

矿产专辑

第 11 辑

稀有金属伟晶岩

中国工业出版社

56.57
454
=11

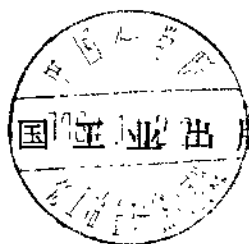
矿 产 专 辑

第 11 辑

稀有金属伟晶岩

26.576/02

中国工业出版社



本專輯系由國外期刊中選出的12篇文章組成的，論述了有關稀有金屬偉晶岩的地球化學、內部構造、成因類型、分類原則、主要工業類型、找礦標誌及其勘探工程密度分析等。

本書由董瑞、周濟群和林強翻譯，林強、李鄂榮校對。

礦 產 專 輯

第 11 輯

稀 有 金 屬 偉 晶 岩

*

地質部地質書刊編輯部編輯（北京西四羊市大街地質部院內）

中國工業出版社出版（北京西曉蘭胡同10號）

北京市書刊出版業營業許可證出字第110號

中國工業出版社第四印刷廠印刷

新華書店北京發行所發行·各地新華書店經售

*

開本 $787 \times 1092^{1/25}$ ·印張 $8^{2/25}$ ·插頁3·字數168,000

1964年8月北京第一版·1964年9月北京第一次印刷

印數0,001—2,470·定價(科七)1.20元

*

統一書號：15165·3083(地質-280)

目 录

- 一、关于稀有金属花岗伟晶岩的地球化学 Н.А.索洛多夫 (1)
- 二、論某些伟晶岩体中鉬和鉍的相互关系 С. С. 謝尔宾 (14)
- 三、論碳酸盐岩类中鉀輝石伟晶岩的某些特征
 А.И. 金茲堡、А. Я. 沃尔仁科娃、В.Ф. 波尔庫諾夫 (31)
- 四、蒙特加利稀有金属伟晶岩的内部构造
 及其成因探討 R. W. 哈琴森 (43)
- 五、花岗伟晶岩的分类原則及其构造-共生
 类型 К.А. 弗拉索夫 (61)
- 六、稀有金属伟晶岩与花岗岩成因关系一例
 В.Н. 科特梁尔、О.А. 奥謝特罗夫、С. С. 謝尔宾 (88)
- 七、論花岗伟晶岩形成的深度 А.И. 金茲堡、Г.Г. 罗季昂諾夫 (100)
- 八、稀有金属伟晶岩的主要工业类型 Н.А. 索洛多夫 (113)
- 九、作为普查隐伏矿体准則的伟晶岩稀有元素
 原生分散暈 С. С. 謝尔宾、О.А. 奥謝特罗夫 (162)
- 十、在掩盖地区普查稀有金属伟晶岩矿床时应用光谱金属量
 測量的經驗 З.Г. 卡拉耶娃、О.Ф. 切斯諾科夫 (177)
- 十一、含鉍伟晶岩的取样經驗 Г.Ф. 卡德罗夫 (183)
- 十二、勘探稀有金属伟晶岩矿床时勘探工程
 密度分析 В.Д. 謝綿紐克 (190)

一、关于稀有金属花岗伟晶岩的 地球化学

H.A. 索洛多夫

根据多年以来对阿尔泰和科拉半岛伟晶岩田的研究，我们将稀有金属花岗伟晶岩分为以下四种主要类型：第一种类型——微斜伟晶岩；第二种类型——钠长-微斜伟晶岩；第三种类型——钠长伟晶岩；第四种类型——钠长-锂辉伟晶岩。

伟晶岩的类型实际上是根据三种主要造岩矿物：微斜长石、钠长石和锂辉石的分布情况而确定的。各类型的名称只引用这三种矿物中其数量超过伟晶岩体总体积10—15%的矿物。

选择这些矿物作为主要分类标志的原因是：第一，它们都是伟晶岩主要性质之一，并且与90—95%以上的石英组成所有的伟晶岩脉；第二，在野外容易迅速发现它们；第三，其中每一种矿物的含量在不同的类型中也是很不相同的，从而能够将其用于分类的目的。根据这几种矿物所作的分类，同时也能反映出伟晶岩体成分的地球化学特征，因为从各类型的名称本身就立刻可以看出，某种伟晶岩富含某种硷性元素——钾、钠或锂。此外，每一种被划分出来的类型都具有一定的稀有金属矿物，从而可能将其成功地用于伟晶岩的评价和勘探的实际工作中，这在下面还将讲到。

兹将各类型的地质矿物学特征概要地列入表1中。本文是探讨各类型的地球化学特征的。为此目的拟制了表2。表2列举了不同类型伟晶岩中硷性元素和稀有元素的一般含量。不过表中稀有元素的含量是根据我们所研究的矿脉的地质勘探取样^①资料和文献资料综合而成的，而在稀有元素含量很低的情况下，则以每一类型具有代表性的矿

^① 除我们的资料外，还利用了Я.Х.叶谢列夫、В.П.楚耶娃、Н.Н.卡乌平年、С.Н.埃维奇科的材料。

脉組合样品的化学分析（鉍、銲、鉍）或火焰分光光度分析^①（鋰、鈉、鉀）为依据的。每一个組合样品包括15—70个刻槽样品和岩心样品。第二、第三和第四种类型的伟晶岩中主要硷金属——鉀和鈉的含量，也是根据組合样品的化学分析（表3）或火焰分光光度分析测定的。由于缺乏組成具有代表性的組合样品的材料，微斜伟晶岩中的鉀和鈉含量是引用A.E.費尔斯曼和Ю.Ю.尤尔科的著作中的資料。所有这些資料都归納在图中。

由表2和图中可以看出， K_2O 的含量急剧地减少——从微斜伟晶岩中的10%减少到鈉长伟晶岩和鈉长-鋰輝伟晶岩中的2%以下，这也反映在微斜长石数量的同时間急剧下降——从60—70%降到5—15%。在这方面， Na_2O 的含量縱然有所增加，但是增加的很少，大約从3%增加到4.5%，尽管鈉长石的数量有很大的增长。鈉长-鋰輝伟晶岩中鈉的平均含量只等于微斜伟晶岩中的1.3—1.5倍，而在任何类型的各个岩脉中，鈉的含量甚至是相等的（表3）。因此，更正确的說法是，从第一种类型到最后一种类型，鈉含量的增加不是绝对的，而是相对的，因为，如果在微斜伟晶岩中鈉的数量比鉀的含量少1/2—2/3倍，那么在鈉长伟晶岩和鈉长-鋰輝伟晶岩中鈉的含量反而比鉀的含量大1—2倍。必須指出，鈉在这方面的存在形式是有变化的。鈉在微斜伟晶岩中主要是鉀长石的波絲斑晶，鉀长石波絲斑晶的数量通常为25—35%。随着向鈉长-鋰輝伟晶岩的过渡，不仅微斜长石的数量减少，而且其中的波絲斑晶也逐漸下降，直到实际不存在为止。由于这种原因，鈉越来越形成鈉长石的独立矿物，而属于波絲斑晶的那一部分，实际上什么也未留下来。这就是在两个极端类型之間鈉长石的数量所以有这么大差別（6—9倍）的原因，尽管鈉的含量变化很小（30—50%）。

所有其余常見的元素（Si、Al、Fe、Ca、Mg、Mn等）的含量从一个类型到另一个类型的变化沒有显著的規律（表3）。

氧化鋰的含量是有規律地增加，在微斜伟晶岩中为万分之几，而

① 分析人員是E.A.法布利科娃、A.馬努霍娃（苏联科学院稀有金属、地球化学及晶体化学研究所）。

稀有金屬偉晶岩主要类型的基本特征

表 1

	第一类型 微斜伟晶岩	第二类型 钠长-微斜伟晶岩	第三类型 钠长伟晶岩	第四类型 钠长-锂辉伟 晶岩
主要矿物 含量, %	斜长石 60—70 钠长石 5以下 锂辉石 0 石英 23—26	25—35 25—35 10以下 25—35	10以下 35—45 10以下 30—40	10左右 35—45 15—25 30—35
次要矿物和 标型矿物	含銀白云母、 黑电气石、粗柱 状綠柱石	锂云母、多色和蔷薇色电 气石、磷锂鋁石、蔷薇色白 云母、綠柱石、玫瑰綠柱 石、鉍榴石、鉬鉄矿、六方 鉍鋁石、微晶石、鉍鉬錦 矿	藍黑色电气 石、鮮綠色白云 母、磷鋁石、鉍 綠柱石、鉍鉄矿 —鉍鉄矿	灰綠色白云 母、鉍綠柱石
参与伟晶岩 构造的各个带 (括弧里的矿物 是有实际价 值的)。有一部 分常常消失 或者在空間上 彼此不能分 界。在后一种 情况下,形成 联合带。例如, 块状石英-微 斜长石带	1. 花崗-伟晶岩 带 2. 文象石英-微 斜长石带 3. 伟晶岩状石英 -微斜长石带 4. 块状微斜长石 带 I (第 4 和 第 5 带上的綠 柱石) 5. 块状石英带	1. 花崗伟晶岩带 2. 文象石英-微斜长石带 3. 脫玻文象石英-钠长-微 斜长石带 (鉍鉄矿) 4. 細粒钠长石带 (綠柱石、 鉍鉄矿) 5. 块状微斜长石带 I 6. 石英-白云母带 (綠柱 石、鉍鉄矿) 7. 石英-叶钠长石-锂輝石 带 (鉍輝石、綠柱石、 鉍鉄矿、鉍鉄矿) 8. 薄片状钠长石带 (鉍榴 石、鉍鉄矿、玫瑰綠柱 石、鉍輝石) 9. 鱗片状锂云母带 (鉍鉄 矿、锂云母, 有时可見 鉍榴石和錳石) 10. 块状微斜长石带 II 11. 块状石英带	1. 脫玻文象石英 -钠长石带 (鉍 鉄矿) 2. 精晶状钠长石 带 (鉍鉄矿) 3. 叶钠长石带 (綠柱石、鉍 鉄矿-鉍鉄矿) 3a. 石英-叶钠长 石-鉍微石带 (綠柱石、鉍 鉄矿-鉍鉄矿) 4. 鱗片状白云母 带 (鉍鉄矿) 5. 块状微斜长石 带 I 6. 块状石英带	1. 細粒石英- 钠长石带 2. 石英-钠长 石-锂輝石 带 (鉍輝石、 偶尔可見綠 柱石和鉍鉄 矿) 3. 块状微斜长 石带 I
带状构造的 清晰程度	中 等	良 好	很 好	不 好
外部带结构 (内部带结构 可能是一样的)	花崗、文象、 似伟晶岩	花崗、文象、脫玻文象	脫玻文象、糖 晶状	細粒状、糖 晶状
伟晶岩体的 形状	透鏡体和岩珠	透鏡体和脉状体	典型脉	板状脉
伟晶岩体的 大小	不大的岩体, 一般不过 100— 200 米	中等岩体, 长度达 500— 700 米, 有时达 1 公里	小岩体, 长度 一般不过 100— 200 米, 有时可 达 300 米	大岩体, 长 度可达 2—3 公里

續表 1

	第一类型 微斜伟晶岩	第二类型 钠长-微斜伟晶岩	第三类型 钠长伟晶岩	第四类型 钠长-锂辉伟晶岩
伟晶岩体长度与其最大厚度之比	3—5, 有时达10	5—10, 有时多些	20—30, 有时达50	40—60, 有时达80
至原生花岗岩的距离	离花岗岩最近	在花岗岩附近	离花岗岩远	离花岗岩最远
互相交切情况 (据B. И. 庫茲涅佐夫)	被所有其余类型的伟晶岩所交切	只被以后的两个类型交切	被钠长-锂辉伟晶岩交切	交切所有以前各类型的伟晶岩
当前的实际意义	一般为可手选 的粗晶綠柱石 的小型开采对象, 偶尔也是鉬鉄 矿的小型开采对象	巨大的綠柱石、鈮榴石、 鉬鉄矿的綜合性矿床, 常常 可順便开采锂輝石	綠柱石、鉬鉄 矿-鈮鉄矿的小 型开采对象	最大的锂輝 石工业矿床
A. E. 費爾 斯曼的伟晶岩 类型	第四种类型的 鈹亚类	第五种锂- 鈉类型的锂云 母亚类	第五种锂- 鈉类型的钠长 石 (或鈉-锂輝石) 亚类	
K. A. 弗拉 索夫的伟晶岩 类型	块状和全分异 类型	稀有金属交代类型		
A. A. 別烏 斯的伟晶岩类 型	块状的, 含綠 柱石的白云母- 微斜长石类型	交代的, 锂云母- 鈉长石 类型	交代的, 白云 母- 鈉长石类型	交代的, 锂 輝石- 鈉长石 类型
A. И. 金茲 堡的伟晶岩类 型	綠柱石- 白云 母伟晶岩	锂輝石- 锂云母伟晶岩	鉬鉄矿- 綠柱 石伟晶岩	锂輝石伟晶 岩

表 2

不同类型稀有金属伟晶岩中硷土元素和稀有元素的一般含量 (%)

组 分	I. 微斜伟晶岩		II. 含锂輝石的鈉长-微斜伟晶岩		III. 鈉长伟晶岩		IV. 鈉长-锂輝伟晶岩	
	脉的数量 (自一至)	脉的数量 (自一至)	脉的数量 (自一至)	脉的数量 (自一至)	脉的数量 (自一至)	脉的数量 (自一至)	脉的数量 (自一至)	脉的数量 (自一至)
Li ₂ O	10	(0.01—0.05)	10	0.1—0.6	7	0.1—0.9	19	1.10—1.50
Na ₂ O	12	2.70—3.50	4	3.0—4.0	3	3.0—4.0	2	約为4.5
Na ₂ O/Li ₂ O		約为 100		40—7		30—5		4—3
K ₂ O	12	10.10—5.50	4	4.0—3.0	3	2.0—1.0	2	約为2.0

續表 2

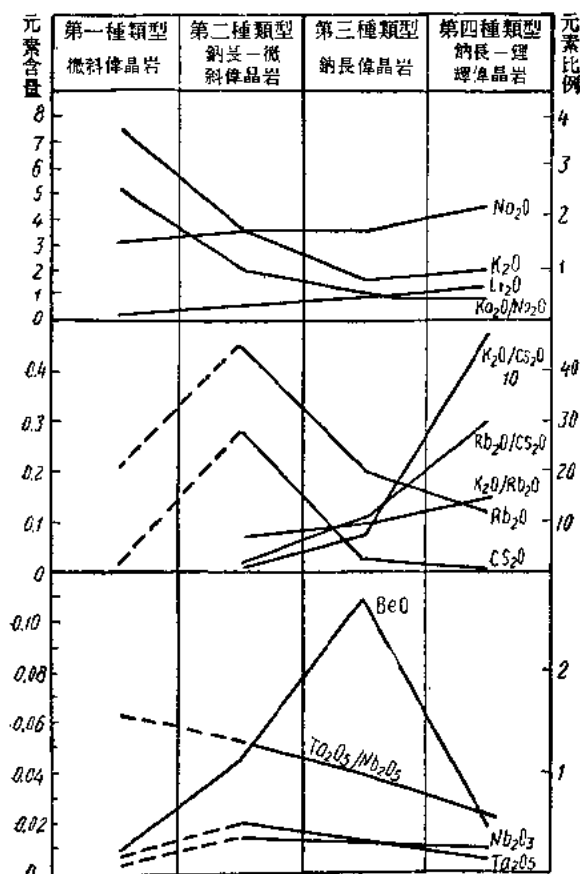
組 分	I. 微斜伟晶岩		II. 含鋰輝石的鈉长-微斜伟晶岩		III. 鈉长伟晶岩		IV. 鈉长-鋰輝伟晶岩	
	脉的数量 (自一至)	脉的数量 (自一至)	脉的数量 (自一至)	脉的数量 (自一至)	脉的数量 (自一至)	脉的数量 (自一至)	脉的数量 (自一至)	脉的数量 (自一至)
Rb ₂ O	~0.10	4	0.70—0.30	3	0.30—0.08	2	0.19—0.12	
Cs ₂ O	~0.005	4	0.450—0.100	3	0.044—0.009	2	0.006—0.004	
K ₂ O/Rb ₂ O			5—10		8—12		13—18	
K ₂ O/Cs ₂ O			7—30		50—150		400—550	
Rb ₂ O/Cs ₂ O			1.6—3		7—12		25—40	
K ₂ O/Na ₂ O	3.3—2		約为1		0.5—0.3		約为0.5	
BeO	400.005—0.010	4	0.040—0.080	7	0.103—0.200	2	0.035—0.012	
Ta ₂ O ₅		15	0.025—0.010	13	0.027—0.008	3	0.010—0.004	
Nb ₂ O ₅		15	0.020—0.009	13	0.015—0.010	3	0.012—0.010	
Ta ₂ O ₅ +Nb ₂ O ₅	~0.010		0.035—0.024		0.035—0.022		0.022—0.014	
Ta ₂ O ₅ /Nb ₂ O ₅	>1		3—0.9		1.3—0.7		0.8—0.4	

在鈉长-鋰輝伟晶岩中为 1.4—1.5%^①。但是，必須指出，在鈉长-微斜类型和鈉长类型的伟晶岩中，从一个脉到另一个脉，鋰的含量是急剧变化的，实际上，这些类型的每一种类型又可以分出两个亚类：

1) 含鋰輝石的鈉长-微斜伟晶岩和 2) 不含鋰輝石的鈉长-微斜伟晶岩；1) 含鋰輝石的鈉长伟晶岩和 2) 不含鋰輝石的鈉长伟晶岩。

Rb₂O 和 Cs₂O 的最大含量见于鈉长-微斜伟晶岩中，在个别脉中其含量分别为 0.70% 和 0.45%。必須指出，鉍和鉍的高度集中并不是出现在第二种类型的所有岩脉中，而只是出现在含有鋰輝石的鈉长-微斜伟晶岩的亚类中。只有这类伟晶岩才含有鋰云母、鉍榴石、玫瑰綠柱石以及紅色电气石。在所有其余的类型中鉍呈分散状态，而在这里的个别脉中分散的鉍含量降到 25%，而其余的鉍是呈鉍榴石形式出现。在鈉长-鋰輝伟晶岩的方向上 Rb₂O 的含量下降到 0.12%，而 Cs₂O 的含量则下降到 0.004%。同时，由于鉍和鉍的地球化学性质很接近，K₂O/Rb₂O 的比例从第二种类型到第四种类型的变化比較小——从 5

① 在鈉长-鋰輝类型的伟晶岩中，Li₂O 的含量一般为 1.10—1.50%。但是，有时由于鋰輝石的强烈交代，Li₂O 的含量下降到 0.8—0.9%。



稀有金屬偉晶岩中稀有元素和鹼性元素的含量變化解

—10到13—17。与此相反， K_2O/Cs_2O 的比例則有急劇的增加，從7到500。 Rb_2O/Cs_2O 的比例也相應地急劇增加，在鈉長-微斜偉晶岩中為16，在鈉長-鋰輝偉晶岩中則增至32。由於缺乏微斜偉晶岩的具有代表性的樣品，其中鉍和銻的平均含量不能精確地測定，只是根據微斜長石的一些樣品分析大致地確定， Rb_2O 為0.1%， Cs_2O 為0.005%左右^①。由此可見，從鈉長-微斜偉晶岩到微斜偉晶岩銻和鉍的含量是下降的。

① 根據H. H. 馬爾齊雅諾夫的資料（口頭報導），圖瓦東南部的無礦脈，就類型而言近似微斜偉晶岩，其中含 Nb_2O_5 0.018—0.024%，含 Cs_2O 0.002—0.003%。

BeO 的含量最高 (0.10—0.20%) 是鈉长伟晶岩的特点。BeO 的含量由此开始向两方面下降, 在鈉长-鋯輝伟晶岩中为 0.035—0.012%, 在微斜伟晶岩中则为 0.005—0.010%, 在鈉长-微斜伟晶岩中为 0.010%, 在鈉长-鋯輝伟晶岩中为 0.010—0.004%, 即下降数字大致相同, 约为 0.010—0.015%。 Ta_2O_5 的含量也有显著的减少, 在鈉长-微斜伟晶岩中为 0.025—0.010%, 在鈉长-鋯輝伟晶岩中为 0.010—0.004%。因此, Ta_2O_5/Nb_2O_5 的比例在这个方向上也有所下降, 从 3—0.9 下降到 0.8—0.4%。对微斜伟晶岩的鉭和鈮未进行过研究, 因为它们通常含有为量极小的鉭鈮酸盐类。在所有的情况下, 这些伟晶岩

各种类型伟晶岩具有代表性的岩脉组合样品的化学分析 表 3

組 分	第一类型 伟 晶 岩①	第二类型 鈉长 微斜伟晶岩	第三类型 鈉长伟晶岩	第四类型 鈉长-鋯輝伟晶岩
SiO ₂	70.62	69.63	79.22	73.33
TiO ₂	0.00	0.02	痕跡	痕跡
Al ₂ O ₃	14.61	20.15	12.25	16.97
Fe ₂ O ₃	0.48	0.56	1.16	0.34
FeO	0.69	—	—	0.45
MnO	0.02	0.05	0.05	0.09
MgO	0.30	0.14	0.35	0.33
CaO	0.34	0.83	0.74	0.50
SrO	未定	0.01	—	未定
Na ₂ O	2.88	3.48	3.21	4.44
(K, Rb, Cs) ₂ O	9.49	3.76	1.07	2.32
Li ₂ O	未定	0.52	0.89	1.12
F ₂ O ₃	0.17	0.25	未定	未定
SO ₃	0.02	未定	未定	未定
BeO	未定	0.041	0.14	未定
H ₂ O ⁻	0.11	0.00	0.03	0.14
H ₂ O ⁺	0.48	0.47	0.90	0.11
烧失量	未定	0.32	未定	0.25
总 計	100.21	100.20	100.01	100.35
分析人員		O.多洛思多娃	T.卡皮塔諾娃	B.什維茨

① 自 D. K. 尤尔卡著作的分析。

中的 $Ta_2O_5 + Nb_2O_5$ 的含量未必超过0.01%。根据由第四种类型到第二种类型的一般的地球化学趋势，即 Ta_2O_5/Nb_2O_5 的比例在不断增加，可以期望，在第一种类型中这个比例要比1大得多。

由这个分析中可以看出，每一类型中稀有元素含量都具有一定的标准。特别是其上限很明显。例如，微斜伟晶岩中BeO的含量一般不超过0.01%，我们在钠微斜伟晶岩中还未发现过BeO超过0.08%的岩脉，但在钠长伟晶岩中BeO的平均含量达0.20%。钠长-锂辉伟晶岩中 Cs_2O 的含量也一样，一般不超过十万分之几，在钠长伟晶岩中 Cs_2O 的含量为万分之几，而在钠长-微斜伟晶岩中 Cs_2O 的含量则达到千分之几。类似的情况也见于其他稀有元素。

从理论上讲每种类型稀有元素含量的下限可以等于克拉克值（指伟晶岩说），甚至低于克拉克值，因为在任何类型中，由于伟晶岩结构不同、矿体内部的构造情况不同以及其他各种原因等，便可观察到由强烈矿化脉到几乎无矿脉的全部过渡。但是，实际上上限高的伟晶岩中的下限经常高于上限低的伟晶岩的下限。

由此可见，总的来说，每一种类型的伟晶岩，其稀有元素都具有相当固定的平均含量（表2）。

兹将稀有元素的大致相对富集程度列入表4，从表4中可以清楚地看到，不同类型中稀有元素具有不同的平均含量。例如，钠长-微斜伟晶岩中的铍比微斜伟晶岩的多4倍，钠长伟晶岩中的铍甚至比它多14倍，而钠长-锂辉伟晶岩中的铍则比它多2倍。

不同类型伟晶岩中稀有元素的大致相对富集程度

表 4

（稀有元素的最低含量为1）

元 素	I. 微斜伟晶岩	II. 钠长-微斜伟晶岩	III. 钠长伟晶岩	IV. 钠长-锂辉伟晶岩
Li	1	15	25	45
Rb	1	3	1.5	1
Cs	1	50	5	1
Be	1	5	15	3
Ta	—	3	2	1
Nb	—	1	1	1

有趣的是，鉍在各个类型中的分布最为均匀，实际上它連一个最低值都沒有。其次是鉍和銩，其最大富集量不超过 3 倍，鉍的最大富集量就已經定為 15 倍，而銩和鉍的最大富集量則分別达到 45 倍和 50 倍（表 4）。

各种类型伟晶岩中稀有元素的不同富集程度，直接影响它們的实际价值。但是从伟晶岩中获取稀有元素是否合算，自然不仅决定于它在矿脉中的平均含量，而且还决定于稀有金属矿物在伟晶岩体中的分布性质、矿脉的大小以及其他地质-矿物学、工业技术加工和經濟的因素，例如，从微斜伟晶岩中可以开采大量的綠柱石，虽然整个岩脉中 BeO 的含量低，但由于这种类型中的綠柱石能形成巨大的柱状晶体，其大小达 1—2 米，从而有可能用手工輕易地把它取出来。与此同时，虽然銩在鈉长石伟晶岩中的含量較高，但不能从中得到銩輝石，因为矿脉很小，对它进行浮选是不合算的。由于这种原因，日前在各种类型的伟晶岩中，有实际价值約是以下各元素：第一种类型为 Be，間或为 Ta，第二种类型为 Ta、Be、Cs、Li、Rb、Nb，第三种类型为 Be、Ta、Nb，第四种类型为 Li（将来从个别矿床中可以順便开采 Be、Nb、Ta、Sn，因为这种类型的伟晶岩規模很大，即使含量很低也可提取这些元素）。

除上述各种元素外，为了充实各类型的地球化学特征，表 5 中还列举了某些其他稀有微量元素的含量，这是在合併样品中由光譜分析法（分析人員为 H. B. 黎楚諾夫）所測定的。果然不出所料，鈉长-微斜伟晶岩中鉍（它在地球化学上和銩很相似）的含量有規律地增加。这些伟晶岩也含有較多的鋇（0.05%），有时还含有稀土元素、鈾等。总的來說，鈉长微斜伟晶岩在其他类型中在一定程度上占有特殊位置，因为它具有各种各样的稀有金属成分。相反，微斜伟晶岩，以及三个含鈉长石类型中的鈉长-銩輝伟晶岩則貧稀有元素。对每一种类型來講，都可以将其具有代表性的各元素归納出如下的共生組合：

第一种类型——K、Be(Zr、TR、U)。

第二种类型——K、Na、Li、Rb、Cs、Be、Zr、Ta、TR、U、Ti。

第三种类型——Na、Li、Be、Ta、Nb、Sn。

第四种类型——Na、Li、Nb、Sn。

上述元素共生組合出現的原因，只是对硷性元素可以解釋为鋰与鈉、鋇、鉍、鉍和鉀有某些地球化学亲合关系。但即使是这种地球化学亲合关系的表現也是单方面的，因为如果說花崗伟晶岩中无鈉則不能有鋰，則无鋰的鈉长伟晶岩的实例却是很多的（如第三种类型中的无鋰輝石的鈉长伟晶岩的亚类）。同样，如果說缺了大量鉀就不会出現鋇和鉍，那么鉀却可以是在几乎没有这些稀有硷性元素时照例出現，如在微斜伟晶岩中。

这种或那种元素共生組合产生的主要原因，如同伟晶岩的这种或那种类型的出現一样，多半是在于伟晶岩熔体的相应原始地球化学特点^①。

C.C.斯米尔諾夫、Ф.И.沃里弗逊和B.A.涅夫斯基、A.B.科罗列夫、O. Д.列維茨基和B.И.斯米尔諾夫等在热液矿床方面不止一次地发展了关于不同成分含矿溶液自岩浆源中順序間断进入的思想，即关于各种元素自岩浆源順序分开的思想。我們認為，这种思想也完全可以用来解釋为什么会出现各种类型的稀有金属伟晶岩和为什么其中有不同数量的各种稀有元素。

在这方面，通过上述材料的分析，可以指出，硷性元素从岩浆源析出的連續序列为：K→Na—Li。实际上这是借助于在不同程度上富集有某种硷金属的伟晶岩熔体的各种脉动的連續侵入而进行的。质量成分不同的脉动的存在，分別地为微斜伟晶岩被鈉长石脉而鈉长石脉又被鈉长—鋰輝石脉所交錯的情况完全証实，这曾为B. И.庫茲涅佐夫明确地指出过。应当說明，A.拉克魯阿早在1922年，在研究馬達加斯

① 如果在我們所划分的各类型和亚类中将造岩矿物換成相应的硷性元素，那么我們可以近似地提出如下的稀有金属伟晶岩地球化学分类：

第一种类型——鉀伟晶岩。

第二种类型——鉀-鈉伟晶岩：第一亚类，不含鋰和鉍的鉀-鈉伟晶岩；第二亚类，含有鋰和鉍的鉀-鈉伟晶岩。

第三种类型——鈉伟晶岩：第一亚类，不含鋰的鈉伟晶岩；第二亚类，含有鋰的鈉伟晶岩。

第四种类型——鈉鋰伟晶岩。

不同类型伟晶岩具有代表性的各岩脉组合
样品中的分散微量元素的含量 (%)

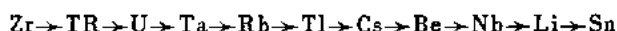
表 5

元 素	I. 鈉长-微斜伟晶岩	II. 鈉长伟晶岩	IV. 鈉长-鋰輝伟晶岩
Te	0.001	—	—
Sn	0.001	0.01	0.001
Ga	0.01	0.005	0.01
Mo	—	—	0.005
V	—	0.01	0.005
Ti	—	—	0.05
Cu	0.005	0.005	0.001
Zn	—	0.005	—
Co	—	0.01	—
Ni	0.01	0.01	—
Zr	0.05	—	0.005
Sr	0.01	0.005	0.01
Cr	0.01	0.01	—
Ba	—	0.01	0.01

加的伟晶岩时，就得出了鈉-鋰伟晶岩与鉀伟晶岩有关和“鋰阶段乃是花崗岩漿历史的最后记录”的結論。

自然，同一个岩漿源，甚至侵入体并不是經常都能将全部成分不同的伟晶岩熔体分出来。分离作用有时主要发生在熔体具有特殊的鉀成分时，有时发生在当熔体具有重要的鈉成分或鈉-鉀成分时。最近 K. A. 弗拉索夫发展了的关于伟晶岩岩漿的不同成熟程度的思想，我們認為正是应当这样理解。因此，各个矿床或者矿田主要有一种类型或若干种类型发育，而不是所有的四种类型都发育。

对于花崗伟晶岩中的稀有元素来講，其从岩漿源中連續分离的序列可大致归納如下：



在这个序列中，鋰的位置在一定程度上是假定的，因为根据絕對含量鋰是比較均匀地分布在早期脉动和晚期脉动之間，但是，对于 Ta 来說，則晚期部分很富集。按照这个次序在早期类型中聚集着这个序列的前一部分元素，在中間类型中聚集着这个序列的中間元素，而在晚期类型中則聚集着这个序列的最后的元素。必須說明，Zr, TR 及

U 在更为早期的奥长伟晶岩和奥长-微斜伟晶岩中最为发育,只是部分地进入上述微斜伟晶岩和钠长-微斜伟晶岩中。

結 論

1. 不同类型的稀有金属伟晶岩的稀有元素含量是不同的,且在同一类型发育良好的岩脉中,含量的变化范围一般很小(表2)。

2. 伟晶岩不同类型的形成及其硷性元素和稀有元素的不同富集程度,可以用伟晶岩熔体原始地球化学特点来解释。

3. 首先从岩浆源析出的是稀有元素很贫的特殊含钾伟晶岩熔体。其次析出的是富含钽、铌、钍及部分铍的钾-钠伟晶岩熔体。再次析出的是富含铍并在一定程度上富含钽和铌的特殊熔体-溶液。最后,岩浆源的伟晶岩形成活动的最后阶段的特点是:相对地富含钾、有时富含铯的钠-锂脉动发育。

参 考 文 献

1. Л. К. Арески У. Р. Либенберг. Геохимическое исследование редких элементов южно-африканских минералов и пород. В сб. Редкие элементы в изверженных горных породах и минералах, Изд-во иностр. лит. М., 1952.

2. А. А. Беус. Изв. АН СССР. Сер. геол., № 6, 1951.

3. К. А. Власов. Изв. АН СССР. Сер. геол., № 2, 1952.

4. К. А. Власов. Изв. АН СССР. Сер. геол., № 12, 1957.

5. Ф. И. Вольфсон В. А. Невский. Изв. АН СССР. Сер. геол., № 1, 1949.

6. А. И. Гинзбург. Тр. Минералог. музея АН СССР, вып. 7, 1955.

7. А. И. Гинзбург. Разведка и охрана недр. № 6, 1957.

8. Е. Камерон и др. Внутреннее строение гранитных пегматитов. Изд-во иностр. лит., 1951.

9. А. В. Королев. Изв. АН СССР. Сер. геол., № 1, 1949.

10. В. И. Кузнецов. Тр. Ин-та геол. наук АН СССР, вып. 162, 1955.
11. О. Д. Левицкий, В. И. Смирнов. Советская геология, №2, 1959.
12. Ю. С. Слепнев. Геохимия, №3, 1959.
13. С. С. Смирнов. Изв. АН СССР, Сер. геол., №6, 1937.
14. Н. А. Солодов. Геохимия, №3, 1958.
15. Н. А. Солодов. Геохимия, №4, 1959.
16. М. Ф. Стрелкия. Оловоносные формации пегматитов. В кн. Геология олова, 1947.
17. А. Е. Ферсман. Пегматиты, т. 1, Изд-во АН СССР, М., 1940.
18. Ю. Ю. Юрк. Граниты и пегматиты Украинского кристаллического щита. Изд-во АН УССР, 1956.
19. J. F. Davies. Canad. Mining J. 77, №4, 1956.
20. W. D. Johnston. Bull. Geol. Soc. America 56, №11.
21. A. Lacroix. Mineralogie de Madagascar. Paris, V. 1, 1922.
22. W. T. Pecora and I. I. Fahney. Amer. Mineralogist, 34, №12, 1949.
23. E. C. Pye. Canad. Mining J. 77, №4, 1956.
24. P. Quensel. Geol. fören. Stockholm. förhandl. Bd 62, h. 3, 1940; Bd 62, h. 4, 1941.

周济群译自“Геохимия, №7, 1959.” 林强校