

第7章 岩浆成矿作用、伟晶岩成矿作用及其矿石

内容提要：本章主要介绍岩浆成矿作用、伟晶岩成矿作用和气化热液成矿作用及其形成的矿石。

学习目标：通过本章学习，了解什么是岩浆成矿作用、伟晶岩成矿作用和气化-热液成矿作用，了解它们形成的主要矿石类型。

学习建议：

- 1、 岩浆成矿作用、伟晶岩成矿作用和气化-热液成矿作用都属于内生成矿作用，在学习时注意将内生作用形成的矿石、岩石联系起来，避免孤立地去记忆。
- 2、 建议学时：2 学时

§ 7-1 岩浆成矿作用及其矿石

岩浆是起源于地壳深部或上地幔的富含 CO_2 、 H_2O 等挥发分的粘稠高温高压硅酸盐熔融体。

岩浆在向地壳上部运移的过程中，发生各种分异现象，而使某些组分富集成矿的作用，称为岩浆成矿作用。可分为以下三种基本类型：

1 结晶分异作用及其矿石

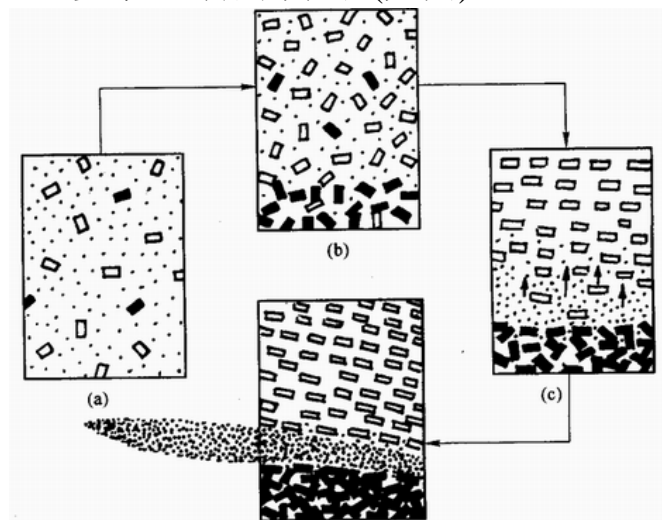
1.1 结晶分异作用

结晶分异作用就是指岩浆在冷凝过程中，各组分在熔融体中按照一定的顺序先后结晶析出并导致液相成份改变的作用。

1.1.1 流动分异作用

岩浆在流动过程中产生矿物成分的分异和聚集的作用，称为流动分异作用。

岩浆中的某些熔点很高的矿物先结晶，在重力作用以及岩浆内部对流作用的影响下，密度大的往下沉，密度小的往上浮。从而，在岩浆下部或底部形成有用矿物和暗色硅酸盐矿物的富集带。如有用矿物的含量达到了工业要求，即成为矿石(如图)。



结晶分异作用示意图

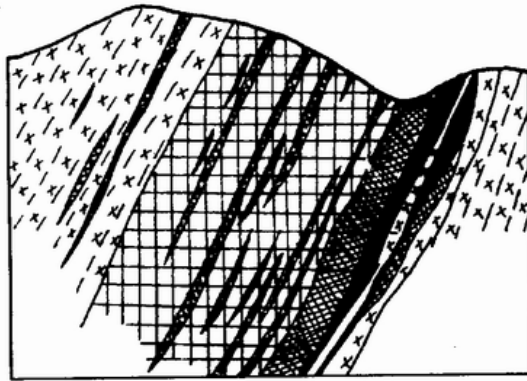
(a)岩浆开始结晶;(b)早结晶的铁镁质矿物和金属矿物(黑色)向下沉,随后结晶的硅酸盐矿物(白色)位于上部;(c)不同密度的矿物按重力关系占据各自的位置,含矿残浆向下集中;(d)底部形成矿体,含矿残浆(点状图案)受动力作用形成贯入矿体

这种有用矿物先结晶而形成的矿床称为早期岩浆矿床。

1.1.2 压滤作用

当岩浆中含有较多的挥发组分时，成矿元素可与挥发组分结合成易溶的化合物，一直残留在岩浆熔体中，直到主要硅酸盐矿物结晶后才晶出。

当有用矿物较晚地从岩浆中结晶出来形成贯入矿体，称压滤作用。形成的矿床称为晚期岩浆矿床。



攀枝花似层状钒钛磁铁矿矿体

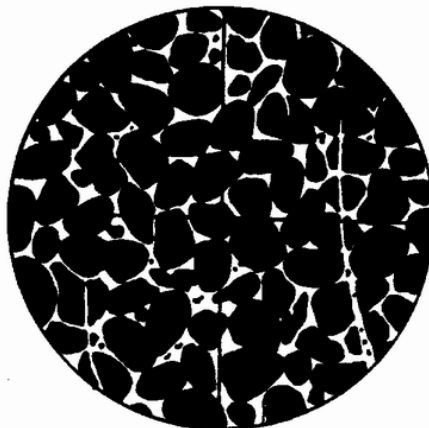
1.2 主要矿石及矿床实例

由岩浆结晶分异作用形成的矿石主要有超基性岩中的铬铁矿矿石和铂族金属矿石、以及基性岩中的钒钛磁铁矿矿石。此外，岩浆岩常被用作建筑石料或装饰石材。

1.3 熔离作用

熔离作用是指在较高温度下呈均匀状态的熔融体，当温度和压力下降时分离成两种或多种不混熔的熔融体的作用。由熔离作用形成的矿床称熔离矿床。

具典型的海绵陨铁结构(如图)。



海绵陨铁结构

铜镍硫化物(白色)填充于橄榄石粒间

1.4 主要矿石及矿床实例

由熔离作用形成的最有工业价值的矿石是铜镍硫化物矿石，其中

常含有铂族元素。

2 爆发作用及其矿石

2.1 爆发作用

岩浆爆发作用是指那些经过结晶分异作用或熔离作用的岩浆，运移到地下浅处时，由于外压力的下降而产生爆破力，在爆发过程中形成岩石或矿石的作用。

爆发作用可分为地下隐爆和地表喷爆两种情况。

2.2 主要矿石及矿床实例

由岩浆爆发作用形成的矿石主要是金刚石矿石，含矿岩石为金伯利岩。

历史上最有名的金刚石生产国是南非，澳大利亚是生产金刚石的后起之秀，近年来，已跃居为世界最大的金刚石生产国。

3 伟晶岩成矿作用及其矿石

3.1 概述

"伟晶"是指粗大晶体的意思。

伟晶岩很少单独产出，通常是沿大的构造带成群、成带出现，并形成规模较大的伟晶岩区，它们都与区域构造有密切联系。是某些稀有元素和稀土元素矿产的重要来源。长石、石英和云母等则是伟晶岩矿床的主要矿产。此外，许多宝石类矿物，如绿柱石、黄玉、电气石、水晶、锂辉石等也产在伟晶岩中。

3.2 伟晶岩矿床矿石的特点

3.2.1 化学成分

化学成分复杂，至少集中有 40 种以上的化学元素。

稀有、稀土和放射性元素在伟晶岩中能高度富集，如 Li 在伟晶岩中含量可高达 2% 左右，比地壳中 Li 的平均含量高出近千倍，而 Be 在伟晶岩矿石中的含量可高出地壳平均值上万倍。

3.2.2 矿物成分

伟晶岩矿石的化学成分决定了其矿物成分的多样化。据研究，伟晶岩矿石中出现的矿物有 300 多种，主要矿物种类如表所示。

3.2.3 矿石结构

最主要的矿石结构有以下四种：

- (1) 巨晶结构。
- (2) 粗粒结构。
- (3) 细粒结构。
- (4) 文象结构。

3.2.4 伟晶岩(矿床)的分类

- A. 按成分和交代作用强度分类：分为简单伟晶岩和复杂伟晶岩；
- B. 按母岩和成岩作用分类：分为岩浆伟晶岩和变质伟晶岩；
- C. 按矿物共生组合和结构特征分类

K. A. 符拉索夫将伟晶岩矿床分为 5 个类型(见表)。从工业价值而言，第一类型伟晶岩无实际价值，第二类和第三类型为云母和陶瓷原料(长石)的主要来源，第四类和第五类型则为多种稀有金属的重要来源。

伟晶岩(矿床)的分类			
类 型	K. A.符拉索夫	A. N.金兹堡	邹天人等
第一类型	文象和等粒型伟晶	斜长石型	黑云母 - 更长石 - 微斜长石型
第二类型	块状型伟晶岩	斜长石 - 微斜长石型	二云母 - 微斜长石型
第三类型	完全分异型伟晶岩	微斜长石型	二云母 - 微斜长石 - 钠长石型
第四类型	稀有金属交代型伟晶岩	具锂辉石的微斜长石型	白云母 - 微斜长石型
第五类型	钠长石 - 锂辉石伟晶岩	钠长石化、云英岩化型	白云母 - 微斜长石 - 钠长石型
第六类型	—	钠长石化、云英岩化锂辉石型	白云母 - 微斜长石 - 钠长石 - 锂辉石型
第七类型	—	复杂的锂 - 铯 - 钽型	白云母 - 钠长石 - 锂辉石型
第八类型	—	钠长石化、锂云母型	白云母 - 钠长石型
第九类型	—	—	锂云母 - 钠长石型

3.2.5 伟晶岩中的主要矿石

伟晶岩中最重要的矿产是稀有金属(Li、Be、Cs、Nb、Ta 等)，陶瓷原料、压电及绝缘等非金属原料(长石、石英、云母等)，以及宝石矿物(绿柱石、电气石、水晶、黄玉、锆石等)。

§ 7-2 气化-热液成矿作用及其矿石

1 概述

1.1 气化-热液及其成矿作用的概念

气化热液是在地下一定深度内自然形成的具有一定温度和压力的气态和液态的混合溶液。

气化热液不仅是主要含矿介质，而且是成矿的重要营力。它们对于矿质的萃取、携带、搬运和沉淀起着极其重要的作用。

气化热液成矿作用是指热液自身携带的成矿物质、或者在运移过程中从围岩中汲取的成矿物质,被热液带到一定的地质环境中(如断裂、裂隙、褶皱虚脱部位、岩体接触带、地层不整合面等),由于物理化学条件的改变,通过充填和交代等方式,将矿质沉淀下来,形成矿石的作用。

1.2 气化热液的成分

汽化热液中的主要组分

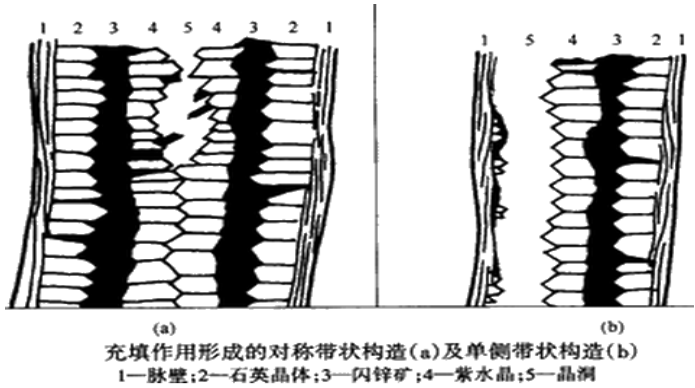
类 别		组 分
最主要的组分		H ₂ O
基本组分		K、Na、Ca、Mg、Sr、Ba、Al、Si、Cl ⁻ 、F ⁻ 、SO ₄ ²⁻ 、S ²⁻ 、CO ₃ ²⁻ 、HCO ₃ ⁻ 、BO ₃ ³⁻
金属成矿元	亲铜元素（最主要）	Cu、Pb、Zn、Au、Ag、Sn、Sb、Bi、Hg
	亲铁元素（过渡性元素）	Fe、Co、Ni、Mn
	稀有、稀土、放射性等元素	W、Mo、Be、TR、U、In、Re、Th、Cd、Ti
溶解的气体		H ₂ S、CO ₂ 、HCl
其他微量元素		Li、Rb、Cs、Br、I、Se、Te

1.3 气化热液的成矿方式

1.3.1 充填作用及矿石特征

含矿热液在运移和沉积定位过程中，如没有遇到化学性质活泼的围岩，则热液与围岩之间不发生明显的化学反应和物质的相互交换，热液中成矿物质的沉淀主要是由于温度、压力等物理条件的改变，直接沉淀在围岩的裂隙或孔洞中，这种成矿作用叫做充填作用。以充填作用为主要方式形成的矿床称为充填矿床。

充填作用形成的矿石一般为自形晶-半自形晶粒状结构，典型的构造除条带状外，还有梳状、晶簇状、角砾状及同心圆状等。



1.3.2 交代作用及矿石特征

影响交代作用的因素较多，主要是组分的活动性、浓度、温度、压力以及围岩的性质和构造等。

交代作用形成的矿石成分相对多样，矿物种类较多。矿石中常含有未被交代的围岩残余、原岩的结构构造以及假象矿物。交代作用形成的矿物晶体因生长时不受空间限制，可向各个方向自由生长，故可形成完整的晶体，如交代成因的黄铁矿和石榴石等常具完好的晶形。

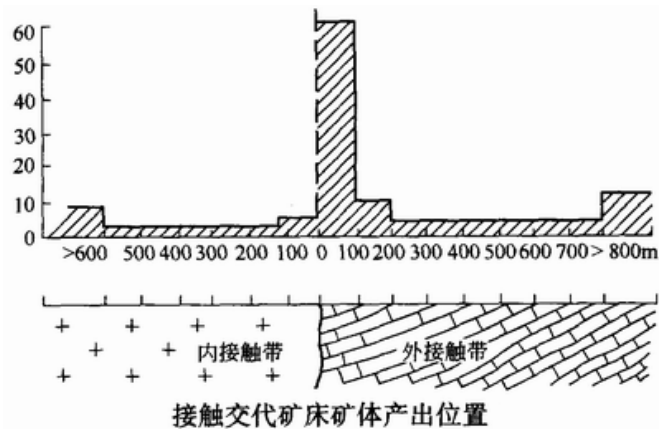
在热液成矿过程中，交代作用与充填作用往往同时出现或先后发生，这时要注意区别以哪种成矿方式为主。

2 接触交代成矿作用及其矿石

2.1 概述

接触交代成矿作用是指在中酸性—中基性侵入岩类与碳酸盐类岩石等钙镁质岩石的接触带上或其附近，由于含矿气化热液进行交代作用而形成矿产的作用，由此形成的矿床称为接触交代矿床。

接触交代作用能形成一套在矿物组合和结构构造等方面具有独特性的岩石，称为“矽卡岩”(Skarn)。因此，接触交代矿床也被称为矽卡岩矿床。

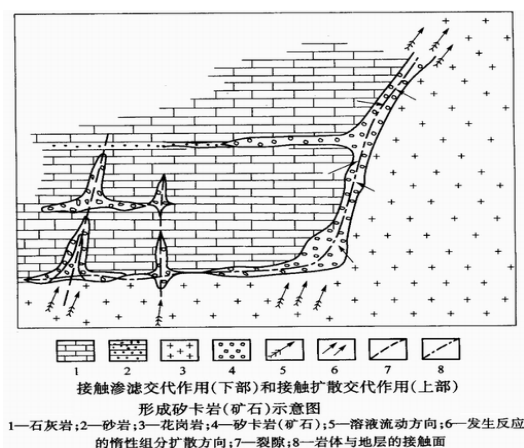


钙、镁矽卡岩（矿石）的矿物组合

矿物类型	钙矽卡岩（矿石）	镁矽卡岩（矿石）
硅酸盐	辉石（主要是透辉石—钙铁镁橄榄石、透辉石—辉石）、石榴石（主要是钙次透辉石，在深成条铝—钙铁石榴石）、硅灰石、件下有顽火辉石及紫方柱石	苏辉石，在中深条件下有钙镁橄榄石
含水硅酸盐	角闪石、符山石、绿帘石、硅镁石、金云母、透黑柱石、绿泥石、阳起石	闪石、蛇纹石、韭角闪石
硼酸盐		硼镁铁矿、硼镁石、氟硼镁石
氧化物	磁铁矿、磁铁矿、锡石、石磁铁矿、赤铁矿、尖英	晶石、水镁石、锡石、石英
硫化物	黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、辉钼矿、黄铜矿、闪锌矿、方毒砂	铅矿
其他	方解石、萤石、重晶石、白方解石、菱镁矿、菱钨矿	镁铁矿

2.2 接触交代成矿作用方式

接触渗滤交代作用：上升的含矿气液沿被交代岩石的裂隙渗滤，将下部的活性组分带到上部，并与之发生交代作用，常形成"火苗"状矽卡岩体(插图下部)。



扩散交代作用：发生在交接部位。外接触带石灰岩的粒间溶液为CaO所饱和，内接触带岩浆岩中的粒间溶液则为SiO₂和Al₂O₃所饱和。上升的含矿热液破坏上述平衡，使CaO间岩浆岩中扩散， SiO₂和Al₂O₃向石灰岩中扩散，从而在接触带内形成了矽卡岩或矿石(插图上部)。由于物质交换具有双向性，故这种交代作用又称为双交代作用。

2.3 接触交代矿床的成矿过程

具有明显的多期性和多阶段性。可分为两个成矿期和 5 个成矿阶段(如表)：

接触交代矿床的成矿期和成矿阶段

成矿期	成矿阶段	主要矿物组合	说明
矽卡岩期	早期矽卡岩阶段 (干矽卡岩阶段)	硅灰石、透辉石、钙铁辉石、钙铝榴石、钙铁榴石、方柱石	以岛状和链状的无水硅酸盐矿物为主，在高温超临界条件下形成。一般不出现硫化物
	晚期矽卡岩阶段 (湿矽卡岩阶段)	阳起石、透闪石、角闪石、绿帘石、磁铁矿	以带状或复杂链状构造的含水硅酸盐矿物为主，在接近超临界状态下形成。溶液中的铁以磁铁矿的形式出现，故也称为磁铁矿阶段
	氧化物阶段	正长石、酸性斜长石、金云母、白云母、石英、萤石、绿帘石、白钨矿、锡石、磁铁矿	脉石矿物主要是交代早期硅酸盐矿物而成，金属硫化物主要形成于中温热液条件下
石英-硫化物期	早期硫化物阶段(铁铜硫化物阶段)	绿泥石、绿帘石、绢云母、方解石、萤石、石英、黄铜矿、黄铁矿、毒砂、磁黄铁矿、辉铋矿	以硅酸盐矿物增多和铅锌硫化物为特征，矿物主要形成于中-低温环境
	晚期硫化物阶段(铅锌硫化物阶段)	绿泥石、绢云母、方解石、石英、方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、黄铜矿	

2.4 主要矿石

矿产种类有 Cu、Fe、Pb、Zn、W、Sn、Mo、Co、As、Be、B、石棉、压电石英和金云母等。

3 热液成矿作用及其矿石

地壳中的含矿热水溶液在一定的物理化学条件下，以充填作用或交代作用的方式，将矿质沉淀在各种有利的构造和岩石中，从而形成矿石的作用称为热液成矿作用。由热液成矿作用形成的矿床称为热液矿床。

热液矿床分类表			
成矿温度 热液来源	高温(600~300℃)	中温(300~200℃)	低温(200~50℃)
岩浆	高温岩浆热液矿床	中温岩浆热液矿床	低温岩浆热液矿床
变质	高温变质热液矿床	中温变质热液矿床	低温变质热液矿床
地下水	高温地下水热液矿床	中温地下水热液矿床	低温地下水热液矿床
海水	高温海水热液矿床	中温海水热液矿床	低温海水热液矿床
混合型	高温混合热液矿床	中温混和热液矿床	低温混合热液矿床

热液矿床分为以下四类：.

- (1)高温热液矿床。主要矿物在 600-300℃ 范围内晶出。
- (2)中温热液矿床。主要矿物在 300-200℃ 范围内晶出。
- (3)低温热液矿床。主要矿物在 200-50℃ 范围内晶出。
- (4)火山气液矿床。主要矿物在 600-50℃ 范围内晶出。

主要的高温热液矿石是钨矿石、锡矿石、铝矿石、金矿石和铍矿石等。此外，还有 Bi、Fe、Li、Nb、Ta、TR、As、水晶、石墨和宝石等矿产。

主要的中温热液矿石有金矿石、铅锌矿石、锡石-硫化物矿石、菱镁矿矿石、石棉矿石、滑石矿石、水晶矿石、黄铁矿矿石和五元素矿石(Ni-Co-Ag-Bi-U)等。此外，还有以中温热液为主形成的铁、铜、砷、硫、萤石、重晶石等矿产。下面介绍几种中温热液矿石。

全部的汞矿石和大部分的铋矿石、明矾石、冰洲石来自低温热液矿床。重要矿产还有 As(雄黄和雌黄)、Au、Ag、Cu、Pb、Zn、重晶石、萤石和硅质宝石等。