

稀有元素矿床地质

第 6 輯

鋁土矿中的稀有元素



К. Ф. 捷林契也娃著

刘孝善译

中国工业出版社

141
2-6
1

苏联地质保矿部全苏矿物原料研究所

稀有元素矿床地质

第 6 輯

鋁土矿中的稀有元素

К. Ф. 捷林契也娃著

刘孝善译

中国工业出版社

本輯主要是介紹鋁土礦中的稀有元素。作者較詳細地敘述了鋁土礦成分中的稀有元素、稀有元素的含量、鋁土礦中稀有元素的富集程度、鋁土礦中稀有元素的富集程度與其在地殼中平均含量的比例關係、稀有元素的某些地球化學特徵及其在鋁土礦中的性狀、鋁土礦中分散元素存在的形式、分散元素的堆積條件以及可能成為稀有元素原料來源的鋁土礦等。

本輯可供地質人員及地質院校師生參考。

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ И ОХРАНЫ НЕДР СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ (ВИМС)
ГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ
ВЫПУСК 6
РЕДКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В БОКСИТАХ
К. Ф. Терентьева
ГОСГЕОЛТЕХИЗДАТ
МОСКВА 1959

稀有元素矿床地质

第 6 輯

鋁土礦中的稀有元素

刘孝善 譯

地质部地质书刊編輯部編輯 (北京西四羊市大街地質部院內)

中国工业出版社出版 (北京德勝門外大街10号)

(北京市書刊出版事業許可證出字第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·各地新华书店經售

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $15^{5/8}$ ·字数37,000

1962年3月北京第一版·1962年3月北京第一次印刷

印数0001—2,260·定价(0.29)元

統一書号: 15165·1434(地質-150)

編輯委員會

А. И. 金茲堡 (主席)、И. И. 馬雷謝夫、Г. Г. 羅吉諾夫、
И. С. 斯捷帕諾夫、П. А. 特羅哈切夫、В. П. 法古托夫、
Н. А. 赫魯紹夫、Ю. Л. 切爾諾斯維托夫、И. В. 什曼年科夫、
В. В. 謝爾賓納、М. А. 埃依格列斯
編輯 А. И. 金茲堡

目 录

緒言	4
包含在鋁土礦成分中的稀有元素	5
稀有元素的含量	9
呈分散狀態存在的元素的含量	9
在鋁土礦中形成結核的礦物成分中所含元素的含量	15
鋁土礦中稀有元素的富集程度	18
鋁土礦中稀有元素的富集程度與其在成礦前基底岩石中及在基底岩石上 發育的風化殼中平均含量的關係	19
鋁土礦中稀有元素的富集程度與其在地殼中平均含量的關係	22
在鋁土礦各種岩石變種、各種比重的鋁土礦、含礦層各種岩石中稀有元 素的富集程度	25
稀有元素的富集程度與鋁土礦次生變化的各種作用（外力變質、熱液變 質作用和風化作用）的關係	29
稀有元素的某些地球化學特徵及其在鋁土礦中的性狀	30
鋁土礦中分散元素存在的形式	39
分散元素的堆積條件	42
可能成為某些稀有元素原料來源的鋁土礦（斯塔羅斯吉納、К. Ф. 捷林契也娃、И. В. 什曼年科夫）	45
主要結論	50
參考文獻	52

緒 言

近几年来，各个工业部門对稀有元素的需求量有很大增长。因此，必須查明原料新的类型，以便从中获得稀有元素。从此观点出发，鋁土矿矿床是值得很好注意的。在鋁土矿中，除了主要的造岩元素外，其中还含有各种稀有元素——鋰、鉍、銩、鎳、鎳、鎳、鈳、鈳、鈳、鈳。这些元素在鋁土矿中的含量是微乎其微的，因此，它們只能在鋁土矿的技术加工过程中順便提取之。

經常毫无例外地存在于所有鋁土矿矿床中的鈳也应该属于所列举的元素，但它不是稀有元素。

除从鋁土矿中順便提取的有价值的元素外，在鋁土矿中还存在有含污秽金属和降低其质量的一些元素混合物。銅、鋅和鉛首先就属于这样的元素混合物。

由此可見，研究各种鋁土矿矿床內稀有元素目前是有很大实际意义的，因为查明其中稀有元素的含量和分布性，可为順便开采提供出价值大小的概念。研究鋁土矿中稀有元素存在的形状可以确定出这些稀有元素在提取鋁的工艺过程中的性状。

对鋁土矿中稀有元素进行研究也是很有意义的，因为在許多情况下这种研究工作可以帮助解决一系列的成因問題。例如在鋁土矿中所見到的某些稀有元素或其一定的結合，可以作为形成矿床氧化鋁来源的岩石指示剂。其中另外一些元素可能是形成矿床的地球化学条件的标志，等等。在鋁土矿中的这样一些元素，如鉍、鉛、鋰以及銀、金等，可以反映出矿床所在地区的成矿特点。

可惜，在国外和苏联的一些鋁土矿文献中，几乎都沒有提及到这些問題。在最近出現的一些著作中，只是一些关于鋁土矿中

这些元素含量的片断資料。

И. 巴尔多施 [Bardossy, 1955, 1957] 在两篇论文中曾以匈牙利的矿床为例发表了在鋁土矿及其伴生岩石中稀有元素含量的大量有趣的資料。可惜, 在这些著作中絲毫沒有提及到地球化学問題。

馬克肯泽戈尔屯和K. 繆腊塔 [Gordon, Murata, 1952] 所发表的关于阿肯色 (美国) 矿床鋁土矿中分散元素的著作是最有意义的。作者由于进行了研究的結果, 查明了鋁土矿中鉍的工业含量, 并对被研究元素从地球化学方面作出了有价值的結論。

K. 克拉烏斯科普夫对沉积矿床中稀有元素含量和存在形式进行了綜合性的研究工作, 他主要引用的是美国作者 [Краускопф, 1958] 的上述著作。

在1958年, 全苏鋁鎂研究所曾发表了某些关于鋁土矿中稀有元素含量及关于这些元素存在形式的見解的材料 [別涅斯拉夫斯基, 1958]。

全苏矿物原料科学研究所, 由于进行了專門性研究的結果, 曾取得了关于分散元素大量資料。在不同时代和不同成因类型的鋁土矿矿床中, 在鋁土矿的各种岩石变种中, 在各种矿物中, 以及在不同的比重組份中等都曾做了微量元素含量的研究。

本書中研究了祖国各种鋁土矿矿床和国外某些鋁土矿矿床中分散元素的成份、含量、分布規律性、存在形式, 以及它們的聚集条件。在最后一章中, 是研究关于作为一种原料的鋁土矿的某些稀有元素的問題。

包含在鋁土矿成分中的稀有元素

包含在鋁土矿成分中的各种稀有元素在頗大程度內是取决于鋁土矿的化学-矿物特征。

鋁土矿的化学成分和矿物成分相当复杂。大家都知道, 在鋁

土矿中除鋁以外，尚存在有一定数量的 Fe^{3+} 、 Fe^{2+} 、Si。在鋁土矿中，經常呈固定的混合物形式存在的鈦，其量可达百分之几（2—4%，有时更高）。鈣、鎂、鉀、鈉、硫、磷的数量有时发现是变化不定的。

鋁可呈三水氧化鋁的形式存在于鋁土矿中——水鋁矿或水鋁石 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 及一水化合物——一水軟鋁石 AlOOH 或一水硬鋁石 HAIO_2 ，而很少呈无水氧化物的形式 Al_2O_3 ——剛玉。

鈦可形成石英，形成蛋白石者較少見，但主要是在高岭土族矿物、分散的水云母矿物和鱗綠泥石以及綠泥石、硬綠泥石、白云母和叶蜡石中。

鐵可以 Fe^{3+} 的形式包含在赤鉄矿、針鉄矿、水赤鉄矿的成分中，以 Fe^{2+} 的形式包含在菱鉄矿、黄鉄矿、綠泥石、硬綠泥石的成分中。

鈦可包含在下列矿物成分中：1）含于在显微鏡下易于观察的副矿物（金紅石、鈦鉄矿、榍石、白鈦矿、銳鈦矿）中；2）含于呈細粒分散状态的金紅石和銳鈦矿（可能是板鈦矿）中；3）含于新形成的最小的針状金紅石晶体中。

在鋁土矿中广泛分布的其他副矿物还有鋯石，电气石、普通角閃石、石英、鈉长石、更长石、微斜长石少見。綠帘石、藍晶石、石榴子石、磷灰石可呈单独顆粒形式出現。

鈣可形成方解石、石膏、磷灰石和珍珠云母型的脆云母。鎂通常含于綠泥石和鱗綠泥石的成分中，而鉀則包含在云母的成分中，云母在某些矿床的鋁土矿中分布很广泛。

在鋁土矿中也往往会見有一些硫化物，主要为黄鉄矿，黄銅矿、閃鋅矿、銅藍、輝銅矿比較少見，且其数量都不大。在鋁土矿中常会发现有机物质。

稀有元素能够进入到鋁土矿中，正如能够进入到所有其他沉积岩中一样，是通过几种不同途径的：1）它們可以是陆源残余的最稳定矿物的組成部分，这些稳定矿物可呈晶体碎屑形式存在，

或者主要呈細粒分散状态存在；2）由于稀有元素与鋁和鉄（鋁土矿的主要化学組份）的共同沉淀，稀有元素可以进入到鋁土矿的成分中；3）有些稀有元素可以在水鋁矿、一水硬鋁石、一水軟鋁石中类质同象地替换鋁。以及在赤鉄矿、針鉄矿、含水赤鉄矿中替代鉄；4）可以类质同象混入物的形式进入分布在鋁土矿中的上述矿物（云母、綠泥石、硫化物等）的結晶格架中；5）可能和有机物质有关；6）可以呈吸附状态存在于鋁土矿中。

鈦和鋯与鋁土矿的陆源矿物（鋯石、金紅石、銳鈦矿、榍石、鈦鉄矿）有关，同样，呈类质同象混入物进入这些矿物結晶格架中的微量元素也与这些矿物有关。

离子电位的大小与鋁接近的那些微量元素，可能与鋁共同沉淀。根据B.М. 戈尔德施密特的資料，属于可形成不溶氢氧化物的水解元素（Элементов-гидролизаторов）組的除鋁之外还有离子电位介于3—6之間的元素。属于这类元素的有：

根据戈尔德施密特 的离子电位	Sc ³⁺	Fe ³⁺	V ³⁺	Zr ⁴⁺	Cr ³⁺	Ga ³⁺	Al ³⁺	Sn ⁴⁺	Be ²⁺	Ti ⁴⁺
	3.6	4.5	4.6	4.6	4.7	4.7	5.2	5.4	4.9	5.9
根据阿尔先定 的离子电位	3.7	4.7	4.0	5.1	4.8	4.7	5.9	4.6	5.8	5.9

从这些資料中可以看出，与鋁一起沉淀的首先将是鈦、鈦、鋇、錫、鋯，其次为鎳、鉄、鉻、釩及鈦。

属于强硷和强盐基的元素，离子电位低（从0.5到3），在水介质中易于水化而形成稳定的溶液，不与水解元素一起沉淀。这些元素为：Rb、K、Na、Li、Ba、Sr、Ca、Mn²⁺、Fe²⁺、Co²⁺、Cu²⁺、Zn、Ni。

能够形成絡阴离子的元素（其中有：V⁵⁺、Nb⁵⁺、Cr⁶⁺、Mo⁴⁺、Si⁴⁺、P⁵⁺、B³⁺）容易轉变为溶液。

在鋁土矿中以类质同象混入物形式存在于残余矿物或新生矿物晶格中的微量元素的成分，首先取决于这些矿物的成分和結構。

例如,大家都知道,鉛、鎘、鉍就可类质同象地进入白云母的晶格中;可以进入鎂硅酸盐、鎂鉄硅酸盐和鉄硅酸盐的晶格中的——鋅、錫、鉻、鎳;可进入硫化物晶格中的——鈷、鎳等。

易与有机物质化合的微元素有 V、U、P、Ge、TR 和部分的 Mo。

大体上研究了在鋁土矿中理論上可能有的稀有元素成分之后,現在再进而研究現有的实际資料。

M. 戈尔頓对国外矿床的鋁土矿中的分散元素研究得最詳細,以 K. Ж. 繆腊塔对阿肯色矿床的研究为例和 И. 巴尔多什 (Бардош) 对匈牙利矿床的研究为例。大量的实际資料是苏联个别矿床的。

大家都知道,在苏联境内存在有多种多样的鋁土矿矿床。这些矿床按成因类型、成矿时代、变质特征和变质程度以及成矿前的隆起部分的岩石成分都是不相同的,显然,这些矿床在形成鋁土矿时期时是堆积区。因此,作者曾在中-新生代及下石炭紀地台型鋁土矿矿床,以及上、中、下泥盆紀和震旦紀地槽型鋁土矿矿床中进行了稀有元素的研究。上述矿床赋存于下列岩石中:

1) 超基性岩石; 2) 基性岩石; 3) 片岩及片麻岩; 4) 水鋁矿化了的結晶片岩风化壳; 5) 赋存于頁岩、砂岩、砂质和鈣质頁岩、砂质-泥质和白云岩化了的灰岩等沉积地层中。

根据目前現有的資料,在鋁土矿中存在有下列一些分散元素: 鋰、銅、銀、金、鉍、鋅、鋁、鎳、鉍、鉬、鈳、稀土、硼、鎳、鈦、鎘、鉍、錫、鉛、磷、鈳、鉍、鎘、鉍、鉻、鉬、錳、鈷、鎳。

由此可見,在鋁土矿中除了进入到鋁土矿成分中的一些元素——水解物(鉍、鎳、鈦、鉍、錫、鉛、鈳、鉻、錳)外,还有一些强硷和强盐基(鋰、銅、鋅、鋁、鉍、鉍、鉬、稀土、鉍、鎳),以及能够形成絡阴离子的元素(磷、鉬、鉍),这說明水解元素容易与鋁共同沉淀。

稀有元素的含量

鋁土矿中的稀有元素，通常是含量很微的，且多半处于分散状态。但是在个别情况下，这些元素可以以分散状态存在，也可以形成較大的富集。其中有些元素（鋇、鋇、磷、鈾）只是在呈独特的結核形式包含于鋁土矿矿物成分中时才可在鋁土矿中形成富集。

呈分散状态存在的元素的含量

在文献中关于鋁土矿中分散元素含量的数据是比較少的，且其中很大一部分数据都是用光谱分析方法取得的。

在K. K. 兰卡姆和T. 薩哈姆 [Rankama, Sahama, 1950]綜合性的著作中所引証的鋁土矿中的含量数据：钒（0.04 %）、鉻（0.25 %）、鎳（0.03—0.018 %）、鈷（0.03 %）、鈷（0.05—0.09 %）、錫（0.0072 %）、鋰（0.0005 %）、鉍（0.00018—0.0036 %）、鎳（0.002 %）。

根据戈尔德施密特和別徹爾斯的意見，在鋁土矿中鎳的平均富集程度是22.2克/吨或0.00222%，而按Э. 厄伊涅克 [Einecke, 1907]是 10^{-3} — 10^{-7} %。在兰格宗迭菲奥耳达（挪威）明矾岩中鎳的含量高达 10^{-1} %。

根据A. 迭利阿尼斯 [Delyanis, 1937]的資料，在希腊的一个鋁土矿矿床中，鎳的含量达到27.2克/吨或0.0272 %。

表1是阿肯色（美国）矿床的鋁土矿和鋁土頁岩中稀有元素含量 [根据戈爾頓和繆腊塔的材料，1952]。

表2是匈牙利矿床各种岩石性的鋁土矿中稀有元素的平均含量（根据光谱分析的材料）及整个矿体的稀有元素平均含量 [П. 巴尔塔什，1955]。

表 1 美国阿肯色矿床铝土矿和铝土页岩中分散元素的含量 (%)

元 素	铝 土 矿 和 铝 土 页 岩(14个标本)		
	最 高 的	最 低 的	平 均 的
Ti	1.8	0.2	1.06
Zr	0.2	0.08	0.13
Mn	0.4	0.05	0.12
Ca	0.3	0.03	0.12
Nb	0.1	0.02	0.05
Mg	0.1	0.002	0.037
Sr	0.09	0.0004	0.019
Ba	0.1	0.0009	0.017
Y	0.04	0.004	0.015
Cr	0.03	0.002	0.011
La	0.03	—	0.01
V	0.02	0.004	0.0092
Ga	0.01	0.005	0.0086
B	0.009	—	0.0031
Mo	0.005	—	0.0018
Cu	0.003	—	0.0014
Sc	0.001	0.0004	0.00069
Pb	0.007	—	0.00067
Ni	0.005	—	0.00064
Be	0.002	—	0.00022
Co	0.002	—	0.00014

表 2 匈牙利矿床不同岩性的铝土矿变种中的稀有元素 (%)

元 素	样 品			
	灰色黄铁矿化 铝土矿, 上带	具有黄色斑点的 浅棕红色铝土矿	浅棕红色铝土 矿, 中带	矿体, 平均含量
Ge	—	0.00017	0.00011	0.00014
Ga	0.0210	0.0155	0.0122	0.01517
Zr	0.0354	0.033	0.031	0.032
Be	0.00025	0.0003	0.0005	0.0004
Ni	0.0098	0.0154	0.0314	0.023
Sr	0.007	0.0336	0.059	0.042
Co	0.003	0.013	0.0031	0.024
Li	0.010	0.0146	0.0196	0.0166

根据Л. 巴尔塔什[1955]的資料,个别矿床中上述元素的含量变化如下: 尼拉德矿床內氧化鎂的数量达到0.084%, 在其他矿床中不超过0.013—0.019%, 这个含量最經常的是0.003—0.005%。氧化鉍的数量变化有时从0.001到0.003%, 較常見的是0.0002—0.0006%, 而仅在甘特 (Гант) 矿床中可达0.012%。氧化鋰的含量不超过0.09% (納德哈尔什納), 經常为0.03—0.02%。在所有的鋁土矿矿床中, 鈮的存在, 如果換算成五氧化二鈮时, 其数量都不超过0.075% (哈里姆巴矿床)。三氧化鉬的最高含量为0.01%, 更常見的数量为万分之几和十万分之几。 B_2O_3 的最高含量(0.09%)在謝茲矿床中可以見到, 最常見的为0.04—0.01%。

在苏联最主要矿床的鋁土矿中被研究元素的含量, 根据光譜和化学分析資料列于表3。在此表中所引用的被研究元素的克拉克值是根據А. П. 維諾格拉多夫[1949]的資料。

元素	含量 (%)
Ti	1 以上
Mn, Cr	0.001—1
Ni, Zr, Cu, Pb, Li	0.001—0.1
Co, V, Hf, Ga, Sc, Zn, TR	0.001—0.01
Mo, Sn, Ge, Be	約0.001

表 3 苏联最主要矿床的鋁土矿中稀有元素的含量 (%)

元 素	根据428个光譜分析資料		根据化学分析資料			地壳中的 克拉克值
	最低含量	最高含量	化学分析 的数量	最低含量	最高含量	
Mn	0.001	1.00	59	0.016	0.947	0.09
Ni	0.001	0.1	39	0.003	0.085	0.008
Co	0.001	0.01	24	0.003	0.072	0.003
V	0.001	0.01	39	0.002	0.65	0.015
Cr	0.001	1.00	89	0.001	1.70	0.02
Mo	0.0001	0.001	—	—	—	0.0003
Zr	0.001	0.1	—	—	—	0.02
Hf	0.001	0.01	—	—	—	0.00005

元 素	根据428个光谱分析資料		根据化学分析資料			地壳中的 克拉克值
	最低含量	最高含量	化学分析 的数量	最低含量	最高含量	
Nb	0.001	0.01	—	—	—	0.001
Cu	0.01	0.1	19	0.0016	0.03	0.01
Pb	0.01	0.1	26	0.001	0.10	$1.6 \cdot 10^{-3}$
Ag	0.001	—	—	—	—	$1.6 \cdot 10^{-6}$
Sb	—	—	—	—	—	—
Bi	0.001	—	—	—	—	—
Zn	0.01	—	19	0.01	0.1	0.005
Cd	—	—	—	—	—	—
Sn	0.001	—	—	—	—	0.0007
Ge	0.001	—	3	0.0002	—	0.0007
Ga	0.001	0.01	30	0.0008	0.012	0.0015
Be	0.0001	0.001	—	—	—	0.0006
Sc	0.001	0.01	5	0.0048	0.009	0.0003
TR	0.01	—	—	—	—	0.0065
Li	0.01	0.1	10	0.01	—	$6.5 \cdot 10^{-3}$

从所引用的資料中可以看出，几乎所有元素的含量变化都是相当大的。

在鋁土矿中錳和鉻的含量变化从0.001到1%，鎳、鋅、銅、鉛、鋅、鈳的含量变化——从十万分之几到千分之几。鈷、鈳、鉛、鎳、鈳及稀土的含量从十万分之几到千分之几。鋁、錫、鎳、鈳的含量不超过0.001%。鈳的含量总是在1%以上。

表4和表5〔根据著者的資料〕是形成成矿前基底突起的不同岩石成分的鋁土矿矿床中的稀有元素含量（第一——根据光谱分析資料，第二——根据总共420个分析样的化学分析資料）。从表的資料中可以清楚地看出，其中有些元素的含量对不同类型矿床來說变化是很大的。例如，在产于超基性岩內的鋁土矿矿床中鉻的数量从1到0.1%，而产在沉积岩內的鋁土矿矿床中——数量从0.01到0.001%。在第一种情况下，鎳的含量为0.1—0.01%，而在所有其余的情况下，出現鈷和鈳数量的增长。

表 4 产于由各种岩石组成的成矿前基底突起部分中的
铝土矿矿床中分散元素的含量 (%)

元 素	含 量	形成成矿前基底突起部分的 岩石成分
Ti Li, Sr, P, Cr Zr, Ni, Co, Mn, Pb V, Mo, Cu, Zn, Ga, Be, Sc, TR Sn	大于 1 1—0.1 0.1—0.01 0.001—0.01 0.001	基性和超基性岩浆岩
Ti Cr P, Li, Sr Mn, V, Ni, Co, Cr, Zr, Cu, Ga, Pb, La, As, Zn Mo, Ag, Bi, Sn, Ge, Be, Y, Yb	大于 1 1—0.1 0.1—0.01 0.01—0.001 小于 0.001	玄武岩成分的斑状安山岩、凝灰砂 岩和辉绿岩复盖体、玢岩及玻基闪 玢岩 (Гналопелитов)
Ti Mn Pb, P, Li Ni, Co, V, Cr, Mo, Zn, Cu, Ge, TR Sn, Ge, Be	大于 1 1—0.1 0.1—0.01 0.01—0.001 小于 0.001	頁岩和砂岩
Ti Mn, Pb, Li, Sr, P Ni, Co, V, Cr, Zr, Cu, Zn, Ga, Sc, Ag, Bi, TR Sn, Ge, Be	大于 1 0.1—0.01 0.01—0.001 小于 0.001	頁岩、凝灰砂岩、噴出岩
Ti Mn, Ni, Co, V, Zr, Cu, Pb, Li, Sr, Ba Cr, Ag, Zn, Ga, Sc, TR Mo, Sn, Be	大于 1 0.1—0.01 0.01—0.001 小于 0.001	砂质及灰质頁岩
Ti Zr, Sr, Ba Li, Zn, V, Sr, Ba Mo, Sn, Be, Cr, Ga, Cu, Pb, Nb, Mn, Ni, Co	大于 1 1—0.1 0.1—0.01 0.01—0.001	砂质-泥质及白云岩化灰岩
Ti V, Cr, Zr, Pb, Zn Mn, Ni, Co, Nb, Ga, Li, Cu, Be, Se, TR	大于 1 0.1—0.01 0.01—0.001	片麻岩及綠泥石片岩

表 5 不同类型铝土矿矿床

元 素	組 成 成 矿 前 基 底					
	蛇 紋 岩		安山岩和玢岩及 輝綠岩复盖体		頁 岩 和 砂 岩	
	自一到	平 均	自一到	平 均	自一到	平 均
Mn	0.021—0.08	0.05	0.008—0.94	0.165	0.006—0.15	0.048
V	0.014—0.032	0.22	0.011—0.039	0.022	0.008—0.12	0.029
Zr	—	—	—	—	—	—
Cr	0.06 —1.96	0.40	0.004—0.035	0.015	0.004—0.02	0.011
Ni	0.02 —0.08	0.03	0.009—0.065	0.034	0.009—0.065	0.034
Co	0.008—0.018	0.005	0.008—0.041	0.019	0.008—0.041	0.019
Zn	0.04 —0.05	0.04	0.02 —0.10	0.040	0.02 —0.10	0.040
Cu	—	—	0.005—0.03	0.014	0.005—0.03	0.014
Pb	0.03 —0.10	0.058	0.01 —0.06	0.013	0.01 —0.06	0.013
P	0.047—0.36	0.15	0.12 —0.81	0.21	1.75 —0.29	0.62
Ga			0.004		0.004	

高含量的鋰可出現于两个类型完全不同的矿床中。其中之一为产于超基岩內的矿床，另一則产于砂质及鈣质頁岩內的矿床中。但并不是在所有产于基性岩中的矿床中都有鋰的富集，其中有些矿床中鋰几乎完全不存在。

在某些矿床的鋁土矿中，鉛的含量也有所增高。在与超基性岩（蛇紋岩）或与砂质及鈣质頁岩有关的矿床中也見有类似現象。鋇的含量仅仅在砂质-泥质岩石发育区的矿床中才有显著的增高。从阿肯色矿床的例子即可看出，在产于霞石正长岩內的矿床中，銨的含量有所增高。

被研究元素的含量，不仅在不同类型的矿床中有所变化，而且在同一类型矿床的范围内，每一单个的矿床也是有变化的。例如，从表5中可以看出，钒在頁岩及砂岩內的矿床中，其含量变化可由0.008到0.12%，鉻由0.004至0.02%，鈷从0.008到0.041%，

中稀有元素的含量 (%)

突 起 的 岩 石 成 分						
砂质和钙质頁岩		頁岩和白云质灰岩		片麻岩和片岩		
自一到	平 均	自一到	平 均	自一到	平 均	克拉克值
0.02 — 0.18	0.053			0.009 — 0.021	0.033	0.09
0.002 — 0.12	0.043			0.015 — 0.014	0.013	0.015
0.2 — 0.8	0.05	—	—	—	—	0.02
0.00 — 0.064	0.013	0.002 — 0.03	0.024	0.008 — 0.22	0.013	0.02
0.01 — 0.04	0.018			0.008 — 0.02	0.013	0.008
0.01 — 0.078	0.031			0.00 — 0.013	0.004	0.003
痕跡 — 0.04	0.016					0.005
0.0 — 0.01	0.006	痕跡 — 0.01	0.003			0.01
0.0 — 0.05	0.02	0.0016 — 0.02	0.01			$1.6 \cdot 10^{-3}$
0.008 — 0.068	0.06	0.02 — 0.094		0.04 — 0.04	0.04	0.08
0.025 — 0.006				0.0008 — 0.012	0.0038	$0.5 \cdot 10^{-3}$

等等。其他元素含量也有同样变化。

在鋁土矿中形成結核的矿物成分中所含元素的含量

在某些地台型矿床的鋁土矿中，发现有由独特的矿物组成的結核和团块，进入这些矿物成分的多半是鋇、鋇、磷，而銻少見。

鋇可集中在粗晶质集合体的重晶石中，这些集合体充填着鋁土矿中的空洞，或主要替換它的基质。类似这样的形成物在所研究的地台型下石炭紀矿床中的一个矿床上分布很广泛。在阿肯色鋁土矿中同样也有类似形成物存在。

在所指出的下石炭紀矿床中本身，在其包含有結核的鋁土矿本身是不含鋇的。这个元素無論是光譜分析，或是化学分析都沒有发现过。在結核中氧化鋇的含量达到57.50%和 SO_2 为31.6%，这与硫酸鋇的89.10%是符合的。