

中国矿物志

内蒙矿物志

(一)

中国科学院地质研究所

(内部资料·注意保存)

科学出版社

中国矿物志
内蒙矿物志

(一)

科学出版社

1959

內 容 簡 介

本书是中国矿物志的一部分。中国科学院地质研究所为了配合内蒙地区花崗伟晶岩型稀有元素矿床的普查与勘探工作，特写成“内蒙矿物志”，主要以物理及化学的研究方法論述了在内蒙所发现的各种矿物；其中包括新发现的矿物三种和世界上很少見的矿物。对这些矿物都作了較詳細的研究。对普查找矿工作和鑑定研究矿物工作都有很大的参考价值。

內 蒙 矿 物 志

(一)

中国科学院地质研究所著

*

科学出版社出版 (北京朝陽門大街 117 号)

北京市書刊出版业营业許可證出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 科学出版社发行

*

1959 年 4 月 第 一 版

書号：1588 字数：94,000

1959 年 4 月 第一次印刷

开本：787×1092 1/18

(京) 0001--1,800

印张：4 2/9 插頁：2

定价：(10) 0.80 元

序 言

內蒙是我国稀有元素矿物重要产地之一。根据二年来調查研究的結果，仅在內蒙的花崗伟晶岩中就找到了三十几种稀有元素矿物。在这些矿物中，有一部分具有重要的工业价值，另外有一部分具有学术的意义。为了配合內蒙地区花崗伟晶岩型稀有元素矿床的普查和勘探工作，对于这些矿物进行了物理性質和化学組成的研究，結果发现了震旦矿(синисит, Sinicite)阴山石(иншанит, Inshanite)和变种鉄鈷石三种新矿物以及世界范围内很少見的鈳鈷鉄鈷矿，鉄鈷石和水菱鈳矿等矿物。

在鼓足干劲，力爭上游，多、快、好、省地建設社会主义总路綫的光輝照耀下，中国科学院地質研究所决心排除一切困难，提前出版中国矿物志，本书即为其中的一部分。由于矿物志在普查找矿和发展矿物学方面具有重要作用，所以在科学先进的国家，都出版了全国性的矿物志或区域性的矿物志。解放九年来，在党的正确领导下，随着地質勘探事业的飞速发展，我国的矿物学到目前已进入了一个新的阶段。我們只要破除迷信，解放思想，就完全有可能在两年或三年內無論在矿物志的数量或質量方面超过一切資本主义国家。

本矿物志主要是由中国科学院地質研究所矿物室全体同志完成的。在收集資料的过程中，冶金部和地質部的有关各队以及內蒙各級政府都給予了很大的帮助。本所中心室和磨片車間对于光譜分析及薄片制作方面給予了全面的协助，謹一併致謝。

关于造岩矿物的物理性質是由何作霖主任执笔編写的；其中內蒙矿物概論及稀有元素矿物是由郭承基执笔的。

目 录

序言

| | |
|--|----|
| 一 内蒙矿物概論..... | 1 |
| 二 矿物分論..... | 6 |
| (一) 铈钼酸盐矿物类 | 6 |
| (1) 钬钇矿 (2) 褐钇钬矿 (3) 钬钼铁铀矿 (4) 钬铁矿 (5) 钼铁矿 | |
| (二) 钽铈钼酸盐矿物类 | 17 |
| (1) 黑稀金矿-复稀金矿 (2) 震旦矿 (3) 钬钽铀矿 | |
| (三) 矽酸盐, 磷矽酸盐, 硼矽酸盐矿物类 | 23 |
| (1) 褐帘石 (2) 锆英石 (3) 变种锆英石(I) (4) 变种锆英石(II) (5) 铁钪石 | |
| (6) 变种铁钪石 (7) 阴山石 (8) 矽钽钇矿 (9) 綠柱石 (10) 假象鋰輝石 | |
| (11) 鋰云母 (12) 石榴石 (13) 天河石 (14) 鈉长石 (15) 糖晶状鈉长石 | |
| (16) 叶鈉长石 (17) 条纹鈉微斜长石 (18) 电气石 (19) 黄玉 | |
| (四) 磷酸盐矿物类 | 55 |
| (1) 独居石 (2) 磷钇矿 (3) 磷鋁石 (4) 磷錳铁矿 (5) 磷灰石 | |
| (五) 氟化物矿物类 | 61 |
| (1) 氟铈鋁矿 (2) 螢石 | |
| (六) 碳酸盐矿物类 | 65 |
| 水菱钇矿 | |
| (七) 简单氧化矿物类 | 66 |
| (1) 钽铁金紅石 (2) 金綠宝石 | |
| (八) 未定名矿物 | 69 |
| (1) 未定名矿物(I) (2) 未定名矿物(II) | |
| 三 結語..... | 71 |

一 內蒙矿物概論

內蒙为前寒武紀变質岩类广泛出露的地区，大青山及其向东的延长部分主要都是由这些古老的变質岩类构成的。在这些变質岩类中，以黑云母片麻岩、角閃片麻岩及石榴石片麻岩为主，在局部地区存在有云母片岩及石墨片岩。根据野外的观察，部分的黑云母片麻岩可能是由花崗岩变質而成的，为內蒙地区时代最老的花崗岩侵入岩体。这种花崗岩与伟晶岩沒有成因关系，在伟晶岩侵入以前已經遭受变質。在局部地区存在有斑状花崗片麻岩，这种变質的花崗岩在成因上与伟晶岩也沒有直接的关系，但对存在于其中的伟晶岩中 Be, Li 等稀有元素的富集有一定的关系。

根据目前已知的事实来看，在成因上与伟晶岩有关的花崗岩主要有以下三期：

(1) 梅力更花崗岩——为一种粗粒的黑云母花崗岩，其中含有相当大量的褐帘石及榍石等副成分矿物，根据絕對年齡測定的結果其侵入时代約在 17 亿年以前。

(2) 大榆树沟白云母花崗岩——組成矿物以白云母、鈉长石及石英为主，未遭受变質作用。关于这种花崗岩的侵入时代目前尚未确定，可能为古生代。

(3) 燕山花崗岩——根据前人的工作結果，在內蒙地区部分的伟晶岩与这种花崗岩有关，存在于伟晶岩中的稀有元素矿物主要为綠柱石。

存在于內蒙地区的多数伟晶岩一般侵入到片麻岩或片岩中，有时并切穿白云質大理岩及輝长岩脉。而伟晶岩更由晚期的石英脉、細晶岩脉、长石斑岩脉、閃长岩脉、重晶石脉及石英电气石脉等所切穿。

按照弗拉索夫的分类，內蒙地区的大部分花崗伟晶岩属于第一种类型或第二种类型，有一小部分属于第三种类型，尤其是第四种类型仅存于个别地区。在結構方面，大多数的伟晶岩由文象带，准文象带及长石块体带或中粗粒长石石英带所构成，其中一部分有比較发育的石英块体中心带。另外有少数伟晶岩的交代作用特別強烈，构成了独立的交代作用带。并由于交代作用，Be, Li 等元素显著富集，形成了相当大量的而其晶体較小的綠柱石及鋰云母等含鋰矿物，在这种类型中，可以分为完全分异交代的伟晶岩和不完全分异交代的伟晶岩两个亚类。对于后一种亚类來說，伟晶岩的分带性虽然很差，但由于晚期強烈的鈉长石化作用，Be, Li 等元素同样得到了显著的富集。

在內蒙伟晶岩地区发现的矿物，总数在 60 种以上，这些矿物大多数产于伟晶岩中，另外一部分产于其他的岩石或砂矿中。这些矿物的主要产状如下頁表。

在上述六十几种矿物中，有三十种左右为稀有元素矿物，这些矿物主要产于花崗伟晶岩的长石矿体带，石英矿体带或长石矿体带与石英矿体带之間。其中鋰云母、鋰电气石以及一部分的綠柱石和金綠宝石，在成因上与交代作用有关；此外如假象鋰輝石及水菱鉍矿为蝕变或风化产物。

从矿物的共生组合方面来看,与前寒武纪花岗岩在成因上有关的伟晶岩中的矿物种类最多,其中包括褐帘石、锆英石、独居石、黑稀金矿、复稀金矿、震旦矿、铀铁矿、铀铁矿、榍石、钶铀矿、钶矿、褐钶矿、磷钶矿、氟钶矿、矽钶矿、钶钽铀矿、钶铁矿、铁钽石、金绿宝石、绿柱石及水菱钶矿。与古生代花岗岩有关的伟晶岩中的稀有元素矿物为绿柱石、氟磷锂铝石、锂辉石、锂云母、锂电气石、假象锂辉石、钶铁矿、钽铁矿、变种锆英石及阴山石;而与中生代花岗岩有关的伟晶岩中的稀有元素矿物,目前已知者则仅有绿柱石一种。从伟晶岩中所富集的稀有元素的种类来看,这三种时代不同的伟晶岩也有显著的区别。前寒武纪伟晶岩以富于稀土元素为其特征;古生代伟晶岩以富于 Be 及 Li 为其特征,而中生代伟晶岩中则仅有 Be 的富集。且根据已知的事实来看,稀有元素比较贫乏,这一点与南岭地区同时代的花岗岩以及与此花岗岩有关的伟晶岩或热液矿床形成了鲜明的对照。

在伟晶岩形成和发展的过程中,元素的迁移和沉淀表现出一定的规律性,这种规律性在稀有元素方面表现得尤其明显。例如与前寒武纪花岗岩有关的伟晶岩中,各种稀有元素的析出顺序,存在状态及其分布特征如下:

(1) 钍及钍族稀土元素——在伟晶岩发展的过程中,首先析出的稀有元素为钍族稀土类元素,这些元素主要成矽酸盐(褐帘石)的状态而存在,其次为磷酸盐(独居石)。有时少量地存在于其他的矿物中(如磷灰石、锆英石以及铌钽酸盐矿物等)虽然在伟晶岩演化的全部过程中,都有钍及钍族稀土类元素的存在,但这些元素主要富集于伟晶岩演化的初期阶段,在这一个阶段形成大量的单独矿物。随着伟晶岩的不断演化,熔体溶液中钍及钍族稀土的浓变减低,因而由这些元素所形成的单独矿物的数量也逐渐减少,而主要成类质同象体存在于钶钶矿、黑稀金矿及磷钶矿等矿物中。到伟晶岩演化的末期、剩余的少量钍和钍族稀土形成独居石和氟钍矿,一般这些矿物的量都非常少。

(2) Zr (锆)及 Hf (铪)——继钍及钍族稀土类元素而析出的元素为锆及铪,这两种元素经常形成类质同象体,在内蒙古地区的花岗伟晶岩中,主要成酸盐锆英石的状态而存在,成其他盐类的矿物尚未发现。虽然在分析褐帘石或钶钶矿等矿物时,其中可能有少量(一般为千分之几)(Zr, Hf) O₂,但这往往是由于褐帘石或钶钶矿中有锆英石的包裹体而引起的。锆和铪的析出较钍及钍族稀土稍晚,而其结束较早。因此这两种元素与钍族稀土同样,主要富集于伟晶岩发展的初期阶段则很少富集。

(3) 钷族稀土——钷族稀土在伟晶岩中的富集,较锆和铪稍晚。在褐帘石或独居石等钍族稀土元素的矿物中,虽然有钷族稀土的存在,但其量一般都很低。而在大量钍族稀土析出后,钷族稀土成铌钽酸盐(钶钶矿、褐钶矿或钶钽铀酸盐(黑稀金矿、复稀金矿、震旦矿、钶铀矿))而析出。当熔体溶液中钷族稀土的含量较高,而 Li、Nb、Ta 等的含量相对地较低时,形成磷钷矿及矽钷矿。钍族稀土比钷族稀土更容易与磷酸根结合而沉淀,故在大量稀土类元素的存在下,假如磷酸的离子浓度较低时磷钷矿生成的可能性很小。钷族稀土与 Ti、Nb、及 Ta 有很强的结合力,因此象矽钷矿只有在 Ti、Nb、Ta 等元素特别贫乏的情况下才可能生成。由于钷族稀土

散和富集規律，是根据多数伟晶岩的观察而进行总结的。这些事实都说明内蒙地区的花崗伟晶岩在成因上与花崗质残余岩浆有关。后期的交代作用，仅在个别地区特别强烈，而且对于 Be 和 Li 的富集有密切的关系。围岩对于矿化有一定的控制作用，并由于围岩中某些成分的加入和带出，在某种程度上影响伟晶岩中的矿物组合，但对于伟晶岩中稀有元素的分布规律方面并没有决定性的影响。

根据以上的推论，在内蒙地区进行花崗伟晶岩型稀有元素矿床的普查找矿时，应该着重注意以下几点：

(1) 前寒武纪的花崗伟晶岩中稀有元素矿物的种类相当多，而以富含稀土类元素及放射性元素的矽酸盐，磷酸盐及鈦铌钽酸盐矿物为其特征。这些矿物在伟晶岩区的分布与距离在成因上有关的花崗岩体的远近有密切的关系。

(2) 古生代花崗伟晶岩中的稀有元素矿物以綠柱石及鋰云母等含鋰矿物为主，另外可能有鉍榴石存在，这些矿物的富集与交代作用围岩的性质（斑状花崗岩对于富集比较有利）有密切的关系。在附近的砂矿中应注意寻找鈷鉄矿及鉍鉄矿等矿物。

(3) 关于内蒙中生代花崗伟晶岩中稀有元素的分布情况，尚缺乏全面的研究，今后有必要予以适当注意。

二 矿 物 分 論

(一) 鈮鉭酸盐矿物类

(1) 鈮 鉭 矿

产状及共生矿物 鈮鉭矿产于两云母型花崗伟晶岩的长石块体带中,与独居石、褐鈮鈮矿、磷鈮矿以及綠柱石等稀有元素矿物共生。

物理性质

晶体习性 常成块状或柱状产出。

颜色 黑色。

光泽 半金属光泽。

条痕 褐灰色。

解理 无解理,断面呈亚贝壳状。

比重 5.029。

具放射性。

光性 均质体。

化学性质 鈮鉭矿溶解于热浓磷酸溶液中,溶液呈綠色,稍待冷却,加入过氧化鈉、搖匀,溶液变为黄色(鈮的反应)。难溶于盐酸、硝酸或硫酸。化学分析結果如表 1 所示:

表 1

| 成 分 | 分 析 值 (%) | 成 分 | 分 析 值 (%) |
|----------------------------------|--------------|---------------------------------|--------------|
| MnO | 0.24 | UO ₂ | 7.55 |
| CaO | 2.51 | UO ₂ | 1.50 |
| MgO | 0.38 | SiO ₂ | 0.01 |
| PbO | 0.66 | SnO ₂ | 未 定 |
| FeO | 0.66 | TiO ₂ | 3.02 |
| Fe ₂ O ₃ | 8.68 | Nb ₂ O ₅ | 51.35 |
| Al ₂ O ₃ | 0.63 | Ta ₂ O ₅ | 3.27 |
| [Ce] ₂ O ₃ | 1.15 | H ₂ O ⁽⁺⁾ | 2.47 |
| [Y] ₂ O ₃ | 14.98 | H ₂ O ⁽⁻⁾ | 0.03 |
| ThO ₂ | 1.86 | 总 計 | 100.95 |

根据以上分析的結果,本矿物的化学組成如下:

$$A : B : O = 0.2613 : 0.5974 : 1.5755 = 1 : 2.28 : 6.02 \approx 1 : 2 : 6$$

即本矿物的化学组成可以用 AB_2O_6 的一般式表示:

$A = Y, Gd, U, Er \dots$; $B = Nb, Ta, Ti, Si$ 。与一般钶钇矿的化学组成一致。由光谱分析的结果,在本矿物中除了含大量 Y 及 Gd 以外,尚存在有 Ce、Nd、Sm、Eu、Tb、Dy、Ho、Er、Tu、Yb 及 Lu 其中 Tu 的含量约为 0.03—0.1%。

另外在白云母型花岗伟晶岩的长石块体带中也找到了钶钇矿。

产状及共生矿物 产于白云母型花岗伟晶岩的长石块体带中,与钶铁矿、独居石等稀有元素矿物共生。

物理性质

晶体习性 常成厚板状或块状产出,与钶铁矿有密切的共生关系,成连晶或间生。

颜色 黑色。

光泽 半金属光泽。

条痕 黑灰色。

解理 无解理,断口呈亚贝壳状,性脆,容易粉碎。

比重 4.501。

具有强放射性。

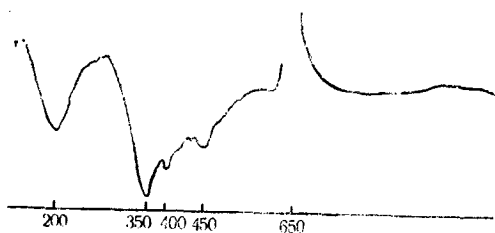


图 1-1 钶钇矿(062)差热曲线图

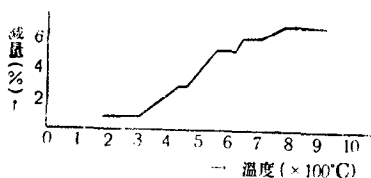


图 1-2 钶钇矿(062)脱水图

表 2

| I | b | I | b | I | b |
|----|-------|----|-------|----|-------|
| w | 3.940 | vs | 1.546 | vw | 1.039 |
| vw | 3.454 | m | 1.481 | vs | 0.996 |
| w | 3.158 | vw | 1.420 | | |
| vs | 2.934 | vw | 1.352 | | |
| vw | 2.703 | vw | 1.288 | | |
| w | 2.540 | vw | 1.253 | | |
| m | 2.466 | vw | 1.215 | | |
| vw | 2.039 | s | 1.183 | | |
| w | 1.993 | vw | 1.162 | | |
| vw | 1.838 | ms | 1.152 | | |
| s | 1.804 | vw | 1.096 | | |
| w | 1.684 | vw | 1.083 | | |
| vw | 1.633 | s | 1.054 | | |

根据差热分析结果在 650°C 有显著的放热反应,为本矿物的再结晶温度,其结果如图 1-1 所示。

由热天平分析的结果,如图 1-2 所示,在 300°C 附近开始脱水,在 780°C 到达恒量。

将矿物粉末于 1000°C 加热 2 小时,用 X 射线照相结果如表 2 所示。

化学性质 本矿物易溶于热浓磷酸中,溶液呈显著的黄绿色,难溶于盐酸,硝酸或硫酸中,化学分析结果如表 3 所示。

表 3

| 成 份 | 分析值 (%) | |
|----------------------------------|---------|---------|
| | 062 | w 808 |
| MnO | 0.25 | 0.16 |
| CaO | 1.19 | 1.52 |
| MgO | 0.33 | 0.04 |
| PbO | 0.73 | 1.06 |
| FeO | 0.84 | 0.83 |
| Fe ₂ O ₃ | 2.74 | 5.13 |
| Al ₂ O ₃ | 0.39 | 0.15 |
| [Ce] ₂ O ₃ | 0.70 | 1.30 |
| [Y] ₂ O ₃ | 7.25 | 6.76 |
| ThO ₂ | 1.81 | 1.70 |
| UO ₂ | 5.10 | } 25.11 |
| UO ₃ | 16.47 | |
| SiO ₂ | 1.03 | 0.89 |
| ZrO ₂ | 0.54 | 0.47 |
| TiO ₂ | 1.48 | 0.82 |
| Nb ₂ O ₅ | 45.98 | 46.80 |
| Ta ₂ O ₅ | 3.56 | 1.81 |
| H ₂ O ⁺ | 6.80 | 3.24 |
| H ₂ O ⁻ | 2.28 | 2.13 |
| 总 计 | 99.47 | 99.92 |

根据以上 062 号标本的分析结果而行计算其中主要成分的原子数如下:

$$A : B : O = 0.2393 : 0.4748 : 1.3917$$

$$= 1 : 1.98 : 5.82 \div 1 : 2 : 6$$

即本矿物的化学组成可用 AB₂O₆ 的一般式表示,式中 A = U, Y, Ca, Er, Eu...; B = Nb, Ta, Ti, Si. 与一般的钶钷矿比较,在本矿物中含有较高量的 U₃O₈,而相对的钷族稀土元素氧化物的含量较低。粉晶照象与一般的钶钷矿类似。差热曲线与一般的钶钷矿稍有不同,可能是由于本矿物曾经受过剧烈的水解作用含有较高量的水分,随着温度的不断升高而逐渐脱水的结果。

(2) 褐钶钶矿

产状及共生矿物 褐钶钶矿产于两云母型花岗伟晶岩的长石块体带中,与磷钷矿有密切的共生关系,晶体生长在磷钷矿中,其他共生的稀有元素矿物有独居石、钶钷矿及绿柱石等。

物理性质

晶体习性 晶体呈长柱状。

颜色 黑褐色。

光泽 树脂光泽。

条痕 淡黄色。

解理 无解理,具贝壳状断口。

比重 5.131。

具放射性。

光性 均质体状态。

将矿物粉末于 1000°C 加热 2 小时,用 X 射线照相结果如表 4 所示。

化学性质 褐钶钶矿溶解于热浓磷酸溶液中,溶液呈淡绿色。难溶于盐酸,硝酸

表 4

| I | b | I | b |
|----|-------|----|-------|
| w | 2.994 | vw | 1.483 |
| vs | 2.935 | m | 1.423 |
| w | 2.863 | vw | 1.367 |
| vw | 2.717 | vw | 1.342 |
| m | 2.543 | vw | 1.287 |
| s | 1.873 | m | 1.297 |
| vs | 1.810 | s | 1.183 |
| vw | 1.699 | m | 1.154 |
| vw | 1.630 | s | 1.054 |
| vs | 1.550 | s | 0.994 |
| vw | 1.504 | | |

表 5

| 成 分 | 分析值(%) | 成 分 | 分析值(%) |
|----------------------------------|--------|--------------------------------|--------|
| MnO | 0.03 | UO ₂ | 2.48 |
| CaO | 0.22 | UO ₃ | — |
| MgO | 0.26 | SiO ₂ | — |
| PbO | 1.08 | SnO ₂ | 未定 |
| FeO | — | TiO ₂ | 2.37 |
| Fe ₂ O ₃ | 痕迹 | Nb ₂ O ₅ | 48.27 |
| Al ₂ O ₃ | 0.22 | Ta ₂ O ₅ | 痕迹 |
| [Ce] ₂ O ₃ | 1.59 | H ₂ O ⁺ | 3.17 |
| [Y] ₂ O ₃ | 40.23 | H ₂ O ⁻ | — |
| ThO ₂ | 0.17 | 总 計 | 100.09 |

或硫酸中。046号标本化学分析结果如表5所示。

根据以上的分析结果,而进行计算本矿物的化学组成如下:

$$A : B : O = 0.3368 : 0.3968 : 1.4777 = 0.911 : 1.074 : 4 \div 1 : 1 : 4$$

即本矿物的化学组成可以用 ABO_4 来表示, $A = Y, Dy, Nd, Ce, U \dots$; $B = Nb, Ti$ 。与一般的褐钨钇矿的化学组成一致。根据光谱分析结果,除了Y及Dy以外尚有Ce、Th、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Ho、Er、Tu、Yb及Lu、Tu的含量亦较高。

(3) 钨钽铁铀矿

产状及共生矿物 钨钽铁铀产于白云母型的花岗伟晶中,与微斜长石、白云母、石榴石、黑色电气石、独居石、绿柱石及金绿宝石等矿物共生。

物理性质

晶体习性 成板状晶体或块状(5 × 3厘米),外观与钨铁矿有类似的地方。

颜色 黑色。

光泽 介于钨铁矿与钨钼矿之间,呈半金属光泽,表面由于风化作用呈光泽暗淡的黑色。

条痕 黑灰色。

断口 亚贝壳状断口,很容易破碎。

硬度 6 ±。

比重 5.328。

光性 均质体。

矿物粉末用X射线照相的结果如下(为了比较起见,将钨钼矿、钨铁矿及黑稀金矿一併列入表6中)。

化学性质 钨钽铁铀矿不溶于盐酸或硝酸,而溶于热浓磷酸。将钨钽铁铀矿的粉末0.3克左右,于圆锥瓶中加入85%的浓磷酸15毫升,煮沸15—20分钟即行溶解。由于其中含有相当高量的四价铀,溶液呈现绿色。这种颜色与三价铈的颜色类

表 6

| 鈮鉭鐵鈷礦 | | 鈮 鈷 礦 | | 鈮 鐵 礦 | | 黑 稀 金 礦 | | 成 分 | 分 析 值 (%) |
|-------|----|-------|----|-------|----|---------|----|----------------------------------|--------------|
| d(Å) | I | d(Å) | I | d(Å) | I | d(Å) | I | | |
| 2.95 | 10 | 2.94 | 9 | 2.94 | 10 | 2.94 | 10 | CaO | 1.08 |
| | | 2.84 | 9 | | | 2.86 | 10 | MgO | 0.18 |
| 2.55 | 6 | 2.55 | 7 | | | | | MnO | 4.15 |
| | | | | 2.08 | 5 | | | PbO | 0.26 |
| | | 2.00 | 5 | | | 1.88 | 5 | FeO | 3.16 |
| 1.87 | 1 | | | 1.89 | 6 | | | Fe ₂ O ₃ | 5.13 |
| | | 1.85 | 7 | | | 1.82 | 6 | Al ₂ O ₃ | 0.11 |
| 1.82 | 5 | 1.82 | 7 | 1.82 | 5 | 1.72 | 5 | [Ce] ₂ O ₃ | 0.49 |
| | | 1.72 | 5 | 1.70 | 7 | 1.63 | 3 | [Y] ₂ O ₃ | 3.69 |
| | | 1.64 | 5 | | | 1.57 | 8 | ThO ₂ | 0.73 |
| 1.56 | 6 | 1.56 | 10 | 1.53 | 7 | 1.50 | 8 | SnO ₂ | 0.20 |
| 1.48 | 4 | 1.49 | 7 | 1.49 | 2 | 1.46 | 6 | TiO ₂ | 1.22 |
| 1.44 | 1 | 1.45 | 5 | 1.45 | 7 | | | SiO ₂ | 0.43 |
| | | 1.42 | 9 | | | | | UO ₂ | 9.02 |
| | | 1.28 | 5 | 1.28 | 2 | | | UO ₃ | 2.17 |
| | | 1.22 | 7 | 1.22 | 5 | 1.19 | 8 | Nb ₂ O ₅ | 54.55 |
| 1.18 | 1 | 1.19 | 10 | 1.19 | 7 | 1.17 | 5 | Ta ₂ O ₅ | 10.62 |
| 1.16 | 1 | 1.16 | 7 | | | | | H ₂ O ⁺ | 2.16 |
| | | | | 1.09 | 2 | | | H ₂ O ⁻ | 0.73 |
| | | 1.08 | 9 | 1.08 | 6 | 1.07 | 5 | 總 計 | 100.08 |
| 0.99 | 4 | 1.06 | 9 | 1.06 | 2 | | | | |

表 7

| 成 分 | 分 析 值 (%) |
|----------------------------------|--------------|
| CaO | 1.08 |
| MgO | 0.18 |
| MnO | 4.15 |
| PbO | 0.26 |
| FeO | 3.16 |
| Fe ₂ O ₃ | 5.13 |
| Al ₂ O ₃ | 0.11 |
| [Ce] ₂ O ₃ | 0.49 |
| [Y] ₂ O ₃ | 3.69 |
| ThO ₂ | 0.73 |
| SnO ₂ | 0.20 |
| TiO ₂ | 1.22 |
| SiO ₂ | 0.43 |
| UO ₂ | 9.02 |
| UO ₃ | 2.17 |
| Nb ₂ O ₅ | 54.55 |
| Ta ₂ O ₅ | 10.62 |
| H ₂ O ⁺ | 2.16 |
| H ₂ O ⁻ | 0.73 |
| 總 計 | 100.08 |

似，但根据矿物的产状和其它性质可以与铬尖晶石类矿物区别。所以这种矿物在野外可以根据它的半金属光泽和在磷酸溶液中所呈现的四价铀的绿色，而与钨铁矿或钨钼矿等铀钼酸盐矿物区别。将钨钼铁铀矿破碎为2—3毫米的小块后，于双筒显微镜下选择新鲜而未风化的颗粒研磨为粉末，而进行化学分析的结果如表7所示。

假定四价硷性元素和三价硷性元素成偏矽酸，偏钽酸或偏铌钼酸盐存在时，则其相当的分子数如下：

$$R^{IV} \{ (Si, Ti, Sn) O_3 \}_2 \cdots 0.0204$$

$$R^{III} \{ (Si, Ti, Sn) O_3 \}_3 \cdots 0.0023$$

$$R^{III} \{ (Nb, Ta) O_3 \}_6 \cdots 0.0396$$

剩余的 $(Nb, Ta)_2 O_5$ 的分子数与 $R^{II}O$ 之间，成以下的关系：

$$R^{II}O : (Nb, Ta)_2 O_5 = 0.2245 : 0.1896 = 1.18 : 1 \div 1 : 1$$

故本矿物的化学组成为 $R^{II}O \cdot (Nb, Ta)_2 O_5 = R^{II}(Nb, Ta)_2 O_6 = \{ Mn \cdot Fe, (UO) \} (Nb, Ta)_2 O_6$ ，即本矿物的主要成分为 Mn、Fe 及 U^{II} 的偏铌钼酸盐，与钨铁矿或钨钼矿族矿物的化学组成完全一致。但具备有下面几个特点：

(1) 一般钨铁矿-钨钼矿族矿物都不含显著量的铀，而在钨钼铁铀矿中，铀的含量达10%左右。

(2) 与鈾的含量比較, 稀土类元素的含量很低, 这一点与鈳鈳矿, 褐鈳鈳矿及黑稀金矿等不同。一般鈳与鈳和鈳的结合, 需要有稀土类元素为媒介, 而鈳鈳鉄鈳矿与水鈳鈳石和鈳鈳鉄鈳矿同样, 虽然鈳的含量都相当高, 而稀土类元素的含量却很低。这些矿物只有当岩浆殘液中 U、Nb 和 Ta 的含量較高而稀土类元素 (尤其是鈳族稀土) 較低的情况下才能生成, 因此这些矿物在自然界中是不常見的。

(3) 与鈳鉄矿或鈳鉄矿比較, 鈳鈳鉄鈳矿中 Fe_2O_3 的含量高, 而 FeO 的含量低。

討 論

(1) 1925 年时, 艾斯渥尔斯在加拿大安大略的伟晶岩中发现了一种含鈳很高的鈳鉄矿, 經艾斯渥尔斯研究的結果把这种矿物命名为“Toddite”。一直到最近为止在其它地区还没有发现类似的矿物, 甚至于有人 (Berman) 认为鈳鈳鉄鈳矿不是一种单纯的矿物, 很可能为鈳鉄矿和黑稀金矿的混合物。但根据 X 射綫分析的結果来看, Berman 等人的意見是不正确的。另外从化学組成上来看, 在本矿物中, TiO_2 的含量很低 ($TiO_2 = 1.22\%$), 假如认为鈳是存在于黑稀金矿中的話, 那么 TiO_2 的含量应该比所測定的結果要高, 而且 U/(Y) 的比与黑稀金矿或鈳鈳矿中 U/(Y) 的比值也不同, 所以本矿物应该是一种单独的矿物。

(2) 一般含鈳的鈳鈳酸盐矿物都含有比較高量的稀土类元素, 而鈳鈳鉄鈳矿与另外某些矿物 (如鈳鈳水石), 其中鈳和鈳鈳的含量都比較高, 而稀土元素則相对的較低, 所以这一类的矿物只有在特殊情况之下才可能生成, 即当岩浆殘液中鈳和鈳鈳的含量較高, 而稀土元素的含量相当低的情况下才能生成。由此不难看出, 这种矿物出現的可能性不大, 而且符合这种条件的, 主要是在伟晶岩晚期阶段的白云母型花崗伟晶岩中, 这种矿物才有出現的可能。在黑云母型伟晶岩中稀土元素的浓度很大, 象这种富于鈳和鈳鈳而缺乏稀土元素的矿物是不容易出現的。

(4) 鈳 鉄 矿

产状及共生矿物 鈳鉄矿族矿物产于白云母型花崗伟晶岩的长石块体带或石英块体带中, 与綠柱石、鈳鈳鉄鈳矿、独居石及磷鋁石等稀有元素矿物共生。

物理性質

晶体习性 一般成板状, 片状及块状产出。

顏色 为黑色。

光泽 为金属光泽。

条痕 为褐紅色或黑褐色。

解理 无解理, 断口不平; 性脆。

比重 5.3693—6.1947。

光性 不透明。

化学性質 矿物粉末 (300 号篩以下) 浓解于热浓磷酸中, 含錳高的鈳鉄矿易于溶解, 含鉄高的难溶, 鉄含量高及鈳含量高的最难溶, 不溶于盐酸, 硝酸和硫酸中。

表 8

| 成分号 | 分析值 (%) | | | | | | | |
|--------------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Д17 | 117 | 118 | 119 | 697 | 698 | Д14化10 | Д15化12 |
| MnO | 3.54 | 4.51 | 4.02 | 3.51 | 2.39 | 2.80 | 4.55 | 5.68 |
| CaO | 0.49 | 0.31 | | | 0.14 | 0.26 | 0.25 | 0.13 |
| MgO | 0.39 | 0.25 | | | 0.22 | 0.35 | 0.50 | 0.20 |
| FeO | 14.65 | 14.71 | 15.52 | 15.03 | 14.58 | 14.79 | 17.50 | 14.36 |
| Fe ₂ O ₃ | 0.40 | 0.37 | | 0.39 | 0.27 | 0.51 | 0.84 | 0.42 |
| SiO ₂ | 0.51 | 0.62 | 0.62 | 0.06 | 0.47 | 0.30 | 0.38 | 0.13 |
| TiO ₂ | 3.27 | 3.22 | 1.21 | 3.27 | 3.58 | 2.31 | 5.70 | 0.35 |
| SnO ₂ | 0.23 | 0.60 | 0.11 | 0.06 | 0.18 | 1.50 | 0.68 | 0.24 |
| Nb ₂ O ₅ | 67.86 | 51.41 | 43.25 | 69.54 | 53.93 | 61.04 | 67.64 | 48.87 |
| Ta ₂ O ₅ | 9.63 | 24.65 | 35.74 | 8.17 | 24.59 | 16.71 | 2.24 | 30.08 |
| 总计 | 100.97 | 100.65 | 100.47 | 100.03 | 100.35 | 100.57 | 100.28 | 100.46 |
| 比重 | 5.3926 | 5.6035 | 6.1947 | 5.5557 | 5.6421 | 5.5549 | 5.3693 | 5.7500 |

| 成分号 | 分析值 (%) | | | | | | |
|--------------------------------|---------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| | Д16化13 | g14化11 | П127 | 3001 | 216 | 217 | 219 |
| MnO | 4.65 | 3.85 | 2.34 | 6.38 | 6.95 | 7.90 | 6.19 |
| CaO | 0.19 | 0.28 | | 0.16 | 0.65 | 0.37 | 0.54 |
| MgO | 0.27 | 0.14 | | 0.12 | 0.09 | 0.01 | 痕跡 |
| FeO | 16.52 | 16.65 | 16.07 | 12.78 | 11.20 | 10.94 | 12.70 |
| Fe ₂ O ₃ | | | | 0.39 | | | |
| SiO ₂ | 0.10 | 0.16 | 1.36 | 0.16 | 0.49 | 0.38 | 0.44 |
| TiO ₂ | 1.40 | 2.43 | 5.12 | 1.48 | 0.25 | 0.42 | 0.41 |
| SnO ₂ | 0.15 | 0.43 | 0.17 | 0.28 | 0.26 | 0.23 | 0.08 |
| Nb ₂ O ₅ | 71.18 | 66.74 | 68.24 | 61.16 | 56.96 | 58.37 | 55.23 |
| Ta ₂ O ₅ | 4.54 | 10.06 | 6.46 | 16.72 | 22.96 | 21.46 | 23.73 |
| 总计 | 99.00 | 100.74 | 99.76 | 99.63 | 99.72 | 99.83 | 99.34 |
| 比重 | 5.4386 | 5.3823 | 5.4114 | 5.5817 | | | |

| 成分号 | 分析值 (%) | | | |
|--------------------------------|---------|-------|-------|-------|
| | 220 | 11 | 10 | 13 |
| MnO | 6.19 | 7.11 | 5.52 | 5.84 |
| CaO | 0.31 | 0.51 | 0.51 | 0.31 |
| MgO | 痕跡 | 0.04 | 0.05 | 0.05 |
| FeO | 13.09 | 15.22 | 16.35 | 16.67 |
| Fe ₂ O ₃ | | | | |
| SiO ₂ | 0.22 | 未定 | 未定 | 未定 |
| TiO ₂ | 0.38 | 1.16 | 0.99 | 1.06 |
| SnO ₂ | 0.06 | 0.36 | 0.75 | 0.52 |
| Nb ₂ O ₅ | 64.04 | 66.25 | 65.26 | 69.72 |
| Ta ₂ O ₅ | 14.88 | 7.81 | 10.10 | 5.24 |
| 总计 | 99.17 | 98.46 | 99.53 | 99.41 |