m，石英明矾石带温度 220-2400 的铜矿物的形成接近于沉积型和内生热液型过渡类型条件下酸性氧化环境。在石英明矾石带中赋存了蓝辉铜矿、铜兰、硫砷铜矿为主的铜矿物。这是一个低温近地表超浅成火山机构 - 次火山型矿床的热液地球化学障模式。

矽卡岩型矿床：就空间而言严格限定于侵入岩接触带及其附近，就流体作用而言，早期矽卡岩形成的矿物不具挥发份，不具附加阴离子，因此无矿，晚期流体作用下形成的矽卡岩矿物，含挥发份并具阴离子，为主要成矿期，这是矽卡岩矿床的热液地球化学

障模式。



根据山东省地勘局第六勘查院寺庄金矿详查报告（2006年10月）



根据山东省地勘局第六勘查院寺庄金矿详查报告（2006年10月）

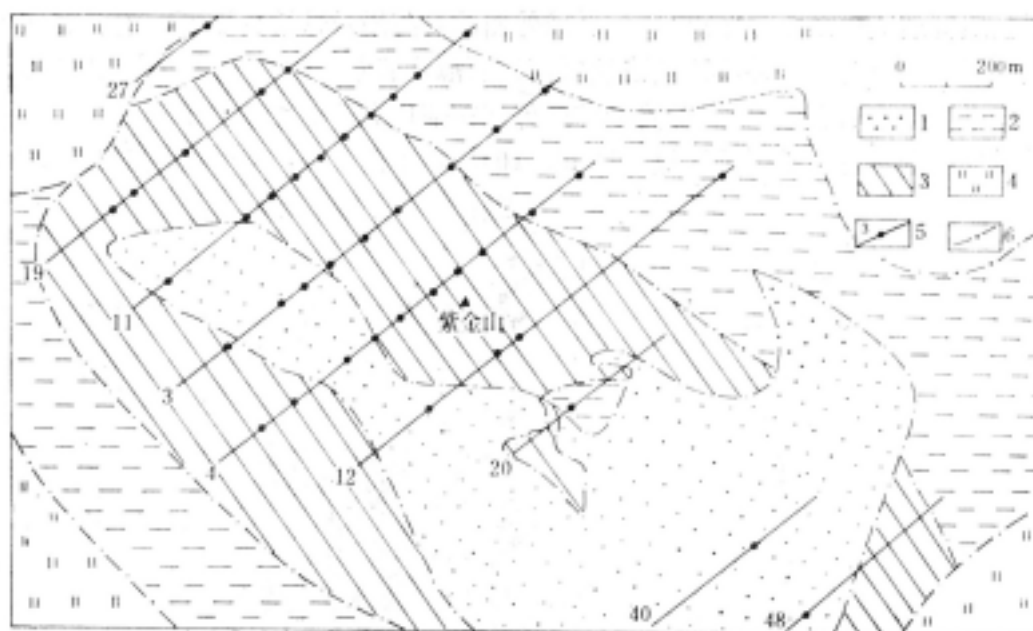


图 8 紫金山铜金矿床蚀变岩分带地质平面图（根据矿区1:10000地质图改编）

Fig. 8. Geological plan showing alteration zoning of the Zijinshan copper-gold deposit.

1—硅质交代岩带；2—石英逾开石蚀变岩带；3—石英明矾石蚀变岩带；4—石英绢云母蚀变岩带；5—勘探线及钻孔；6—蚀变岩带界线

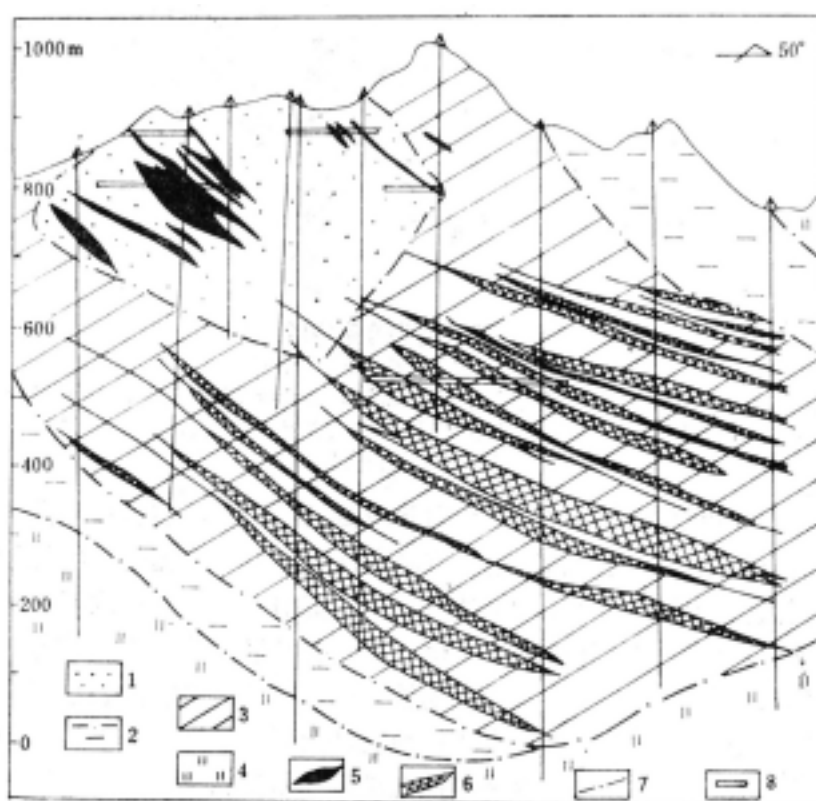


图 9 3 线蚀变岩分带地质剖面图 (根据闽西地质大队八分队剖面图编制)

Fig. 9. Geological section showing alteration zoning along No. 3 explored line.

1—硅质交代岩带；2—石英迪开石蚀变岩带；3—石英明矾石蚀变岩带；4—石英绢云母蚀变岩带；5—金矿体；6—铜矿体；7—蚀变岩带界线；8—穿脉坑道

引自紫金山铜金矿床蚀变和矿化分带 张德全等第 25 页

3. 成矿作用标志在深部找矿中的应用

(1) 区分标志成矿物质运移的矿物组合，与标志成矿物质沉淀的矿物组合十分重要，一般情况下沉积流体或热卤水流体是在温度、压力稳定条件下判别成矿条件，主要判别酸碱度及氧化还原条件标志就可以了。平面上从氧化环境向还原环境追索其过渡带，剖面上从酸性环境向碱性环境追索转换带。一般情况下热液成矿流体显示成矿物质运移的矿物组合范围广，标志明显，也容易识别。标志成矿物质沉淀的矿物组合范围小，和矿体在空间上紧密伴生。从深部找矿的角度，识别前者意义更大。一般，范围大易识别。

一般情况下，成矿作用形成深度相似的环境下流体作用强度越大，成矿规模越大。因此，标志成矿物质运移的矿物组合的空间范围大小指示深部规模型矿床的存在。

(2) 判别成矿物质运移蚀变组合和矿体的空间关系。

成矿流体运移的空间范围远远大于成矿物质卸载的空间范围。在地球化学障两侧，成矿流体环境的变化是渐变过渡的，只有到了界面附近才出现突变。因此流体中的各种

阳离子自界面向两侧一般出现依次沉淀的现象。因此正常情况下，反映不同物理化学环境的流体中阳离子的沉淀一般强酸、强碱类矿物主要沉淀在地球化学障界面的两侧、或上下、或左右，由于边界条件的不均一性，情况是多变的，但总体上位于矿体周缘，和近矿围岩蚀变相接构成分带。实际工作中常见两种情况，一种为同一成矿阶段，而形成显著的空间分带，例如斑岩铜矿蚀变分带。一般规律性十分显著，第二种情况成矿作用不同发育阶段形成的不同物理化学环境下的矿物组合，则形成叠加，标志沉淀的蚀变带和矿体叠加在反映运移的蚀变体之中。热卤水成矿作用还会出现不同矿物地（岩）层的剖面分带。

由于反映流体运移的蚀变范围较大，在矿床勘查过程中，有时在地表填图范围容易忽略，造成误判。因此对于深部找矿而言，加强对反映流体运移的蚀变矿物组合的研究意义十分重大，对于显示强酸、或强碱环境，或者强氧化环境下的蚀变组合的研究应密切注意。

四、结论：

（一）深部找矿指的是深度 1500-2000 米以浅的找矿，多数矿床类型成矿作用研究空间为 5-10 公里以浅，以 5 公里以浅为主。

（二）成矿有关的地质作用研究，成矿（矿田）构造研究，成矿作用标志研究三者必须紧密结合，成矿（矿田）构造研究是在成矿地质作用研究基础上进行的。热液地球化学障及标志成矿物质运移的矿物组合的研究工作必须与成矿构造结构面的研究紧密结合，才能指导深部找矿。一般情况下断裂面、层间滑脱面、节理裂隙带、侵入接触面、原生火山机构、硅质和钙质地（岩）层接触面和热液地球化学障以及标志成矿物质运移的矿物组合在空间上紧密相关。

（三）深部找矿地质研究是基础，物探技术是主要技术支撑。钻掘工程是实现条件，因此必须确立符合深部找矿的技术路线，在前期地质研究和物探工作的基础上必须优先施工深部找矿钻孔，才有可能实现深部找矿突破。