

稀有元素地质
专业现场会议
文献选编

地质部第二地矿司編

· 内部读物 · 注意保存 ·

稀有元素地质
专业现场会议文献选编

地质部第二地矿司编

中国工业出版社

为了便于进一步对稀有元素地质工作的开展和满足同志们的学习要求，在一九六一年稀有元素地质专业现场会议文献中选编了十四篇。主要内容包括：气成-热液型、伟晶岩型、岩浆岩型矿床的三个专题小组的总结发言；介绍了我国一些省份的典型稀有金属矿床类型的地质特征及工作方法总结；论述了交代作用花岗岩型钽铌矿床的成矿特征和气成-热液型钽矿床的成矿特征；对气成-热液期钽、铌、钽的地球化学富集规律也作了探讨，并且介绍钽铌矿床成因类型以及锂、铍、铌、钽、铯等稀有元素的主要鉴定方法，等等。

由于篇幅所限，有些矿床类型相类似的矿区地质特征及其工作方法总结和翻译国外的一些参考资料，未能全部选编，表示歉意。

本书可供地质人员、科研和教学人员参考。

稀 有 元 素 地 质
专业现场会议文献选编
地质部第二地质研究所编

地质部地质书刊编辑部编辑（北京西四羊市大街地质部院内）

中国工业出版社出版（北京经二路西10号）

（北京市书刊出版业许可证出字第110号）

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $7^{5/16}$ ·插页5·字数192,000

1963年9月北京第一版·1963年9月北京第一次印刷

印数0001—1885·定价(10-7)1.40元

*

统一书号：15165·2597(地质-254)

目 录

交代作用花崗岩型鈮、鉭矿床的成矿特征討論·····	中国科学院地质研究所 司幼东 (1)
气成-热液及热液类型鉍矿床及其成矿特征·····	中国科学院地质研究所 王中刚 (8)
气成热液期鉍、鈮、鉭的地球化学富集規律·····	北京大学地质地理系地化教研室 (13)
与鈉长石化-云英岩化花崗岩有关的稀有金属矿床主要特点及工作方法·····	气成-热液专题小組討論中心发言人 任湘 (54)
花崗伟晶岩型稀有元素矿床主要成矿特征及工作方法·····	伟晶岩专题小組討論中心发言人 司幼东 田陵君 (72)
岩浆型鈮鉭矿床概述·····	岩浆岩专题小組討論中心发言人 陈德潛 (80)
某地鈉长石化云英岩化花崗岩型鉍矿床地质特点初步总结及工作方法·····	江西省地质局赣西北地质勘探大队合編 (88)
某地鉍鉍型伟晶岩矿床的地质特征及普查勘探方法·····	四川省地质局 (115)
某地含褐釷鈮矿花崗岩风化壳矿床綜合普查勘探方法介紹·····	湖南省地质局 (132)
某地含烧綠石碱性伟晶岩矿床地质情况簡介·····	新疆维吾尔自治区地质局 (155)
某气成热液型鉍-鎢矿床的某些成矿控制因素及评价問題·····	北京地质学院三系第一教研室 (169)

鉍鉭矿床成因类型表·····	地质部地质科学院 陈德潜 (196)
稀有金属矿物鑑定方法簡介·····	·····地质部地质科学院 陈学正 (202)
鋰、鉍、鉭、鉭等元素的主要矿物鑑定表·····	·····地质部地质科学研究所 (209)

交代作用花崗岩型鋁、鉍矿床 的成矿特征討論

中国科学院地质研究所 司幼东

关于矿床的新类型的发现和确定，已經是地质科学中重要的一个工作环节。尽管几十年来無論是金属或非金属矿床的新类型，不断的被发现，但沒有止境的，还在繼續寻找，甚至从大陆上轉移到海洋的領域中，发掘更丰富的新类型矿床資源。由于新兴工业的飞速发展，对稀有元素也大大提出了更多而迫切的要求。因此关于稀有元素矿床新类型的地质工作，不仅是国际上地质学者共同注視的对象，并且在某种程度上还保持着一定的机密，同时也适足以說明稀有元素在今天新技术和国防工业上的重要地位。

根据已知的材料，稀有元素最主要的成因-工业类型矿床。不外以下几大类别：

一、与酸性系列侵入岩浆活动相关的稀有元素矿床：

(一) 含稀有元素副成分矿物的花崗岩型稀有元素矿床及其派生的砂矿矿床；

(二) 花崗伟晶岩型稀有元素矿床及其派生的砂矿矿床；

(三) 气成热液交代作用型稀有元素矿床及其派生的砂矿矿床；

(四) 热液型稀有元素矿床及其派生的砂矿矿床；

(五) 火山岩型稀有元素矿床。

二、与碱性系列侵入岩浆活动相关的稀有元素矿床：

(一) 碱性伟晶岩型稀有元素矿床及其派生的砂矿矿床；

(二) 气成热液交代作用型稀有元素矿床及其派生的砂矿矿床；

(三) 碳酸盐岩型稀有元素矿床及其派生的砂矿矿床；

(四) 热液型稀有元素矿床及其派生的砂矿矿床。

三、硫化物型稀有元素矿床。

四、沉积型稀有元素矿床。

五、其他各种伴生綜合型稀有元素矿床。

在上述的各种类型稀有元素矿床中，与花崗岩系列岩漿活动成因相关的鈮、鉭元素的新类型矿床，自从1945年在非洲的尼日利亚首先从黑云母花崗岩的薄片发现了鈮鉄矿的存在以后，經過了几年調查工作已确定了該种花崗岩风化壳中鈮鉄矿的賦存儲量，毫无逊色于它的派生砂矿。因此大大地扩充了該矿区的鈮鉄矿儲量。除了1960年一次美国矿冶学会年会上由华昌公司透露在巴西Arada发现了含鈮儲量約750万吨的巨大矿床，并且以适应的选矿設備可选70%氧化鈮精矿的消息以外（未說明属何类型及何矿种），非洲尼日利亚一向是資本主义国家产出鈮、鉭精矿（每年約产5000吨以上）最主要的地区，几乎占居資本主义国家鈮、鉭精矿总产量的60%。若单鈮鉄矿計算則占有80%，其次是巴西、剛果、挪威。

关于尼日利亚黑云母花崗岩中作为副成分矿物的鈮鉄矿的存在已有专著討論它的成因，但尙难求得統一的結論。主要不外存在以下分歧：

一、鈮、鉭矿物是以原生的副成分矿物存在于黑云母花崗岩內，原岩并未經受晚期的交代作用。

二、属于晚期交代作用花崗岩型的鈮、鉭矿床。

以上两种說法虽有不同，但鈮、鉭矿物的产出情况，而以小晶体状散布在花崗岩侵入体的各部，但仍有較富集的矿帶可寻。故对其富化成矿的原因——交代作用（鈉长石化作用，有时伴有云英岩化作用等），从而有不同的認識。但在很多情况下均認為晚期岩相的花崗岩为主要的富矿对象。由已知的地质資料証明，鈮、鉭两元素不仅可以拖延到岩漿演化的气热阶段成矿，而且在岩漿期后很多成矿阶段中，往往也都有鈮、鉭元素活动。即使是高溫

石英脉內鈹鉬两元素也并非絕對不能出現。所以鈹、鉬元素的成矿，由总的岩漿演化过程来看，一部与侵入岩体相关的交代作用（即鈉长石化作用等）成因联系的成矿現象，并非不无可能。無論就岩石化学或地球化学上的特征，都比較明显。茲簡述如下：

（一）晚期交代作用，如鈉长石化部分，在花崗岩侵入体内分布的范围，由于作用的强度不同，而有局部变化情况。即使在侵入体的垂直或水平方向也都有所差別，而未必渾然均一。特别是在优白质的酸性花崗岩侵入体内，不等粒的优白质普通成分的花崗岩部分，往往是代表鈉长石化作用較强烈部分，有时发育良好，可以成为独立的夹层体，或較大的凸鏡体裂隙充填交代集合体，頂盖状交代集合体等。从而与晚期气热交代作用成矿有关的鈹鉄矿，与分布富集范围也似有一定空間、局限的位置。

（二）花崗岩杂岩体的一系列岩相中，遭受鈉长石化作用花崗岩与其他各岩相相比較，往往是属于岩漿活动最末期阶段的岩相的突出特征。由此可以推断，凡遭受鈉长石化作用的花崗岩，有可能是最晚期的代表。而在一系列岩相中則属于晚期岩相的产物。有时在与花崗体派生的岩脉边缘部分，和母岩接触之間往往也成了交代作用的夹带。

（三）花崗岩体遭受晚期交代作用部分，往往不仅常有頂盖岩层的俘虏体，而且还具有大小不等的晶洞气孔，甚至形成了伟晶岩相囊状体。这些情况常是說明属于岩体上半部的特征，也都可能与鈉长石化作用相关。凡具有伟晶岩相囊状体出現的花崗岩相，常常是比位在其上的岩相时代較晚，具有伟晶岩相囊状体的花崗岩相，則与其上部岩相間，存在着比較清晰的接触綫。但伟晶岩相的囊状体与其所赋存的鈉长石化花崗岩間，却无清晰的界限，而多半显示了逐漸过渡的特征。位置靠下的伟晶岩相囊状体的延长傾角較大，近接触綫者則往往是平行接触綫方向延长。伟晶岩相囊状体的构成矿物成分，主要不外是石英和微斜长石（有时具有气成矿物如电气石等），可以看作是岩漿中富有揮发分的特殊部分結晶作用。因而粗粒化了侵入体頂部矿物的粒度，构成

了石英-微斜长石的局部粗粒集合体，縱然石英的晶体有时較大，甚至輪廓也比較清楚，但脉体缺乏明显的成带性。其形成的時間是与气成热液交代作用难以划分，或可能略早一些。

(四) 关于伟晶岩体形成阶段的問題，流行着不同的看法。即如上述伟晶岩阶段基本上是与气成热液阶段极为相近，仅两者表現的形式各有不同而已。并且往往是气成热液的交代作用发育显著时，而伟晶岩脉体則不出現或极少出現。相对的当伟晶岩脉体发育較好的場合之下，母岩却往往难以形成比較强烈的气成热液交代作用。即使各自发育較好，往往分布不在同一地区，或同一地区的不同地位。地质上的实际資料，反映了气成热液交代作用的許多現象和特征，也都出現在伟晶岩脉体中。基本上是没有很大的差別，例如鈉长石化作用、云英岩化作用等。

(五) 鈉长石化作用比較强烈的花崗岩相，显然是与其他岩相花崗岩或派生岩脉的矿物成分不同。后者的粒度大小不同，而且主要的矿物成分往往是微斜长石、微斜条紋长石、石英、斜长石和黑云母等。但是鈉长石化作用的花崗岩的主要构成矿物成分，都是微斜长石、石英和蝕变的片状黑云母，以及交代作用产物的鈉长石。却往往缺乏原生的早期斜长石（含鈣多的酸性斜长石），同时并具有稀有元素矿物如鉍鉄矿等。若从两者的斜长石成分对比，即使未受交代作用的花崗岩中也有鈉长石的存在，依其号数往往近于奥长石，或鈉-奥长石。而在鈉长石化作用的花崗岩中則属标准的鈉长石，其号数較小（甚至为№ 1—5）。矿物粒子大小，两者也各有不同，前者常呈中粒粗細，并且长石斑晶明显。鈉长石化作用的花崗岩則往往呈細粒的斑状結構，斑晶不够明显。前者之中微斜长石和斜长石，分別遭受高岭土化和絹云母化。但在鈉长石化作用的花崗岩中相应的矿物，則不显有上述的后生作用，而呈比較新鮮的晶体出現。在与鈉长石化作用花崗岩成因相关的派生岩脉中，縱然也常有絹云母化現象，但非次生作用形成，分布在边缘部分，可能属于蝕变产物。

(六) 在鏡下观察，鈉长石化作用的花崗岩內，其鈉长石往

往圍繞所交代的微斜長石（或石英，甚至黑雲母）周圍或其間隙，形成細小的短柱自形晶体，具有鈉長石式雙晶，或卡斯伯式雙晶。交代作用往往從微斜長石的邊緣或沿裂隙由外向內，甚至在鈉長石內僅余有未完全交代的微斜長石不規則的殘余體。在晶体較大的微斜長石中，常有沿着微細裂隙形成具有方向性的鈉長石交代作用的條紋。在鏡下可以區分出並非屬於條紋長石的，因為在微斜長石的外部，往往見到有鈉長石的尾部，存在於其他礦物之間。

（七）鈉長石化花崗岩的化學成分比未遭受鈉長石化作用的花崗岩部分，鹼性成分（ Na_2O ， K_2O ）含量較高，相對的 CaO 含量較少。主要在於鈉長石含量較多，而一般比較富鈣份的斜長石較少或不見的原故。在鈉長石化花崗岩內的鈉長石，一般常屬 Na_2O 成分較多的鈉長石（即№1—5者）。鈉長石化花崗岩的原始礦物，主要不外長石石英及黑雲母。當晚期氣熱溶液交代作用時，則析出沉淀的礦物主要為鈉長石。鈉長石的形成系通過氣熱溶液交代了早期原生的礦物（主要是微斜長石）。概括的說，即以鈉代替了鉀的過程。在鈉長石化作用以前的原花崗岩中，如果根本缺少斜長石，當交代作用以後則形成多量的鈉長石，最高可以達到50—60%， Na_2O 的含量自然同步升高，一般接近4%或以上，最高可以達到5—6%以上，鈉長石化花崗岩的作用過程，有很大可能是和花崗偉晶岩體中的作用過程相似，同樣在作用早期階段，如果由於熔體中富有鈣的成分，則鈣往往促使了鈉的共同析出沉淀形成斜長石。因此對晚期的鈉長石化作用，反而由於鈉成分未得富集而受到一定限制。微斜長石遭到鈉長石化作用時，其中鉀被鈉—鈣交代後并被置換進入溶液中。隨之而有含鉀礦物——黑雲母的出現，有時在局部富集中，形成黑雲母帶（有時為鐵鋰雲母帶）。

（八）花崗岩的鈉長石化作用階段，常常構成某些稀有元素礦物出生的條件，而呈礦化。從而鈉長石化作用的有無以及強弱，基本上不僅可以當作找礦的綫索，而且時常也關係礦化的程

度大小。例如鉍鉄矿的出現往往富集在較晚期花崗岩相的鈉长石化作用部分。或是鈉长石化作用較强烈部分。侵入岩体的鈉长石化作用，上部較下部显著，有时边部比中央部显著(并不尽然)。显然作用的强弱不只受到内部因素的控制，而且也被許多外部因素所影响，因此矿化的情况，难以簡單概括一致。稀有元素矿物——如鉍鉄矿，往往根据共生的矿物关系，而推测它的生出可能接近鈉长石，或稍晚于鈉长石。

(九) 在花崗岩内非仅出現有晚期交代作用的鈉长石化，而且有时还伴有微斜长石化及云英岩化等作用，鉍鉄矿出生往往与鈉长石化作用关系密切，而細晶石則常与云英岩化作用联系較多。鈉长石化作用一般晚于微斜长石化。而云英岩化作用又或晚于鈉长石化。云英岩化作用則多显露在岩体的頂部，所以細晶石的出現也多集中在頂的内接触带部分。有时有含鋰云母伴生，或含鉍矿物出現。因此利用鋰、鉍元素的指示性，而推测有无含鉍、鉿矿物形成的可能性。細晶石出現較多时，則鉍鉄矿往往較少，两者常呈非同步的含量变化关系。無論何种情况都有含硼等揮发分的矿物形成(如螢石、电气石及黃玉等)。甚至还有錫石、黑鎢矿及輝銅矿等的共生。除此以外，独居石和鋯英石等为該类花崗岩中常見的副成分矿物，因此对交代作用的花崗岩，将是今后鉍、鉿元素的来源的主要研究对象之一。唯鉍、鉿两元素，在花崗岩比伟晶岩中富集的过程較长。但富集的程度較差。

(十) 鉍、鉿两元素的物理化学性质頗多相似，又与其他元素如鈦、鋯等关系密切。含鈦矿物如鈦鉄矿、榍石及金紅石等，以及有鈦分散的黑云母等矿物，均有鉍、鉿置换鈦的現象存在。同样鋯矽酸盐矿物以及鋯英石内，也有鉍、鉿置换鋯的現象出現(可能均以电价补偿关系)。所以熔体之間非只关系鉍、鉿的含量大小。同时其中鈦、鋯的多少也影响到鉍、鉿独立的矿物的生出可能(如鉍鉄矿、黃綠石)。因此了解花崗岩中有无多量的榍石和鋯英石等存在，是有必要的。否則即是有鉍、鉿元素存在，也多分散于鈦、鋯矿物内，并因电价补偿耗失鈉的含量限制了晚

期鈉长石化作用。

一般在侵入体活动的早期，由于鈮与鈇更为近似。鈮的析出沉淀較鈇显著，而晚期則有富鈇的趋势，所以 $\frac{\text{Ta}_2\text{O}_5}{\text{Nb}_2\text{O}_5}$ 的比值往往表明上述关系。一般在碱性系列花崗岩中鈉长石化作用显著，常有鈮鉄矿、黃綠石，其 $\frac{\text{Ta}_2\text{O}_5}{\text{Nb}_2\text{O}_5}$ 較小，而在酸性及超酸性系列花崗岩中鈉长石化及云英岩化作用伴同出現，常有鈮鉄矿、富鈇-鈮鉄矿及細晶石，而 $\frac{\text{Ta}_2\text{O}_5}{\text{Nb}_2\text{O}_5}$ 較大。

以上关于鈮、鈇的交代作用花崗岩型矿床，目前已在中生代花崗岩侵入体内获得較多的資料，并将逐步求得系統的認識。除伟晶岩及碳酸盐岩等（包括一部分派生的砂矿）型鈮、鈇矿床以外，上述交代作用花崗岩型的鈮、鈇矿床（及其派生砂矿床）認為是最富远景的新类型稀有元素矿床之一。

气成-热液及热液类型铍矿床 及其成矿特征

中国科学院地质研究所 王中刚

近几年来在寻找稀有元素矿产资源的地质工作中，除了不遗余力的注意到与酸性岩浆岩有关矿床外，并且又开展了与硷性岩成因有关矿床的研究。一向认为伟晶岩类型是主要的稀有元素矿床，今天却愈来愈多的注意到岩浆矿床，气成-热液矿床和热液矿床方面。许多新类型矿床几乎都是在新的工作方向下所发现，这样就大大的增加了稀有元素矿产资源的开发与利用。

铍矿床也不例外，与酸性及超酸性岩浆岩有成因联系的气成-热液及热液类型铍矿床，由于其矿化规模巨大，分布广泛而具有极其特殊的重要性。本文仅就与气成-热液及热液作用有关的铍矿床类型综合地进行划分，并对某些我国研究得尚少的矿床类型作扼要的介紹。

一、气成-热液及热液类型铍矿床的一般地质特征

(一) 除个别热液矿床的成因关系不够明显以外，大部分铍矿床均与酸性及超酸性花岗岩类岩石有密切成因联系，该类型矿床大多数均赋存在母岩浆岩的内外接触带；

(二) 与矿床有成因联系的花岗岩类的特征是：

1. 常为岩株或岩钟状小型侵入体或矿床出现 部分为大花岗岩基的顶部，边缘部分或岩枝部分；
2. 细-中粒结构，斑状结构等常见；
3. 有时侵入在时代较新的火山岩系中，表明其为浅-中深侵入者；
4. 花岗岩的矿物成分主要为钾长石、酸性斜长石、石英及

少量云母（黑云母、白云母）組成（根据約 8 个矿区的 22 个花崗岩样品的統計，平均鉀长石約占 34%，斜长石約占 26%，石英約占 34%，黑云母 4%，白云母 2%），暗色矿物含量很少，有时黑云母也很少見到。

5. 在岩石化学特征上（按查瓦里茨基岩石化学参数計算）大多属鉬过飽和系列及部分属于正常系列岩石；

6. 岩体内常发育有不同程度的蝕变作用——鈉长石化，云英岩化，电气石化，黃玉化，以及鉄鋰云母化等。

（三）目前見到的該类型矿床主要成矿时期为海西期及燕山期；

（四）矿床中含揮发分（尤其是氟硼）的矿物种类及数量均很大——如螢石、黃玉、电气石及云母类（鉄鋰云母——黑鱗云母·Be、Li——珍珠云母、金云母、白云母等）；

（五）常与鎢、錫矿物伴生出現。此外鉍矿床中伴生的元素除 W、Sn 外尚有 Nb、Ta、Pb、Zn、TR、Th、Li、B、Mo 等；

（六）围岩的成分对矿床类型形成的影响很大，成分近似的含矿溶液由于发生在不同成分的围岩中，而形成不同类型的鉍矿床；

（七）鉍矿物的种类比較复杂，且顆粒比較細小。

二、气成-热液及热液类型鉍矿矿床类型

根据已有的資料来看，重要的鉍矿类型多半与花崗岩侵入体有成因联系。今根据地质作用演化阶段物质成分的变化，围岩介质的不同以及由此而产生不同的矿物共生組合，将气成-热液及热液类型鉍矿床划分如插頁表（主要参考 A.A. 別烏斯的分类）。

对插頁表內矿床类型，作如下几点說明：

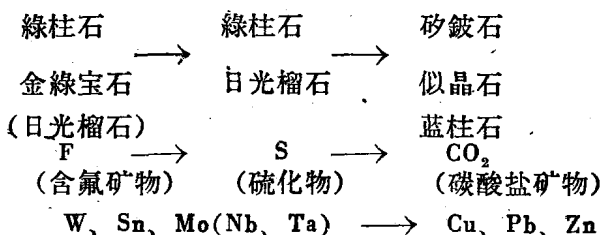
（一）根据若干气成-热液鉍矿床物质成分分析結果得知，成矿溶液在早期阶段富于硷（形成鈉长石化），后来揮发分——氟等大量增加，含矿溶液是酸性的，并富含 Be、Li、B、F、Si、Al 以及 W、Sn、Rb、……等元素。此种含矿溶液由于进入不同

成分的围岩而产生不同的矿物共生组合以及不同的矿床类型。正如某些矿区所见，在花岗岩顶部发育的云英岩化作用形成了大量的黄玉，而在其周围的灰岩中则形成大量的萤石。兹将形成在铝矽酸盐介质以及碳酸盐介质中的两大类气成-热液矿床的物质成分及其存在形式综合对比如下（据 A. И. 金兹堡等资料）：

矿物种类	围 岩 种 类	
	在铝矽酸盐介质中	在碳酸盐介质中
含铍矿物	绿柱石为主其次有日光榴石、矽铍石	金绿宝石、日光榴石、绿柱石、似晶石、其次有塔菲石、三斜石、香花石……等
含氟矿物	黄玉为主，其次有萤石、铁锂云母、白云母	萤石为主，其次有铁锂云母、金云母、珍珠云母、白云母、氟锂石
含硼矿物	电气石	斧石、氟硼镁石、矽硼钙石、电气石
含锂矿物	含锂白云母、铁锂云母-黑磷云母	铁锂云母-黑磷云母 Li-珍珠云母 Li-金云母
含钨矿物	黑钨矿为主	白钨矿为主
含锡矿物	锡石	锡石
含钼矿物	辉钼矿	辉钼矿

因此，在上述矿床类型中，产于铝矽酸盐介质中的某一类型铍矿床在物质成分上有相对应的产于碳酸盐介质中的铍矿床。

（二）各矿床类型之间或一个矿床本身（从较高温度到较低温度的）在物质成分上可能有以下的演化系列：



綜合以上兩點所述，在礦床類型表中，在縱的方向，由上至下反映了成礦溫度由高至低，礦體距母侵入岩的位置由近至遠。在橫的方向，反映了產生不同圍岩介質中而在物質成分及成礦溫度上相對應的礦床類型。

(三) 一種類型礦床往往重迭有另一類型的成礦作用，因此在物質成分上也就比較複雜。

三、幾種鉍礦類型簡介

(一) 蝕變火山岩型矽鉍石礦床：是最近二三年中美國正在研究的一種新的礦床類型，礦床位於猶他州索馬斯山脈史泊爾原螢石礦區的周圍。礦化發生在蝕變的第三紀流紋凝灰岩中，鉍礦物與有成因關係的螢石、石英、玉髓、蛋白石、方解石和蒙石以及殘餘的石英、長石和黑雲母共生。含礦體中，氧化矽與螢石的結核比周圍的凝灰岩含有更多的鉍，鉍的含量如下表：

樣	品	1	2	3	4	5
凝灰岩中	Be%	0.54	0.08	0.17	0.08	0.38
結核中	Be%	3.8	0.63	3.0	1.8	3.2

較確實鑑定的主要的鉍礦物為矽鉍石 ($2\text{Be}_2\text{SiO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)，並在該地區還見有少量的綠柱石。礦石可能是來自與第二期火山活動有關的流紋岩漿的富氟成礦溶液而形成。

礦化作用在區域內分布廣泛，幾個含鉍凝灰岩層延長至少几百呎，許多層的平均含鉍量為0.1—0.2%，估計這個地區可以有幾十萬噸遠景礦石，但是由於鉍的品位低，鉍礦物顆粒細小，用物理方法選礦比較困難，但鑑於這種鉍礦物在硫酸中有可能溶解，因而有可能採用水冶法。

我國東南沿海地區時代較新的酸性火山岩分布廣泛，可注意這一類型礦床的尋找。

(二) 雲母-螢石、金綠寶石、日光榴石礦床。為蘇聯遠東

地区的一种 Sn-Be 矿床，产于灰岩中，与规模不大的淡色花岗岩有成因联系。淡色花岗岩系黑云母花岗岩演化后期的变种。该类型矿床又分两个亚类：

1. 云母-螢石型：分布在淡色花岗岩的外接触晕圈中，矿体产于灰岩及砂卡岩破碎带中，呈几乎垂直的，向下变窄的筒状矿体。矿体主要组成矿物为螢石及浅色云母（白云母及锂-珍珠云母），其他矿物是电气石、似晶石、金绿宝石、方解石、锡石、氟镁石、黄玉、水铝石及少量绿柱石、蓝柱石、刚玉、磷灰石、冰晶石等组成。似晶石为长柱状及不规则状颗粒，长3毫米，直径0.1—0.5毫米。金绿宝石常与刚玉及珍珠云母相伴随。

2. 电气石-螢石型：分布在浅色花岗岩的外接触带，交代灰岩及砂卡岩所形成。除白色螢石及绿色电气石外尚含有锡石、似晶石、黄铁矿、白云母、石英。

（三）含稀土——铍矿物碳酸盐交代矿床：在苏联某地产于结晶灰岩中与碱性交代有成因联系的稀土和铍的综合矿床。矿体呈层状和凸镜状。还可分为两类：

1. 钠长岩：除钠长石外，尚含有霓辉石，磁铁矿、微斜长石、铝铁闪石、铁叶云母、绿泥石、黝帘石、石英以及锆英石、水锆石、氟碳铈矿、螢石、方解石、褐帘石、磷灰石等。似晶石及金绿宝石含量很少。矿体中 $[\text{Ce}]$ 的含量为 4.71%。

2. 黑云母-方解石交代体：呈层状分布。除含黑云母、方解石、白云母外，尚含有似晶石、金绿宝石、磷灰石和铁钼石(?)，似晶石呈不规则粒状在上盘富集。

本文完成后曾与袁忠信、夏琿同志讨论，他们提供了宝贵的意见，最后还经司幼东先生审阅指正，特此致谢。