



●张群喜 张展适 编

●王正其 审

《矿床学》 实验指导书

東華理工學院

EAST CHINA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

目 录

实验一 矿石的概念及常见矿石矿物、脉石矿物和矿石结构构造	1
实验二 岩浆矿床	9
(一) 甘肃大道尔吉铬铁矿矿床	9
(二) 甘肃金川铜镍硫化物矿床	11
实验三 伟晶岩矿床	15
(一) 内蒙天皮山白云母矿床	15
(二) 新疆可可托海稀有金属矿床	16
实验四 接触交代矿床(矽卡岩型矿床)	20
(一) 矽卡岩型铁矿床-湖北大冶铁山铁矿	20
(二) 安徽铜陵铜官山铜矿床	22
实验五 热液矿床	25
(一) 气化高温热液矿床:江西大余西华山-漂塘钨矿田	25
(二) 中温热液矿床-湖南桃江铅锌矿床	29
(三) 低温热液矿床-湖南锡矿山锑矿床	32
实验六 火山成因矿床	34
(一) 斑岩型矿床-江西德兴斑岩铜矿	35
(二) 江苏-梅山铁矿	38
实验七 沉积矿床	41
(一) 湘潭锰矿	41
(二) 江西上饶朝阳磷矿	43
实验八 变质矿床	45
(一) 弓长岭铁矿	45
实验九 层控矿床	49
(一) 内蒙白云鄂博稀土—铁矿床	49
附录 I: 矿床实验室图件集	53
附录 II: 主要矿石质量要求(据一般矿产工业指标参考资料)	56
附录 III 主要矿产规模要求(据《矿产工业要求参考手册》)	61

实验一 矿石的概念及常见矿石矿物、脉石矿物和矿石结构构造

一、实验目的及要求

1. 正确理解并掌握矿石、矿石矿物及脉石矿物的概念。
2. 学会观察和描述矿石的方法及矿石的结构和构造。
3. 学会目估矿石品位的方法。

二、有关矿石的基本概念

矿石：从矿体中采出，在现有经济技术条件下能从中提取有用组分的矿物集合体。矿石由矿石矿物和脉石矿物组成。

矿石矿物：有用金属或非金属矿物；

脉石矿物：伴生的无用矿物；

矿石类型：根据某一矿区(或矿床)矿石的各种矿物组合，含量：分布等特点分类。

按矿石特征，有五种划分方法：

- 1) 矿物组合特点：如黄铜矿、方铅矿矿石；
- 2) 有用矿物在矿石中的分布：如块状矿石、浸染状矿石；
- 3) 矿石品位：如富矿石、贫矿石、表外矿石；
- 4) 矿石中脉石矿物的成分：如铁矿石分成为：自熔性矿石、半自熔性矿石、酸性矿石、碱性矿石等；
- 5) 根据矿石中有用矿物的粒度大小划分：如粗粒矿石、中粒矿石、细粒矿石等。

三、几种常见矿石构造的介绍：

- 1) 块状构造：是一种常见的矿石构造，其特征是由一种或几种粒径较大并且大致相等。

彼此均匀地紧密共生的矿石矿物，形成致密的块状体。矿石矿物的含量通常在 80% 以上，致密块状构造几乎在所有成因类型的矿床中都可形成，富矿石常由块状矿石组成。

- 2) 浸染状构造：矿石矿物在矿石内呈星散状分布，这种星散状的矿石矿物可以是自形程度不同的结晶集合体，也可以是细小的粒状矿物集合体，其粒径通常小于 0.2cm。按浸染状矿石矿物的数量多小，可分为稀疏浸染，中等浸染和稠密浸染状构造等。

- 3) 细脉浸染状构造：矿石矿物集合体在矿石中呈浸染状和细脉状分布，是斑岩型铜矿和钼矿床中常见的矿石构造类型。

- 4) 斑点状构造：与浸染状构造相似，唯一区别在于散状分布的矿石矿物集合体的粒径较大，构成斑点，其大小通常在 0.5-1cm 左右。例如铬铁矿自形晶集合体呈斑状分布在蛇纹石化橄榄岩中。如果矿石矿物集合体构成的斑点大小不等，并且不规则的分布于矿石中，有的

部位较集中(类似致密或团块状), 有的部分呈星状分布, 则形成斑杂状构造。

5) 条带状构造: 由不同成分、不同粒径或不同含量的矿物集合体呈条带状相间出现的一种矿石构造。这种构造的成因不一, 例如, 岩浆成因的铬铁矿床中, 条带状构造是由结晶分异作用和岩浆流动作用造成的。在热液矿床中, 条带状构造是由含矿热液对沉积岩的层理进行选择交代形成, 或者是沿着早期矿石的平行裂隙充填, 交代而成。在含铍的砂卡岩矿床中, 条带构造尤为显著, 故常称为含铍条纹岩。在沉积变质矿床中, 条带构造由变质作用或者变质分异作用造成, 为鞍山式铁矿床, 这种构造十分普遍。

6) 皱纹状构造: 原来矿石所具有的条带状、页片状、层纹等构造, 在后期动力变质或区域变质作用下, 发生挤压、弯曲, 形成各种小褶皱, 这样的矿石称为皱纹状构造。这种构造在沉积变质矿床中很普遍。另外, 成矿热液选择性交代早期形成的具有微型褶皱的围岩, 也可形成皱纹状构造。

7) 对称带状构造: 矿物沿着裂隙的两壁向中心发生周期性的不连续沉淀, 形成彼此对称并平行两壁的一种带状构造。这种构造经常在由充填作用形成的矿脉中较常见。如果两壁不对称, 则称为不对称带状构造, 这多半是由多次成矿作用形成的。

8) 脉状构造: 沿着围岩或者早期形成的矿石的一个或者一组方向裂隙充填或交代形成的脉状矿物集合体。通常有一定的长度和宽度, 脉体有的由单一矿物组成, 有的则由多种矿物组成, 如果沿着不同方向的几组裂隙充填交代, 则形成网脉状构造, 充填于裂隙中的称“充填脉”, 这种构造在热液矿床中最常见; 在变质矿床和风化矿床中也可见到。

9) 马尾丝状构造: 含矿溶液沿围岩的微层理面或迭层石构造密集的细微裂缝交代或充填形成的类似马尾丝的一种矿石构造。

10) 环状构造(帽章状构造): 是一种或数种矿物集合体围绕围岩或矿石的碎块发生一次或多次沉淀而成的构造。这种构造常见于热液充填作用形成的矿床中。

11) 梳状构造: 由柱状矿物晶体沿裂隙两壁垂直脉壁向中心生长面形成类似两排梳子状的矿物集合体, 在浅成的热液充填矿脉中, 这种构造较为常见, 在其中心部分有时发育晶簇或晶洞构造。

12) 晶簇构造: 在矿石或岩石的张开裂隙或空洞内生长着晶形完好的矿物集合体。这种构造常见于热液充填矿床和伟晶岩矿床中。在某些风化矿床中也可见到。较大的晶簇构造也称晶洞构造。

13) 胶状构造: 是胶体沉淀的特征构造, 其形态一般具有复杂曲面的平行条带或同心圆状条带, 各条带间的界限多为渐变过渡关系。由于凝胶的脱水, 发生收缩, 形成弯曲、皱纹和裂隙, 并使其表面呈肾状、葡萄状、球状及结核状等形态, 而内部依旧保持同心条带状。在热液矿床中(特别是中低温热液矿床), 以及风化、沉积矿床中较常见。

14) 变胶状构造: 胶体成因矿石在一定物理化学条件下经初步重结晶作用所形成的矿石

构造。它在外形上还保持着胶状构造的特点，但内部却重结晶成纤维状或放射状，针状的晶体并垂直于弯曲表面生长。

15) 皮壳状构造：胶体溶液沿裂隙或围绕角砾周期性沉淀形成的很薄的壳层。如果两壁对称，则称为对称皮壳状构造。这种构造通常是由中、低温热液在近地表条件下充填裂隙而成；在风化矿床中也经常见到。

16) 鲕状构造：反映胶体溶液在浅水动荡环环境下沉淀而成的矿石构造。一般以砂粒或其他细小碎屑物质为核心，成矿物质以凝胶方式围绕其呈周期性沉淀而成为鲕粒；外形呈球形或椭圆形，内部则呈同心壳圈状，表面光滑；粒径通常小于 2mm。若鲕粒粒径大于 2mm 时，则可称之为豆状构造。在沉积成因的铁、铝、锰矿床中常见。

17) 肾状构造(迭层石状构造)：胶体构造之一，以砂粒为中心，在其上依次沉淀形成大同心半圆形的弯曲层状矿物集合体，形若肾状。在平面上常呈光滑的，向上凸起的半球形，在断面上常呈层纹状或带状。当一个肾体过渡到另一个肾体时，其层或带的交替顺序可保持不变，在胶体沉积的铁、锰、铝等矿床中带见。最近在研究宣龙铁矿肾状构造时认为系铁质交代迭层石构造而成。

18) 葡萄状构造：胶体构造的一种。许多外表具有球面或半球面突起组成类似葡萄状的构造，粒径 1-2cm。每个葡萄体具有凸起的表面，有时因胶体物质不均匀的干缩而显皱纹，其断面常具同心状环带和纤维放射状结构。每个环带的颜色和宽度往往彼此有差异当一个葡萄体过渡到另一个葡萄体时各带交替的顺序不变。这种构造在铁帽中广泛发育，在沉积矿床和低温热液矿床中有时也可看到。

19) 蜂窝状构造：又称细胞状构造或骨架状构造。有些原生矿床的矿石(主要是硫化物矿石)，当遭受风化作用时，其中一部分矿物(如硫化物)易发生氧化分解和淋失形成空洞，而另一些难风化和难溶解的矿物(如石英、石髓、褐铁矿等)被残留下来形成骨架，这样就构成类似蜂窝的图案，即称为蜂窝状构造。铁帽中常发育这种构造。由于原来矿物晶形不同，风化后生成的空孔也有差异，因此它具有一定的找矿意义。如果淋滤作用强烈，甚至连一部分难溶矿物也被溶解流失，只剩下不易溶解的矿物(如硅质)对，可形成骨架状构造。

20) 钟乳状构造：风化作用形成的胶体溶液在裂隙或空洞中下滴所形成的类似于钟乳石的一种构造。

21) 结核状构造：胶体沉积作用形成的一种构造，外形呈园球形或椭圆形，断面具有同心圆壳层。在后期脱胶化或重结晶作用下形成针状、放射状晶体，并垂直壳层生长。

22) 角砾状构造：根据成因，可分为三种情况：(1)早期形成的围岩构造角砾，火山角砾以及其他成因的角砾为后期含矿热液充填、交代、胶结而成的角砾状构造；(2)早期形成的矿石受构造破坏形成角砾，而后期成矿物质或非成矿物质所充填、胶结所形成的角砾矿石；(3)角砾和其成矿物质的胶结构几乎同时形成所产生的角砾状构造(同一成矿过程中形成的同生

角砾状构造)。这种矿石构造在热液矿床中很常见，有时在岩浆矿床和风化矿床中亦可见到。

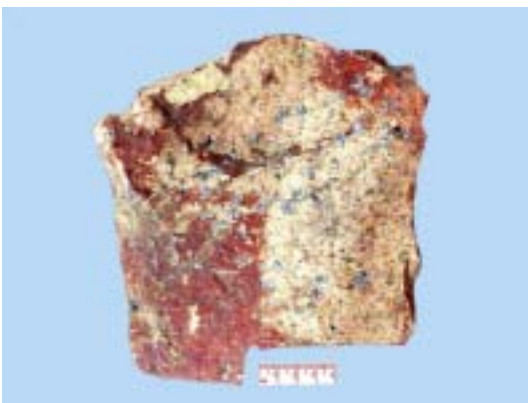
23) 残余(留)构造：早期形成的岩石或矿石在后期或新的成矿条件下，被新的矿物集合体所交代，并保留部分原岩或者原矿石的结构，构造特征的部分矿物的一种矿石构造。它可以在热液交代作用，变质作用的风化过程中形成。



块状构造



浸染状构造



斑点状构造



条带状构造

四、交代蚀变岩的主要类型及常见结构

(一) 交代蚀变岩中常见的结构

交代蚀变岩石的结构是指其中的蚀变矿物的形态、大小、相互关系及交代方式和保留原岩的结构残余，常见的结构有以下的种类：

1) 变余结构：

在不太强烈的交代蚀变岩中，还保留原岩的某些主要结构的矿物残留特征，并能根据这些主要特征来识别原岩的性质，如云英岩化花岗岩基本上保持花岗岩的结构，同时还有一些斜长石、钾长石、石英和云母的残留，故称为变余花岗结构；同样，其它如变余辉长结构、变余辉绿结构、变余安山结构、变余粗面结构、变余斑状结构、变余砂状结构等。

2) 变晶结构：

在蚀变岩石中，由交代方式生成的矿物称为变晶；如果原岩的结构和矿物均不保留，这种由蚀变矿物所组成的结构叫变晶结构。其中按矿物粒径大小可分为：伟晶状变晶结构(粒径大于 10cm)；粗晶变晶结构(0.3-10cm)；中粒(0.1-0.3cm)；细粒(0.01-0.1cm)；极细粒(小于 0.01cm)变晶结构等；按变晶自形程度可分为自形、半自形和它形变晶结构等；按交代蚀变矿物的形态、特征等可以分为以下几种常见的变晶结构：

- (1) 花岗变晶结构：主要由粒径大致相等的蚀变矿物所组成的结构；
- (2) 纤维花岗变晶结构：以粒状为主，纤维状为次的蚀变矿物所组成的变晶结构；
- (3) 鳞片花岗变晶结构：以粒状为主，鳞片状为次的蚀变矿物所组成的变晶结构；
- (4) 鳞片变晶结构：主要或全部由片状蚀变矿物所构成；
- (5) 柱状变晶结构：如果蚀变岩石中的矿物全部或大部呈柱状，同时其间分布有常具定向排列的蚀变矿物集合体简称为柱状变晶结构；
- (6) 纤状变晶结构：由纤状交代蚀变矿物组成的结构叫纤状变晶结构，如果蚀变矿物为极细纤维则叫纤维状变晶结构；
- (7) 斑状变晶结构：在交代蚀变岩石中，一些结晶能力大的矿物形成斑晶(其中可包裹有早期矿物)分布在结晶能力小的致密蚀变矿物之中，这类结构叫斑状变晶结构；
- (8) 不均匀变晶结构：由大小不一，分布不均匀的同一种或不同种交代蚀变矿物所构成；
- (9) 聚合斑状变晶结构：由同一种蚀变矿物聚合体所构成的变斑晶叫聚合斑状变晶结构；
- (10) 杂聚斑状变晶结构：由不同种蚀变矿物聚合而成的斑状变晶结构；
- (11) 包含变晶结构：包含有其它矿物或围岩物质的变晶称包含变晶结构；
- (12) 筛斑变晶结构：在变晶或斑状变晶中均匀或较均匀地包含有许多大小相近的小颗粒其它矿物或围岩物质称为筛状变晶结构；
- (13) 海绵陨铁变晶结构：后期交代蚀变矿物呈他形晶交代和包裹早期形成的自形晶程度较好的矿物；

3) 交代结构：

通常是一种蚀变矿物以不同的形态和方式交代早期矿物所构成的结构形态；

- (1) 浸染状交代结构：交代蚀变矿物被交代岩石或矿物中呈浸染状分布；
- (2) 脉状交代结构：交代蚀变矿物在交代矿物中呈脉状；
- (3) 网脉状或树枝状交代结构：蚀变矿物呈网脉状或树枝状交代被蚀变的矿物；
- (4) 结状交代结构：沿被交代矿物的裂隙或解理的交叉点发育成结状、囊状的交代蚀变矿物的聚合体；
- (5) 棋盘格状交代结构：交代矿物沿着被交代矿物的两组解理进行规则的或定向的交代，形成格状形式的结构；

(6) 港湾状交代结构：交代矿物沿着被交代矿物的边缘向其内部交代，形成港湾状形态的结构；

(7) 周边交代结构：(镶边交代结构)，交代矿物沿着被交代矿物的周围边缘进行交代，并常保持其晶形；

(8) 净边交代结构：主要指斜长石的四周边部为变化很弱的“净洁”的钠长石交代所产生的结构；

(9) 环状交代结构：交代矿物主要沿着具有环带状构造的被交代矿物中某些环带进行交代造成的结构；

(10) 中心交代结构：交代矿物从被交代矿物颗粒的中心进行交代而成；

(11) 骸晶交代结构：交代矿物从被交代矿物中心向四周边部交代而保留原矿物的轮廓；

(12) 残留岛状交代结构：属交代残留结构的一种。一种矿物被蚀变矿物分割成孤岛状残留体；

(13) 假象交代结构：一个矿物被另一矿物、另一矿物的集合体、几种矿物的集合体交代后，并保持原矿物的外形，则可分别称：单晶假象、单矿聚集假象及复矿聚集假象结构；

(14) 蠕虫状交代结构：蚀变矿物(包括在交代过程中分解出来的矿物)所形成蠕虫状形态特征，如钾长石交代时形成的蠕英石；

(15) 文象或似文象结构：两种交代蚀变矿物组成有规则的文象连晶结构，如交代成因的石英和钾长石连晶；

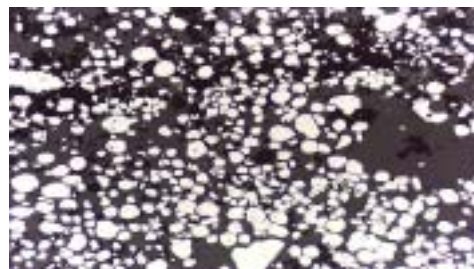
(16) 旋涡状结构：一种条柱状较小的自形晶蚀变矿物在另一种较大的呈斑晶状的蚀变矿物中呈同心园状旋涡状排列；

(17) 云雾状交代结构：细小或极细小的交代蚀变矿物呈云雾状交代原来矿物；

(18) 假斑状交代结构：斑状结构的岩石被交代蚀变后，其基质和原斑晶都被交代矿物所替代，但仍保留其原斑晶的假象和斑状结构的特征；



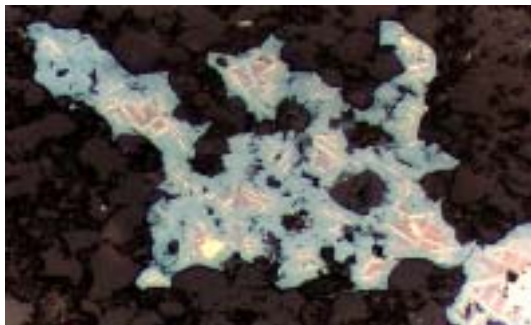
自形结构



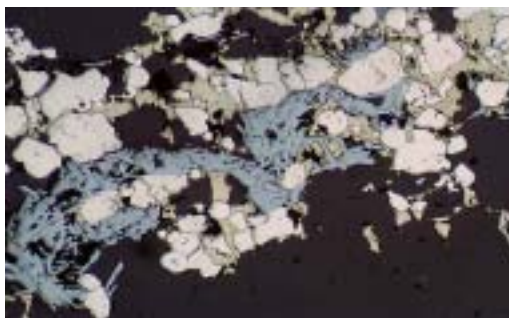
它形结构



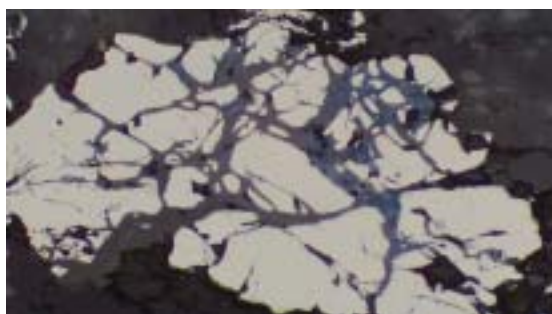
包含结构



交代残余结构



脉状穿插结构



网脉状结构

五、实验指导

1. 矿石的分类和命名方法：

(1) 按矿石中有有用矿物的工业性能可分为金属矿石（如铁矿石、铜矿石、钨矿石等）和非金属矿石（如萤石矿石、石棉矿石等）。

(2) 按矿石中所含有有用矿物或金属元素的多少可分为简单矿石（如钨矿石、汞矿石等）和综合矿石（如铅锌矿石、钨锡矿石等）。

(3) 按矿石中有用成分含量的多少可分为贫矿石（如条带状贫磁铁铁矿石，含铁 30%左右）和富矿石（致密块状磁铁铁矿石，含铁 60%左右）。

(4) 按矿石的结构构造可分为致密块状矿石、浸染状矿石、条带状矿石、角砾状矿石等等。

(5) 按矿石受风化程度不同可分为原生矿石、氧化矿石和混合矿石。

2. 矿石观察描述实例

(1) 观察矿石应首先认识矿物，然后区分出那些是矿石矿物，那些是脉石矿物。要注意观察矿物的形态、空间分布及矿物的共生关系。

(2) 确定矿石目估品位时，首先目估矿石矿物的百分含量，再查出矿石矿物的化学组成中有用元素的百分含量，然后按以下公式进行计算：

目估品位 = 有用矿物目估百分含量 × 矿石矿物中有用组分的百分含量。

(3) 绘制矿石(平面)素描图一定要有图名、图例、比例尺。

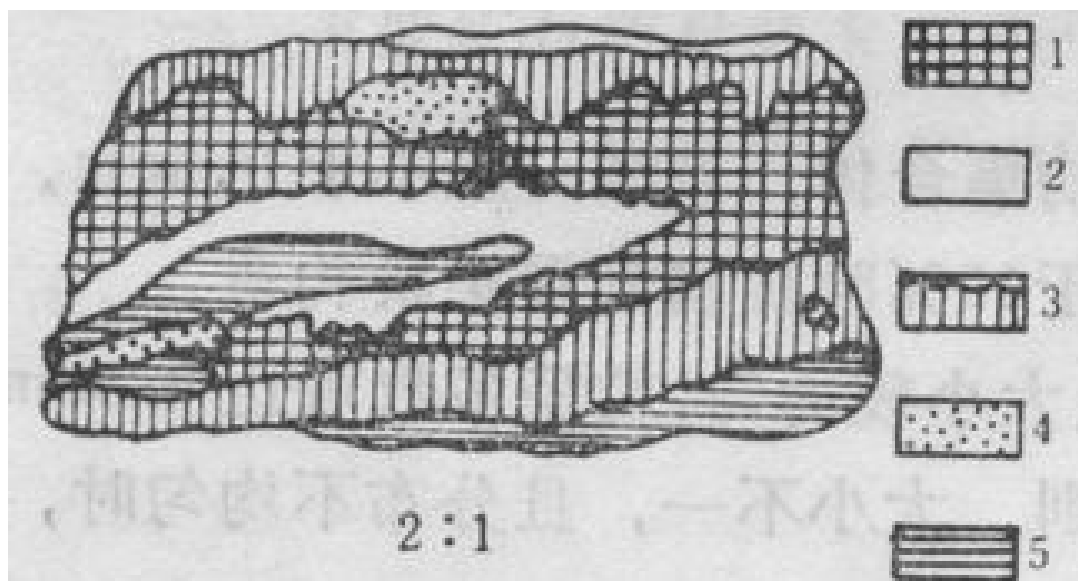


图 1-1 铜矿石素描图

1. 黄铜矿；2. 石英；3. 栉状石英；4. 黄铁矿；5. 蚀变闪长岩

矿石名称：辽宁夹山铜矿石。

矿石矿物：黄铜矿——无明显晶形，矿物集合体成不规则块状，分布在块状石英与栉状石英之间，约占 25%。

脉石矿物：石英——有两种，一种具有柱状晶状，晶体平行排列，集中在脉的边部，长轴与脉壁垂直，形成栉状。另一种分布在矿石中部，灰白色，致密块状，无晶形，与黄铜矿界线很不规则。黄铁矿——矿脉及围岩中皆有，含量不多。在脉内多分布在栉状石英的顶尖部，与黄铜矿共生。在围岩中的呈小立方体晶形，呈浸染状分布。

除上述矿物外，矿石中还可见蚀变了闪长岩碎块，呈长条状，轮廓清楚。岩石为灰棕色，细粒，结构致密

矿石构造：黄铜矿与石英构成矿脉，与围岩界线清楚，可见脉壁，为脉状构造。脉中矿物成分呈简单的对称带状。

矿石中铜的目估品位 = $(0.25 \times 34.57) \% = 8.6\%$ ，为富矿石。

六、实习作业

描述一块矿石标本并附矿石素描图。

七、思考题

1. 矿石与岩石有何异同？
2. “矿石矿物就是金属矿物、脉石矿物就是非金属矿物”这种认识是否正确？为什么？
3. 岩石的块状构造与矿石的块状构造有什么不同？
4. 矿石、矿体、矿床、围岩、母岩、夹石的相互关系如何？试用图表示之。
5. 研究矿石有什么意义？

实验二 岩浆矿床

一、目的要求

1. 掌握岩浆矿床的一般特征，主要是矿体的产状、形态、物质成分、矿石的结构、构造、有用矿物的富集程度、矿体与围岩的界限等。
2. 分析岩浆矿床的成矿地质条件及成矿作用。
3. 熟悉实验矿床的基本特点。

二、实验内容

(一) 甘肃大道尔吉铬铁矿矿床

一) 区域地质概况

含矿超基性岩体位于祁连山加里东褶皱带中间隆起带西段南侧，其南为南祁连山加里东地槽褶皱带北面为北祁连山加里东褶皱带，中间隆起带内的地层主要是前震旦系的片岩，片麻岩夹大理岩和震旦系的千枚岩、硅质灰岩，其次为石炭系及第三系地层；地槽褶皱带为寒武-奥陶纪的板岩、千枚岩、结晶灰岩的火山岩。区内构造线方向在中间隆起带近于东西向而在地槽褶皱带内为北西-北北西向，以断裂为主，并控制着岩浆活动和沉积作用。

超基性岩体与断裂构造有密切关系，沿祁连山中间隆起带南侧的沙拉果河断裂两侧分布着一系列超基性岩体、岩带长达 100 多 km，本区超基性岩体是其中一个较大的杂岩体。

二) 矿床地质特征

矿区所在的超基性岩带在沙拉果河断裂带北侧，带长 20 多 km，矿区位于该岩带中间的

一个而积最大,分异较好的杂岩体中,岩体长 8.4km,宽 0.4-0.9km,面积 8 平方 km,呈透镜状,主体展布方向 310-320° 为一个向南西陡倾(倾角 70°)的单斜岩体,产状与围岩基本一致,岩侧东端侵入于震旦系灰岩,北侧侵入到石炭系灰岩中,南面与闪长岩呈断层接触,西段被第四系覆盖,侵入时代为海西期。

岩体主要由纯橄榄岩(占 43%)的单斜辉石岩(占 46%)组成,其次少量的橄榄岩,辉橄岩和斜方辉石岩等岩相组成杂岩体。

根据岩石组合特征,由北向南可分为六个岩相带,其中 、 、 为纯橄榄岩相带, 、 、 为单斜辉石岩相带,亦称杂岩带。它们很可能是同期三个阶段侵入分异的产物。

纯橄榄岩为镁质超基性岩, $M/Fe = 6.0-11.1$, 含铬较高($Cr_2O_3 = 0.82\%$)。单斜辉石岩为铁-镁质超基性岩石, $M/Fe = 1.5-3.3$, 含铬较低($Cr_2O_3 = 0.33\%$)。

岩体的原生流动构造发育,流动构造的产状与岩体,岩带基本一致。岩石自变质作用强烈,主要有蛇纹石化和次闪石化等。

矿体矿化皆分布于 、 、 三个纯橄榄岩相带中,尤以第 V 岩相带含矿最好,目前探明的工业矿体主要在这一带内,第 岩相带有少量矿体,第 岩相带只有部分矿化。

单个矿体规模一般较小,长 20-80m;延深 40m,厚 0.8-3m,最大的几个矿体长 100-237m,延深 72-145m,厚 8.3-18.6m。

矿体形态复杂,以透镜状不规则脉状为主、囊状、蝌蚪状次之沿走向和倾向膨缩变化较大,且多具分枝现象。

矿体分布特点:

1. 矿体主要分布在第 V 岩相带内,一般成群出现,分段集中,构成明显的矿群和矿组。
2. 矿体在剖面上呈迭瓦状斜列,平面呈雁行排列。
3. 矿体几乎全部赋存于镁质超基性岩相中的纯杆栏岩中,且多在岩带膨大、转折部位、分枝、分叉部位及边界面产状变化部位。
4. 纯橄榄岩带内辉石岩捕虏体分布地段的两侧是矿体赋存的良好地段,特别是二者的展布方向相同及同形弯曲处。

5. 主要工业矿体多为隐伏矿体,但一般埋深不大(<150m)。矿石矿物为铬尖晶石(主要是铝铬尖晶石),脉石矿物以蛇纹石为主,其次为绿泥石、次闪石、碳酸盐、伊丁石和皂石等。

矿石结构以半自形-他形粒状结构为主(主要是中组粒,其次为粗粒和细粒),此外尚有包含结构,熔蚀结构和碎裂结构等。

矿石构造主要是致密块状,稠密浸染状、稀疏浸染状。

矿石的工业类型可分为:

1. 富矿石($Cr_2O_3 > 25\%$),主要由块状和稠密浸染状矿石组成。
2. 贫矿石(Cr_2O_3 为 5%-25%),主要由稀疏浸染状及部分中等浸染状矿石组成。

三) 找矿标志：

1. 岩带标志：超基性岩体内纯橄榄岩相带分布的地段，特别是纯橄榄岩带分布最宽，延深最大的地段。

2. 岩性标志：最有利的岩性是自变质作用强烈，基性程度较高的镁质超基性岩杂岩体中橄榄岩体($\text{SiO}_2 < 35\%$ ， $\text{MgO} > 38\%$ ， $\text{Cr}_2\text{O}_3 > 0.3\%$ ， $\text{M/Fe} = 7 \sim 9$)；岩石具黄绿色中粒结构，呈片状、粉末状(地表)或片理化；在碳酸盐-菱镁矿发育地段、退色带附近、石榴石-符山石脉分布地段。

3. 构造标志：矿体富集部位往往处于纯橄榄岩相带中，捕虏体的两侧，岩相带中轴附近及纯橄榄岩拐折变化部位。

4. 矿化标志：弱矿化出露地段；成群出现，分段集中的矿体的走向线上或一系列矿体的斜列延长方向和迭瓦状矿体的倾斜方向上。

(二) 甘肃金川铜镍硫化物矿床

该矿床于 1958 年发现，经甘肃省地质局第六地质队分区勘探，至 1973 年全部勘探完毕。勘探证实，该矿床是世界上最大的硫化铜镍矿床之一，其中硫化镍蕴藏量居世界第二位，并含有铂、钯、钼、铌、铯、钴、金、银、硒、碲等十余种可供综合利用的伴生组分。

一) 区域地质



图 2-1 甘肃金川铜镍硫化物矿床区域地质图

矿床位于祁吕贺山字型构造前弧西翼北侧，为阿拉善台块内部区与边缘隆起毗邻的北西

向 F₁ 大断裂南侧。沿该大断裂带断续分布多个超基性岩体，金川岩体属其中之一。含矿超基性岩体侵入于前震旦系片麻岩和大理岩中，延长 6.5km。自西向东依次为三个矿区，即一矿区、二矿区和四矿区。1965 和 1966 年一矿区坑内和露天开始投产，二矿区 1982 年开始试生产。

四个矿区为后期断裂错开而成。一、二矿区岩体出露地表，面积 1.34 平方 km。一矿区埋藏浅，地表有氧化露头。三、四矿区岩体小，品位低，被厚数 m 的第四系砂砾岩覆盖。二矿区埋藏最深，规模最大，品位最高，为隐伏矿体。四个矿区的地质特征基本相同，以下仅描述第二矿区。

二) 矿床地质特征

矿区位于阿拉善台块南部边缘隆起带北侧，其北部为潮水盆地，隆起与盆地间区域性深断裂控制含矿超基性岩侵入。该区域由前震旦系混合岩，片麻岩及大理岩组成隆起基底。震旦系结晶片岩、千枚岩及泥盆系石炭系地层不整合覆盖其上。区内岩浆岩较发育，吕梁期至海西期均有活动，其中深断裂南侧海西期侵入的超基性岩体是成矿母岩。

1. 地层

矿区出露的地层为前震旦纪中深变质岩系：岩体下盘为角砾状混合岩、均质混合岩、黑云斜长片麻岩和绿泥石英片岩及蛇纹大理岩。下盘为条带-均质混合岩、绿泥石英片岩、含石榴石二云片麻岩及蛇纹大理岩组成。岩层总走向北西 325°，倾向南西、倾角 40-70°。古生代及中生代地层缺失。第四系古河床砾石层分布于矿床东端，将岩体覆盖。

2. 构造

矿区构造活动具有长期性和继承性特点。主要断裂有下列几组：北西向压扭性断裂 (285-320°)，倾向南西，倾角 46-85°，该组断裂规模大，对矿区工程地质有重大影响，含矿岩体赋存于 F₁ 的次级断裂构造中。北东东向扭性断裂，倾向南东，倾角 70° 左右。北东向张扭性断裂 (50°)，倾向南东，倾角 70° 以上，矿区内很发育。

岩体原生构造裂隙发育，主要有北西西和近南北向的纵节理和剪节理，次为北东向的张节理。裂隙受区域应力作用发生再次活动形成许多小断裂。北西西向节理多次活动，相连追踪，成为深熔-贯入型和贯入型矿体及各类脉岩的构造控制因素。

3. 岩浆岩

区内岩浆岩发育，由前吕梁期的超基性岩至酸性岩构成。超基性岩体内有多种后期脉岩穿插，分布均受构造裂隙控制。按生成先后依次为斜长细晶岩、细粒闪长岩、闪长斑岩、花岗闪长斑岩、闪斜煌斑岩和辉绿岩脉等。

三) 矿岩体特征：

已知含矿岩带长 6km 以上，分为 、 、 、 四个矿区。其中以 II 矿区岩体最大，含

矿性最好。该岩体长 8000m，宽 170-500m，延深大于 1100m。1 区次之，、 区被第四系覆盖。

含矿岩体呈陡直不规则状岩墙侵入于前震旦系中。走向北 50° 西，倾向南西，倾角 50-70°；沿走向与围岩斜交。膨缩起伏变化明显；一般凹槽部位含矿性较好(见挂图)。

岩体具对称分异特征横剖面上显示同心壳状，沿走向呈带状，即由中央向两侧依次为：含辉橄榄岩-二辉橄榄岩-橄榄辉石岩-辉石岩，其中以二辉橄榄岩为主。各相带渐变过渡，中粒结构，但中央富矿部位粒度较粗(中-中粗粒)，两端的边部较细(中细粒)。各相带均具矿化，而以基性程度高者为富，并以底部含辉橄榄岩-纯橄榄岩相含矿最佳，几乎集中了全部主要矿体。

造岩矿物为贵橄榄石、古铜辉石和透辉石。还有少量拉长石和棕色的角闪石，具蛇纹石化、绿泥石化、透闪石化等蚀变。岩石化学成分富铁贫镁， $MgO/FeO = 2-6$ ，属铁质超基性岩。

四) 矿床类型及其特征

全区共发现工业矿体数百个，按成矿作用可以划分为三类：

1. 深部熔离-贯入型矿体：此类矿体呈似层状、透镜状产于岩体深部，规模较大，占全区储量 96% 以上；主要矿体有三个，即 I 矿区 24 号矿体，II 矿区 1 号、2 号矿体，其中又以 1 号矿体为最大。以富矿为主，贫矿呈壳状包围富矿，呈大透镜状产于岩体深部。矿化延深达千 m 以上。此外，还有呈不规则脉状或透镜状后期贯入主矿体底部或附近围岩中。矿石均具海绵陨铁结构及稠密浸染状，云雾状构造。矿石矿物以磁黄铁矿、镍黄铁矿、紫硫镍铁矿、黄铜矿为主。

2. 浅部熔离型矿体：多呈似层状，透镜状分布于岩相带内。其产状，形态多与相带一致。并以稀疏浸染状贫矿石为主，与围岩呈渐变关系；一般规模小，长十至数十米。

3. 接触交代型矿体：多呈不规则透镜状，扁豆状分布于岩体下盘大理岩中，由浸染、稠密浸染和网脉状矿石组成，与围岩过渡接触。

各种矿体中金属硫化物主要有磁黄铁矿、黄铁矿、镍黄铁矿、紫硫镍铁矿、黄铜矿，次要的有方黄铜矿、四方硫铁矿、针镍矿、白铁矿等。

伴生有益组分多达 19 种，如铂、钯、钨、铼，钨、铼、钴、硒、碲、金等，并一般在深部熔离-贯入型矿体中富集。

五) 矿床成因

据研究，金川岩体为多期次上侵形成的复式超基性岩体。其主要化学成分与石质球粒陨石及模拟地幔岩成分相近似， ^{34}S 值为 $-2.6 \sim -3.1\text{‰}$ ，接近 0，为上地幔源。成矿作用以深部熔离-贯入为主，其主要依据是：岩体平均含镍 0.42%，比一般超基性含量高 12 倍；岩体对称分异明显，而主矿体不受岩相对称分异规律控制：矿体在整个岩体中所占比例很大，高

达 43.17%；主矿体多与围岩突变接触，部分矿体穿越岩相界线，并贯入岩体底盘大理岩围岩中。浅部熔离分异形成的矿体贫而分散，甚为次要。

至于铂族金属及金、银贵金属的聚集，是在铜、镍主矿体形成后由后期含矿热液的加矿化所形成。因为据研究，贫矿石中这些贵金属及分散元素含量低且比较均匀稳定；1 号和 24 号矿体含量高，且多呈脉状富集(见挂图)；砷铂矿中铜镍硫化物和脉石包体等说明其晚于主矿体形成。

归结其大致成矿过程是：超基性岩浆由深部缓慢上侵过程中，逐渐熔离成硅酸盐熔浆和富含金属硫化物的矿浆，前者先沿断裂上侵就位后，就地熔离分异使硫化物富集成浸染状小贫矿体；随后富含金属硫化物矿浆沿原通道贯入形成赋存于岩体底部的主矿体，并同时交代大理岩形成接触交代型矿体；其后富含铂族、金、银、硒、碲的矿液局部聚集并沿断裂贯入叠加在铜镍矿体中形成铂、钯等脉状矿化。

三、实验要点

1. 岩浆岩的研究

与岩浆矿床有关的岩浆岩[即矿体的围岩(母岩)]一般是超基性岩-基性岩。因此对岩体的大小、形状、岩性、分异程度、辉石与橄榄石的比例、有无长石等需作仔细观察。

2. 矿体的产状与形状的观察

注意矿体的产出部位及其与围岩的关系，并注意观察岩体的原生构造。

3. 矿石物质成分、结构构造的研究

注意观察矿体的围岩的物质成分的变化，实质上是有用矿物物质成分的富集程度。有用矿物结晶的完好程度、颗粒大小及其相互关系，这对判断矿床成因是重要的，须做仔细观察和素描。

四．实验作业与思考

- 1．在岩浆矿床中常见有围岩蚀变，应如何解释岩浆矿床的围岩蚀变？
- 2．岩浆矿床有何特征，以实验矿床为例你认为在野外找寻此类矿床时应注意什么？
- 3．比较所实习两矿床的基本特征。具体可参照下面的表格进行

矿床	与围岩的关系	矿石结构	矿石构造	矿石矿物与硅酸盐矿物的关系	主要矿产	成因类型

实验三 伟晶岩矿床

一、目的要求

1. 基本掌握花岗伟晶岩型矿床的一般特点和矿床形成的地质条件
2. 熟悉实验矿床的矿化特征和分带性

二、实验内容

(一) 内蒙天皮山白云母矿床

内蒙天皮山是我国北方开采最早, 规模最大, 也是典型的白云母伟晶岩矿床, 当地称此种大片云母为“天皮”, 故得此地名。

一) 区域地质简况

矿区位于天山-阴山东西向构造带东端西缘, 内蒙地轴南东缘, 凉城-土贵乌拉复背斜带内。主要地层为太古界桑干群夕线石-石榴石片麻岩、黑云母片麻岩等变质岩系。总厚约 2000m, 按岩性自上而下分三个岩性段:

第一岩性段: ArJ_1^1 , 密斑石榴石片麻岩

第二岩性段: ArJ_1^2 , 矽线石榴石正长片麻岩

第三岩性段: ArJ_1^3 , 紫苏斜长麻粒岩

本区变质岩属麻粒岩亚相, 经后期构造叠加已广泛退变为角闪岩相, 退变质时期同伟晶岩均属吕梁期产物, 同位素年龄 1900Ma。本区构造运动强烈, 具备多期性和继承性, 矿石构造主要有三组: $15^\circ-30^\circ$, $30^\circ-45^\circ$, $60^\circ-80^\circ$ 。

矿区构造为北西-南东向复式褶皱, 片麻岩中北西向裂隙发育, 控制伟晶岩脉的分布。区内岩浆活动较频繁, 有花岗岩, 苏长岩, 辉绿岩及细晶岩脉等, 各类火成岩主要呈脉体出现, 主要有花岗伟晶岩脉、细晶岩脉、辉绿岩脉等。伟晶岩除少数呈局部膨胀的复杂脉体外, 大多呈两壁平行的规则体。脉长 50-300m, 个别 500-600m, 脉宽为 1-3m 至 4-5m, 倾向北东, 倾角 $30-40^\circ$, 与围岩接触界线明显。

根据结构构造特点, 可将伟晶岩脉分为两类:

1 带状构造不发育的伟晶岩脉

此种伟晶岩脉体窄长, 矿物成分和结构简单, 一般边部细粒结构, 中部为粗粒结构(个别具巨晶结构), 但界线不清, 变化无规律; 含少量磁铁矿、磷灰石、黑电气石等, 白云母极少。此类伟晶岩脉分异不明显, 交代微弱, 虽然占绝大多数, 但一般无工业价值。

2 带状构造发育的伟晶岩脉

此种伟晶岩脉由几种结构带组成, 各结构带虽不甚连续, 但总体呈现带状构造, 并具交代蚀变, 有工业意义的白云母即产于其中。如天皮山 1、2 号脉即属此类, 其数量远少于前一

类型。

二) 矿床地质：

以带状构造明显，具白云母工业矿化的， 号脉为例，将本矿床地质情况简介于后：

1 脉体特征：这种脉体中部膨胀，两端收缩呈似板状；长 100-400m；宽 2-5m；一般与围岩界线清楚。

2 带状构造：自边部至中心，水平方向可见以下六个带；

(1) 细晶带：多出现于脉体中段，两端不存在，宽度小；

(2) 细粒带：多见于脉体两端或细晶带内侧，宽 10-20cm；

(3) 文象带：断续存在于细粒带内侧，有时可见钠长石化，但无白云母矿化，厚 20-30cm；

(4) 似文象带：较发育，厚 30-100cm；

(5) 巨晶带：位于脉体中心或其上部，较发育，沿走向断续出现，但沿倾向稳定，由巨大的长石、石英块体组成，小者 20-30cm，大者长 1m，并产大片白云母，具重要工业意义。

(6) 石英—白云母交代带：位于巨晶带或巨晶带与似文象带接触部位，由石英、白云母交代块状长石而成。产有部分工业白云母，但片度小，较次要。

3 白云母产出特征：白云母多产于伟晶岩巨晶带与交代带内，其中 号脉者聚集于顶盘，构成稳定巨晶白云母带；带宽 0.3-0.5m，沿走向、倾向均延伸百米以上；富矿地段白云母含量可达 400kg/m^3 。白云母具密集连晶结构，板状晶体片度 $100-200\text{cm}^2$ ，最大可达 1m^2 。 号脉内白云母具聚集于中部，较均匀地分布于石英块体两侧，厚 0.5-2m，白云母含量 50kg/m^3 。产于巨晶带者片度大，质量好，而产于交代带中者，片度仅数平方厘米，部分具工业价值。

此外，还有一种沿裂隙发育的白云母矿化，多产于巨晶带两侧，一般有石英共生，并具钠长石化，云母片度较小，透明度较差，但储量多，有开采价值。

三) 矿床成因

本矿床为残余岩浆贯入片麻岩裂隙中通过结晶分异和交代作用形成。由于残余岩浆富含挥发分，在体积较大、封闭性较好、构造环境较稳定等条件下，分异充分，结晶缓慢而形成了粗大完好的原生结构带。伟晶岩体基本形成后，深部上升富含挥发分的气液，沿裂隙交代长石块体产生钠长石化和石英—白云母化，再次形成白云母工业富集。

(二) 新疆可可托海稀有金属矿床

新疆阿尔泰伟晶岩带是世界上最大的伟晶岩带之一，在长约 500km，宽约 40-80km 范围内出露伟晶岩脉近十万条。其中可可托海矿床又以形态奇特，带状构造发育，产有丰富的稀有金属矿产而驰名中外。

一) 区域地质概况

矿区位于额尔齐斯复背斜中，核部为片麻状黑云母花岗岩，两翼为奥陶系片岩，片麻岩，混合岩、千枚岩和变质砂岩。在复背斜轴部及两侧断裂带附近，有海西期花岗岩，印支-燕山期二云母花岗岩等小岩体分布。伟晶岩脉发育于片岩和片麻岩中，少数产于角闪辉长岩中，密度达 16-25 条每平方 km(最多可达 45-100 条)，脉长 50-100m，宽 2-10m。形态多为规则脉状，也有透镜状、岩钟状等。具有明显分带而有工业价值者仅少数。



图 3 - 1 阿尔泰地区板块构造和区域地质图（据卢焕章等，1996）

二) 矿床地质

以三号脉为代表介绍如下：

该伟晶岩脉产于角闪辉长岩中，受两组裂隙控制，脉体上部呈岩钟状，长 250m，宽 150m，走向北北西，倾角近于 90° ；下部呈北西-南东向缓倾斜板状，长 200-300m，厚 4-5m；总体形态像一顶实心草帽，脉内白云母同位素年龄值为 220Ma，属海西期产物。

在脉体原生结构带形成后期，内部发育强烈交代蚀变，如钠长石化，锂辉石-锂云母。矿物成分主要为各结构带中矿物，其中又以石英(占 31.7%)、微斜长石(占 33.6%，钠长石(占 22.4%)为主；次为白云母(6.5%)、锂辉石(4.15%)、绿柱石(0.49%)，石榴石(0.18%)等；锂云母、电气石、铯榴石等仅少量(<0.1%)出现。

岩体分异良好，交代作用强烈，矿物成分复杂，具明显的环带状构造，由边部至核心可以为十个结构带，他们分别是：

1 文象及似文象结构带；本带包括边缘部位的细晶岩带，由石英、微斜长石、奥长石组成，其中分布有糖粒状钠长石、细粒白云母集石英的集合体组成的巢状体。

2 糖粒状或细粒状钠长石带；背景是微斜长石和条纹长石，其中散布着大量细粒钠长石，可见绿色白云母、石榴石、磷灰石、电气石、绿柱石、铌铁矿等与钠长石共生。

3 块状微斜长石带；由块状微斜长石和条纹长石组成。

4 石英-白云母带；本带以石英及白云母为主，此外尚有钠长石、石榴石、磷灰石、电气石、绿柱石、铌铁矿等。本带是交代微斜长石的产物。

5 叶钠长石-锂辉石带；

6 石英-锂辉石带；其中 、 两带呈渐变过渡关系，主要矿物有石英、叶钠长石和锂辉石。其它少量矿物有磷灰石、电气石、微斜长石、白云母、石榴石、绿柱石、铌钽铁矿等。

7 薄板状钠长石带；主要由片状的钠长石组成，其它矿物有锂辉石、石英、微斜长石、磷灰石、绿色电气石、绿柱石、绿帘石、石榴石及结晶较大的铯榴石等。

8 锂云母带；本带是交代作用的产物，呈透镜状，四周大部分被薄板状钠长石带环绕，仅一小部分与核心的块状石英带比邻。所含矿物除锂云母外，尚有石英、钠长石、微斜长石、红绿柱石、红电气石及钽铁矿等。

9 块状石英核心带；主要由块状石英组成，厚约 40m。

10 核部块状微斜长石带。位于实验室挂图（地质平面图）中矿脉核心部位的下部，为块状石英带完全包围。

稀有金属矿化表现出一定分带性，矿化分带与脉体分带的特点及联系为：

铍矿化主要发育于 1、2、4 带，占全总量 75%，从早期到晚期形成淡绿色绿柱石-白色钠绿柱石-粉红色锂铯绿柱石；

锂矿化主要在 5、6 带中，占全脉总量的 70.8%；

铌矿化发育于 1-4 带(占 60%)，次为 5、6 带(占 33.8%)；

钽矿化主要发育于 5、6、7 带(占 62.3%)，次为 1-4 带；

上述各带中，1、3、10 带为原生结构带，其余为交代带，矿化主要发育于交代带内。

总的矿化规律是：自边部至中心，锂、铯、钽、钿矿化增强，铍矿化减弱；铌矿化以边部为主，钽矿化相反。呈独立矿物存在者有铍、锂、铌、钽，铯全部分散在白云母。锂云母、钾长石中，形成越晚者含量越高；铯大部分分散于绿柱石、白云母、锂云母、钾长石内，只少量呈铯榴石存在，钿主要含于钽石中。

三) 矿床成因

区内伟晶岩体明显受围岩岩性及构造双生控制，一般分布于片岩及片麻岩内，并以角闪辉长岩中者为佳。在构造上则多产于两组裂隙交切处，如三号脉即属此类型。

稀有金属矿化主要在交代阶段产生，由于以钾微斜长石为主的伟晶岩有利交代，矿化较发育，尤以钠长石化强烈，分带性好者含矿较富。

区内尚未找到含伟晶岩的花岗岩母岩体，故在成因上除认为含矿伟晶岩是海西期花岗岩

派生产物外，还有人认为与花岗岩化、混合岩化有关，即认为由超变质作用产生的再生花岗岩浆的伟晶岩溶融体所形成。

三、实验要点

1. 注意实验矿床的母岩和围岩、产状和形状；矿石组合和结构特征。
2. 观察、分析伟晶矿床的带状构造特点。
3. 运用矿物学方法确定矿物种类，结合有关图件注意其赋存部位

四、实习作业与思考题

1. 为什么伟晶岩矿床常有一定的分带性？与矿床形成的地质及地球化学条件有何关系？
2. 分析实验矿床形成的地质构造条件。
3. 根据实验矿床，总结伟晶岩矿床的一般特征，并分析其成因。
4. 该矿床产出的区域地质概况
5. 矿床地质概况（以三号脉为例主要说明其形态、产状特征，和内部分带特征）
6. 分析其矿床成因。

宏观分带	结构矿物带	矿物共生组合	矿体类型	占伟晶岩体积
边缘带				
外侧带				
中间带				
内核带				

实验四 接触交代矿床（矽卡岩型矿床）

一、目的要求

1. 重点掌握矽卡岩矿床形成的地质条件(围岩、构造、火成岩)
2. 认识矽卡岩矿床的一般特征(矿体形态、产状、物质成分、结构构造、围岩蚀变等)。
3. 以实验矿床为例，通过光片、薄片和标本观察掌握矽卡岩矿床矿物的生成顺序、矿化期、矿化阶段等特征。

二、实验内容

(一) 矽卡岩型铁矿床-湖北大冶铁山铁矿

一) 区域地质

矿区位于华北地台和华南加里东地槽交接带中，属于长江中一下游成矿带的西段。矿区附近出露地层有：志留系页岩、泥盆系砂岩、石炭系灰岩，二叠系阳新灰岩和乐平煤系、三迭系大冶灰岩和蒲圻组砂岩、侏罗系煤系及火山岩系、白垩系火山岩系及第三、第四系地层。

区内出露地层以中下三叠统大冶灰岩为主，次为二叠系乐平统硅质页岩(构成铁山背斜之轴部)，大冶灰岩呈近似东西走向，分布于矿区南部，其岩性自上而下依次为：

- 1 灰黑色薄层泥质灰岩与钙质页岩互层，底部有 30m 左右的泥质灰岩；
- 2 中厚层灰黑色纯灰岩；
- 3 含少量白云质(Mg 0.15-5%)厚层灰岩，其中夹 20-30m 厚的钙质白云岩(Mg 1.5-2.0%)。

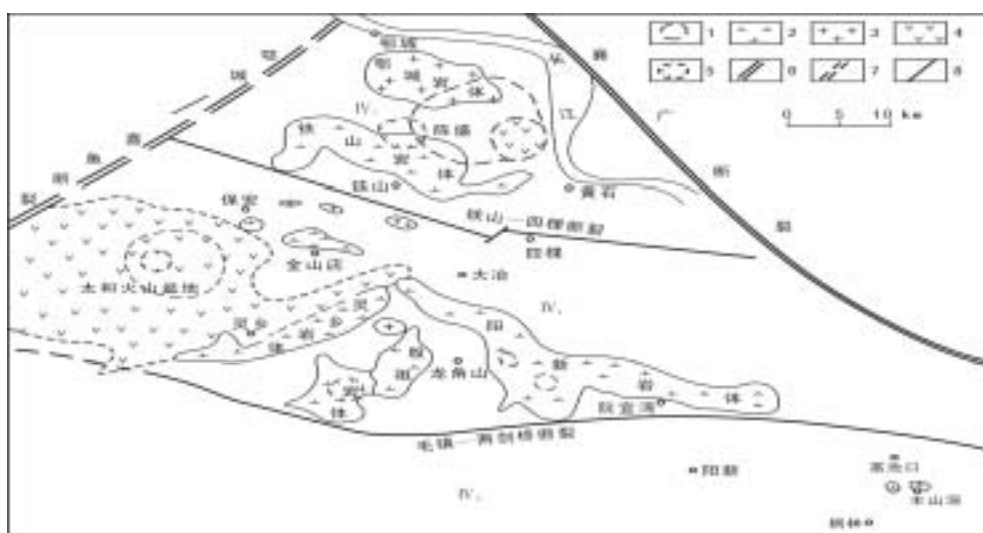


图 4 - 1 鄂东南地区区域地质略图（据杨明银等，1995）

1. 重力异常推断中间岩浆房；2. 闪长岩；3. 花岗岩；4. 火山岩；5. 磁法差值法推断岩浆上升通道；

6. 级断裂；7. 推断 级断裂；8. 级断裂； 1. 铁山 - 黄金山逆冲滑覆构造带；

2. 殷祖 - 筠山逆冲滑覆构造带； 3. 大幕 - 枫林逆冲滑覆构造带

上述各层岩石受岩浆侵入体影响普遍发生接触变质(主要为热变质)均遭受不同程度的大理岩化，是本矿床的主要围岩其中以 2)、3)两层关系密切。

铁山火山岩为一复式岩体，岩性为弱酸性至中性，呈岩基状侵位于大冶组地层中，出露的面积达 150km²，其长轴方向呈 NW 向于区域构造线方向一致；岩体为浅-中深成相；与铁山矽卡岩型铁矿有成因联系的岩石为斑状石英闪长岩，侵入时代为燕山中-晚期(165Ma),岩石地球化学特征为： $\text{SiO}_2 = 61\%$ ， $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 10.34\%$ ，其中 $\text{Na}_2\text{O} \ll \text{K}_2\text{O}$ 属钙碱系列； $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} > 5.8\%$ ， $\text{Ni/Co} = 1.08\%$ ， $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.700$ 。

二) 矿床地质

铁山矿床位于铁山火成岩体的南缘中段，矿体均沿 NWW 向的火成岩与大冶灰岩之接触带上断续分布，计有六个铁矿体，矿体形态变化较大，主要是呈似层状，透镜状，囊状。产状随接触带走向而变化，矿体主要赋存的部位是：

1. 岩体超复在地层之上；
2. 剖面上岩体与地层平缓接触面上；
3. 岩体与地层接触带的凹陷地段；
4. 火成岩中的俘虏体；
5. 褶皱的轴部和断裂、破碎发育的地段。

围岩蚀变：主要有矽卡岩化、金云母化、钠长石化、方柱石化、绿帘石化及碳酸盐化等。

围岩蚀变常具有一定的分带性(见表 4-1)

表 4-1 围岩蚀变分带表

类型 分带	石英闪长岩、大理岩	矿化强度
内蚀变带	1. 弱钠长石化闪长岩带	无
	2. 细粒钠长石化闪长岩带	无
	3. 方柱石化，钠长石化闪长岩	弱
外蚀变带	4. 透辉石、石榴石矽卡岩带	工业矿体
	5. 透辉石、硅化大理岩带	弱
	6. 大理岩带	无

矿石成分：主要的金属矿物有磁铁矿、赤铁矿、菱铁矿、黄铜矿，镍黄铁矿，磁黄铁矿及黄铁矿等，矿石中 $\text{Co} + \text{Ni} > 0.2\%$ ， $\text{Cu} = 0.84\%$ ， $\text{TFe} = 57.94\%$ ，同时含磷、硫低，为自熔型矿石，Co 与 Cu 可综合利用；主要脉石矿物有：透辉石、石榴石、透闪石、金云母等。

矿化阶段 :可化五个矿化阶段 :(1) 矽卡岩阶段 ;(2) 钠化阶段(钠长石与钠柱石化) ;(3) 铁矿化阶段 ;(4) 硫化物阶段(主要是铜矿化) ;(5) 碳酸盐化阶段。主要成矿阶段温度为 850 左右,热液介质 pH 为 4-7.5 ; $^{34}\text{S} = +1 - +12\text{‰}$ (以岩浆热液为主)。

矿石结构构造 :以致密块状为主 ,其次为条带状和浸染状。矿石结构为粒状变晶和似海棉陨铁结构。

三) 找矿标志 :

- 1 地层标志 :铁矿体与三叠系大冶灰岩在空间上有密切关系 ,因此 ,在长江中、下游地区三叠纪大冶灰岩、黄马青下段地层发育地区应为远景地段。
- 2 火成岩标志 :弱酸性一中酸性的燕山期侵入岩活动地区。

(二) 安徽铜陵铜官山铜矿床

一) 区域地质

铜陵地区位于贵池 - 马鞍山隆起带 (印支期隆起带) 的中部 ,西以郯庐断裂为界分别与华北地块和大别地块毗邻 ,南东与江南台隆相连。南、北两侧分别被两条东西向的隐伏基底断裂所围限 ,与贵池、繁昌两个北东向的 S 状隆褶带相隔 ;东西两侧分别为北东向大型断裂带为界 ,构成一个相对独立的菱形隆起地块 (图 4-2)。



图 4 - 2 下扬子地区构造简图 (据刘文灿等 , 1996)

1. 沉降带 ; 2. 隆起带 ; 3. 背斜轴 ; 4. 向斜轴 ; 5. 断层 ; 6. 郯庐断裂带 ; 7. 构造单元边界

二) 矿区地质概况 :

铜官山铜矿床位于铜陵—戴家汇东西向基底断裂带的西端,铜官山“S”状背斜的北西翼。燕山晚期中酸性岩浆侵入活动形成了铜官山岩体,呈NE向展布,与铜山背斜一致。沿接触带由南向北分布有白家山、宝山、老山、小铜官山、老庙基山、招树山、笔山、罗家村等8个矿段

三) 地层及含矿岩系特征:

矿体主要赋存在石炭系中,矿体明显受黄龙组地层控制,产于白云岩底部。有三种含矿组合:粉砂岩-黄铁矿层-碳质页岩组合;粉砂岩(或页岩)-黄铁矿层-白云岩-灰岩组合;白云岩-菱铁矿(或黄铁矿)-灰岩组合。矿层往往位于两种岩性的转变部位。剖面分析表明中上石炭统白云岩段和灰岩段、含矿白云岩和不含矿白云岩,它们在有机炭、F、Cl含量和Sr/Ba比值及pH、Eh条件等方面均有差异(表4-3)。在邻区冬瓜山矿床中发现有硬石膏层,其 ^{34}S 平均值为16.69‰。

铜官山岩体主要由石英闪长岩组成,呈岩株状产于背斜的西北翼,出露面积约1.5km²,其中见有角闪闪长岩、闪长斑岩包体。后期有二长岩脉侵入。主岩体形成时间在150Ma左右。自岩体中心向外可划分为中心相、过渡相和边缘相。钙碱指数CA=58,属钙碱性岩。岩石化学特征表现为:Na₂O+K₂O=7.06-7.54;Na>K。Al₂O₃/(K₂O+Na₂O+CaO)>1。

四) 矿床特征

根据矿体的产状、形态、矿石组合和蚀变类型及矿物标型特征,可划分为三种矿化类型。

(1) 上部矿体:主要产于石炭—二叠系灰岩与石英闪长岩的接触带附近。矿体与地层产状不一致(不整合型)。一般规模不大,有典型的矽卡岩矿物组合和分带性,是传统观点的矽卡岩矿床,如笔山、罗家村矿段。主要矿石类型有磁铁矿型、磁黄铁矿型、黄铁矿型和矽卡岩型。矿石构造为块状构造、脉状构造等,具交代溶蚀,交代充填、固溶体分离、残余等结构。矿石中微量元素Zn、Co、Ga含量较高,Ni含量低。

(2) 中部矿体;主要产于中石炭统底部的白云岩中,呈层状。层位稳定,水平延伸可达几千米。与地层产状一致(整合型矿体)。当位于接触带附近时可与上部矿体相联结,构成“人”字型矿体。矿石类型有磁铁矿-蛇纹石型、磁黄铁矿-蛇纹石型、黄铁矿-蛇纹石型、胶状黄铁矿-白云石型。在矿石中保留了大量的原生沉积构造(层纹、条带、皱纹、胶状、莓球、残余鲕等)。镜下资料表明,在磁铁矿、磁黄铁矿中保留有残余的胶状黄铁矿,甚至在黄铁矿中也可见到胶状黄铁矿残余。此类矿石中的矿物生成顺序是:胶状黄铁矿—晶质黄铁矿—磁黄铁矿—磁铁矿—黄铜矿。黄铜矿主要是后期叠加在早期矿物之上的,一般呈似条带状(照片4-4)、浸染状、细脉状,伴有黄铁矿、石英、方解石等。

宏观和微观资料表明中部矿体中存在着两种成因系列的矿物组合:胶状黄铁矿-晶质黄铁矿-磁黄铁矿-磁铁矿组合和磁铁矿-磁黄铁矿-黄铁矿、黄铜矿组合。这两个组合中的磁铁矿产状及物理参数均不相同;氧同位素也略显不同,但化学成分差异则不明显。

中部矿体中有两类黄铁矿标型特征不同,表明地层中的黄铁矿与整合矿体中的黄铁矿相似,而与岩体中的黄铁矿有明显区别。中部矿体围岩以镁矽卡岩蚀变为特征,从接触带到围岩蚀变分带为镁橄榄石—金云母—蛇纹石—大理岩,相应的矿化分带是磁铁矿—磁黄铁矿。铜矿化是叠加的,远离接触带呈现Cu(Mo)—Cu(Pb·Zn)—Fe(Au)的变化趋势。

(3) 下部矿体：属热液石英脉型，以含铜石英网脉为特征，发现于老庙基山 175m、215m 中段的岩体边缘和底板角页岩中。脉宽 0.1—5cm 左右，主要矿物有黄铜矿及少量辉钼矿、闪锌矿、黄铁矿，偶见白钨矿。主要矿石类型有含铜蚀变闪长岩和含铜石英脉两种。在黄铁矿中富 Co、Ni，其 $Co/Ni > 1$ ， $S/Se = 15000$ 。近矿蚀变为黑云母化，局部为白云母化、绢云母化等。

上、中、下矿体构成了“三位一体”的矿床组合。它们可以组合在一起，也可单独出现，其特征不同，但受统一的成矿作用控制。

三、实验要点

1. 结合剖面图、标本等分析矽卡岩矿床的一般特征(矿床的空间分布及与侵入体的关系、矿床物质成分等)。

2. 从地质图中了解矿床所在的地质环境、火成岩侵入到什么围岩中？围岩的岩性特点及与矽卡岩形成的关系；了解火成岩的岩性、形状并注意接触带的陡、缓形态与矿体的关系；矿体的产出部位(内接触带、接触带或外接触带，是构造裂隙还是层间裂隙等)。

3. 研究矽卡岩的岩性、带状分布及其与矿化的关系。

4. 从标本中了解大冶矿区岩石的岩性特点、矽卡岩的矿物特点、矿石矿物的种类及伴生金属矿物及矿化期和矿化阶段以及矿物的产生顺序等。

四、实验作业与思考

1. 矽卡岩矿床为什么与碳酸盐关系密切？
2. 试分析实验矿床成矿地质条件。
3. 以大冶铁矿为例，分析围岩在成矿中的作用。

实验五 热液矿床

一、目的要求

1. 掌握各类(高温、中温、低温)热液矿床的成矿地质条件及一般特征。
2. 分析矿床的形成与火成岩的关系,围岩和构造对矿化的控制。
3. 熟悉矿化的多阶段性和脉动分带的特点。
4. 熟悉实验矿床的基本特征。
5. 总结交代成矿作用与热液充填成矿作用的标志。

二、实验内容

(一) 气化高温热液矿床:江西大余西华山-漂塘钨矿田

西华山-漂塘钨矿田位于江西省南部,大余县城北西方向约 9km。西华山-漂塘钨矿床是我国著名的钨矿田之一,其规模列世界之冠,年产量超过整个西方世界产量之和。该区从 618 年-1279 年相继开采锡、铜,1908 年发现钨矿,随后相继建成大小矿山 20 余个。

一) 区域地质

矿田位于华南加里东褶皱区中后加里东隆起区,由寒武系(主要为硬砂岩、千枚岩、板岩等浅变质岩)地层所组成的向斜轴部(轴向 NNE 向),燕山期花岗岩(160-184Ma)体,受北东向和东西向断裂所控制,在岩体的南部及北部东西向断裂甚为发育。

1. 褶皱:由寒武系地层自西向东组成了北北东向的漂塘复向斜、上大江复背斜和鸭子脑复向斜。两条复向斜比较开阔,而复背斜则较为紧密并向西倒转,次级褶皱以等斜褶皱为主。这些褶皱形成于加里东运动时期,经后期叠加构造,对花岗岩的展布起着重要的控制作用。

2. 断裂:区内断裂发育,可分为东西向、北东向和北北东向三个断裂构造带。

北东向构造带:该构造带形成较早,燕山运动以来曾有多次活动,是南岭纬向构造带北缘组成之一。分布于西华山、大顶、漂塘等地。带距 5-4km,断面多数向北陡倾,呈舒缓波状,具压扭性、压性特征。

北东向构造带:在海西期已经活动,控制了海西期石英闪长岩的分布。巨大的池江断裂带为主干部分,一些次要断裂在区内分布颇广。断面走向 50° ,大部分向南倾斜,倾角 50° - 60° ,具压扭性特征。

北北东向构造带:是侏罗纪最主要的一个构造体系,它切穿东西向断裂带或被东西向断裂带制约,主体构造方位 35° 左右,主干断裂有四条,间距 3km,断面倾向南东东,倾角 50° - 70° ,具压扭性特征。

3. 岩浆岩:燕山期花岗岩呈岩株状,出露 20km^2 ,是一个经历了多期侵入的多期多阶段复式岩体(表 4-1)。

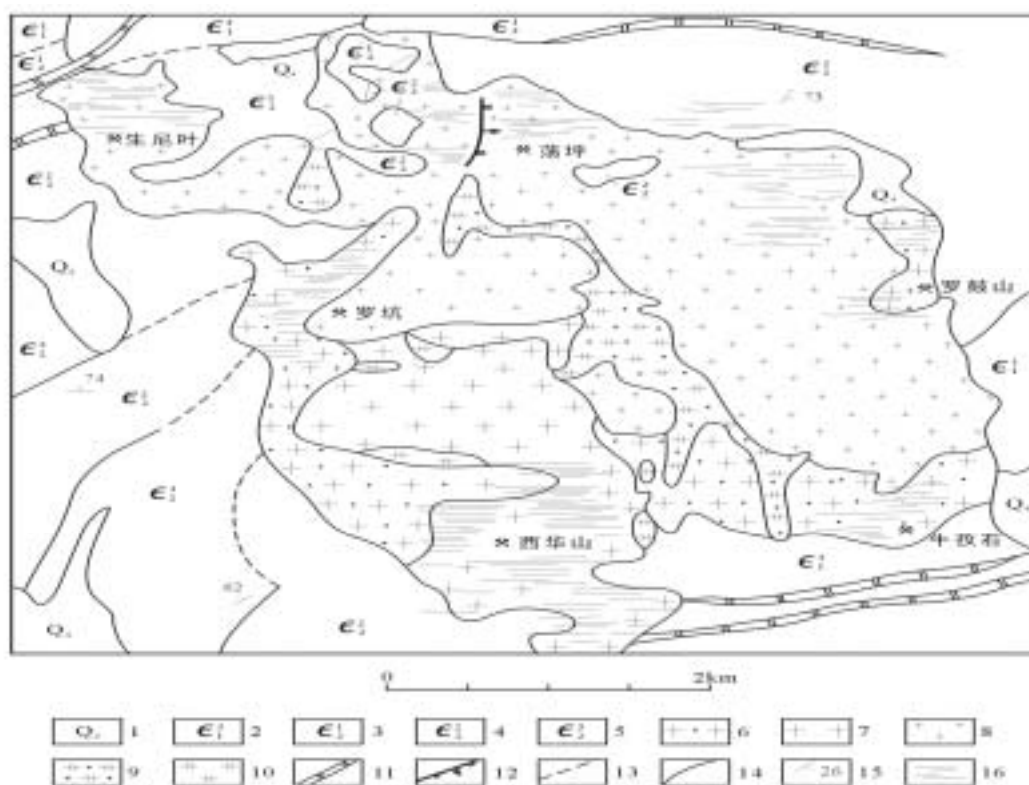


图 5-1 西华山钨矿床地质略图

1. 第四系；2. 寒武系下统上部；3. 寒武系中统下部；4. 寒武系中统中部；5. 寒武系中统上部；
6. gl-1 变斑状中粒花岗岩；7. gl-1 中粒黑云母花岗岩；8. gl-2 变斑状中细粒花岗岩；9.
gl-3 斑状细粒花岗岩；10. gl-3 细粒石榴石自变质花岗岩；11. 硅化带；12. 断层；13. 推测地
层界 线； 14. 实测地质界线；15. 地层产状；16. 矿化石英细脉

花岗岩中微量元素特征：

(1) 岩体中 W、Sn、Be、Mo、Li、Rb、Cs、Y、Nb 和 U 等含量较高，通常均高于一般酸性岩平均含量的几倍到十几倍；Cu、Zn、Zr 等含量较低，能大大低于酸性岩的平均含量。

(2) 前锋花岗岩中 Be、Li、Cs、Mo、Cu、Pb、Zn 及 B 的含量均较“侵入”阶段花岗岩为高，而 W、Sn、Nb、U、Sr、Y 及 Yb 的含量则较“侵入”花岗岩为低，总之，前锋花岗岩中的亲硫元气含量高，而“侵入”花岗岩则亲氧元素较高。

(3) 从早期到晚期，W、Sn、Nb、U、Sr、Y 和 Yb 的含量都有增高的趋势，特别是 W 在晚期最为富集。

(4) 西华山花岗岩中的黑云母含 Sn、U、Nb 及 Zr 等较高，长石中含 W 较高。

表 5-1 西华山花岗岩侵入阶段划分表

期	阶段	相带	代号	岩石名称	同位素年龄(Ma)	产出形态	出露面积(km ²)
燕山期	第四阶段		s^{2-4}_5	斑状细粒花岗岩		岩体	11.4
	第三阶段	边缘相	$s^{2-3'}_5$	(含斑)细粒二云母花岗岩	145 ~ 139	小岩株	11.1
		内部相	s^{2-3}_5	斑状中粒黑云母花岗岩			
	第二阶段	边缘相	$s^{2-2'}_5$	(含斑)中细粒二云母花岗岩	160 ~ 150	小岩株	2.6
		内部相	s^{2-2}_5	中粒黑云母花岗岩			
	第一阶段	边缘相	$s^{2-1'}_5$	斑状细粒黑云母花岗岩	184(162)	残留	4.8
		内部相	s^{2-1}_5	斑状中粒黑云母花岗岩		顶盖	

二) 矿床地质-西华山

1. 矿体特征：西华山钨矿体呈黑钨矿-石英脉形式充填在花岗岩的剪切裂隙中，密集成群，平行排列。按矿脉集中程度，分为北、中、南三个密集区，其中以北、南两区规模最大。

最大脉宽达 3m(少数)，矿脉陡倾，产状为 $85/NW<60-80^{\circ}$ 。矿脉分枝、膨胀、收缩及尖灭现象显著。根据矿体分布与成矿花岗岩空间位置关系，可划分为三个区间：(1)外接触带矿床；(2) 接触带矿床；(3) 内接触带矿床，其特征如下(表 4-2)

2. 矿物成分：矿脉内矿物组合较为简单，主要由石英(90%以上)和黑钨矿组成；共生金属矿物还有锡石、辉钼矿、闪锌矿、方铅矿等，非金属矿物有白云母、钾长石、绿泥石、电气石、黄玉等。

3. 围岩蚀变：按形成时间从早到晚有钾长石化-钠长石化-云英岩化-晚期钾长石化-晚期钠长石化-绢云母化-碳酸盐化等；在空间上，自下而上依次有钾长石化-钠长石化-云英岩化。W、Sn、Be 矿化与云英岩化有密切联系。

4. 成矿阶段：(1) 电气石、黄玉、浅色云母、黑钨矿、绿柱石、锡石、辉钼矿、石英、钾长石阶段；(2)白钨矿、白云母、石英阶段；(3)辉钼矿、辉铋矿、自然铋、萤石、石英阶段；(4) 磁黄铁矿、毒砂、黄铁矿、石英阶段；(5)绢云母，绿泥石，黄铁矿、黄铜矿、黝锡矿、闪锌矿、方解石阶段。

表 5-2 矿体形态垂直分布图

类型	带序	带名	垂向区间(m)	隐伏岩体埋深(m)	含脉密度(条/m)	主要特征
内接触带	1	线脉带	<20	250	1-2	线脉面状分布，产状较乱，变化范围大
	2	单脉带	50-100		<1	脉幅多 10cm，延至接触界面迅速尖灭，与外接触带不相接

单脉型	3	无石英英脉	>100		<1	脉幅多 10cm, 矿面成分简单, 不具工业矿化
外接触带脉带型	1	线脉带	100-200	400 -600	2-4	脉幅以 0.1-1cm 为主, 脉形简单, 疏密相同
	2	细脉带	100 ±		4-8	脉幅以 1-5cm 为主, 带中主干脉明显。脉形复杂, 连锁交织
	3	大脉带	120 ±		2-4	脉幅以 10-20cm 多见, 主干脉明显, 连锁侧带常见
	4	单脉	150-300		<1	脉幅多大于 50cm, 个别 3-5 cm, 常分枝复合
	5	根部	>100		<1	脉幅多大于 50cm, 往下有变小分支之势, 脉形简单

5. 矿田内矿化水平分带：(从岩株内部到外部分别为 W、Be 带-W、Mo 带-W、Sn 硫化物带。黑钨矿中 Nb_2O_5 和 Ta_2O_5 含量自中心往外逐渐降低。

6. 矿石结构、构造：矿石构造主要有块状、对称条带状、晶洞状、梳状、角砾状；矿石结构主要有自形晶粒、半自形晶粒、他形晶粒结构以及各种交代结构。

7. 同位素及成矿温度

根据矿石中石英包裹体测定温度为 210-358℃, 包裹体气/液 1/9, 随矿床深度增加而升高。花岗岩成岩年龄为 160-184Ma；成矿时间为 141-151 Ma。成岩成矿时差大致为 40-30 Ma，成矿时间大致上延续 10 Ma。

三) 矿床地质-漂塘

漂塘矿区位于北北东-北东向断裂构造体系之漂塘-西华山钨、锡、钼、铋矿带的中偏北部，面积 4.8km^2 ，主要矿化范围 1.2km^2 ，主要矿体分布于鸡爪山、满岗山、宝山、山牛顶、崩岗令、虎兴寨、山兴塘一带。区内有石英脉 16 条，大脉带 11 条(脉宽>10cm)，其中具有工业意义的石英细脉带 11 条，大脉 5 条，1 号石英细脉带规模最大，储量最大。

矿体赋存于变质岩、花岗岩、石英闪长岩中，但以变质岩中最发育，在 11 个重点工业矿带中，钨、锡含量最富的为第十矿带、六矿带，其次为三矿带，在脉体分枝复合处、拐弯处、膨胀收缩处最富集。整个矿区矿化带自上而下，细脉由小变大，含脉率由低增高。成矿与火成岩时间上一致，空间上属同一构造控制，岩体凸起上部的角岩化围岩中往往是成矿裂隙发育、矿脉富集、矿带宽度大、矿化富集的地段。

根据矿脉在空间分布、产状形态、矿物共生组合、矿化强度、矿石结构构造、近矿围岩

部位	带名	深度 (米)	工业价值	形态示意图	含脉密度 (条/米)	含脉率 (%)	带宽 (米)	单脉厚 (米)	主要矿物组合
顶部	矿化标志带	80—400	无		0.50—5	0.1—3	20—200	0.001—0.010	锡石、黑钨、白云母、电气石
上部	细脉带	100—250	大		5—20	6—50	10—50	0.02—0.10	黑钨矿、锡石、绿柱石、黄铜矿、黄铁矿、白云母等
中部	细脉—大脉混合带	40—500	巨大		1—3	10—70	5—30	0.05—0.50	黑钨矿、白钨矿、锡石、黄铜矿、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、白云母等组合复杂、矿化重叠
下部	大脉带	100—300	大		0.03—2	10—50		0.20—2.00	黑钨矿、黄铜矿、黄铁矿、方铅矿、辉钼矿等
底部	大脉—巨脉—尖灭带	50—300	小—无		0.05—0.10			2.00—0.05	黑钨矿、辉钼矿、黄铁矿、碳酸盐

图 5 - 2 外接触带石英脉型钨矿“五层楼”式成矿综合模式图（据赣南地质队资料）

蚀变及某些标型矿物(云母、石英、黑钨矿、锡石、萤石、黄玉等)等方面特征，划分出四个矿化期、七个矿化阶段(见表 4-3),其中第三、第四矿化阶段钨锡最富。

四) 矿床成因

据西华山-漂塘矿田花岗岩及矿脉的氢、氧、硫、碳稳定同位素及包裹体成分研究表明，成矿物质及含矿溶液主要来源于壳层重熔的花岗岩，在成矿晚期阶段可能有部分围岩水及大气降水混入，成矿温度为 368-270℃，因此矿床的成因属汽化-高温热液，黑钨矿-含长石石英脉矿床。

（二）中温热液矿床-湖南桃林铅锌矿床

一) 区域地质

矿区位于江南古陆与扬子地槽两大构造单元过渡带，即大云山复背斜北翼。区内出露地层主要为前震旦系板溪群浅变质岩，岩性为千枚岩、砂质千枚岩、板岩互层，构成褶皱基底；其上被白垩系-第三系陆相碎屑岩复盖。大云山岩体分布于南部，该岩体东西长百余公里，南北宽 30-40km，钾-氩法同位素年龄值 112-145Ma。系燕山晚期多阶段侵入的复式岩体。

该岩体与板溪群近东西向接触断裂破碎带，是本区铅锌矿主要导矿和含矿构造，该矿化带以其相同产状断续延长 20-3km。其中在长约 18km 主要矿化范围内分布有邱皮、杜家冲、银孔山、上塘冲、官山、断山等六个矿段。下面以银孔山、上塘冲为例简略介绍如下。

二) 矿床地质

在上述接触破碎带 200-300m 宽度范围内，普遍遭受蚀变。其中方铅矿、闪锌矿矿化以大

小不等的矿脉或透镜体分布于角砾岩化含矿带中，矿化集中发育于蚀变带上部。

表 5-3 漂塘钨矿各成矿期和成矿阶段特征简表

期次 阶段 特征	矽卡岩期	氧化物期			硫化物期		碳酸盐期
	第一成矿阶段	第二成矿阶段	第三成矿阶段	第四成矿阶段	第五成矿阶段	第六成矿阶段	第七成矿阶段
矿物共生组合	石英、长石、 阳起石、石榴 石、透辉石、 方铅矿、闪锌 矿、黄铜矿、 极少黑钨矿、 白钨矿	黑钨矿、锡石、 辉钼矿、黄铜 矿、闪锌矿、 绿柱石、白云 母、石英、萤 石	辉钼矿、绿柱 石、白云母、 石英、黑钨矿、 锡石、萤石	黑钨矿、锡石、 黄铜矿、闪锌 矿、方铅矿、 铁锂云母、黄 玉、萤石、氟 磷酸铁锰矿、 石英、磷灰石	黄铜矿、闪锌 矿、方铅矿、 铁锂云母、绿 泥石、方解石、 萤石、石英	绿泥石、黄铜 矿、闪锌矿、 方铅矿、毒砂、 黄铁矿、石英	萤石、方解石、 白云母、绿泥 石、菱镁矿、 菱铁矿、白云 母
共生组合类型	矽卡岩脉	(黑钨)辉钼-黑 钨矿-石英脉	(绿柱石)锡石- 黑钨矿-石英	硫化物-锡石、 黑钨矿-石英 脉	黑钨矿-硫化 物-石英脉	(黄铁矿)-绿泥 石-条带状石 英脉	萤石-碳酸盐 脉
结构构造	块状	块状、对称条 带状	对称条带状	对称条带状、 梳状、晶洞	对称条带状	条带状、角砾 状	块状
围岩蚀变	矽卡岩化	黑云母化	白云母化	硅化	绢云母化	绿泥石化	碳酸盐化
矿物生成顺序 (自上而下，从 前往后)	阳起石、石榴 石、透辉石、 方铅矿、黄铜 矿、闪锌矿	白云母、辉钼 矿、绿柱石、 石英、黄铜矿、 闪锌矿、萤石	白云母、辉钼 矿、绿柱石、 石英、锡石、 黑钨矿、萤石、 毒砂、黄铜矿、 闪锌矿	白云母、辉石、 石英、锡石、 萤石、毒砂、 黄铜矿、闪锌 矿、铁锂云母、 氟磷酸铁锰 矿、方铅矿	石英、萤石、 毒砂、黄铜矿、 闪锌矿、方铅 矿、绿泥石、 方解石	白云母、石英、 黄铁矿、绿泥 石、方解石	白云母、石英、 萤石、菱镁矿、 菱锰矿、方解 石
标本及代号	矽卡岩化石英 闪长岩，蚀变 石英闪长岩等 (24223， 24225，24226)	长英岩脉，角 岩（标志砂 岩）(24251， 24163)	绿柱石-锡石- 黑钨矿石英脉 (24232)	锡石-黑钨矿- 硫化物石英斑 点板岩(24233)	硫化物石英脉 及板岩，硫化 物-黑钨矿石 英脉， (24234， 24235，24244)	条带石英脉 (24236)	萤石-碳酸盐 脉(24237)

矿石有用组分为铅、锌、萤石，经混合圈定的矿体形态较简单，多为似层状、透镜状，但有分支、复合、尖灭、再现等变化，常含扁豆状夹层。该两矿段矿体分别长 650-1800m，

800-1500m，一般延深 200-300m；均向南西西侧伏，其产状与接触断裂一致；矿体厚数米至数十米。矿化连续性浅部较好，深部较差。

与矿化关系最密切的围岩蚀变为绢云母化、绿泥石化、硅化。自岩体向外可划分以下三个蚀变带：

(1) 硅化带：与花岗岩直接接触的千枚岩硅化后坚硬，致密，一般无工业矿化；

(2) 绢云母、绿泥石化带：距岩体稍远的千枚岩(或片岩)绿泥石化，绢云母化增强，但硅化减弱，厚数十米，矿化不均匀；

(3) 蚀变角砾岩含矿带：即千枚岩破碎成角砾岩被大量石英，萤石，铅锌硫化物充填胶结并发育绢云母化，绿泥石化及硅化等蚀变。

矿石中 useful 矿物为方铅矿、闪锌矿、和萤石，另有黄铜矿、黄铁矿及少量辉银矿等金属矿物；脉石成分有各种蚀变岩、石英、方解石、重晶石等；次生矿物有白铅矿、铅钒(硫酸铅)、孔雀石、蓝铜矿、菱锌矿等。矿石中铅锌含量分别为 0.8-2.2%，1.4-2.6%，萤石含量为 15-17%。

前述六个矿段组成的矿化带具有一定的分带性，总的以中部(银孔山-上塘冲，后同)构造破碎最强烈，矿化最富，其铅、锌、萤石储量分别占全区总储量 71%，89%，81%，且锌多于铅，也富含萤石，但重晶石少，而两侧相反。

矿石构造有对称条带状、角砾状、块状、网脉状、浸染状、晶簇状；矿石结构以半自形-他形晶粒状为主。一般中部呈粗粒块状、角砾状、网脉状，两侧多为细粒浸染状及角砾状。

三) 矿床成因

据丁梯平等人对 10 个矿石方铅矿和两个花岗岩长石样品所作铅同位素分析，其 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值分别为 18.145 ± 0.012 和 18.119 ± 0.006 ， $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值分别为 15.654 ± 0.008 和 15.668 ± 0.003 ； $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值分别为 38.716 ± 0.013 和 38.730 ± 0.07 ；两者十分接近，且两者均缺乏放射性成因铅。加上它们密切的空间关系，显然矿石铅与花岗岩有共同来源，属同源产物，即本区成矿物质来自多阶段侵入的大云山复式岩体，而与矿化有直接成因联系的晚阶段侵入体可能隐伏较深部位

其接触断裂破碎带不仅为含矿热液上升通道和容矿空间，而且因其多次活动，也导致矿液多次上升而产生多阶段矿化。

本区矿化阶段有三个：第一阶段形成黄铜矿、方铅矿、褐至褐黄色闪锌矿、绿色或蓝色萤石及乳白色石英；第二阶段矿化发育于第一阶段成矿后破碎带和裂隙中，除继有黄铜矿、方铅矿、褐色闪锌矿、紫色、浅紫色萤石等生成外，尚有白色重晶石、半透明石英，玉髓、含锰方解石等；第三阶段出现大量重晶石、紫色萤石及梳状、葡萄状乳白色石英，硫化物大为减少。据硫同位素测温资料，第一阶段硫化物沉淀温度为 344-266，第二阶段为 265-221

，与液相包裹体爆裂温度(210-330)基本一致。

由矿物组合、围岩蚀变类型及有用矿物沉淀温度等反映了中温热液成矿特点。

(三) 低温热液矿床-湖南锡矿山锑矿床

一) 区域地质

锡矿山锑矿床发现于 1541 年，当时误认锑为锡而得名。是世界上最大的锑矿床。锡矿山锑矿田自北而南包括童家院、老矿山、物华、飞水岩等四处矿床，总面积二十余平方 km。区内出露地层见表 4-4。

矿田位于湘中盆地新化-涟源褶皱带中部，构造上处于沉降隆起差异构造运动较剧裂的地区。矿田总体构造为一由中上泥盆统组成的北东向地垒式短轴背斜，背斜轴向北东 30°，次级褶皱发育，但由表部往深部渐趋减弱而变为单一宽展背斜。蚀变和矿化主要沿背斜轴部余田轿组灰岩及西部大断层(F75、F3)发育。

表 5-4 锡矿山锑矿田地层简表

系	统	组	段	代号	厚度(m)	岩 性
石 炭 系	下 石 炭 统	大塘组		C1d	572	上段为厚层灰岩夹页岩，中段为砂页岩夹煤层，下段为灰岩夹炭质页岩
		岩关组		C1y	382	上段为厚层不纯灰岩夹页岩，中段为泥质灰岩夹粉砂岩，下段为砂页岩互层
泥 盆 系	上 泥 盆 统	锡 矿 山 组	砂岩段	D ₃ X ⁵	116	中上部为石英砂岩、粉砂岩与页岩互层，下部黑色页岩夹粉砂岩
			灰岩段	D ₃ X ⁴	228	上部砂岩、页岩、灰岩互层，中下部为结核状厚层灰岩，底部为页岩
				D ₃ X ³	2-3	鲕状赤铁矿层
				D ₃ X ²	20	泥质结核状灰岩、生物碎屑灰岩
			页岩段	D ₃ X ¹	75	钙质页岩、页岩夹薄层泥灰岩
		余 田 桥 组	上段	D ₃ S ³	134	顶部为页岩、钙质页岩夹灰岩，其余以灰岩为主，主要矿化地段，层状、似层状、鞍状矿体产出部位
			中段	D ₃ S ²	111	顶部泥砾岩、中部厚层状灰岩，下部为粉砂岩与灰岩互层，发育带状矿体
			下段	D ₃ S ¹	45	砂岩
		棋 梓 桥 组	灰岩段	D ₃ q	750	纯灰岩

断裂走向以北东向为主，其中具区域规模的 F75 切割该背斜两翼垂直断距达 700-900m，

为本区矿液上升通道和带状矿体储存空间。

除东部有云斜煌斑岩脉展布外，浅部与深部尚未发现其他侵入岩体。

二) 矿床地质

本区锑矿体产状，形态均较复杂，受构造，层位及岩性三者控制，主要发育有三类矿体：

(1)层状、似层状矿体 分布于西部大断裂东侧余田桥组硅化灰岩中，因受余田桥组 和锡矿山组页岩段的屏蔽控制而使其沿灰岩层间破碎带整合产出。其总体产状与灰岩一致，但不规则，局部切割围岩，产于背斜轴部者多呈鞍状。

(2)带状矿体 分布于西部大断层下盘巨厚硅化破碎带中，被其切割的中、上泥盆统砂岩、灰岩均具矿化，但其选择性矿化明显。产于灰岩中者规则、稳定而富集。长数十米至 500m，水平厚度 12-15m，总体展布与断层产状一致。

(3)鞍状矿体 产于带状矿体转折处，约西距 F75 断层 100-300m 范围内。因其为两类构造交叉部位，矿化较富，形态亦较复杂。

各类矿体工业意义不一，北区者老矿山、董家院的带状、鞍状矿体大于层状、似层状矿体；而南区飞水岩相反。矿体内部锑矿化并非均一，多呈单矿物脉体、块状分布于硅化灰岩中。

矿物成分较简单，有用矿物为辉锑矿，其它金属矿物有少量黄铁矿和次生氧化物-锑华，脉石成分主要为硅化灰岩，次为石英、方解石及少量重晶石、萤石。

矿石构造因矿体类型而异，似层状、层状矿体以细脉状、条带状、角砾状为主；带状矿体主要为角砾状；富集部位均为块状；另有浸染状，晶簇状。辉锑矿以自形晶为主，也有半自形晶、他形晶。

围岩蚀变以硅化为普遍，矿化全部发育于硅化灰岩中。硅化范围在背斜轴部宽达 80 m，翼部 70m，另有黄铁矿化、绢云母化(两者见于页岩、泥灰岩中)。重晶石化，萤石化；其中碳酸盐化主要为方解石化，多发育于矿化断裂中。

据飞水岩矿物包裹体测温结果，石英形成温度为 240-270 (深部石英 305)。辉锑矿为 138-216 ，均反映了深部至浅部温度递降，与含矿热液的运移方向大体吻合。

全区辉锑矿及少数硫酸盐矿物硫同位素测定， ^{34}S 值为-19.6 ~ +16.14‰，绝大多数测定值集中在+5.5 ~ +9.0‰，呈塔式正态分布明显，表明为统一来源，而且均一化程度较高，沉淀理化条件较稳定；但却偏离零值，显示其非岩浆源而应为大气降水淋滤沉积硫化物的混合硫。

彭建堂等 2002 最新的研究结果表明：在锡矿山成矿早期方解石的 ^{13}C 、 ^{18}O 分别为-4.8 ~ -8.3‰ (平均为-6.3‰) 和 16.08 ~ 18.06‰。氧同位素明显高于该地区中生代的大气降水 (-10‰)，表明成矿流体的碳和水均可能来自深部。而成矿晚期方解石 ^{13}C 、 ^{18}O 分别为-0.2 ~ +2.1‰和+11.0 ~ +17.1‰，表明成矿流体可能为长期演化的大气降水，该期方解石的 $^{144}\text{Nd}/^{143}\text{Nd}$

值为 0.511782 ~ 0.512198，也暗示成矿物质主要来自壳源。

三) 矿床成因

本区矿质来源，过去认为来自岩浆，推测岩体隐伏地下深处，因而长期归属低温热液矿床，但不仅矿田范围内未发现提供矿质的侵入岩体，湘中其它锑矿区亦无有关岩体发现。近年，发现含矿岩系中锑丰度为 10-40ppm，比克拉值高数十至数百倍；附近元古界地层含锑高达 0.02-0.03%，个别达 0.1%；湘中乃至湘南同类锑矿亦严格受此层位控制，这就完全可能作为矿源层存在。但在锡矿山不足 18km²的地方 Sb 的金属储量达到 2.11×10^6 t，还意味着锡矿山大规模成矿的成矿物质不可能完全来自矿区的赋矿地层，同位素研究结果表明深部地幔和元古界基底均卷入了锡矿山的成矿作用，富 Sb 的交代型富集地幔和富 Sb 的元古界基底是其大规模成矿、元素发生超常富集的前提。

三、实验要点

1. 从资料、标本、光薄片等观察分析成矿前、成矿期和矿后的脉体相互关系、成分特征。
2. 研究围岩蚀变对热液矿床的控制，主要从围岩岩性入手、矿化在不同围岩中的分布状态及各自的矿化特征等方面进行分析；同时对比高、中、低温热液矿床的围岩蚀变特点。
3. 研究构造对矿化的控制，注意不同规模的构造的矿化情况及构造与矿化的时间关系，分析构造的脉动性。
4. 研究成矿方式主要从矿物晶形的完好程度，是否有新矿物的假象，是否有原生岩石的结构构造、矿体形态、矿体与围岩的关系等进行判断。
5. 根据地质图和剖面图分析褶皱构造和断裂构造对低温热液矿床的控制作用。

四、实验作业与思考

1. 根据哪些标志来判定矿床属高温成因？
2. 漂塘钨矿蚀变与成矿的关系。
3. 为何钨矿脉往往在岩体的凸出部位富集？
4. 哪些事实说明含矿热液是多来源的。
5. 对比高中低温热液矿床的围岩蚀变特点。
6. 对比高中低温热液矿床的异同。

实验六 火山成因矿床

一、目的要求

1. 掌握与火山作用有关矿床的成矿条件及其控矿因素。
2. 掌握玢岩铁矿、斑岩铜矿的基本特征，并简要建立成矿的基本模式。
3. 熟悉实验矿床的基本特点。

二、实验内容

(一) 斑岩型矿床-江西德兴斑岩铜矿

一) 区域地质

德兴铜矿田由原朱砂红、铜厂、富家坞三个矿床及先告山铜硫矿点组成，矿区位于江南古陆南缘，邻近钱塘拗陷，该拗陷中有古生代-中生代地层出露，而古陆内广泛分布元古界九岭群浅变质岩系，在矿田内及其北西部构成 NE、NEE 向展布的复式背斜。九岭群浅变质岩系据微古植物化石及同位素年龄为 1401Ma。这一套地层主要由变质砂岩、泥质干枚岩、变质火山岩、硬砂岩及干枚状页岩组成。矿体周围的浅变质围岩原认为是沉凝灰岩，最近研究证实主要为浅变质的长石质硬砂岩(孙海田, 1984)，其中石英碎屑占总量 54.7%，长石占碎屑总量 30.8%，岩屑仅占 14.6%。矿田附近除燕山期侵入体外，亦有元古代花岗岩及基性、超基性岩分布，均受 NE 向赣东北深断裂控制。

矿化主要与燕山期花岗闪长斑岩有关，同位素年龄为 169Ma，为小型岩株状侵入体，岩体近乎筒状，出露面积 0.7km² 左右，轴向 NW。其岩石化学成分介于花岗闪长岩与英云闪长岩之间，主要由中长石、石英、角闪石、黑云母、磷灰石、钾长石等构成，亦有晚期暗色玢岩脉及细粒闪长岩脉侵入。

二) 矿床地质

矿床沿岩体与围岩接触部分分布，矿石约有 1/3 赋存于侵入体内，2/3 分布于浅变质围岩中。矿化明显受接触带控制。岩体内外有广泛的面型蚀变，明显受接触带控制。围岩蚀变的程度及蚀变矿物的空间分布均依接触带远近而规律变化。花岗闪长斑岩内蚀变的分带及浅变质岩的外蚀变带见表 5-1。

矿石类型为细脉状-细脉浸染型。主要矿物为黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿、方铅矿、闪锌矿、黝铜矿—砷黝铜矿、镜铁矿、斑铜矿、石英、硬石膏、碳酸盐等。矿床中分带现象明显，以斑岩接触带为中心的内外对称分带为主，以斑岩体力中心的环状带为次矿物分带特征是辉钼矿集中在接触带附近，向两侧含量减少，而代之以黄铜矿，再向外侧为镜铁矿、石膏等。矿石类型分带特征是：接触带附近为浸染型矿石，向两侧为细脉浸染型。外带则以细脉矿石为主。元素分带，以岩体为中心，向外 Ni、Co、Pb、Zn、Mn 增加。成矿温度，以斑岩与围岩

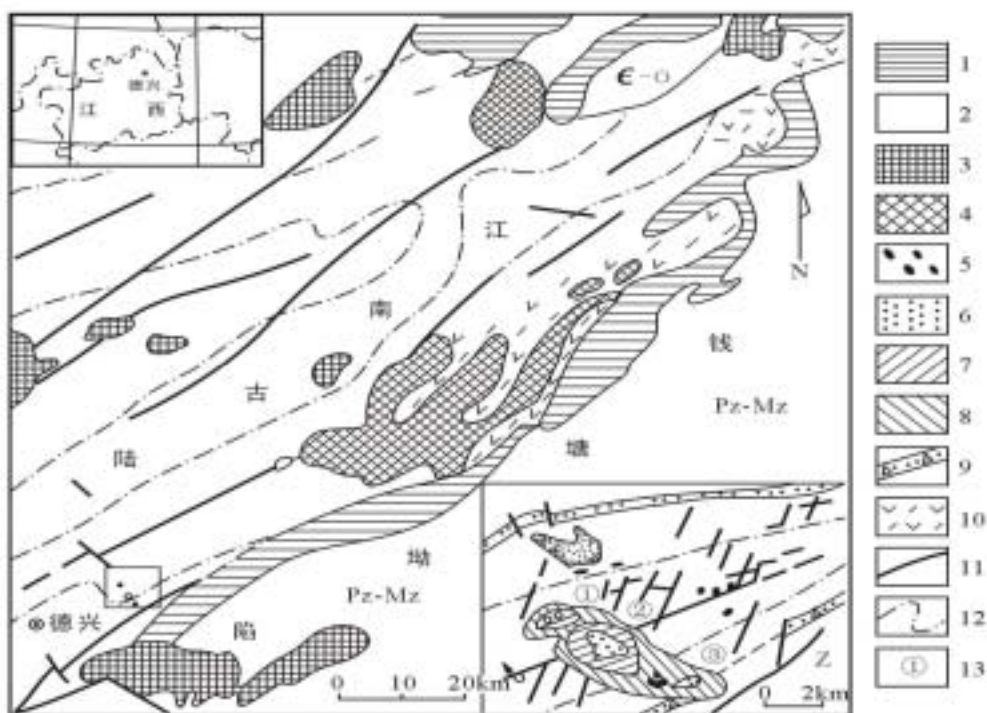


图 6-1 德兴铜矿区域地质略图

1. 震旦纪地层；2. 元古代双桥山群板岩、千枚岩、千枚状硬砂岩；3. 燕山期花岗岩；4. 元古代花岗岩；5. 基性、超基性岩；6. 德兴铜矿花岗闪长斑岩；7. 强蚀变带；8. 弱蚀变带；9. 冰碛层；10. 中、酸性火山岩；11. 断层；12. 岩性分组界线；13. 矿区编号； 朱矿红铜矿； 铜厂铜矿； 富家坞铜矿接触带为中心，向两侧温度由高到低。

表 6-1 德兴矿田花岗闪长斑岩和浅变质岩接触带附近的蚀变强度分带

蚀变带特点	蚀变强度	岩性变化
发育在花岗闪长斑岩中的内蚀变带	弱 ↓ 强	花岗闪长斑岩
		[钾长石化]-绿泥石化-伊利石-绢云母
		绿泥石化-伊利石-绢云母化-水云母-绢云母化
		硅化-绢云母化-白云母化
接触带		
发育在浅变质岩中的外蚀变带	强 ↓ 弱	硅化-(绢云母)-白云母化带
		(硅化)-(水云母-绢云母-绢云母化)
		(绢云母化)-伊利石-绢云母化-绿泥石化

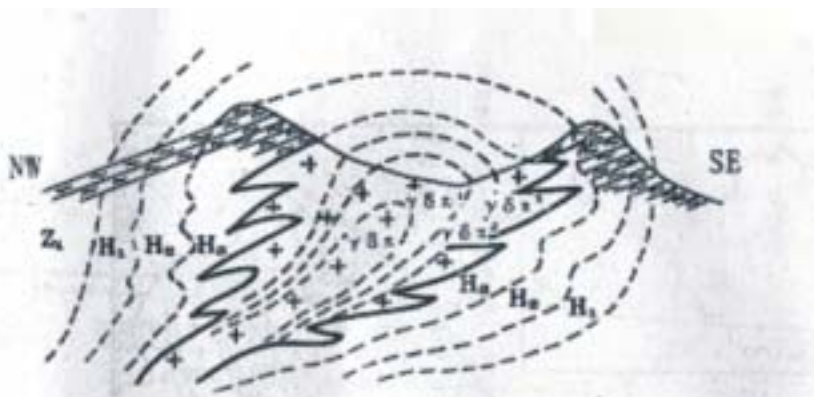


图 6 - 2 铜厂矿区蚀变带略图

Z1-下震旦系浅变质千枚岩；H3-石英绢云母岩；H2-绿泥石石英绢云母岩；H1-青盘岩化千枚岩；

3-石英绢云母化花岗闪长斑岩； 2-绿泥石石英绢云母化花岗闪长斑岩；

1-青盘岩化花岗闪长斑岩； -花岗闪长斑岩

三) 成矿过程和矿床成因

矿床形成过程大致分为两期、五个阶段。

(1)岩浆气液成矿期：出现钾长石化和黑云母化，伴有不均匀的黄铁矿化和黄铜矿化，形成温度：600-530℃，硫化物的 ^{34}S 1.34‰左右。

(2) 岩浆期后热液成矿期：

1) 硅酸盐-氧化物-硫化物阶段：主要有磁铁矿、赤铁矿、石英、绢云母-硬石膏等形成。

2) 石英-硫化物阶段：为主要成矿阶段：此阶段有大量硫化物形成，常见生成顺序为：黄铁矿-黄铜矿-辉钼矿-黝铜矿。脉石矿为石英、绢云母、绿泥石。

3) 金属硫化物-氧化物阶段：形成纯金属细脉，矿化特点是以裂隙充填的微脉及细脉为主。除硫化物细脉外，亦有镜铁矿细脉。

4) 碳酸盐-硫化物阶段：碳酸盐增多，并有铅锌硫化物及镜铁矿形成。

5) 硫酸盐-硫化物阶段：生成石膏-硬石膏和少量黄铜矿。

岩浆期后热液成矿期成矿温度在 360-160℃ 之间，大多数硫化物生成低于 280℃， ^{34}S 为 2-4‰居多。

德兴铜矿为典型斑岩铜矿。一般认为矿床成矿物质与侵入岩同源，英云闪长岩-花岗闪长岩岩浆提供大量成矿物质，伴随岩浆演化，成矿物质不断富集，最后在浅部形成工业矿体。在成矿作用过程中，加热地下水环流将围岩内某些矿质活化萃取，并成为矿物质部分来源。在矿床外围围岩中存在着铜的“负异常”环带，因此也有人认为矿质主要来自围岩。

四) 主要找矿标志

1. 斑岩标志

此类斑岩的特点是浅成侵入的小岩体，主体面积 $0.06-0.7\text{km}^2$ ，其浅部内接触带自变质作用强烈，深部外接触带热变质角岩化显著，斑岩主体总中粒斑状到中、粗粒似斑状结构，且为“杂”岩体。

暗色矿物含量较高(17%)，且某些暗色矿物单矿物含铜较高，如黑云母含铜可达 $62-500\text{ppm}$ ，角闪石含铜达 100ppm ，磁铁矿含铜高达 500ppm ，总的是 Cu、Mo、Ge、Pb、Be、Ag、Au、Ti、Ni 等微量元素丰度较高。

2. 围岩蚀变标志

对找矿有重要指示意义的蚀变类型有硅化、绿泥石化、绢云母化、白云母化等，弱蚀变岩带的退色和黄铁矿、镜铁矿化与方解石、绿泥石、绿帘石等往往呈细脉产出均为重要线索。围岩蚀变呈带状分布的特点，可作为找矿的有效标志。

3. 矿化标志

矿床边缘弱蚀变带内、外往往还有各种组合的矿化细脉如黄铜矿、黄铁矿、镜铁矿和铅锌硫化物等单矿物细脉，矿床外围有时出现黄铁矿大脉及含有硫化物的热液石英脉均有指示意义。

4. 次生氧化物标志

蚀变含矿斑岩的灰-黄白色退色现象，网脉状“红筋”(硫化物脉氧化淋滤的铁染现象)、“斑杂岩”的出现，及蜂窝状、胶状、铁帽、胆矾、孔雀石、蓝铜矿等次生矿物均是直接找矿标志。

5. 地球化学标志

化探的直接指示元素有 Cu、Mo(次要有 Au、Ag)，间接指示元素有 Pb、Zn、Mn、Be、As、Co、Bi、B 等。

(二) 江苏-梅山铁矿

一) 区域地质

梅山铁矿位于南京西南 10km 。属于宁芜断陷盆地北段。盆地内出露地层有三叠系、侏罗系、白垩系、第三系及第四系。侏罗-白垩系火山岩广泛分布于宁芜盆地中。这套火山岩自下而上分为龙王山、大王山、姑山和娘娘山四个喷发旋回，其中龙王山和大王山旋回是岩浆中基性向中性偏硷性方向演化阶段，形成于铁矿的主成矿期之前，姑山和娘娘山旋回是岩浆从中性向中酸性和碱性方向演化阶段，形成于铁矿的主成矿期后，可能与本区铜矿化有关，根据地质、物探资料的综合分析，构成盆地内部构造骨架的断裂主要为北北东-近南北向的纵向基底断裂和北向-近东西向的横向基底断裂，此外也有一些东西向的斜向断裂。这些断裂形成于燕山期，在喜马拉雅期仍有继承性活动。宁芜盆地是由北北东向长江挤压破碎带和方山-

南陵深断裂及北西向南京-湖熟深断裂、三山街-宣城深断裂为边界的呈北东向展布的菱形断陷盆地、侵入岩按其火山活动的关系，大致分为两类，一类为与本区火山活动密切有关的安山质-碱性次火山岩，另一类主要为辉长岩和花岗岩岩类，与火山活动有较远的亲缘关系。侵入岩暂时代为 135.1-99.7Ma。大王山组次火山岩侵入体同位素年龄为 125-120.1Ma。梅山矿区出露地层为大王山组，外围有姑山组地层出露。

二) 矿床地质

梅山铁矿为一隐伏矿床，产在次火山岩辉长闪长玢岩与黑云母辉石安山岩接触带附近，铁矿的形成与辉长闪长玢岩密切相关。岩体呈株状、出露面积约 0.6km²，岩石肉眼观察为灰绿-灰黑色，具块状、全晶质斑状结构。

矿体为巨大的透镜-囊状体，由块状富矿和浸染状贫矿组成，贫矿体一般位于富矿体之下，少数产于富矿体之中，控矿构造为鼻状穹窿形接触构造带，主矿体部分在黑云母辉石安山岩中，部分在辉长闪长玢岩中。矿石的基本矿物组合为石榴石-透辉石-磷灰石-磁铁矿。矿石矿物为磁铁矿，半假象赤铁矿，其次是假象赤铁矿，构造以块状构造为主，其次是角砾状、斑点状、竹叶状系斑杂状构造，一般上部以块状、角砾状构造为主，向深部以浸染状为主。围岩蚀变透辉石化、石榴子石化、钠柱石化、钠长石化、绿帘石化、绿泥石化，黄铁矿化、硅化、高岭土化、碳酸盐化等，蚀变分带明显，自下而上出现钠长石岩-钠柱石岩-透辉石岩-铁矿体-硅化高岭土化安山岩。蚀变多期多阶段性明显，早期形成钠长石、方柱石、透辉石、霓透辉石、钙铁榴石、磷灰石等，常与磁铁矿密切共生，晚期形成绿泥石、磷酸盐、水云母，石英，高岭石、沸石等，与黄铁矿形成时期相近，由于后期热液活动影响，早期形成的磁铁矿转变为假象赤铁矿、透辉石大都转变为碳酸盐，石榴子石转变为石英与碳酸盐，它们的集合体常保留石榴石

外形，形成所谓“斑点状矿石”，这些变化在矿体边部较明显。

磁铁矿单矿物 MgO 多在 0.25-2.01%，TiO₂ 0.10-0.94(最高达 2.79%)，V₂O₅ 0.23-0.39%，矿石中 $V_2O_5/TFe \times 100 = 0.17-0.4$ ， $TiO_2/TFe \times 100 = 0.45-1.13$ ，假象赤铁矿、半假象赤铁矿爆裂温度为 350-450℃，方解石 280℃左右，透辉石为 325℃以上。少数磁铁矿在 700℃以上“不爆裂”，说明其形成温度很高。

三) 矿床成因

梅山铁矿过去认为属于矽卡岩矿床，现在认为是与次火山密切相关的高温气液交代-充填矿及矿浆充填矿床，就总体而言，铁矿的形成与碱质交代作用过程中铁质的活化转移有关。在梅山-太山一带，未蚀变辉长闪长玢岩含铁是每立方米 158.6kg，含透辉石的钠长石岩岩含铁约为每平方米 67.8kg。每立方来迁出铁 89.6kg。根据蚀变岩石分布和含铁量变化粗略计算，可以认为这些矿区浸染状及细脉浸染状铁矿石含量与脉岩带出铁含量相当，即铁主要来自辉

长闪玢岩及安山岩。

对于一部分富铁矿石的成因,目前较多的研究者认为与矿浆充填作用有关,证据是:(1)致密块状矿石很少含透辉石、阳起石、磷灰石或石榴子石。(2)与围岩接触处界线明显。(3)铁矿石含有气孔,局部地段气孔密集,在较大气孔边缘,磁铁矿结晶较粗,气孔上部较大。(4)成矿温度很高,700℃不爆裂。上述情况表明梅山矿床成因十分复杂。

三、实验要点

1. 从地质图、剖面图及有关资料分析区域地质特点、成矿母岩及围岩、矿床及矿体赋存状态、形态及产状蚀变空间分布。

2. 从标本、光薄片研究中研究矿石组合、结构构造特点。

3. 参照有关资料综合分析矿床的成因(主要分析成矿物质来源、成矿温度等)。

4. 根据掌握的第一手资料建立成矿模式。

四、实验作业与思考

1. 以玢岩铁矿为例分析蚀变与矿化的关系。

2. 以德兴斑岩铜矿为例,讨论斑岩铜矿的蚀变分带特点。

实验七 沉积矿床

一、目的要求

1. 掌握沉积矿床的矿体形态和产状、矿物成分、矿石结构构造特点。
2. 分析矿床形成的地质环境和分布规律。

二、实验内容

(一) 湘潭锰矿

湘潭锰矿是我国主要的大型锰矿床之一；发现于 1918 年，次年开采过地表氧化矿。1953 年发现碳酸锰矿，之后进行了大量地质勘探工作，1967 年开采。目前已发展成为有 10 多个锰产品的采选冶大型联合企业。为延长矿山寿命，进一步扩大矿区远景。

一) 区域地质

矿区位于江南古陆南缘的中部活化地台区，地层由老到新有前震旦系、震旦系、寒武系、奥陶系、泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系、第三系、第四系，其中元古界板溪群地层大致呈东西向分布于中央、震旦系地层则环绕在板溪群的周边。北西、南西分布上古生代地层，第三系地层分布在东北及矿区南部，第四系冲积层和红土砾石层在各地层上部均有分布。

矿区位于扬子陆台东南缘中段，矿床受仙女山背斜控制，赋存于元古震旦统莲沱组上部含矿黑色页岩段内。区内矿段分鹤岭、水井、桑树坳、乌田、梁山桥、炭家仑、白衣庵、棠华、莲花山、花桥等。经过 30 多年的找矿评价仅鹤岭区(冷水冲-青山-黄丰寺-石冲)连续地段形成较好的矿体，其他地段未发现较好的矿体。这是由于，湘潭锰矿具有特殊的成矿地质条件，即海湾的封闭条件，锰质来源充分，有水下隆起等，除鹤岭区外，其他地区均不具此条件，只形成贫锰矿带，甚至相变为含锰灰岩或含锰硅质岩，区内褶皱，断裂构造很发育，有的甚至倒转。断裂主要为与第一期褶皱同方向的一些断层，其后是北西向的、错断褶皱的一系列断层，最后为位于矿区近东西向的逆掩断层，把老地层推覆到侏罗系之上，中间有一段被上白垩统不整合复盖，成为上白垩统下的隐伏断层。

矿体总体上受仙女山背斜控制，仙女山背斜在西南走向为北东向，中间转为近东西向，东北端再转为北东向。整个背斜被后期的一系列北北东向、北西向断层所错断。背斜两端上翘，形成船形褶皱。当中可能被一北西向断层分开，形成南北两个系统：南部系统由西北翼的周家湾-炭家仑和东南翼的白衣庵矿区组成；北部系统由冷水冲背向斜、青山-黄丰寺-石冲单斜、乌田向斜、桑树坳和水井向斜中的几个矿段组成；南东翼的棠华区矿件被错断后又为上白垩统覆盖，个别钻孔达 600 多米尚未控制到含矿岩系。

二) 矿床地质

矿床为沉积碳酸锰矿床，赋存于下震旦统含矿黑色页岩下部中间。底板为线理状黑色页岩，顶板为叶片状黑色页岩；主矿体为一层，层位稳定，产状与围岩一致：矿体与黑色页岩的厚度成正相关。黑色页岩厚度 $>20\text{m}$ 时，矿体厚度一般在 1.5m 以上，反之则 $<1.5\text{m}$ 。矿体厚度的变化受构造变动影响：褶皱核部厚度大，翼部变薄，甚至断失。主要为条带状矿石，原生矿石外表呈钢灰色，灰黑色不显条带的致密块体(常被误认为致密块状矿石)，受氧化后即可看出宽窄不一，黑、灰、白色相间，疏密程度不同，与层理平行的条带。其次为碎裂状矿石，系受构造影响所致，仍具条带状特征。含锰矿物为菱锰矿、锰方解石及少量钙菱锰矿。矿石品位一般在 17% 以上。总体上，矿石由北向南、由浅到深有变贫的趋势，但贫化不大，如青山段(17-31 线)平均品位为 22.34% ，石冲段(48-61 线)平均品位为 19.44% ，贫化率为 13% ，黄丰寺段(31-48 线)浅部平均品位为 22.15% ，深部评价区(40-52 线)为 19.99% ，贫化率为 10% 。

以下以鹤岭区(冷水冲-青山-黄丰寺-石冲)各矿段为例，说明矿床的产状和形态特征；该矿段是湘潭锰矿的主要矿体所在，矿体连续，为仙女山背斜北端西北翼中的一个单斜，实际上单斜中仍有次级背、向斜，冷水冲和石冲两端向上翘起，中间黄丰寺向下沉降，形成船形褶皱。主体走向北东，矿体由东北向西南厚度逐渐变薄，品位逐渐降低：由地表向深部也有类似变化；但变化幅度不大；未出现小于可采厚度和表外矿石，更未相变为含锰灰岩或硅质岩。勘探过程中出现的厚度小，品位低，甚至无矿乃构造影响所致。

矿区北缘有一近东西向的逆掩断层，把南部的板溪群和含矿系等老地层推覆到侏罗系之上，造成部分矿体缺失。该断层是前白垩纪形成的，所以白垩系出露处是隐伏断层，有钻孔证实。

从剖面上看，整个单斜层形成两个阶梯。第一阶梯的平台部分和陡坎部分已基本勘探完，陡坎部分矿柱被拉得很薄。甚至拉断而成无矿段。第二阶梯的平台部分在黄丰寺段亦已评价，但陡坎部分经两个 700 多米的钻孔只控制到含矿岩系，未打到矿体，估计矿体可能在 $800-1200\text{m}$ 的深部，至于是否有第三阶梯，则是更远的课题。

矿石矿物成分和结构构造：矿石矿物主要为菱锰矿，其次为锰方解石、含锰方解石、菱铁矿。脉石矿物有石英、高岭石，次生方解石、白云石、重晶石等。伴生有益组分为钒、镍、铜、钴，有害组分为硫、磷、铅、锌、砷等。

矿石一般具有细粒状、微细粒状、隐晶质胶结结构，部分具微粒状及似豆状结构。矿石构造为条带状、致密块状、互层状、破裂状。

三) 矿床成因分析

湘潭锰矿产于震旦纪海侵初期、海进层序底部。含锰黑色页岩组与大量硅质页岩、细粒碎屑岩(长石砂岩)伴生。因此可以认为锰矿属浅海相沉积，矿石的细粒、微细粒、微鲕粒结构

也证明是近海沉积的特征。微鲕粒结构及硅质页岩的存在还说明他们是胶体沉积物。锰矿的顶底板岩石为黑色页岩，并含有黄铁矿，说明锰的生成与有机质的作用也有密切的关系。有机质的存在，说明有机质(植物和菌类)大量繁殖在水流不畅的海湾中，逐渐死亡形成还原环境。因此锰矿系浅海湾还原条件下的胶体沉积矿床。

(二) 江西上饶朝阳磷矿

磷块岩主要用来制作磷肥，我国虽然磷矿资源丰富，但分布极不均匀，华东是缺磷区之一，因此在江西上饶朝阳找到大型沉积磷块岩矿床是很有意义的。

一) 区域地质概况

本区位于浙赣拗陷西南端，属浙西-贵溪磷矿带西南延续部分。本区地层出露齐全，从震旦系到第四系均有。区域构造主要呈现灵山-怀玉山褶皱带、信江盆地、武夷山褶皱带。

二) 矿床地质

矿区出露的地层主要为震旦系、寒武系、石炭系及第四系。含磷层位岩性剖面自上而下是：

	寒武系荷塘组	
	—————	平行不整合
	灯影组	
Z ₂	—————	整合
	陡山沱组	
Z ₁	南沱组	
	莲沱组	

灯影组是本区矿层，岩性主要是白云质灰岩、硅质灰岩、页岩、硅质页岩夹磷块岩条带。

区内褶皱主要有蔡家山倾伏背斜和冷水塘向斜，轴向都是北东东，且冷水塘向斜北翼即蔡家山背斜南翼。另外，断裂构造有北东东、北北东即北西三组，以北北东平移地层及逆断层为主。

矿层主要赋存于震旦系上统灯影组底部含锰灰岩之上，此处冷水塘向斜两翼及蔡家山背斜北翼局部地段，分北、中、南三个矿带。矿层产状北缓南陡、深缓浅陡，局部有倒转。

矿石类型有六种：条带状或薄层状硅质磷块岩，浅灰色具微粒结构，由硅质与胶磷矿组成互层；鲕粒状硅质磷块岩，灰色、块状构造，鲕状及微粒结构，鲕粒中心为硅质结合体，外为非晶质胶磷矿，北缘为炭磷灰石外壳；胶状硅质磷块岩；含磷粘土质页岩；细砂状磷块岩；角砾状硅质磷块岩。

矿层顶板为鲕状硅质岩或硅质灰岩(含 P₂O₅ 0.1-8.74%)，底板为含锰白云质灰岩、硅质灰岩及硅质岩(含 P₂O₅ 0.46-6.99%)。矿层夹石岩性基本与顶底板相同。

三) 矿床成因及找矿标志

朝阳磷矿为震旦系海洋沉积磷块岩矿床，出现于海侵岩系下部，即成矿环境为海湾相，海水由东往西逐渐加深，陆源物质往西南逐渐减少，碳酸盐成分则逐渐增多，磷块岩的厚度和品位也逐渐增大。在地层剖面中，磷块岩的出现与粘土质页岩-白云质灰岩-硅质灰岩沉积建造有关，并且与炭质、锰质关系密切。

三、实验要点

1. 从地质图中了解地层的分布、产状变化、火成岩分布以及所在的大地构造位置等，分析成矿层位、构造运动等特点。
2. 根据柱状图、剖面图、结合标本和光薄片，了解含矿岩系、矿体赋存层位特征。对柱状图进行对比，了解沉积厚度在纵向、横向的变化规律性(物质成分、结构构造、胶结物性质等)、分析海进海退情况、古地理环境及古气候特征，并进一步分析成矿物质来源、搬运方向及距离。
3. 从剖面图及柱状图了解矿体的产状、与上下岩系的接触关系、与地质构造的关系，了解岩系变化、矿体形状、大小、及沿走向、倾向的变化规律。

四、实验作业与思考

1. 以实验矿床为例，总结沉积矿床的一般特征及成矿条件。
2. 试分析湘潭锰矿的成矿古地理环境。
3. 试以朝阳磷矿为例讨论海相沉积矿床的成因。

实验八 变质矿床

一、目的要求

1. 掌握变质矿床的一般特征。了解变质矿床产出的地质条件，并分析其形成方式。
2. 学习对矿床成因的分析方法。

二、实验内容

(一) 弓长岭铁矿

弓长岭铁矿田是我国重要钢铁基地鞍山铁矿区重要组成部分，它由一、二、三矿区、老张岭、哑吧岭-八盘岭五个矿床和区段组成，本次实习主要为二矿区。

一) 区域地质

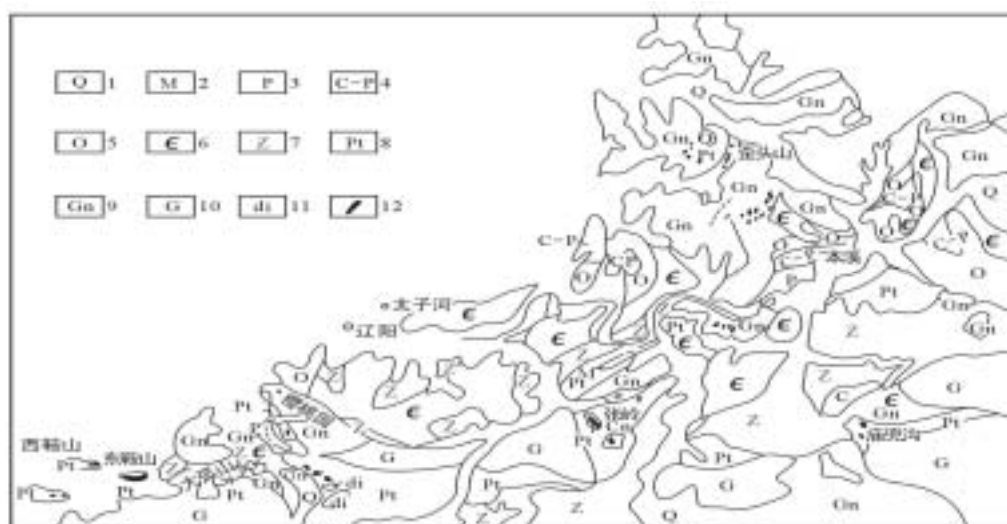


图 8-1 鞍山—本溪地区地质略图

1. 第四系 2. 中生界 3. 二叠系 4. 石炭—二叠系 5. 奥陶系 6. 寒武系 7. 震旦系
8. 前震旦系结晶片岩、千枚岩 9. 花岗片麻岩 10. 花岗岩 11. 闪绿岩 12. 铁矿床

矿区及其外围地层由太古代鞍山群和元古代辽河群组成，铁矿层赋存于太古代鞍山群中，该区总体上为一北西西嘎-南东东向斜，弓长岭即为含铁石英岩-角闪岩建造。此建造为角闪岩、斜长角闪岩或粘土质变粒岩、片岩组成，原岩可能为中基性火山岩或火山碎屑岩建造。铁矿

层即产于其中，含矿 3-6 层。该含铁建造在弓长岭二矿区层序岩性(自上至下)为：

上混合岩花岗岩 18 亿年

—————侵入交代接触—————

5. 上部片岩段(硅质层)

第六层铁矿(Fe_6)	50-60m
上斜长角闪岩层	6-22m
第五层铁矿(Fe_5)	10-15m
下斜长角闪岩层	10-40m
第四层铁矿(Fe_4)	10m

4. 上含铁段

3. 中部标志段 以黑云母变粒岩为主,夹第三层铁矿(Fe_3 厚 3-5m,为条带状磁铁石英岩),总厚度 60-100m

第二层铁矿(Fe_2)	2-27m
中部夹层	2-20m
第一层铁矿(Fe_1)	2-16m
下部片岩层	23-360m

2. 下含铁层

1. 角闪岩层 2-150m

中鞍山群烟龙山组

—————侵入交代接触—————

下混合岩: 20 亿年

二矿区为一单斜构造,倾向北东 60° - 80° ,主干断裂(带)为一大体与地层平行的冲断裂(带),由上、下两条平行断裂组成,为混合岩化热液活动通道,并控制矿区内热液蚀变带及富铁矿的分布。

二) 矿床地质

矿体多呈层状、似层状、透镜状,其产状与围岩一致,总长 4000-5000m 剖面上呈陡倾单斜延深 1000m,其中富矿体呈似层状、脉状、柱状分布,共有铁矿六层,而富矿体主要产于第六层铁矿中。

第六层铁矿是主要矿层,可延续 4800m,厚 50-60m,其中富铁矿体产状与贫铁矿层一致,均呈似层状向上变薄,往深部增厚。延长近 2000m,厚数米至数千米;矿体围岩主要为斜长角闪岩。

矿石矿物:主要为石英、磁铁矿、假象赤铁矿、赤铁矿;次为铁闪石或普通角闪石。富铁矿层成分与此相同,但氧化铁矿物更多,脉石矿物相对减少,并以含较多磁黄铁矿、黄铜矿为特征。

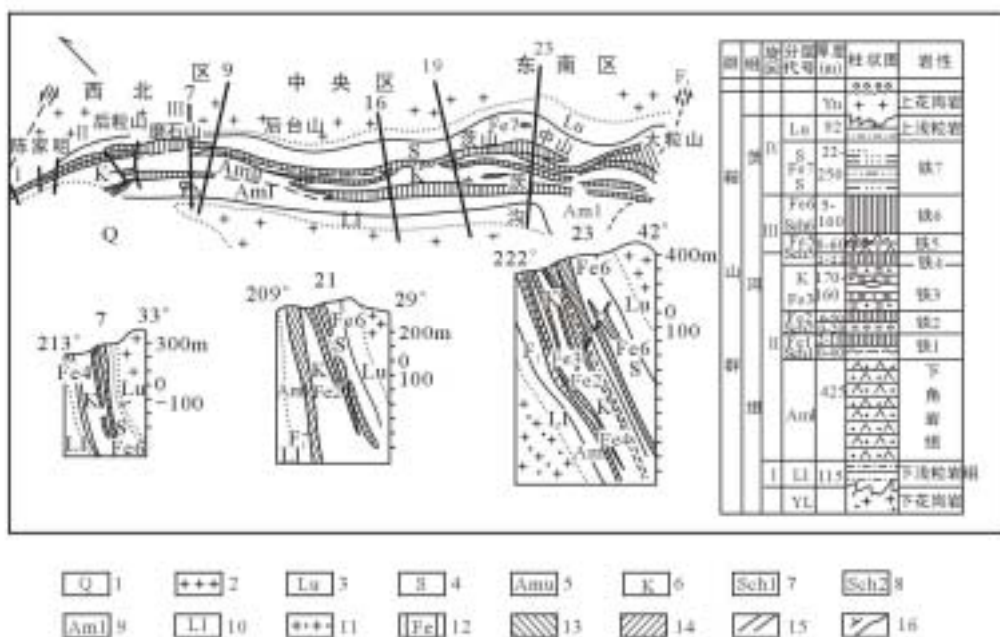


图 8-2 弓长岭铁矿二矿区地质图

- 1.第四系 2.麻峪花岗岩 3.上浅粒岩 4.硅质层 5.上角闪岩 6.黑云变粒岩 7.铁1片岩组
8.铁2片岩组 9.下角闪岩 10.下浅粒岩 11.弓长岭花岗岩 12.磁铁矿声能 13.赤铁矿
层 14.矿体 15.断层 16.地质界线及产状

矿区平均 TFe 38.84%，SiO₂ 46.33%

高炉富矿 TFe 52.53%，SiO₂ 19.53%

平炉富矿 TFe 62.27%，SiO₂ 7.75%

富铁矿体与贫铁矿体中磁铁矿成因不同,反映在粒度、³⁴S 值及化学成分上有明显差别。如富矿中磁铁矿粒度为 0.5-1mm，³⁴S(‰)3.02-14.11，K₂O 0.02-0.06%，Na₂O 0.13-0.23%；而贫矿中磁铁矿粒度 0.01-0.03mm，³⁴S(‰)0.32-0.19，K₂O 0.21%，Na₂O 0.08%。

贫铁矿石普遍为磁石英岩，具条带状、条纹状构造，并以细条带(条带宽 1-3mm)和条纹状构造为主；富铁矿石一般呈致密块状和细条纹、微条纹状。

矿石结构普遍具细粒至微粒状变晶结构，磁铁矿多呈半自形或它形变晶，石英多为它形，粒度为 0.03-0.6mm。

富矿体近矿围岩有明显蚀变，最常见为绿泥石化、镁铁闪石化、石榴石化、绢云母化等，且一般从富矿体一侧向外作带状发育：由铁镁闪石-石榴石化-绿泥石化。蚀变带宽十几米至几十米，化学成分变化自富矿体向外，Fe 含量显著下降，SiO₂ 显著上升，Ca、Mg 成分逐渐增多。

三) 矿床成因

本区贫铁矿属火山沉积变质型。即矿床中硅铁质主要来源于中、基性火山喷出物，在海底以化学沉积方式富集成矿，后经区域变质改造而形成磁铁石英岩。根据富铁矿均产于含铁石英岩贫矿断裂中，并见有交代贫矿残余体和穿插贫铁矿及其周围普遍具围岩蚀变等现象，应属热液交代作用产物。但热液来源有岩浆热液、变质热液和混合岩化热液等多种推论，目前多趋于后者，因为富矿均产于混合岩化含铁建造的贫矿体中；富矿蚀变围岩与混合岩同位素年龄值相同，均为 18-20 亿年；附近震旦纪底砾岩见有富铁矿砾石，而矿区内及附近未发现侵入体。

三、实验要点

1. 对弓长岭变质矿床，应根据有关图件，研究区域地层及构造等，用地层对比法恢复原岩层位。

2. 对弓长岭变质矿床，仔细观察变质作用的痕迹和热液活动对变质作用的影响，进而分析成矿物质的来源。同时应注意变质矿床的形成包括两个阶段：先是沉积岩石或原生矿床和同生矿床的形成，尔后经过变质作用形成新的矿床，因此必须对其产状和岩石的组合关系、残留结构、残留矿物及残留构造等进行研究。

3. 综合课堂提供的各种图件与资料，仔细观察、分析矿石的物质成分、结构构造、矿石类型及蚀变特点等，综合分析、讨论矿床的成因。

四、实验作业与思考

1. 以弓长岭铁矿为例，试述鞍山式铁矿床的基本特征。

实验九 层控矿床

一、目的要求

1. 掌握层控矿床的基本特征，熟悉实验矿床的成矿地质特点。
2. 学习对矿床成因的分析方法。

二、实验内容

(一) 内蒙白云鄂博稀土—铁矿床

白云鄂博矿床是当今世界上最大的铈-稀土-铁矿床，铁矿石储量约 6 亿吨，轻稀土储量居世界首位。东西长 16km，南北宽 1-1.6km，地表矿体近 20 个，主要由东矿、主矿和西矿三个矿区组成，段续出现，近东西向延伸。除铈、稀土、铁外，磷灰石、萤石、重晶石以及金属铈和钕等也可综合利用。自 1927 年丁道衡先生发现了这个矿床之后，许多中外地质学者进行过调查研究工作，解放后经大量的勘探、开采开发，积累了丰富的地质成果。

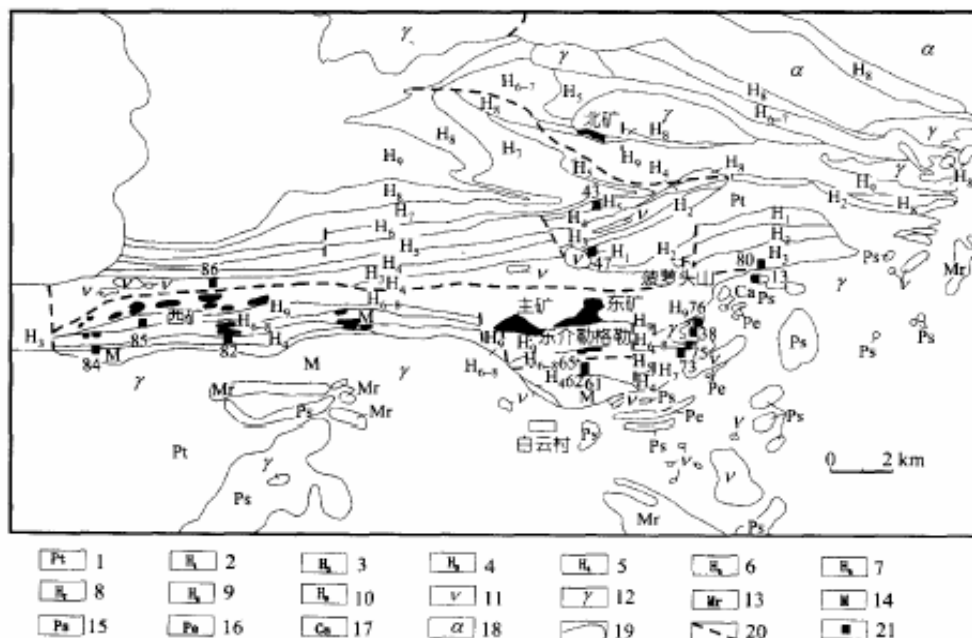
一) 区域地质

大地构造位置属于华北地台向内蒙古地槽过渡地带。区域出露的最老地层在矿区东南 20km 的黑脑包一带，分别相当于五台群的二道洼群和桑干群的乌拉山群，前者属一套深变质的斜长角闪片麻岩(夹磁铁石英岩、绿色片岩、石英岩等)，同位素年龄约 18.2-23.6 亿年(K-Ar 年龄也有 16.67-23.52 亿年的数据)；后者由角闪斜长片麻岩(夹磁铁石英岩)、大理岩等组成；其同位素年龄大于 24 亿年。元古界白云鄂博群不整合于二道洼群之上，分布于海流图-白云鄂博-达茂一带，呈东西向展布，为一紧密复式向斜构造。地层总厚约三千米，地层层序划分见表 9-1。

自上而下分三个岩组九个岩性段，主要为石英岩、板岩、千枚岩、白云质大理岩、结晶白云岩等海相沉积浅变质岩系组成。矿床即主要赋存在第三岩性组第八岩性段中，另外，在矿区北 15km 进入蒙古地槽，出露石炭纪地层。

矿区范围褶皱及断裂均发育，重要构造标志是一向西倾伏的复式宽沟背斜，背斜两翼各有紧密的复式向斜构造。矿床即主要位于背斜南翼的向斜构造内，由东向西依次为东矿、主矿、西矿三区，背斜北翼仅有一个北矿区。除此之外，断裂构造系统主要有近东西向、北北西及北北东向三组，多为矿前构造。

矿区及其外围海西期岩体大面积出露，主要为黑云母花岗岩，其次为花岗闪长岩、闪长岩、辉长闪长岩、斜长花岗岩脉或小岩株。黑云母花岗岩类为灰色、中粒、略具斑状，主要由石英、条纹长石、微斜长石、更长石、黑云母、磁铁矿、锆英石等组成。



		H7	30-200	白云岩、变长石石英砂岩、钙质云母片岩互层，岩性岩相变化大	289	变石英砂岩，硅质灰岩互层，含透镜状白云岩
		H6	70-230	变中粒钙质长石石英砂岩夹石英岩暗色板岩和透镜状白云岩	139	变质含砾钙质长石石英砂岩夹钙质板岩，薄层灰岩
	第二岩组	H5	>130	暗色炭质板岩夹炭质粉砂岩和石英岩	369	暗色炭质板岩夹薄层石英岩，透镜状白云岩
		H4	145	变质中细粒含长石石英砂岩夹炭质板岩	349	变中粒含长石石英砂岩夹炭质和变中粗粒石英砂岩，底部含砾石
	第一岩组	H3	>38	炭质板岩夹炭质粉砂岩，云母片岩和薄层石英岩	240	炭质板岩夹红色板岩和变石英砂岩
		H2	50-75	中粒石英岩，变中粒石英砂岩		变中粒石英砂岩
		H1	40-150	变含粒，粗粒长石石英砂岩，底部为混合岩	187	变含粒粗长石石英砂岩夹砾石层，炭质板岩和透镜状灰岩，底部为混合岩

。

矿石矿物成分极复杂，矿区已查明 71 种元素，120 多种矿物。铁矿石主要为磁铁矿、赤铁矿、假象赤铁矿、磁赤铁矿极针铁矿、褐铁矿、菱铁矿。稀土、铌矿物共有 20 余种，主要是氟碳铈矿、独居石、铌铁矿、易解石、黄绿石、黄河矿、包头矿、钛铁金红石、碳酸铈钠矿、褐铈钠矿、褐铈铌矿、中华铈矿等，以轻稀土为主，重稀土含量少。除此以外，伴生矿物也种类繁多，如铁白云石、萤石、磷灰石、硬锰矿、钛铁矿等等。矿石结构构造呈块状、稠密浸染状、浸染状、层纹状、团块状和脉状。

矿床内主要发育钠、氟及钾交代作用。钠交代岩石呈浅绿-兰黑色，有钠闪石化、钠辉石化、钠长石化、霓石化、氟交代岩石呈紫色和黑紫色，主要为萤石化，钾交代主要有云母化、金云母化。碳酸盐化也可见到。

三) 矿床成因

该矿床成因众说纷纭，主要有以下几种观点：1)矿液来源于碱性花岗岩，称“特种气化-高温热液矿床”；2)据矿床富含铌及稀土，产于碳酸盐岩石中，称岩浆碳酸岩型矿床；3)据同位素等方面特征，认为该矿床属火山成因，元古代时期，成矿元素主要通过裂谷带内沿断裂出现的火山喷气作用沉淀，给大量的稀土、铌和铁以及挥发分在此时从地幔带上来，到加里东及海西期，稀土元素成矿方式以气体-热液交代作用为主；4)多数人认为铁矿与围岩应时

同生沉积的产物，后经变质作用和碱性花岗岩侵入，含矿热液交代叠加而成的铈、稀土、铁矿床，应属层控矿床。现就对该矿床成矿物质来源、沉积环境及构造运动和岩浆侵入对含矿白云岩的构造作用等几个方面作简要分析：

1. 成矿物质来源问题

矿区位于地台和地槽的过渡地带，南部太古界的片麻岩广泛分布，且在其中分布有较多的富含稀土矿物的伟晶岩脉，白云鄂博群不整合于其上。说明太古代时期，该区为隆起区，经受风化剥蚀；元古代时期，该区接受沉积，形成富含铈、稀土、铁的碳酸盐沉积。据同位素年龄测定，富含铈、稀土的伟晶岩形成时代为 18 亿年，而含矿白云岩为 14 亿年，铈族和钇族稀土的比值均为 $Ce > Y$ ，也可以从侧面证实成矿物质来源于南部蚀源区。

2. 沉积环境问题

在区内出露地层入手，不难看出太古代末期的五台运动对本区有一定影响，宽沟背斜已成雏形，吕梁运动本区总体下降，但宽沟背斜相对连续上升，由原来的浅海相碎屑沉积逐步周边为海湾、泻湖沉积(碳酸盐相)，主要形成泥质白云岩，在同时夹杂有藻灰结核白云岩和泥质成分夹层，反映了水体介质混浊，属浑水、浅水性质。从白云岩中发育的多种原生沉积构造(微波状层理、水平状纹理、包卷层理、条带状构造等)也反映以潮汐作用为主，以及波浪作用较弱的低能浅水潮坪沉积环境。而宽沟以北，灰岩分布广泛，厚度稳定，陆源碎屑磨圆度好(当含量高时，即过渡微石英砂岩)等特征，说明宽沟以北为潮间-潮下滨海-浅海湾沉积环境。

含矿岩系是镁质碳酸盐为特征的蒸发岩类组合，从分布上看东西长 18.5km，南北宽 6km，厚度、岩相变化大，是地壳相对稳定、沉积速度缓慢、动能条件较弱的封闭、半封闭环境的泻湖特征。因此，我们可以认为镁质碳酸盐沉积的早期，宽沟南北可能相通，沉积了矿物组分简单的白云岩和铁白云岩；白云岩层沉积的中后期，宽沟大断裂活动加剧，北盘上升，南盘不断下拗，形成宽沟隆起，造成封闭、半封闭环境，由潮坪沉积演化为泻湖沉积。来自南部蚀源区的铁、稀土等元素，受控于泻湖内沉积，形成复杂的白云岩层矿物组合(白云岩、铁白云岩、磁铁矿、磷灰石、重晶石、萤石、独居石、以及稀土矿物、铁的硫化物、菱镁矿、钠闪石等)。特别应该指出的铈稀土矿物均匀地分布于白云岩中，据对含稀土独居石年龄测定为 15 亿年，与白云岩形成时间相当，说明其形成的时间的一致性。

此外，对白云岩中有机碳含量分析，其值为 0.007-0.2%(生油层为 0.1%)，以及白云岩中含蓝绿藻的藻灰结核、孢子丝状体、细菌形状体等的确定，也说明为闭塞海湾所形成的。

3. 构造运动和岩浆侵入对含矿白云岩的构造

含矿白云岩形成之后，由于吕梁运动的影响，区域变质作用使白云岩重结晶，稀土和磷以独居石形式产出，铁则以铁白云石、菱镁矿、赤铁矿、磁铁矿等的形式出现。

海西运动所伴随的岩浆活动，在本区表现为花岗岩的侵入，它对围岩进行交代和充填。岩浆的热力，使分散于白云岩重稀土活化转移、重新富集、或由于宽沟断裂带的再次活动，

来自深部地层的含稀土卤水，即可以沿再次张开的宽沟断裂带上升，并在含矿岩系中的裂隙系统充填、交代、造成稀土矿脉呈脉状、团块状、云朵状产出。

三、实验要点

1. 对白云鄂博稀土—铁矿床矿床，应根据有关图件，研究区域地层及构造等，用地层对比法恢复原岩层位。

2. 综合课堂提供的各种图件与资料，仔细观察、分析矿石的物质成分、结构构造、矿石类型及蚀变特点等，综合分析、讨论矿床的成因机理。

四、实验作业与思考

2. 以实验矿床-白云鄂博矿床为例，总结层控矿床的一般特征。

3. 讨论白云鄂博稀土-铁矿床的成因。

附录 I：矿床实验室图件集

1. 1) 大道尔吉超基性岩体构造图
1. 2) 大道尔吉铬、铁矿物共生组合
1. 3) 大道尔吉矿体图
1. 4) 大道尔吉矿体成分图
1. 5) 大道尔吉化学成分、岩相平面图
2. 1) 金川区域地质图
2. 2) 金川 - 矿区主要矿体埋藏深度及空间分布示意图
2. 3) 金川 - 剖面图
3. 1) 天皮山地质图
3. 2) 天皮山矿区剖面图
3. 3) 天皮山矿区 4 号脉中段平面图
4. 1) 新疆阿尔泰含稀有金属花岗伟晶岩脉地质平面图
5. 1) 西华山-漂塘地区区域地质略图
5. 2) 西华山矿田地质略图
5. 3) 漂塘钨锡矿区地质略图

- 5.4) 漂塘地区地质略图
- 5.5) 漂塘矿区地质平面图
- 5.6) 漂塘钨矿区各地层的分布
- 5.7) 漂塘钨锡矿区 0、7 号勘探线剖面图
- 5.8) 漂塘岩体矿物成分
- 5.9) 钨矿化花岗岩化学成分
- 5.10) 漂塘-西华山钨矿带示意图
- 5.11) 漂塘钨矿矿化阶段特征综合表
- 5.12) 西华山钨矿矿田四次汽化热液期成矿特征
- 5.13) 钨矿五层楼形态示意图
- 6.1) 桃林矿区区域地质图
- 6.2) 桃林铅锌矿地质略图
- 7.1) 锡矿山区地质图
- 7.2) 湖南锡矿山铋矿田综合地质图
- 7.3) 锡矿山略图
- 7.4) 锡矿山矿物生成顺序图
- 8.1) 德兴铜矿田区域地质图
- 8.2) 德兴铜矿田地质略图
- 8.3) 德兴铜厂矿区外围构造体系图
- 8.4) 铜厂矿区纵剖面示意图
- 8.5) 德兴铜厂岩体矿体形态图
- 8.6) 德兴铜厂矿区地质构造图
- 8.7) 铜厂-殊砂红热液蚀变空间发育概况
- 8.8) 德兴铜矿 55m 水平切面图
- 8.9) 银山矿区矿体垂直纵投影图
- 9.1) 江苏梅山铁矿地质平面图
- 9.2) 宁芜中段地质构造图
- 9.3) 宁芜盆地岩相分布图
- 9.4) 宁芜地质构造图
- 9.5) 梅山铁矿成矿阶段及矿物生成顺序图

- 9 . 6) 梅山铁矿 - 剖面图
- 9 . 7) 宁芜玢岩铁矿成矿温度图
- 10 . 1) 湘潭锰矿区域地质图
- 10 . 2) 湘潭锰矿勘探工程分布图
- 11 . 1) 朝阳磷矿床区域地质示意图
- 11 . 2) 朝阳磷矿矿区地质略图
- 11 . 3) 朝阳磷矿矿区地形地质图
- 11 . 4) 朝阳磷矿地质图
- 12 . 1) 内蒙白云鄂博铁矿地质图
- 12 . 2) 内蒙白云鄂博断陷盆地剖面图
- 12 . 3) 内蒙白云鄂博地区地质图
- 12 . 4) 内蒙白云鄂博 22、30 号线剖面图
- 12 . 5) 内蒙白云鄂博地层柱状图
- 12 . 6) 内蒙白云鄂博矿区矿物表
- 12 . 7) 内蒙白云鄂博碳酸盐对比表
- 13 . 1) 辽宁弓长岭地质略图
- 13 . 2) 弓长岭二矿区黄铁矿的硫同位素形成
- 14 . 1) 大冶铁矿地质略图
- 14 . 2) 大冶铁山矿区地质图
- 14 . 3) 接触带中矿体的产状
- 14 . 4) 矽卡岩的形成过程
- 14 . 5) 主要矽卡岩矿床的对比表

附录 II：主要矿石质量要求（据一般矿产工业指标参考资料）

矿种	矿石类型		边界品位 (%)	工业品位 (%)	最低可采厚度(m)	夹石剔除厚度(m)	备 注	
Fe	平炉富矿	赤铁矿	>50%	>55	>1.0—0.5	>1—2	有害杂质平均允许含量(%) S<0.15, P<0.15, SiO ₂ <12, Cu、Pb、Zn、Sn、As<0.04；	
		磁铁矿						
	高炉富矿	磁铁矿	>40	>45	>1.0—0.5	>1—2	S<0.3 P<0.25	Pb<0.1 Zn<0.1—0.2 As<0.07
		赤铁矿 假象赤铁矿						
		褐铁矿	>35	>40	>1.0—0.5	>1—2	S<0.3 P<0.25	Cu<0.2
		菱铁矿						
		自熔矿石	>28	>35	>1.0—0.5	>1—2	S<0.2 P<0.2	Sn<0.08
	贫矿	磁铁矿	20	30	>1—2	>1—2		
		赤铁矿	25	30—35	>1—2	>1—2		
		褐铁矿	20	30	>1—2	>1—2		
		菱铁矿	18	25	>1—2	>1—2		
Mn	氧化锰矿（富）		>25	>30	0.5	>0.3	SiO ₂ <25, Mn: Fe 4—8	
	碳酸锰矿（富）		>20	>25	0.5	>0.3	SiO ₂ <25, Mn: Fe 4—8	
	铁锰矿			>15	0.5	>0.3	SiO ₂ 35, Fe+Mn 30	
	氧化锰矿（贫）		>10-15	>20	0.5	>0.3	SiO ₂ 35;	
	碳酸锰矿（贫）		>8-10	>15	0.5	>0.3	SiO ₂ 35	
Cr	铬铁矿	富	20—25	35—45	0.8—1.3	2—3	品位计算 Cr ₂ O ₃	
		贫	8	10—12	0.8—1.3	2—3		
Ti	含金红石的榴辉岩和石英脉厚生矿床			TiO ₂ 3-4%				
	原生钛磁铁矿床			TiO ₂ > 8—10%				
	金红石原生矿			TiO ₂ 3—4%				
	金红石砂矿			矿物 2kg/m ³				

含钛铁矿砂矿		矿物 15—30 kg/m ³			
钒的单独矿床		V205 0.5—0.7			
含钒钛磁铁矿		V205 0.25—0.3			
大型沉积铁矿中		V205 0.1			
硫化镍	0.2	>0.3	0.8—1.2	2—3	
硅酸镍	0.5—0.8	>1	0.8—1.2	2—3	
硫化矿	0.02	0.03			
钴土矿	0.3	0.5	0.3—1		
原生钨矿		W030.1	0.2—1	2—3	
砂矿中钨矿		W030.2— 0.03			
氧化钨矿		W030.05			
辉钼矿	>0.03	>0.06	1—2	2—4	
原生锡矿床	0.1	0.2	0.8—1	2	
砂锡矿床	100— 150g/m ³	>200g/m ³	0.5—1	1—2	
辉铋矿		0.5			
硫化矿	0.3—0.5	>0.5	0.8—1.3	2—3	
氧化矿	0.5—0.7	1.0—1.5	0.8—1.3	2—3	
硫化矿	0.3—0.5	0.7—1.0	0.8—1.3	2	
氧化矿	0.5—0.7	1.0—1.5	0.8—1.3	2	
硫化矿	0.5—0.8	1—2	0.5	>2	
氧化矿	2	3	1	>2	
辰砂	0.04—0.06	>0.08		2	

	辉铋矿	0.7	1.5		2—4	
	原生金矿	3g/T	5g/T			储量大于 500kg 时
	砂金矿	0.1— 0.15g/m3	0.2— 0.3g/m3			
	伴生在 Pb-Zn 矿 中		10—20g/T			
	超基性岩中的	> 1g/T	1.5—3g/T			
	铜-镍矿床中	0.1g/m3	0.2g/T			
	砂铂矿	0.1g/m3	0.2— 0.3g/m3			
	含铌伟晶岩		0.01—0.02			
	含铌砂矿		矿物 20—30g/m3			
	原生矿		0.02—0.3			Nb2O5
	砂矿		30—50g/m3			矿物
	含绿柱石伟晶岩		矿物 1— 2kg/T			
	云英岩和石英脉					
	含绿柱石花岗岩		矿物 1— 2kg/T			
	矿石类型	边界品位 (%)	工业品位 (%)	最低可采厚 度(m)	夹石剔除厚 度(m)	备 注
	含锂辉石伟晶岩		矿物 10— 15kg/T			
	含锂卤水		Li Cl 300— 500mg/L			
	含锆石砂 岩和硷性岩		ZrO2 5—10			
	锆石砂矿		矿物 3— 5kg/m3			
	锆石砂矿		矿物 0.5— 1kg/m3			
	含铯光卤石盐湖 矿床		Cs2O 0.01			

铷锂云母伟晶岩		Rb200.05— 0.1			
铷光卤石盐湖矿床		Rb200.03			
含铈铁矿床		Ce2050.5— 1%			白云鄂博式铁矿床
独居石砂矿		矿物 0.5— 1kg/m3			
天青石	矿物 40	矿物 60	1		矿床规模要求 1-2 万吨
单铀矿床综合矿床	U0.03	U0.05 0.01—0.02	0.7	0.7	
磷灰岩	P205 8	P20512—18	0.7—1.5	0.7—1.5	级 P205 30% 级 P20518—30%
黄铁矿	S 8	S 12	1	1	有害组分的最大允许含量 Pb+Zn 1%; F 0.03—0.05; As 0.07— 0.5; C < 1%
盐湖钾盐	KCl 2	固体 7 卤水 2	(富矿 >12)0.3 (贫矿 7-12)0.5	0.5	
盐湖固体盐		NaCl 50	0.3		级 86%; 级 71—85%; 级 50—70%
岩盐		NaCl 20—30			级 86%; 级 61—85%; 级 30—60%
石膏及硬石膏		>85	0.7—1		
明矾石	20	30	2	1	
制碱用石灰岩		CaCO3 90	1	1	FeO+AlO 3 - 4 MgCO3 2 - 3 SiO2 < 1
制尼龙用		CaCO3 98—96			Mg<1%; SiO2<1%; Fe2O3+ Al2O3<1%; P 0.05%; S 0.1%
BaSO4	BaSO410	BaSO438	0.25—1	2—2.5	
萤石		>95—98			
石棉	AA— 级 0.40	AA— 级 1	0.5—1		石棉分级 AA 级纤维长>18mm, 级 0.7mm

	工业原料云母	1kg/m ³	4kg/m ³	1	1	依工业原料云母含矿率
	压电石英		1.5—3g/m ³			
	金刚石	1.5mg/m ³	2mg/m ³	0.6		
	硼镁石	B2031%	B2035%	1	1	
	硼镁铁矿	B2031%	B2035%	1	1	
	盐湖硼矿	固体: 1.5% 卤水: 400mg/L	2% 1000mg/L	0.3	0.6	
	鳞片状石墨	2.5%	<3%	2	1.8	
	隐晶质石墨		65—80			
	滑石	30	50	1—1.5	1	
	菱镁矿		38—46			MgO 含量

附录 III 主要矿产规模要求（据《矿产工业要求参考手册》）

矿种	计算单位	大型	中型	小型	备注
铁矿	矿石 亿吨	>1	0.1—1	<0.1	
富铁矿	矿石 亿吨	>0.2	0.02—0.2	<0.02	
锰矿	矿石 亿吨	>1000	100—1000	<100	
铬矿	矿石 万吨	>100	10—100	<10	
钛矿	TiO ₂ 万吨	>10	5—10	<5	
钒	V ₂ O ₅ 万吨	>50	5—50	<5	
镍	Ni 万吨	>5	1—5	<1	
钴	Co 万吨	>2	0.1—2	<0.1	
钨	WO ₃ 万吨	>4	0.5—4	<0.5	
锡	Sn 万吨	>4	0.4—4	<0.5	
钼	Mo 万吨	>5	0.5—5	<0.5	
铋	Bi 万吨	>4	0.5—4	<0.5	
铜	Cu 万吨	>50	5—50	<5	
铅	Pb 万吨	>50	5—50	<5	
锌	Zn 万吨	>50	5—50	<5	
汞	Hg 万吨	>0.1	0.02—0.1	<0.02	
锑	Sb 万吨	>10	1—10	<1	
铝	矿石 万吨	>1000	100—1000	<100	
金	Au 吨	>10	1—10	<1	
银	Ag 吨	>100	10—100	<10	
钽	Ta ₂ O ₅ 吨	>500	100—500	<100	
铌	Nb ₂ O ₅ 吨	5000	500—5000	<500	
铍	BeO 万吨	>1000	100—1000	<100	
锆	ZrO ₂ 千吨	>5	1—5	<1	
锂	Li 矿物 千吨	>10	1—10	<1	以氧化物或矿物还可以氯化物计算储量。
镉	Cd 吨	>1000	200—1000	<200	
稀土(钪组)	千吨	>10	1—10	<1	
(钇组)	吨	>200	50—200	<50	
锆	天青石 万吨	>10	5—10	<5	
磷灰岩	万吨	>5000	500—5000	<500	
硫铁矿	S 万吨	>1000	100—1000	<100	
石膏	万吨	>1000	100—1000	<100	

岩盐卤水		亿吨	>1	0.5—1	<0.5	
钾盐		万吨	>1000	100—1000	<100	
明矾		万吨	>5000	1000—5000	<1000	
砷	As	万吨	>1	0.1—1	<0.1	
重晶石		万吨	>50	10—50	<10	
钾长石		万吨	>100	10—100	<10	
云母		万吨	>0.5	0.02—0.5	<0.02	
温石棉		万吨	>100	10—100	<10	
闪石棉		万吨	>5	0.5—5	<0.5	
菱镁矿		亿吨	>1	0.5—1	<0.5	
硼	B ₂ O ₃	万吨	>10	1—10	<1	
萤石		万吨	>50	5—50	<5	
耐火粘土		万吨	>1500	100—1500	<100	
滑石		万吨	>50	10—50	<10	
高岭土		万吨	>1000	30—100	<30	
石墨		万吨	>20	100—1000	<100	
压电石英		吨	>100	5—20	<5	
金刚石		万克拉		50—100	<50	

目 录

- 1、 核科学概论—教材 11 页
- 2、 空间 γ 场的弹性变化—专著 10 页
- 3、 地球物理勘查实验——实验指导书 190 页