

# 第四章 伟晶岩矿床

## 第一节 伟晶岩矿床及其地质特征

- 一、伟晶岩与伟晶岩矿床
- 二、伟晶岩矿床的地质特征

## 第二节 伟晶岩矿床的形成条件及成矿作用

- 一、伟晶岩矿床的形成条件
- 二、伟晶岩矿床的成因

## 第三节 伟晶岩矿床的主要类型

- 一、稀有金属伟晶岩矿床
- 二、白云母伟晶岩矿床
- 三、水晶伟晶岩矿床
- 四、长石伟晶岩矿床

# 一、伟晶岩与伟晶岩矿床

## 第一节

## 伟晶岩矿床及其地质特征

- n 伟晶岩是指由特别粗大的矿物晶体所组成，具有一定的内部结构、构造特征，常呈规则或不规则岩墙、岩脉或凸镜状产出的地质体。
- n 伟晶岩矿床若伟晶岩中的有用矿物或金属元素富集达到工业要求时，便构成了伟晶岩矿床（pegmatite ore deposits）。
  - 岩浆伟晶岩——自然界中的各种火成岩均可形成相应的伟晶岩，但最具工业价值、分布最广的伟晶岩是花岗伟晶岩，其次是碱性伟晶岩，其他伟晶岩一般不具有工业价值。
  - 变质伟晶岩——是变质作用达到高级阶段，发生伟晶岩化作用的产物

# 一、伟晶岩与伟晶岩矿床

n 伟晶岩的巨大矿物晶体往往是良好的非金属原料，其中也常常发生稀有元素的高度富集。因此，伟晶岩矿床有着特殊的工业意义，

- 某些稀有元素和稀土元素矿产的重要来源，
- 有些伟晶岩矿床中的U、Th以及Sn、W等也很重要，
- 长石、石英和云母等则是本类矿床中的主要矿产。
- 在一些伟晶岩矿床中还产出许多宝石类矿物，如黄玉、水晶、绿柱石、电气石等。

# (一) 伟晶岩的形态、产状及规模

n 形态——伟晶岩的形态复杂，产状多样。伟晶岩通常可发育脉状、透镜状、囊状、筒状、网状及不规则状等多种形态（图4-1），其中以各种规则或不规则的脉状占主导地位。

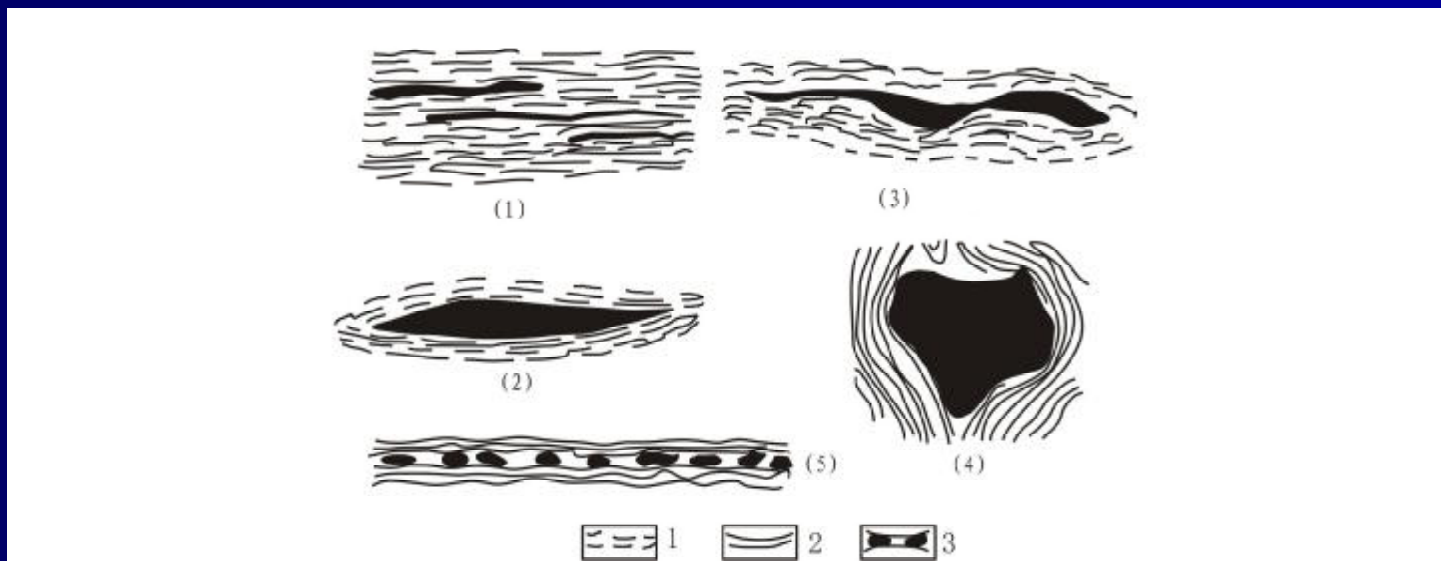


图 4-1 伟晶岩的几种常见形态示意图（转引自袁见齐等，1985）

1-片岩；2-板岩；3-伟晶岩体；（1）规则的脉状；（2）透镜状；（3）不规则脉状；（4）囊状体；（5）串珠状脉群

# (一) 伟晶岩的形态、产状及规模

n 产状——伟晶岩脉在走向和倾向上可以膨大、收缩，也可呈雁行排列和尖灭再现现象（图4-2）。

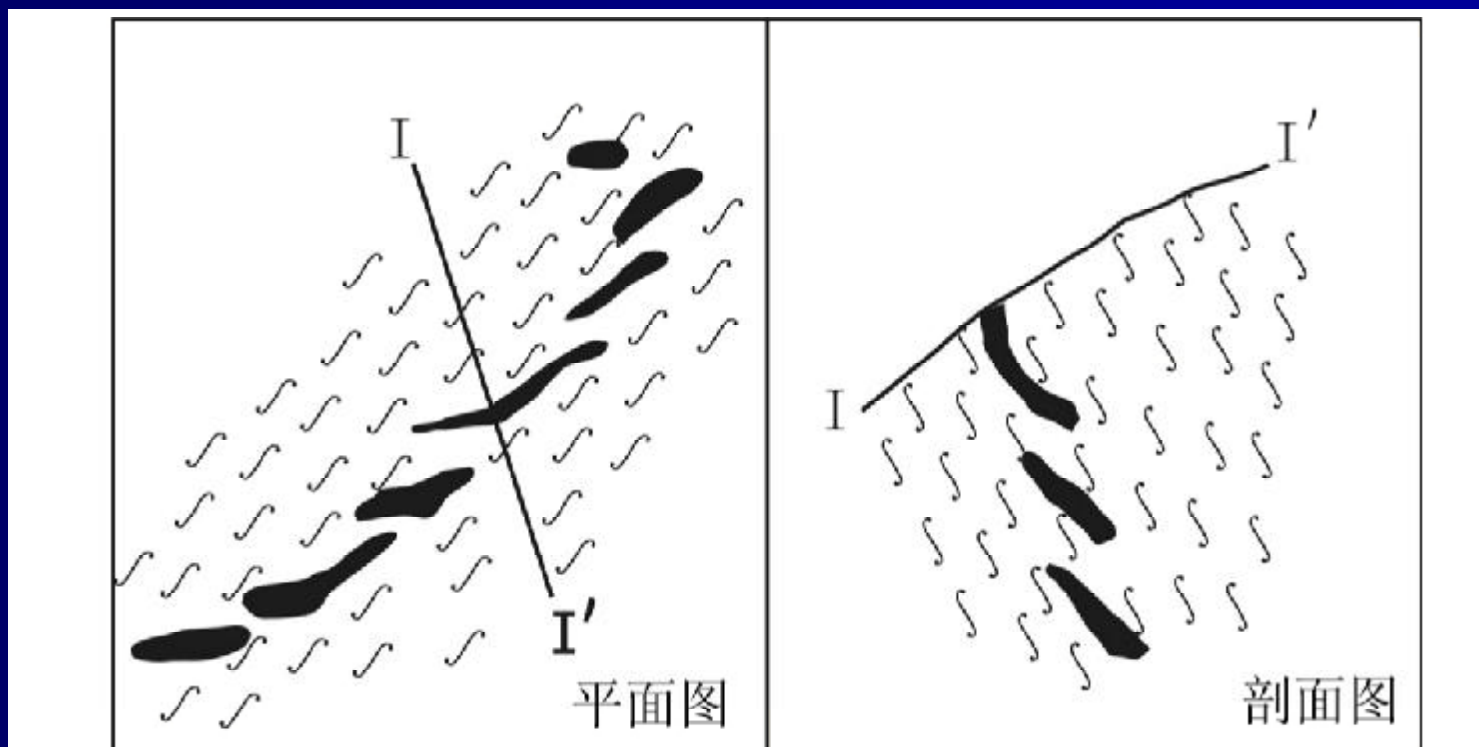


图 4-2 侧列状伟晶岩示意图（转引自胡受奚等，1981）

## (一) 伟晶岩的形态、产状及规模

- n 产状——伟晶岩既可与围岩产状一致，也可切割围岩，产状有陡有缓。陡倾斜或直立的岩体，一般是左右对称的，矿化富集在脉的上部或顶部，特别是脉体的膨大部分。而缓倾斜的伟晶岩体，上下可以不完全对称，矿化多富集在脉体的上部。据不完全统计，在板状伟晶岩中，倾角在 $45^{\circ}$ ~ $90^{\circ}$ 之间的，对稀有金属矿化富集最为有利。
- n 规模——有工业价值的伟晶岩大小差别很大，长由几米变化到几百米，甚至2000m以上，但以20~300m居多；厚度由几厘米变化到几十米，甚至达300m，以0.5~30m为主；延深通常由几十到几百米。伟晶岩脉在三维空间上的延长并无一定的对应关系，地表又长又厚的伟晶岩脉并不一定延深就大，反之亦然。

## (二) 伟晶岩矿床的物质组成

### n 1. 化学成分

- 伟晶岩矿床中至少集中了40种以上的化学元素，主要是氧和亲氧元素Si、Al、Na、K、Ca等，其次为稀有、分散、稀土和放射性元素Li、Be、Nb、Ta、Cs、Rb、Zr、Hf、La、Ce、U、Th等。此外，W、Sn、Mo等金属元素和F、B、Cl、P等挥发份含量也较高。
- 稀有、稀土和放射性元素，在伟晶岩中常常高度富集，其含量可以超过克拉克值的几倍、几十倍、几百甚至几千倍。例如，Li和Be的克拉克值分别是0.0021%和0.00013%，而在伟晶岩矿床中含量可分别达1%~2%和1%，大约富集了476~952倍和7692多倍。

## (二) 伟晶岩矿床的物质组成

n 2. 矿物成分，由于伟晶岩中化学成分多样性，因而伟晶岩中的矿物成分也是丰富多彩的。据统计，伟晶岩中矿物种类在300种以上，主要包括：

- (1) 硅酸盐矿物：石英（包括水晶）、长石（斜长石、微斜长石、正长石）、云母（白云母、黑云母）、霞石和辉石等，其中长石、石英和云母常构成伟晶岩的主体部分。
- (2) 稀有和放射性矿物。
- (3) 稀土元素矿物：独居石、磷钇矿、褐帘石等。
- (4) 其他金属矿物：锡石、黑钨矿、辉钼矿、磁铁矿和钛铁矿等。
- (5) 含挥发分矿物：萤石、电气石、黄玉、磷灰石等。



## (二) 伟晶岩矿床的物质组成

- n 花岗伟晶岩的化学成分和矿物成分与有关的花岗岩基本一致。
- n 习惯上将单纯由长石、石英、云母组成的伟晶岩称为简单伟晶岩；
- n 而含有Li、Be、Nb、Ta等稀有元素矿化的伟晶岩不仅矿物成分复杂，而且交代现象也十分明显和普遍，因此称为复杂伟晶岩，其往往是在简单伟晶岩基础上发展起来的。

## （三）伟晶岩（矿床）的结构和构造

### n 1. 伟晶岩的结构

— 矿物晶体粗大是伟晶岩有别于其他岩脉的重要特征之一，它常可比花岗岩中同种矿物大几倍、几十倍，甚至几千倍，因此巨晶结构（伟晶结构）是伟晶岩所特有的结构。

n 例如，伟晶岩中已知最大的微斜长石重达100t，绿柱石达320t，铌钽铁矿达300kg，锂辉石晶体长达14m，黑云母面积达7m<sup>2</sup>，白云母达32m<sup>2</sup>。

n 伟晶岩的粒度划分与一般的侵入岩不同，有其独特的标准：细粒为0.5~2cm，中粒为2~5cm，粗粒为5~15cm，块状体为大于15cm。

# （三）伟晶岩（矿床）的结构和构造

## n 1. 伟晶岩的结构

- 除伟晶结构外，在不同类型的伟晶岩中，常常发育一些共同的结构，常见的有细粒伟晶花岗结构、文象结构和似文象结构、粒状结构、文粒结构等。
- 各种交代结构也广泛发育，如溶蚀结构和交代残余结构等。花岗伟晶岩的特征结构是文象结构，这是区别伟晶岩与似伟晶岩的重要标志。

# (三) 伟晶岩 (矿床) 的结构和构造

## n 2. 伟晶岩的构造

— 伟晶岩的内部构造也比较复杂，伟晶岩矿床中，特别是早期碱交代发育完全的伟晶岩中，带状构造是最主要和常见的。

— 具体表现为沿岩体的走向和倾向，由伟晶岩不同结构的部分组成的条带，呈有规律的带状分布。发育完好的带状构造，从伟晶岩的边缘到中心，一般可分为如下四个带（图4-3）：

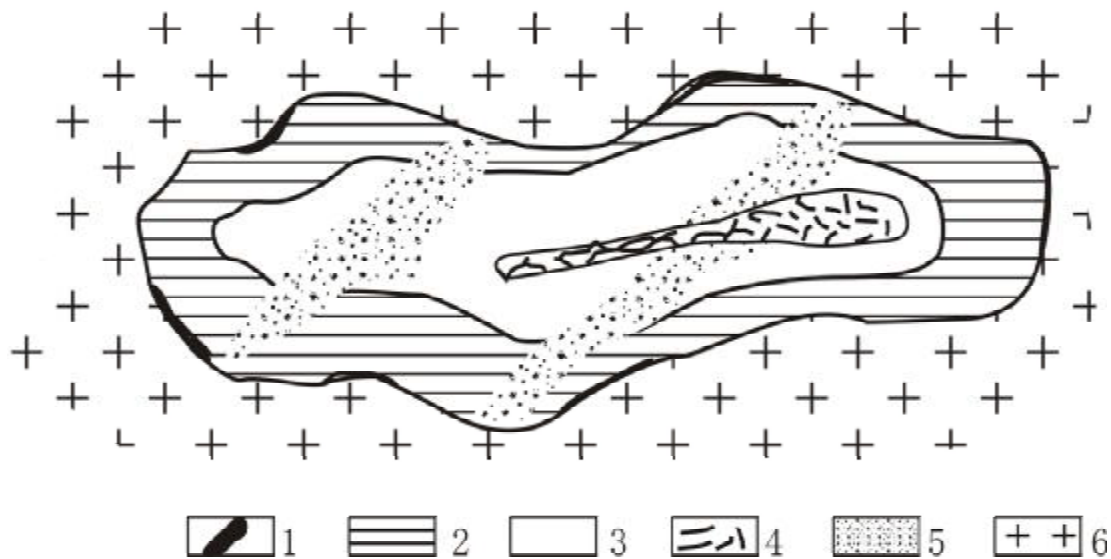


图 4-3 伟晶岩体带状构造示意图 (转引自袁见齐等, 1985 )

1-边缘带; 2-外侧带; 3-中间带; 4-内核; 5-裂隙充填和交代; 6-

花岗岩

### (三) 伟晶岩 (矿床) 的结构和构造

n 从伟晶岩的边缘到中心，一般可分为如下四个带 (图4-3)：

- 边缘带：伟晶岩边部与围岩接触带，由细粒结构的石英和长石组成；
- 外侧带：由文象结构及粗粒结构的长石、石英和云母组成，有时可出现绿柱石；
- 中间带：呈粗粒结构和伟晶结构，除长石、石英、云母外，出现大量的稀有、放射性、稀土元素矿物，且交代作用发育，是伟晶岩矿床产出的主要部位；
- 内核：由石英块体或石英和锂辉石块体组成；

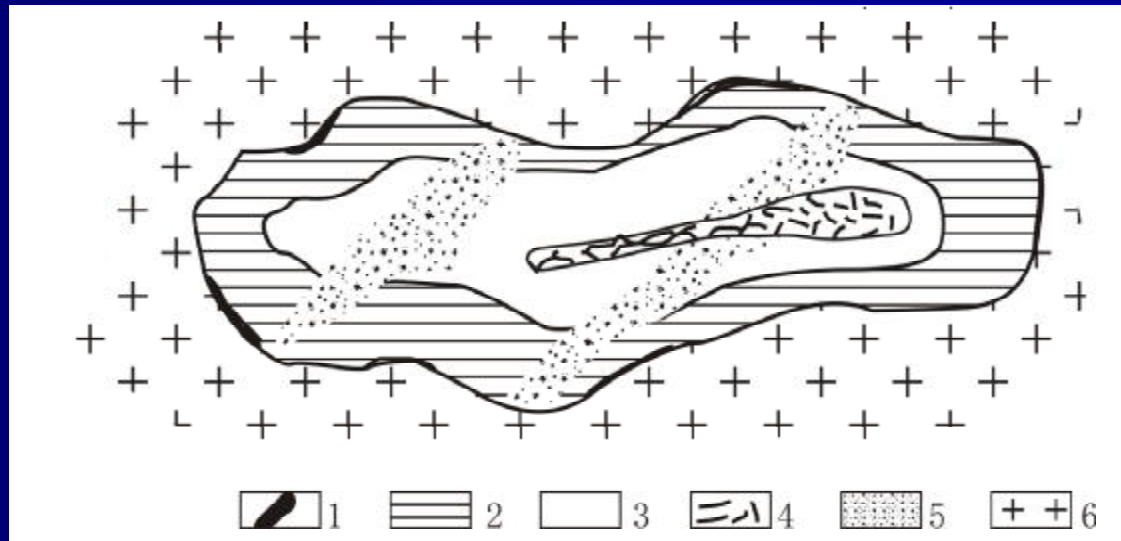


图 4-3 伟晶岩体带状构造示意图 (转引自袁见齐等, 1985 )

1-边缘带; 2-外侧带; 3-中间带; 4-内核; 5-裂隙充填和交代; 6-

花岗岩

# （一）形成温度和压力（深度）

## n 1. 温度

- 边缘带细晶岩的形成温度为1000℃左右；
- 中间带的细粒、中粗粒及块体的形成温度为800~500℃；
- 晶洞矿物的形成温度可降至160℃或更低；
- 各种交代矿物（钠长石化、白云母化、云英岩化、锂云母化、石榴石化等）的形成温度为500~200℃。
- 伟晶岩形成温度的范围较大，约为1000~160℃之间，其主体部分则约形成于700~200℃之间，稀有金属矿化主要发生于500~300℃之间。
- 在伟晶岩形成过程中，从边缘到中心，矿物的形成温度是逐渐降低的。

# (一) 形成温度和压力 (深度)

## n 2. 压力 (深度)

- 伟晶岩形成时的压力，根据B.施马京的实验资料，开始时可能达到800~500Mpa，结束时降至200~100Mpa。
- 绝大部分伟晶岩形成深度均较大，特别是花岗伟晶岩，即它们在相当大的压力条件下形成的。理论和实践都证实，花岗伟晶岩产于3~9km，有的可能更深些。
  - n 这是因为只有在相当大的压力下，挥发性组分才能保留在岩浆中，形成伟晶岩，否则，这些挥发性组分在超临界温度下发生沸腾、气化和外逸，不利于伟晶岩形成。
  - n 另外，较大的深度可使热量散失缓慢，从而有利于体系长时间结晶作用进行。

# （一）形成温度和压力（深度）

## n 2. 压力（深度）

– 证明伟晶岩形成深度很大的地质资料很多：

- n ①伟晶岩均出露于那些在地质历史上经受过长期强烈上升或剥蚀的地区；
- n ②与伟晶岩伴生的往往是角闪岩相，甚至是麻粒岩相变质岩；
- n ③与伟晶岩有关的花岗岩均属深成岩相；
- n ④伟晶岩形成时代大多较老，多属古生代或前古生代，中生代伟晶岩多不典型；
- n ⑤伟晶岩地区一般不伴生同时代的角砾岩。



# （一）形成温度和压力（深度）

## n 2. 压力（深度）

– 按伟晶岩矿床的形成深度可以分出4个伟晶岩相：

n （1）较小深度的水晶伟晶岩相，深度为1.5~3km；

n （2）中等深度的稀有金属伟晶岩相，深度为3.5~7km；

n （3）较大深度的云母伟晶岩相，深度从7~8km到10~11km；

n （4）极深的陶瓷原料伟晶岩相，形成深度超过10~11km。

## (二) 挥发性组分的作用

n 水、氟、氯、硼、二氧化碳、磷等挥发性组份的存在和数量的多寡，对形成伟晶岩矿床有十分重要的意义。

- 首先，挥发性组分能降低岩浆的粘度和矿物的结晶温度（含水1%能降低熔点30~50℃），延缓结晶时间，有利于形成巨大的矿物晶体和良好的带状构造。
- 其次，挥发性组分可与稀有元素等结合形成易溶化合物，随着温度的下降和挥发性组分的增加，稀有元素在伟晶岩形成作用的后期得到高度富集，并逐渐转入气水热液并发生交代作用，从而形成丰富的稀有元素矿物。
- 另外，挥发性组分具有高的热容，所携带的热量也大，因此有利于长期、缓慢的结晶。

### (三) 岩浆岩条件

- n 与花岗伟晶岩矿床有成因联系的花岗岩多呈岩基状产出，出露面积可达数百平方公里。通常情况下，花岗岩体愈大，伟晶岩脉数量越多，构成的伟晶岩区规模愈大。
- n 不同类型的伟晶岩矿床，总是与一定深度相的花岗岩类有关。例如，
  - 水晶伟晶岩矿床在成因上是与浅成的花岗岩类侵入体有关；
  - 而稀有金属伟晶岩矿床则是与中深成的花岗岩类侵入体有关，它们是有关岩浆分异的最后产物。

# (三) 岩浆岩条件

n 空间上，伟晶岩可产于母岩侵入体的顶部和边部，也可分布在母岩附近的沉积-变质岩中（图 4-4）。

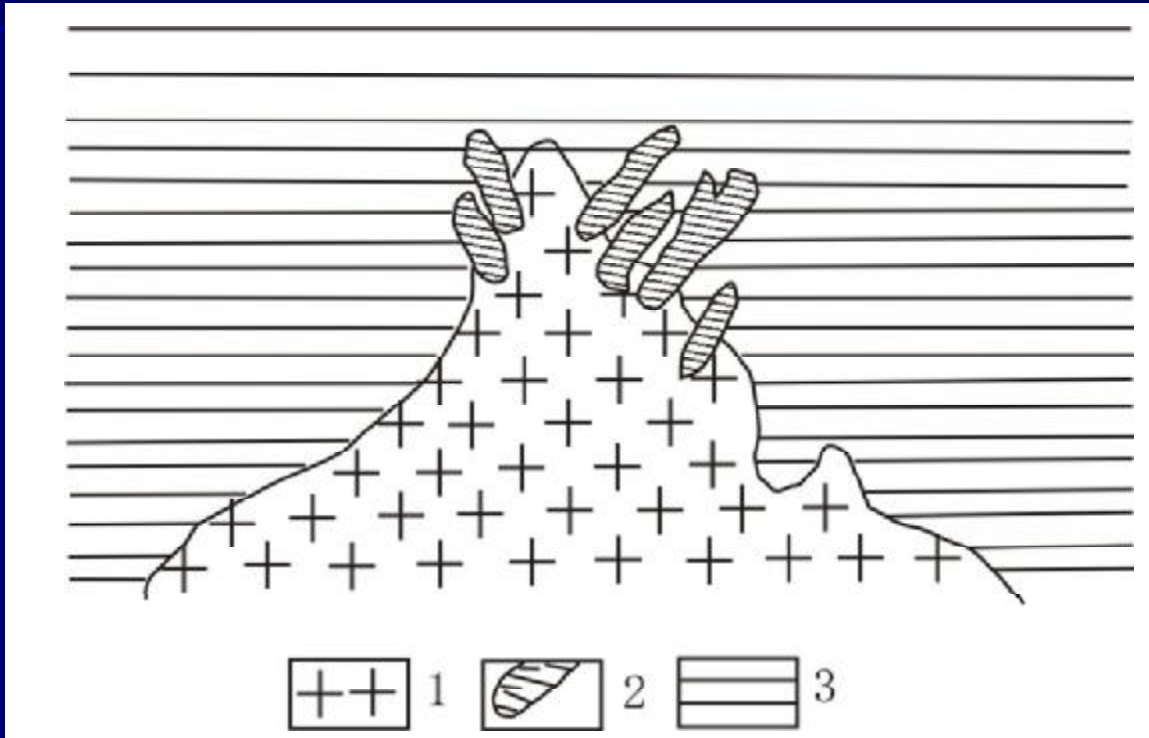


图 4-4 花岗伟晶岩产状示意图

1-花岗岩； 2-伟晶岩； 3-片岩

# (三) 岩浆岩条件

n 在一些地区的伟晶岩矿田中，经常可见不同类型的伟晶岩围绕花岗岩体呈带状分布，这种带状分布从花岗岩到围岩方向表现为（图4-5）：

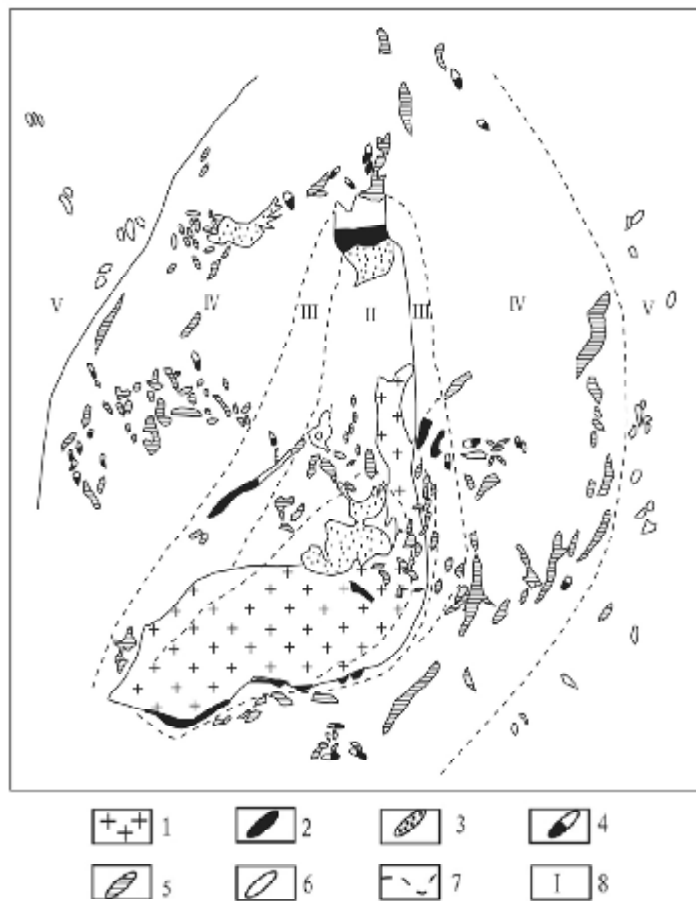


图 4-5 四川某地不同类型伟晶岩空间分布示意图

（据地质科学院矿产所稀有组，1975）

1-二云母花岗岩；2-微斜长石型伟晶岩；3-微斜长石钠长石型伟晶岩；4-钠长石型伟晶岩；5-钠长石锂辉石型伟晶岩；6-钠长石钾云母型伟晶岩，7-类型分带线，8-类型分带编号

## (四) 围岩条件

- n 伟晶岩矿床往往产于区域变质作用较发育地区，所以伟晶岩矿床的围岩往往是各类片岩、片麻岩等，此外还有粗粒花岗岩，少量产在镁铁质和超镁铁质岩石中。在未经变质的沉积盖层以及火山岩中，伟晶岩比较少见。
- n 围岩条件对伟晶岩矿床的影响主要表现在2个方面：
  - 一是由于围岩的物理性质影响裂隙的性质及其发育程度，因而也影响到伟晶岩的形态，如在片岩化的围岩中易形成板状伟晶岩，在片麻岩和花岗岩质岩石中常形成透镜状和柱状伟晶岩。
  - 另一是围岩的成分对伟晶岩中某些元素的分散和富集也有一定影响，如围岩为灰岩时，可使伟晶岩中的锂富集，形成大量锂辉石；围岩是角闪岩、黑云母片岩、镁铁质岩等含镁岩石时，由于镁和锂的地球化学性质相似，易于发生类质同象置换，使部分锂分散到围岩中，而引起伟晶岩中锂的贫化。

## (五) 地质构造条件

伟晶岩

伟晶岩的分布、伟晶岩带的分布、伟晶岩田的分布、伟晶岩脉的分布

- n 地质构造对伟晶岩的分布具有明显的控制作用。大量资料表明，花岗伟晶岩主要分布在褶皱带内、地台边缘的区域断裂带附近或不同构造单元结合部位。
- n 伟晶岩带——沿着区域性断裂带，伟晶岩带延伸常达数十、数百甚至数千公里以上，宽度往往只有数公里到十几公里。
- n 伟晶岩区（田）——伟晶岩带内的一些地段伟晶岩密集，密集的地段有人称为伟晶岩区或伟晶岩田。伟晶岩区（田）内的伟晶岩和其相邻的花岗岩体大都来源于同一岩浆源，是岩浆演化不同阶段的产物。伟晶岩区（田）常受背斜轴部、地层接触带、断裂带等构造控制。
- n 伟晶岩脉——伟晶岩区（田）内的伟晶岩脉的分布常受各种断裂、裂隙等次一级构造的控制。

# (一) 岩浆伟晶岩矿床成因

- n 由岩浆作用形成伟晶岩的假说较多，归纳起来主要有如下3种不同观点：
  - 1. 岩浆结晶观点——以费尔斯曼、尼格里、弗拉索夫等为代表。他们认为，在高温、高压下，挥发性组分能无限溶解于岩浆中，因此在岩浆结晶末期，形成富含挥发组分的岩浆，缓慢冷却而结晶形成伟晶岩。
  - 2. 热液交代观点——赞成这一观点的以查瓦里斯基和尼基京为代表。花岗伟晶岩矿床的具体形成过程分为2个阶段：
    - n 第一阶段为母岩再结晶阶段。第二阶段为交代作用阶段。
  - 3. 岩浆结晶与热液交代兼容的观点——这一观点以美国地质学家琼斯、赫斯、舍列尔等为代表。他们认为伟晶岩形成的过程可以分为2个独立的阶段：
    - n 首先是岩浆阶段，第二阶段是交代阶段



# (一) 岩浆伟晶岩矿床成因

表 4-1 关于岩浆伟晶岩矿床成因观点的对比

成因观点	残余岩浆的作用	交代作用的意义	溶液的来源	系统的封闭程度	挥发分在岩浆中的溶解度
残余岩浆结晶	决定性的作用	辅助性作用	伟晶岩体系内部	封闭的	无限的溶解
残余岩浆结晶与热液交代	考虑其作用	起重要作用	深处	开始半开放, 后来全开放	未研究
热液交代	否定其作用	起决定性作用	伟晶岩内或深处	从封闭到半开放到开放	有限的溶解

## (二) 变质伟晶岩的成因

- n 变质成因的伟晶岩大多与前寒武纪变质杂岩有关。它是由超变质的深熔作用或选择重熔作用形成的一种深熔流体，随着挥发组分的聚集，对固态岩石发生重结晶作用及交代作用，或沿构造裂隙贯入而形成伟晶岩脉。
- n 众所周知，稀土伟晶岩是产在水分压较小的麻粒岩相或角闪岩相下部；白云母伟晶岩产于水分压较大的角闪岩相的十字石-蓝晶石亚相中；而稀有金属伟晶岩则产于角闪岩相的低级岩相或绿片岩相中；压电石英伟晶岩则产于绿片岩相中。伟晶岩的成分与变质相的相应关系，是变质伟晶岩的主要特征之一。

# 第三节 伟晶岩矿床的主要类型

- n 1、稀有金属伟晶岩矿床——是锂、铍、铌、钽等矿床的重要类型。
  - 新疆阿尔泰稀有金属伟晶岩矿床
  - 河南官坡稀有金属伟晶岩矿床
- n 2、白云母伟晶岩矿床——
  - 内蒙古土贵乌拉白云母矿床
- n 3、水晶伟晶岩矿床
- n 4、长石伟晶岩矿床

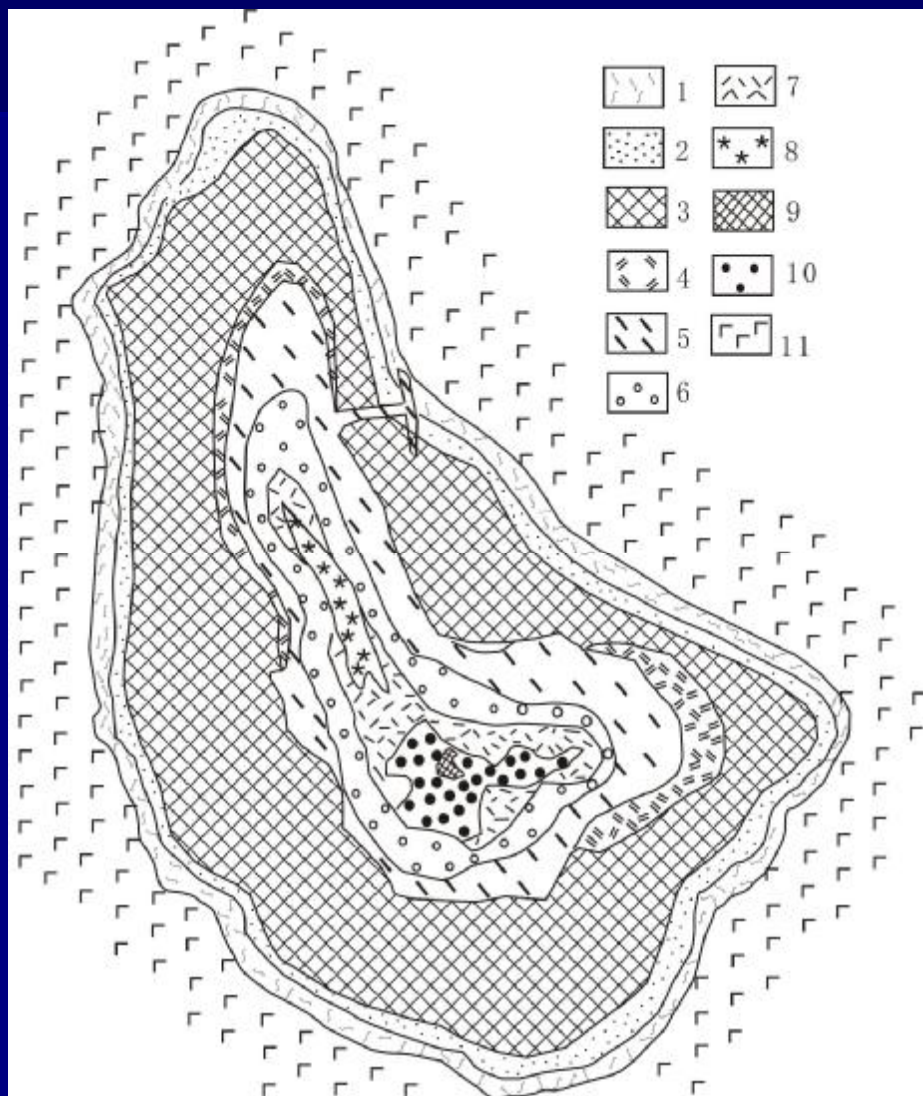
# 一、稀有金属伟晶岩矿床

- n 稀有金属伟晶岩矿床一般分布在相关花岗岩体的内外接触带中，但也有分布于远离岩体达数公里的围岩中。围岩主要为各种片岩、闪长岩和辉长岩。
- n 伟晶岩矿体的形态复杂多样，如岩株状、各种脉状以及似层状等。
- n 这类伟晶岩矿床最重要的特征是具有复杂的交代作用，主要为钠长石化作用和稀有元素矿物的交代作用。
- n 矿石矿物成分十分复杂，除微斜长石和石英外，还有钠长石、锂辉石、锂云母、磷辉石、电气石、白云母、绿柱石、铌铁矿、钽铁矿、锡石、磷灰石、透锂长石、铯榴石、硅铍石、黄玉、沥青铀矿、锆石、磁铁矿、钛铁矿及一些硫化物矿物等。
- n 稀有金属伟晶岩矿床是锂、铍、铌、钽等矿床的重要类型。此类矿床在我国分布广泛，其中不乏规模较大的矿床。

# 新疆阿尔泰稀有金属伟晶岩矿床

图4-6 新疆阿尔泰三号伟晶岩体平面示意图

- 1-文象结构带;
- 2-糖粒状钠长石带;
- 3-块体微斜长石带;
- 4-石英-白云母带;
- 5-叶钠长石-锂辉石带;
- 6-石英-锂辉石带;
- 7-白云母-钠长石带;
- 8-钠长石-锂云母带;
- 9-核部块状微斜长石带;
- 10-块体石英带;
- 11-角闪



## 一、白云母伟晶岩矿床

- n 空间上，这类矿床绝大多数产于寒武纪的深变质岩中，围岩往往是花岗质片麻岩、片麻岩、结晶片岩、大理岩以及角闪岩等。区域上常有花岗岩的侵入活动。
- n 矿体就是含白云母的花岗伟晶岩。伟晶岩体呈板状、凸镜状或巢状，长数十米至数公里，厚数十厘米至数十米，延深可达一、二百米。矿脉常成群出现。脉体分带清楚。
- n 矿物成分较为简单，主要为长石、石英和白云母，次为黑色电气石、磷灰石、石榴子石，偶见绿柱石、铌钽铁矿、晶质铀矿等。
- n 此类矿床是工业用白云母的主要来源。
- n 除开采白云母外，此类矿床还可开采长石（作为陶瓷原料）。少数矿床还可开采绿柱石和晶质铀矿。
- n 这里矿床广泛分布于我国、印度、美国、巴西、俄罗斯等国家。内蒙古大青山地区是我国伟晶岩型白云母矿床的主要产地。

# 内蒙古土贵乌拉白云母伟晶岩矿床

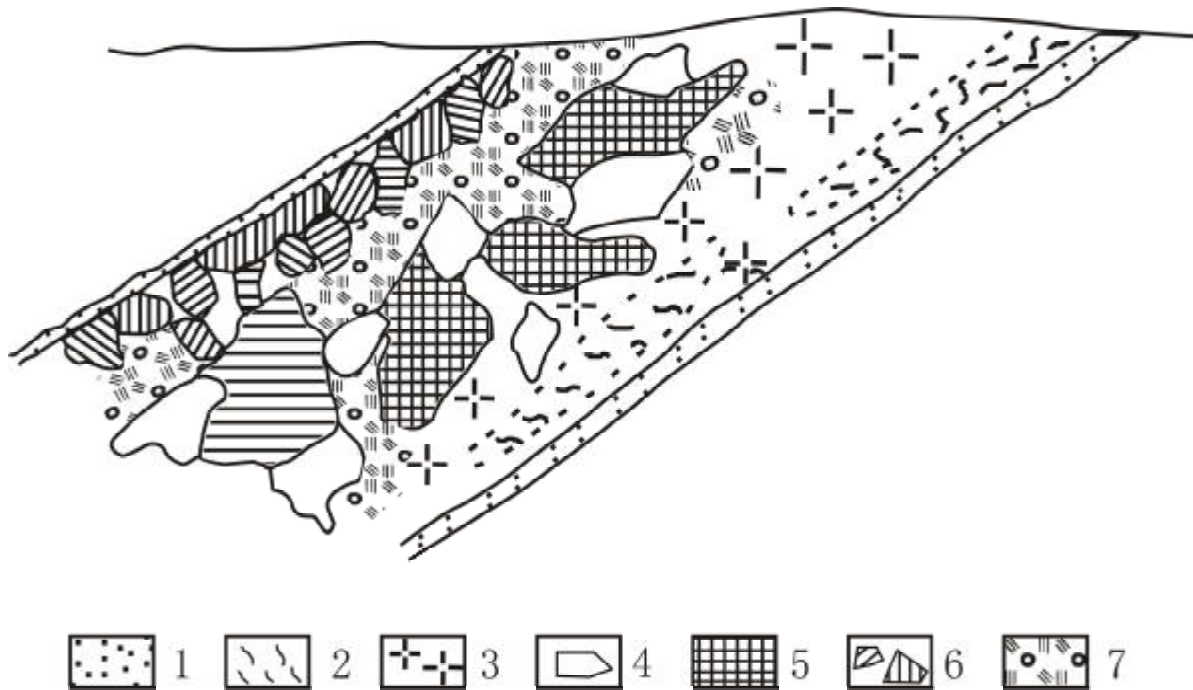


图 4-7 内蒙古土贵乌拉白云母伟晶岩脉剖面示意图

(据姚凤良等, 1983)

1-细晶结构; 2-文象结构; 3-似文象结构; 4-块状石英; 5-块状