

矿田构造学（教案）

第一章 绪论

一、构造与成矿的关系

构造对于各种类型矿床（岩浆矿床、热液矿床、沉积矿床、风化矿床和变质矿床等）的形成和分布都有控制作用。成矿构造条件影响着矿床发生发展的整个演变过程，也关系到矿床分布位置、矿体形态产状、物质成分和后生变化等各个方面。一个矿床的形成需要多方面的有利地质因素的耦合，构造是其中的重要因素之一。在具有成矿物质和含矿流体的前提下，构造对矿化的富集起着主导的作用。从成矿系统过程分析来看，构造与成矿的关系表现在以下十个方面：

1. 构造是成矿的重要地质环境

成矿物质的聚集需要良好的成矿地质构造环境。良好地质构造环境是形成矿床的重要条件。从控矿构造尺度看，全球性构造环境控制着全球性成矿带（如环太平洋成矿带）；区域性构造环境控制着区域成矿带（南岭成矿带、秦岭成矿带、长江中下游成矿带等）。各种类型的构造盆地是形成沉积矿床的有利环境；构造—岩浆活动带是多种内生矿床的产出地带；超大型矿床形成往往受控于独特的大型构造环境。

2. 构造活动为成矿作用提供能量

矿床的形成是需要能量的，包括岩浆的、构造的。构造活动过程释放的能量是含矿岩浆和各种流体运移和汇聚的重要驱动力。

3. 构造是含矿流体运移的通道

构造活动生成的各种裂隙带、断层、剥离空洞具有很高的渗透性，是含矿流体在岩石中流动运移的通道。通常将这种通道称为导矿构造或运矿构造。

4. 构造是成矿物质沉淀和堆积的场所

各种构造成因的开放空间是成矿物质的堆积场所（储矿构造或含矿构造），如断层、裂隙、构造空洞等往往是内生矿床就位的场所；断陷盆地、汇水盆地是外生矿床分布的场所。因而构造作用形成的开放空间影响矿床、矿体的空间分布和矿体形态、产状特征。

5. 构造应力应变状况影响成矿的物理化学条件

成矿物质的搬运、集中或分散要受温度、压力、Eh、pH 值等物理化学条件的控制。而这些物理化学条件可以因构造状态的改变而产生变化。如在构造应力场的不同部位，物理化学条件有差别，因而对矿液运移和矿石沉淀起着不同的作用。

6. 构造条件对成矿方式的影响

不同的构造条件可引起不同的成矿方式，形成不同的矿床矿体类型。如成矿物质在断裂构造中充填形成脉状矿体，顺层间构造充填交代则形成层状矿体。

7. 构造活动对成矿期成矿阶段的影响

大多数矿床的形成是一个较漫长的地质过程，具有多期多阶段性。构造活动的多期次，是导致成矿多期多阶段的重要原因。在热液矿床中尤为明显，常表现为早晚不同阶段矿脉间的重叠和穿插关系。因此研究成矿期间的构造活动是划分成矿期成矿阶段的基础。

8. 构造对矿化分带的控制

矿化分带是普遍存在的现象，有区域分带、矿床分带、矿体分带，有水平分

带和垂直分带等。造成分带的原因可能是多方面的，但构造作用是矿化分带的重要因素。

9. 构造活动的成岩成矿作用

构造动力作用可以引起岩石、矿物的物质调整，产生出新的岩相和建造，直接形成新的有用的矿物或岩石。

10. 构造活动对矿床矿体的改造作用

大多数矿床形成后，都要遭受后期的改造，特别是地质时代较早的矿床，都会受到成矿后构造的影响。成矿后构造既能破坏矿体的连续性和稳定性，增加探采工作的难度；又能促使某些层状矿体褶皱加厚，扩大单位面积内的矿石储量，从而有利于开发。

由上述 10 种关系可见，构造活动是成矿作用的基本条件和组成部分，构造对各种成因的矿床都有一定的控制作用。在矿床发生发展的各个阶段，构造都有影响。而且这种影响也是多方面的，大到矿床在地壳中的分布位置，小到矿体的形态产状和矿石类型的变化。因此研究矿田矿床构造，对深入理解矿床成因和大比例尺成矿预测、勘探评价与采矿都有重要意义。

二、矿田矿床构造的概念

1. 矿田

矿田是地壳上的某一成矿显著地段，包含着在地质构造、物质成分和成因上具有联系的两个以上的矿床或矿点。它们是由统一的地质作用形成的、成因上近似、空间上邻近的一组矿床。矿田的面积一般为十几一百余平方公里，个别达几百平方公里。

矿田是研究矿化分布的一个重要地质单元，是人们对矿床成群分布客观规律的认识。正确认识矿田对找矿实际是由指导意义的。

2. 矿田构造

矿田构造是指在矿田范围内，控制各矿床的形成、改造和分布规律的地质构造因素的总和。

矿床构造

矿床构造是指控制矿体在矿床中分布规律及矿体形态、产状、规模的地质构造因素的总和。是矿田构造的组成部分。

矿体构造

矿体构造是指控制单个矿体的形态、产状以及矿体内部结构的构造要素，包括控制富矿段（矿柱）的构造要素。是矿床构造的组成部分。

矿田构造的特点

1、矿田构造中的主体——控矿构造是含矿的，或是曾有含矿流体通过的。它们都接受过矿质及成矿流体的利用或改造（含矿流体与构造发生相互作用），是“物化”了的构造。

2、在含矿流体的作用下，可诱导出一部分新的构造型式，如气化流体的沸腾、隐蔽爆发等产生新的角砾岩和水力破裂构造。

3、矿田构造活动的多期次性突出。

4、矿田构造是整个矿田地质作用的一个组成部分。

三、矿田构造的主要研究内容与研究意义

主要研究内容：

研究岩石的物理力学性质；
研究各种控矿构造类型；
研究控矿构造的演化期次和发展阶段；
研究控矿构造体系和构造分带性；
研究矿液的运移与构造条件的关系；
研究矿石堆积的构造圈闭条件；
研究各类矿床的构造特征及成矿的构造条件；
研究矿田构造与区域构造的关系。

矿田构造的研究意义：

构造活动是成矿作用的基本条件和组成部分，构造是控制矿床形成和分布的重要因素。研究大区域的构造控制作用和矿床分布规律，对区域矿产预测和普查找矿工作有战略指导意义；研究矿田矿床构造可更具体地认识、掌握矿床（体）形成、改造和分布的控制因素，对于大比例尺矿床预测、找矿、详查、勘探、采矿均有着实际意义。研究矿田构造不仅有利于找矿，同时也对全面认识矿床成因有重要意义。

四、矿田构造的研究方法

大比例尺矿田构造制图；
深部构造研究与制图；
控矿构造的岩组分析；
构造—岩石物理分析；
构造地球化学方法；
遥感构造解译方法；
构造控矿的模拟实验。

第二章 矿液的运移

一、概述

地质流体是地球组成物质中最为活跃的部分。能形成矿床的地质流体，称为成矿流体。它既能汲取、溶解、包含各类成矿物质，又能将其运移、输导到有利的构造—岩石空间而富集成矿。地壳中的流体对于金属、非金属等矿产资源的形成均起到关键作用。

地球中的流体多种多样，按地质产状和成因可分为：岩浆热液；变质热液；地下水（包括大气降水）；海水；地幔来源的流体等。在上述各种流体中，以热水为主的流体对固体矿产的成矿最为重要。各种流体经过水—岩作用和其它地质作用形成成矿流体。

构造和流体都是重要的控矿因素，二者又相互作用。构造是驱动和输导流体运移的重要因素，又是导致流体中矿质堆积的必要条件，而流体能改变所在地的构造—岩石条件。将构造与流体作用结合研究，有利于深化对控矿因素和成矿机理的认识；为判断矿体分布规律、成矿组分变化情况提供依据。因此，研究成矿流体运移特点，具有理论和实际意义。

二、矿液运移的动力

成矿流体在运动过程中，其中的物质和能量与周围的岩石发生化学反应，可导致成矿物质的浓集和矿床形成。成矿流体的驱动力有：

1、矿液的内力驱动：

成矿流体本身具有较大的热能、较高的内压力。这种热能和压力能推进成矿流体的运移。如岩浆中的高温高压气液可从岩浆中析出，由深部向浅部运移，向围岩的孔隙中扩散，或以火山喷发形式迅猛到达地表。

2、构造应力驱动：

地壳中构造应力场的应力分布是不均匀的。在有很大差应力的应力场中，由于挤压，使含矿流体向压力较小的拉张区流动。即在总体为挤压紧闭而局部拉张减薄的构造环境中能促进流体运移和有利成矿。如区域剪切带控矿，剪切带的挤压剪切分力作用于围岩，可排挤出围岩中的流体和成矿组分；剪切带的局部拉张作用，可作为“吸引”成矿流体的动力，又提供矿质沉淀空间。

3、地层围压驱动

地壳中流体的运动直接与上覆岩层的巨大压力有关。地壳不同深度有不同的围压（表），在盆地堆积物的下沉和压实过程中，由于盆地各部位的沉降幅度和岩相差异，造成不同的静压力。在这种静压力差的作用下，引起层间水（包括热卤水）向压力小的方向转移。盆地中心一般拗陷深、沉积物厚、承压大，因而该处的流体沿透水层向压力较小的盆地边缘运动。

4、热驱动

局部热源引起热液环流：当上升的岩浆或地热流向浅部运动时，受其影响，上部岩层增温，其中的流体被加热，相对密度减小，比重减轻，内压增大，形成强大的热量载体，向上部的开放裂隙运动，而浅层或海洋底部水则因相对密度较大而下沉，加热后再上升，为此循环往复，围绕局部热源形成地下水的热液对流系统。近年来，对大陆和洋底的热液对流系统作了大量调查，认识到这些热液系

统能长期地较大范围地淋滤周围地层和火成岩中的金属元素，再在浅层次裂隙系统中堆积形成块状硫化物矿床、斑岩型矿床、卡林型金矿床等。

区域变质过程中变质热液对流：在区域变质过程中产生的变质流体，由于变质变形（构造—热力）作用可能被导流进入有利的构造环境，如果变质流体在途中萃取了围岩中的成矿物质，在减压扩容的构造环境中便可能富集成矿。

5、泵吸作用

真空虹吸作用：在成矿裂隙生成阶段，封闭裂隙生成的瞬间产生真空状态，如果这种裂隙的一端与热液聚集地段相连通，则热液因压力差而被吸入到裂隙中。同时，由于热液在深部所受上覆岩层的静压力，使流体挤入裂隙而上升。

地震泵吸作用：在剪切带两盘发生错动时，由于剪切带拐弯处产生扩张空间，流体压力降低，剪切带下部及外部的流体就在压力差的驱动下进入扩张空间，扩张空间就象压力泵一样地吸收流体，称为地震泵吸作用。

6、重力差驱动

当大气降水进入沉积盆地周围地形较高的山区时，由于山区和沉积盆地的地势高差，导致地下水产生较大的重力作用，从而驱动盆地中的地质流体运动。

三、矿液运移的通道

研究成矿流体运移的通道对于认识矿化轨迹，追寻成矿物质的堆积场，预测矿床产出部位有重要意义。地壳中含矿流体运移是在岩石孔隙和断裂裂隙中进行的，其流体动力学特征有所不同。

1、岩石孔隙中矿液运移

岩石孔隙包括原生和次生两种类型。原生孔隙指成岩过程中形成的孔洞和裂隙，如沉积岩中的粒间孔隙和火山岩中的气孔等。次生孔隙是岩石形成后有后生作用形成的，如火成岩冷却固结后受热液蚀变生成的孔隙，石灰岩经白云岩化后体积收缩而产生的孔隙等。

原生孔隙和次生孔隙广布在岩层和岩体中，有如微细血管网络，是含矿流体的微观通道。流体在孔隙中的运动方式是渗流方式运动。流体在孔隙中的运动状态多属于层流运动。

含矿流体沿岩石的孔隙运移，经常有两个主要因素在相互作用：一是矿液的运移趋势，另一个是岩层对流体的屏蔽作用。由于矿液本身具有活动能力（内能、内压），其运移趋势主要是向上流动，但局部也可向下流动，如流体向上运移时遇到阻挡，而其侧下方又有低压带时，则流体局部向下运动。

岩层的屏蔽作用主要取决于岩石的孔隙度和渗透性。在成层岩石中矿液总是沿孔隙较大、渗透性较好的岩层流动，而孔隙很小、渗透性差的岩石不利于矿液流动。并对矿液的上升起着屏蔽作用。岩石的渗透性取决于岩石的有效孔隙度。

2、断裂和裂隙的矿液运移

岩石的断裂和裂隙是成矿流体运移的主要通道。裂隙岩石的介质特征与孔隙岩石不同，裂隙岩石中水流的特征是非均质性和各向异性的。

因为裂隙大小悬殊，分布不均，有一定的方向性，渗透水流在大裂隙中阻力小，流动快；在小裂隙中阻力大，流动慢。若大、小裂隙组合起来，则形成复杂的网脉状裂隙导水系统。

岩石裂隙的类型多，力学性质差异大，其含水和导水的性能相差悬殊。张性断裂裂隙的含水空间大，导水能力最强。压性断裂裂隙的含水性及导水能力较差。

剪切断裂裂隙的富水条件和导水能力介于张性断裂裂隙和压性断裂之间。

3、导矿构造和储矿构造

根据构造在成矿流体运移和堆积中所起的作用，可将成矿构造分为导矿构造和储矿构造。

导矿构造是沟通成矿流体并引导它进入矿田、矿床范围内的通道。**常见的导矿构造**是规模较大的断层、剪切带、破碎带和角砾岩带等。剧烈褶皱区的某些陡倾斜的岩层或岩系，渗透性较好的岩层和层间错动也是矿液上升的良好通道。

导矿构造是多级次的，有主干导矿构造和二级、三级等次级导矿构造，成矿流体由主干导矿构造分散到次级导矿构造，然后进入到储矿构造堆积成矿。

储矿构造是成矿物质沉淀成矿的场所。它是矿体就位、决定矿体形态产状和规模的构造条件。也称容矿构造。储矿构造与导矿构造一般有明显区别，但有时是一致的，即导矿构造也是储矿构造，有时储矿构造是导矿构造的一部分。

有些储矿构造明显起到封闭矿液的作用，又称为圈闭构造（或成矿构造圈闭）。矿液进入构造圈闭之后，由于停积、聚集，而使矿液的浓度、温度、压力以及 pH 值、Eh 值等发生变化，破坏了矿质溶解在热液中的平衡状态，因而造成矿石的沉淀堆积。形成矿石的成矿构造圈闭可划分为断裂圈闭、褶皱圈闭、侵入接触圈闭、地层圈闭（沉积圈闭）、复合圈闭等。

矿液在储矿构造包括圈闭构造中停积，并发生成矿物质的沉淀的主要原因有：温度、压力和组分浓度的变化；氧化还原反应；pH 值的变化；水解作用；不同成分溶液的互相混合；构造因素等。

四、矿液运移通道及流向的研究

在成矿分析中如何追踪成矿流体运移通道是很重要也是难度较大的问题。研究成矿流体流动方向和构造通道对于认识矿床和矿体的产出位置、寻找隐伏矿床有重要的意义。

现今正在活动的大陆热泉（温泉）的流动路径较易查明，但追踪中—新生代流体运移路径就较困难。因为很多古老流体当时运移的通道及其遗迹，在后来的地质过程中已被破坏或改造，要恢复和重建古流体系统较困难。因此目前只能根据流体成矿过程所留下来的产物和痕迹去探索古流体运动的方向和通道。

矿液沿岩石的孔隙及断裂、裂隙运移时，随着温度、压力逐渐下降，充填交代作用的不断进行，矿液的成分和物理化学条件在不断的变化、以及化学元素活动性差异，于是沿着矿液通道自下而上、由中间向两侧，形成蚀变分带现象，矿体中成矿元素或微量元素含量也出现有规律的变化。因此，这些变化是受矿液流向影响的，利用这些变化的标志可以分析矿液运移的通道和方向。

下面列举几种常用的方法。

1、成矿构造与矿体产状分析：主要是各种构造结构面的组合情况及构造破裂的应力状态分析；构造和矿体的产状要素分析；遮挡层与透水层的分布与产状分析。判断挤压区、张开区与矿液运移的关系。

2、蚀变类型及强度变化分析：当成矿流体沿控矿构造上升到一定部位，遇到易于交代的岩石时，发生水——岩反应，产生围岩蚀变。由于成矿流体的逐渐变化以及化学元素活动性的差异，可形成蚀变分带。蚀变的分带一般是由高温蚀变矿物组合向低温蚀变矿物组合演变。根据蚀变分带现象，可判断流体的运移方向。

3、成矿组分的地球化学分析：成矿组分在运移过程中，随着物理化学条件的变化，在不同地段往往析出不同的组分、形成品位不同的矿石。根据成矿组分的地球化学行为、性状、沉淀的先后次序和矿物共生组合等方面的特征，可分析矿液运移的趋势。

4、热力学分析：矿液的运移是由高压带向低压带方向流动。矿液的温度也相应地由高到低发生变化，随着矿液温度的降低，成矿物质不断析出。因此系统测定矿物的形成温度变化规律，可以判断矿液流动方向。

5、矿物结晶特征及光学性质分析：矿物晶体的生长情况与成矿物质的补给有关系，因此矿液的流向和流速对矿物晶体形貌和内部结构有一定的影响。研究矿物晶体发育程度和内部结构的变化特征，能为矿液运移轨迹提供重要信息。

6、同位素分析：某些元素的同位素组成在空间变化上有一定的方向性，这种变化规律与矿液流向和矿质沉淀次序有一定关系。因此其变化方向也可反映矿液的流向。例如在一些硫化物矿床中，研究硫同位素、铅同位素的变化规律。

第三章 褶皱构造的控矿作用

褶皱构造是一种常见的构造型式。各种层状岩石受力后形成不同形态、产状、规模的褶曲，从单斜构造到复杂的背向斜褶皱构造，常常背向斜相间成群，或不同级别期次重叠出现。由于褶皱各部分受力状态不同，其伴生和派生构造也复杂多样。

各种褶皱构造对矿床的形成都可以有明显的控制作用。成矿前和成矿期的褶皱及其有关的伴生构造，可以成为内生及外生矿床的有利成矿空间。如背斜轴部，特别是有不透水层作隔挡层的轴部，往往是油气和各种内生矿床聚集场所。成矿后的褶皱对各种内、外生矿床起改造作用。特别是一些层状矿体褶皱之后，在褶皱的不同部位，矿层的产状、厚度均可产生变化。有些矿床的矿体在褶皱过程中可以产生流动，先成矿体可能发生明显地改造。有时在褶皱过程中，可能伴随变质作用，使矿化局部变富或变贫。受褶皱控制的矿体产状和形态，往往随褶皱的产状、形态和不同构造部位而变化。因此深入研究褶皱构造，对预测找矿有重要意义。研究成矿前和成矿期褶皱，可了解它们对成矿的直接、间接控制，从而找出成矿规律；研究成矿后褶皱，可了解矿床的改造、加富或破坏，以及多阶段成矿的叠加和富集规律。

一、褶皱构造对矿田及矿床的控制

褶皱构造常控制着矿田及矿床的分布，无论是背斜轴部、向斜轴部，还是褶皱翼部都可有矿床的产出。现有资料表明，背斜及复背斜的轴部控制成矿的机率较高。其原因是背斜轴部矿液易于聚集，且破裂发育，易于为岩浆侵入及矿液运移提供有利条件。但向斜构造对成矿的控制也不应忽视，如变质条带状铁矿床常产于区域复向斜带中。

褶皱构造控制侵入体产出从而间接控制矿床产出的现象较普遍。控制岩体侵入及矿床分布的主要褶皱构造类型有：背斜的轴部（包括穹隆构造的轴部）；倾伏背斜的倾伏端，背斜轴面沿走向弯曲转折处；倒转背斜的翼部；与背斜伴生的断裂和破碎带；开阔向斜中次一级背斜；背斜与其他有利构造和岩层交汇处等。

二、褶皱构造类型及其控矿作用

褶皱构造按其成因可分为：纵弯褶皱、横弯褶皱、压柔褶皱、底辟褶皱、流褶皱（剪切褶皱）、热流变褶皱等。

纵弯褶皱

是指岩层受到顺层挤压力的作用而形成的褶皱。一般假定岩层在褶皱前处于原始的水平状态，所以，纵弯褶皱是地壳水平挤压的结果。是造山带中最为常见的褶皱。

岩层间力学性质的差异在纵弯褶皱形成中起着主导的作用。由于岩石变形时的韧性不同，可形成不同类型的伴生构造。如劈理、张裂隙和共轭剪裂隙，小型顺层剪切带与层间破碎带。相邻岩层的相对错动，可在褶皱转折端形成虚脱鞍状空洞，是成矿的有利空间。

横弯褶皱

岩层受到与层面垂直的外力作用而发生弯曲形成的褶皱。由于沉积岩层初始状态是水平的，因此，横弯褶皱作用的外力是垂向的。横弯褶皱作用有两种情况，

一是基底的断块升降引起盖层弯曲的被迫褶皱（断块褶皱）。二是侵入岩体的上隆作用而形成的褶皱（同步褶皱）。

在断块褶皱的层间断裂带和破碎带易于形成似层状、鞍状矿体。在同步褶皱的层间剥离空洞有利于成矿。

压柔褶皱

是在纵弯褶皱形成过程中层间滑动很有限的情况下发生的，可分为具有次级复杂向斜的简单箱状褶皱和具二、三个峰的压柔褶皱。在二、三个峰的压柔褶皱的次级向斜部位常形成剥离空洞并伴有大量的破碎，是成矿的有利条件。

底辟褶皱

底辟构造是一种特殊的褶皱，是地下岩盐、石膏或粘土等低粘性易流动的物质，在构造力或浮力的作用下向上流动，以至刺穿或部分刺穿上覆岩层，使上覆岩层拱起形成的褶皱。

在塑性岩层向上运动过程中，在底辟体与周围岩层之间常形成断裂，岩石破碎。在底辟体顶部常形成角砾岩，为成矿提供空间。

流褶皱（剪切褶皱）

这是一种固态流变条件下的褶皱作用形成的。发生在具有高韧性和低粘度的岩石中。在深变质岩和混合岩化岩石中常发育复杂的流褶皱。在这类褶皱形成的晚阶段可以出现剪切面，岩层沿着一系列与层面交切的密集面发生不均匀的剪切而形成的褶皱称为剪切褶皱。

在成矿时代较老的沉积变质矿床中，流褶皱常改变矿体的形态和产状，并使其复杂化。

热流变褶皱

是一种接触热动力变质构造。它是在岩体侵入过程中由于岩浆的热动力作用，使岩层在较高的塑性状态下变形形成的。一般发育在中深成岩体的侵入前缘带。在中深成岩体的侵入前缘带往往是矽卡岩矿床产出的有利部位，因此，热流变褶皱是一种间接的找矿标志。

三、叠加褶皱及其控矿作用

在地质构造发展过程中，褶皱作用的发生往往不止一次，应力方向也不尽相同。异常褶皱叠加在另一次先存褶皱之上的构造现象，称为叠加褶皱。叠加褶皱分布广泛，尤其在变质岩区最为常见，在沉积岩区也有出现。

造成叠加褶皱的原因：由于不同时代褶皱构造的叠加；同一时代不同构造体系的复合；同一次连续变形中应力方向的变化等。

叠加褶皱的控矿意义：对形成时代较早的矿体起着改造、保存作用；对岩体的侵入及矿体的形成分布有控制作用。

（一）叠加褶皱的类型

根据两个褶皱系的相互关系可将叠加褶皱分为：共轴叠加褶皱、正交叠加褶皱、斜交叠加褶皱。

共轴叠加褶皱

是在两期褶皱的应力方向基本相同情况下形成的。

正交叠加褶皱

是在两期褶皱的应力方向呈高角度相交的情况下形成的。由于早期褶皱轴面与岩层产状的差异，可形成不同类型的叠加褶皱：

横跨叠加：早期褶皱轴面直立、开阔。

迁移叠加（移褶）：早期褶皱强度中等。

重褶叠加：早期褶皱强烈，岩层紧闭或同斜。

斜交叠加褶皱

是在两期褶皱应力斜交的情况下形成的。

（二）叠加褶皱对矿体的改造

叠加褶皱对成矿时代较早的沉积矿床及沉积变质矿床的矿体形态产状的改造十分显著。通过细致研究，查明其变形历史对指导找矿有重要的指导意义。

（三）叠加褶皱对成矿的控制

叠加褶皱对成矿的控制既可表现为直接控制热液矿床的形成，又可表现为对岩体产出位置的控制，进而对矿体产出的控制。

第四章 断裂构造的控矿作用

断裂构造包括各种断层和裂隙，对许多矿床的形成和分布有重要控制作用。在内生矿床中，断裂既是成矿流体运移的通道和停积场所，而且也是矿质活化迁移的主导因素之一。在外生矿床中，断裂构造影响沉积环境和沉积场所，控制矿床的空间分布和保存条件。成矿后断裂可使矿床受到明显的改造。

一、断裂的形成

断裂的形成主要是挤压、引张和剪切应力作用的结果，而最基本（常见）的是水平或近水平的挤压作用。在水平压应力作用下，岩块达到极限强度时，在平面上发生两组共轭剪裂隙和一组横张裂隙。这时的压应力和张应力均为水平方向，中间应力为直立。随着形变的进一步发展，在横剖面上也出现两组走向相同、倾向相背的压性破裂面，偶尔有近水平的张裂隙。此时，在压应力方位不变条件下，张应力与中间应力方位发生了转化，张应力由原来的水平改变为垂直方向，而中间应力则由垂直方向变为水平。因此，理论上，在水平应力作用下，断裂系统有六组。

为了形象地描述岩石的应变状态，常以椭球的形态和方位来表示岩石的应变状态——应变椭球体。应变椭球有三个互相垂直的应变主轴，沿主轴方向只有线应变而没有剪应变。分别以 A、B、C（或 X、Y、Z）来表示最大、中间和最小应变轴。包含应变椭球中任意两个主轴的平面称为主平面。

纵弯褶皱形成时会产生切穿整个褶皱的断裂和数组微细裂隙。褶皱形成时岩石会发生体积应变。在水平挤压条件下，岩石首先在直立的方向上受到拉伸，这时最大的拉伸轴 A 是直立的，而 C、B 轴是水平的，且 C 轴垂直于褶皱轴。此外，褶皱形成时在水平方向上，即沿褶皱轴的方向上，也要产生拉伸。这时 A 轴是水平的，沿褶皱轴伸长，而 C 轴保留在原来的位置，B 轴是直立的。所以体积应变就像是分解为两个平面的应变一样，即变形有剖面变形（垂直变形）和平面变形。前者应变椭球的 A 轴是直立的，B 轴是水平的；后者应变椭球的 A 轴是水平的，B 轴是直立的。

两个平面变形的关系：认为是先后关系或是深度不同造成的，在浅部 A 轴是直立的，而在深部 A 轴是水平的。

二、断裂构造对矿田矿床的控制

矿田矿床的形成与分布常受不同级别断裂构造控制，一般而言，一级断裂构造控制成矿带，二、三级断裂控制矿田矿床分布，四、五级断裂控制矿床矿体展布。

矿田矿床产出的断裂构造部位：主干断裂旁侧次级断裂或其与次级断裂交汇处，不同方向断裂交汇处，大型断裂走向变化部位，断裂与有利岩层或其它构造交切地段。

三、断裂构造对矿体的控制

（一）矿体的分布与断裂的关系

断裂是控制矿体形成分布的重要因素。断裂构造对矿体控制作用的表现：断裂的有利空间提供了赋矿场所；断裂切割不同物理及化学性质的岩石时，在不同岩层中可以有不同的成矿方式；断裂本身的构造泥阻止矿液上升而成矿；断裂中充填有不透水岩墙而遮挡成矿；断裂作用使不透水层覆盖于断裂上盘阻挡矿液而成矿。

（二）断裂的张开部位对矿体的控制

各种性质的断裂都可以有矿体产出，但矿体并非沿整个断裂分布，而是在断裂的局部有利地段产出。这种局部有利地段常是断裂的张开部位。

断裂的张开部位主要受产状变化的制约。断裂产状变化的原因：两组剪裂隙基础上的追踪张裂隙；断裂在穿过不同性质岩石时发生折射；断裂面弯曲时，不同部位受力情况不同；不同期次构造作用造成断裂性质改变。

由于断裂面弯曲的，在同一应力下，不同部位受力情况不同，某些地段形成了张开空间，控制矿体产出。即正断层产状变陡处；逆断层产状变缓处；左旋平移断层走向向偏左方向弯曲部位；右旋平移断层走向向偏右方向弯曲部位为成矿的有利空间。

（三）羽状裂隙及雁行状裂隙对成矿的控制

断裂旁侧的岩石，在断裂面扭动过程中可以产生羽状裂隙。羽状裂隙基本的有三组，与主断面斜交的张裂隙、剪裂隙，与主断面平行的剪裂隙，但后者发育较少。

在弯曲断裂错动过程中，不同部位发生的羽状裂隙性质不同。在主断裂摩擦部位发生张裂隙，主断裂张性地段发生剪裂隙；在羽状裂隙与主断面交汇处可形成富矿柱；有时羽状裂隙中的矿体比主断裂中的还多。

雁行状裂隙与羽状裂隙的形成相似，是在一对扭力的作用下形成的，不同的是没有主断面的发育。在扭力作用下，可以形成一组雁行状张裂隙，也可形成一组雁行状扭裂隙，还可沿共轭剪切带形成两组张裂隙。由剖面上的扭力作用形成的雁行状矿脉有不同的延深。平面上的雁行状矿脉有相近似的延深。同一列矿脉之间具有（似）等距性。

四、韧性剪切带及其对成矿的控制

韧性剪切带又称韧性断层，是岩石在塑性状态下发生连续变形的狭长高应变带。是地壳中深一深层次的主要构造类型之一。

韧性剪切带在露头尺度上一般见不到不连续面，带内变形和两盘的位移完全由岩石塑性流变来完成。因此，剪切带与围岩之间无明显的界线，但两侧岩石发生了相对位移。是“断而未破、错而似连”的带状构造。当围岩中的标志层通过剪切带，会发生方向的变化及厚度的改变，剪切带中的矿物组分及粒度也发生一定程度的变化，形成一系列的构造上和岩石学方面的特征。

（一）韧性剪切带的特征：

韧性剪切带是较深层次的构造变形。分布形式有平行带状韧性剪切带、共轭韧性剪切带。规模大小不一，小型韧性剪切带长几厘米或几毫米，大型和巨型韧性剪切带长几十公里，甚至达几百至上千公里。

韧性剪切带中的岩石主要是糜棱岩系列的岩石。糜棱岩由细粒化的基质和碎斑组成，岩石中基质的多少反映糜棱岩化的程度，据其含量可分为糜棱岩化的岩石、初糜棱岩、糜棱岩和超糜棱岩。随着变形后重结晶的增高，糜棱岩转变成各种结晶片岩，据其结晶程度和结晶颗粒大小分为千糜岩、变余糜棱岩构造片岩和

构造片麻岩。

韧性剪切带中常发育面理与线理。主要有两组面理，剪切带内面理（S）、糜棱岩面理（C），形成 S-C 结构。

韧性剪切带中的鞘褶皱。是韧性剪切带中一种特殊的 A 型褶皱，常成群出现，大小不一，以中小型为主。呈扁圆状或舌状甚至圆筒状，多为不对称褶皱，沿剪切方向拉得很长。

韧性剪切带中的微观特征：如云母鱼、长石碎斑系等。

（二）韧性剪切带与成矿的关系

韧性剪切带与成矿的关系近些年来受到高度重视，特别是金矿床。

剪切带中的金矿床特点是：与剪切带在空间上密切相关，大的金矿床分布在剪切带内，小的矿化点产在剪切带的外部或边缘。有些金矿床常常呈带状，矿体呈透镜状、脉状、布丁状和肠状，表明它们是剪切带的一部分。

区域性韧性剪切带控制矿带和矿田分布，二级脆性—韧性剪切带控制矿床，三级韧性剪切带中的糜棱面理和脆性—韧性剪切带内的裂隙系统控制矿体的形态、产状和分布。

许多产于韧性剪切带中的金矿，其成矿作用不仅与韧性剪切带有关，更与其后的脆—韧性剪切或脆性剪切有关。因此，按含金矿的剪切带类型可将剪切带型金成矿系列划分为脆性剪切带型、脆—韧性剪切带型和韧性剪切带型。

韧性剪切带型金矿，产于绿片岩相条件下，通常位于基底结晶岩系内，围岩以糜棱岩类岩石为主。金矿体的形态、产状、矿化深度和强度都严格受韧性剪切带控制。矿体总是产于剪应变最强的部位。河北金厂峪金矿、广东河台金矿。

产于韧性剪切带中的金矿通常有逐步富集的过程，在糜棱岩化过程中，剪切作用可以使原岩中的金发生迁移，形成浸染状、细脉浸染状矿化。在有的矿床中含金量与糜棱岩带变形强度呈正相关。

在糜棱岩阶段之后的脆性变形阶段，岩石孔隙增大，有利于后期热液的活动和矿质的析出，可形成脉状以及蚀变岩型的富矿。

五、逆冲推覆构造对成矿的控制

逆冲推覆构造或推覆构造是由逆冲断层及其上盘或逆冲岩席组合而成的构造。逆冲推覆构造主要产出于造山带及其前陆，一般是挤压或压缩作用的结果。

逆冲推覆构造由三部分组成：核心是逆冲断层、上盘为推覆体、下盘为掩覆体。

一个规模较大的逆冲推覆体的不同地段变形特征不同。在逆冲方向上可分为根带、中带和锋带。

推覆构造对矿床的控制：

推覆构造对多种类型矿床有控制作用，包括石油、煤，Fe、Cu、Pb、Zn、W、Sb、Hg、Au、Ag 以及高岭土、硫等矿床。

逆冲断层面控矿。作为主滑面，强烈应变引起应力、热力作用，使围岩中金属元素活化、迁移、富集，使来自深部的流体沿滑动面运移，有利于矿床的形成。

推覆体控矿。推覆体沿逆冲断面活动过程中形成类型多样的控矿构造：层滑断裂，层间破碎带，褶皱，脆—韧性剪切带等。断块夹控矿。双重逆冲构造中的断块夹也有利于成矿。

下伏系统中的矿床。被推覆体掩埋的下伏系统中，可形成多种规模大的矿床。

主要情况有：先存矿体被推覆体掩埋保存；主滑面的屏蔽作用导致下伏岩系中成矿；矿源层被推覆到储矿层之上，形成地下水淋滤矿床。

六、剥离断层对成矿的控制

剥离断层是伸展构造区一种平缓产出的铲状大型正断层。并且往往伴生变质核杂岩体。剥离断层是一条重要的构造界面，一般产出于基底与盖层之间。其上为剥离上盘，其下为剥离下盘。上剥离盘是一套浅层次的正断层组合，下剥离盘为变质核杂岩（体）。其特征是水平拉伸，分层正向剪切

剥离断层的控矿作用：

剥离断层往往是一条金属成矿带，我国长江中下游某些铁、铜矿，美国西部某些大型低品位金银及多金属矿，澳大利亚某些金矿等都与剥离断层有关。这些矿床主要产于剥离断层中，剥离断层与次级断裂的交汇部位，次级断层中，在糜棱岩中也有矿化。

变质核杂岩的基底通常是太古宙的结晶基底，在有利的地段常作为金的矿源层。与地幔上隆有关，常形成大量幔源的基性岩墙及沿剥离断层侵位的岩席或岩体，伴之而来的幔源的金属元素（如铜）成为后期成矿的物质基础。

伸展作用导致的地壳变薄和地幔上隆造成了变质核杂岩区的高地热梯度或高热流环境，有利于地壳下部岩石的混合岩化和重熔，使以壳源为主的中酸性岩浆活动常发育于变质核杂岩的中心部位，为成矿元素的迁移提供了热能和部分热水源。

下盘岩石在地壳深处以韧性变形为主，形成网络状韧性剪切带，在变质热液、岩浆热液作用下，形成了还原环境下的热液循环系统。上盘脆性破裂体系构成与大气降水体系相连的氧化环境下的水热循环系统。二者在剥离断层附近交汇，形成氧化-还原带，成为矿质沉淀的地球化学有利带。

随着沿剥离断层的正向拆离，沿断层带下盘的岩石从深部的韧性域进入上部的脆性变形域，随着围压的降低，岩石易于碎裂和扩容，形成张性低压空间，成为矿液沉淀的有利物理空间。造成大量角砾状、脉状和网脉状矿石沿剥离断层带分布。

第五章 侵入体构造的控矿作用

一、概述

侵入体构造是指岩浆侵入到上覆围岩时，在流动期中和冷凝过程中以及冷却以后，主要由岩浆活动的力量，在侵入体内外形成的各种构造。包括侵入体内部构造，侵入体形态、产状特征及其与围岩接触带构造、岩浆多期次侵入构造等。

大多数内生矿床的形成与其有密切的时空关系，矿体既可以产于侵入体内部，也可产于侵入体与围岩的接触带或接触带邻近的围岩中。

二、侵入体的形态、产状及其影响因素

（一）侵入体形态和产状的确定

地质方法：接触面的产状、流动构造、接触变质带以及岩体边缘相的范围和宽窄变化等的观测与研究。

地球物理方法：根据重、磁、电法异常的形态、大小及强度等，推断隐伏岩体的规模、形态和产状以及不同深度的变化情况。

遥感地质方法：根据航、卫片上地形地貌、植被、色调差异、风化剥蚀特征等，解译出岩体的全貌及形态产状。

（二）影响侵入体形态和产状的主要因素

岩体形态产状是岩浆与围岩相互作用的结果，岩浆对围岩起同化、改造、破坏、吞蚀作用；而围岩对岩浆侵入起限制、削弱（吸热、减弱动能）作用。由于围岩、构造、岩浆之间的多种配合关系，而形成各种形态产状。影响侵入体形态和产状的主要因素有：岩浆上升侵位机制和侵位时的构造活动特征；岩浆的机械活动性和化学活动性；岩浆侵位深度及侵位时的围岩的特征等。

岩浆上升侵位的机制：

底辟作用：岩体一般较大，岩体产状及内部组构与围岩的片理产状一致，往往是无根的整合侵入体。

顶蚀作用：岩体与围岩层理面的产状相切，形成不整合侵入体，岩体边缘带可见不规则状、棱角状的围岩捕虏体。

岩墙扩展作用：主要发生在张性断裂带，形成不整合的深成侵入体。

火口沉陷作用：形成环状杂岩体。

据侵位时的动力学特点，分为主动侵位和被动侵位。底辟和气球膨胀属主动侵位，多形成等轴形态的整合侵入体，主动侵位的岩体往往是同构造期的岩体；顶蚀、火口沉陷、岩墙扩展属被动侵位，岩体一般为不整合侵入体，是构造岩浆活动较晚期的岩体，在侵位期间围岩没有遭受变形，岩体形态不规则，内部定向组构不发育。

三、侵入体内部构造的控矿作用

侵入体内部构造包括岩体的原生构造和叠加于岩体之上的次生构造。侵入体原生构造是指岩浆侵位、冷凝、固结成岩过程中所产生的构造，包括火成堆积构造、原生流动构造、原生破裂构造等。次生构造是指在岩石固结之后所产生的构造，包括断层、破碎带和片理化带等。研究这些构造对恢复侵入岩体的形态，侵入时的热动力状态，分析形成机制和有利成矿空间都具有意义

（一）火成堆积构造

基性超基性岩浆在结晶分异过程中，由于重力分异作用的多旋回性，不同成分的矿物晶体群有规律地依次晶出沉淀，反复多次，形成韵律层带构造。这种韵律层带构造是有“火成堆积”作用形成的。受火成堆积构造控制的矿体为层状、似

层状，多层产出，产状稳定，韵律结构明显。

（二）原生流动构造

原生流动构造是在岩浆流动过程中，由于岩浆内部某些先期结晶的矿物颗粒、析离体或捕虏体等，受岩浆流动的影响发生定向排列而成。包括流线和流面，它们发育于侵入岩体的边部和顶部。

一般在超基性、基性和碱性岩中流动构造较发育，而在花岗岩中流动构造发育较差。浅成的、小型的侵入岩体比大型侵入岩体中的发育。与原生流动构造有关的矿床主要见于大型的超基性和基性侵入岩体中。

（三）原生破裂构造

原生破裂构造是指侵入岩体在岩浆晚期冷凝阶段发生脆性变形，形成的产状不同、性质各异的裂隙构造。它们是在侵入体基本成岩时，至少是在岩浆体的边缘和顶部已经冷凝成岩时产生的。包括横节理、纵节理、层节理、斜节理、边缘节理和边缘逆断层等

（四）水力破裂

水力破裂是岩浆冷凝结晶过程中发生的“退化沸腾”或“二次沸腾”作用、流体压力急剧增大所产生的。这种退化沸腾所产生的瞬间压力很大，超过已固结岩浆岩和围岩的抗张强度，促使它们产生破裂。这些破裂常形成于侵入体的顶部，由岩体冷凝壳自下而上扩展，直达顶部围岩，产状陡立。通常在中浅成岩体顶部和接触带附近较发育。是斑岩型矿床的重要容矿构造。

四、侵入接触构造及其控矿作用

侵入岩体的接触带构造，简称侵入接触构造。通常是含矿熔浆或热液运移和富集的有利地段，尤其是富矿石的产出场所。在与岩浆侵入活动有关的矿床中，接触带构造是最重要的控矿构造类型之一。与断层、褶皱等构造类型相比较，接触带构造与矿石有着更直接、更密切的时、空和成因上的联系，有着独特的控矿作用。在侵入岩体的接触带附近可形成多种类型矿床。

侵入接触构造通常分为内、中、外三个带：内接触带指岩体的边缘相带；中接触带相当于侵入接触面，为正接触带；外接触带指围岩受侵入接触变质而成的局部性变质带。

与接触带构造有关的矿床，矿体常出现在接触带的偏斜和转折部位，因此，研究接触带构造时，首先要注意接触面的产状及其变化。

（一）侵入接触构造的基本类型

1. 简单接触带：岩体与围岩界线较清楚，岩体边缘有冷凝边、冷缩裂隙、流动构造，近岩体的围岩中有热变质现象。如无后期构造叠加，则含矿性差。

2. 混染接触带：侵入岩浆与围岩成分差别大，岩浆的化学活动性较强，易发生同化混染作用，使岩体边缘相发生成分及结构构造的变化。界限模糊，常遭受后期热液交代，有可能产生矿化。

3. 构造叠加接触带：在接触带形成之后，遭受区域构造的叠加，使原始接触带受到改造，形成与断裂、破碎带或角砾岩复合的接触带。是主要的控矿构造类型。

4. 多次侵入接触带：在一些复合岩体中，由于岩浆的脉动式侵入而生成多期次侵入接触带。可以多期成矿，也可与其中一次接触带成矿。

5. 热液蚀变接触带：由于深部流体或地下热水作用，在接触带产生热液蚀变，导致矿化富集。

（二）侵入接触构造的发育阶段

一个具有一定规模的侵入体，从岩浆侵入、冷凝到固结成岩，是一个漫长的过程。随着岩浆动力、温度及变形特征的变化，其接触带构造也会发生改变。

1. 岩浆侵入阶段：岩浆沿构造薄弱带侵位，对围岩发生改造或同化，并驱动地下水，形成变质晕圈。

2. 流动构造阶段（接触热变质阶段）：岩浆继续侵入，不断扩大体积，热能增加，使围岩发生热变质、塑性流变。在岩浆体边缘形成原生流动构造。

3. 破裂构造阶段（热液阶段）：随着岩浆体冷凝固结，温度下降，塑性形变向脆性变形转变，进入破裂阶段，接触带成为构造软弱带，有利于热液活动和矿石堆积成矿。

4. 叠加构造阶段（后期改造阶段）：岩体完全固结后，在区域构造作用下，产生叠加构造系统。

（三）侵入接触构造的基本特点

1. 具有显著的变质作用，包括热变质、热动力变质及同化混染。

2. 具有复杂的立体构式，环绕侵入岩体、形态复杂的构造岩石带。

3. 由深到浅的垂直方向贯入，以垂直作用为主，也有顺层贯入作用。

4. 经常利用和改造其它构造型式，既利用褶皱、断裂空间，在形成后也有褶皱、断裂构造的叠加。

5. 在形成机制上，机械作用与化学作用结合的产物。

6. 具多变性，接触带构造形变复杂，变化大。因为接触构造变动受多种因素影响。

（四）侵入接触构造体系

岩体侵入前、侵入期和冷凝过程中以及成岩后所形成的各种构造要素组成的构造体系——侵入接触构造体系。是侵入岩浆与围岩之间的热力的、机械的和化学的作用的综合产物，是构造、岩浆、围岩和热液等复合作用所形成的多种要素（流变、热变质、节理、褶皱、断裂、蚀变、交代等）组成的一个构造系统。在其它有利成矿因素的共同作用下，在该体系的一定时空段中发生矿石堆积，称为控矿侵入接触构造体系。

侵入接触构造体系的基础或主体是在同一期岩浆作用中形成的。后来的叠加构造是体系中的次生成分。侵入接触构造体系产生的动力是：岩浆的热力、机械力和当时区域中的局部应力。在具备成矿流体与成矿物质、有利物理化学等条件时，可形成矿石堆积，构成了成矿接触构造体系。成矿接触构造体系的形成有阶段性，空间分布有分带性，各种构造要素的形成机制有相关性。

（五）典型的控矿接触带构造

断裂—接触带构造：接触带形成后有断裂构造叠加。

多期次侵入接触带构造：由岩体多次侵入形成。

接触热动力变质构造：在接触带附近，围岩发生塑性流变形成的一套构造形迹。

接触-圈闭构造：接触面与有利岩层组合而成的复合构造。

叠加褶皱接触带构造：在两期背斜构造叠加部位控制的接触带。

复合接触构造：由侵入体与有利层位、地层界面、裂隙带等构造交切而成的复合构造。

五、多期次侵入构造对成矿的控制

由多期次侵入形成的岩体为复式岩体或侵入杂岩体。在一个侵入杂岩体内，岩浆侵入期次可达 4—5 个以上。多期侵入体指由不同成分侵入岩构成的岩体。

多次侵入体指由成分相近的侵入岩组成的岩体。在侵入杂岩体中所占体积最大，起决定作用的侵入岩称为主要侵入体；如果第一期的侵入岩规模不大，所占体积小，称为初始侵入体；在主要侵入期岩石之后、在脉岩侵入前形成的侵入岩，其规模也不大，成为补充侵入体。初始侵入体、主要侵入体和补充侵入体都是在同一地质时代、相似的地质条件下先后侵入的。

1、多期次侵入构造与成矿的时间关系

在侵入杂岩体中，不同期次的侵入岩可能都伴随有矿化，但矿化类型或矿化规模有变化；也有的只是其中某一期或晚期伴随矿化。

2、多期次侵入构造对成矿空间的控制

在侵入杂岩体中，不同期次侵入岩之间可出现几个接触带，早期岩体是后期岩体的围岩，而后期岩体依附、穿切早期岩体，形成新的接触带。按照岩浆—矿化作用的次序和所占的空间位置，分为那为单一中心式，多中心式。其排列规律不尽相同。

第六章 火山构造的控矿作用

一、概述

火山构造是指火山作用形成的各种构造要素。包括火山喷溢、爆发以及地表下火山侵入体（次火山岩体）及其周围岩石中产生的一系列构造形迹。一个发育良好的未经破火山口阶段的火山构造由火山锥、火山口、火山通道和次火山岩体等组成。

火山锥是指火山喷发或喷溢出地表的火山物质环绕火山喷发中心堆积而成的锥状地质体。

火山口是指火山颈顶部的凹陷，是火山物质向外喷发或喷溢的主要出口，它一般发育在未经剥蚀的现代火山锥的顶部，在古火山地区往往不再保存。

火山通道指火山岩浆源与地表相连接的构造管道。

次火山岩指与相应的火山岩同源，由同期同一火山作用形成的浅成—超浅成侵入体。

我国火山岩分布较广，有重要的找矿前景。

二、火山成因矿田构造的类型

1. 火山穹窿构造：包括火山穹窿轴部的火山通道；火山穹窿斜坡上和穹窿间的同火山洼地构；火山层理构造；火山穹窿顶部放射状裂隙构造。

2. 破火山口构造：包括破火山口中的火山通道构造；环状、圆锥状、放射状断裂构造；具中心型构造的环状、圆锥状、放射状岩墙；火山层理构造。

3. 火山—构造洼地：包括火山层理构造；层间断裂构造。

4. 线性火山构造：包括线性火山通道构造；断裂构造；火山层理构造。

5. 次火山岩构造：包括原生裂隙构造；角砾岩体构造；接触带构造；断裂构造。

三、火山穹窿构造及其对成矿的控制

火山穹窿构造是指岩浆物质向地表运动或向外溢出时形成的大型穹状隆起构造。

火山穹窿形成的原因：由中心型火山喷发、喷溢物聚集在火山口附近而成；火山岩浆向地表垂直运动而形成的穹状隆起；二者复合而成。

1、火山穹窿构造的特点

平面上呈圆形、椭圆形，剖面上呈拱形，规模大小不一；穹窿顶部岩层近水平，四周岩层呈围斜状，与下伏地层为不整合接触；分布于区域构造隆起、区域复背斜核部断裂交汇部位、深断裂交汇部位。大型火山穹窿构造控制矿田，小型火山穹窿控制矿床。

受火山穹窿构造控制的矿床或矿体主要产于火山穹窿构造轴部的火山通道、次火山岩体、层间裂隙或火山层理、各种断裂及片理化带。

2、火山穹窿轴部的火山通道构造及其控矿作用

火山通道是火山穹窿构造的二级单元，位于火山穹窿的轴部，单个火山通道直接控制矿体的产出。火山通道呈筒状、锥状等形态，产状直立陡倾；火山通道常充填有火山角砾岩、熔岩、熔岩角砾岩、凝灰岩等。根据火山通道的形状、充填物成分等分为五种类型

具同心的或浑圆形断面的火山通道：充填由凝灰岩，次有熔岩及其角砾岩。气体爆发成因。产出的矿体多为筒状、柱状、巢状和网脉状。

圆锥状的火山通道：主要充填熔岩，少量熔岩角砾岩和凝灰岩。由熔岩喷发

而成（少量气体爆发）。矿体产于裂隙—角砾岩带中，呈脉状、网脉状。

线状断面的火山通道：充填有凝灰岩、熔岩和熔岩角砾岩。是沿断裂带产出的现状火山通道。矿体为脉状。

数组断裂围成的多角形断面的筒状火山通道：充填有熔岩和熔岩角砾岩。由熔岩喷发而成。

复杂形态的火山通道：为火山作用的各种产物所充填，是气体爆发和熔岩喷发交替形成的。分布广。控矿作用明显，如碳酸岩矿床。

3、火山穹窿斜坡上及同火山洼地构造及其控矿作用

同火山洼地是与火山穹窿形成时间相近，空间上相连的火山热液—沉积盆地。其中除火山物质外，还堆积有碎屑质、泥质和硅质沉积物。是火山热液—沉积型的块状硫化物铜、铅锌矿，铁锰的氧化物矿床形成的有利场所。

在火山喷发的晚期或间歇期，当含矿火山气液沿断裂或片理化带到达海底时，由于物理化学条件改变，矿质通过化学作用或与沉积物发生作用而沉淀成矿。有些形成在穹窿斜坡上的矿石，在海水冲刷或气体爆发作用下破碎，沿斜坡向洼地运动沉积成矿。矿体为似层状、透镜状，与围岩整合（如黑矿型矿床）。

4、火山层理构造的控矿作用

沿火山物质堆积形成的层理构造或层间裂隙常有矿体的产出，矿体顺层理分布，呈层状、似层状、透镜状。在火山喷发作用间歇期或晚期，含矿火山热液顺火山层理发生交代作用形成火山热液交代型矿床。在火山喷发过程中，经过深部分异的有用组分和熔浆相继喷出到地表和空中，通过自重分异作用堆积成矿，形成火山喷发—沉积型矿床。在火山熔浆物质喷溢过程中，深部岩浆分异作用形成的富矿熔浆（矿浆），喷溢到火山口周围堆积成矿，形成火山喷溢型矿床。

5、火山穹窿顶部放射状裂隙构造的控矿作用

在火山穹窿形成过程中，由于岩浆上升的冲击作用和上隆膨胀作用，产生了一系列围绕火山活动中心分布的放射状张裂隙。在这些放射状张裂隙中，常有热液充填作用形成的脉状矿床。如坎拉依特多金属矿田产在一个椭圆形的火山穹窿中，大多数矿床（点）沿从穹窿中心向外呈放射状分布的岩墙和裂隙中产出。

四、破火山口构造及其对成矿的控制

破火山口构造是火山顶部沉陷（塌陷）后形成的火山构造。其特点：平面上呈椭圆形、圆形，部分不规则状。剖面上呈漏斗状，构成下陷盆地。熔结角砾岩、熔结凝灰岩发育，还常见各种火山碎屑岩及湖相沉积岩，次火山岩体发育。发育环状、半环状、圆锥状、放射状的断裂和岩墙，在破火山口范围内，有一个或几个火山通道及残余的火山锥、火山口。火山岩的产状在中部近水平，边缘变陡，向内倾斜。在环状断裂以外，呈围斜状向外倾斜。重力、磁力异常呈环带状分布。以多相火山—深成杂岩为主。在构造稳定区多为超基性—碱性和碳酸岩杂岩，在构造活动区和造山带为流纹岩—英安岩建造、流纹岩建造和流纹—花岗岩建造。有大量的熔结凝灰岩和凝灰岩物质。

1、破火山口构造成因与演化

按破火山口构造的成因可分为爆发式破火山口和塌陷式破火山口。

爆发式破火山口：由于火山的多次猛烈爆发，崩塌了火山口上部的巨量岩石而形成的。规模一般较小。

塌陷式破火山口：在火山活动的晚期，火山机构可沿环形断裂塌陷而成。其原因可能是浅部岩浆囊喷发，或是岩浆回撤、火山自身塌陷时形成的。大量岩浆的撤退可能是由于其构造支撑的丧失而造成的。

由塌陷或塌陷与爆发复合形成的破火山口规模大，直径可达几公里或几十公里。某些破火山口形成后，经过一段时间，断块再上升，形成复合破火山口。

大型破火山口是控制矿田的一级火山构造。其火山通道、次火山岩体、岩墙、爆发岩筒和各种断裂构造是控制矿床、矿体产出的重要构造条件。

2、破火山口中的火山通道、断裂及其控矿作用

在破火山口矿田范围内，其火山通道、次火山岩体、岩墙、爆发岩筒和各种断裂构造是控制矿床、矿体产出的二级构造单元。

破火山口的火山通道，其主要特征通常是具有环状、半环状或锥状断裂。在某些情况下还可有放射状断裂，但有时也可不存在这些断裂。在这些断裂中，往往赋存有许多重要的矿体。

环状、圆锥状、放射状断裂，主要是由于中心式火山喷发活动，围绕火山口及通道而形成的裂隙，或者地表岩块崩塌形成塌陷破火山口的同时，其周围出现环状裂隙的结果。它们往往被后来的含矿热液或岩浆充填，形成环状、放射状矿脉或岩墙。有些岩墙，如富含稀有稀土金属、磷灰石—磁铁矿的碳酸岩岩墙，本身也是矿体。

五、次火山岩构造及其对成矿的控制

次火山岩构造的含义：次火山岩是与火山岩在时间、空间和成因上有密切联系的浅成-超浅成的侵入体。其形成深度小于 1.5Km，岩石具有明显的斑状结构，岩体内部的原生裂隙及角砾岩体十分发育。在次火山岩发育过程中（侵入—冷凝过程中）形成的一套构造要素，称为次火山岩构造。

次火山岩构造的特点：由于次火山岩形成环境浅，岩体内部的原生裂隙及角砾岩体十分发育，成矿期构造裂隙叠加强烈，但热流变构造不发育。剥蚀较浅的火山岩区，常作为火山岩构造的控矿单元之一；强烈剥蚀区，常成群成带分布，构成次火山岩田。其分布受断裂裂隙控制明显，多组断裂交汇部位是次火山岩田及其有关矿田产出的有利部位。

次火山岩体的原生裂隙、角砾岩体、接触带及叠加的构造裂隙等直接控制矿床、矿体产出位置、形态、产状及规模。

1、次火山岩体原生裂隙构造控矿

次火山岩体侵位浅、冷凝快。因此原生裂隙构造发育。主要有边缘冷缩裂隙带、层带状裂隙带、钟状构造等。是控制矿体分布的构造类型。

2、角砾岩体构造及其控矿作用

角砾岩体构造是浅成岩浆作用的一种特殊形式，多数情况下同浅成侵入体和次火山岩紧密伴生，并与金属矿化有密切的空间和成因上的联系。

含矿的角砾岩体按成因不同可分为：隐蔽爆发角砾岩体；塌陷角砾岩体；侵入-接触角砾岩体。

（1）隐蔽爆发角砾岩体构造

隐蔽爆发角砾岩体是指在地下一定深度由气体爆发作用形成的角砾岩体（简称隐爆角砾岩体）。在火山岩浆演化到一定阶段，常形成富含挥发分的岩浆（H₂O、H、Cl、CO₂、F 等）。当这种岩浆迅速上升到地壳浅部时，物理化学条件发生骤变，主要是压力突然降低，导致岩浆具有盈余能量并迅速气化和分熔，挥发分在岩浆柱顶部大量聚集，剩余能量释放引起气体产生强烈的地下爆破作用，使周围的岩石强烈破碎，形成隐蔽爆发角砾岩体。爆发作用产生的角砾岩，也可以在高速上升的气流作用下，进行远距离迁移，从而形成侵入角砾岩体（脉）。

隐蔽爆发角砾岩体的主要特征：分布于次火山岩或浅成侵入岩体（小于 2km）

的顶部及其附近围岩中。有些受断裂构造控制。与围岩呈侵入状接触关系，呈筒状、蘑菇状、脉状、不规则状等，一般上大下小，到深部逐渐尖灭。角砾大小不一，几米—几十毫米，无分选性，有明显位移。角砾形态为棱角状、浑圆状等。角砾成分主要是斑岩、玢岩和附近围岩，有时见深部岩石角砾。胶结物主要是气化热液蚀变及矿化产物、同源熔浆物质和同成分的碎屑物。

具有角砾构造分带，从中心向外为强角砾岩化带—弱角砾岩化带—裂隙化岩石带—裂隙不发育的围岩。在裂隙化岩石带内常出现压性弧形断裂与放射状断裂。隐爆角砾岩体内通常有较强的围岩蚀变，如绿泥石化，硅化、钾长石化、黄铁矿化、碳酸盐化等。

隐爆角砾岩体是斑岩型、玢岩型矿床的重要控矿构造。隐蔽爆发角砾岩体中的矿化富集形式：全筒式矿化：整个角砾岩体都富集成矿。环状、半环状状矿化：矿化富集于角砾岩体边部，横截面呈环状、半环状状。复合式矿化：筒状或环状矿体与脉状、网脉状等矿体共生产出。

（2）塌陷角砾岩体及其控矿作用

塌陷角砾岩通常是在次火山岩上部，由岩石塌陷作用形成的。其原因：岩体冷凝过程中的收缩裂隙和虚脱空间，进一步发展成为局部的塌陷作用。形成的角砾岩体规模小。

在隐爆角砾岩体顶部，因震裂塌陷而形成塌陷角砾岩。与隐爆角砾岩体在空间上相伴。聚集在岩体冷却壳下的气泡出溶而引起的塌陷作用。当深成岩体与富水的围岩接触时，其表面迅速凝结成一个不透水的固体壳，岩浆水不断从当时仍处于半熔融状态的岩体中出溶，并向上运移聚集在冷却壳下，形成气泡。随着蒸气压力的增大，发生穿透作用，使气体逸散，蒸气压力降低，导致气泡顶部及边部的岩石坍塌，形成塌陷角砾岩体。

塌陷角砾岩体的特征：分布在侵入岩体顶部，平面上为椭圆形，剖面上呈盆状或筒状。塌陷角砾岩体中，角砾主要是岩体本身的破碎、顶部围岩的破碎而成。其形态为棱角状，板状。塌陷角砾岩体中有大量空洞，是有利的容矿空间。

第七章 矿田构造的若干时空规律

控制成矿的各种构造,是在不断发展和变化着的。了解控矿构造的时间演化与空间展布规律,把构造与成矿的时间、空间和物质运动有机结合起来,全面历史地研究构造与成岩成矿的关系,才能更深刻地认识成矿构造特征以及构造对矿床的控制作用。

通常是根据构造与成矿作用的时间关系,将矿田构造的发展阶段划分为成矿前构造、成矿期构造和成矿后构造。控矿构造的空间展布规律主要表现为构造的等距性、构造的分带性。

一、成矿前构造

(一) 成矿前构造特征

成矿前构造是指成矿作用前已存在的各种构造要素。它经常是控制矿田、矿床和矿体展布的基本因素。

对于沉积、沉积变质矿床,成矿前构造主要是指控制沉积的盆地以及盆地边缘的断裂。如弧间盆地、弧后盆地、陆缘裂谷盆地等控制海相沉积矿床。

内生矿床的成矿前构造,包括五个方面:控制岩浆-矿化活动的区域构造;成矿前地层的原生成层构造;成矿前中深成侵入体及次火山岩体的原生构造、接触带构造、火山机构等;成矿前脉岩所充填的断裂裂隙以及成矿前脉岩中的冷缩裂隙;直接发生在矿化作用前的褶皱、断裂构造等。

(二) 成矿前断裂

根据断裂构造与成岩成矿的关系,成矿前断裂构造可以分为三组:控制沉积岩、火山沉积岩系堆积、以及岩层发生褶皱时形成的断裂;控制岩浆侵入或侵入时发生的断裂;直接发生在矿化作用前的断裂。

在同一地区或矿田,这三组断裂可以是不同的。但由于断裂构造活动的继承性,有时同一断裂既控制沉积岩、火山岩系的堆积,又控制着侵入岩的分布和矿化作用。因此,应注意了解断裂与成岩成矿的关系。

断裂与沉积岩、火山岩系的时代关系:根据断裂是否被沉积岩层或火山岩层所覆盖,查明断裂形成的年代上限。

断裂与侵入岩体的时代关系:岩体常沿构造软弱带侵入。根据岩体有规律的排列、形态产状,构造角砾等,确定成岩前断裂的存在。

在成岩后、矿化作用前的断裂,主要特征:矿化带、矿体、蚀变带沿断裂分布或切过断裂;阻挡含矿流体运动的断裂,紧靠断裂面的矿体呈喇叭状;断裂中没有矿石的角砾,但矿化或蚀变交代了成矿前的构造角砾;断裂控制着矿床、矿体的展布格局,断裂两侧的矿脉具有明显的不对应性;控制上述断裂的高一级断裂。

二、成矿期构造

成矿期构造为矿石沉淀过程中发生的构造变动,包括从矿化作用开始到矿化作用全部结束之间所发生的构造活动。

成矿期构造经常是直接控制矿体的构造,它的多次脉动活动使矿石沉淀具有断续的性质,造成矿体内部结构的复杂性。成矿期间发生的断层、裂隙、角砾岩化等,可使含矿溶液流通的构造反复地张开和闭合,造成不同阶段的矿化在同一断裂裂隙中重叠,易于形成富矿体或富矿段。因此研究成矿期构造有重要意义。

内生矿床成矿期构造的主要鉴别标志:在同一矿体内存在不同阶段的矿石交

错现象或多种矿石结构构造；矿物组合在共生上具有不一致性；矿石矿物的相互割切或胶结；对称带状构造；明显的多阶段交代蚀变作用。

成矿期构造的发生与矿化作用的关系：

在时间上：构造裂隙的生成与矿化作用（矿液充填）基本同步发生。每一阶段的构造活动都伴随有矿石的堆积或矿体的形成。构造裂隙的发生与矿化作用（矿液进入）不完全同步。构造裂隙的形成是先挤压、后张裂，挤压是不成矿，张裂时成矿。不同构造体系的交替时，构造裂隙多次开合，其中挤压体系可能不成矿，而伸展、走滑体系成矿。

在空间上：重叠（或继承）：同一裂隙多次张开，不同阶段矿化重叠。相互交叉切过：不同阶段矿化相互穿插。分布不一致：不同阶段矿化出现分带性。

三、成矿后构造

成矿后构造是指在成矿作用全部结束以后的构造。成矿后的构造变动有尺度或规模的差别。大尺度构造变动影响矿床所在环境的变动。如山体隆升可使地下一定深度形成的矿床被抬升；区域性沉降运动则使浅表环境生成的矿床被深埋，处于更高的温度和压力环境而发生相应的变化。

在矿田矿床内，成矿后构造对大多数矿床都有不同的改造和破坏。包括矿体形态、产状、矿石的构造和结构以及矿物成分的种种变化。构造改造作用既可以破坏矿体的连续性和稳定性，给找矿、采矿工作带来困难；也使某些矿体褶皱加厚，增加单位体积内的矿石储量。成矿后构造对于原生矿床暴露地表后经受风化改造的程度也有重要影响。

成矿后断裂的标志：断裂横切或斜切矿体时，在断裂两侧一般能找到相应的矿体，在断裂中有矿石角砾；矿体与断裂带交汇处有牵引现象，在断裂带两侧的矿体厚度、产状有较大变化；在断裂两侧的矿体可见有氧化现象，在断裂中有表生矿物充填，矿体内可见断层滑动面、断层泥或擦痕等；断裂纵切矿体，断裂上下盘的矿体具有明显不同的结构构造；矿体或矿化蚀变带与围岩为断层接触，而围岩中无矿化或蚀变；成矿后脉岩所充填的断裂；在矿体中或其附近的无胶结物的结构松散的断裂。

四、矿田构造发展史

任何一个矿床的形成总是经历了较长的发展过程。在详细研究成矿前、成矿期和成矿后构造的基础上，可建立矿田矿床构造发展史。

在一些经过系统研究的矿床，经常用成矿期各阶段构造应力场的演变图来表示控矿构造发展史。研究矿田矿床构造发展史，能更深入地认识构造的控矿机理和矿床形成的原因。

五、构造等距性

地壳中某些构造形迹在空间上展布具有等距离分布的特征。既不同尺度的构造带或构造形迹在空间分布上以大致相等的距离有规律的产出。等距离在不同级别、不同序次、不同性质的构造形迹中均可出现，并表现为不同的组合类型。因而存在各种等距离控矿现象，即矿田之间、矿床之间及矿体之间在空间分布上呈有规律的等距分布。

我国地质工作者运用构造等距性控矿规律，预测隐伏矿床（体）有较多成功的实例，如河南灵宝铜钼矿床，山东金刚石矿床，东北的金矿床，浙江的萤石矿，赣南的钨矿等。

构造等距分布的原因

驻波原理被认为是较合理的解释。认为构造形迹等距性的出现与地应力波的

缓弛（膨胀）有关。地壳的每一次构造活动都使有限区域承受应力或释放应力，当应力作用于均质的岩块时，应力的传播具有波动性，在出现驻波的地段，便产生断裂，这些断裂平行而等距分布，因而受其控制的岩体和矿床也相应地呈平行和等距产出。

控矿构造等距性产生的原因还可能由剪切应力、和因不同构造系统复合、叠加而成。

主断裂运动派生的旁侧应力出现沿主断裂分布的等距应力集中带，造成派生次级断裂沿主断裂带等距分布，从而导致矿田内次级断裂控制的矿床呈等距分布。

总之，构造应力的波动传播过程中，能量损失形成呈递变等距分布的构造带，是控制矿带、矿田、矿床等距分布的重要因素。

等距离构造的排列方式：并列式（平行排列）、斜列式（雁行排列）、弧形等间距，菱形网格状（构造结点）、环状等间距等。

六、构造的分带性

构造分带性是控矿构造研究中常见的特征，表现为相同或不同的构造要素在空间上作有规律的分布。构造分带有全球、区域、矿集区、矿田和矿床构造等不同规模。按空间维划分有水平分带、垂直分带和三维分带。按构造要素特征有单一构造要素分带、综合分带或复合叠加分带等。

单一构造要素的分带：可表现为单一断裂裂隙、褶皱、矿体、岩体以及岩石的物理力学性质分带等。它直接影响矿体分布和矿石构造的分带。

矿床构造分带：一般是多种构造要素的综合分带。如多组断裂构造的综合分带，与侵入体有关的综合构造分带，与次火山体有关的综合构造分带等。由于构造要素多样，分带的组合形式也复杂多样。

与侵入体有关的矿床构造分带比较复杂，总体来看，有“体—带—层—脉”或“体—带—脉—层”。体—岩体内部构造，如斑岩型矿化，云英岩型矿化；带—岩体接触带控制的矿体；层—层间构造控制的矿体；脉—断裂裂隙控制的矿脉。

区域构造-矿化分带

区域构造分带是由区域地质构造发展演化决定的。取决于主要的沉积、变质、岩浆活动和区域变形事件，不同地段构造位置不同，构造类型也不同，造成区域性分带。区域构造分带影响着区域矿床的分布，其分带型式多样。