

花岗伟晶岩的矿化作用和找矿标志

王平轩

(陕西省地质局第十三地质队)

花岗伟晶岩的含矿特性,决定了它不失为锂、铍、钽、铯等稀有元素的重要矿床类型之一。笔者结合自己以往的工作实践,仅就花岗伟晶岩的矿化作用和找矿标志等问题讨论如后,不当之处,诚望批评指正。

一、花岗伟晶岩的分类

关于花岗伟晶岩的分类问题,国内外学者从不同角度按不同标志提出的方案多达二、三十种。其中影响较大和比较重要的有A.E.费尔斯曼按物理化学条件的分类;K.A.弗拉索夫的共生构造分类;H.A.索洛多夫的主要造岩矿物共生分类;A.H.李西村按交代作用的分类;郭承基的云母矿物分类等。这些不同的分类法在花岗伟晶岩的地质研究和找矿工作中,都程度不同地有一定的指导意义,但也发现存在着这样或那样一些问题,还需要继续讨论。

花岗伟晶岩乃是花岗质岩浆分异演化的派生物。由于花岗质岩浆分异演化的总趋势是朝着“碱性”的方向发展,这就有可能派生出富含钙(钠)质、富含钾质和晚期富含钠质的各类伟晶岩。花岗伟晶岩的研究结果表明,作为碱质(Ca、K、Na等)标志的长石类矿物随着伟晶岩作用的发展演化,有严格一定的晶出顺序:斜长石、微斜长石、钠长石。

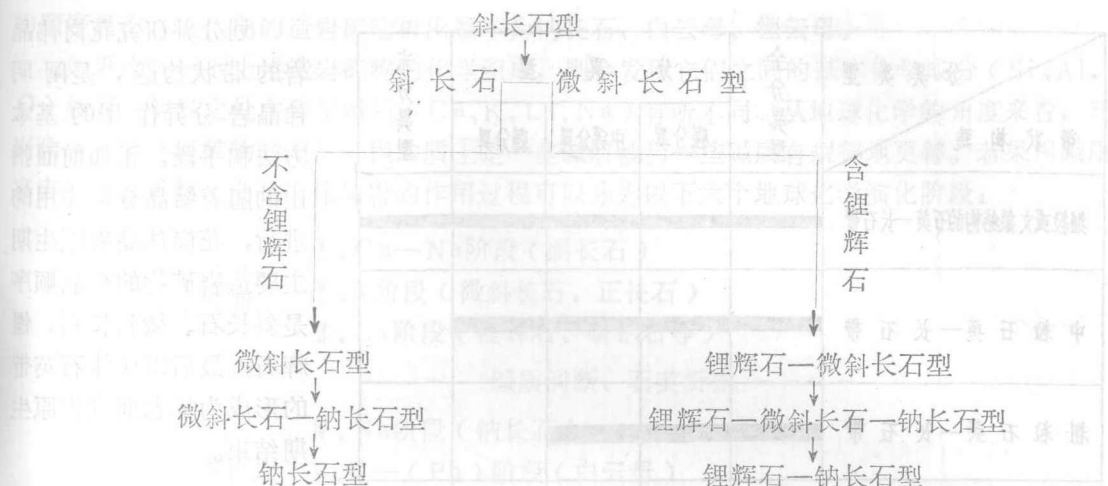
另外,就含量而言长石类矿物乃是花岗伟晶岩最重要的造岩矿物。它不但种类多,而且变化大,其共生组合关系既反映着花岗伟晶岩原始物质成分的基本地球化学特性,又标志着花岗伟晶岩的结晶分异和交代作用的特点。因而,长石类矿物及其共生组合也就具有“找矿标志”的意义。

由于长石类矿物具有以上的重要特性,加之又容易鉴别、估量和实用等优点,我们可以采用长石类矿物共生组合差异这个原则,把花岗伟晶岩划分为斜长石型;斜长石—微斜长石型;微斜长石型;微斜长石—钠长石型;钠长石型五个基本类型。

花岗伟晶岩中锂辉石虽不普遍,但其含量有时可达造岩矿物的程度,而且主要于伟晶岩的原生结晶期继微斜长石之后析出。找矿工作的实践表明,锂辉石的出现和发育既是重要的锂矿化,更是花岗伟晶岩交代作用和钽、铯、铍等稀有元素矿化良好的标志。

为此,在花岗伟晶岩长石共生组合类型的基础上,再依据锂辉石的有无和多寡,自微斜长石型起又将各型区分为含锂辉石和不含锂辉石的两个亚型。如此,花岗伟晶岩的分类系统简要图示如下:

云母类矿物对稀有元素矿化有一定的指示性。实际工作中视需要和可能还可以在花岗伟晶岩的长石类型基础上,再按云母类矿物进一步细分,如黑云母、二云母、白云母、锂云母的等。



二、花岗伟晶岩的原始结晶分异和带状构造

带状构造是花岗伟晶岩的一个重要特征。伟晶岩作用的原生期由于结晶分异作用，在伟晶岩体的横向上，由脉壁到内部造岩矿物的共生组合及组构特点发生规律性的更替和变化，从而形成了伟晶岩内部的带状构造。归纳起来，花岗伟晶岩的原生带状构造有以下几种：

1. 细粒石英—长石带（长石粒径 <1 厘米）
2. 文象、准文象石英—长石带
3. 中粒石英—长石带（1—10厘米）
4. 粗粒石英—长石带（10—20厘米）
5. 块状石英—长石带（ >20 厘米）
6. 块体长石带
7. 块体石英或石英—锂辉石带

K.A.弗拉索夫根据花岗伟晶岩主要造岩矿物长石和石英的不同结合关系，即长石和石英在时、空上的分异分离程度，将花岗伟晶岩原生结晶分异作用分为三种类型：

1. **未分异型（长石 $\rightleftharpoons$ 石英）**：长石和石英基本上是同时结晶，均匀地共生一体。就内部构造而言，伟晶岩的全脉是由细粒或文象结构的花岗伟晶岩组成，不显带状构造。

2. **分异型（长石 $\nrightarrow$ 石英）**：花岗伟晶岩中除了边部的细粒或文象结构伟晶岩带外，脉体的中部出现了粗粒、块状石英—长石带：其中长石结晶比石英早，但在空间上二者尚未达到分离程度。

3. **全分异型（长石 $\rightarrow$ 石英）**：花岗伟晶岩体内部除了边缘的细粒或文象结构伟晶岩带外，由于长石和石英在时、空上的完全分异分离，脉体内部出现了独立的块体长石带和块体石英带（有时为石英—锂辉石带）。

实践证明，K.A.弗拉索夫关于花岗伟晶岩结晶分异作用的标志和分异类型划分的意见是基本可取的。但是，其分异型显得包揽太广，可以再结合组构特点细分为弱分异型（中粒结构）、分异型（粗粒结构）和强分异型（块状结构）。

花岗伟晶岩的原生带状构造乃是花岗伟晶岩原生结晶分异作用的物质标志，花岗伟晶岩分异作用的优劣则又以带状构造的发育程度来衡量。带状构造与分异类型的关系如图1所示。

划分并研究花岗伟晶岩的带状构造，是阐明伟晶岩分异作用的基本方法和手段。正如前面指出的随着结晶分异作用的进行，花岗伟晶岩原生期主要造岩矿物的结晶顺序是斜长石、微斜长石、锂辉石，最后以块体石英带的形成为标志而宣告原生期结束。

三、花岗伟晶岩的交代作用

继原生结晶期之后伟晶岩作用进入了热液交代期，这在花岗伟晶岩的发展史上是另一个重要的演化阶段，也是稀有元素另一个极为重要的成矿时期。

分异类型 带状构造	全分异型	分异型			未分异型
		强分异	中等分异	弱分异	
细粒或文象结构的石英—长石带					
中粒石英—长石带					
粗粒石英—长石带					
块状石英—长石带					
块体长石带					
块体石英带或石英—锂辉石带					

图 1

期。

按照主要的交代矿物种类，交代作用可以区分为钠长石化、白云母化和锂云母化等。实践证明，花岗伟晶岩的交代作用是循钠长石、白云母、锂云母这一基本程序演进的。

交代作用对于原生花岗伟晶岩多是叠加改造关系，所以交代产物在空间上没有必然一定的位置，但是通常多发育在各原生带的分界附近，尤其以富含微斜长石的粗粒、块体结构带多见，形体很不规则。

依照交代作用的性质和矿物标志，交代体可以划分为钠长石、白云母和锂云母的三种基本类型。有时由于交代作用在空间上的叠置缘故，还出现了复（合）式交代体，这时可以按照主要交代矿物的组合划分为白云母—钠长石、锂云母—钠长石交代体等。

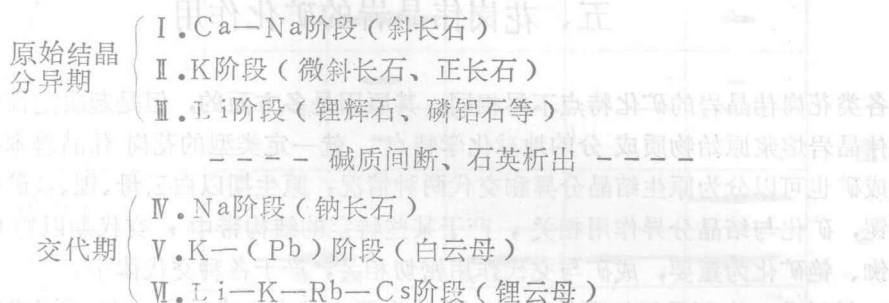
花岗伟晶岩的交代作用与分异作用的关系，一般地说分异好交代相对地也要好些，分异不好交代也就差些；实际上也有不少分异不好而交代很强的例子，所以，不可绝对化。有人提出分异与交代不一定是先后关系，而可能是并行关系：结晶分异的开始就有交代作用，只不过在一般情况下不够显著而已，随着分异作用的进行交代作用也在加强。这种看法不是没有道理的，只是还研究得很不够。

四、花岗伟晶岩地球化学演化特征

随着伟晶岩作用的演化发展，原生结晶期主要造岩矿物依照斜长石、微斜长石、锂辉石

的顺序晶出，交代期的造岩矿物析出顺序为钠长石、白云母、锂云母。

如果比较一下上述造岩矿物的化学组成，则会发现它们之间的基本化学成分（Si、Al、O）相同，差异之处主要是碱质（Ca、K、Li、Na）有所不同。从地球化学的角度来看，花岗伟晶岩中造岩矿物的演化过程本质上是一些碱质被另一些碱质有规律地更替。若果用碱质来表示造岩矿物，则花岗伟晶岩的作用过程可以分为以下六个地球化学演化阶段：



不难看出：无论花岗伟晶岩的原生期还是交代期，碱质由Na—K—Li（或者由Na而K）呈周期性变化。另外原生期与交代期之间，碱质明显间断，析出了大量的石英。

花岗伟晶岩各地球化学演化阶段的基本特征是：

I. Ca—Na阶段：这是花岗伟晶岩发展的初始阶段，以更长石的大量晶出为标志，形成花岗伟晶岩体边缘的细粒石英—更长石带。此阶段主要形成一些TR、U和Th的矿化，意义不大。

II. K阶段：这是花岗伟晶岩演化史上一个十分发育而又重要的阶段，以晶出大量的钾长石（微斜长石、正长石）为标志，形成了粗粒、块体结构的石英—微斜长石带和微斜长石单矿物带。K阶段的晚期钾长石往往发生水解，形成大片径选层状的白云母—石英集合体，其中白云母和粗晶绿柱石往往有重要价值。

III. Li阶段：该阶段并非所有的花岗伟晶岩均有表现，只有在花岗伟晶岩的原始熔浆中锂浓度高时才发育，以粗晶锂辉石（伴有磷铝石等）的大量晶出为标志，形成石英—锂辉石带。这是花岗伟晶岩中锂矿化最重要的成矿时期。

IV. Na阶段：这是花岗伟晶岩演化史上最重要的交代时期，以钠长石的强烈广泛交代为标志，形成了各种钠长石交代体。伴生的典型特征矿物有绿色白云母、绿（蓝）色电气石等。Na阶段是铌、钽和铍矿化极为重要的成矿时期，稀有元素矿物主要是铌铁矿、铌钽铁矿、碱性绿柱石等。

V. K—（Rb）阶段：以白云母的交代发育为标志，形成了白云母交代体。白云母中铷的含量很高。伴生有铌钽铁矿、钽铁矿等，是钽的重要矿化时期。

VI. Li—K—Rb—Cs阶段：这是花岗伟晶岩演化发展的最高阶段，以锂云母的广泛交代为标志，形成锂云母交代体。与锂云母相伴生的还有锂辉石、磷铝石、锂电气石等含锂矿物。晚期锂阶段有如下几个显著的地球化学特点：

（1）Rb、Cs浓度高。主要进入锂云母和绿柱石中，当Cs的浓度特别高时有可能出现铯的独立矿物——铯榴石。因此，锂云母中Cs的含量很高时可以用来预测铯榴石。

（2）氧化电位高。Mn⁺⁺⁺可使一些矿物出现红的色调，如紫色锂云母、红色电气石、红

色绿柱石、紫色锂辉石和玫瑰色石英等。

(3) 钽元素显著富集。出现了许多富含钽的矿物：钽铌矿、钽铁矿、细晶石、铌钽铋矿和六方钽铝石等。

所以,以锂云母、红电气石等为标志的晚期锂阶段的发育,是钽、铯、锂的重要成矿时期。

五、花岗伟晶岩的矿化作用

各类花岗伟晶岩的矿化特点不尽相同,其原因是多方面的,但是起决定性作用的应该是花岗伟晶岩熔浆原始物质成分的地球化学特点。就一定类型的花岗伟晶岩本身发展演化来看,成矿也可以分为原生结晶分异和交代两种情况:原生期以白云母、锂、铍矿化最重要,伴生有铌,矿化与结晶分异作用相关,产于某些特定的结构带中;交代期以钽(铌)、锂、铍、铷、铯矿化为重要,成矿与交代作用密切相关,产于各种交代体中。

1. 铍矿化: 主要呈绿柱石的形式出现。有两个基本生成时期:(1)原生期为不含碱质的绿柱石,晶出于钾阶段的晚、末期,多产于粗粒和块状结构的石英—微斜长石带、块体微斜长石带与石英核的接触带附近和石英—白云母集合体中,属粗大结晶的绿柱石,常聚集成矿巢状,分布很不均匀,成矿与分异作用密切相关;(2)交代期形成碱性绿柱石,多世代地产于各种交代体中。各种交代作用均有伴生,其中与钠长石化有关的多是钠或钠—锂绿柱石,与锂云母化有关的多是铯—锂绿柱石。这些与交代作用有关的碱性绿柱石,多呈淡黄绿色、白色、无色或玫瑰色,晶体呈短柱状、板状和不规则粒状,颗粒细小,分布较均匀,是铍的重要成矿时期。

2. 锂矿化: 当花岗伟晶岩锂的原始浓度较高时,于原生结晶期继微斜长石之后将有多量的锂辉石晶出。锂辉石结晶粗大,常伴生有磷铝石等,它们均嵌生于石英中,形成石英—锂辉石带,这是锂矿化最重要的生成时期。交代期的锂云母化(伴生有铷、铯)是锂矿化的另一个重要成矿时刻,与锂云母化伴生的还有少量针状锂辉石、磷铝石等。

3. 铌钽矿化: 除了原生期少量厚板状铍铁矿外,铌钽矿化基本上出现在交代期,这是花岗伟晶岩中铌钽成矿的极为重要的时期。铌钽矿物成因上与各种交代作用有关,空间上产于各种交代体中。其中与钠长石化伴生的主要是铌铁矿、铌钽铁矿,与白云母化伴生的主要是铌钽铁矿、钽铁矿,与锂云母化伴生的主要是钽铁矿、细晶石、铀细晶石、铌钽铋矿和六方钽铝石等。随着交代作用的演进,钽矿化明显地趋于富集。

4. 铷铯矿化: 铷在花岗伟晶岩中全部分散,主要是进入微斜长石、白云母和锂云母等含钾矿物中。铷铯均在花岗伟晶岩的晚期锂阶段富集,除进入锂云母外,铷还有可能形成铷榴石。

花岗伟晶岩的发展演化过程中, Li、Be、Nb、Ta、Rb、Cs等稀有元素和矿物的演化特征如图2所示。

另外,研究花岗伟晶岩的矿化特征时,查明铌、钽、锂、铍、铷、铯等稀有元素的赋存状态是另一个至关重要的问题。实践证明Nb、Ta、Li、Be等稀有元素主要呈独立矿物的形式出现;Rb全部分散;Cs主要呈分散状态,部分呈独立矿物出现。它们的集中系数大致如下:铌0.65—0.85、钽0.70—0.90、锂0.86—0.93、铍0.70—0.90、铷0、铯0—0.75。

稀有元素 伟晶岩作用 矿物		结晶分异期			交代期		
		Ca—Na	K	Li	Na	K—Rb	Li—K—Rb—Cs
Li	锂辉石			普通	Na, Na—Li		Cs—Li
	磷锂石						
	锂兰铁矿						
	锂云母						
Be	绿柱石		普通		Na, Na—Li		Cs—Li
Nb Ta	铌铁矿						
	铌钽铁矿						
	钽铁矿						
	细晶石						
	铀细晶石						
	铌钽锡矿						
	钽锡矿						
Cs	铯榴石						
电气石			黑色		绿色		红彩色

图

2

六、花岗伟晶岩的找矿标志

这里所说的找矿标志，主要是对 Li、Be、Nb、Ta、Rb、Cs 等稀有元素矿化而言的。

1. 花岗伟晶岩的类型标志

按照长石类矿物共生组合，结合锂辉石所划分的花岗伟晶岩类型，集中地表达了伟晶岩的物质成分、分异和交代作用特点，因而也就直接或间接地标志着花岗伟晶岩的矿化特点。其中：

斜长石型和斜长石—微斜长石型主要是 TR、U、Th 等矿化，意义不大。

微斜长石型主要是白云母和 Be，有时还有 Li 矿化。

微斜长石—钠长石型主要是 Be、Nb、Ta 和 Li 矿化。

钠长石型主要是 Be、Nb、Ta、Li、Cs 等矿化。

2. 花岗伟晶岩的带状构造和分异作用标志

带状构造是分异作用的物质表现和标志，分异的好坏对原生期 Li、Be 矿化至关重要。

新疆半干旱地区一多金 属矿带的地球化学晕及其找矿意义

白建勋 杨礼荣 肖俊峰

(新疆地质局第五地质队)

在半干旱地区的气候和地质条件下,元素在风化作用中的重新分布和变化有其特殊的规律,查明这些规律对半干旱地区的普查找矿有着重要的意义。我们根据在新疆富蕴及青河地区一多金属矿带的工作,在半干旱地区多金属矿床风化壳的地球化学特征及其化探工作方法方面有了一些体会,现叙述如下,供大家参考。

本文叙述地区为新疆富蕴、青河两县交界处,乌伦古河与青格里河之间的三角地区,约东经 $89^{\circ}-91^{\circ}$,北纬 $46^{\circ}-47^{\circ}$ 范围(见下图)。

以粗粒、块体结构的石英—微斜长石带和以块体微斜长石带、块体石英带为标志的强分异和全分异型伟晶岩,是粗晶绿柱石的良好标志。石英—锂辉石带的出现既是Li矿化的重要标志,也是交代期Nb、Ta和Be矿化的良好预示。

3. 花岗伟晶岩的交代作用标志

花岗伟晶岩中交代作用的强烈、广泛发育,是Ta、Cs、Be、Li等矿化的重要找矿标志。

(1)钠长石化:在一般情况下都是Be、Nb、Ta矿化的肯定标志。其中糖粒状钠长石多是铌铁矿的标志;叶钠长石则是铌钽铁矿、钽铁矿的标志。与钠长石化相关的绿柱石,一般都是钠质或钠锂质的碱性绿柱石。

(2)白云母化:有两种基本情况,一种是原生结晶期钾阶段末期钾长石水解的白云母,呈大片迭层状,是工业白云母的重要对象,同时伴生有绿柱石和铌铁矿;另一种是交代期的鳞片状白云母,经常伴生有重要的Nb、Ta矿化。

(3)锂云母化:锂云母的强烈发育,一般情况下都是富Ta和Li矿化的极好标志。铌钽矿物主要为钽铁矿、细晶石、铌钽铋矿等富含钽的矿物,同时伴生有Cs—Li绿柱石。在锂辉石系列的花岗伟晶岩中,锂云母化发育且伴生有红色、彩色电气石时,往往是寻找铯榴石的良好标志。

(4)钠长石化、白云母化、锂云母化等交代作用在空间上叠加发育时,这是Ta、Nb、Be、Li、Cs等稀有元素矿化的极好标志。

4. 花岗伟晶岩典型矿物标志

主要指电气石而言,其颜色具有良好的找矿意义。黑色电气石是铌锂矿化不佳的标志;蓝、绿色电气石是铌铁矿、铌钽铁矿的找矿标志,且铌的含量大于钽;红色和彩色电气石是钽、锂、铯矿化的良好标志,但钽的含量大于铌。

(参考文献从略)