

稀有元素 矿床地质译文集

旷 羲 秦 编 译

地 质 出 版 社

稀有元素矿床地质译文集

地质科学研究院地质矿产所

旷 羲 秦 编译

地质出版社

稀有元素矿床地质译文集

地质科学研究所地质矿产所

旷羲秦 编译

*

地质局书刊编辑室编辑

地质出版社出版

地质印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

1974年1月北京第一版·1974年1月北京第一次印刷

印数1—4,500册·定价0.46元

统一书号: 15038·新52

说 明

本译文集共有文章十六篇，其中二篇是根据国外有关资料编写的，其余十四篇是按原文摘译而成。

本译文集选译的文章着重于近年来国外发现的新类型稀有元素矿床和稀有元素含量高、储量大的矿床，如含钽花岗岩、含铯钽伟晶岩、含铈稀土碳酸岩、含铍凝灰岩、含铈稀土碱性岩等。此外，对稀有元素矿床地质的某些新方向、新苗头，也选译了几篇文章，如铯云母岩、稀土风化壳、稀有稀土含量高的火山岩及富铈钽的变质岩等。国外还有一些重要类型的矿床，因为发现较早，情况已为人们熟知，本译文集没有收集有关文章。

目 录

说明

国外稀有元素矿床地质概况·····	(1)
稀有金属花岗岩问题·····	(6)
含氟、锂、锡、铍、铌、钽等稀有元素矿物 的钠长石白云母花岗岩 (法国蒙特布拉和 埃沙舍尔矿床) ·····	(26)
含铌铁矿-钽铁矿、铀钽烧绿石、细晶石、锡石 和黄玉的含锂云母天河石-钠长石花岗岩·····	(39)
曼尼托巴伯尼克湖坦科伟晶岩地质与共生组合·····	(52)
卢希碳酸岩·····	(67)
蒙廷帕斯碳酸岩型氟碳铈矿独居石矿床·····	(73)
非洲中部喀隆戈古老变质岩中氟碳铈矿细脉型矿床·····	(78)
巴西的两个大烧绿石矿床简况·····	(80)
论西伯利亚古老变质岩系中的铌钽矿化·····	(84)
格陵兰东南部伊利马乌萨克碱性杂岩中的铌矿化·····	(97)
犹他州枣布县汤姆斯山铍矿地质 ·····	(108)
犹他州金山附近新发现的铍矿床 ·····	(118)
具高浓度稀有元素的一些喷出岩和次火山岩 ·····	(123)
花岗岩类岩石风化壳中的稀土 ·····	(133)
铈云母岩——新的矿化类型 ·····	(138)

国外稀有元素矿床地质概况

近十几年来，随着原子能工业、电子工业、人造卫星、宇宙飞船和电视工业等的蓬勃发展，世界各国对稀有金属的需求急剧增长，因之促进了对稀有元素矿产的普查找矿和综合研究工作。同时，随着采矿、选矿和冶炼技术的进步，扩大了矿物原料的来源，矿石储量增长较快，并发现了一些新的稀有元素矿床类型。下面简单介绍国外稀有元素矿床的主要类型和进展概况，供广大地质工作人员在普查找矿过程中参考。

铌 和 钽

铌和钽在六十年代以前，多开采尼日利亚含铌铁矿花岗岩所形成的砂矿及伟晶岩中的铌铁矿和钽铁矿。现在由于碳酸岩的勘探开采，估计世界上百分之九十八的铌储量来自碳酸岩中。特别是巴西的阿拉夏和塔皮拉矿床，五氧化二铌品位达百分之四左右，储量在一千万吨以上。非洲扎伊尔的卢希矿床，五氧化二铌品位近百分之一，储量亦很大。加拿大在詹姆士海湾发现了一个成条状的与辉岩共生的含烧绿石碳酸岩矿床，五氧化二铌平均品位在千分之五以上，矿石量估计有六千二百万吨。

与钠质火成岩有关的铌、稀土、锆矿床，如格陵兰伊利马乌萨克碱性杂岩体，含烧绿石、铌钠矿、异性石、层硅铈钛矿等。这个矿床不仅是铌、稀土矿床，而且放射性含量稳定，是一个大的综合性矿床。

一些碱性花岗岩、正长岩和霞石正长岩的晚期交代蚀变带中，也有铌、稀土、锆等的富集成矿，规模亦较大。在苏联西伯利亚的古老变质岩中，发现了一种碱性交代岩，矿物成分近似碱

性花岗岩和碱性正长岩，但还保有片麻状构造，与外围岩浆岩无明显关系。交代岩体长十多公里，规模大，具铌、钽、稀土和锆的矿化，含五氧化二钽万分之二到万分之五，五氧化二钽储量达十万吨， $\text{Nb}:\text{Ta}\approx 10:1$ ，相应五氧化二钽储量在百万吨以上，是一个值得重视的规模巨大的新的综合性稀有元素矿床。

含铌钽的花岗岩，特别是富钽花岗岩，近年来在国外很受重视。法国、埃及等都有发现，这种类型矿床的五氧化二钽含量在万分之一到万分之二左右，品位稳定，储量较大，便于露天开采。国外对其成因，找矿标志、找矿方法等都有所讨论。稀有金属花岗伟晶岩，仍是锂、铍、铌、钽的一个重要类型，特别是加拿大伯尼克湖富铌和钽的伟晶岩的进一步研究，找到了含五氧化二钽达千分之二以上的富矿体，储量达四千四百吨，更引起了对伟晶岩的重视。

另外，一些钨矿和黑钨矿中常含有一定量的钽，有的高达百分之几。因之在冶炼钨精矿和黑钨精矿的炉渣和渣饼中，钽得到进一步富集，五氧化二钽含量可达百分之十，是生产钽的重要补充原料。有些国家钽产量的百分之二十六来自炼钨炉渣。

文献报导有从含五氧化二钽仅千分之三到千分之五的铌精矿中分离钽的方法。在 $\text{Ta}_2\text{O}_5>0.3\%$ ， $\text{Ta}:\text{Nb}<1:20$ 的条件下，可从含有任意一种铌钽矿物的精矿中把钽和铌分开利用。事实上许多与碱性岩、碱性花岗岩、碱性交代岩及碳酸岩有关的铌矿床，含五氧化二钽常可达万分之二左右，钽储量在数万吨以上。

稀 土

稀土元素矿床，类型较多，目前主要开采滨海砂矿和冲积砂矿。稀土矿物主要是独居石。储量和产量都以澳大利亚、巴西、印度、马来西亚等国最大，年产独居石共万吨以上。稀土的原生矿床以美国的蒙廷帕斯区含氟碳铈矿碳酸岩最著名，此矿体长约八百米，宽二十一米，氧化稀土含量为百分之八到百分之十。在

非洲亦找到了较大的稀土氟碳酸盐的热液矿床，如喀隆戈片岩中的氟碳铈矿细脉型矿床。

在一些深变质的花岗片麻岩、混合岩的伟晶岩异离体中，独居石含量很高，有的可达百分之二十五左右。

稀土元素的另一来源是从磷灰石和磷块岩中提取。磷块岩中稀土含量亦较高。摩洛哥、阿尔及利亚、突尼斯等国的磷块岩中，含稀土氧化物达千分之一，储量在百万吨以上。美国 and 苏联的一些铁矿石中，有的含稀土在百分之一左右。碳酸岩中的烧绿石往往含稀土在百分之十左右。在提取铌钽的同时，亦可顺便回收稀土。

国外铈和重稀土多从含铈砾岩和含金砾岩的冶炼过程中综合提取。东南亚地区的一些砂锡矿中常伴生有磷铈矿，为获取重稀土资源的途径之一。此外，国外也有的从磷块岩中回收铈。

近来，对一些岩体的风化壳中的稀土含量作了分析测定，初步探讨了风化壳中稀土元素的迁移富集特点和存在形式。

铍

铍矿的主要工业类型仍是含绿柱石的伟晶岩，以巴西、阿根廷、南非（阿扎尼亚）及美国较多。但近年来由于选冶技术的革新，许多细结晶的矿石和矿物，亦能利用，因之大大扩大了矿产资源。如美国犹他州的含羟铍石流纹岩、凝灰岩矿床，含氧化铍品位为千分之五，金属铍储量达数十万吨。其他类型尚有含羟铍石的蚀变花岗岩矿床；含锗日光榴石的云英岩化花岗岩及其蚀变围岩铍矿床；接触交代含铍条纹岩矿床；含羟铍石的云英岩矿床；羟铍石-萤石矿床；长霓岩化片麻岩硅铍钡石矿床；羟铍石石英脉和羟铍石石英长石脉等矿床类型。

锂、铷、铯

锂、铷、铯矿床主要以钠锂稀有金属伟晶岩为主要工业类

型。矿石矿物以锂辉石、锂云母、锂磷铝石、透锂长石、铯榴石为主。这方面的资源以加拿大、美国、津巴布韦和巴西等地较富。如加拿大伯尼克湖伟晶岩中含量达百分之二以上的氧化锂储量有二十三万吨。铯榴石有三十二万吨。其他原生矿床类型尚有与黑钨矿和钨石伴生的铁锂云母型(捷克斯洛伐克)和气成热液锂磷铝石脉型(西班牙)。

锂、铷、铯也从盐湖卤水和钾盐中提取。如美国西尔斯湖，面积达九十平方公里，盐类中含氯化锂 0.02—0.03%，远景储量为四十万吨。西德钾盐矿的光卤石含氯化铷 0.015—0.037%，氯化铯 0.0002%，若每年开采八百万吨到一千万吨钾盐，就可从钾盐中提取一千吨铷和十吨铯。

有些国家的地下卤水和矿泉水中，含铷和铯，有的已开发利用。

近年来有铷和铯含量较高的新报导，如稀有金属伟晶岩围岩中含铯较高的黑云母带，浅色花岗岩外接触带内含铷和铯较高的云母-萤石交代岩等。在某些褐锰矿-硬锰矿矿石中含铯 0.005%，铷 0.02%。有些星叶石和堇青石中含铯也较高。某些与碱性花岗岩有关的交代岩中，形成了特有的铯矿物——铯锰星叶石，含铯达 10.8%，这种类型被认为是一种新型的铯矿床。

锆 与 铪

锆与铪的工业矿物主要是锆石、斜锆石、异性石和钠锆石等，矿床类型以冲积砂矿和滨海砂矿为主，占锆矿总储量的 96%。滨海砂矿中又分现代与古代两种。美国、印度、澳大利亚、锡兰、巴西、塞内加尔等国储量较大。锆石多与钛铁矿、独居石、金红石等同时开采，综合利用，所以其经济效果较大。

原生矿床包括与碱性岩有关的岩浆矿床和热液交代矿床。前者如碱性杂岩体中的异性霞石正长岩带。异性石在岩石中含量高达 10—25%，矿带厚达几十米到百米。在乌克兰还有一种含锆石

的钠霞正长岩风化壳矿床，风化壳厚十多米，风化带含 ZrO_2 达 0.4%，共生矿物有钛铁矿和烧绿石，氧化锆储量达几十万吨。巴西的斜锆石冲积砂矿及脉矿，产于碱性霞石正长岩中。其中斜锆石矿脉是由流霞正长岩和响岩中的含锆矿物（锆针钠钙石、星叶石、褐锰锆石、异性石、负异性石、霓石等）遭受到热液蚀变作用，锆转入溶液，然后又沿后期裂隙充填而形成。其他碱性霞石正长岩、碱性正长岩、碱性花岗岩的岩体顶部及钠长石化等蚀变带，含锆石亦较多，可与烧绿石、铌铁矿、褐钨铌矿、钍石等综合开采。有些碳酸岩中含锆亦较高，如巴西阿拉夏矿床，含氧化锆达 5%，可综合利用。

含铅较高的锆石主要见于钠锂型稀有金属伟晶岩和富钽蚀变花岗岩中，其锆石中氧化铅含量由 3% 到 10% 不等，但这类矿床中锆铅的含量并不很高，总储量不大。主要是在利用钽铌和锂、铷、铯时顺便回收，有综合利用的价值。

国外近年来对钷、锶、硼、钛等元素的矿物、矿床及地球化学也有很多的研究。

稀有金属花岗岩问题

近十年来，最有兴趣的发现之一，是具有稀有金属工业矿化，特别是钽铌矿化的含矿花岗岩体。随着这些花岗岩的发现，出现了一系列的问题，解决这些问题可以使许多重要的岩石学和成矿问题得到阐明。

根据主要有用组份，可将这类含矿花岗岩划为三类矿床：

1. 钽矿床（钽铁矿-钽铁矿、细晶石、钽铁金红石）。 $Ta_2O_5:Nb_2O_5$ 平均为 1:1。伴生组份有锡石、含锂云母类（黑磷云母-铁锂云母-锂云母）和黑钨矿。

2. 钽铌矿床（钽铁矿、烧绿石、褐钨铌矿）。 $Ta_2O_5:Nb_2O_5$ 约为 1:10（从 1:8 到 1:13）。伴生组份有富铪锆石、稀土矿物（稀土烧绿石、氟钙钠钇石、氟铈矿、稀土氟碳酸盐、硅铈钇矿等）和冰晶石。典型的暗色矿物是钠闪石、钠铁闪石，其次是霓石和星叶石。

3. 钨铍（含辉钼矿）矿床。极特征的是白云母在此类矿床的花岗岩中的广泛分布（与云英岩化的强烈发育有关）。

A. A. 别乌斯把这些含矿花岗岩均看作是交代岩石，并称之为“稀有金属变花岗岩”，还有人称之为“交代蚀变花岗岩”或“变花岗岩的交代岩”，所有这三种叫法都认为这些地质体是因花岗岩体进行交代的结果。但是，类似成分的地质体不仅发育于花岗岩中，而且见于花岗正长岩、石英正长岩，并常沿着沉积变质岩（首先是片麻岩）发育。要区分这些交代岩石是沿着花岗岩发育还是沿片麻岩发育并非是容易的事。另外，还有人认为这些岩石

不是交代生成的。因此，若将“变花岗岩”这一名词套用于所有这类地质体未必是正确的。近来出现了一种趋势，即简称其为“稀有金属花岗岩”或“稀有金属花岗岩类”。按照 B. H. 斯米尔诺夫的意见，这类花岗岩总是受到强烈的钠长石化，故应列入“钠长石化矿床组”。

随之产生了一个问题，即如何区别“稀有金属花岗岩”与“含锡花岗岩”或“含钨花岗岩”？“含锡花岗岩”被认为是与岩浆期后的云英岩或石英脉建造有成因关系的锡的工业矿床，而“稀有金属花岗岩”目前可理解为直接含稀有金属矿物浸染的矿床，从矿物含量上说，花岗岩体本身已成为矿石。而从地质学、岩石学和岩石化学上看，“含锡花岗岩”与“含钽花岗岩”实际上是同类的，因为在“含钽花岗岩”侵入体的上部经常有岩浆期后的锡或锡钨矿床。然而远非所有的“含锡花岗岩”都具有钽的矿化。

稀有金属花岗岩在整个花岗岩侵入体形成过程中的位置 苏联领域内进行的研究说明，这类具有稀有金属矿化的岩体无疑均与再生的分异的花岗质侵入杂岩有关，而与辉长岩浆分异最后阶段形成的花岗岩毫无关系。后一岩石与再生花岗岩不同，其中经常缺少稀有元素。另外，Φ. P. 阿彼尔泰以极地乌拉尔为例指出，含稀有金属矿化的类似花岗岩岩石是晚期花岗岩化迭加在早期片麻花岗岩及其围岩变质岩上发生的。还需要指出，当花岗质侵入杂岩分异时常见有明显的规律性，表现为所研究的成矿元素（特别是钽、铍、锂，以及锡、钨等）集中在最晚期岩浆的形成物——补充侵入体中。由于后者富集稀有元素，致使其中稀有元素含量较主要相的早期花岗岩高 2—3 倍，有时达 5—8 倍。应当强调指出，补充侵入体内稀有元素的聚集，与其中碱分、挥发分，首先是氟的聚集是同时发生的。挥发分对岩石富集稀有元素起了头等重要作用。

综上所述，于是得出：(1) 岩浆分异导致最晚期侵入岩体富含稀有元素、碱分和挥发分，导致特殊岩浆的形成。而不清楚的

是形成工业矿床所必须的条件是什么？以及为什么含稀有金属副矿物量略高的花岗岩十分常见，但高度富集者却是很稀少；（2）出现一个问题，即什么样的因素决定各个地区的成矿专属性，为什么在一些地区，花岗质杂岩的晚期相富含钽、锡、锂，而另一些地区的同类岩体，这些元素的含量低，但却富含铍或钨。显然，B. C. 科普捷夫-德沃尔尼科夫等人的意见是正确的，他们认为，所有这些具稀有金属矿化的侵入杂岩，按其性质说是再生的，因此，它们的地球化学专属性取决于杂岩体熔出地点四周基体的成分。

稀有金属花岗岩类岩石的分布规律性及其形态 现在要有把握地谈稀有金属花岗岩类岩石分布的一般规律性，收集的实际资料还太少。A. A. 别乌斯在其“内生金属矿床成因”一书的有关“钠长岩矿床”一节中列有一些资料。现不再重复。仅着重指出，稀有金属花岗岩类愈富碱分，则它们产于古老结晶地盾或产于深断裂中的属性表现愈明显。这些深断裂或者沿不同古老构造的（如太古代和早元古代的）交界处分布，或沿地台边缘分布。成分相当于钠闪石或钠铁闪石花岗岩的稀有金属交代岩，在许多地区是由花岗片麻岩发育而成，并产于不同时代构造的交汇带中，在这些地带内，再生作用、退化变质作用、花岗岩化作用和碱交代作用得到广泛发育。另外，稀有金属碱性花岗岩类岩石可能形成于褶皱作用已结束的褶皱区内，但在任何情况下它们均明显见于活化带中，在其形成时间上与褶皱作用结束时期不一致，其中间隔一个甚或几个构造岩浆旋迴。

在稍不同的条件下出现锂云母-微斜长石-钠长石成分的花岗岩类岩石。它们也经常是晚期造山作用的产物，并产于标准的地槽区内。在另外一些场合，它们还与活化带有关。例如，根据近来外贝加尔东部矿床成因研究资料，所有这类岩体都产于中生代不同方向活化带交汇的结点上，它们常分布在中央岩体的四周边缘。因为稀有金属花岗岩类岩体的位置最终受构造带的联合或交

切结点所控制，所以它们通常呈裂隙状岩体、陡倾斜的岩株和不大的岩钟（面积从 0.3—0.5 平方公里到 30—50 平方公里）。

在一些地区（尼日利亚，中哈萨克斯坦）个别岩体产于环状构造中，具管状形态。所有已知的和已勘探的岩体都是陡倾斜岩体。并具有复杂不平的顶面。常常从这种岩株向上分出岩枝，形成同一成分的岩墙。在许多场合，这种岩株贯穿了较老的花岗岩相，并穿切了与之有关的脉岩。

应当指出，稀有金属花岗岩类岩体的地质构造位置与其成分之间的依从性还需要进一步确定。也需要确定的一个重要问题是这些岩体的形成深度。尽管在古老地盾区内，这些岩体发生在花岗岩化和超变质作用发育带内，但其形成深度不太大，这是因为所有这些作用局限于深断裂中的狭窄地带。深度未必能超过 3—4 公里，在个别情况下可能达到 5 公里。据各种地质资料判断，标准锂云母-钠长石含钽花岗岩的形成深度较小，不超过 3 公里。在最近两年（1968—1969 年），在蒙古人民共和国和西伯利亚发现了最有趣的石英斑岩或霏细岩岩墙，其中含有大量黄玉、钠长石、含锂云母和稀有金属矿物，这种岩墙是同一锂云母钠长石花岗岩的浅成相甚至近地表相。这些事实说明岩体形成深度的变化范围很广（从 0.5 到 3 公里）。

稀有金属花岗岩类岩石的类型 根据云母和有色组份，所有稀有金属花岗岩类岩石可划分为三类，其中每一类又有与其相应的一套副矿物和特有的矿化。

I 类为白云母稀有金属花岗岩类，其特点是白云母广泛发育，向深处白云母为黑云母所代替。

II 类为含锂云母稀有金属花岗岩类，其特点是有一系列含锂云母，从深部层位的锂黑云母到岩体顶部的黑鳞云母、铁锂云母、绿鳞云母或锂云母。

III 类为钠闪石、钠铁闪石和钠闪石-霓石稀有金属花岗岩类，其特点与上述明显不同，除黑云母外有碱性暗色组份出现，首先

是钠闪石或钠铁闪石，继而发育为霓石，此外还有星叶石出现。在个别岩体内见到含锂云母——铁锂云母、绿鳞云母、多硅鳞云母和带云母，但它们不是这类岩石的标型矿物。这类岩石中的碱性角闪石通常含有锂。

与上述第一类有关的主要是钨和铍的矿化，与第二类有关的是钼和锡钼的矿化，与第三类有关的是钼铌矿化、锆和稀土矿化。三类花岗岩类岩石的简要特征列于下表。

	I 类 (白云母)	II 类 (含锂云母)	III 类 (钠闪石、钠铁闪石和 钠闪石-霓石)
地质位置	造山区，已结束褶皱的年轻地区活化带		较古老构造活化带
年 代	加里东、海西、基米里和阿尔卑斯		从早元古代到中生代
母岩侵入体杂 岩的成分	正常黑云母和二 云母花岗岩和白 岗岩	高碱度的白岗花岗岩	次碱性和碱性花岗岩类 岩石
暗色组份的成 分	黑云母、白云母	锂黑云母、黑云母-黑 鳞云母-铁锂云母-绿鳞 云母-锂云母	黑云母、钠闪石、钠铁 闪石、富铁钠闪石、霓 石、星叶石，其次含锂 云母
天河石化作用 的发育	实际上不发育	广泛分布	表现弱
花岗岩类岩石 中聚集的特征 元素	[W]、[Be]、F、 Mo、Bi、Sn，少 量Ta、Nb、Li	F、[Ta]、[Nb]、[Sn]、 Li、Rb、Cs，其次W、 Zn、Pb	[Nb]、[Ta]、F、[Zr]、 Hf、[TR]、Th、U、Rb、 其次Sn、Li、Be、Pb
岩 石 中 Ta_2O_5 : Nb_2O_5	1:2—1:3	1.5:1—1:1	1:8—1:13
特征副矿物	黑钨矿、绿柱石、 羟铍石、黄玉、 辉钼矿、辉铋矿、 有时石榴石	黄玉、萤石、铌铁矿、 铌铁矿-钼铁矿、细晶 石、钼铁金红石、锡石、 铈磷钼石、方铅矿、闪 锌矿、曲晶石、氟铈矿	萤石、冰晶石、烧绿石、 褐钨铋矿、铅烧绿石、 铌铁矿、锆石、水锆石、 氟钙铌矿、氟碳铈矿、 硅铍钨矿、磷钨矿、铁 钼矿、铀钼矿

由于各类稀有金属花岗岩的出现，产生了一些有争论的现在还不清楚的问题：

1. 正常系列和碱性系列稀有金属花岗岩类岩石的形成与什

么样的母岩有关？根据图瓦、吉尔吉斯和布里亚特的资料，许多学者认为，产生钠闪石或钠铁闪石稀有金属花岗岩类岩石的原始母岩是次碱性或碱性花岗岩。而另外一些学者研究哈萨克斯坦钠闪石花岗岩类后认为，它们是由普通黑云母花岗岩经交代作用而形成，对所见到的花岗正长岩，这些学者认为是微斜长石化的花岗岩；

2. 所分出的三类稀有金属花岗岩类岩石之间的关系如何？特别是为什么在一些场合只见到具钨、铍矿化的白云母岩石，而在另一些场合见到具钽矿化的锂云母岩石？看来，要回答这个问题可能要涉及不同区域的成矿专属性，但是，两类稀有金属花岗岩类岩石共见于同一个区域内，而且与同样的大岩体有关，又似乎不能作出不同区域成矿专属性的结论。H. E. 扎拉什科娃等认为这种由一个花岗岩体生成两个不同矿化岩种的差异，是由于它们形成在不同的构造条件下，因而其中一个主要发育酸性交代阶段，而另一个主要发育碱性交代阶段；

3. 所分出的三类稀有金属花岗岩，在极个别情况下共见于一个岩体内，彼此以逐渐过渡形式相连。例如：Г. П. 鲁戈夫斯基研究过一个具钽矿化的锂云母-微斜长石-钠长石花岗岩类岩体。发现含铍矿化的较晚期云英岩化明显重迭在强钠长石化含钽铁矿花岗岩之上。A. A. 别乌斯描述过锂云母-天河石-钠长石花岗岩中有霓石。而在成分相当于碱性钠闪石花岗岩的碱交代岩分布带内，在个别场合见到其成分极近于锂云母稀有金属花岗岩的天河石岩石。所有这些资料说明在各类稀有金属花岗岩类岩石之间可能存在相互过渡情况，需要查明的只是什么样的因素决定这种或那种类型岩石出现。

稀有金属花岗岩类岩体的内部构造，垂直分带性 可惜，现在谁也不可能来追索花岗岩的垂直剖面，在这种花岗岩中能見到从未蚀变黑云母花岗岩向具有稀有金属工业矿化的标准“变花岗岩”的连续过渡。但是，在中亚的山区，对某些岩体曾沿垂直方

向达0.5—1.0公里的天然露头进行了追索，见到从岩体深部地段到岩体顶部地段的全部过渡情况。岩体深部地段由黑云母花岗岩组成，而岩体顶部是具稀有金属副矿物的钠长石化云英岩化岩石。在个别有工业价值的矿床上打了深度达500米和900米的深构造钻，尽管还未打到标准的黑云母花岗岩，但有可能研究这些岩体的深部层位。在捷克斯洛伐克秦诺维茨矿床打过深钻（1.6公里），钻孔资料为M. 什捷姆普罗克详细研究过。与A. A. 别乌斯较早提出的垂直交代分带性图解相比，近年来这些研究提出了什么新的东西呢？

整个说来，为A. A. 别乌斯所阐述的那种垂直分带性在各个白云母和锂云母稀有金属花岗岩类岩石中均可见到，仅仅各个带的厚度变化较大。在垂直方向，在很大距离内花岗岩的成分才有变化，这些距离达1公里或更多。但沿垂直方向，带的迅速变化及成分的强烈变化仅见于深不到200米的岩体顶部地段。有工业价值的稀有金属矿化主要局限在围岩顶板之下，深度约50~100米，偶尔更多。

深处早期微斜长石化发育带的确定是争论最大的，因为目前还没有一个统一的和客观的标准，以区别岩体深部带的岩浆微斜长石和交代微斜长石。根据微斜长石的三斜性程度实际上不能区别二者。

应当强调指出，A. A. 别乌斯所提出的各个带之间存在完全的逐渐过渡，常常一些带超复和重迭在另一些带上。矿物地球化学研究证明，造岩矿物和副矿物的成分，从岩体深部向顶部过渡，是逐渐变化的。例如，在微斜长石中，铷的含量逐渐增大，黑云母中，氟和锂的含量逐渐增大，因而黑云母或锂黑云母逐渐转变为黑鳞云母、铁锂云母、绿鳞云母和锂云母，在锆石中铪的含量逐渐增大，在铌铁矿和黑云母中钽的含量逐渐增大等等。随着从深部向顶板过渡，氟的含量也逐步增高，从而导致黄玉量明显增加，萤石以及有时锂磷铝石的出现，独居石为氟铈矿，并进