

壳—岩浆的累进演化”效果决定的。

2. 无论是稀有钨锡岩浆矿床或伟晶岩矿床或斑岩型矿床, 其有利位置大体属岩浆构造活动带的翼侧部位、收敛部位、远离岩浆房的上部等。这和岩浆须有足够的迁移分异过程有关。

3. 从专属性规律来看, 区域内若以第Ⅱ系列为主应着重找斑岩型夕卡岩型矿床。若以第Ⅰ系列为主, 应在B型岩带找稀有钨锡岩浆矿床, 或脉状矿床, A型岩带找寻斑岩型或夕卡岩型钨钼矿床。在碱性花岗岩区找Nb、Zr、TR矿床。

4. 在华南地区, 江南古陆以南, 浙闽粤北下古生代以前长期隆起区, 应多注意寻找A型岩浆伴生的斑岩或夕卡岩型脉型铁铜铅锌钼钨锡矿床。

在上述隆起区包围中的赣、湘、桂沉降带, 应多注意和B型岩浆伴生的矿床。

5. 在浙、闽、粤东南沿海火山活动活跃地区, 利于斑岩型铁铜钼钨矿床的形成, 但和内地相比, 其地壳较薄, 挥发分易随火山活动而逃逸(例如浙江境内萤石矿床遍布于火山岩地区), 不利于形成B型岩浆伴生的稀有钨锡矿床。这类矿床应多分布于更西部的褶皱带附近岩体出露相对较稀疏的地区。

最后应指出, 目前华南地区已发现的稀有(尤其是钽)矿床, 粒小而贫, 不能满足国家需要。要有所突破, 除加强找矿外, 更深入研究成岩成矿演化过程的地球化学规律, 是十分重要的途径。

试论花岗伟晶岩脉的生成过程

新疆冶金地质勘探公司 丁乾俊

当前, 有关岩浆成矿理论的学派较多, 但在论述矿床成因时多着眼于个别矿床, 而与区域地质条件结合不够。一些典型的模式也未能反映或深刻地反映客观事实。鉴此, 笔者提出花岗伟晶岩脉生成过程的若干看法, 以与同志们共同研讨。

区域地质特点

花岗伟晶岩脉发育区的主要地质特征是:

1. 同一侵入旋回的花岗岩(包括斜长花岗岩)中片麻状构造与块状构造同时并存, 片麻状构造花岗岩发育广泛。

2. 同一侵入旋回的花岗岩中不同期的花岗岩体交相出现, 分布较广。

3. 花岗伟晶岩脉群产出地区岩层变质程度相对较深。

4. 局部地区混合岩、贯入片麻岩比较发育。

5. 断裂活动比较发育。

同一侵入旋回中, 早期晶出的花岗岩大部分已片麻岩化。这种片麻岩化外貌表现较强烈。片麻状构造组成的花纹主要有平行的条带、流线、流纹、回曲、涟漪等形状。片麻状构造通常与区域主构造方向一致, 局部地段常与围岩(包括相

对早期晶出的岩浆岩)的接触面平行, 又与相对晚期侵入的花岗岩体接触面平行, 并随此接触面方向变化而变化。晚期花岗岩主要为块状、似斑状构造, 多呈面积不大的侵入体。这种片麻状构造是岩浆岩在可塑状态下的一种形变。对贯入片麻岩与混合岩贯入物质成分的研究表明, 有些即是花岗伟晶岩脉的物质组成。

母岩和控矿构造

生成花岗伟晶岩脉必须具备母岩与构造两个基本条件。花岗伟晶岩脉一般距母岩较远; 也有距母岩较近甚至产于母岩之中者(这时母岩即围岩)。母岩应具备的条件是:

1. 花岗伟晶岩脉的成分应与其有连续性和继承性。

2. 母岩具可塑性变形。

3. 花岗伟晶岩脉产出位于自身母岩的上部或侧上部。伟晶岩熔浆的侵入是外涨压力作用的结果。

4. 藉助于同位素年龄测定确定母岩。

与花岗伟晶岩脉及其他岩浆矿床有关的构造, 诸如断裂活动带、接触带、层理、片理、叶

理、裂隙、盖层、小侵入体、背斜、向斜等，哪些与伟晶岩脉的生成有关，是极值得注意的。与花岗伟晶岩脉有关的构造条件是：

1. 伟晶岩脉的空间分布与赋存总是以主要构造为核心，或在其影响范围之内。

2. 次要构造中的花岗伟晶岩脉受主要构造支配和影响。

3. 主要构造的形成（或复活）时间与花岗伟晶岩脉同时。

小侵入体构造和断裂是控制花岗伟晶岩脉产出的主要构造。

花岗伟晶岩脉的形成过程

花岗伟晶岩脉形成的全部过程包括：①花岗伟晶岩熔浆（以下简称残浆）的形成；②残浆的集中；③残浆侵入；④残浆晶出。

这种伟晶岩脉是由花岗岩、斜长花岗岩等的残浆经上升、侵入、集中、晶出而成。任何岩浆在分异晶出过程中都会形成残浆；其是否形成岩脉，则取决于“成脉作用”的有无。

成脉作用

当花岗岩浆分异晶出到一定程度，（部分岩浆已晶出呈固相岩石，部分岩浆仍为熔融状态呈液相，部分岩浆半晶出呈可塑状态）时，发生了地壳运动。同一地壳运动作用于不同状态的物体上结果不同。作用于固相岩石时，当所受之力大于它能承受的限度时，固体发生破裂和错动，形成裂隙和断裂活动。作用于熔融状态的岩浆时，易发生容器形体的改变，引起岩浆在一些地区上升侵入。作用于半晶出可塑状态的岩浆上，则使已晶出和开始晶出的部分在可塑状态下发生变形，自身形成片麻化，同时使各处的、分散的、尚待晶出的残浆因自身所具有的外涨压力与所受围限压力间的平衡遭到破坏，产生了压力差，残浆在压力差下发生上升侵入。

地壳运动所受之力，由岩层变形、断裂活动、岩浆侵入等情况分析，并已由火山爆发、地震等获得的资料证明是一种脉冲（动）式的。

当花岗岩岩浆分异晶出到一定阶段时发生了

地壳运动，引起熔融状态的岩浆再次上升侵入及固相岩层的断裂活动。这时，不论前已有的裂隙或新产生的裂隙，在新的作用力支配下发生活动，产生了压力差，使半晶出可塑状态岩浆中的残浆在压力差下发生运动，向上沿着几条或多条活动的断裂上升、侵入、集中。各处分散的、少量的残浆沿着几条活动的断裂上升，这个过程也是残浆的集中过程；逐渐集中的残浆在地壳运动过程中借助自身所具有的外涨压力，逐渐扩张活动断裂的空间，并上升、侵入、充填。地壳运动继续着，岩浆和残浆陆续上升、侵入。一旦地壳运动停止，各种活动也相应停止，残浆便在新的、孤立的环境中分异晶出而成花岗伟晶岩脉。这一过程就是花岗伟晶岩脉成脉作用的全过程。

花岗伟晶岩脉的生成主要与成脉作用有关，若在花岗岩岩浆分异晶出过程中无成脉作用发生，它便在正常情况下继续晶出而成花岗岩。这种花岗岩相对含某种元素较富，有成脉作用时可能形成含某种元素的矿体。

由成脉作用过程可知，分散的残浆从脱离母体开始即受构造作用的控制。构造作用使其发生上升、侵入、集中。因而，花岗伟晶岩脉空间产出的位置，应是构造作用所控制的范围。它们可产于围岩中、早期已晶出的岩浆岩或母体（作为它处残浆的围岩）中。

实践表明，花岗伟晶岩脉的空间分布受小侵入体构造和断裂构造的控制。这两种构造各自的控矿特征如下：

一、小侵入体构造 所谓小侵入体，是指在成脉作用时引起深部开始晶出而仍属于熔融状态的岩浆在局部地段上升侵入相对较高部位的岩体。它属于深部岩浆顶部的一部分。因为它的侵入引起了顶部岩层的活动，为残浆的上升、侵入、集中创造了构造条件，其四周常控制着一群脉体。这种构造作用，称为小侵入体构造。小侵入体构造的面积（具备上述性质者）由几百平方米到数千平方公里。

小侵入体构造控矿实例比比皆是。它是内生矿床主要控矿构造之一，常见的形态有岩钟、似覆舟状、岩墙、岩脉、岩鞍、岩枝等。受小侵入

体构造控制生成的岩脉或矿体在形态与空间分布上常具下列特点:

1. 空间上多产于小侵入体构造的内外接触带中。

2. 脉体或矿体的形态主要受小侵入体构造在形成过程中所引起的围岩裂隙形态的控制, 多与接触带的产状近似平行或略缓, 有些呈陡缓交替、宽窄相间的阶梯状、串珠状等。

3. 脉体或矿体产出的多少、大小与小侵入体构造的产状有关。缓处脉体较多, 反之较少。

4. 产于接触带处的脉体或矿体, 与小侵入体无明显接触界线, 多呈渐变过渡。若两者成分不同时, 亦可形成明显的接触界线。

5. 在同一小侵入体构造控制下形成的脉体群都是在同一时间内形成的。有时因它们产出的空间位置与围岩岩性不同, 可形成不同类型的矿床。

6. 含矿夕卡岩的形成并不是岩浆岩与灰岩或大理岩接触的结果, 是控矿的小侵入体构造、断裂构造发生于灰岩或大理岩中, 残浆与灰岩或大理岩相互作用的结果。

现以岩钟状小侵入体构造的形成过程为例, 试就围岩的裂隙活动规律及残浆活动之间相互依存的因果关系探讨如下(图1)。

图1a所示花岗岩浆分异晶出正常情况下一般有三种, 一为固体状态, 发育有各组裂隙; 二为液体状态, 系熔融状态岩浆; 三为半晶出可塑状态的岩浆, 含有尚待晶出的残浆。图1b示发生地壳运动时水平脉冲式侧压力的作用下(脉冲式侧压加强), 引起熔融状岩浆在相对有利地段上升、侵入, 使部分水平脉冲侧压转换成垂直脉冲式作用力。由于小侵入体毗邻处上升高度的差别, 使围岩岩块受扭矩作用而发生转动, 沿已产生的各组裂隙或相对脆弱处发生断裂并运动。这样便形成了一系列的暂态低压区与暂态高压区, 同时使残浆所具有的外胀压力与所受的围限压力间的平衡遭到破坏; 在局部地区产生压力差的情况下, 残浆便涌向暂态低压区, 发生了上升侵入。图1c示垂直的脉冲式作用力处于相对减弱过程时, 岩浆的侵入活动与围岩岩块的运动发生与图1b相反方向运动, 形成另一系列暂态高压区与暂态低压区。具外胀

压力并占一定容积的残浆, 不仅由暂态高压区涌向暂态低压区逐渐上升, 并使各处的、少量的、分散的残浆向上移动侵入, 沿活动裂隙陆续侵入, 在运动过程中逐渐推开围岩而充填。图1d示垂直脉冲式作用力复处于加强过程时, 岩浆处于上升凸起状态下, 围岩岩块发生与图1c相反方向的运动, 重新产生了一系列暂态高压区与暂态低压区, 残浆在暂态压力差下运动向上侵入, 深部各处的、少量、分散的残浆, 沿相对少数的几条活动的裂隙上升、侵入。这就是残浆的集中作用。在运动的条件下, 残浆借助自身的容积和外胀压力逐渐推开两侧的围岩而充填。图1e示垂直脉冲式作用力处于减弱过程时, 岩浆的活动与围岩岩块的运动同图1d相反, 残浆逐渐陆续上升、侵入、集中。在脉冲式作用力长时期的作用下, 便形成了如图1f的情况。若后续残浆逐渐减少并继续上升, 被推开的裂隙在运动中随着外胀压力的减小而逐渐合并。因而在岩浆与矿体的根部常可见构造活动痕迹。如果地壳运动(或成脉作用)一旦停止, 则岩浆活动, 残浆上升也随即停止, 形成了如图1g所示的情况: 花岗伟晶岩熔浆便在新的、孤立的环境中晶出而成花岗伟晶岩脉, 在成脉作用中, 受小侵入体与围岩作用力和反作用力而发生可塑性变形, 形成了片麻状构造, 这种片麻化对受力反应敏感, 发生如区域地质特点中所述的片麻状花岗岩。

原熔融状的岩浆上升侵入形成小侵入体。原残浆沿裂隙上升、侵入、集中形成花岗伟晶岩脉, 及以岩钟状小侵入体构造为核心的花岗伟晶岩脉群。通常, 把由一个控矿构造控制生成的一群花岗伟晶岩脉称为一个花岗伟晶岩“岩田”。

按照小侵入体构造的控矿原理, 综合我们的实践可知:

1. 小侵入体与四周脉体、矿脉是构造关系, 不是母子关系。它们赋存于小侵入体构造形成时所产生的断裂活动带内。

2. 小侵入体构造所产生的空间位置可以是深成的、半深成的、浅成的, 甚或超浅成的。

3. 小侵入体构造形成中, 不断将四周花岗伟晶岩熔浆集中到小侵入体接触带, 上升高度愈大, 集中的愈多。

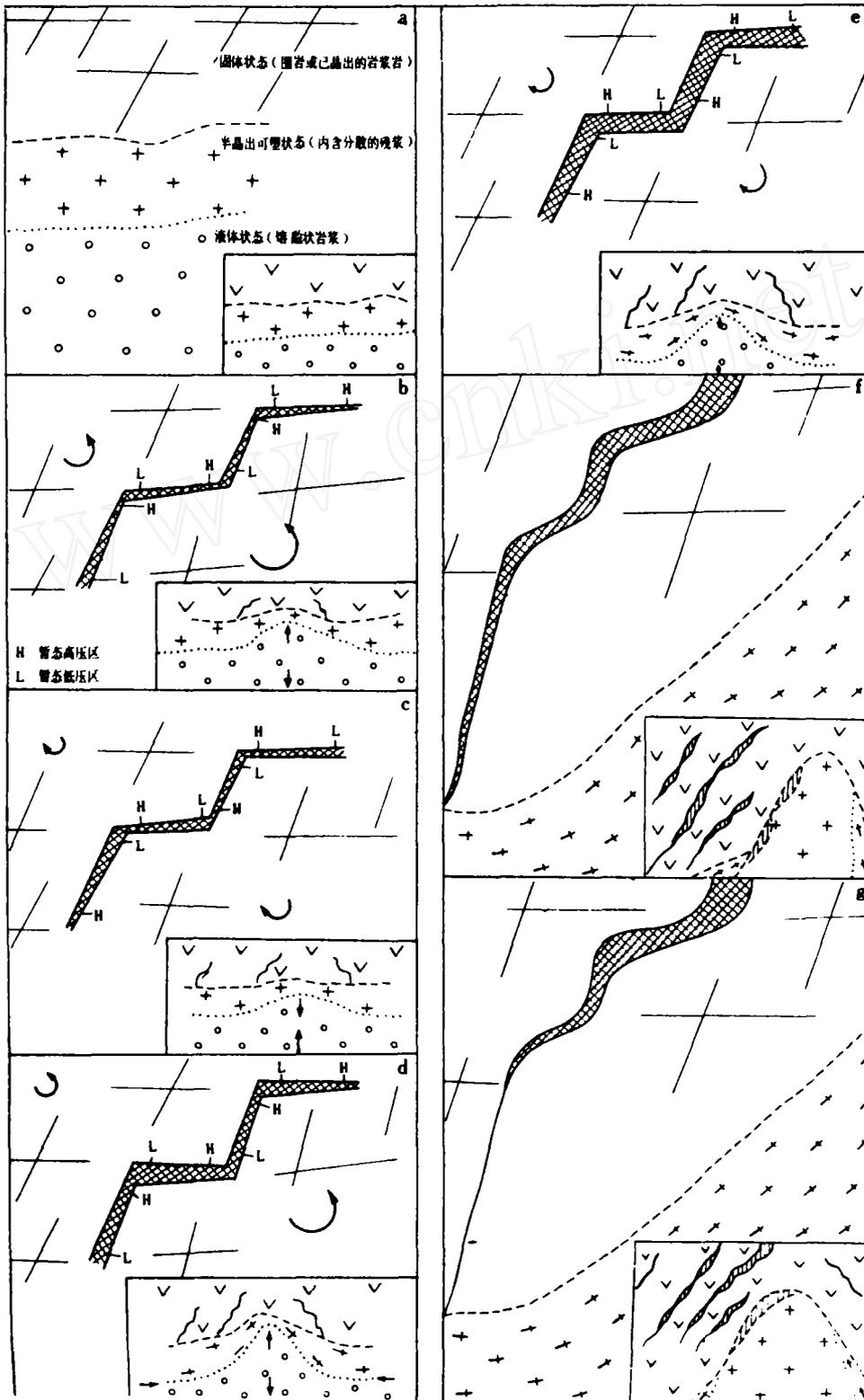


图1 小侵入体构造的形成与其所控制岩脉间相互关系解析图

二、断裂构造 岩脉和矿脉产于断裂带。在研究断裂构造控矿作用时，应注意断裂活动的时间和空间。断裂构造按活动情况可分：

1) 单期活动断裂 { 近期活动断裂，
早期活动断裂；

2) 多期活动断裂（各期活动幅度不同）。

断裂构造控矿，与小侵入体构造基本相同。残浆的上升、侵入、集中都发生在地壳运动引起断裂活动之时。按断裂活动带中间构造岩的特征，可分为块状断裂活动带和片状断裂活动带两种主要类型。

块状断裂活动带：常见于块状构造的岩层内，如辉长岩、闪长岩、花岗岩、石英岩、块状灰岩、火山岩等，有时在片状岩层内亦可见到。它的特点是断裂活动带中的岩层以角砾状破碎为主。由这类断裂控制的脉体或矿体形状主要为网状、树枝状或似平行的数组脉体群，岩脉宽度由不足一毫米至十余米，甚至数十米。这类断裂活动带形成的脉体或矿体以网脉状为主，亦有似平行的脉体群。

片状断裂活动带：主要发育于片状、薄层状、层状等岩层中，亦可见于块状及厚层状岩层中。层间断层较常见，沿片理发育的断裂构造情况复杂，一些岩层的片理就是片状断裂活动带的标志。这类断裂活动带的特征是其间的构造岩为片状破碎。由它控制形成的脉体或矿体多为似板状、透镜状（长数十厘米至数公里，宽数厘米至数十米），呈单脉或脉体群产出，脉体群常与片理、断裂活动带及区域主要构造线方向一致。亦有少数充填于其他方向的裂隙内。它的控矿原理如图2所示。图2A为断裂活动带尚未形成或活动前的情况。图2B为地壳运动发生时，断裂带受脉冲式作用力（压力、张力或剪切力）两侧岩块发生相对（上下、水平或斜向）运动；作用力加强，片状岩层主要表现为片理化（与层理一致或斜交）和沿片理面错动。在运动过程中因岩层物理性质、片理发育程度及摩擦阻力等的差异，使一些片理发生小褶皱，产生压力差，形成一系列暂态高压区与暂态低压区。深部的残浆在地壳运动过程中平衡遭到破坏，在压力差中发生上升、侵入。图2C示脉冲式作用力处于减弱过程时，断裂带两侧的岩

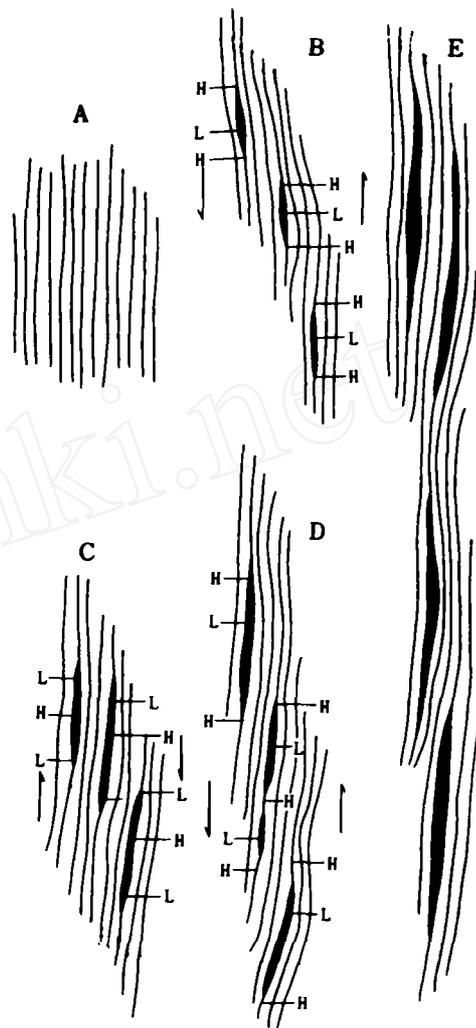


图2 断裂构造（片状岩层）的形成（活动）
与其所控制岩脉间的相互关系解析图
L - 暂态低压区；H - 暂态高压区

块运动方向与图2B方向相反，形成另一系列的暂态高压区与暂态低压区，这时残浆便由暂态高压区涌向暂态低压区，残浆陆续上升、侵入、集中。图2D示脉冲式作用力再度加强时，断裂带两侧岩块的运动和残浆的侵入。断裂活动带经过脉冲式作用力加强、减弱、再加强、再减弱，这样多次加强、多次减弱便形成了如图2E所示的脉体群。

由断裂活动构造控制形成的花岗伟晶岩脉群及其他类型的岩脉群，通常具备下列特点：

1. 各种类型岩脉或矿脉均产于断裂活动带内，距母岩较近。
2. 岩脉或矿脉熔浆的侵入和形成是在断裂构

造形成和运动之际。

3.岩脉或矿脉熔浆上升进入到一个封顶的构造中(背斜轴部、盖层)时,便在这些部位聚集、产出。

花岗伟晶岩脉的晶出过程

这里仅据我们的实践就岩脉的晶出过程作一些补充:

1.花岗伟晶岩田中,每条岩脉的熔浆是成分、数量各不相同残浆的混合物。因而同一岩田中花岗伟晶岩脉的大小、物质组分及含矿情况也各不相同。

2.组成花岗伟晶岩脉的熔浆,是花岗岩岩浆晶出到一定程度时的全部残浆,因此一种母岩只能形成一种类型的矿脉:一个典型的花岗伟晶岩脉,具有花岗伟晶期的典型矿物,也具有气成—热液期的典型矿物。

3.组成各花岗伟晶岩脉的原始熔浆组分不同,各在一孤立的、封闭的环境中晶出,仅可与围岩发生作用。固有元素的晶出,与产出环境及地球化学条件有关。

4.花岗伟晶岩脉的特点是岩脉熔浆在一定物理、化学条件下晶出的反映。已发现的花岗伟晶岩脉矿物共生结构带的情况归纳如下表:

成矿期	矿物共生结构带名称
花岗伟晶期	混粒(不等粒)结构带
	长英结构带
	粗粒花岗结构带
	文象结构带
	变文象结构带
	小块体结构带(粒径10~100cm)
	块体微斜长石带(粒径100cm)
	钠长石—石英—锂辉石带
	钠长石(糖粒状、薄片状、叶片状)带
	云英岩带
气成—热液期	多色电气石带
	萤石带
	锂云母带
	后期微斜长石带
热液期	块体石英带

由于组成花岗伟晶岩脉的原始熔浆、围岩及晶出环境不同,不是每条花岗伟晶岩脉都具备上

述各矿物共生结构带,而是根据自身的条件晶出几个或多个矿物共生结构带。

再次成脉作用

当花岗伟晶岩熔浆晶出但尚未全部晶出前,发生的成脉作用,称为再次成脉作用。再次成脉作用不仅发生在花岗伟晶岩田中,其他类型矿床中也常发现。

再次成脉作用使花岗伟晶岩脉生成其后期岩脉,这种后期岩脉产出的情况是:

1.在原花岗伟晶岩脉上侧围岩中产出另一独立的、后期花岗伟晶岩脉。

2.在原花岗伟晶岩脉及其围岩中产出许多小的、脉状或细脉状的、后期花岗伟晶岩脉或花岗伟晶岩脉的一个或几个矿物共生结构带。

3.在原花岗伟晶岩脉内交错产出另一组花岗伟晶岩脉,有些又可侵入到围岩中去。

4.原花岗伟晶岩脉破碎角砾化,被后期岩脉网穿插或胶结。

再次成脉作用对于花岗伟晶岩脉如同成脉作用对花岗岩的原理是一样的,不过前者发生的范围较小。

花岗伟晶岩熔浆在再次成脉作用时通常具有下列三种状态:固态(多为早期已晶出的各矿物共生结构带)、半晶出可塑状态(多为中期晶出或正晶出的矿物共生结构带)、熔融状态(尚未晶出的花岗伟晶岩熔浆)。再次成脉作用作用在上述三种不同状态物体上时反应不同。它使固体状态的各矿物共生结构带产生断裂活动,使半晶出可塑状态的矿物共生结构带发生可塑性流动与变形(花岗伟晶岩脉中一些矿物共生结构带具有流状构造,白云母片平行排列,石英、钠长石具定向波状消光等),使尚未晶出的熔浆再度侵入,形成以原花岗伟晶岩脉为母岩的另一新的花岗伟晶岩脉(有些仅某一晚期结构带);称其为子脉以区别于支脉。后者是同期残浆在同一成脉作用中形成的岩脉分枝,前者是原残浆分异晶出后所剩余的残浆在再次成脉作用中再度侵入的部分。

母体与子脉在矿物共生结构带和含稀有元素方面均有差别。从残浆晶出顺序看,子脉的各矿

物共生结构带正是母体尾后缺失的部分。子脉在花岗伟晶岩田中是一种常见的现象,但并非必然的现象。子脉的生成与否不取决于花岗伟晶岩熔浆及含挥发份物质的多少,而在于有无再次成脉作用的发生及其时间、空间关系。

再次成脉作用必然会反映到正在晶出的小侵入体中,产生以小侵入体为母岩的另一组岩脉;小侵入体中有部分岩体具片麻化特征,岩体内因熔融状岩浆的上升侵入形成穿插、过渡等接触特征。

在再次成脉作用后仍可有三、四次或多次成脉作用。总之,在熔浆未全部晶出前的地壳运动就会引起这种作用,在成份上的后继连续性是鉴别它们的主要特征。

区域地质特征与花岗伟晶岩脉形成的关系

花岗伟晶岩脉的母岩是半晶出可塑状态的岩浆,它的残浆因成脉作用使之上升、侵入、集中形成花岗伟晶岩脉。成脉作用使剩余部分发生可塑性变形(或称片麻化)。一个地区如无可塑性变形的花岗岩,说明该区未发生成脉作用;成脉作用发生得较早时,形成早期的或花岗岩的岩脉;成脉作用发生得较晚时,形成花岗伟晶期后各种类型岩脉。因此花岗岩的可塑性变形与花岗伟晶岩脉的形成互为因果。

花岗伟晶岩脉产于断裂活动带内,一般产出比较密集,动力兼热力更加深了岩脉发育地区岩层的变质作用。

混合岩与贯入片麻岩是成脉作用时岩浆或残浆沿片岩片理分散侵入(贯入)的结果。这种情况是片状岩层在成脉作用过程中发生的一种常见情况,但并非必然出现。

一个花岗伟晶岩田分布区内,有许多岩田,

研究这些岩田发现它们都是同时形成的。

结 语

1.由花岗伟晶岩脉或矿脉的生成过程可知,它们均以控矿构造为核心成群成组地分布,形成岩田,在找矿中应注意小侵入体构造、断裂构造及这两种构造共同存在的地区。

2.小侵入体构造控矿可分下列三种情况:一是岩脉或矿脉均产于外接触带;二是岩脉或矿脉部分发育在外接触带,部分发育在内接触带;三是岩脉与矿脉的熔浆在小侵入体形成时汇集在小侵入体内形成位于小侵入体外壳的矿体(其晶出受花岗岩影响)。

3.研究断裂活动带的控矿作用,应首先区分断裂带的时间、空间关系。控矿断裂一般因变质作用与重结晶作用将断裂活动带的标志愈合了。根据野外实践,遇到下列地质现象时,应进一步研究,以肯定断裂活动带存在与否:岩层透镜化带,蚀变的角砾带—摩擦砾岩—糜棱岩带,干糜岩或岩层强片理化带,各种热液蚀变带,网状岩脉、细脉、微脉发育带,混合岩、贯入片麻岩带,破碎带,岩层中的褪色、碳化、铁化带,侵入体与围岩接触带,数个岩体或小侵入体的带状分布带,岩层产状紊乱带,岩层产状或片理突变处,岩层发生褶皱与断裂时的岩层层间与片岩片理间等。

1.围岩与脉体,或矿脉的关系:当岩脉、矿脉的熔浆在侵入或晶出过程中与围岩直接接触,围岩的物理和化学特性影响,改造着残浆,影响着脉体的形态、规模、产状等;影响着矿床类型。有些矿体产于灰岩或大理岩中形成夕卡岩型矿床。各种围岩蚀变都是围岩化学特性与残浆作用的结果。花岗伟晶岩脉可产于各类围岩中

弥勒山铜钴矿床中的钴矿物及成矿控制

西南冶金地质勘探公司310队 杨兴裕

弥勒山矿区过去都以勘探和开采铜矿为主,伴生钴的赋存情况不明。310队在勘探铜矿的同时勘探钴矿,对钴赋存状态基本查清,达中型规模。

地质概述

一、地层 矿区地层简单,均属侏罗系,出