

第三章 矿产勘查技术方法

基本概念

矿产勘查技术方法：是指那些在矿产勘查活动中，能够直接获取工作区有关矿产形成与赋存的**直接或间接的信息及各种参数**的技术方法。

矿产勘查技术方法的研究意义

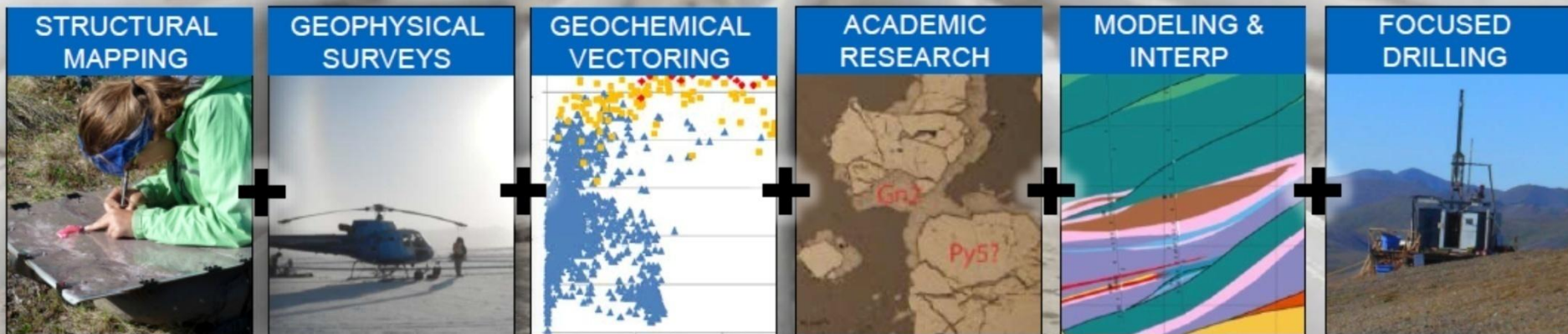
1) 可以直接获得各种**直接的**或**间接的**矿化信息及参数。

2) 是矿产勘查活动中最积极、最活跃的因素之一，它是**合理应用**直接影响和决定勘查活动的质量和效果。

3) 矿产勘查技术方法获取的**信息和参数**，是进行勘查决策的基础资料。矿产勘查活动是一个逐步**筛选**、逼近矿床的过程。

常用勘查技术方法：

- 1) 地质测量法
- 2) 重砂测量法
- 3) 地球化学测量法
- 4) 地球物理测量法
- 5) 遥感地质测量法
- 6) 探矿工程法



一、地质测量法

地质测量法：是根据地质观察研究，将区域或矿区的各种地质现象客观地反映到相应的平面图或剖面图上。

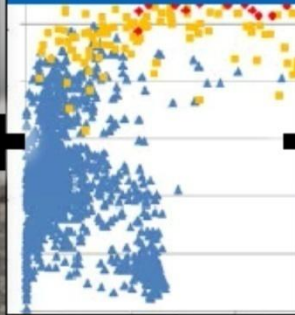
STRUCTURAL
MAPPING



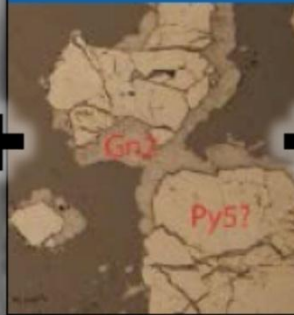
GEOPHYSICAL
SURVEYS



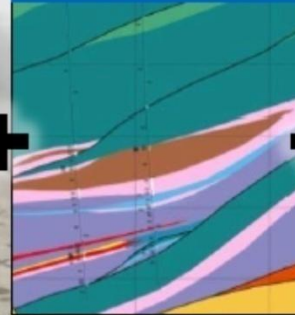
GEOCHEMICAL
VECTERING



ACADEMIC
RESEARCH



MODELING &
INTERP



FOCUSED
DRILLING



一、地质测量法的特点

(1) 直观性、可信性和综合性；

(2) 地质测量成果是合理选择应用其他技术方法的基础，也是其他技术方法成果推断解释的基础，是最基本、最基础的方法。

(3) 既研究成矿地质条件又研究成矿标志，而其他技术只研究成矿标志和矿化信息。

(4) 可以直接发现矿产地

一、地质测量法的特点

在矿产勘查的不同阶段、不同地区均应进行地质测量，所采用的比例尺分为小比例尺（1:100万~1:50万）、中比例尺（1:25万~1:5万）和大比例尺（1:1万或更大）3种类型。各种类型的研究精度和内容有较大差异。

1. 小比例尺（1:100万~1:50万）地质测量

一般是在地质空白区和研究程度较低的地区进行，或者是为了获得系统全面的基础地质矿产资料。其具体任务是：

- 1) 系统查明区域地层、岩石、地质构造特征，阐明区域构造演化史；
- 2) 系统收集区域矿产情报及矿点资料，对其中典型的、有意义的矿点进行检查评价，阐明区域一般成矿的特点；
- 3) 根据区域地质特征及成矿作用，分析该区的找矿地质条件及成矿标志，指出今后进一步工作的性质，拟定找矿布局。

2. 中比例尺（1:25万~1:5万）地质测量

一般是根据小比例尺地质测量或根据已有的地质矿产资料所确定的成矿远景地段以及已知矿区外围开展中比例尺地质测量。其具体任务是：

1) 查明区域成矿地质条件、控矿因素、成矿标志，总结成矿规律，进行成矿预测，提出进一步找矿的有利区段；

2) 对已发现的矿点进行检查评价，对其中远景较大者进行较详细的工作，明确是否进行详查或勘探；

3) 对区域内所有在地表露出的矿点或矿体均应找到，并对其深部的含矿前景进行评价，特别是1:5万地质测量阶段必须做到，而且可配合其他方法。

3. 大比例尺（1:1万或更大）地质测量

- 1) **详细查明** 矿区内矿床形成的地质条件及矿化标志，特别要查明具体的控矿要素如控矿构造的类型、控矿岩体赋存矿体的有利部位等；
- 2) 总结矿化规律，明确寻找矿体的具体地段；
- 3) 对**已知矿床进行深入细致的解剖**，研究矿床的矿化类型、控矿因素、矿床的形成机制，对矿床的浅部特征予以揭露研究，对深部的含矿前景进行定性或定量预测；
- 4) 大比例尺地质测量应结合其他各种技术方法所获得的信息，在矿区范围内开展**隐伏矿体**的勘查。

二、重砂测量法

概念：以各种疏松沉积物的**自然重砂矿物**为主要研究对象，以解决与有用重砂矿物有关的矿产及地质问题为主要内容，以**重砂取样**为主要手段，以追索寻找**砂矿**和**原生矿**为主要目的的一种地质找矿方法。



（一）重砂机械分散晕（流）的形成

矿源母体暴露地表后，经物理风化作用，形成**碎屑物质**，进一步的机械分离促使其中的单矿物分离出来，在长期的地质作用过程中，各种单矿物按其稳定性程度，有些被淘汰，有些则被保留下来，其中有些部分即**稳定的重砂矿物保留分散在原地附近**，有些受地表流水及重力作用，以机械搬运的方式沿地形坡度迁移到坡积层，形成高含量带，这样与原残积层一同组成重砂矿物的机械分散晕。另外，尚有部分矿物颗粒进一步迁移到沟谷水系中，由于水流的搬运和沉积，使之在冲积层中形成高含量带，称之为重砂矿物机械分散晕（流）。因此，重砂矿物机械分散晕（流）的**分布范围**较矿源母体大得多，因而较易被发现，成为重要的**直接找矿标志**。

（一）重砂机械分散晕（流）的形成

重砂机械分散晕（流）＝残积物中重矿物高含量带＋坡积物中重矿物的高含量带＋冲积物中重矿物高含量带

（二）重砂机械分散晕（流）的分布规律

- 1) 重砂矿物机械分散晕（流）的**形态与矿源母体的形态、产状、及其所处的地形位置**有直接关系。
- 2) 重砂分散晕（流）中重砂矿物含量与其**迁移距离有直接关系**，即距矿源母体较近，重砂矿物含量高；距矿源母体较远，则重砂矿物含量低，据此可追索寻找原生矿源体。
- 3) 重砂分散晕（流）中重砂矿物的粒度及磨圆度与其**原始的物理性质及迁移距离**有关。矿物稳定性越强，迁移距离越小，则矿物颗粒较大，磨圆度差，呈棱角状。反之，粒度小，呈浑圆状。

表3-1 辰砂、白钨矿机械分散流分布规律

矿物名称	矿床类型	辰砂、白钨矿沿水系变化												搬运距离 ^③
		矿床附近			距矿床1~2千米			距矿床2~4千米			距矿床4~7千米			
		颗粒数 ^①	粒度 ^②	形态	颗粒数 ^①	粒度 ^②	形态	颗粒数 ^①	粒度 ^②	形态	颗粒数 ^①	粒度 ^②	形态	
辰砂	裂隙充填型	200~1000	<(0.1~2)	棱角状	10~100	<(0.1~0.5)	次棱角状	8~40	<(0.1~0.25)	次棱角状	1~5	<(0.1~0.15)	浑圆	±7
白钨矿	夕卡岩型	>1000	2~4	四方双锥	100~500	0.5~1	棱角状	>1000	0.1~0.5	次浑圆状	80~150	<(0.1~0.3)	浑圆	>7

①单位为粒/立方米；②单位为毫米；③单位为千米。

（二）重砂测量样品采集

重砂取样是重砂测量的重要一环，取样质量的好坏直接影响到重砂测量的效果。根据重砂取样的种类、目的、任务及地形地貌特征，重砂取样总体布置分为三种。

1. 水系法
2. 水域法
3. 测网法

1. 水系法

水系法是目前应用较广的一种重砂取样部署方法。通常对调查区二级以上水系进行取样。

水系法样点部署原则

- 1) 大河稀，小河密，同一条水流则上游密下游稀，越近源头，取样密度越大；
- 2) 河床坡度大，跌水崖发育，流速大流量小的溪流应密，反之应较稀；
- 3) 主干溪流的两侧支沟发育且对称性好，则样点可放稀，反之应加密；
- 4) 垂直岩层主要走向的溪流应密，而平行岩层走向的溪流可放稀；
- 5) 对矿化、围岩蚀变发育地段、岩体接触带，岩性发生重大变化处的溪流冲积层应加密取样。

表3-2 不同长度的河流中重砂取样间距

河流长度/km	沟谷性质	取样间距/m
<3	冲沟、切沟 ^①	200~300
3~10	小溪	300~400
10~20	小河	400~500
>20	大河	500~700

①切沟系冲沟发育的初期阶段，长度小，宽度等于或小于其深度。

2. 水域法

水域法是按照汇水盆地中各级水流的发育情况进行布样。取样前应对汇水盆地的水域进行划分，然后将取样点布置在各级水域中**主流与支流汇合处的上游**，以控制次级水域中有用矿物含量和矿物组合特征（图3-1）。

取样时应逆流而上，**对各级水域逐一控制**，对没有出现有用矿物的水域逐个剔除，对出现有用矿物的水域逐级追索，直至最小水域，达到追索寻找矿源母体的目的。

2. 水域法

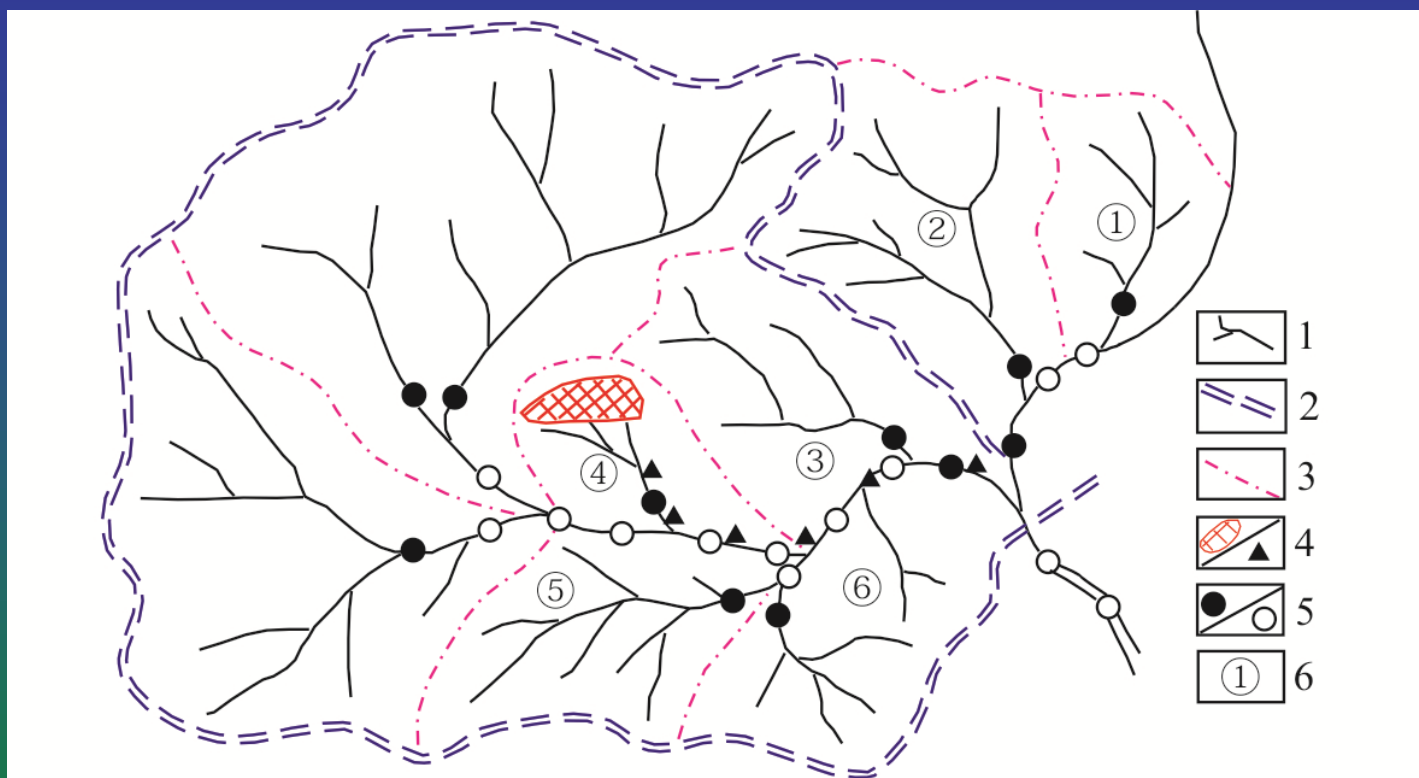


图3-1 水域划分及采样点分布示意图

1—河流；2—三级水域界线；3—四级水域界线；4—矿体；5—最小水域

法采样点/水系法等距离采样点；6—水域编号

原图以最小汇水盆地中的水系划分为一级水系，但以主干流划为一级水系，更符合实际和便于划分

3. 测网法

测网法：以重砂取样**线距**和**点距**组成纵横交叉的网格，样点布在“网格”的**结点**上。测网法取样目的是为了圈定有用矿物的**重砂分散晕**，进而寻找原生矿床，或者是为了对砂矿进行勘查，从而进行远景评价。

测网法按采样对象分类

- 1) **浅坑法**: 它是以冲积物、坡积物和残积物为采取对象, 以寻找原生矿床为主要目的。目前多采用在一个取样点运用“**一点多坑法**”的方式进行采样, 以增强样品的代表性。
- 2) **刻槽法** 主要用于阶地重砂取样, 在阶地剖面上进行。
- 3) **浅井法** 当冲积层、坡积层及阶地等松散沉积物厚度较大时采取的取样方法, 目的是勘查现代砂矿或古砂矿。
- 4) **砂钻法** 在松散沉积物**很厚**时采用, 主要用于砂矿勘探。

重砂样品处理流程

原始样品（测定体积或重量）

浸洗 搓碎

砾石

泥土

砂粒

检查

漂走

淘洗

含矿的
（保留）

砾石
（丢弃）

尾砂

灰砂

初步鉴定

PLACER GOLD



1. 圈式法

圈式法为常用的一种图式方法，可同时表示多种矿物含量，并可指出重砂矿物的搬运方向及其共生组合的变化情况。圈式方法是以**取样点为圆心**，以**5mm**（1：5万重砂图）或**3mm**（1：20万重砂图）为直径画圆圈，再将之以直径划分成若干“弧底等腰三角形”，每个三角形用不同的**色彩或花纹符号**表示不同的矿物，并以涂色或花纹符号**所占面积**来表示各矿物的含量。

1. 圈式法

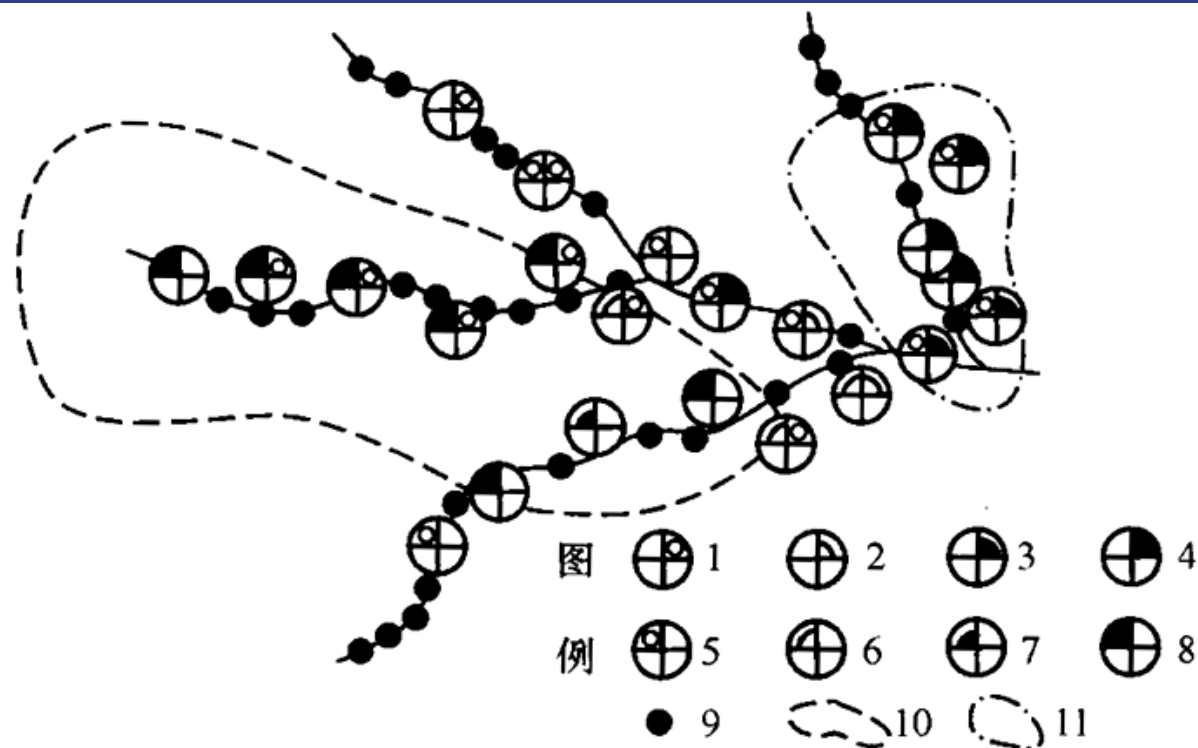


图 3-2 圈式重砂图

1—锡石含量数粒；2—锡石含量数十粒；3—锡石含量 $1 \sim 10\text{g/m}^3$ ；4—锡石含量 $> 10\text{g/m}^3$ ；
5—钛铁矿含量 100g/m^3 ；6—钛铁矿含量 $100 \sim 500\text{g/m}^3$ ；7—钛铁矿含量 $> 1000\text{g/m}^3$ ；8—钛
铁矿含量 $> 2000\text{g/m}^3$ ；9—采样位置；10—钛铁矿异常区；11—锡石异常区

2. 符号法

将有用矿物的主要元素符号标注在取样点旁侧（图3-3）即可。此法简单方便，作图快，但不能表示有用矿物含量，当矿种较多时，符号排列拥挤，图面不清晰。这种方法只适用于单一矿种或少量矿种为寻找对象的野外定性分析草图。

2. 符号法

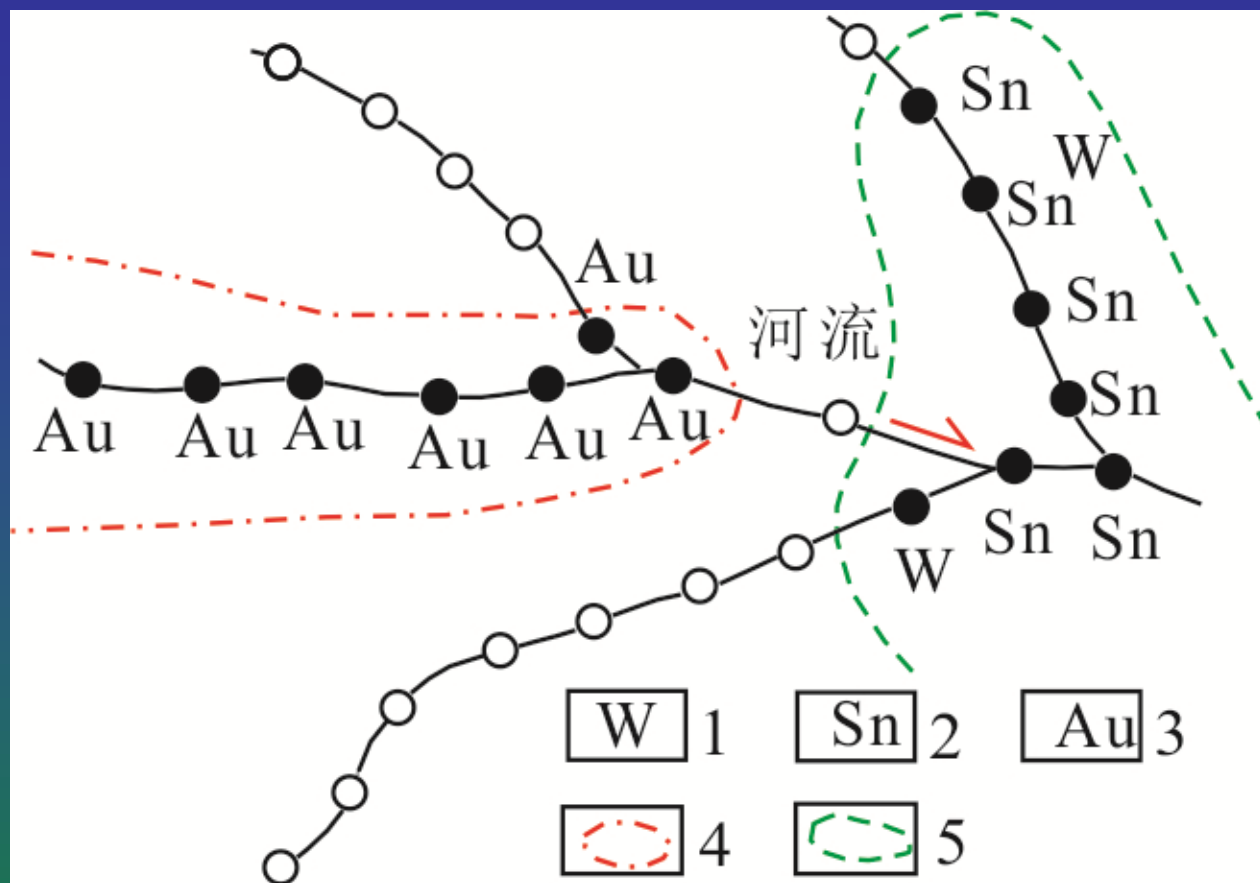


图3-3 符号式重砂图

1-黑钨矿；2-锡石；3-自然金
4-自然金异常区；5-锡石异常区

3. 带式法

将同一种矿物的相邻取样点联结成条带，并以条带的颜色或花纹、宽窄、长轴方向分别表示矿物种类、含量和搬运方向（图3-4）。此法能明确表示出有用矿物的富集地段，并直观地指示找矿方向。但如矿物种类较多，图面就不清晰。此法选用于砂矿普查或详细重砂测量。

3. 带式法

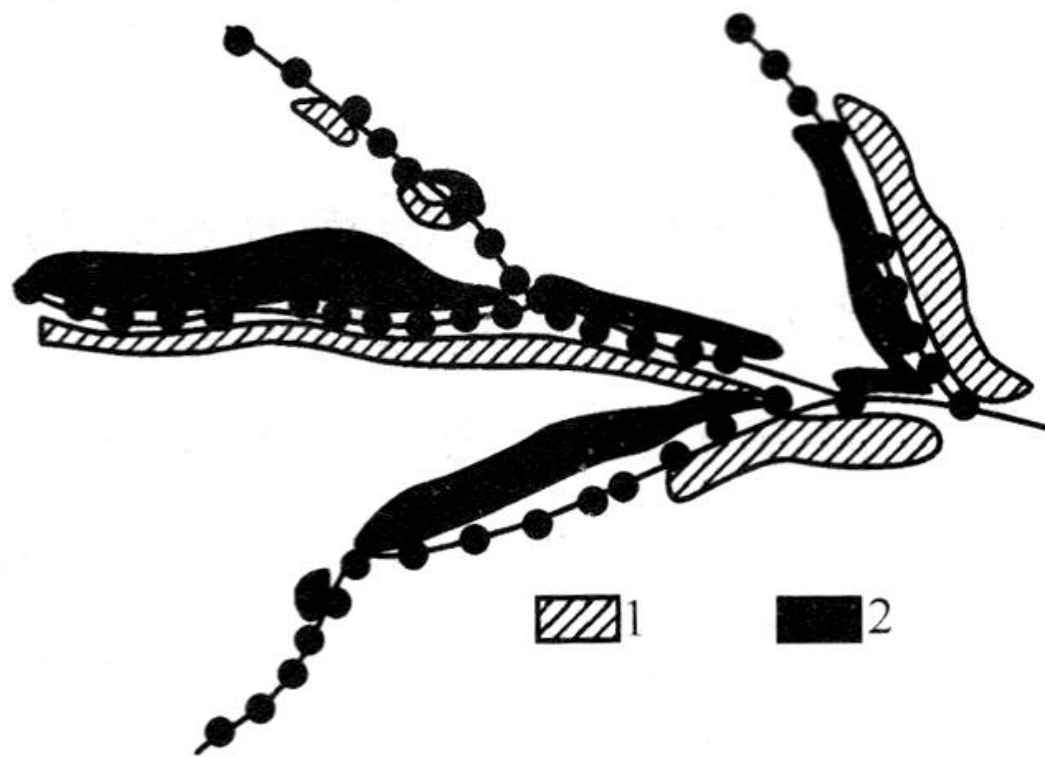


图 3-4 带式重砂图

1—锡石；2—钛铁矿

4. 等值线法

以有用矿的含量做分散晕等值线，即将相同含量的相邻点联结成曲线即可（图3-5）。此法用于1：1万、1：2000的大比例尺残坡积重砂找矿或砂矿勘探（用测网法部署取样点）。一般按单矿物编制，效率较低，但随着数理统计和电算方法的应用，在中小比例尺（1：20万）的重砂测量中也可用此法表示重矿成果，以求得到更多更醒目的信息和资料。

4. 等值线法

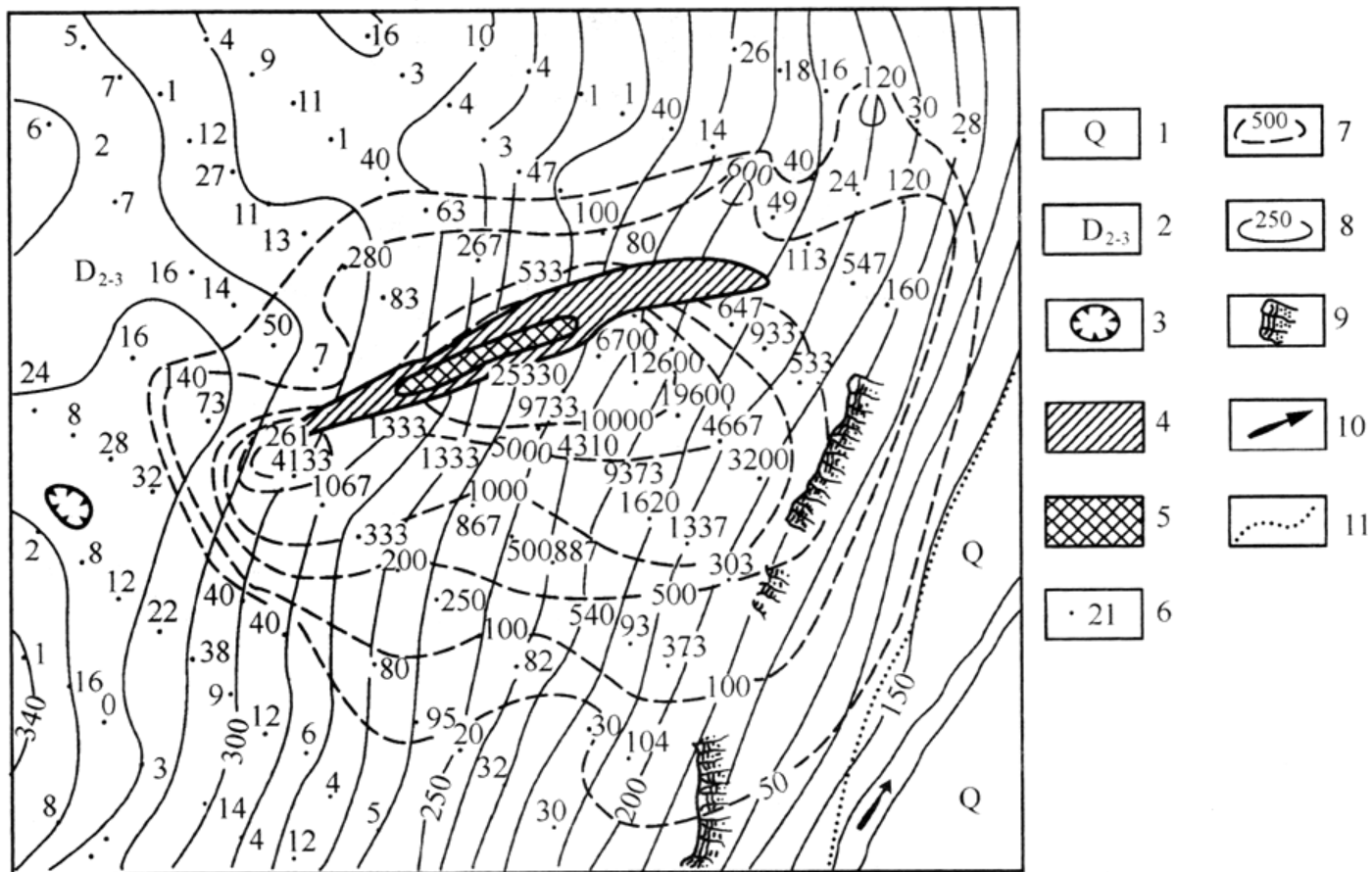


图 3-5 某矿区辰砂含量等值线图

- 1—第四系残、坡积层；2—中—上泥盆统；3—角砾岩筒，4—含矿带；5—矿体；
6—取样点位置及辰砂含量的颗粒数；7—辰砂等含量线；8—等高线及高程；9—陡崖；
10—河流流向；11—地质界线

（四）重砂异常区的评价

目前常从以下几个方面评价异常区：有用矿物含量、矿物共生组合、重砂矿物标型特征、重砂矿物搬运的可能距离、重砂矿物空间分布特征以及异常区地质地貌条件等。

1. 有用矿物含量

表示重砂异常的强度，是评价异常区的基本依据。连续的高含量点的出现，表明异常不是偶然的，是由矿化引起的可能性极大；而那些孤立的高含量点则很可能是由偶然因素引起的。

2. 重砂矿物标型特征

矿物标型特征即能反映矿物及其“母体”形成时物理和化学条件，表现在形态、成分、物理性质、化学性质和晶体结构等方面的特点。

不同成因锡石标型特征

矿物特征	伟晶岩型	热液成因石英脉型	锡石—硫化物型	金属硫化物矿床	喷出矿床
晶形	扁八面体	双锥—柱状	矛状	矛状，长柱状	针状或呈胶状 状的木锡石
晶体延长率	<1	1-2	3-4	3-5 或更大	
颜色	暗黑—黑褐	褐、棕斑点状	棕、橙黄、红棕	浅	
光泽	金属—沥青	金刚	金刚	金刚	
化学成分	富 Nb, Ta, Fe, Mn	富 W, Ti; 低 Nb, Ta	富 W, Ti, Fe, As, V 低 Ti, Ta	含 Pb Zn As 不含 Nb、Ta	富 Si, Fe Al
多色性	强		弱	弱或无	

矿物及其标型特征

重砂矿物	形成温度	形态	矿床类型
锡石	600	双锥	伟晶岩
	500—350	双锥柱	热液—石英脉
	350—125	长柱/针状	锡石—硫化物

3. 重砂矿物的共生组合

从找矿角度出发，可用重砂矿物共生组合可**分辨真假异常及作为找矿标志**。还可利用重砂矿物的共生组合来判断原生矿床的**成因类型**。

如：锡石、黄玉、电气石、萤石、黑钨矿、白钨矿→**云英岩化的石英脉型锡矿床的标志**；

锡石、铌铁矿、钽铁矿、锂辉石、独居石→**伟晶岩型矿床**。

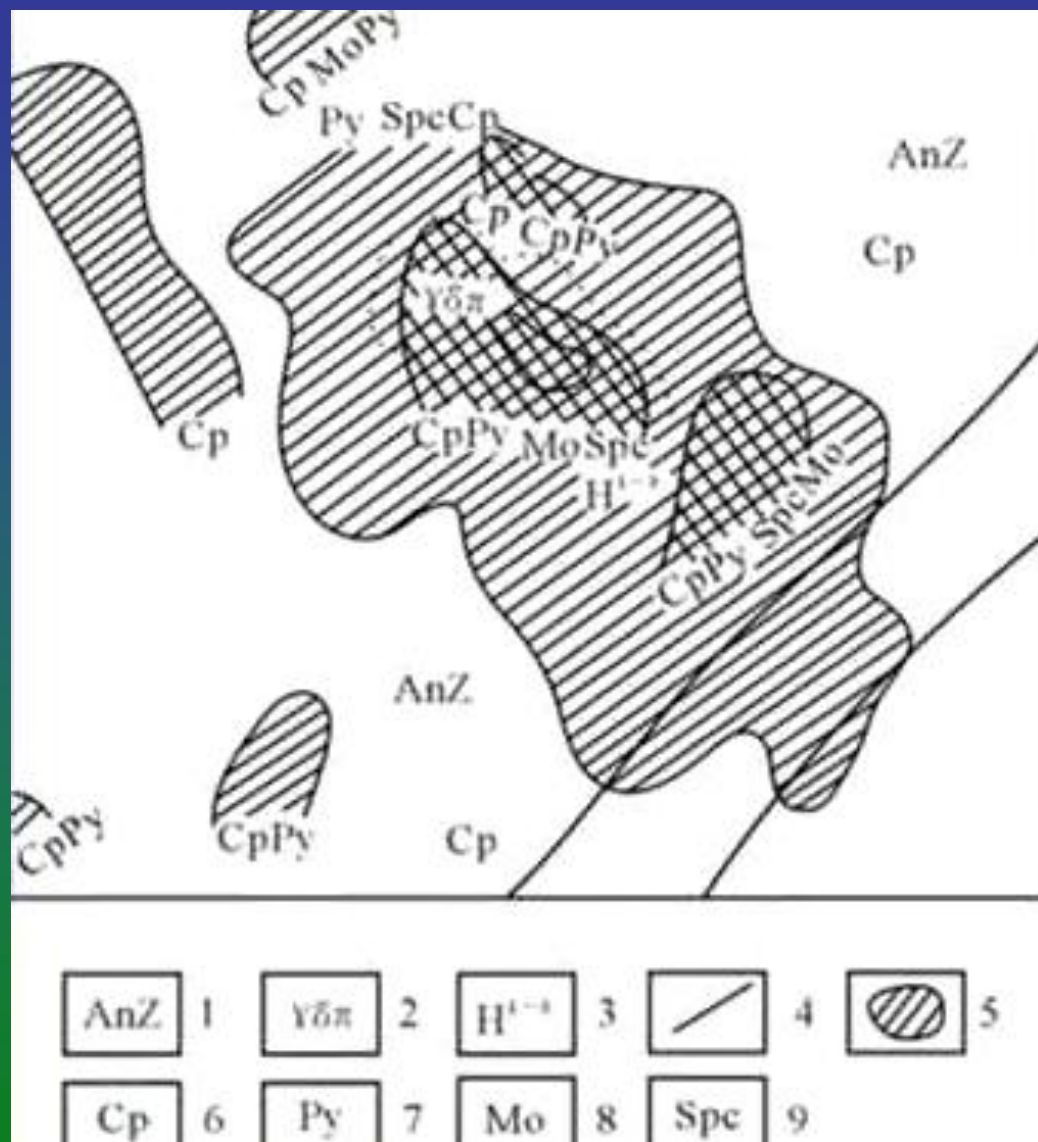
4. 重砂矿物的搬运距离

分析重砂矿物搬运的距离对于确定原生矿床的位置及评价砂矿床具有重要的意义。影响重砂矿物搬运距离的因素，一方面是重砂矿物的稳定程度，另一方面是迁移环境。

5. 重砂矿物的空间分布特征

重砂矿物的空间分布严格受区内各种地质体控制，在进行异常区评价时，应将重砂矿物的分布与成矿的地质、地貌条件联系起来，以便追索寻找原生矿。

德兴斑岩铜矿田重砂异常略图



1-浅变质岩； 2- 花岗闪长斑岩； 3-蚀变岩； 4-深断裂； 5-**重砂异常**； 6-黄铜矿； 7-黄铁矿； 8-辉钼矿

重砂异常的查证

(1) 对异常区加密重砂取样

(2) 人工重砂取样 为了查清有用矿物的矿源母体，对异常区的各种岩石和矿化蚀变等地质体，采取一定数量的人工重砂样品。

(3) 残坡积层的重砂取样 当发现有用矿物的高含量带，其粒度、形态及伴生矿物都具有接近原生矿床的特征时，应在采样点附近施以剥土或槽井探工程。

三、地球化学测量法

地球化学测量（或称地球化学找矿、地球化学探矿，简称化探），是以地球化学及矿床学为理论基础，以矿产勘查为主要目的而发展起来的一门方法科学，最早是20世纪30年代由**前苏联**建立和应用，二战后传入西方，很快被世界各国的矿产勘查工作者所接受。至70年代，地球化学勘查已成为**最有效**的勘查手段之一。

地球化学测量法快速发展的原因

- ① 大多数金属矿床的围岩中都存在微量元素异常富集的晕圈；
- ② 诸于冰碛物、土壤、泉水、河水、河流沉积物之类物质中都存在微量元素异常富集来源于矿床的风化剥蚀；
- ③ 发展了适合检测天然介质中含量较低快速、精确的化学分析方法；
- ④ 利用计算机辅助的化探资料统计技术处理和评价方法大大增强了地球化学勘查的效率；
- ⑤ 在国外，随着直升机和诸如覆盖层钻进设备的使用，取样效率不断提高；
- ⑥ 研究自然地理景观对地球化学勘查的影响方面取得了重要进展。

1. 地球化学测量法的特点

1) 地球化学测量主要是研究**成矿元素和伴生元素**在地壳中的分布、分散和集中的规律。在矿体形成的同时在围岩中形成了成矿元素和伴生元素的**原生晕**，以及在矿体受到破坏过程中发育了较晚期的**次生晕**。

2) 地球化学测量是通过**系统的样品采集**来捕捉找矿信息的，样品必须具有代表性和可靠性。

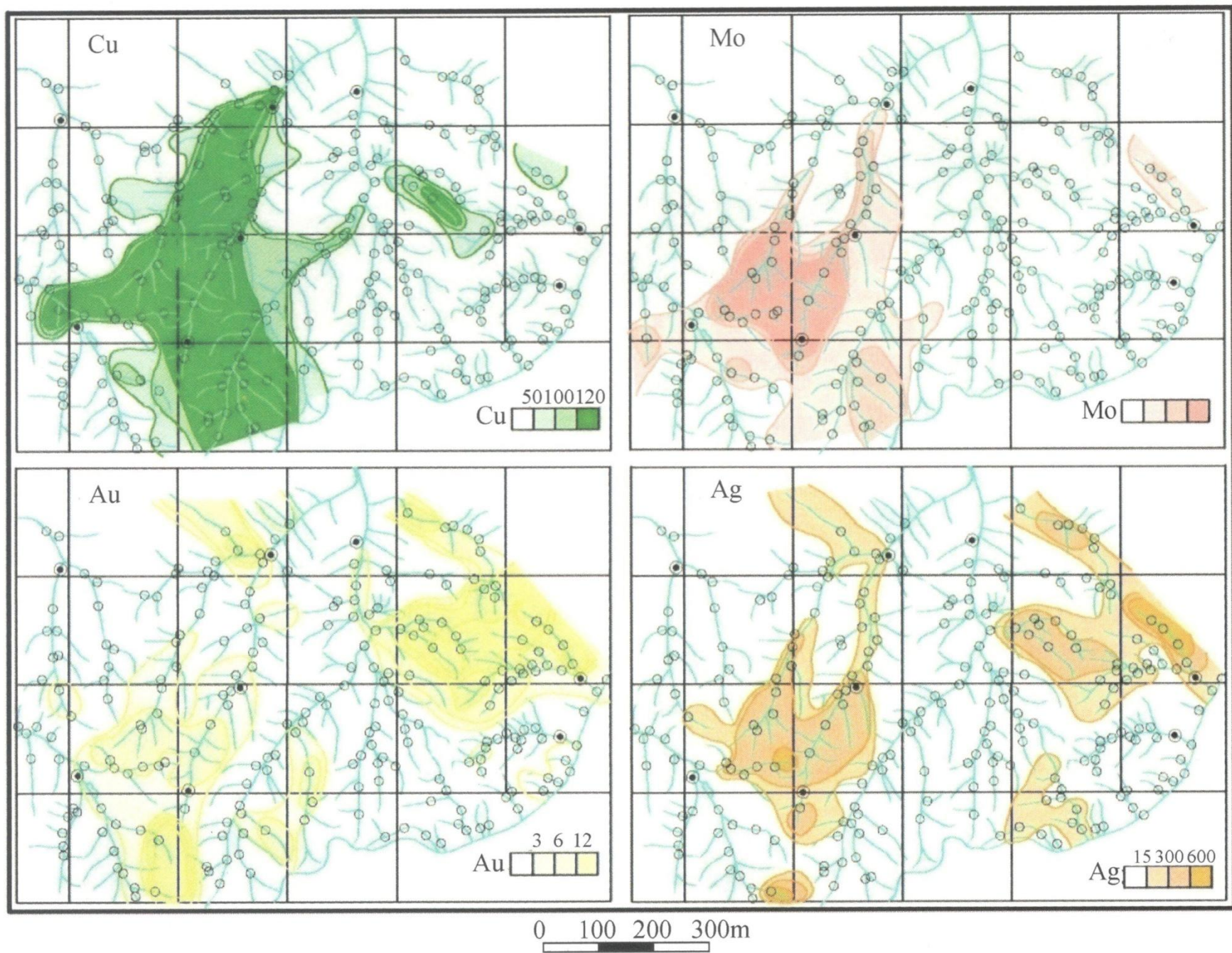
1. 地球化学测量法的特点

3) 地球化学测量所研究的成矿元素及伴生元素基本上属于微量元素，要求分析测试方法应具有**较高的灵敏度和精确度**。

4) 地球化学测量是通过发现成矿元素及伴生元素的分散晕（流），即通过元素的异常分布来进行找矿的，因此对**地球化学元素异常进行正确的解释评价**是一项至关重要的研究内容。

2. 常规地球化学测量方法分类

- (1) 岩石测量法（**原生晕**）：采样对象为岩石、古废石堆、断裂碎屑物等
- (2) 土壤测量法（**次生晕**）：残、坡积层土壤、矿帽
- (3) 水系沉积物测量法（**分散流**）：水系沉积物、淤泥
- (4) 水化学测量法（**水化学**）：水（泉水、地下水等）
- (5) 生物测量法：以草本或木本植物的叶为主
- (6) 气体测量法：地面空气、壤中气



驱龙地区水系沉积物测量 Cu、Mo、Au、Ag 异常图（单位：ppm）

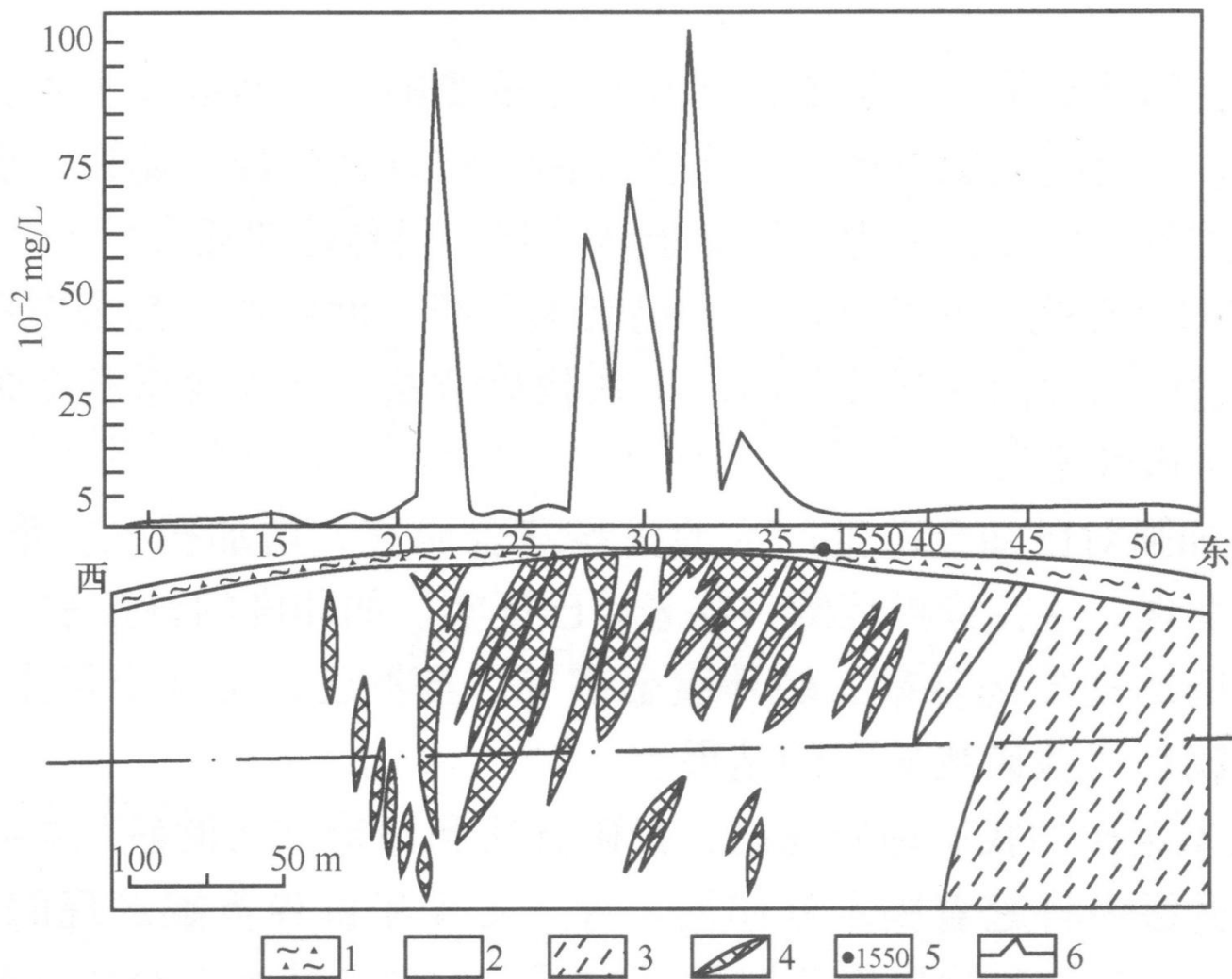
3. 综合化探新方法

随着矿产勘查难度的加大，特别是找矿对象的改变，即由找地表浅成矿转向寻找深部盲矿，找矿难度加大，常规的方法难以达到找矿的目的。从20世纪80年代开始进行了新的化探方法试验，并取得了较好的找矿效果（表3-4）。（原生晕的远程指示元素、地球化学异常模式找矿研究）

表 3-4 综合化探新方法及应用特点简表

方 法	方法原理	特 点	适应范围
土壤离子电 导率测量法	测定样品中多种成晕离子的代参数——电导率，来达到找寻隐伏矿体的目的，属地电化学找矿方法之一	示矿信息强，方便简单，重现性好，误差小、成本低	厚层覆盖区；面积性普查找矿
地电提取离 子测量法	利用多个阴极和一个共同阳极组成回路，向地下长时间通电，促进深部矿体离子群两极分化，并向地表运移，在地表接收与矿体相关的成分	地电提取异常是离子态；找矿深度大；区分异常与非异常能力强；可发现弱异常	在详查阶段查证异常，确定验证工程位置
土壤吸附相 态汞测量法	在土壤中汞气测量基础上发展起来的一种方法，采用控温热释放装置对土壤样品测量叠加价态汞	快速、简便、效率高、经济、找矿效果显著	大面积普查找矿阶段
构造射气测 量法	野外实地测量由镭同位素衰变产生的气态放射性元素——氡气，探测隐伏构造	可大致确定构造破碎带位置及其活动性，属物探、化探综合方法	预测受构造控制的隐伏矿体

一般特点：高穿透性和高精度



南乌拉尔金矿床汞气分布图

1—粘土至碎石级古风化壳；2—钠长斑岩及其凝灰岩；3—石英绢云母片岩；
4—细脉浸染状矿石；5—钻孔；6—土壤中的汞蒸气

4. 异常查证

在矿产勘查的不同阶段中，通常需要相应地对地球物理和地球化学圈出的异常进行**筛选**，优选出最具代表性的异常，进行**异常查证**，目的是查明异常源，对异常的地质找矿意义做出评价，并提出进一步工作的建议。

4. 异常查证的工作方法

在对异常排序的基础上，及时挑选部分认为最有找矿远景的异常进行查证，是查明异常的地质起因和对异常的找矿意义做出评价的重要举措。

异常查证工作按查证的详细程度可分为三个等级即踏勘检查（三级查证）、详细检查（二级查证）和工程验证（一级查证）。

四、地球物理测量法

地球物理测量（或称地球物理探矿，简称物探）是以物理学及地球物理学为理论基础，与地质学相结合，应用到地质矿产勘查领域。



1. 地球物理测量的特点

地球物理测量法：又称地球物理探矿（简称**物探**）是主要通过研究**地球物理场**（如地磁场、地电场、重力场等）以推测、确定欲调查的地质体的物性特征及其与周围地质体之间的**物性差异**（即物探异常），进而推断调查对象的地质属性，结合地质资料分析，实现发现矿床（体）目的的一种找矿方法。

物性（physical properties）

物性是岩石或矿石物理性质的简称，如岩石和矿石的密度、磁化率、电阻率、激化率等。在实施地球物理测量项目工作之前需要对测区内各类岩石和矿石进行系统的物性参数测量和研究，物性测定是选择地球物理勘查方法和进行地球物理异常解释的前提和主要依据。

1. 地球物理测量的特点

(1) 地球物理测量的对象总体上可分为**目标物**与**目的物**两类。前者是与寻找的矿产有关的地质体，后者是要寻找的矿体。不管是目标物或目的物，它们必须具备：
①与围岩的物理性质具有**明显差别**；②目标物与目的物具有一定的**体积规模**。

(2) 地球物理测量获各的数据多、信息多，如何**分解提取**地质信息，这是一项繁杂的工作。

(3) 地球物理测量的**多解性**一直是影响矿产勘查效果的重要因素。

2. 地球物理测量方法的分类

根据地球物理测量的**原理**，可分为如下几种：

(1) **放射性测量法**

(2) **磁法**

(3) **电法**（包括电阻率测量法、充电法、自然电场法、激发极化法、电磁法（EM法）等

(4) **重力测量法**

(5) **地震法**

表3-5 主要物探方法的应用及地质效果简表

方法种类	优缺点	应用条件	应用范围及地质效果
放射性测量法	方法简便 效率高	探测对象要具有放射性	寻找放射性矿床和放射性有关的矿床，以及配合其他方法进行地质填图等。
磁法	效率高 成本低 效果好。 航空磁测在短期内能进行大面积测量	探测对象应略具磁性或显著的磁性差异	主要用于找磁铁矿和铜、铅锌、铬、镍、金刚石、石棉、硼矿床，圈定基性、超基性岩体进行大地构造分区、地质填图、成矿区划分的研究及水文地质勘测。

方法种类	优缺点	应用条件	应用范围及地质效果
自然电场法	装备较简便（无需供电，测量电位差）、仪器简单、轻便快速、效率高、成本低	探测对象是埋藏较浅的能形成天然电场的硫化物矿体或低阻地质体（石墨、无烟煤）	用于进行大面积快速普查硫化物金属矿床；水文地质、工程地质调查；黄铁矿化、石墨化岩石分布区的地质填图。
中间梯度法（电阻率法）	仪器、轻便、效率高（可以多线测量）；测量深度小，地形影响较大	探测对象应为电阻率较高的地质体	主要用于寻找陡立、高阻的脉状地质体。如寻找和追索高阻的含矿石英脉、伟晶岩脉及铬铁矿、赤铁矿等效果良好。

方法 种类	优缺点	应用 条件	应用范围 及地质效果
中间梯度装置的激发激化法 (IP)	不论其电阻率与围岩差异如何均有明显反应	在寻找硫化物矿时石墨（炭质）、黄铁矿化和充水构造是主要的干扰因素	主要用于寻找良导体金属矿和浸染状金属矿床，尤其是用于那些电阻率和围岩没有明显差异的金属矿床和浸染状矿体效果明显，尤其是寻找斑岩铜矿。
电测深法	可以了解地质断面随深度的变化，求得观测点各电性层的厚度	探测对象应为产状较平缓电阻率不同的地质体，且地形起伏不大	电阻率电测深用于成层岩石的地区，如解决比较平缓的不同电阻率地层的分布（油气、煤、水文工程）。而激发激化电测深主要用于金属矿区的详查工作。

方法种类	优缺点	应用条件	应用范围及地质效果
重力测量法	受地形影响大，干扰因素多，但在深部构造研究上有优势	探测的地质体与围岩间存在密度差才可用此法	可直接找富铁矿、含铜黄铁矿；配合磁法找铬铁矿、磁铁矿、研究结晶基底的内部成分和构造，确定基岩顶面的构造起伏，确定断层位置及其分布、规模，圈定火成岩体；可用于区域地质研究等。
地震法	优点：准确度高；缺点：成本高	要求地震波阻抗存在差异	主要用于解决构造地质方面的问题，在石油和煤田的普查及工程地质方面应用广泛。

其他常用重要物探方法:

高频大地电磁测量 (EH-4):属于部分可控源与天然源相结合的一种大地电磁测深系统。深部构造通过天然背景场源成像,其信息源为10HZ~100kHz。浅部构造则通过一个新型的便携式低功率发射器发射1~100kHz人工电磁讯号,补偿天然讯号的不足,从而获得高分辨率的**电阻率**成像。

其他物探方法

可控源音频大地电磁法（CSAMT） (Controlled Source Audio-frequency Magnetotelluric method): 在电磁法的基础上，使用**主动源**（人工场源），特点是效率高，探测深度大（**1000m左右**），垂直水平分辨率高，提高了工作效率和精细程度。

其他物探方法

瞬变电磁测量 (TEM) (Transient Electromagnetic): 发射脉冲磁场, 间歇期接收二次场, 其基本原理就是**电磁感应**定律。TEM与直流电法和激电法相比探测深度更大 (**300~400m**)、垂直分辨率更高, 易于探测覆盖层下的**良导体**, 效率高且基本不受地形的影响。由于TEM对低阻体的敏感性, 当近地表覆盖层存在大量的**低阻层**时, 方法失效。

物探异常的解释

物探异常往往具有**多解性**，致使利用地球物理技术进行矿产勘查命中率较低。Paterson在加拿大为寻找块状硫化物矿床的工作进行了好几年，结果表明，**5000**个航空电磁异常中只有**一个**潜在的工业矿体。

多解性主要是因为不同的地质体可以有**相同的物理场**，故造成物探异常推断的多解性。如磁铁矿、磁黄铁矿、超基性岩，都可引起磁异常。工作中一般应合理地综合运用几种物探方法，且**必须与地质研究紧密结合**，才能得到较为肯定的结论。

3. 地球物理测量方法的应用

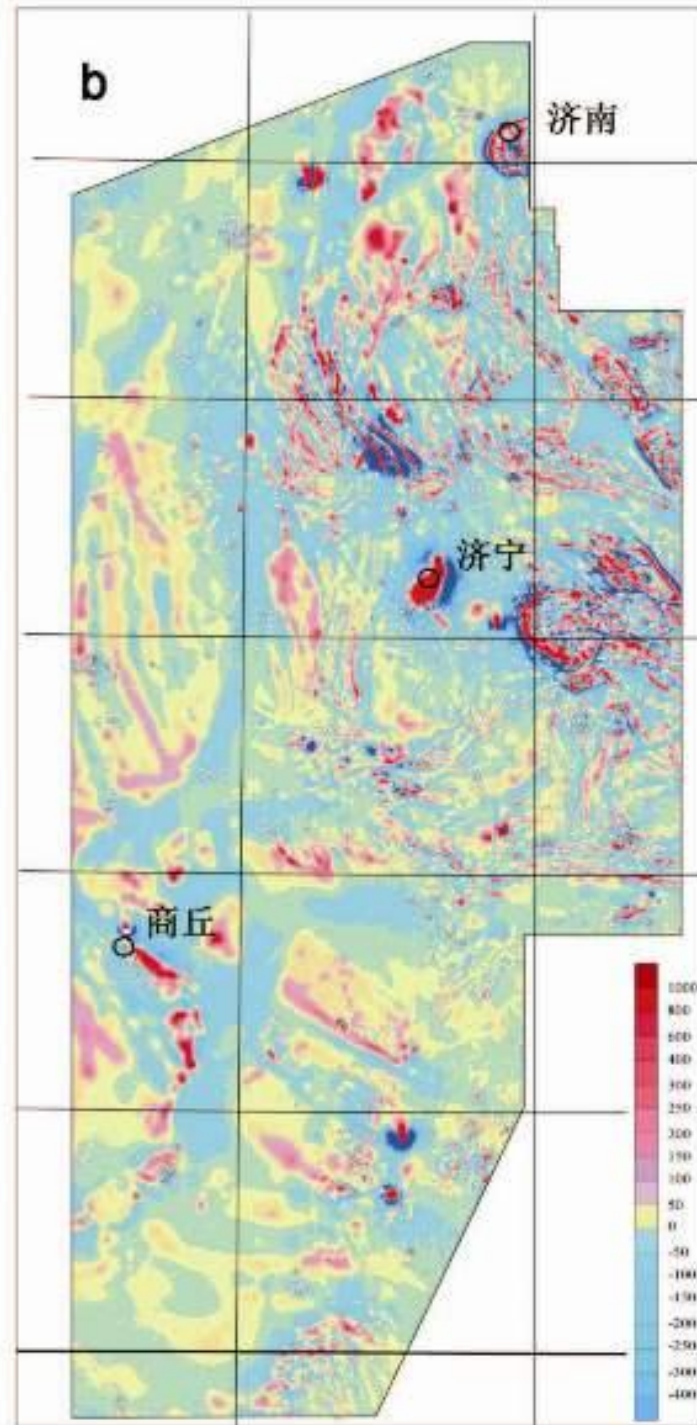
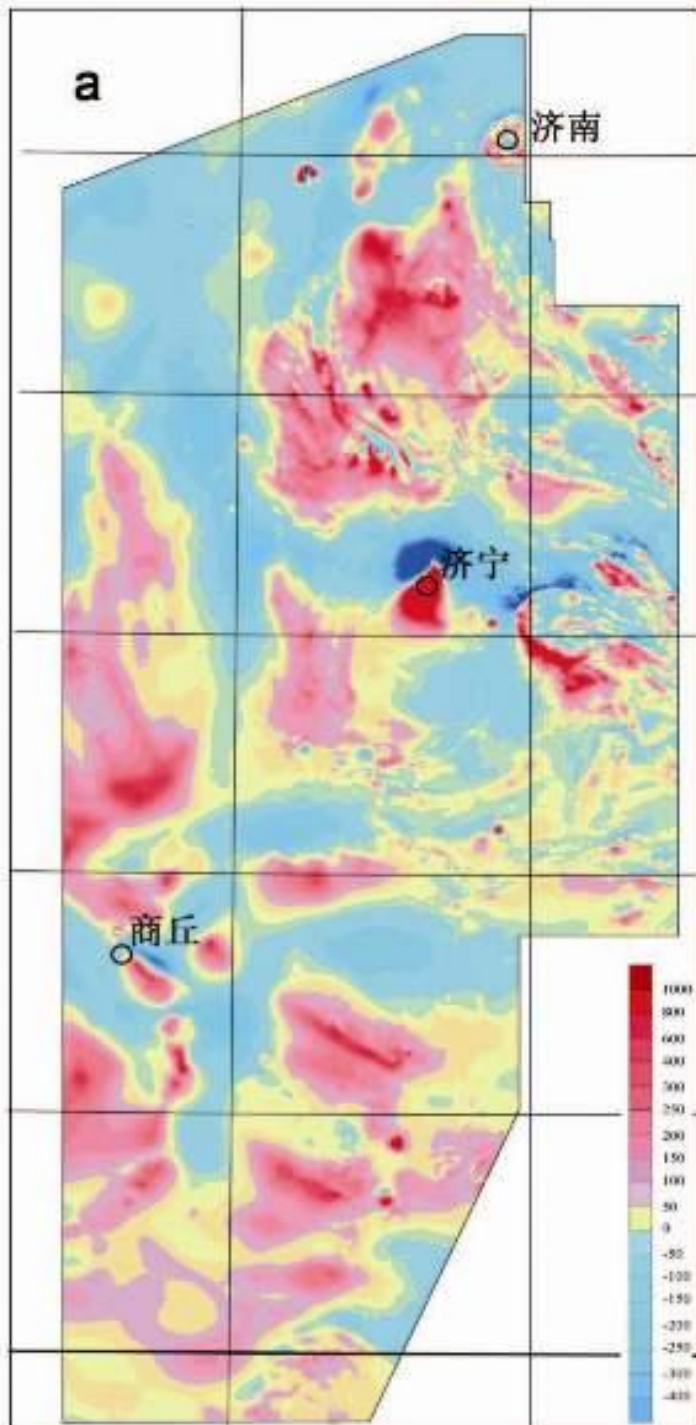
1) 地球物理勘查技术在**矿产勘查各阶段**都可使用。在初步勘查阶段，采用航空地球物理圈定区域地质特征；详细勘查阶段，运用地面地球物理和钻孔地球物理测井，甚至在坑道内直接运用地球物理技术。

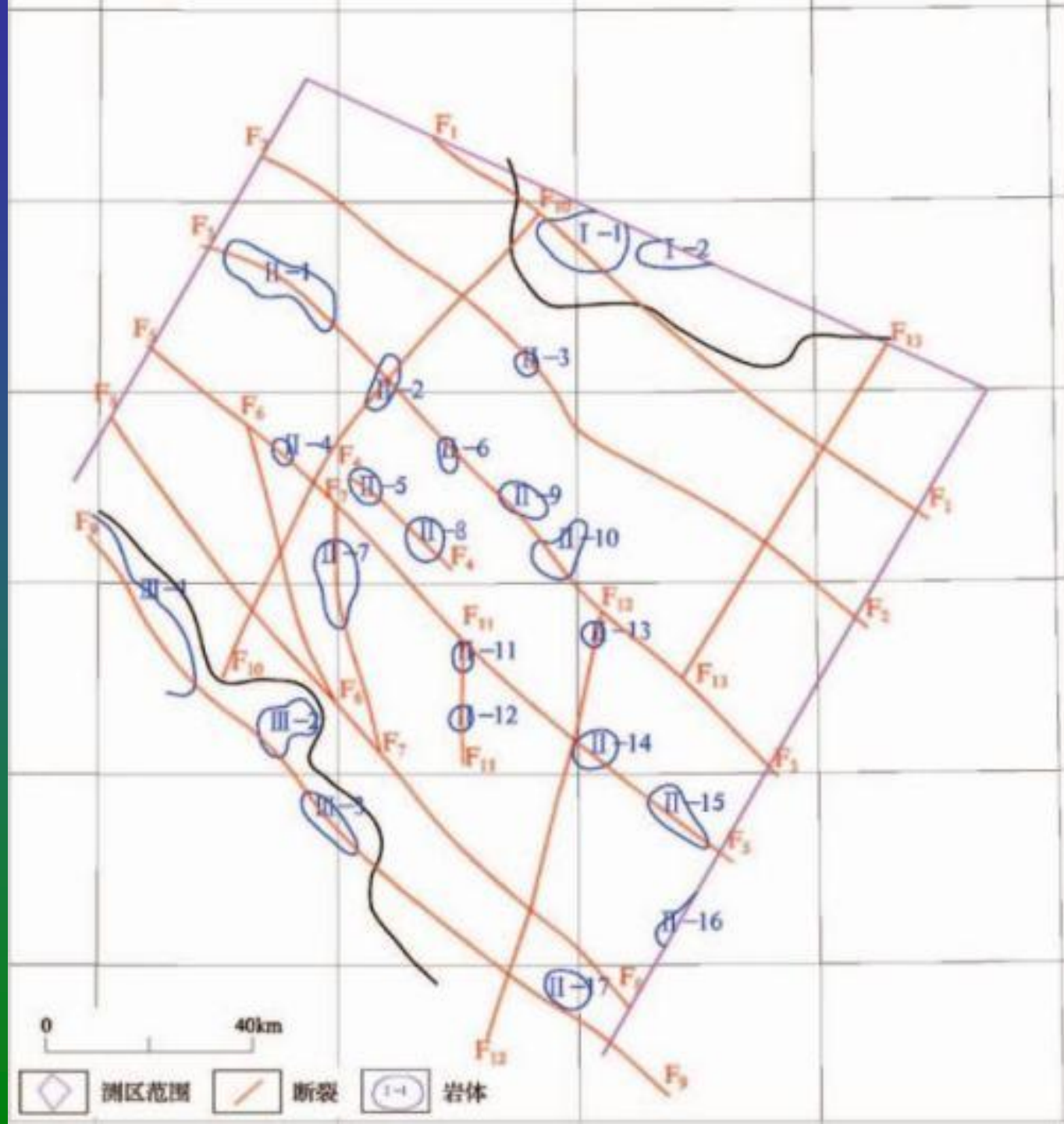
2) 地球物理技术常可用做**辅助地质填图**。例如，在美国密苏里铅锌矿区东南区，依靠航磁异常圈定埋藏的前寒武基底岩石的隆起和凹陷。以及推断构造，划分地质体单元等。

3) 地球物理技术也可**直接用于寻找矿床**，如利用放射性法找铀矿、磁法找铁矿、电法找基本金属矿床等。

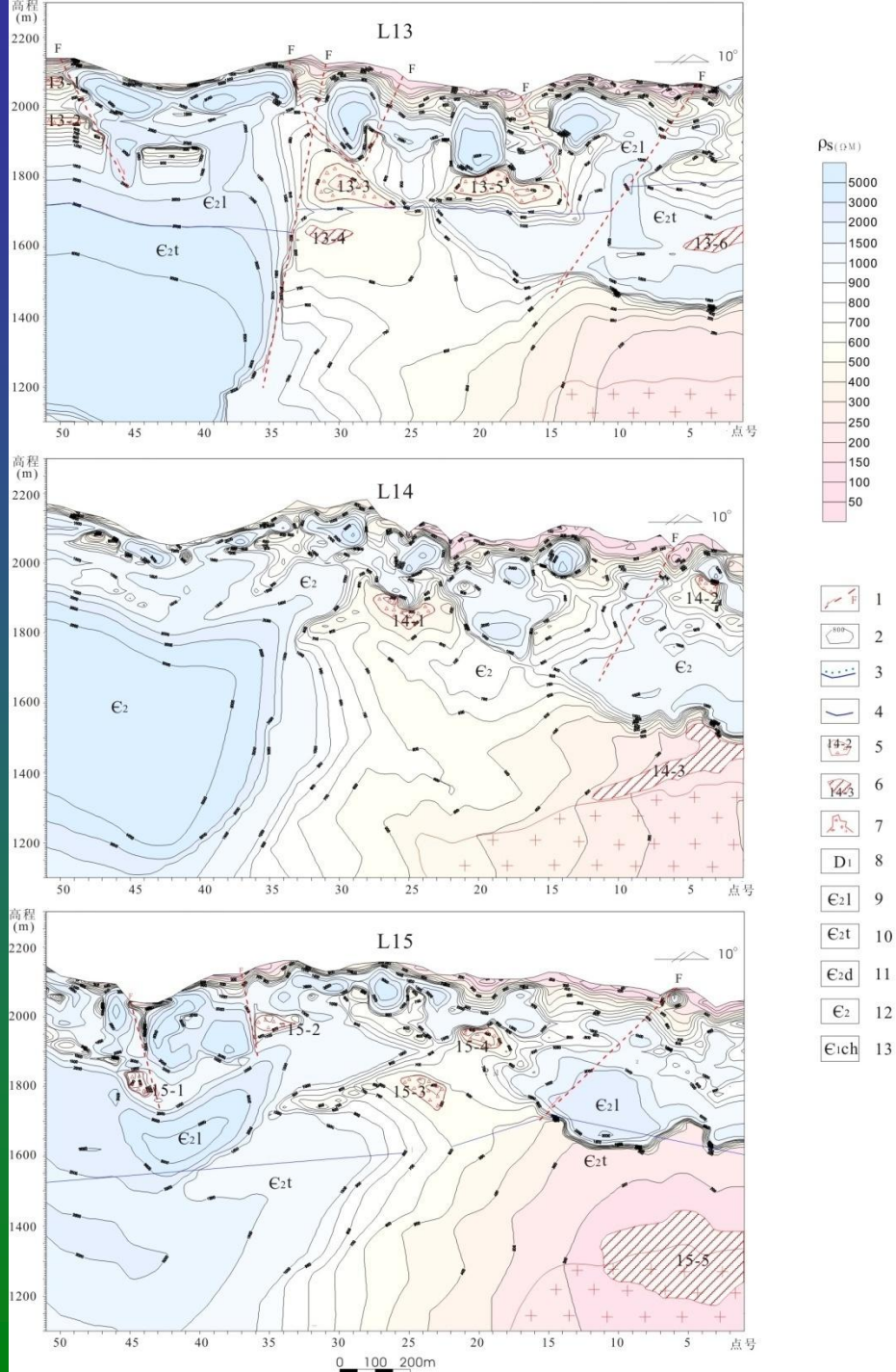
利用物探方法找矿几点注意事项

- 1) 显著物性差异
- 2) 被调查的地质体要具有一定的规模和合适的深度（电法在300米深以内）
- 3) 能区分矿致与非矿致异常



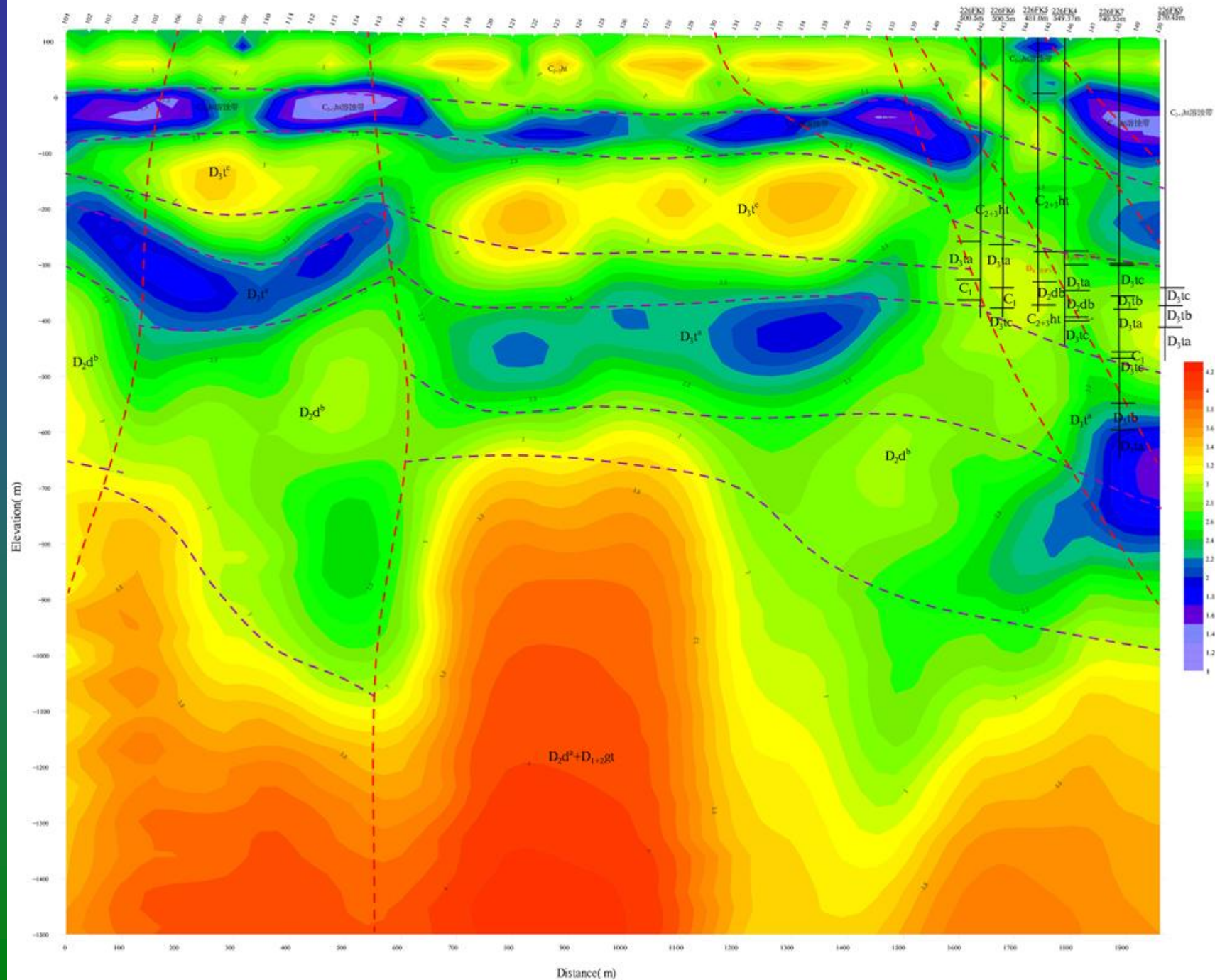


穿心洞——对门山南部EH-4电磁测深二维反演电阻率剖面图



1. 推测断层；
2. 电阻率等值线；
3. 地层界线；
4. 不整合界线；
5. 推测岩溶异常及编号；
6. 推测矿异常及编号；
7. 推测隐伏花岗岩；
8. 下泥盆统粉砂岩、砂砾岩；
9. 中寒武统龙哈组白云岩；
10. 中寒武统田蓬组灰岩、粉砂岩；
11. 中寒武统大丫口组粉砂岩、灰岩；
12. 下寒武统冲庄组砂岩、粉砂岩

凡口矿区广域电磁法深地找矿技术研究与应用GY11测线反演综合剖面图



五、遥感地质测量法

遥感（remote sensing）：是通过测量反射或发射电磁辐射以获得地球表面特征的技术。它能使我们识别主要的区域或局部地形特征，有助于发现有矿产潜力的地区。

由于不同的岩石类型在**不同的光谱范围内**具有**不同的反射辐射特征**，所以，根据遥感信息我们能对一个地区做出初步的地质解释，一些与矿床关系密切的地质特征提供了能够用遥感探测到的强信号。如与热液蚀变有关的褪色岩石、铁帽及断裂构造等，这些特征即使被**土壤或植被覆盖**有时也能清楚地识别。

遥感技术系统

遥感技术系统：主要由**遥感仪器**（传感器，用来探测目标物电磁波特性的仪器设备，常用的有照相机、扫描仪和成像雷达等）、**遥感平台**（用于搭载传感器的运载工具，常用的有气球、飞机和人造卫星等）、**地面管理和数据处理系统**，以及**资料的判断解译和应用**等部分组成。

五、遥感地质测量法

遥感地质：又称地质遥感，是综合应用现代的遥感技术来研究地质规律，进行地质调查和资源勘查的一种方法。从宏观的角度，着眼于由空中取得地质信息，即以各种**地质体对电磁辐射的反应**作为基本依据。

（一）遥感地质工作的基本内容

- 1) 地面及航空遥感实验，建立各种地质体和地质现象的电磁波谱特征；
- 2) 进行图像、数字数据的处理和判断解释地质体和地质现象在遥感图像的特征；
- 3) 遥感技术在地质填图、矿产资源勘查及环境、工程、灾害地质调查研究中的应用。

（二）遥感地质的解译

遥感地质解译分为初步解译、实地踏勘、详细解译、野外验证、综合研究、编写报告六个步骤。

遥感地质解译的重点：区域构造格架解译、辅助地质填图解译、已知控矿因素的追索圈定等，而且应与其他类型数据（地质、地球化学和地球物理等）在相同比例尺和同一坐标系统中进行匹配和比较。

（三）遥感地质测量的特点

- 1) 大面积同步观测，视域宽广
- 2) 信息丰富，技术先进

遥感地质测量所获得的信息量远远超过了用常规传统技术方法所获得的信息量，还能提供超出人们视觉以外的大量地学信息。

- 3) 定时、定位观测，提高观测的时效性
- 4) 投入相对小，综合效益高

在中、小比例尺地质制图时，具有精度高、速度快、费用省等特点。

（四）遥感地质测量的发展趋势

1) 新的遥感波段与遥感器的研制。

2) 快速、经济、有效的地学信息处理、提取、分析方法，如地理信息系统和专家系统等。

3) 遥感技术在地质学已开展领域的深化和新领域的开拓。现有应用领域的深化首先是在**矿产资源勘查**中的遥感技术应用方面，向模式化、自动化和**定量化**发展，其次是在**区域构造分析**和遥感地质图件编制上的应用。

4) 遥感地学机理的研究。

（五）遥感地质测量法的应用

1) **在基础地质工作中的应用** 遥感图像视域，能客观真实地反映出区域地质构造以及区域构造间的关系，为中小比例尺制图和跨区域甚至全球的区域地质研究提供了有利的条件。

2) **在矿产勘查中的应用** 各种矿产资源的形成、产出都与一定的地质构造有关，如斑岩铜矿与中酸性侵入体有关。利用遥感地质测量资料来解译、分析区域成矿地质条件；提取某些矿床类型的**遥感标志**是遥感找矿的基本出发点和理论依据。

遥感地质测量在矿产勘查中的应用

1. 利用图像上显示与矿化有关的地物如岩石、土壤等的波谱信息、色调异常和热辐射异常等直接圈定靶区，为拓矿指明方向。
2. 利用解译获得的资料，分析区域成矿条件，进行区域成矿预测。

遥感地质测量在矿产勘查中的应用

3. 利用数字图像处理技术，进行多波段、多种类遥感图像综合处理分析，**增强或提取**图像上与成矿有关的信息，尤其是矿化蚀变信息，为找矿提供依据，指明找矿方向和有利成矿的远景地段。

4. 利用数学地质的方法，综合遥感资料、物探、化探和地质资料，进行**成矿统计预测**，直接圈定找矿远景靶区。

3) 高光谱遥感的应用

高光谱遥感 (Hyperspectral Remote Sensing) 是在电磁波谱的可见光、近红外、中红外和热红外波段范围内，获取许多非常窄的光谱连续的影像数据的技术。其成像光谱仪可以收集到上百个非常窄的光谱波段的信息。

它与一般遥感的主要区别在于：高光谱遥感的成像光谱仪可以分离成**几十甚至数百个很窄的波段**来接受信息，所有波段排列在一起能形成一条**连续的完整的波谱图像**。

3) 高光谱遥感的应用

表 3-6 波长范围和矿物标记

	波长范围/ μm	可辨别的主要矿物
可见-近红外	0.40 ~ 1.20	Fe、Mn 和 Ni 的氧化物及稀土矿物，赤铁矿、针铁矿植被 氢氧化物、碳酸盐和硫酸盐 硫酸盐类——明矾石 硫酸盐类——黄钾铁矾
	0.50 ~ 0.80	
	1.30 ~ 2.50	
	1.47 ~ 1.82	
	1.47 ~ 1.76	
短波红外	2.16 ~ 2.24	含 Al - OH 基团矿物——白云母、高岭石 含 Al - OH 基团矿物——迪开石、叶蜡石 含 Al - OH 基团矿物——蒙脱石、伊利石 含 Fe - OH 基团矿物——黄钾铁矾、锂皂石 含 Mg - OH 基团矿物——绿泥石、滑石、绿帘石 碳酸盐类——方解石、白云石、菱镁矿
	2.24 ~ 2.30	
	2.30 ~ 2.40	
	2.32 ~ 2.26	
中红外	8.00 ~ 14.0	氧化物及硅酸盐类——石英、长石、辉石
		硅酸盐类——橄榄石

(据薛重生等)

3) 高光谱遥感的应用

第二，利用多通道的机载高光谱分辨力成像波谱仪获得波谱曲线，与某些**标志性矿物**的实验证实测的典型曲线对比，能**半定量地**确定标志性矿物的存在。

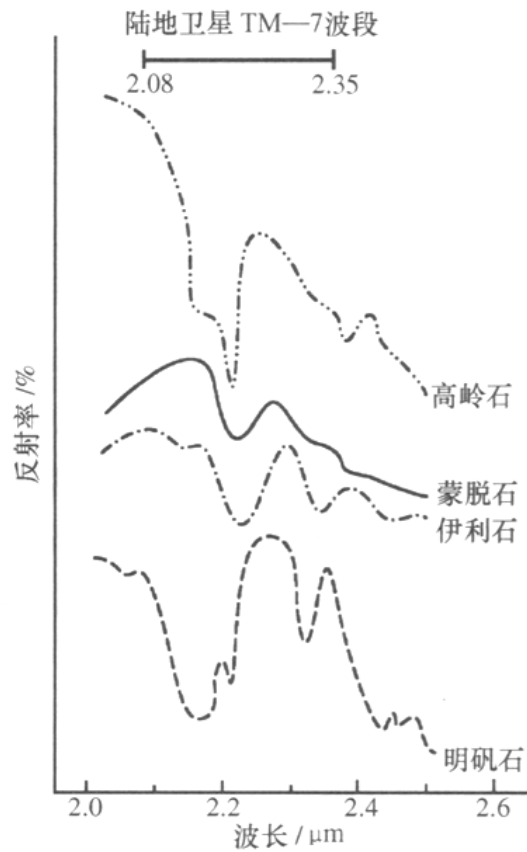


图 3-6 2.0 ~ 2.5 μm 大气窗口的实验室波谱曲线
(据 F. F. Sabins, 1986)

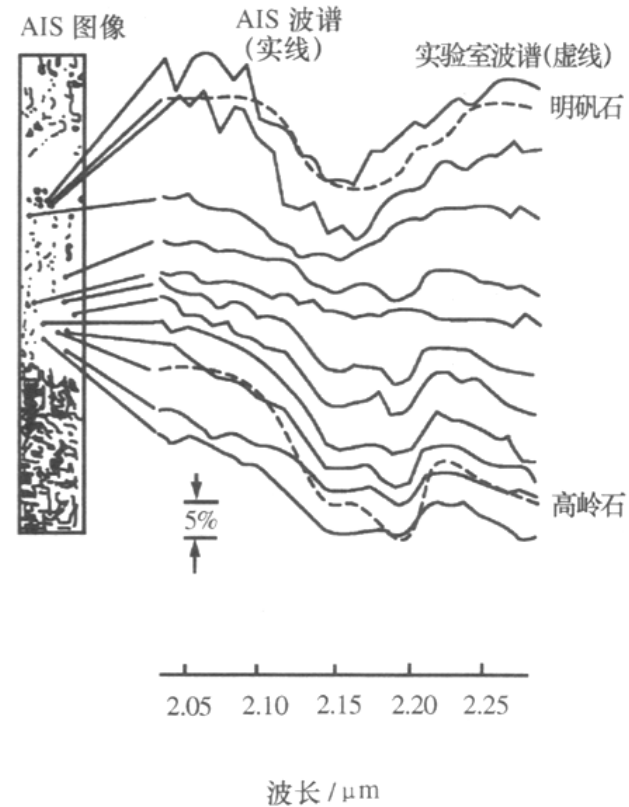
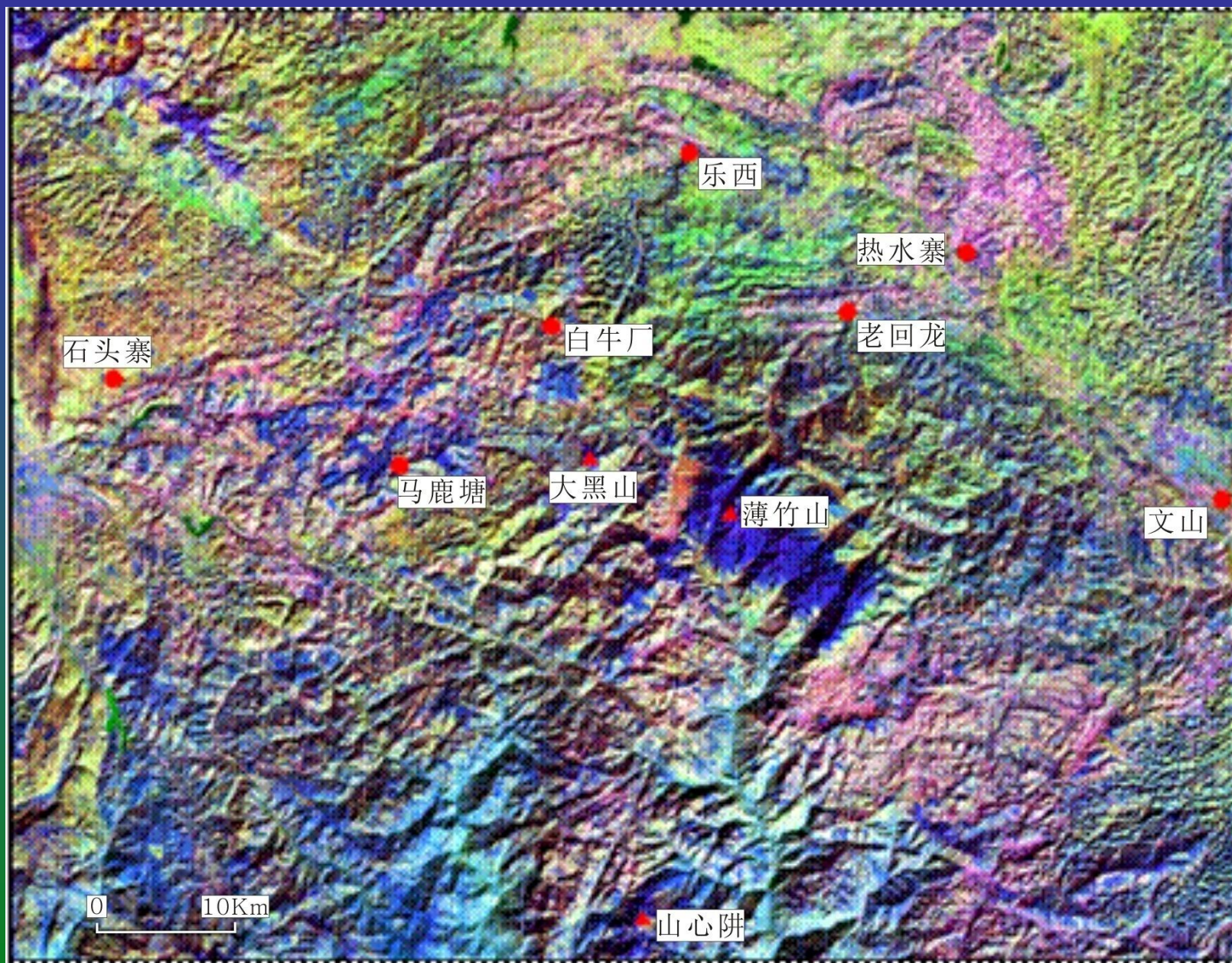
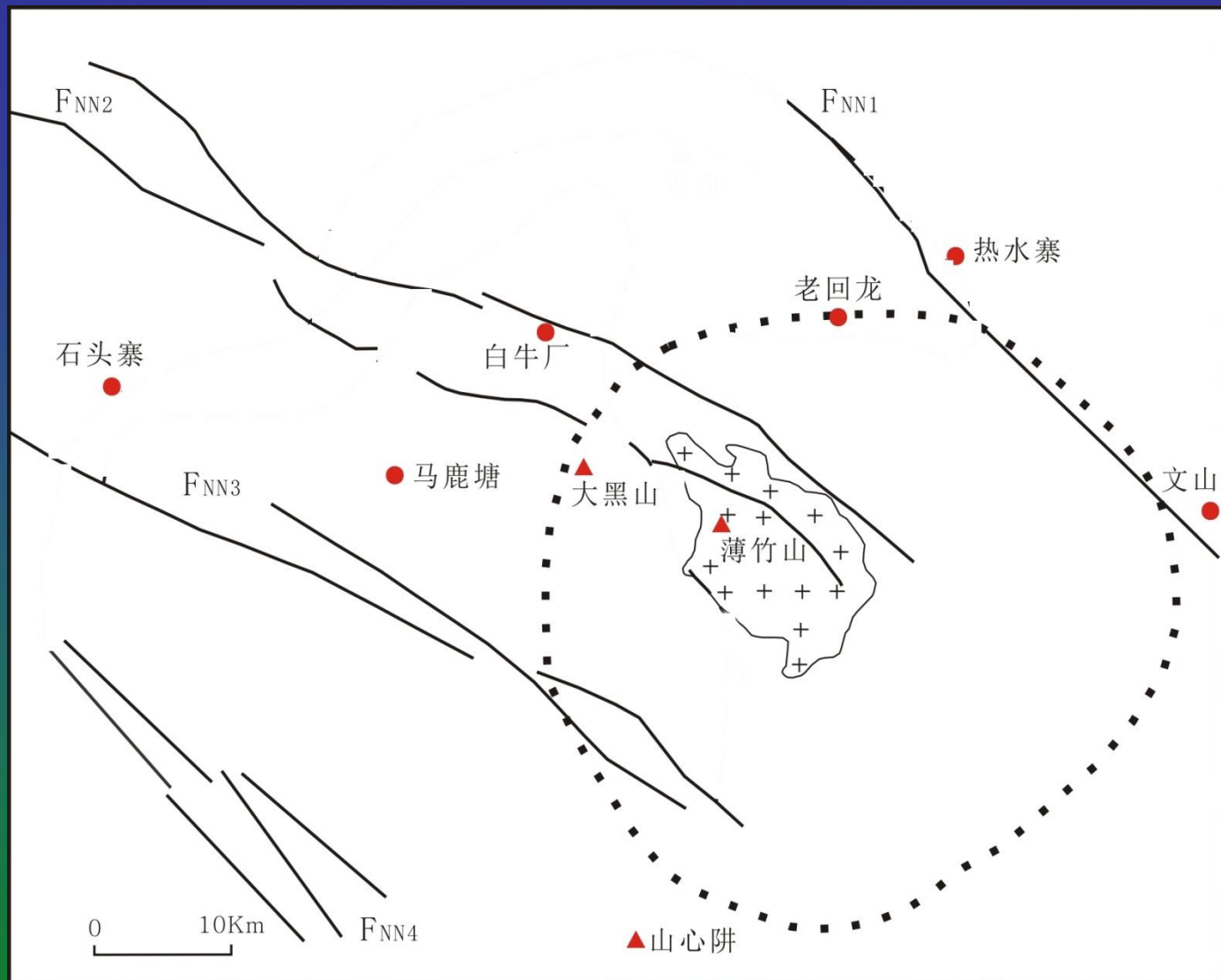


图 3-7 AIS 反射波谱曲线
(据 F. F. Sabins, 1986)

第三，通过某些标志性矿物的检测，来达到找矿和编制分布图的目的。

白牛厂—薄竹山地区遥感影图

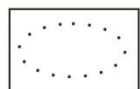




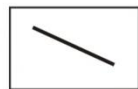
1-薄竹山
环形构造

2-NW向
线性构造
带

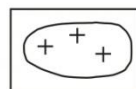
3-薄竹山
岩体



1



2



3

多/高光谱遥感地质找矿模式

五要素遥感找矿模式（于学政、杨日红）

“线” — 控矿、导矿、容矿等构造信息

“环” — 火山机构、侵入体等信息

“带” — 矿源层信息

“块” — 构造岩块信息

“色” — 色块、色晕、色斑、色带等热液蚀变信息

矿源场-成矿节-遥感异常找矿模式（赵福岳）

矿源场 — 矿源层、成矿母岩、控矿导矿构造等

成矿节 — 矿源场各要素的空间展布和空间组合型式

遥感异常 — 色调异常、线、环构造、蚀变组合分带

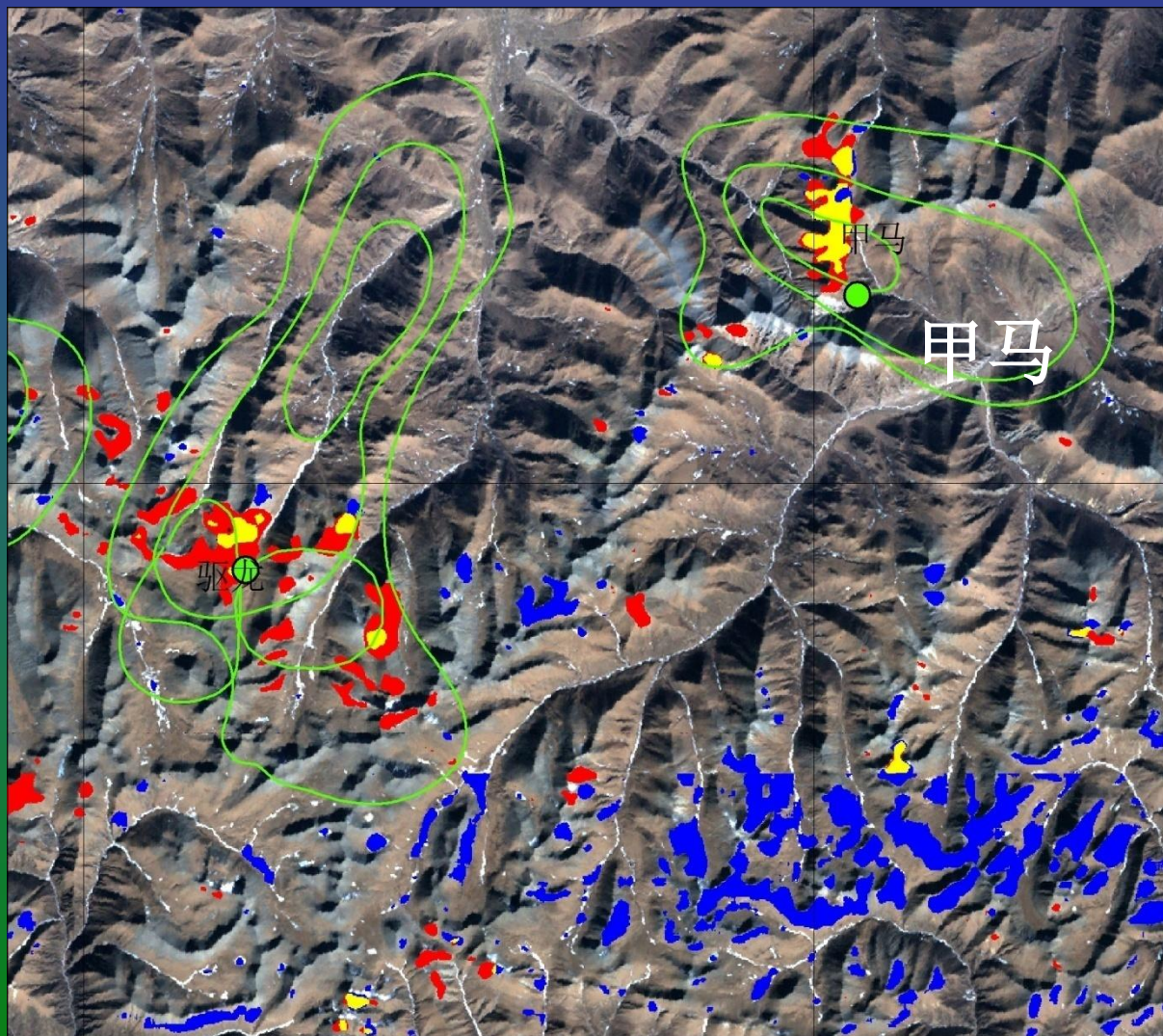
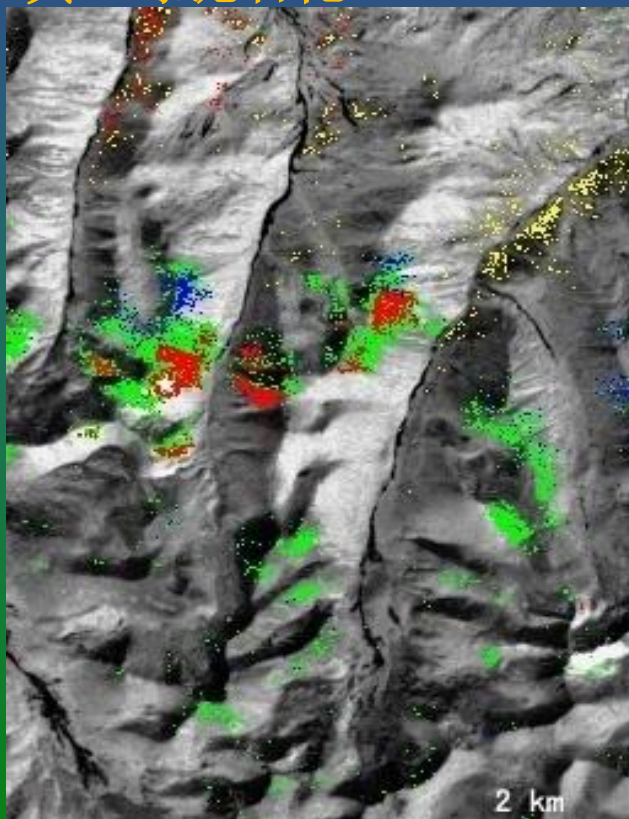
驱龙TM异常、化探、Hyperion矿物

红：高岭石化

绿：低A1（长波）绢云母

蓝：高A1（短波）绢云母

黄：绿泥石化



西藏驱龙斑岩铜矿区矿物识别

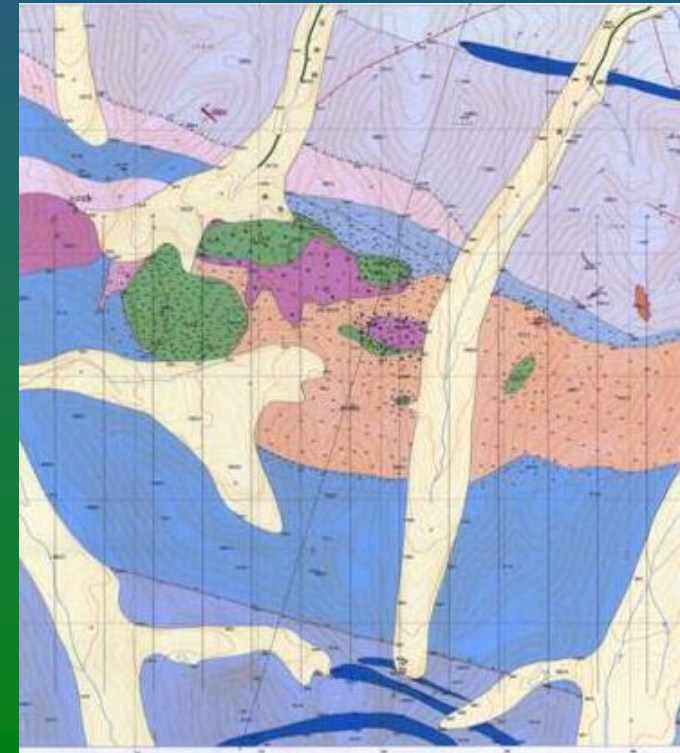
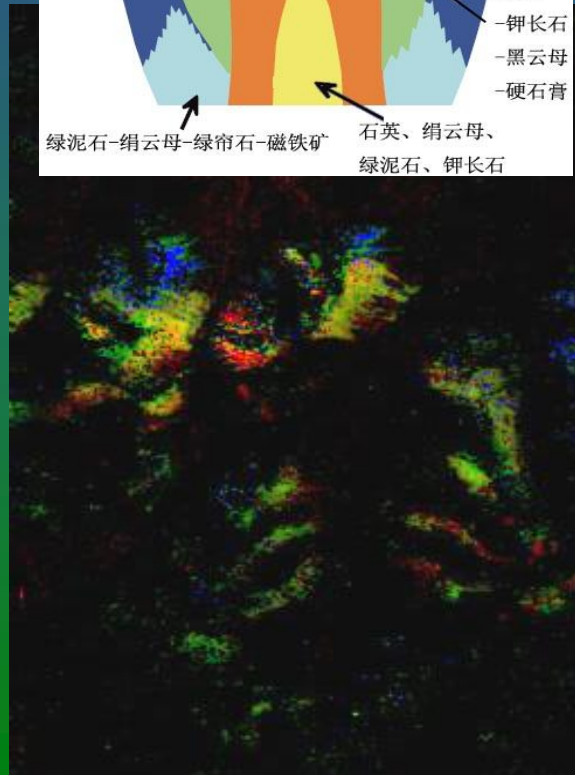
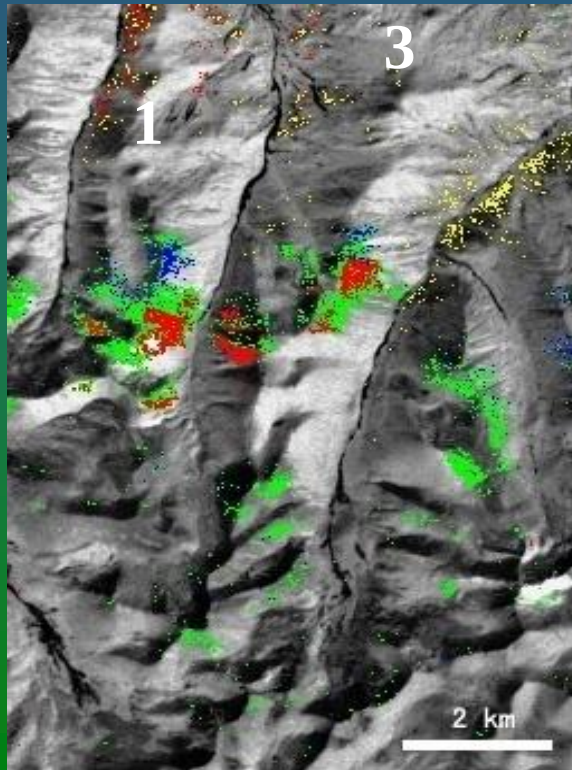
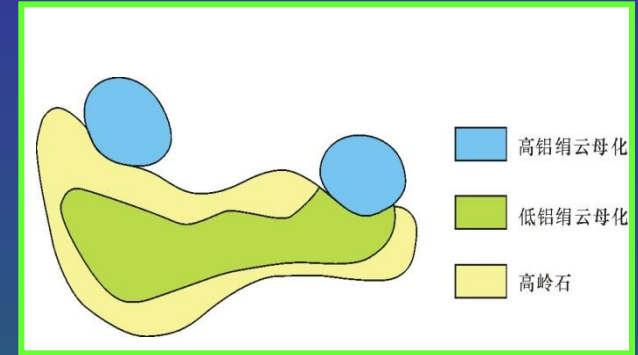
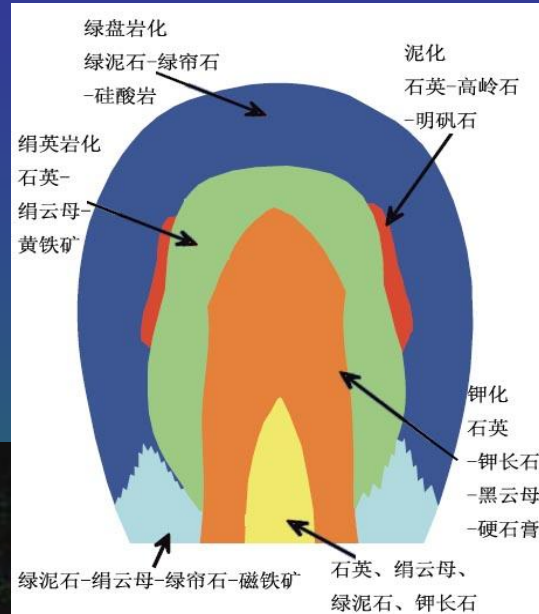
红：高岭石化

绿：低Al（长波）绢云母

蓝：高Al（短波）绢云母

黄：绿泥石化

白星：驱龙矿区



六、探矿工程法

目前国内外对金属、非金属矿床勘查中大量采用的勘查手段仍然是探矿工程。

探矿工程包括坑探和钻探两大类。钻探是目前矿床勘查中最常规的、不可缺少的技术手段（勘探深度大、施工速度快，费用相对坑探工程节省），可以在地面和井下施工（大钻和坑内钻）。

（一）探矿工程的特点

- 1) 可以直接验证或观察矿体和地质现象，获取比较精确的地质资料。利用坑探工程探明的资源量具有较高的精度，可以检验钻探和物化探资料或成果的可靠性。
- 2) 坑探工程部分可为矿床开采时运用，节省工程费用。
- 3) 部分探矿工程设备多且笨重、施工速度慢（如竖井、斜井等）、复杂地形条件下施工困难、成本高。

作业

查阅资料，在中大比例尺成矿预测中，分别列出识别或预测**隐伏的中酸性岩体**和**隐伏的断裂构造**的技术方法，并简述理由（不少于五种）。

（二）探矿工程分类

探矿工程分为坑探工程和钻探工程两大类。坑探工程又可以分为地表坑探工程（过去称轻型山地工程）（剥土、探槽和浅井）和地下坑探工程（平硐、石门、沿脉、穿脉、竖井、斜井和暗井）。

地表坑探工程一般采用人工挖掘，不需照明、通风、动力等设备，主要用于揭露基岩、地质界线、接触关系和矿化带等。

1. 坑探工程

在地表或地下岩石或矿体中挖掘不同类型的坑道以便勘查揭露矿体或者进行其他地质勘查工作，这些坑探工程以其使用的条件和作用可分为如下主要类型：

探槽（trenching）（TC） 是从地表挖掘的一种槽形坑道，其横断面为倒梯形，探槽深度一般不超过3~5m，探槽断面规格视浮土性质及探槽深度而定，以利于工作，保证施工安全。探槽一般垂直矿体走向或平均走向来布置。

1. 坑探工程

浅井（pitting）（QJ）它是由**地表垂直向下**掘进的一种深度和断面均较小的坑道工程。浅井深度一般不超过20m，断面形状可为**正方形、矩形或圆形**，断面面积为 $1.2\sim 2.2\text{m}^2$ 。浅井的布置由于矿体规模产状的不同，其布置型式也不同。当矿体产状较陡时，可在浅井下拉石门或穿脉，当矿体产状较缓时，矿体应布置在矿体的上盘（图3-9）。

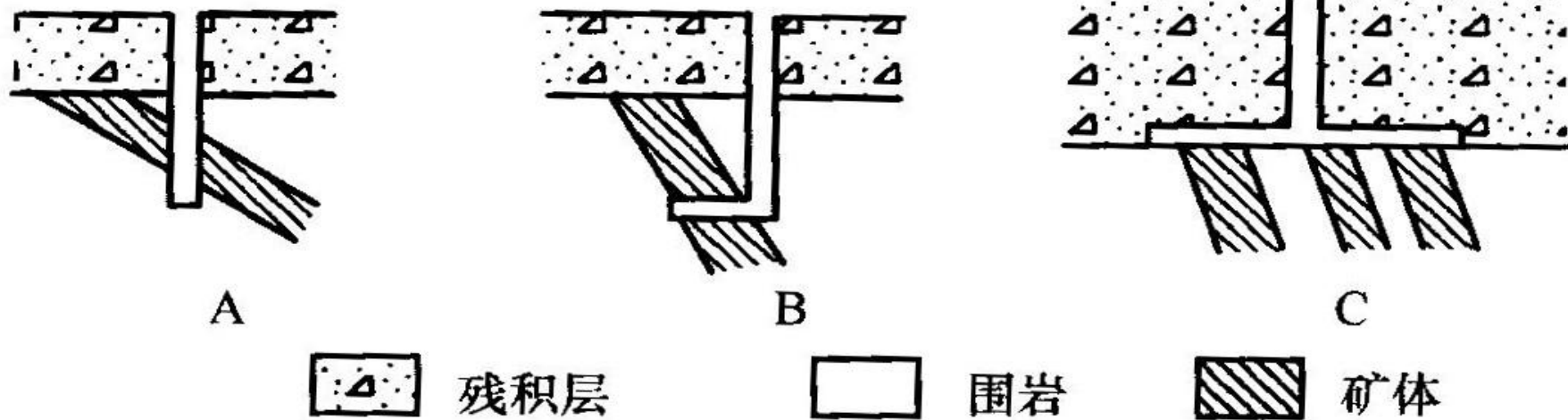


图 3-9 浅井布置型式图

A—缓倾斜浅井布置；B—陡倾斜浅井带石门；C—陡倾斜带岔浅井



1. 坑探工程

平硐（adit）（**PD**） 从**地表**向矿体内部掘进的水平坑道，断面形状为梯形或拱形。主要用于揭露或追索矿体，也是人员出入、运输、通风、排水的通道。在地形条件有利时应优先使用平硐坑道。

石门（crosscut）（**SM**） 从竖井或斜井下部掘进在地表无直接出口与含矿岩系**走向垂直的水平坑道**（教材图10-3b）。石门常用来连接竖井或沿脉，揭露含矿岩系和平行矿体等。

1. 坑探工程

沿脉（YM） 在矿体中或在下盘围岩中**沿走向**掘进的**地下水平坑道**（图10-3c），用来了解矿体沿走向的变化，在矿体之外的沿脉坑道，可供行人、运输、通风和排水之用。

穿脉（CM） **垂直矿体走向**并穿过矿体有地下水平坑道（图10-3d）。穿脉用以揭露矿体厚度、圈定矿体，了解矿石组分和品位的变化，查明矿体与围岩的关系等。

1. 坑探工程

竖井（shaft）（SJ）是直通地表且深度和断面都较大的垂直向下掘进的坑道（图10-3e）。竖井是人员出入、运输、通风和排水的主要坑道，竖井在矿床勘探和采矿时均可应用，采矿竖井有主井、副井和通风井之分，竖井应布置在矿体的下盘，以确保采矿时使用安全，即可减少矿量损失，保证其他地下坑道的稳固。

1. 坑探工程

斜井（SJ） 是在地表有直接出口的倾斜坑道（图10-3f），适用于勘探**产状稳定且倾角小于45度的矿体**。斜井与竖井相比，可减少石门长度，但斜井长度比竖井深度大。

暗井（AJ） 在地表没有直接出口的垂直或倾斜的坑道（图10-3g）。断面一般为长方形，面积为 $(1.5 \times 2.5) \text{ m}^2$ 。**垂直暗井** 又称天井，**倾斜暗井** 又称上山或下山。暗井的作用为，在地下坑道中向上或向下**勘探矿体**，**追索**圈定被错断的矿体，贯通相邻中段水平的坑道。

1. 坑探工程

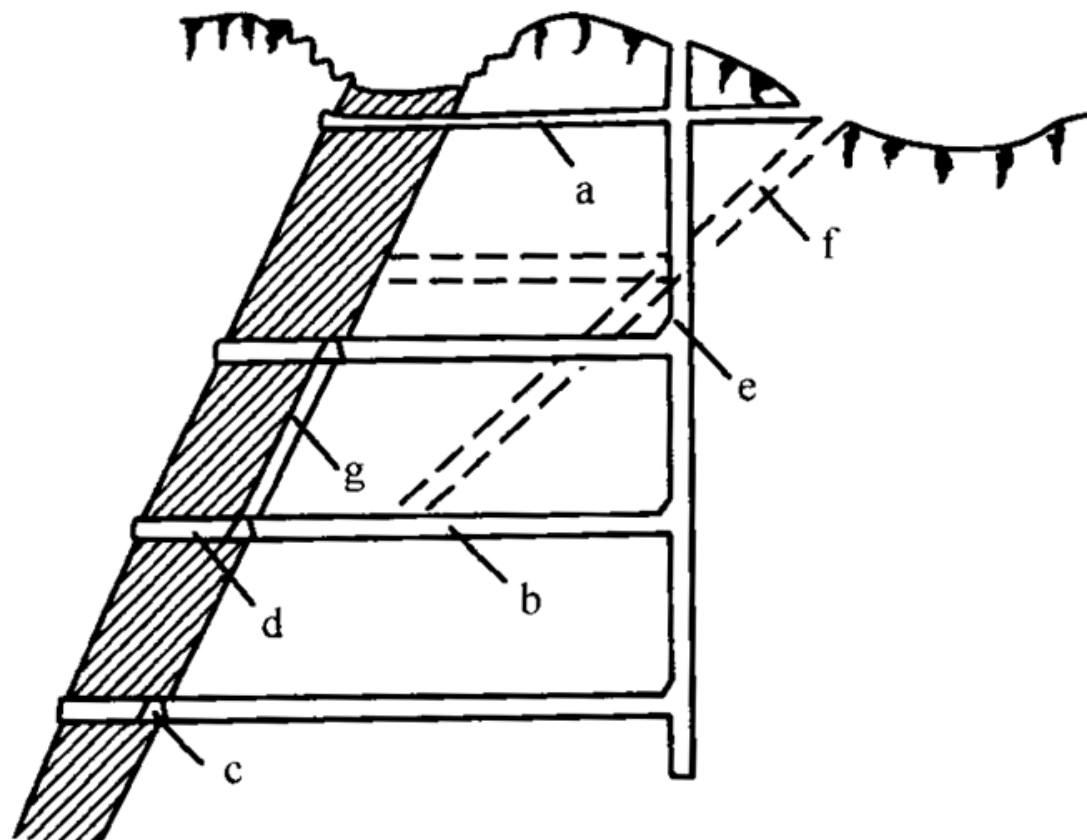


图 3-10 地下坑探工程

a—平硐；b—石门；c—沿脉；d—穿脉；e—竖井；f—斜井；g—上山（或下山）

1. 坑探工程

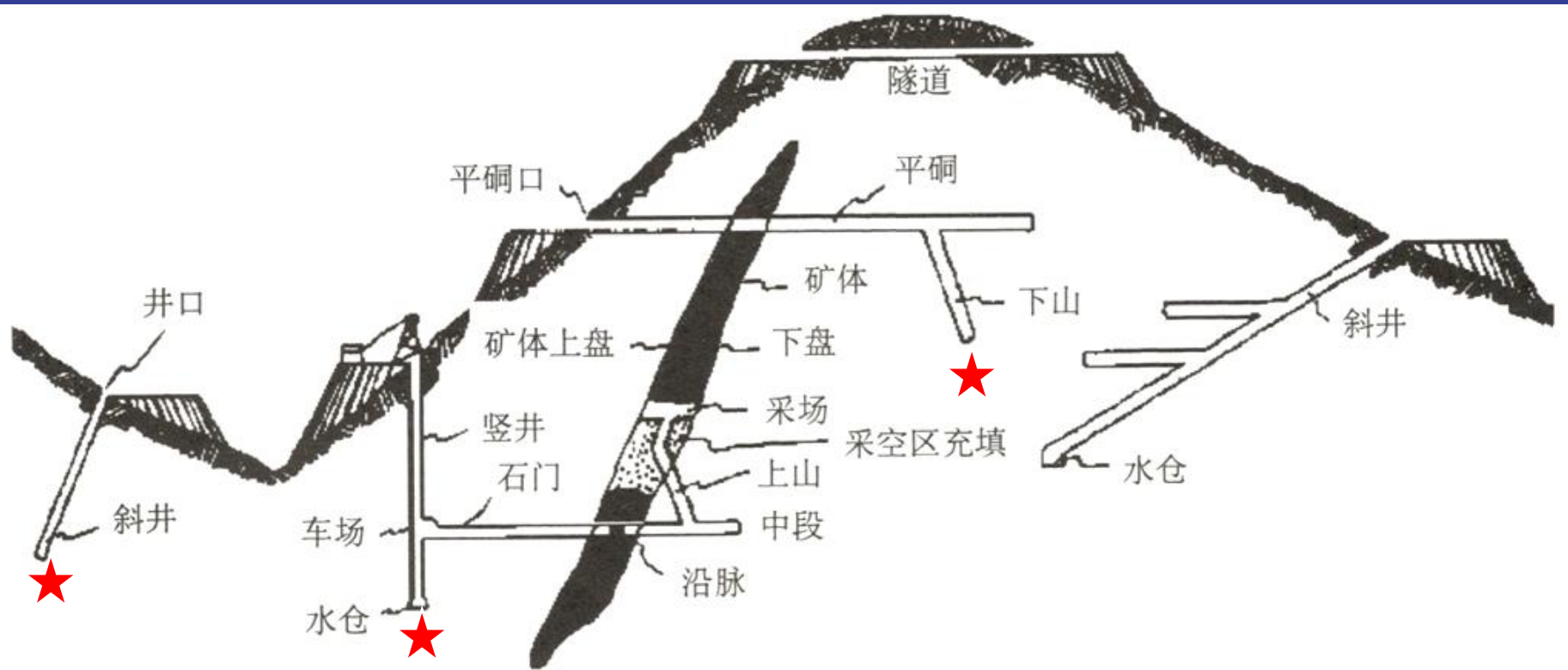


图 10.1 地下坑探工程示意图

2. 钻探工程

钻探工程是通过钻探机械向地下钻进钻孔，从中获取岩心、矿心，借以了解深部构造及矿体的赋存规律，其钻进深度多为100~2000m。钻探工程是主要的矿产勘查手段。

浅钻 垂直钻进的浅型钻，其钻进深度多在100m以内，用以勘查埋深较浅的矿体。当涌水量大而无法用浅井施工时，可采用浅钻。浅钻**矿点检查及物化探异常验证**时经常使用。

第三节 影响勘查方法技术选择的因素

勘查技术方法的合理选用和正确组合是矿产勘查方案的重要组成部分，是实现勘查任务的重要步骤。影响勘查方法选择的因素有：勘查工作阶段、工作区地质条件、矿床地质特征及工作区自然地理条件等。

一、勘查工作阶段

在地质矿产勘查的不同阶段由于工作区范围大小、工作精度要求、勘查程度及目的任务均有较大差别，故不同勘查阶段所选择的勘查技术方法应有所区别。

矿产预查阶段：在区域地质调查的基础上，对矿化潜力较大地区进行物探、化探工作或进行极少量的工程验证。

一、勘查工作阶段

矿产普查阶段： 工作范围较大，以查明成矿有利区段，圈定成矿预测区，优选找矿靶区为主要内容，同时对已发现的矿点进行检查评价。

普查阶段应以下述勘查方法为主：**中比例尺（1:25万~1:5万）**的地质测量，少数情况选用大比例尺地质测量（1:2.5万~1:1万），如对矿点进行检查评价；遥感测量方法；航空物探测量及**有针对性的地面物探**；水系沉积物测量；重砂测量；**普查性钻孔**及少量槽探或浅井工程。

一、勘查工作阶段

详查阶段 采取的主要技术方法：大比例尺

（1:25000~1:2000）地质测量；**地面高精度物探**，如高精度磁测、电法、井中物探等；岩石地球化学测量、土壤地球化学测量、地电地球化学测量、气体地球化学测量等；**残坡积**重砂测量；**钻探工程**；槽井探及少量深部坑探工程。

一、勘查工作阶段

勘探阶段 主要勘查研究对象是矿床，采取的勘查技术方法：**大比例尺**（1：10000~1:1000）**地质测量**；**高精度**地表物探；岩石地球化学测量；**钻探和坑探工程**。

二、地质条件和矿产特征

对于不同的矿种和不同的矿床类型，由于其**成矿地质条件（地质场）、地球物理场和地球化学场**不尽相同。因此选择的勘查方法也有所区别。

例如：对于多金属块状硫化物矿床，由于导电性能良好、氧化带发育，元素的迁移扩散能力强，因此运用**电法测量及地球化学**的各种方法具有较好的找矿效果。

三、自然地理条件

自然地理条件：指工作区的地形地貌、气候、水系发育程度、基岩的剥蚀发育程度、第四系覆盖层的发育程度等。这些因素在某些时候往往是影响勘查方法选择的主要条件。

三、自然地理条件

高山区 地形复杂，山势较高、切割强烈，基岩出露较广，水系发育，交通困难。该区适合的勘查方法，主要为**航空物探、航空化探、遥感地质测量、水系沉积物测量、重砂测量和地质测量法**等。

高寒山区 山势起伏较大，地形复杂，大部分常年冰冻，气候寒冷。可选用**航空物探、遥感地质测量、地质测量、配合水系沉积物测量、重砂测量及地面物探法**等。

三、自然地理条件

林区 森林覆盖，通视条件差，岩石露头极少，覆盖层较厚，水系较发育，沼泽泥塘较多，交通甚为困难。可选用**遥感地质测量**、航空物探（航磁，放射性）、航空化探、**水系沉积物测量**、**生物地球化学测量**、重砂测量、地质测量，必要时用探矿工程进行揭露。

大面积覆盖的平原区 第四系覆盖层面积大而且厚，基岩露头很少见到，地势平坦，交通方便。可选用**遥感地质测量**查找**隐伏地质构造**，物探方法、**水化学及气体地球化学测量**、普查性钻孔。地质测量法效果不好。

三、自然地理条件

潮湿区 潮湿多雨，水系发育，风化作用强烈，有一定的覆盖层。可选用**地质测量法**、**水系沉积物测量法**、**水化学**和土壤地球化学测量、磁法和重力等物探方法。**电法**不宜采用。

亚热带农作物区 潮湿多雨，水系发育，覆盖层较厚，气候温暖。配合遥感资料解释进行地质填图、物探、**水系沉积物测量**、水化学测量和土壤地球化学测量。

干旱区 干燥少雨，温差大，风少大，地形起伏不太强烈，干谷发育，经常断流；沙漠覆盖面广。**配合遥感资料解释进行地质填图、航空及地面物探、气体地球化学测量等，根据需要进行探矿工程揭露。**