

# 与交代型酸性花崗岩有关的 稀有金屬矿床工作方法的探討

任 湘

与交代型酸性花崗岩有关的稀有金属矿床主要是指与鈉长石化—云英岩化花崗岩有关的稀有金属矿床。与鈉长石化—云英岩化有关的主要矿床类型有：①含鈮鉄、烧綠石和水鋳石的鈉长石化花崗岩；②含綠柱石的鈉长石化—云英岩化花崗岩；③含鉄鋰云母鉭—鈮鉄矿和細晶石的鈉长石化—云英岩化花崗岩；④含綠柱石和鉄鋰云母的黃玉—白云母岩，含綠柱石—黑鎢矿的石英—白云母云英岩；⑤含綠柱石的石英脉等矿床。在进行这类矿床普查勘探时，应当注意这类矿床的特点，根据不同类型选择正确的工作方法。

## 一、与交代型酸性花崗岩有关的 稀有金屬矿床的主要特征

### (一) 成矿构造条件：

矿床多賦存于花崗岩体頂部、局部隆起和岩体边緣突出部位（舌状突出体、岩枝和岩脉发育地段）的内外接触带中，矿体呈細脉浸染状（沿破碎带发育）、巢状、囊状和束状脉群存在。矿化現象見于晶洞发育地段、裂隙交叉处、分枝复合处、脉尖灭处、脉壁不平整处和脉内捕虏体周围。一般脉矿床窄脉（20—50厘米）含矿量較寬脉富。如从一

个綠柱石—黑鎢云英岩型矿床的鎢鉍总含矿率統計（见图1）中可以看出，脉幅愈寬，相对含矿率愈低。在评价矿床时，要注意脉的数量和含矿率。

矿化深度25至400米，但以矿化深100米以内的为最好，有的矿化花崗岩体的富矿仅深30—40米。这主要决定于裂隙的性质和矿化范围。

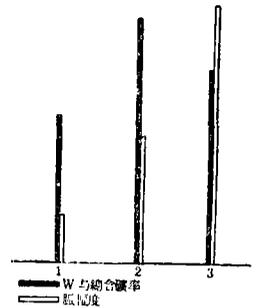


图 1

### (二) 岩漿条件：

矿化母岩多为晚期中深条件下冷凝的酸性侵入岩类。如目前南方各省多出现在燕山期中細粒黑云母或二云母花崗岩中，而西北各省則見于海西晚期之淡色及黑云母花崗岩中。这说明不同期岩漿产物均有可能含矿，重要的是注意这些花崗岩的特征。

这类花崗岩的造岩矿物中，含鈉长石3—10%、微斜长石3—7%、斜长石15—20%、鉀长石20—25%、石英27—35%、黑云母3—7%、白云母5—10%，说明鉀、鈉交代作用强烈。副矿物有：水鋳石、电气石、柘榴石、螢石、黃玉、鉄鋰云母和天河石

等。

从岩石化学成份看,这类岩体含  $\text{CaO}$  ( $<0.2\%$ )、 $\text{MgO}$  ( $<0.1\%$ )、 $\text{MnO}$  ( $<0.1\%$ )、 $\text{TiO}_2$  ( $<0.1\%$ )等均较低,而含  $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Rb}_2\text{O}$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ 、 $\text{BeO}$ 、 $\text{F}$  及  $\text{B}$  等较高,尤以含  $\text{F}$  较高为极重要的标志。

此外,这类花岗岩均受到强烈蚀变作用的影响,主要为钠长石化和云英岩化。

由上述说明矿化母岩的造岩矿物、副矿物和各种元素含量等特点(如交代作用强烈,挥发分高,高价阳离子钽、铌等含量低等)均有利于稀有金属的富集和沉淀。

### (三) 围岩蚀变:

这类矿床围岩蚀变较复杂。常见有钠长石化、云英岩化、绢云母化、电气石化、黄玉化和萤石化等。前两种蚀变与成矿作用关系最为密切,分布也最为广泛。

蚀变按酸碱度可分为两组。一组是含铍和锆高的钠长石化花岗岩(一般含绿柱石不高)。其中含浸染状烧绿石和铀铁矿的,铀铍比等于零点一,而钠的含量特别高(有水锆石和曲晶石存在),稀土元素亦高,萤石广泛分布;另一组为酸性、超酸性系列的交代花岗岩。与钠长石化相重迭的有云英岩化,铍含量显著增高,并有钨锡矿富集;一般铍含量较低,而钼含量相对较高。含铍钼的矿物为细晶石和钼一钽铌矿,同时富含铁锂云母。

这类矿床蚀变的分带明显。对于矿化花岗岩体来说,一般最浅部云英岩化强烈,中部云英岩化和钠长石化相等,深部钠长石化强烈而云英岩化变弱,最深部两者均很快尖灭。交代呈带状(沿破碎带发育)或似层状(蚀变层)分布,愈往浅部,交代愈强烈,变化愈快,往深部则变化缓慢,交代亦微弱。矿

化不但与蚀变性质有关,而且与蚀变强度成正比关系。

脉状云英岩矿化对称,分带明显。其交代作用随着含氟溶液的酸度而变化,在云英岩脉的水平及垂直方向表现得特别明显。苏联 A. A. 别乌斯将其按淋蚀带和沉淀带分成两大类、五亚类:

1. 具淋蚀带的云英岩体(从脉壁向中部):

(1) 石英云英岩: 1) 白云母—石英云英岩; 2) 含锡石或黑钨矿的石英云英岩; 3) 黄玉或绿柱石(细柱的)裂隙充填物。

(2) 石英—黄玉云英岩: 1) 白云母—石英云英岩; 2) 石英云英岩(或黄玉云英岩); 3) 石英—黄玉云英岩; 4) 黄玉、黄玉—石英、石英或石英—绿柱石及黑钨矿等脉状充填物。

2. 具沉淀带的云英岩脉(从脉壁向中部):

(3) 云英岩化花岗岩: 1) 白云母—石英云英岩; 2) 石英—云英岩; 3) 石英—黄玉云英岩; 4) 石英—白云母或白云母云英岩; 5) 石英、石英—绿柱石或白云母脉。

(4) 云英岩化花岗岩: 1) 白云母—黄玉—石英云英岩; 2) 石英云英岩; 3) 白云母—黄玉具绿柱石裂隙充填物。

(5) 石英—白云母云英岩: 1) 石英—白云母云英岩; 2) 白云母云英岩; 3) 石英或石英—钾长石(含绿柱石及黑钨矿)脉。

云英岩形成的主要控制因素是构造。稀有元素在云英岩矿床中的富集决定于云英岩形成过程中酸碱度的变化。早期的铍锂赋存于石英—白云母云英岩的外带,即碱性溶液交代带;晚期的铍锂赋存于固相阶段,在主

要含氟組分分离之后（即黃玉、云母、螢石沉淀之后），并与酸碱度的剧烈变化有关。从稀有元素在云英岩中分布的特点，说明沉淀带最有实际意义，而在淋蚀带（黃玉—石英带）中鉍鉭并不很富集。綠柱石在白云母云英岩带中最富集，其中往往含鉍鉭亦高。具石英—鉄鉭云母云英岩脉壁的石英脉含黑鎢矿—綠柱石极高。在成矿部位上应特别注意与围岩緩傾接触带的上盘，这常是矿化富集地段。

鈉长石化和云英岩交代作用在时间和空间上的重迭现象比較常見。但鈉长石化交代較早，交代深度和范围較大，云英岩化仅出现于孔洞和裂隙中。

#### （四）矿化特点：

首先，矿化与蚀变性质有关。早期鈉长石化阶段发生烧綠石和鉍鉄矿化，而鈉长石化—云英岩化阶段为鉍、鉭、鉍矿化阶段，出现細晶石、鉭—鉍鉭鉄矿及綠柱石，而晚期的云英岩化阶段却以綠柱石、黑鎢矿及錫石等矿化为主。

其次，矿化与蚀变强度成正比关系。鈉长石化—云英岩化剧烈地段（或蚀变层）矿化亦富集。如某矿床中BeO品位变化与蚀变强度有明显关系，愈往上部蚀变愈强，BeO

的含量亦愈高（见图2）。

再次，在成矿时氟、硼等挥发組分含量愈高，对矿化的富集亦愈有利。

因此，黃玉、螢石、电气石等的出现地段常是富矿地段。

第四个特点是稀有元素的含量随深度而变化。下面是苏联A. A. 別烏斯引証的資料，说明鉍鉭鉭鉍鉍由上往下的变化規律（表1）。总的趋势是鉍鉭鉭及鉍含量往上部漸增，而鉍則在下部偏高。

此外还应注意矿物的共生組合和矿物成分的变化特征，这些都是重要的找矿标志。常見的矿物共生組合有：細晶石—黃玉—鉄鉭云母、螢石—綠柱石、鉍鉄矿—烧綠石—天河石、綠柱石—黑鎢矿等。应在单矿物中注意不同顏色和不同世代产物，其中主要元素含量常有变化。如不同顏色的綠柱石中，深色的含BeO高。某矿床单矿物分析結果得出：天蓝色的綠柱石含BeO—12.37%；藍綠色的

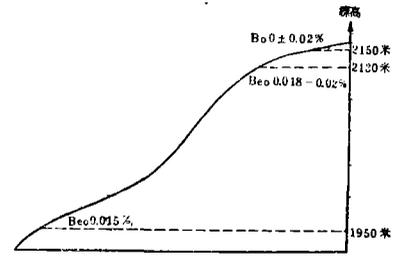


图 2

表 1

交 代 带	稀 有 元 素 含 量 (%)				
	Li <sub>2</sub> O	Rb <sub>2</sub> O	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	BeO
1. 云英岩围岩(頁岩)	0.05—0.2	0.05—0.2	—	—	0.04—0.2
2. 鉄鉭云母及黃玉鉄鉭云母云英岩	0.7—2	0.3—1	0.003—0.02	0.003—0.01	0.01—0.03
3. 細粒天河石—鈉长石花崗岩	0.05—0.2	0.15—0.25	0.01—0.05	0.01—0.03	0.001—0.003
4. 斑杂或流纹状鈉长石—天河石花崗岩	0.05—0.15	0.12—0.17	0.001—0.005	0.01—0.03	0.001—0.003
5. 中粗粒鈉长石—天河石花崗岩	0.05—0.15	0.12—0.17	0.003—0.009	0.01—0.03	0.001—0.003

含 10.77%；黃褐色的含 9.87%；無色透明的含 9.62%。同時，無色透明的綠柱石又多為晚期分離產物，常呈無色透明晶體出現在晶洞中。另外，不同結構礦石的綠柱石含 BeO 量亦不同。據某礦床試驗結果，礦體中的綠柱石的 BeO 含量，脈狀的為 12.46%；塊狀的為 12.313%；浸染狀的為 12.132%。從鈮鉭比值的變化數據上看，一般鈉長石化花崗岩（鹼性系列） $Ta/Nb=0.1-0.5$ ；鈉長石化花崗岩（酸性、超酸性系列） $Ta/Nb=0.25-2$ ；強鈉長石化—云英岩化花崗岩（具細晶石、鈦鉭礦） $Ta/Na=0.56-2$ ；云英岩化花崗岩（酸性系列） $Ta/Nb=0.17-1$ 。因此，鈮鉭的比值是鑑別其成礦特征的重要因素之一。

## 二、對普查、勘探這類礦床的工作方法的意見

對於這類礦床進行工作，除用一般的礦區地質測量方法以外，常可使用以下各種方法和手段：

（一）蝕變強度測量。我們知道礦化富集程度與蝕變性質和強度有直接關係，它們是評價礦床的最重要的標志。因此，可通過測制蝕變性質和強度圖以指導下一步工作。在填制這種圖時，首先要明確分帶標志，將強鈉長石化、強云英岩化及二者重選的強度變化進行水平和垂直的分帶，並根據蝕變帶（或層）的變化特點闡明岩體剝蝕程度、蝕變帶形狀、產狀和沿傾斜及走向的變化規律等。在分帶時，不要分得過細，做到容易識別並注意與礦化相結合。所選擇的比例尺要反映出基本蝕變分帶的厚度，並要編出蝕變強度等值綫圖。

（二）鈹量測量。根據鈹可呈次生分散暈

存在的特點，用鈹量測量來圈定異常區，探尋盲礦體，追索礦化帶。鈹量測量比例尺和網度建議採用：

1:50000 的為  $500 \sim 250 \times 100 \sim 150$  米（半儀器目測網）；

1:25000 的為  $100 \sim 250 \times 50 \sim 100$  米（目測，儀器打控制網）；

1:10000 的為  $50 \sim 150 \times 20 \sim 50$  米（儀器打測網）。

採樣深度在腐植層下以 30 厘米左右為宜。原樣重 50 克，加工至粒度為 0.5—0.8 毫米，即可縮減，最後取 20 克送交光譜分析。

進行鈹量測量時，要特別注意背景值的確定和異常分級標準。如有的礦區以  $1 \cdot 10^{-3} \%$  為異常下界。同時要研究不同粒級復蓋層中鈹的富集情況，以便確定採樣的粒度。最後按異常級別圈出等值綫圖。

（三）原生分散暈測量。對含鈹、鈮、鉭的岩體也是可以採用的。此法布置原則與前者同，可在更小的範圍（即用更大的比例尺）內進行。同時，常用正方形網取樣，如： $250 \times 250$  米（1:25000）； $100 \times 100$  米（1:10000）； $50 \times 50$  米（1:5000）； $25 \times 25$  米（1:2000）等。採樣深度要根據風化殼厚度和風化深度而定，如風化程度差，則可從原岩 10—20 厘米內採取。採樣時按網格刻在一個點上刻取均勻的碎塊，然後將其（9—12 塊）組合成一個樣品，以保證樣品的代表性。每個樣品的原始重量 2—3 公斤即可。經過碾碎縮減後剩 100 克（50 克送光譜分析，另外 50 克與相鄰或按剖面進行組合，再經縮分送交化學分析——約為單樣總和的 5—10%）。分析項目除鈹、鈮、鉭外，應注意其它標志元素。

原生分散量的背景值一般較次生分散量高，如有的矿区鈹的最低值为0.01%。通过原生分散量测量也可作出定量的评价，根据分析结果编制出等值线图，圈定高异常区。并注意将高异常区与次生分散量和蚀变强度图进行对比。以便对稀有元素富集规律作出比较全面的解释推断。

(四)人工和天然重砂分析。由于这类矿床可能含有物理化学性质较稳定的重矿物(如铌铁矿、铀钼铌矿、细晶石、烧绿石、石榴石、绿柱石、曲晶石、水锆石、铁锂云母、锡石和黑钨矿等)，因此，普查时可用人工和天然重砂法。

天然重砂法与一般重砂法相同。这些矿物多形成河相和残、坡积砂矿，常距原生矿床不远。因此，多在1:50000及1:10000测量时局部地区用。有的砂矿本身就是开采对象。人工重砂在目前化验分析条件较差的情况下也可作为评价矿床的主要依据(仅对铌钼矿物来说，锡钨亦可)。人工重砂法试验有效时，则可按一定网度进行采样分析，其密度同化学取样。原始样品重量决定于矿化均匀程度和含矿率，如矿化均匀、含矿率高则可减轻(30—50公斤)；反之，必须增加(100公斤左右)。

如化验结果与人工重砂分析结果误差(不超过10—15%)时，则可直接根据人工重砂分析结果进行储量计算。化验样品数量一般为单样总和的2—5%。

(五)放射性测量。由于铌铁矿、烧绿石、铀钼铌矿、曲晶石和水锆石常含一定的放射性元素，因此，当异常差别明显时可考虑采用放射性测量法。用此法圈定出的高异常区，常常也是铌钼富集地段。珈玛测量网

度应较金属量测量为密：

比例尺	测量网度(米)	
1:50000	500 × 10	} 远景地区
1:25000	250 × 10	
1:10000	100 × (10—5)	
1:5000	50 × 5	} 矿区详查
1:2000	20 × (5—2)	
1:1000	10 × (5—2)	

放射性测量获得的结果应配合上列各种方法进行综合解释。

除上述以外，对于脉状矿床可考虑用电法(梯度法)，以探寻盲矿体和追索矿体或了解矿化带的连续性；

脉状或细脉浸染状(沿破碎带发育的)的矿床用探槽及钻孔控制(地形有利地段可在主矿带或主工业矿体打个别坑道)。探槽间距视主要矿脉规模而定，一般100—150米，用来控制整个矿化范围，圈定矿体；而钻孔主要用来控制主矿体，阐明矿化深度和探索矿带连续性等。如评价对象是细脉浸染型和巢状的含矿花岗岩体，则要结合蚀变带产状来选择方法。产状平缓的可以浅井为主，一般可打到20—30米深。靠下部(20—30米深处)矿化富集时，可采用带石门的浅井圈定矿体。浅井密度400—100米或200—50米。也可考虑用大口径浅钻进行揭露。另一种是蚀变带产状陡的(>45°)，一般用浅井配合钻探(地形有利时可用坑探)来进行。矿化范围大的先从蚀变强的地段入手，在矿化强的地段加密工程进行重点揭露。

通过普查评价确定了具有工业意义的矿床，就可转入勘探阶段。对于中、小型矿床，尤其是小型矿床经过详查即可提交开采；部分中型矿床和大型矿床必须进行勘探，

計算出部分高級(C<sub>1</sub>級以上)儲量,闡明開采條件后,方能移交給設計部門。勘探階段以工程揭露為主。因此,必須注意工程質量。此階段地質測量採用的比例尺為1:5000、1:2000和1:1000的,坑道用1:500至1:200的。勘探階段主要以加密工程達到更深入更全面地了解礦體地質情況,作出正確的工業評價為目的。此階段淺井可用50×50米或50×25米,淺鉆可加密一倍,用50×25米或25×25米;鉆探要按系統網來布置,用100×100米、100×50米以至50×50米的密度進行。

### 三、取樣及儲量計算問題

取樣方法要結合礦體形狀、大小和礦化均勻程度,礦石礦物的物理化學特性及其顆粒度加以考慮。

(一)刻槽法。目前仍是化學取樣的重要方法。刻槽斷面大小可從用10×3厘米到10×5厘米。據某礦區試驗,得出了一個有趣的結果,即刻槽斷面愈大,得出分析結果愈高(含綠柱石花崗岩):10×5厘米的刻槽斷面比5×3厘米的含BeO高20%;20×10厘米的刻槽斷面又比10×5厘米的含BeO高20%。這說明刻槽斷面大小應通過試驗來確定。

刻槽法廣泛地應用於脈狀和較均勻的細脈浸染型礦床。坑道掘進時(沿脈)可按3—5米間距刻取。

(二)方格法。可用於較均勻的細脈浸染礦化的初步評價。即按網布置取樣點后,在每個點用方格網刻取小塊樣,合併為一個(即一個樣的由9—12個小塊組成)樣品,原始重量一般在10公斤以內。

(三)全巷手選法。利用坑道掘進時(沿脈或呈囊狀、塊狀礦化的岩體),將坑道掘進

過程中所獲全部帶礦岩石中直徑在一厘米以上的先經手選,然后,將剩餘部分就地攪取30—50公斤作為化驗樣品。全巷手選法的應用原則是:礦石礦物粒度較粗,手選時用手錘將原樣碎到五厘米左右,全巷樣重量用測量進尺乘體重來計算。如選擇太大時,則可用礦車先縮分一半(如十二車中用單數或雙數作樣)。其品位為手選及化驗品位之和。可按下列公式計算品位:

$$C = \frac{1}{1000} \cdot \frac{BX}{d} + II$$

C——樣品中BeO總含量%;

B——樣品中手選綠柱石精礦量 公斤/米<sup>3</sup>;

X——手選綠柱石精礦中BeO含量%;

d——礦石體重;

II——手選尾礦中BeO含量%。

在機選較複雜,成本又高的情況下,這種取樣方法是值得推廣的。通過它既可了解總品位,又可将手選所占比率計算出來以便開采利用。

(四)刻槽與人工重砂法結合,同時進行鈹、鈳、鉬的評價。刻槽樣用來鑑定BeO含量,而人工重砂則主要鑑定鈳鉬礦物含量。

(五)單礦物取樣。這對於所有稀有元素礦床都是重要的。主要解決:單礦物種類、成分和不同世代或變種在不同部位或礦石型中的主要元素含量變化特點;某稀有元素呈單礦物和分散狀態存在的量;分散存在於那些介質中,是否有利用的可能;工業礦物中其它元素的含量,相關關係和綜合利用的可能性等。

此外,在一定條件下還可採用剝層法。

這類礦床的儲量計算与其它金屬礦床相

近似，主要决定于矿体圈定方法。一般多用断面法(垂直断面和水平断面法)和地质块段法。在詳細或开采勘探阶段——由三面或四面圈定矿体时也可用开采块段法。如矿化呈蚀变层，各层品位差异大时，可分层圈定。但計算含矿岩体(細脉浸染型或巢状、团块状矿化岩体)的儲量，必須考虑确定含矿系数(含矿率)，即矿床、矿体、矿段或各块段的含矿部分与整个矿床、矿体、矿段或含矿块段之比。含矿系数还可用在下列情况：无矿地段在勘探时不能直接圈出来，在测量矿体面积时也不能直接計算出来；或无矿地段很大，在开采时可留下，但儲量計算时难以分出来；或能用手选或其它方法将矿石分出

来的。其計算方法如下：

$$K_P = \frac{\Sigma l_p}{L}$$

$K_P$ ——含矿系数；

$\Sigma l_p$ ——含矿地段长度(厚度、面积或体积)的总和；

$L$ ——矿带全长(或全部厚度、面积或整个体积)。

当然，面积統計比厚度准，体积含矿系数最准；但它們都决定于勘探程度和矿体圈定方法。任何矿床求出的含矿系数永远低于1.0(多为0.9—0.7)，这类矿床的含矿系数仅取一般在0.6左右。

(上接第23頁)

必須認識清楚，否則，如果将工作量作为一种任务下达，并把它作为完成任务的主要指标来对待，这就会导致只顧数量、不問质量，只顧效率、不問地质成果的偏向；并由此而产生一系列不利于工作的矛盾。

地质局对地质队实行“三定”而不单纯以工程的工作量作为計劃指标，这样地质队完成或超額完成的就会是地质成果而不是实物工作量。当然也就不会有只追求工作量，不过問地质成果，和只顧地质成果，不顧勘探施工，只顧质、不顧量的偏向。因为勘探施工，作为地质工作的手段，如不能按時間、按质量完成任务，就会形成手段不灵并会影响地质成果的获得，这样，领导和地质科都不会同意的。

地质局对地质队实行“三定”能使全队人員普遍关心勘探施工和地质业务活动。因

为地质勘探設計的正确与否，地质观察研究的好坏，关系到地质队任务完成和能否節約工作量的問題，所以，領導上自然就会重視設計和經常領導地质业务工作；同时，由于施工的好坏快慢，直接影响到地质資料的获得，因此全队人員自然就会关心勘探工程的进行及其质量了。勘探施工为地质业务部門提供地质研究的資料，地质业务部門又为勘探施工部門从設計上提供方便条件。这样，上上下下，都圍繞着地质成果而工作，就会形成下列关系：队长是地质队全部活动的司令員，工程师和地质科是队长的參謀长和參謀部，生产科則是作战部，机台，小組是战斗队，工人和技术人員都是战士，分別担任先鋒、偵察、战斗和后勤任务。地质队的全部活动就能目标一致，上下同心，协同动作了。

以上就是我对地质勘探工作的性质及其管理方式的意見，謬誤之处，望同行指正。