

P575-62  
D 46

# 稀 土 矿 物 鉴 定 手 册

地质科学研究所地质矿产所稀有组

GT39/13

地质研究所  
院图书馆  
地质研究所  
202025

稀土矿物鉴定手册

地质科学院地质矿产研究所编

地质部地质研究所编辑

地质出版社出版

北京印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

1973年5月北京第一版·1973年5月北京第一次印刷

统一书号：15038·新18 定价0.75元

## 前 言

稀土金属包括镧、铈、镨、钕、钐、铕、钆、铈、铉、铊、铋、镱、镱、镱及钇。由于稀土元素具特殊性能，混合稀土金属在冶金、玻璃、化工、石油及原子能工业方面得到广泛利用。单一稀土金属，如钕、钐、铈、钆、铈、铉、铊、铋等是原子能工业和电子工业的重要材料。含铈的钇铝石榴石和含钕的铁石榴石可用于雷达工业和激光材料。铈、铈、铈、铈这些元素最近在工业利用上也有大的突破。随着生产上对单一稀土金属的分离工作不断改进，各种单一稀土金属在民用和国防方面的应用将更为广泛。

随着我国社会主义革命和社会主义建设事业的飞跃发展，特别是无产阶级文化大革命以来生产力的巨大发展，稀土金属在各方面的应用范围更大了，质量要求也更高了，因此要求寻找更多的新的稀土金属矿产资源，扩大已有的稀土矿物原料基地。与此相应，迫切要求提高稀土元素矿物的研究和鉴定工作。

目前，世界上已知的稀土矿物及其变种约计 150 个，含稀土元素而不成为独立稀土矿物的，当远不止此数。在工业利用上较为重要的矿物有独居石、氟碳铈矿、氟菱铈矿、烧绿石、磷钇矿、硅铈钇矿、褐钇钽矿等。

稀土矿物一般粒度细，成分复杂，鉴定起来比较困难。对稀土矿物的鉴定常常需要采用综合的方法。除本文提到的一些方法，如矿物分离、油浸法、比重测定、X光粉晶分析、

差热分析等方法外，常常还要借助于物相分析、各种仪器分析以及地质条件的研究等。本文提到几种方法，比较普通，适于目前野外地质队实验室使用。如果通过这些方法还不能准确鉴定矿物，则需将样品送有关专门实验室分析鉴定。

本手册收集了1972年第二季度以前国内外发表的稀土矿物鉴定资料，主要包括约150种独立稀土矿物和80种含稀土元素矿物。独立稀土矿物，分别详细列出其物理性质、化学成分、光学性质、稀土配分值、差热曲线及X光粉晶数据。含稀土元素矿物仅简要列出其稀土元素含量、晶系、晶形、颜色、硬度、比重、折光率、X光粉晶主要数据等几项资料。为了方便初学读者，本手册第一、二两章简要介绍稀土矿物的一般特征及鉴定方法。

稀土矿物译名，尽量采用已通用的名称，仅对少数明显不合理的做了修改。文后附有中、英、俄矿物名词对照表。某些矿物是本手册首次译名的，在对照表中以\*表示。

由于资料来源不同，研究程度不一致，个别矿物的可靠性还有一定问题。加之我们水平不高，本手册肯定会有不少缺点和错误，请读者批评指正。

# 目 录

## 前言

第一章 稀土矿物的一般特征	1
一、稀土矿物分类	1
二、稀土矿物外表特征	1
三、稀土矿物的折光率	2
四、稀土矿物的似晶体化现象	3
第二章 稀土矿物鉴定方法简述	4
一、概述	4
二、矿物分离的基本方法	7
三、焰色法	10
四、比重测定	17
五、X光衍射分析	21
六、差热分析	24
第三章 稀土矿物鉴定资料	27
一、稀土氟化物类	29
二、稀土碳酸盐类	33
三、稀土氧化物类	53
四、稀土硫酸盐类	67
五、稀土磷酸盐类	99
六、稀土砷酸盐类	101
七、稀土硝酸盐类	103
八、稀土磷酸盐类	105
九、稀土硅酸盐类	113
第四章 稀土矿物及含稀土元素矿物鉴定表	167
均质体和假晶体	168

一轴晶正光性.....	181
一轴晶负光性.....	187
二轴晶正光性.....	187
二轴晶负光性.....	197
轴性感光性不同.....	203
第五章 稀土矿物及含稀土元素矿物比重表.....	205
附录.....	210
某些矿物的稀土元素含量表.....	210
中、英、俄矿物名词对照表.....	212
主要参考文献.....	223

# 第一章 稀土矿物的一般特征

## 一、稀土矿物分类

稀土矿物大致可分九大类：(1)氟化物类，(2)碳酸盐及氟碳酸盐类，(3)氧化物类，(4)硼酸盐类，(5)硫酸盐类，(6)钨酸盐类，(7)砷酸盐类，(8)磷酸盐类，(9)硅酸盐类。其中硅酸盐和氧化物占大多数，其次是氟碳酸盐，碳酸盐，磷酸盐和氟化物。而硼酸盐，钨酸盐和砷酸盐矿物为数很少。稀土元素的工业矿物均属前五类。

由于类质同象作用广泛发育，稀土元素与钙、锶、钡、铀、钍、铯等呈类质同象置换，使许多造岩矿物、副矿物和稀有元素矿物含一定量稀土元素。

根据稀土矿物对稀土元素具有不同的选择性，可将稀土矿物分为：选择镧的——如铈钒钛铁矿；选择铈的——如氟碳铈矿；选择铈-铌的——如易解石；选择钪、钇的——如铈钪矿；选择镧-（铈）-钇的——如钪钪绿帘石等；无选择性的——如磷灰石等。

## 二、稀土矿物外表特征

颜色：稀土矿物颜色复杂，从浅色至深色，但其变化仍有一定规律性，稀土氧化物和硅酸盐矿物颜色最深，从黑色至不同色调的棕色，稀土碳酸盐和磷酸盐矿物通常由浅棕至浅黄色，含水的稀土碳酸盐和磷酸盐矿物颜色最浅，几乎呈白色。

晶形：也是鉴定矿物标志之一。某些稀土矿物晶形特殊，根据晶形就能正确鉴定，如褐钨铈矿、饰钨钼铈矿等。

光泽：稀土矿物折光率在1.5—1.7之间的常具玻璃光泽，有少数为金刚光泽。氧化物类稀土矿物折光率很高 ( $>1.9$ )，呈金刚光泽和半金属光泽。水硅铈铈矿，水磷铈矿和其他表生矿物的集合体光泽暗淡。

硬度和比重：稀土矿物中硬度最大的是硅铈铈矿、铈铈铈矿、褐帘石、褐钨铈矿，其硬度 $>6$ 。稀土硅酸盐和稀土氧化物矿物大部分硬度5—6。稀土碳酸盐和磷酸盐（氟铈铈矿，独居石，磷铈矿等）矿物硬度4—5，而铈石、水磷铈矿，水氟钙铈矾等含水矿物硬度最小，约2—3。

稀土矿物比重的变化幅度较大，从氟铈矿和方铈石的比重7.5到水氟钙铈矾的比重2.3。比重小于3的为数很少，主要是含水的碳酸盐、磷酸盐和硅酸盐矿物。大部分稀土矿物比重在3.5—5.5，主要是稀土氧化物和稀土硅酸盐。

### 三、稀土矿物的折光率

稀土矿物类的折光率占有很宽的范围，其中氟钙铈铈石、水氟钙铈矾和钨铈石折光率 ( $N$ ) 小于1.5，铈石  $N < 1.6$ 。多数稀土矿物  $N = 1.6—1.8$ 。硅铈铈矿，独居石，饰磷灰石，铈铈石  $N = 1.8—2.0$ 。似晶体化的稀土氧化物，如铈稀金矿、铈铈矿、铈铈铈矿、铈铈铈矿折光率最高  $N > 2.0$ 。似晶体化稀土硅酸盐矿物（褐钨铈矿，淡红铈铈矿） $N > 1.6—1.7$ 。

借助光泽、折光率和比重测定可鉴别稀土碳酸盐矿物，如一轴晶正光性矿物可测定  $N_o$  来鉴定；一轴晶负光性矿物测比重来鉴定；二轴晶负光性矿物测比重及  $N_g$ 、 $N_p$  均能鉴别。

#### 四、稀土矿物的似晶体化现象

似晶体化现象在稀土氧化物和稀土硅酸盐矿物中广泛发育，可视为这一类矿物特点之一。所谓似晶体就是矿物具晶体外形而没有晶体的性质。其现象是：

(1) 不论何种晶系都呈光性均质体，有时局部残留非均质迹。(2) 无解理，具状断口，一般呈沥青光泽，有时玻璃光泽。(3) 矿物是X光非晶质，当加热到一定温度后，矿物恢复结晶状态。因而在做X光粉晶分析之前要先加热使矿物再结晶，然后才能照象。(4) 从似晶体化恢复到结晶状态的加热范围为400—900℃，同时在差热曲线上呈现放热反应。就同种似晶体化矿物而言，重结晶温度大体上是一致的。因此差热分析方法可用于鉴定矿物。

形成似晶体化的一个主要原因是稀土矿物中存在着铀钍等放射性元素，因而似晶体化矿物总具放射性。

## 第二章 稀土矿物鉴定方法简述

### 一、概 述

稀土矿物的鉴定方法和一般矿物的鉴定方法,大致类似。要准确鉴定稀土矿物,首先必须熟练地掌握一般矿物的鉴定方法。另外,有些稀土矿物粒度细小,比较罕见,而且成分复杂多变,因此在鉴定矿物时还要采用一些特殊的鉴定方法。

稀土矿物用肉眼常不易发觉,或者见到后不容易准确定名。这时了解稀土矿物产出的地质条件、矿物共生组合,对鉴定稀土矿物,有重要意义。比如,在花岗岩伟晶岩中,常见到铈铈矿、褐铈铈矿、硅铈铈矿、淡红硅铈矿等稀土矿物,而在与超基性—硷性岩有关的伟晶岩中,这些矿物却不易见到。常见的是铈铈钙铈矿、差黑稀土矿、绿层铈铈铈矿、铈铈石等矿物。同样,在花岗岩伟晶岩中,如遇到山黑云母、斜长石、石英组成的文象或准文象构造伟晶岩,则可期望见到褐帘石、易解石等稀土矿物,如遇到的是白云母、钠长石、石英交代伟晶岩,则上述矿物难于见到,常见到的是氟碳铈矿、稀土烧绿石等矿物。

稀土矿物,有时在普通光薄片上不易遇到。因此,鉴定前需对矿石进行破碎分离,再经重选、电选、电磁选等方法以获得较富集、较纯净的稀土重矿物。同时借以求得矿物的电磁性、比重、介电性等资料。通过上述方法得到的稀土重矿物,可直接供双目镜观察用或供其他分析鉴定用。

用双目镜观察矿物，是鉴定稀土矿物的基本方法，要充分重视；有些矿物，在双目镜下很快就能定名；有的矿物，双目镜下虽然不能准确定名，但也可查出其所属类别，供进一步选用鉴定方法时参考。

双目镜下观察，主要是研究矿物的外部特征，如晶形、颜色、条痕、光泽、晶纹、解理、断口、裂纹、透明度、表面薄膜、双晶与连晶等。因为根据晶形、颜色、光泽等特征很容易鉴定象褐钇铈矿、磷钇矿、独居石、稀土烧绿石、铈铈钙钛矿等矿物。另外根据晶形、颜色、透明度、光泽等还很容易判断所鉴定的矿物是稀土氟碳酸盐、稀土磷酸盐，还是稀土氧化物、稀土硅酸盐，从而根据不同类别的稀土矿物成分和构造特点，选用最适当的鉴定分析方法。区别稀土矿物与其它稀有元素矿物及一般造岩矿物时，其晶形、颜色、光泽、透明度、断口等外部特性，也是很重要的鉴定特征。

经过双目镜下观察，初步确定为稀土矿物后，便可进行各种物理、光性和化学性质的室内鉴定和分析。室内鉴定和分析，最常采用比重测定、油浸法、差热分析、X光粉晶分析、微化试验、化学分析、光谱分析、X光光谱分析，以及红外线光谱分析、“电子探针”等方法。

不同类的稀土矿物，最好选用不同的鉴定方法。比如稀土氟化物、碳酸盐和氟碳酸盐矿物，采用油浸法、比重测定及差热分析能收到良好效果；稀土磷酸盐采用微化试验、油浸法及比重测定较好。而稀土硅酸盐，特别是稀土氧化物，类质同象置换发育，成分复杂，比重不定，折光率高，采用油浸法和比重测定效果就较差。

X光粉晶分析，对各类稀土矿物都是重要而有效的鉴定

方法。X光粉晶分析不足之处，是它只能定出矿物族，定矿物种或亚种就比较困难。比如，经X光粉晶分析，定出矿物属易解石族，但矿物究竟为铈易解石或为钆易解石，则不能确定，还要辅以差热分析、化学分析等手段。

化学分析、X光光谱定量分析和光谱定量分析，是鉴定稀土矿物经常采用的重要方法。确定矿物中稀土元素总量或其中各稀土元素的分量，不但对矿物鉴定是必须的，而且对矿物的工业利用也是必须的。化学分析、X光谱定量分析和光谱定量分析可结合进行。根据元素性质，矿物中某几项元素用化学分析，另外几项元素用X光谱和光谱定量分析。

进行化学分析和X光谱定量分析前，最好先作矿物的光谱半定量分析。因光谱半定量分析所提供的资料，有时结合其他数据，就能确定矿物的名称，无须再作化学分析。同时，光谱半定量分析还可测定矿物中可能含有的元素，以供化学分析时选用最合理的流程。

X光光谱分析是目前对16个单一稀土元素准确定量的唯一有效方法，对研究矿物中稀土配分特点，是必不可少的。

近年来，日益广泛地采用“电子探针”和红外线光谱来鉴定稀土矿物。“电子探针”最大特点是用样品少，同时能定性和定量，并可了解元素在矿物中的分布，以及赋存状态。红外线光谱适用于矿物的晶体结构和晶体化学的研究，如矿物的有序-无序和类质同象，以及矿物中H<sub>2</sub>O和CO<sub>2</sub>的含量及其存在状态的研究等。

稀土矿物中常有不等量的钍、铀等放射性元素存在，使矿物具放射性。在包围稀土矿物的其他矿物或岩石上，常见由放射作用引起的放射状裂纹。含放射性元素的稀土矿物在地表受到氧化，常被覆有黄褐色薄膜。这些都可作为鉴定特

征。同时，由于放射性元素的影响，稀土矿物晶格受到破坏，成为似晶体，在进行热处理时矿物硬度、比重、折光率，常常随着温度的增高而增高。鉴定似晶体矿物，一般采用差热分析和X光粉晶分析。

下面主要就鉴定稀土矿物的方法，简略进行描述。

## 二、矿物分离的基本方法

### 1. 破碎与筛分方法

原生稀土矿石需先行破碎，解离出矿物单体。常用的破碎方法除手碎外，还可采用颚式碎矿机、对滚碎矿机和棒磨、球磨、盘磨碎矿机等。碎矿条件的选择，视矿物粒度而定，既要把矿物单体解离出来，又要尽可能保留矿物晶形的完整，避免过度粉碎，以便分离和鉴定。为此，在碎样之前应磨片测定矿物的颗粒度，了解稀土矿物的赋存状态，并边破碎边过筛。

此外，超声波技术已用于碎矿工作，效果较其它破碎方法好。

### 2. 矿物磁性分离方法

**磁选：**利用永久性磁铁可选出重砂样品中的强磁性矿物，属强磁性的矿物有磁铁矿、钛磁铁矿、磁黄铁矿、自然铁、磁性铂等。

**电磁选：**电磁选法用来分离磁性较弱、不能用水久磁铁分离的矿物。我国目前通常使用 WCF<sub>1</sub>-63 型自动电磁分选仪，其特点是磁场强度大，能任意调节，加矿和分离过程均系自动控制，仪器的水平倾角和侧面倾角还可视分离样品的情况加以调节。

采用 WCF<sub>1</sub>-63 型自动电磁分选仪，不仅大大提高分离效率，而且能提纯若干比磁化系数相差较小的矿物，如独居石

和磷钨矿，闪锌矿和黄铜矿等。

### 3. 按矿物比重分离方法

按比重分离矿物是最有效的分离方法之一，无论在工业选矿上或在矿物分离上均常使用。按比重分离矿物方法较多，这里只提及淘洗法，重液和重液离心分离。

**淘洗：**在野外和室内都可采用，熟练掌握淘洗技术既能分离轻矿物和重矿物，又能对重矿物进行分离，如钨铁矿和锡石，褐钨铌矿和独居石的分离等。

淘洗工作一般在水中进行，若样品细小可加少量水玻璃以防止矿物漂浮。在少量样品精淘时，可考虑用乙醇做淘洗液。

淘洗法其设备简单，效率高，成本低，对人体无害等其它方法所没有的优点。

**重液分离和重液离心分离：**重液分离是按矿物比重不同，选择适当重液，将砂矿样投入其中，比重小于重液的矿物浮于重液上部，大的沉于其底部，从而分成两部分。在重砂分离中通常使用的重液为：

三溴甲烷 ( $\text{CHBr}_3$ ) —— 比重2.9

四溴乙炔 ( $\text{C}_2\text{H}_2\text{Br}_4$ ) —— 比重3.0

二碘甲烷 ( $\text{CH}_2\text{I}_2$ ) —— 比重3.3

前两种重液可与酒精溶合，后一种可溶于苯，这样就能根据其可溶性配出不同比重的重液，应用于矿物分离工作。

重液分离虽简便有效，但目前所生产的重液比重不高，使用范围受到限制。此外重液价格较高，有毒性，要在有通风设备的条件下工作。

目前最好的重液是克列里奇液，比重为4.27，化学性质稳定，能以任何比例与水混合，且无毒性，唯价格昂贵，很

少使用。

重液分离一般在淘洗、磁选、电磁选之后进行，以减少重液消耗。

重液离心分离一般应用于以下两种情况：（1）待分离样品中重砂矿物含量特别少，用一般分液漏斗分离时轻矿物常常阻碍重矿物下降；（2）样品粒度细小，重矿物不易突破重液表面张力和与轻矿物的粘附力。这时借助离心机的离心力能得到良好的分离效果，但效率较低。

#### 4. 矿物电性的分离方法

近年来，我国矿物工作者研制了高频介电分离仪，根据矿物的电性，即利用矿物的不同介电常数分离矿物的新方法。

高频介电方法的原理，是将一个单一的高频电极插入装有矿物和介电液的分离容器中，电源接通后，便能在电极周围产生高频电场，由于它是一个不均匀的电场，场强自电极中央向周围逐渐减弱。所以被极化了的物质表面所形成的正和负的表面电荷中心，就处于不同场强的位置并受到不同大小作用力的作用。两种矿物，由于其介电常数不同，其中受作用力大的矿物就被拉向强电场方向，自周围向中央沿半径作直线移动，从而与受作用力小的矿物分开，也就是将不同介电常数的矿物分开。两种矿物在高频电场中的分离，除决定于介电常数外，电场梯度，矿物颗粒的大小等也有关系。

高频介电分离能分离脉石矿物，也能分离金属矿物，使用范围比低频介电分离大。实验证明，只要二种矿物介电常数大于2，分离效果就较好，效率比手挑矿物高数十倍以上。

目前高频介电分离方法用于分离比重大于3.3的无电磁性的重矿物组合。对以下矿物组合分离效果较好：

金红石和锆石；锡石—细晶石—锆石；  
独居石—铀金红石—黑稀金矿—复稀金矿；  
独居石和磷钇矿。

### 5. 化学处理

这种方法适用于有用矿物含量少、粒度极细、磁性比重等物性相近，但化学性质稳定的矿物样品。其原理是根据不同矿物具有不同的溶解度，经化学处理，使矿物分离。使用此法（同其它方法相配合）分离矿物有纯度高，流程简单的优点，但消耗化学试剂多，成本较高。

## 三 油 浸 法

油浸法是一种快速、简便鉴定稀土矿物的方法。

油浸法鉴定稀土矿物和鉴定其他矿物的原理完全相同。把要鉴定的矿物浸没在折光率为己知的浸油中，进行折光率观察对比，当矿物和浸油的折光率相近或相等时，根据浸油的折光率，即可推出所测矿物的折光率，从而确定矿物名称。

油浸法鉴定矿物，需先配备一套浸油。这套浸油的折光率用专门仪器测定，并按折光率的大小，依一定间距（通常间距为0.003）排列，放在特制小瓶中，供鉴定矿物时对比折光率用。

油浸法一般适用于折光率中等或较小的矿物，对高折光率（ $N > 2.00$ ）的矿物，一般要用固相折光率指示剂。

浸油和固相折光率指示剂的折光率在使用时要经常检查，并视温度不同加以校正。

### 1. 油浸薄片的制备

分离出来的单矿物，如颗粒较大，可将其敲碎，用针尖挑出粒度相近的碎屑，放于载玻片上，然后盖上盖玻璃。欲

使矿物碎屑固定在载玻璃上，不随油液移动，一般可在碎屑上滴上水灌，烘干后再盖上盖玻璃。

此后，将制备的折光率已知的浸油，用滴管或玻璃棒汲取少许，滴在盖玻璃边缘。由于毛细管作用，浸油逐渐浸进碎屑颗粒间，将矿物碎屑包围起来。如果浸油太多，可用滤纸贴近盖玻璃边缘，将多余浸油吸去。在选用浸油时，应首先根据矿物的物理性质，如晶形、颜色、比重、光泽等，大致估计矿物折光率的可能范围，以便一开始就能选用与矿物折光率接近的浸油。

对高折光率矿物，需用固体折光率指示剂。制备固体折光率指示剂薄片和制备油浸薄片略有不同。先将敲碎的矿物碎屑置于载玻璃上，取一小块和矿物折光率接近的固体折光率指示剂，敲碎，放在矿物碎屑上。将固体折光率指示剂和矿物碎屑混合，盖上盖玻璃。然后将薄片在酒精灯上徐徐小心加热，到固体折光率指示剂开始熔融，变成柔软物质（不要过熔）时停止加热，用物轻压盖玻璃，使固体折光率指示剂铺开。固体折光率指示剂薄片即制成。

制备好的油浸薄片（或固体折光率指示剂薄片）即可在镜下进行观察对比。如果浸油的折光率与矿物的折光率不同，需更换浸油，直到二者相近或相同时为止。

## 2. 折光率的对比方法

在单偏光镜下，矿物的折光率与浸油的折光率不同时，矿物有明显的轮廓和突起。折光率差异愈大，轮廓和突起愈明显。折光率相近或相等时，矿物的边界就模糊了。对于无色或浅色矿物，这时甚至很难见到矿物。利用轮廓和突起只能近似地对比折光率。精确而常用的方法是贝克线法和斜照法。

贝克线法是利用折光率不同介质接触处的白色光带——贝克线，来对比折光率的高低。贝克线法适于在中、高倍物镜下进行，能对比粒度较小的矿物，所得结果精度也较高。

在单偏光镜下，矿物的折光率大于浸油折光率时，提升镜筒，见到贝克线向矿物方面移动，降低镜筒，贝克线向浸油方面移动。矿物折光率小于浸油折光率时，提升镜筒，贝克线向浸油方向移动，降低镜筒，贝克线向矿物方面移动。换句话说，提升镜筒，贝克线总向折光率高的方面移动。

当矿物与浸油的折光率相同时，在二者接触处，见不到白色光亮的贝克线，而出现蓝色及橙色的彩色光带。色带的宽度相等，十分鲜明，提升镜筒各向相反方向移动，且移动速度相同。

如果矿物折光率稍大于浸油折光率，这时也可见到色带，但色带宽度不同，提升镜筒，橙色色带向矿物方面移动，蓝色色带很少移动或不移动。如浸油折光率稍大于矿物折光率，则见到相反现象，蓝色色带向浸油方面移动，橙色色带很少移动或不移动。

操作时，为使贝克线清晰，应注意如下四点：（1）适当缩小物台下的光圈，使视域稍暗；（2）需将对比折光率的矿物或矿物边缘置于视域中心；（3）用平面反光镜，不加聚光镜；（4）对比折光率的矿物应干净。

矿物的折光率与浸油相同，根据浸油折光率即可定出矿物折光率。但常常矿物的折光率正好等于某一种浸油的折光率，而是介于两相邻浸油之间。此时，定矿物折光率，可取二浸油折光率的平均数。

斜照法适于在中倍物镜下对比折光率。得到斜照的光线是用凹面反光镜，并用档板挡住一部分光线。档板可用一般

的硬纸板。挡板可直接盖住一半反光镜，也可插在反光镜和聚光镜之间或物镜与上偏光镜之间。此外，推进一半上偏光镜也是一种取得斜照的方法。

在单偏光镜下观察时，如果矿物折光率大于浸油折光率，矿物在挡板插入方向一边呈现昏暗，相反方向明亮。如果矿物折光率小于浸油折光率，则在挡板方向一边的矿物明亮，相反方向昏暗。

当矿物和浸油折光率接近时，无论挡板从何方插入，矿物颗粒上不再见到明暗现象，矿物边缘也出现彩色色带。此时，与视域暗边同处一侧的矿物边缘出现蓝色，与视域暗边相反方向一侧出现橙色。

斜照法宜于使用中倍物镜，所用矿物粒度较大，精度不如贝克线法。斜照法的优点是操作快速，一个视域中能同时对比许多矿物颗粒。

### 3. 主折光率的测定

欲测定矿物的主折光率，必须在测定前先找出主折光率切面。

均质体矿物只有一个折光率，任何切面测得的折光率数值相同，即任何切面都可能定出矿物的折光率。

非均质体矿物，只有在一定切面中才能测定主折光率。一轴晶矿物有两个主折光率，即  $N_o$  和  $N_e$ 。二轴晶矿物有三个主折光率，即  $N_g$ 、 $N_m$  和  $N_p$ 。在对比主折光率时，必须使相应的光率体轴方向和下偏光镜的振动方向平行。

一轴晶矿物的  $N_o$  可在任意切面上确定，因为一轴晶光率体的任意一个椭圆切面中都有一个轴是  $N_o$ 。只要将  $N_o$  放在和下偏光镜振动方向平行的位置上即可定出  $N_o$ 。如为正光性矿物  $N_e' > N_o$ ，如果负光性矿物  $N_o > N_e'$ 。

确定  $N_o$  也可找垂直光轴的切面。这种切面干涉色最低，锥光下可见到垂直光轴的干涉图。

确定  $N_e$  需找平行光轴的切面。这种切面干涉色最高，锥光下出现闪图。这种切面，在得知光性正负或定出  $N_o$  及  $N_e$  方向后，可同时定出  $N_o$  和  $N_e$ 。

确定二轴晶矿物的  $N_g$  和  $N_p$ ，需找出平行光轴面的切面。这种切面，多色性明显，干涉色最高，锥光下能见到二轴晶闪图。只要使这种切面的  $N_g$  和  $N_p$  分别和下偏光镜振动方向平行，即可测得  $N_g$  和  $N_p$ 。

测定  $N_m$ ，最好在垂直光轴的切面上。这种切面干涉色最低，锥光下能见到垂直光轴的干涉图。这种切面任何方向都可定  $N_m$ 。

测定  $N_m$ 、 $N_g$  和  $N_p$ ，在垂直锐角等分线和垂直钝角等分线的切面上都能进行。在垂直锐角等分线的切面上，如为正光性矿物，可同时测得  $N_m$  和  $N_p$ ，如为负光性矿物，可同时测得  $N_g$  和  $N_m$ 。在垂直钝角等分线的切面上，如为正光性，可同时定出  $N_g$  和  $N_m$ ，如为负光性，可同时定出  $N_m$  和  $N_p$ 。现将一轴晶的  $N_o$  和  $N_e$ ，二轴晶的  $N_g$ 、 $N_m$  和  $N_p$  与各种切面的关系归纳于下：

一轴晶

切面	正光性 $N_o < N_e$	负光性 $N_o > N_e$
垂直光轴	$N_o$	$N_o$
平行光轴	$N_o, N_e$	$N_e, N_o$
斜交光轴	$N_o, N_e'$	$N_o, N_e'$

## 二轴晶

切 面	正 光 性	负 光 性
延 直 光 轴	$N_m$	$N_{ca}$
垂直锐角等分线	$N_m, N_p$	$N_g, N_m$
垂直钝角等分线	$N_g, N_m$	$N_m, N_p$
平行光轴面	$N_g, N_p$	$N_g, N_p$

测定主折光率，也可不必找出主折光率切面，而用统计法。对二轴晶矿物，其方法如下。

在同一油浸薄片上，依次使某一颗粒转至消光位，然后推出上偏光镜，此时，必有一振动方向与下偏光镜平行，比较矿物与浸油的折光率，然后转动物台，使另一振动方向与下偏光镜振动方向平行，再进行折光率对比。同时对比若干颗粒，记录比较结果。然后连续换油，必然可以发现所有颗粒中，必有一个共同的振动方向，其折光率与某一种浸油的折光率相等或相近，此折光率就属  $N_o$ ，另一振动方向所代表的折光率是  $N_e'$ ， $N_e'$  中的最大值或最小值就是  $N_e$  的折光率。对正光性来说  $N_e > N_o$ ， $N_e'$  的最大值代表  $N_e$ ，对负光性来说  $N_o > N_e$ ， $N_e'$  的最小值代表  $N_e$ 。

二轴晶矿物的任意切面都有两个折光率，即  $N_g'$  和  $N_p'$ ，且  $N_g > N_g' > N_m$ ， $N_m > N_p' > N_p$ 。与上相同，依次使某一碎屑颗粒转至消光位，并分别对比浸油与碎屑的  $N_g'$  和  $N_p'$ 。连续换油，大量颗粒上测出的  $N_g'$  的最大值即接近等于  $N_g$ ，反之，大量颗粒上测出的  $N_p'$  的最小值即接近等于  $N_p$ ，而  $N_g'$  的最小值与  $N_p'$  的最大值必然从两侧接近与  $N_m$  相等。现举层硅钠钛矿为例说明。

第一次取1.661的浸油，镜下对比折光率，发现

$$Ng' > 1.661, Np' > 1.661;$$

第二次取1.664的浸油，

同样  $Ng' > 1.664, Np' > 1.664;$

第三次取1.667的浸油，发现

大多数颗粒  $Ng' > 1.667, Np' > 1.667;$

个别颗粒  $Ng' > 1.667, Np' < 1.667.$

$$\text{故 } Np' \text{ 的最小值} = Np = \frac{1.664 + 1.667}{2} = 1.6655$$

$$\text{即 } Np = 1.665 \pm 0.001.$$

第四次取1.670的浸油，发现

大多数颗粒  $Ng' > 1.670, Np' < 1.670;$

个别颗粒  $Ng' < 1.670, Np' < 1.670.$

说明  $Ng'$  的最小值与  $Np'$  的最大值非常接近，而且均小于1.670。

$$\text{即 } Nm = \frac{1.667 + 1.670}{2} = 1.6685$$

$$\text{即 } Nm = 1.668 \pm 0.001$$

第五次取1.673的浸油，发现

部分颗粒  $Ng' > 1.673, Np' < 1.673;$

部分颗粒  $Ng' < 1.673, Np' < 1.673.$

第六次取1.676的浸油，结果同上。

第七次取1.679的浸油，发现

个别颗粒  $Ng' > 1.679, Np' < 1.679;$

大部分颗粒  $Ng' < 1.679, Np' < 1.679.$

第八次取1.682的浸油，发现

所有颗粒均为  $Ng' < 1.682, Np' < 1.682.$

$$\text{故知 } Ng' \text{ 的最大值} = Ng = \frac{1.679 + 1.682}{2} = 1.6805,$$

$$\text{故 } Ng = 1.680 \pm 0.001.$$

#### 四 比重测定

稀土矿物和含稀土元素矿物的比重变化范围较大，从 2.3—9.8。其中某些简单氧化物比重较大，如方铈石的比重为 7.2。硫酸盐中的水合钙钒矾比重最小为 2.3。大部分稀土磷酸盐、碳酸盐矿物的比重在 3—4 之间。而稀土氧化物矿物的比重一般都大于 5（见比重表）。

此外，比重在确定已知的某些类质同象系列的端员矿物和若干稀土矿物亚种时也有作用。它不仅能鉴别铌铁矿和钽铁矿，还可以大致了解其中  $Ta_2O_5$  和  $Nb_2O_5$  的含量。这早已为矿物工作者所熟悉。就稀土矿物而言，如褐钇铈矿和黄钇钽矿，因结构相似，X 光粉晶数据判别有一定困难，而测比重则简便有效。前者比重是 5.6—5.8，后者比重是 5.24—7.03。与此类似的还可以举出黑稀金矿和钼黑稀金矿、复稀金矿和钼复稀金矿等。

测定矿物比重方法很多，下面只是几种常用的方法。

##### 1. 比重瓶法

矿物的比重测定，系以矿物在水中失去之重除以矿物在空气中之重量，即得所测矿物之比重。

测定步骤：

(1) 称比重瓶的重量 ( $P$ )；

(2) 将矿物颗粒放入比重瓶中，一般占瓶容积的  $\frac{1}{3}$ ，称瓶和矿物的重量 ( $P_m$ )；并将蒸馏水注入比重瓶，达瓶容积的一半；

(3) 用拍气机抽出瓶内矿物的附着气泡，抽出时将皮管套在比重瓶的颈口，摇转抽气唧筒，并不断摇晃比重瓶，直至瓶中无气泡逸出为止。

(4) 用滴管将蒸馏水注入瓶中至满；称瓶、水和矿物的重量 ( $P_{ml}$ )；

(5) 从瓶中倒出水 and 矿物，再将蒸馏水注入瓶中，达相同水位，称瓶和水的重量 ( $P_l$ )；

(6) 计算矿物比重，公式如下：

$$\text{矿物比重 } D = \frac{(P_m - P)}{(P_l - P) \cdot d_t} \cdot d_t$$

式中， $d_t$ —不同温度水的密度系数。

为了适应微量样品测定比重的需要，又采用了显微比重瓶法，仅需样品 100 毫克左右。

## 2. 用扭力天平测定矿物的比重

根据测定物体在液体中损失重量的测定的静水力学称重方法。

测定步骤：

(1) 校准天平；

(2) 称量装矿物的空盘在空气中的重量 ( $P$ )；

(3) 称量小盘在溶液中的重量 ( $P_l$ )；

(4) 称量小盘装上矿物后在空气中的重量 ( $P_m$ )；

(5) 称量小盘装上矿物后在溶液中的重量 ( $P_{ml}$ )；

$$(6) \text{ 矿物比重 } D = \frac{m}{m - m_l} D_l$$

式中， $m = P_m - P$  矿物在空气中的重量；

$m_l = P_{ml} - P_l$  矿物在液体中的重量；

$D_l$ —溶液的比重。

### 3. 显微体积法测定比重

用显微镜测量被一定重量矿物排开的液体体积，从而确定矿物的体积是显微体积法的基本原理。

进行这项工作必须有显微镜一台，化学滴管数支。

矿物的比重测定系以滴管中排除水的体积去除矿物的重量。

一般来讲，测定前必须校准滴管内径，因内径不均，直接影响所测比重的准确性。用已知比重的石英和无水乙醇，在滴管中取不同高度的液面多次重复测定石英的比重，如果在滴管的某一段中所测石英比重大致相等，那么就说明这段滴管内径较匀，可以选择这段作为测定矿物比重用。

还应注意的是，在用此方法测比重时，必须在测比重以前就把酒精倒入滴管中，待管壁上酒精蒸发后进行测定。

### 4. 在重液中测定矿物比重

在重液中测定矿物比重的原理是，当重液与浸没在其中的矿物比重相等时，矿物在液体中呈悬浮状态。此时测得液体的比重就是矿物的比重。

为了使矿物在液体中达到悬浮状态，必须改变液体的比重。此时，可用两种方法：一是在液体中加进另一种比重较大或较小的液体；二是升高或降低液体的温度。

操作中将比重较矿物大的液体约 1 毫升注入狭口小玻璃杯中，再把矿物放入液体中，这时矿物浮到表面。用较轻的液体冲淡并搅动，直到溶液比重缓慢与矿物比重相等时为止。

某些液体比重的改变也可以用改变其温度的方法达到。有机液体的比重明显地随温度的改变而变化，随着液体冷却而增高。

测量液体的比重可用如下两种方法：

(1) 根据两种混溶液体的体积和比重进行计算：

$$D_3 = \frac{D_1 V_1 + D_2 V_2}{V_1 + V_2}$$

式中： $D_3$ ——混合液比重；

$V_1, V_2$ ——两种相混合液体各自的体积；

$D_1, D_2$ ——两种相混合液体各自的比重。

(2) 根据混合液体比重和折光率的正比关系用测定混合液体折光率的方法确定其比重。

#### 5. 几种比重测定方法评述

除重液法外，用其他方法测定矿物比重都需要有适当量的纯矿物样品，对样品量的要求决定于测定方法和设备条件、矿物比重等因素。样品量过多过少都会影响到测定的精度。

**比重瓶法：**这是测定矿物比重的经典方法。精确度最高可达小数点后四位。但需要样品多，操作时间长，样品有时需1克左右（目前使用的微量比重瓶测定时所需矿物量为100—200毫克）。

**扭力天平法：**这是测定稀土矿物比重的常用方法。其精确度较高，在小数后二位。而且操作简便，能满足矿物鉴定要求。需用的样品少（13—15毫克）。

扭力天平法测定矿物比重须在有机液体中进行，如用水代替有机液体则误差增大。

**重液法：**当其他方法无法测定时可用少数矿物颗粒即可测得矿物的比重。而且测定速度快、操作简便，但不够准确。由于受到重液比重的限制，比重大于4.27的矿物不宜用此法测定。

显微体积比重法，设备简单，操作快，样品可少至几毫克。但精确度要比扭力天平低，操作也较扭力天平繁杂。

无论用什么方法测定比重都要测定三次以上。如果矿物很多，可以进行二个平行的测定，如果不可能，可重复测定。测定时，应稍为改变称重，以便得到新的测定数值，以防偶然误差。

## 五 X 光粉晶分析

X射线是一种波长为 $0.5-2 \text{ \AA}$ 的电磁波。X射线在X射线管中获得。

X射线对各种物质具有很大穿透能力，同时也引起衍射现象。射入晶体的X射线引起了晶体中原子内的电子振动，产生振幅相同的次生X射线。单个原子的次生X射线能量很小。但是晶体中原子的排列是周期重复的，由这些原子产生的次生X射线间会发生电磁波的干涉现象。由晶体各原子所发出的X射线于不同方向具有不同的行程差。当行程差不等于波长的整数倍时，电磁波互相减弱。只是在某些一定的方向上行程差等于整数倍波长时次生X射线才叠加起来，产生衍射现象。

晶体对X射线的衍射可以看成是晶体的面网对X射线的衍射。由上述可知，晶体面网对X射线的衍射，必须服从下列公式：

$$2d\sin\theta = n\lambda \quad \text{或} \quad \frac{d}{n} = \frac{\lambda}{2\sin\theta}$$

式中， $n$ —衍射级次（1，2，3…整数）；

$\lambda$ —X射线波长；

$\theta$ —X射线对晶体面网所成的角度（衍射角）；

$d$  —面网间距。

$\frac{d}{n}$  ( $d_{act}$ ) 为衍射级次为整数的面网的间距或衍射指数为  $hkl$  的面网的间距。

由上式可知，如果  $\lambda$  及  $\theta$  为已知，可立即求得  $\frac{d}{n}$  或  $d$ 。

不同晶体有不同的结构，因而有不同的面网间距和不同的衍射线强度。

X射线在晶体中的衍射现象，可用照像方法记录下来，即面网间距和强度可拍摄在照像胶片上。

总的说来，X光粉晶分析的基本原理是将欲鉴定矿物研成粉末，进行X光粉晶照像，根据照片上得衍射线的位置，

计算出晶体中产生这些线条的面网间距  $\frac{d}{n}$ ，同时估计出它们的相对强度  $I/I_0$ ，再将它与已知矿物的面网间距和强度进行对比，以鉴定矿物。

进行X光粉晶分析的方法如下：

#### 1. 操作方法

用来进行X光粉晶分析的样品尽可能是单矿物的粉末。

对于似晶体矿物，须经热处理至800—900℃或更高。一般加热半小时。

矿物在玛瑙乳钵中研成细粉，达200—325网目。将矿物粉末制成直径0.3—0.5毫米的粉末柱。一般用玻璃丝粘上加拿大胶，然后在毛玻璃上将粉末滚上。粉末柱要求装在X光照像机的中心，与其旋转轴线重合。

X光照像机为圆筒形，根据不同需要进行选择，一般说来，照像机的直径愈大，分辨能力愈强。通常采用直径为

57.3毫米的照像机。

产生X射线的阳极应根据分析矿物的元素选定，通常用Fe、Cu作靶，有的也用Cr、Ni等作靶。

粉末柱安装好后，即可进行拍照。照像胶片呈长条形，卷成环状，安装在照像机圆筒的四壁。拍摄下的图像即是X光粉晶图——德拜图。

## 2. $\frac{\delta}{n}$ 和 $\frac{I}{I_0}$ 的求得

面网间距 $\frac{d}{n}$ 由下式求得，

$$\frac{d}{n} = \frac{\lambda}{2 \sin \theta}$$

式中 $\lambda$ 为所用的X射线的波长，为已知值。对于已知直径的相机， $\theta$ 可从图上一对衍射线（弧线）的间距，按下式求得：

$$\theta = \frac{90}{\pi R} \cdot l$$

式中 $R$ 为相机半径，为已知。 $l$ 为图上一对弧线的间距的 $1/2$ 。测量时由内向外。测量时一对弧线两端必须取圆弧的中点。如果弧线较宽，测量时应从弧线中心计算，一般测量三次。

从 $l$ 到 $\theta$ ，以及由 $\theta$ 到 $\frac{d}{n}$ 可由计算获得。

为了节省计算时间，可以根据不同直径的粉末照相机和各种不同的入射线波长 $\lambda$ ，作一套 $d$ 值尺，用以直接测量所鉴定矿物的 $d$ 值。

各衍射线（弧线）的相对强度 $I/I_0$ 一般用肉眼估计。

强度一般分十个数量级（有的分一百个数量级），以最 强的为10级，刚能用肉眼分辨的为1级，其余和它们相比较得出。

### 3. 鉴定矿物的方法

测量和计算出晶面间距 $d$ 值和相对强度 $I/I_0$ ，从其中选择出二根最强的谱线，和已知矿物的数据进行对比。如果 $d$ 值和 $I/I_0$ 都和资料上的数据相吻合，可进一步详细对比其他谱线，如果都吻合得很好，矿物即可大致定名。

如果经常进行大量鉴定工作，可以收集一套标准矿物的X光照片，然后和所要测定矿物的X光照片进行直接对比。

X光粉晶分析法的优点在于所用样品少，可以不破坏样品，适用于细小矿物，能区别同质多象变体，能确定矿物的晶系和晶胞参数。

X光粉晶分析是鉴定稀土矿物的极有效的方法，尤其是对一些似晶体化的稀土矿物有其独特的效果。

## 六 差热分析

稀土矿物加热时常有明显的热效应发生。稀土碳酸盐矿物、稀土氟碳酸盐矿物加热时常导致矿物分解，矿物中的易挥发组分逸出，从而出现吸热效应。含水的各种稀土矿物，其中存在着不同形式的“水”，它们在不同温度下分别逸出，表现出明显的吸热效应。稀土氧化物和硅酸盐，常呈似晶体产出，加热时似晶体转变为晶体，以及晶体的同质多象转变，都伴随产生放热效应，此外，稀土矿物中元素的氧化，化合物的分解等都伴随产生热效应。因此，借助于热效应分析方法，主要是差热分析，对鉴定稀土矿物有很大意义。

差热分析方法主要表现为作出差热曲线。两种样品（一为欲测定的矿样，一为中性体）在等速升温时，它们之间温度

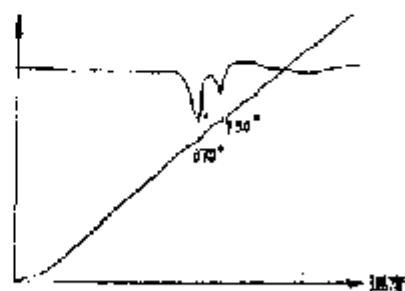
差的变化，可用曲线来表示，这种曲线就叫差热曲线。中性体一般用煅烧过的三氧化二铝，在整个等速升温过程中不产生热效应。

在等速升温时，如果试样不发生热效应，照像纸上记录为直线，如下左图。



如果试样产生吸热或放热反应，在照像纸上不是直线，而是曲线(上右图)。上右图为差热曲线图，图的横座标一般代表温度，或正确些说代表中性体的温度，纵座标代表温差。吸热反应时曲线向下凹，称为吸热谷。放热反应时曲线向上凸，称为放热峰。峰或谷的面积代表吸热或放热的热量。

有的差热曲线图上，同时列有加热曲线。加热曲线反映等速升温时试样温度的变化。吸热反应或放热反应在加热曲线的斜率变化上反应出来。黄菱硼饰矿的加热曲线和差热曲线图见右。



差热曲线分析需使用专门的差热分析仪。差热分析仪有多种形式，差热分析所用试样一般需研碎过筛，有时需用专

门方法制备样品。制备好的试样和中性体分别装入两个样品座小孔中。然后分别插入热电偶。热电偶应包起来，不使热量散失。最后将样品放入电炉中，即可加热。加热过程中底片上同时记下光点的摆动。加热停止后，取出底片，经过显影定影等操作，得出差热曲线图。

鉴定矿物，是将试样的差热曲线与已知矿物的差热曲线进行对比。除鉴定矿物外，结合其它知识，差热曲线还可推知矿物的晶系，以及矿物的成因等。

差热曲线和加热曲线的形状，除了试样的矿物成分和构造外，还决定于其它一些因素，如仪器性能，电流稳定性，升温速度的稳定与否，热电偶位置的适中与否，试样的粒度，试样装填的紧密程度，试样的结晶程度，中性体的性质等。鉴定矿物和解释差热曲线时，要注意这些因素的影响，结合其它各种研究方法，更能收到良好效果。

### 第三章 稀土矿物鉴定资料

各稀土矿物的名称及分类总列于下。

#### 氟化物

氟铈矿、钇萤石、氟钼铈钇石。

#### 碳酸盐

无水碳酸盐：斜铁铈铈矿、黄菱铈铈矿、碳酸钠石、碳酸钇矿。

含水碳酸盐：铈铈铈矿、钙铈铈铈矿、水铈铈石、铈石、水铈铈矿、洛克石。

氟碳酸盐：氟铈铈矿、钇氟铈铈矿、羟氟铈铈矿、钼氟铈铈矿、氟菱钙铈矿、钇氟菱钙铈矿、氟铈铈铈矿、菱铈铈铈矿、钇菱铈铈钙矿、氟铈铈铈矿、黄铈矿、氟铈铈铈矿。

#### 氧化物

等轴晶系：方铈石、稀土钙铈铈矿、钼铈钙铈矿、富铈铈铈铈矿、钼铈铈铈矿、变铈铈铈铈矿、斜烧绿石、钇铈烧绿石、钼铈烧绿石、钇钼铈烧绿石、稀土铈铈铈矿。

三方晶系：铈铈铈铈矿。

正方晶系：褐铈铈矿、 $\beta$ -褐铈铈矿<sup>①</sup>、黄铈铈矿、褐铈铈矿、 $\beta$ -褐铈铈矿<sup>①</sup>、钼褐铈铈矿。

斜方晶系：铈铈矿、钙铈铈矿、钼铁铈铈矿、铁铈铈矿、铁铈铈铈矿、钼铈铈铈矿、钼铈铈矿、钼铈矿、钙铈铈矿、黑铈金矿、钼黑铈金矿、复铈金矿、钼复铈金矿、钼铈金矿、钙铈黑铈金

<sup>①</sup>为单斜晶系，考虑到它们系褐铈铈矿族的矿物，放在一起便于叙述。

矿、稀土铈钙矿、震旦矿(即易解石)、钇易解石、铈易解石、钆易解石、钫易解石、铝易解石、铈易解石、铈铈铈矿、铈铈铈矿、铈铈铈矿。

#### **硼酸盐**

水针钙硼石、硅硼稀土矿

#### **硫酸盐**

水针钙钨矿。

#### **钨酸盐**

钨钨矿

#### **砷酸盐**

砷钨矿、砷钨铈钨石(开光石)

#### **磷酸盐**

独居石、富钆独居石、独居石、网顶石、含水稀土硅磷酸盐、磷钨矿、水磷钨矿、铈磷钨灰石、钨磷灰石、磷钨钨矿、磷钨土矿、硅磷钨土矿。

#### **硅酸盐**

岛状硅酸盐：钨磷稀土矿、钨磷硅钨石、稀土钙磷硅酸盐、钨磷灰石、钨磷磷灰石、凤凰石、钨磷磷灰石、稀土氟硅酸盐、黑稀土矿、褐稀土矿、硅钨钨矿、未定名的钨钨钨矿物、未定名的钨钨矿物、钨钨钨矿、钙钨钨矿、钨钨石、方水钨石。

复岛状硅酸盐：褐帘石、钨褐帘石、钨褐帘石、钨褐帘石、钨褐帘石、钨褐帘石、磷钨帘石、钨褐帘石、水褐帘石、硅钨钨矿、斜硅钨钨矿、富钨硅钨钨矿、钨富钨硅钨钨矿、钨钨矿、钨硅钨钨矿、钨硅钨钨矿、绿层硅钨钨矿、层硅钨钨矿、水绿层硅钨钨矿、水层硅钨钨矿、钙层硅钨钨矿、钙钨钨矿、浅红硅钨钨矿、硅钨钨钨矿、硅钨钨矿、钨钨石。

环状硅酸盐：硅铈石、硅稀土石、菱硼硅铈矿、黄水铈矿、褐硅硼铈矿、硅铈硼铈石、菱黑稀土矿、锰铈菱黑稀土矿、水菱黑稀土矿、硼硅铈矿、钙铈钾矿、稀土硅铈钠铈石。

胶状硅酸盐：水硅铈铈矿。

结构不明的硅酸盐：铁磷稀土矿、水硅铈铈矿、硅铈铈矿、水硅铈铈矿、硅铈矿、褐色磷硅酸盐。

沸石华、钇沸石①。

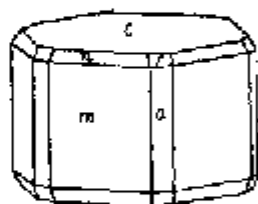
下面分类对各稀土矿物进行描述。

## 一 稀土氟化物类

**氟铈矿**  $(Ce, La, Nd)F_3$

六方晶系，空间群  $D_{3h} \sim P6/mmc$ ， $a_0 = 4.12 \text{ \AA}$ ， $c_0 = 7.29 \text{ \AA}$ ， $Z = 2$ 。晶形呈六方柱状或板状（见右图）。

颜色黄色、棕色。条痕白色。玻璃光泽至沥青光泽。沿(0001)解理完善。断口半贝状，不平整状，环带状，性脆。在阴极射线不发光。



硬度4.5—5，比重5.7—6.14。

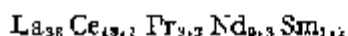
薄片无色至淡玫瑰色，透明到半透明，一轴晶（-）， $N_o = 1.512 - 1.618$ ， $N_e = 1.608 - 1.611$ ，重折率为0.005—0.007，负延性。个别为二轴晶， $2V_{40} = 80^\circ$ 。

溶于 $H_2SO_4$ 、 $HNO_3$ 、 $H_3PO_4$ 、 $HClO_4$ 。

化学成分为(%)：[Ce]33.21，[La]35.61，[Th]1.61，[F]23.2，其它5.86，总量99.51。比重6.14。

稀土配分值为：

注 ①属钨酸盐，暂列此处



氟钇矿的X光粉晶数据如下表:

I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)
3	3.68	10	1.999	4	1.348
2	3.50	7	1.778	5	1.328
7	3.19	5	1.722	4	1.175
1	2.46	6	1.431	1	1.150
9	2.45			3	1.129

实验条件: Fe靶, 未滤波, D = 57.3 mm.

氟钇矿产于花岗岩伟晶岩中, 与榍石、透辉钙铈矿共生。在与白岗岩相关之热液矿床中同榍石、钽铌磷酸盐等矿物共生。易在碱性花岗岩和正长岩相关的热液矿床中同氟菱钙铈矿、氟铈钙矿共生。

**钪萤石**  $(\text{Ca}, \text{Y})(\text{F}, \text{O})_2$

等轴晶系, 空间群  $Fm\bar{3}m$ ,  $a_0 = 5.48 \text{ \AA}$ ,  $Z = 4$ 。晶形等轴状或粒状集合体。

颜色浅紫色、绿色, 有时无色。透明。沿立方体解理不完善。

硬度4.5, 比重3.6。

均质体,  $N = 1.442 \sim 1.457$ 。

化学成分为 (%): [Y] 14.8, [Ce] 1.43, Ca 39.2, F 45.54, 共计100.97。

稀土配分值为:

$\text{La}_{2.2}\text{Ce}_{0.1}\text{Pr}_{1.1}\text{Nd}_{0.2}\text{Sm}_{0.3}\text{Eu}_{0.2}\text{Gd}_{0.4}\text{Th}_{1.0}\text{Dy}_{1.1}\text{Ho}_{1.0}\text{Er}_{0.2}\text{Tm}_{0.1}\text{Yb}_{0.1}\text{Y}_{0.0}$

钇萤石的X光粉晶数据如下表，

h	k	l	d (Å)	h	k	l	d (Å)
4	0	0	3.47	10	0	0	1.931
6	0	0	3.14	4	0	4	1.817
2	0	2	3.79	8	0	8	1.653
1	0	4	2.48	3	0	3	1.581
5	0	5	2.13	1	0	1	1.514
				2	0	2	1.387
				6	0	6	1.371
				7	0	7	1.359
				3	0	3	1.335
				8	0	8	1.057
				4	0	4	1.028

实验条件：铁靶，D=57.8mm。

钇萤石产在同花岗岩相关的伟晶岩矿床和热液矿床中。

钇萤石以比重大，折光率高和晶胞大区别于一般萤石，尤以比重为最显著。

**氟钙钠钇石**  $\text{Na}(\text{Y}, \text{Ca}, \text{Na})_2\text{F}_6$

六方晶系， $a_1=5.99$ ， $a_2=3.53\text{Å}$   $Z=1$ 。不规则的隐晶质集合体，有时呈六面柱状晶形。

纯矿物白色，带微弱的淡玫瑰色或浅黄色调，通常由于有氟铈矿和氟氧化铁的包体而呈乳白色、褐黄色、玫瑰灰色。玻璃光泽到暗光泽。条痕白色。解理沿柱面，不完全。在紫外线和阴极射线下不发光。

硬度4—4.5，比重4.21—4.52。

薄片无色，一轴晶(+)，有时呈异常二轴晶， $2V$ 达 $20^\circ$ 。 $n_e=1.492-1.501$ ， $n_o=1.472-1.474$ ； $n_e-n_o=0.020-0.027$ 。

氟钙钠钇矿很微弱地溶于水，在酸中分解析出HF。其化学成分如下表(略)。

成 分	原晶质量	结晶质量	成 分	原晶质量	结晶质量
Na <sub>2</sub> O	7.70	7.50	SiO <sub>2</sub>	6.17	6.15
K <sub>2</sub> O	未测	0.10	B	26.00	23.00
CaO	14.00	14.18	Cl	未测	2.70
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	微量	0.60	TCO <sup>+</sup>	2.38	未测
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.50	0.15	TCO <sup>+</sup>	未测	0.07
Ti <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	54.00	54.80		115.51	114.54
ThO <sub>2</sub>	0.50	未测		15.16	14.73
			总 计	120.21	99.61

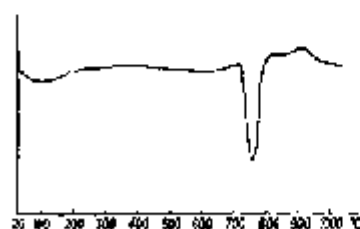
其稀土配分值为: La<sub>0.8</sub> Ce<sub>0.5</sub> Pr<sub>0.4</sub> Nd<sub>0.4</sub> Sm<sub>0.8</sub> Eu<sub>0.3</sub> Gd<sub>0.6</sub> Tb<sub>0.3</sub> Dy<sub>0.1</sub> Ho<sub>0.2</sub> Er<sub>0.3</sub> Tm<sub>0.1</sub> Yb<sub>0.6</sub> Lu<sub>0.4</sub> V<sub>0.2</sub>

氟钙钠钽石的X光粉晶数据如下表:

I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)
3	5.24	2	1.763	2	1.834	3	1.129	2	0.852	2	0.837
5	3.06	100	1.747	1	1.815	1	1.115	1.5	0.845	2	0.831
5	2.92	1	1.666	<1	1.237	1.5	1.073	1	0.839	<1	0.838
1	2.60	2	1.518	2	1.237	1	1.046	2	0.830		
2	2.28	2	1.402	<1	1.218	2	1.008	<1	0.823		
4	2.086	1	1.483	<1	1.151	1.5	0.957	1	0.859		
2	1.962	1	1.435	<1	1.143	<1	0.927	<1	0.847		

实验条件: 铜靶, Ni 滤光, D=53.7mm。

氟钙钠钽石的差热曲线如下:



氟钙钠钽石产于强烈钠闪石钠长石化花岗岩及接触变质的砂页岩和石英—微斜长石脉中。与绿帘石、锆石、萤石、氟碳铈矿、菱铈钙矿、钼黄共主。

此外也产于次碱性石英正长岩内的钠长岩中,与钠闪石、复稀金矿、褐钨铈矿、硅铈钨矿等共生。

## 二 稀土碳酸盐类

斜铁铈钨矿  $\text{Ce}_2\text{Mg}(\text{CO}_3)_2$

单斜晶系, 空间群  $C_{2h}^2P2_1/a_1$   $a_0=5.92\text{\AA}$ ,  $b_0=16.21\text{\AA}$ ,  $c_0=4.63\text{\AA}$ ,  $\beta=106^\circ45'$ ,  $Z=2$ 。

晶体呈板状(见右图)。

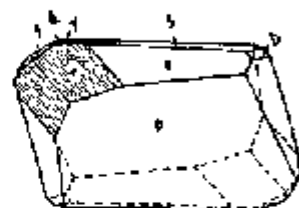
无色。比重4.30。

二轴晶(-),  $2V=57^\circ$ 。

$N_g=1.887$ ;  $N_m=1.776$ ;

$N_p=1.679$ ;  $c\sqrt{N_g}=29^\circ$ 。

色散  $r < v$ 。



该矿物溶于HCl中。

化学成分为(%)  $\text{Ce}_2\text{O}_3$ 31.4,  $[\text{La}]_2\text{O}_3$ 27.8,  $\text{MgO}$ 6.1,  $\text{FeO}$ 2.0,  $\text{CO}_2$ 31.7。

不溶物0.5, 总量99.5。

斜铁铈钨矿的稀土配分值为:  $\text{La}_{20}\text{Ce}_{53}\text{Pr}_4\text{Nd}_{12}\text{Sm}_{10}$ 。

斜铁铈钨矿的X光粉晶数据见下表:

I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$
4	8.0	5	3.20	4	3.50	6	1.997	5	1.255
2	5.33	7	3.03	5	2.28	4	1.629		
3	4.64	10	2.87	7	2.13	4	1.514		
7	4.56	4	2.78	7	2.10	4	1.476		
5	4.02	4	2.78	6	2.05	5	1.253		
10	3.93	4	2.69	6	1.83	5	1.378		
10	3.55	4	2.67	6	1.82	4	1.352		

新铁铈铈矿产于碱性岩的热液白云岩脉中，与方解石、氟铈铈矿、石英共生。

**黄菱铈铈矿**  $\text{Na}_2(\text{Na}, \text{Ce}, \text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca})_2(\text{CO}_3)_2$

六方晶系，空间群  $D_{6h}^{2d}-P6_3/mmc$ ； $a_0=10.53 \text{ \AA}$ ， $c_0=9.47 \text{ \AA}$ ， $Z=2$ 。晶形呈针状。

颜色浅灰—黄色，具柱面解理。硬度 3，比重 3.50。随稀土含量增加比重亦增加。

易溶于酸。

一轴晶（-）； $N_o=1.627-1.632$ ， $N_e=1.615-1.620$ ，稀土含量增加折光率增高。

化学成分见下表（%）：

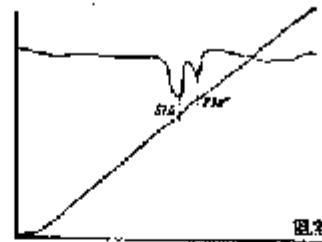
$[\text{Ce}]_2\text{O}_3$	9.48	SrO	19.42	$\text{H}_2\text{O}^+$	0.18
$\text{P}_2\text{O}_5$	0.12	CaO	13.16	S	0.24
$\text{SiO}_2$	0.13	MgO	0.14	$-\text{O}=\text{S}$	0.12
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.05	$\text{K}_2\text{O}$	0.15	总 计	99.51
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0.25	$\text{Na}_2\text{O}$	0.63		
BaO	13.56	$\text{CO}_2$	83.55		

稀土配分值为： $\text{La}_{0.002}\text{Ce}_{0.998}\text{Pr}_{0.002}\text{Nd}_{0.998}\text{Sm}_{0.001}\text{Gd}_{0.999}$

X 光粉晶数据见下表：

I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$
2	9.16	10	2.639	3	1.956
7	5.98	1	2.958	1	1.864
1	4.35	0.5	2.881	2	1.757
5	3.729	0.5	2.218	2	1.694
1	3.442	7	2.156	0.5	1.538
8	3.246	1	2.157	0.5	1.539
8	3.141	2	2.045	0.5	1.540
3	2.753	2	1.990	1	1.519

差热与失重曲线见图，



黄菱锶铈矿产于花岗正长岩的热液脉中与重晶石、方解石、磷铈矿共生。

亦产于铁白云石碳酸岩中。

**铈铈钠石**  $(\text{Ce}, \text{Na}, \text{Sr}, \text{Ca})\text{CO}_3$

斜方晶系， $a_0=6.59$ ； $b_0=7.27$ ； $c_0=5.21\text{Å}$ ； $Z=4$ 。

晶形呈板状。

无色，透明，变成黄色和玫瑰色就不透明了。解理不完善。玻璃光泽，在断口处为油脂光泽。硬度3。比重3.53。

易溶于酸。

在紫外线下不发光。

二轴晶（-）。 $2V=52^\circ$ ；

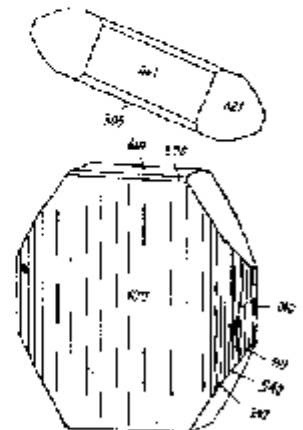
$N_g=1.708$ ， $N_m=1.679$ ；

$N_p=1.569$ ， $N_g - N_p =$

$0.139$ 。光性方位， $N_g=[001]$ ，

$N_m=[100]$ ， $N_p=[010]$ 。色散 $r>v$ 。薄片无色。

化学成分如下表（%）。



TR <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26.10	BaO	3.20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.50	Na <sub>2</sub> O	5.11
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.30	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.10
CO <sub>2</sub>	31.82	Li <sub>2</sub> O	0.30
CaO	15.10	不溶物	1.10
SrO	12.43	总 计	90.36

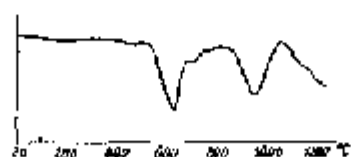
稀土配分值为: La<sub>12.2</sub>Ce<sub>42.12</sub>Nd<sub>8.5</sub>Sm<sub>4.2</sub>Y<sub>2.2</sub>

X光粉能数据如下表:

I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)
1P	6.7	9	2.910	1P	1.833	1P	0.8285
4	5.39	5P	1.976	7	1.878	2P	0.8172
4	4.92	6	1.813	1P	1.833	3	0.8051
3	4.16	3	1.743	3P	1.174	1P	0.8931
6	3.66	5	1.705	4	2.155	2P	0.8303
4	3.52	1	1.671	1P	1.128		
3	3.36	4	1.656	5	1.703	1P	0.8378
10	3.06	2	1.610	5	1.530	1(宽线)	0.8518
1	2.71	1P	1.571	1	1.536	2(宽线)	0.8368
7P	2.60	1P	1.531	4	1.501	3(宽线)	0.8262
1	2.43	2	1.482	5	0.8356	3(宽线)	0.8179
7P	2.45	1	1.454	1	1.3419		
5	2.382	1(宽线)	1.368	2	0.8475		

测试条件: Cu靶, D=37.8mm,

差热与失重曲线见图



碳铈钠石产于白云石、方解石碳酸岩中，与碳铈钾矿、铈铈矿、绿泥石共生。

**碳铈钇矿**  $\text{Na}_2(\text{Ba}, \text{Y}, \text{Ca})_7(\text{CO}_3)_9$

三方晶系，空间群  $C_{3i} - P_3^2$ ， $Z=2$ ， $a_0=9.174 \text{ \AA}$ ， $c_0=19.154 \text{ \AA}$ 。

晶体沿 (0001) 呈板状。

矿物集合体为褐绿色、黑色。晶体为苹果绿色，解理不明显。比重 3.47—3.62。

溶于  $\text{HCl}$ 。

折光率 (··)， $N_o=1.66$ ， $N_e=1.57$ ， $N_o \cdot N_e=0.09$ ，多色性  $N_o$ —绿色， $N_e$ —浅绿色。

化学成分如下表 (%)：

$\text{Na}_2\text{O}$	4.5	$[\text{Y}]_2\text{O}_3$	3.9
$\text{K}_2\text{O}$	0.2	$\text{ThO}_2$	0.1
$\text{CaO}$	3.8	$\text{UO}_2$	4.8
$\text{BaO}$	42.0	$\text{CO}_2$	25.1
$\text{SrO}$	2.1	$\text{H}_2\text{O}^+$	6.1
$\text{Y}_2\text{O}_3$	6.5	Σ 计	100.00
$[\text{Ce}]_2\text{O}_3$	0.9		

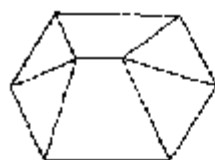
X光粉晶主要数据为：

2.942  $\text{\AA}$  (10)、4.47  $\text{\AA}$  (8.5)、2.646  $\text{\AA}$  (4)、6.40  $\text{\AA}$  (3.5)。

碳铈钇矿发现于钻孔中，仅见于与自形的钠辉石、石英、黑云母连晶。

**碳铈钾矿**  $\text{CaSr}(\text{CO}_3)_2(\text{OH}) \cdot \text{H}_2\text{O}$

斜方晶系， $a_0=5.00 \text{ \AA}$ ， $b_0=8.42 \text{ \AA}$ ， $c_0=7.01 \text{ \AA}$ ， $Z=2$ 。晶形为细小的假六方双锥和假八面体(见38页图)。



颜色浅黄、棕色、灰色，透光，  
无解理，贝壳断口，条痕白色。

硬度 4，比重 3.95~3.99。

二轴晶（-）， $2V=58^\circ$ ， $N_g=$   
 $1.740$ ， $N_m=1.705$ ， $N_p=1.638$ ，

$N_g - N_p = 0.102$ 。

碳酸盐矿易溶于酸并析出  $CO_2$ ，其化学成分如下表（%）：

$CO_2$	22.25	$CaO$	1.52
$[FeO]_2CO_3$	24.22	$FeO$	9.26
$ThO_2$	9.20	$MgO$	—
$CO_2$	23.38	不溶解	0.60
$BaO$	—	$H_2O$	0.22
$SiO_2$	21.63	总 计	92.86

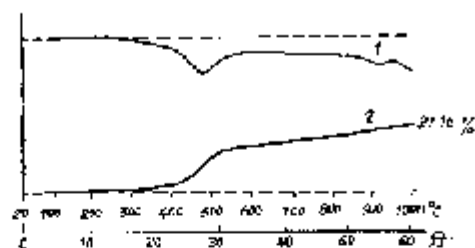
稀土配分值为： $La_{0.1}$ ， $Ce_{0.1}$ ， $Pr_{0.1}$ ， $Nd_{0.25}$ ， $Sm_{1.0}$ ， $Eu_{0.5}$ ， $Gd_{0.2}$ ， $Tb_{0.15}$ ， $Dy_{0.15}$ 。

碳酸盐矿的X光粉晶数据如下表：

1	$d$ (Å)	$h$	$k$ (Å)	1	$d$ (Å)	$h$	$k$ (Å)
3	5.65	0	2.35	3	1.893	4	1.085
2	4.85	2	2.09	3	1.539	6	1.080
16	4.37	5	2.03	5	1.499	8	1.030
16	3.75	6	1.952	3	1.482	4	0.979
3	3.36	7	1.913	4	1.361	3	0.823
10	2.98	1	1.848	6	1.327	4	0.817
5	2.87	3	1.799	3	1.291	4	0.798
6	2.82	4	1.680	4	1.254	3	0.783
5	2.44	1	1.627	4	1.213		

试验条件：Cu靶，Ni滤波， $D=57.3mm$ 。

此矿物差热曲线见图。



碳酸铈矿产于与霞石正长岩有关的碱性伟晶岩中，系热液矿物。

亚种：钙碳酸铈矿

斜方系，斜方双锥。 $a_0=4.97\text{Å}$ ， $b_0=7.24\text{Å}$ ， $c_0=8.50\text{Å}$ 。

颜色淡红色。

二轴晶（-）， $N_g=1.772$ ， $N_m=1.773$ ， $N_p=1.354$ ， $N_g-N_p=0.113$ ， $2V=60-70^\circ$ 。

$r>n$ 。

化学成分为（%）， $\text{CaO}$  8.35， $\text{SrO}$  3.07， $\text{La}_2\text{O}_3$  14.6， $\text{Ce}_2\text{O}_3$  24.6， $\text{Pr}_2\text{O}_3$  2.55， $\text{Nd}_2\text{O}_3$  8.66， $\text{Sm}_2\text{O}_3$  0.34， $\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{CO}_2$  未测。

**水碳酸铈矿**  $\text{Ce}_2(\text{CO}_3)_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

斜方晶系， $a_0=9.57\text{Å}$ ， $b_0=12.65\text{Å}$ ， $c_0=8.94\text{Å}$ ， $Z=4$ ，晶形沿（010）呈板状，沿（110）的双晶常见。

颜色浅黄色。硬度 2，比重 3.23。

在冷的稀  $\text{HCl}$  中全部溶解。

二轴晶（-）， $2V=54^\circ$ ， $N_g=1.686$ ， $N_m=1.657$ ，



$N_p=1.569$ ,  $N_p=b$ ,  $N_m=c$ ,  $N_g=a$ , 多色性从  $N_p$  的黄色至  $N_g$  的无色。吸收公式  $N_p > N_g$ 。

水铈铈石的化学成分见下表(%):

$(Ce)_2CO_3$	54.42	$CaO$	1.46
$SO_2$	1.58	$W_2O$	0.42
$SiO_2$	0.92	$W_2O$	0.46
$CO_2$	22.40	$K_2O$	0.18
$Fe_2O_3$	0.47	$Na_2O$	0.50
$Al_2O_3$	0.97	$H_2O$	12.0
$SnO$	4.23	$\Sigma H$	100.47
$S.C$	0.64		

水铈铈石的稀土配分值为:  $La_{0.2}Ce_{5.8}Pr_{0.2}Nd_{0.8}$

水铈铈石的X光粉晶数据如下表:

1	$d(\text{\AA})$	$I$	$d(\text{\AA})$	2	$d(\text{\AA})$	$I$	$d(\text{\AA})$
10	6.54	1	2.595	5	2.049	1	1.503
4	4.73	0.5	2.433	0.5	1.935	1	1.458
4	4.49	0.5	2.253	3	1.915	1	1.421
0.5	4.24	0.5	2.359	1	1.925	1	1.357
2	3.87	0.5	2.281	2	1.902	1	1.319
2	3.7	1	2.246	1	1.840	1	1.290
5	3.27	0.5	2.207	1	1.786	0.5	1.262
1	3.17	0.5	2.179	1	1.604	0.5	1.221
2	2.931	3	2.128	1	1.591	0.5	1.176
2	2.837	3	2.115	0.5	1.570		
0.5	2.718	3	2.074	0.5	1.548		
0.5	2.604	0.5	2.029	0.5	1.527		

水铈铈矿产于正长辉长岩热液脉中, 与方解石、重晶石、磷铈铈矿、黄菱铈铈矿共生。

亦常常由黄菱铈铈矿风化而成。

# 鑽石 $(La, Ce)_2(CO_3)_3 \cdot 8H_2O$

斜方晶系,  $a_0 = 9.52 \text{ \AA}$ ,  $b_0 = 17.1 \text{ \AA}$ ,  $c_0 = 9.02 \text{ \AA}$ ,  $Z = 4$ 。晶体呈板状, 双晶面沿  $(001)_0$ 。

颜色由无色、白色、玫瑰色到黄色。沿  $(010)$  解理完全。晶体透明。珍珠光泽。硬度 3。比重 2.61~2.84。溶于酸, 在沸水中析出白色粉末。



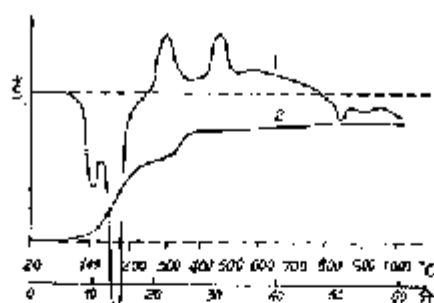
二轴晶 (-),  $2V = 63^\circ$ 。  $N_g = 1.613$ ,  $N_m = 1.587$ ,  $N_p = 1.52$ ,  $N_g - N_p = 0.093$ ,  $N_p \perp b$ ,  $N_g \parallel a$ ,  $N_m \parallel c$ 。色散  $r < v$  弱。

化学成分为(%)  $Ce_2O_3$  25.52,  $[La]_2O_3$  28.34,  $[Y]_2O_3$  0.79,  $CO_2$  21.95,  $H_2O$  23.40, 不溶物 0.13, 总计 100.13。

矿物 X 光粉晶数据见下表:

$d$	$d(\text{\AA})$	$I$	$d(\text{\AA})$	$I$	$d(\text{\AA})$
10	8.46	4	9.02	1	2.093
2	4.71	1	2.646	1	2.058
3	4.45	1	2.600	2	2.016
4	4.24	1	2.096	2	1.963
5	4.14	2	2.663	2	1.973
6	3.96	1	3.425	1	1.893
7	3.84	1	2.335	1	1.500
8	3.74	1	2.157	1	1.400
9	3.15	1	2.125		

差热和失重曲线见 42 页图。



锆石为表生矿物。呈薄膜状复于硅铈石及氟碳铈矿表面。产于伟晶岩中。褐帘石风化后亦变成锆石。

砂矿中见到与磷稀土矿在一起。

**水菱铈矿**  $Y_2(CO_3)_3 \cdot nH_2O$

斜方晶系。构造未研究。

颜色白色。呈土状和放射状集合体及薄膜。比重3.12。

二轴晶(+)。Ng=1.685~1.642, Np=1.655~1.622。  
2V大。

化学成分见下表(%)。

[Ce] <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.3	CaO	6.3
[Y] <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	49.0	PbO	0.2
ThO <sub>2</sub>	0.3	BaO	0.7
SiO <sub>2</sub>	0.8	H <sub>2</sub> O	10.4
CO <sub>2</sub>	28.7	总 计	95.7
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	痕 迹		

稀土配分值为: La<sub>5.1</sub>, Ce<sub>11.6</sub>, Pr<sub>2.7</sub>, Nd<sub>10</sub>, Sm<sub>3.7</sub>, Gd<sub>3.8</sub>, Dy<sub>5.2</sub>, Er<sub>1.1</sub>, Yb<sub>1.4</sub>, Y<sub>45.6</sub>。

矿物X光粉晶数据见下表:

I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)
6	7.59	6	2.626	5	1.965	1	1.912
8	5.64	2	2.395	3	1.951	3	1.523
7	4.59	3	2.368	2	1.878	1	1.479
10	3.85	2	2.342	2	1.857	1	1.447
2	3.73	3	2.289	4	1.826	1	1.413
8	3.54	3	2.193	4	1.770	1	1.360
7	2.955	4	2.107	3	1.738	1	1.304
2	2.77	4	2.086	2	1.588	1	1.253
1	2.670	1	2.065	1	1.548	1	1.149
						1	1.129

水菱钇矿是表生矿物。产于伟晶岩中系硅钽钇矿、硅铈钇矿的次生矿物, 以及由淡红硅钇矿和钙铈钇矿风化形成。

洛克石  $(Y, Ca)_2(CO)_3 \cdot 1.5H_2O$

斜方晶系, 空间群  $Pb2m$ ,  $a_0 = 39.07 \text{ \AA}$ ,  $b_0 = 6.079 \text{ \AA}$ ,  $c_0 = 9.19 \text{ \AA}$ 。

矿物呈白色纤维状、放射状集合体。性脆。

二轴晶 (+)。Ng=1.620, Nm=1.592, Np=1.569, Ng-Np=0.051。

化学成分见下表 (%) :

CaO	3.2	Tb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.2	La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.2
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.0	Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.6	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.4
Yb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.8	Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.8	CO <sub>2</sub>	32.4
Tm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.9	Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.3	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1.6
Er <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.6	Pr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.3	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	5.4
Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.8	Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.7	总 计	90.6

X光粉晶最强数据为：9.77 (5)，6.509 (5.5)，5.792 (4.5)，4.534 (7.6)，3.902 (6)，3.808 (10)，2.931 (4)。

洛克石矿物产于伟晶岩中，为原生稀土矿物真空产物。

洛克石与水菱钇矿性质相似。唯在X光粉晶数据上，水菱钇矿在7.59 Å处有较强线谱，而洛克石无此线谱。

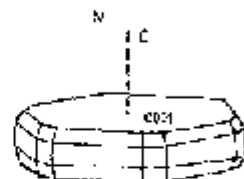
水菱钇矿和洛克石都研究不够，二者可能为同一矿物。

### 氟碳铈矿 $\text{CeCO}_3\text{F}$

三方晶系，空间群  $R\bar{3}m - P63C$ ，

$a_0 = 7.10 \text{ \AA}$ ， $c_0 = 9.79 \text{ \AA}$ ， $Z = 6$ 。

通常成柱状，板状晶体出现（见右图）。



颜色有红褐色、浅褐色、棕色、黄色、浅绿色等。油脂光泽或玻璃光泽，性脆，条痕无色。参差状断口。沿(001)解理清晰。

介电常数5.65—6.90，比磁化系数12.59—10.19。

硬度4.3—4.5，比重4.3—4.7。

薄片呈微弱黄色，一轴晶(+)， $N_0 = 1.712 - 1.723$ ， $N_0 = 1.798 - 1.812$ ，多色性弱。

矿物溶解于HCl冒气泡。

氟碳铈矿化学成分见下表(%)，

MnO	0.08	$\text{Ce}_2\text{O}_3$	34.16	$\text{Ta}_2\text{O}_5$	未测
CaO	1.68	$7\text{R}_2\text{O}_3$	24.55	P	7.57
NaO	0.32	$\text{SiO}_2$	未测	$\text{H}_2\text{O}^-$	0.12
ScO	0.14	$\text{TiO}_2$	—	$\text{H}_2\text{O}^+$	2.67
H <sub>2</sub> O		$\text{ThO}_2$	0.20	$-\text{O}-\text{F}_2$	3.19
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.49	$\text{CO}_2$	13.32	总计	90.72
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0.80	$\text{Nb}_2\text{O}_5$	0.01		

氟碳铈矿的稀土配分值为:  $\text{La}_{12.4}$   $\text{Ce}_{53.5}$   $\text{Pr}_{2.5}$   $\text{Nd}_{16.2}$   $\text{Sm}_{1.3}$   $\text{Eu}_{0.3}$   $\text{Gd}_{0.8}$   $\text{Tb}_{0.1}$   $\text{Dy}_{0.2}$   $\text{Y}_{0.5}$

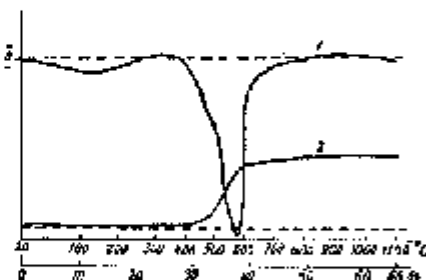
氟碳铈矿X光粉晶数据如下表:

I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$
1	5.37	9	2.27	4	1.575	3	1.381
4	4.88	8	2.068	2	1.487	5	1.356
2	3.90	5	2.008	3	1.441	3	1.070
6	1.56	8	1.889	2	1.350	4	1.040
2	3.15	1	1.851	6	1.301	1	1.029
10	2.867	3	1.772	2	1.281	2	1.008
2	2.429	6	1.672	2	1.204		

该矿物的差热曲线如下图:

氟碳铈矿系重要的

稀土工业矿物之一。分布很广，它产于伟晶岩中，与独居石、微斜长石和铌钽矿物等共生。在与碱性花岗岩和正长岩有成因关系的热液矿床中，共伴生矿物



是萤石、方解石、磷铁矿、重晶石、磁铁矿、霓石、赤铁矿、独居石、黄长石、黄帘石等。此外，在与碱性岩有关的碳酸岩热液矿床中有含Sr方解石、萤石、辉石、菱锰矿、菱铁矿、滑石、黑云母、金云母及透铁矿、赤铁矿、方铅矿、金红石等共生矿物。而在特种高温热液矿床中，氟碳铈矿与紫色萤石、磁铁矿共生。

氟碳铈矿易同方解石、独居石混熔，但依其颜色和比重

可与方解石区别。根据光透明及无放射性与独居石区别，此外，独居石为二轴晶，折光率也较氟碳铈矿高。

氟碳铈矿以一轴晶正光性区别于黄铁矿、氟碳钪铈矿（负光性）。氟碳铈矿与氟碳钪铈矿可以折光率相区别。

氟碳铈矿的亚种有：

钇氟碳铈矿，含Y高

铈氟碳铈矿，含H<sub>2</sub>O到4.0%

铈氟碳铈矿，含ThO<sub>2</sub>16.8%

物理性质及产状见下表：



矿物 特征	铈氟碳铈矿	铈氟碳铈矿	钇氟碳铈矿
分子式	$\text{Ce}(\text{CO}_3)(\text{OH}, \text{F})$	$(\text{Th}, \text{Ce}, \text{TR})_2(\text{CO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	$\text{YCO}_3\text{F}$
晶胞参数	$a_0 = 7.29 \text{ \AA}$ $c_0 = 9.33 \text{ \AA}$	$a_0 = 9.99 \pm 0.02 \text{ \AA}$ $c_0 = 6.71 \pm 0.02 \text{ \AA}$	$a_0 = 6.57 \pm 0.002 \text{ \AA}$ $c_0 = 9.48 \pm 0.002 \text{ \AA}$
晶形	六方柱状、肾状集合体	球状，有时为板状	微斜长石状，呈假象为不规则粒状集合体
颜色	蜡黄、暗褐	褐色	砖红、红色
比重	4.745	4.04	3.9—4.0
光性	一轴晶（+） $N_a 1.870$ ; $N_c 1.760$	一轴晶（+） $N 1.670 \rightarrow 1.678$	一轴晶（+） $N 1.66 \rightarrow 1.67$
产状及共生组合	产在含磷石之辉石岩中的晚期碳酸带的钠长岩中。 与重晶石、石英、透辉石、铁白云石、萤石等共生	产于霞石正长岩外接触带中。	产于微斜长石、石英作品岩的微斜长石集合体中。 与石英、微斜长石、萤石、透辉石共生

化学成分见下表(%)。

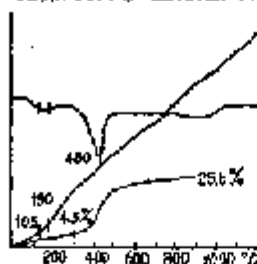
特 征	矿 物	轻 钷 碳 铈 矿	性 质 碳 铈 矿	轻 钷 碳 铈 矿
	PHO		0.33	
	MgO	0.13		
	K <sub>2</sub> O			0.40
	CaO	0.40	7.87	4.09
	Na <sub>2</sub> O	0.70		
	MnO	0.06		
	FeO	0.16		
	TR <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	75.52	7.46	80.00
	SiO <sub>2</sub>	0.80	2.01	3.00
	SO <sub>3</sub>	0.40		
	TiO <sub>2</sub>	0.04	0.05	
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.25		
	ThO <sub>2</sub>	0.50	48.79	0.72
	U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>		0.11	
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.17	3.82	2.40
	CO <sub>2</sub>	19.70	14.73	16.8
	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.11	2.12	4.38
	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.20	3.04	0.74
	F	1.15	6.87	7.28
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		1.76	0.42
	总 计	100.85	102.93	103.22
	- O - F <sub>2</sub>	0.88	2.89	3.10
		100.28	100.94	100.12

轻钷碳铈矿稀土配分值为: La<sub>1.1</sub>Ce<sub>1.0</sub>Pr<sub>1.3</sub>Nd<sub>3.2</sub>Sm<sub>5.3</sub>  
Eu<sub>6.6</sub>Gd<sub>1.3</sub>Tb<sub>1.3</sub>Dy<sub>11.0</sub>Ho<sub>2.6</sub>Er<sub>7.5</sub>Tu<sub>1.1</sub>Yb<sub>3.2</sub>Lu<sub>1.7</sub>Y<sub>40.1</sub>

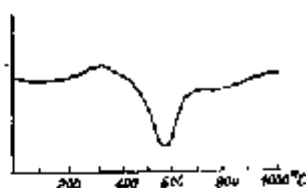
X光粉晶数据如下表:

硅 氧 晶 石		硅 氧 晶 石		硅 氧 晶 石	
I	d(Å)	J	d(Å)	I	d(Å)
2	4.97	3	5.00	2	4.71
3	3.95				
9	3.39	8	3.34	7.5	3.48
2	3.21				
10	2.92	10	2.85	10	2.78
1	2.84	2	2.43		
2	2.34			2.5	2.37
1	2.24				
9	2.09				
8	2.05	10	2.08	7.5	1.978
9	1.923	7	1.870	10	1.848
1	1.876				
4	1.805			7.5	1.822
1	1.781	2	1.562	2.5	1.714
7	1.698	5	1.636		
4	1.606	4	1.536	4	1.508
3	1.486	8	1.478	4	1.521
5	1.466	4	1.426	3	1.440
4	1.366	2	1.324	3	1.388
7	1.319	6	1.279	2.5	1.298
2	1.288			5	1.259
4	1.198	2	1.166	2.5	1.235
4	1.172	5	1.163	2	1.163
1	1.083	5	1.104	4	1.189
1	1.029	2	1.055		
		2	1.025	2.5	1.008
				2	0.950

轻氟磷铈矿热曲线:



轻氟磷铈矿差热曲线:



### 氟菱钙铈矿 $\text{Ce}_2\text{Ca}(\text{CO}_3)_3\text{F}_2$

三方晶系, 空间群  $C'_{3v}-R3$ ,  $a_0=7.18\text{\AA}$ ,  $c_0=84.1\text{\AA}$ ,  $Z=18$ 。桶状或矛状晶形(如右图),

颜色黄褐色, 红褐色及棕色。条痕黄白至白色贝壳状断口。玻璃光泽到油脂光泽。沿 $[0001]$ 解理完善。

硬度4.2—4.6, 比重4.2—4.5。比磁化系数14.37—11.56。

薄片无色至浅褐色, 一轴晶(+),  $N_o=1.735 \pm$ ,  $N_e=1.670 \pm$ , 重折率0.085, 多色性弱。

在HCl中分解很慢, 与 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 一起加热生HF。其化学成分如下表(%)。



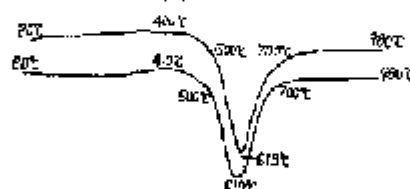
成 分	含 量	成 分	含 量	成 分	含 量
CaO	13.59	$\text{Ce}_2\text{O}_3$	22.83	$\text{CO}_2$	22.67
MgO	0.66	$[\text{La}(\text{OH})_2\text{O}]_2$	37.44	F	8.27
SiO	0.20	$\text{SiO}_2$	0.22	$\text{H}_2\text{O}^+$	—
MnO	0.06	$\text{ThO}_2$	0.24	$\text{H}_2\text{O}^-$	0.04
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.42	$\text{Nb}_2\text{O}_5$	0.01	$\text{O}=\text{F}_2$	2.62
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0.75	$\text{TiO}_2$	0.06	总 计	99.50

稀土配分值为:  $\text{La}_{0.23}\text{Ce}_{0.55}\text{Pr}_{0.2}\text{Nd}_{0.02}\text{Sm}_{0.01}\text{Eu}-\text{Gd}_{0.5}\text{Dy}_{0.2}\text{Er}_{0.1}\text{Yb}_{0.1}$

氟菱钙铈矿的X粉晶数据如下表:

h	a (Å)	k	a (Å)	l	a (Å)	h	a (Å)
1	6.1	1	3.198	4	1.425	3	1.0655
5	4.69	1	2.147	1	1.417	2	1.0575
2	3.905	8	2.049	2	1.347	3	1.0282
8	3.544	7	1.951	3	1.285	6	1.016
4	3.124	7	1.877	2	1.245	5	1.0043
2	3.004	1	1.840	3	1.193	8	0.9823
10	2.850	3	1.777	5	1.115		
2	2.330	6	1.661	6	1.123		
3	2.255	4	1.540	1	1.103		

氟菱钙铈矿的差热曲线如下图:

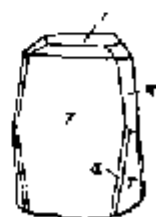


亚种: 钇氟菱钙铈矿

$a_0=6.94 \text{ \AA}$ ,  $c_0=8.94 \text{ \AA}$ , 一轴晶 (+),  $N_e=1.755$ ,  $N_o=1.643(-)$ 。因矿物(特别是化学成分)几乎未研究, 它可能不是氟菱钙铈矿, 而是其它氟磷酸盐。

氟锥钙铈矿  $\text{Ce}_2\text{Ca}_2(\text{CO}_3)_2\text{F}_2$

三方晶系, 空间群  $C^3_2-R3$ ,  $a_0=7.15 \text{ \AA}$ ,  $c_0=69.1 \text{ \AA}$ ,  $Z=9$ 。柱状晶形(见右图)。



颜色绿色、棕色，半透明，具状断口。

比重4.19。

·轴晶(1)， $N_e=1.755$ ， $N_o=1.554$ ， $N_e-N_o=0.101$ ，溶于酸。

氟铈钙铈矿在碱性正长伟晶岩中，与菱铈钙矿、氟菱钙铈矿、氟铈钙矿共生。

### 菱铈钙矿 $CeCa(CO_3)_2F$

斜方晶系或假六方晶系， $a_0=7.11\text{\AA}$ ， $c_0=54.7\text{\AA}$ ， $Z=18$ 。晶形呈菱面体或扁平状（见图），

颜色黄色、棕色。玻璃光泽至油脂光泽。沿(0001)有解理或劈理。性脆，半具状至环带状断口。



硬度4，比重3.90。

·轴晶(+)， $N_e=1.759$ ， $N_o=1.673$ ， $N_e-N_o=0.086$ ，有弱的黄色多色性，吸收性 $N_e>N_o$ 。

溶于酸，化学成分如下表(%)，

成 分	合 量	成 分	合 量
$Ce_2O_3$	23.14	$FeO$	—
$[La]_2O_3$	22.88	$(Na, K)_2O$	0.31
$[Y]_2O_3$	1.28	$H_2O$	—
$Ta_2O_5$	—	$F$	5.82
$CO_2$	21.54	$-O-F_2$	2.43
$CaO$	17.13	总 量	99.60

稀土配分值为： $La_{2.1}Ce_{4.1}Pr_{1.2}Nd_{2.6}Sm_{1.4}Eu_{0.4}Gd_{1.6}Tb_{0.1}Dy_{3.7}Ho_{0.2}Er_{0.1}Yb_{0.6}Y_5$

菱铈钙矿的X光粉晶数据如下表：

I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$
10	9.1	1	2.42	0	1.870
8	4.55	5	2.31	2	1.823
10	3.56	5	2.28	5	1.781
8	3.31	2	2.38	6	1.749
6	3.07	9	2.06	5	1.704
5	3.04	5	2.002	3	1.656
10	2.61	8	1.913		

菱氟铈钙矿产于碱性正长伟晶岩中，与星叶石、钠沸石、氟碳铈钙矿共生。此外在伟晶岩中，在锡矿床中，在阿尔卑斯型岩脉中曾发现过该矿物。

#### 亚种钪菱氟铈钙矿

产于铁矿床中，与磷钼矿、赤铁矿、石英等共生。按其X光粉晶数据（见下表）和晶胞参数（ $a_0 = 7.05 \text{\AA}$ ， $c_0 = 9.12 \text{\AA}$ ）与菱铈钙矿相近。其  $N_5 = 1.72$ ， $N_0 = 1.63$ 。

钪菱氟铈钙矿的化学成分为（%），

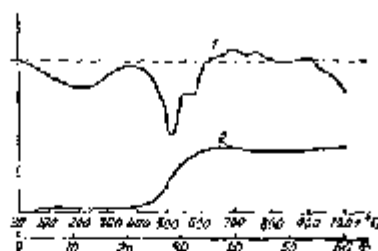
$\text{TR}_2\text{O}_3 54.1$ ， $\text{CaO} 18.3$ ， $\text{CO}_2 29.0$ ， $\text{SiO}_2 3.2$ ， $\text{Fe}_2\text{O}_3 1.0$ ， $\text{F} 5.1$ ， $-\text{O} = \text{F}_2 = 2.1$ ，总计99.6%

其中含10%左右的机械杂质。

钪菱氟铈钙矿的X光粉晶数据如下表：

I	$d(\text{kX})$	I	$d(\text{kX})$	I	$d(\text{kX})$
7	3.46	7	1.827	7	1.259
10	2.74	2	1.781	3	1.201
5	3.25	2	1.655	2	1.156
10	1.898	3	1.631	2	1.134
8	1.635	3	1.496		
10	1.385	3	1.315		

钇菱氟铈钙矿的差热曲线如下图。



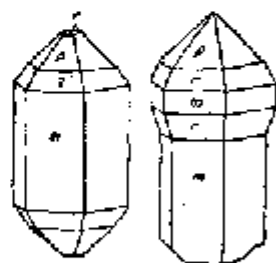
该亚种矿物与菱氟铈钙矿的主要差别是含稀土成分不同，可以 $YCa(CO_3)_2F$ 表示；稀土配分值： $La_{0.0}Ce_{2.0}Pr_{0.0}Nd_{0.0}Sm_{0.0}Eu_{0.0}Gd_{0.0}Tb_{0.0}Dy_{0.0}Ho_{0.0}Er_{0.0}Tm_{0.0}Yb_{0.0}Lu_{0.0}V_{0.0}$

**氟铈钡矿**  $Ce_2Ba(CO_3)_2F_2$

六方晶系，空间群  $D_{6h}^{2+}-P6_3/mmc$ ， $a_0=5.100\text{ \AA}$ ， $c_0=28.09\text{ \AA}$ ， $Z=6$ 。

晶形为柱状或粒状半自形晶（见右图）。

颜色无色，黄色至蜡黄色，玻璃光泽，油脂光泽至金刚光泽，透明，沿（0001）有清晰的解理或劈理，状断口，性脆。矿物具弱电磁性。



硬度4.5，比重4.31。

一轴晶（-）， $N_o=1.784$ ， $N_e=1.577\pm$ ，干涉色高级白。平行消光。

氟铈钡矿易溶于各种无机酸，并起泡。其化学成分见下表（%）。

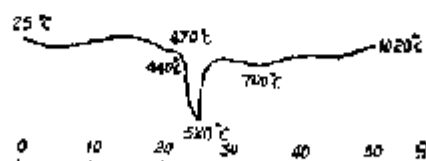
成 分	含 量	成 分	含 量	成 分	含 量
CaO	1.91	[La] <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	35.97	F	4.87
BaO	17.30	ThO <sub>2</sub>	0.30	不溶残渣	2.56
FeO	1.43	CO <sub>2</sub>	23.47	-O=F <sub>2</sub>	2.06
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23.72	H <sub>2</sub> O	0.90	总 计	100.00

稀土配分值为: La<sub>19.4</sub> Ce<sub>31.0</sub> Pr<sub>3.4</sub> Nd<sub>19.4</sub> Sm<sub>9.8</sub> Eu<sub>0.26</sub> Gd<sub>0.66</sub>

氟碳铈钍矿的X光粉晶数据如下表:

I	d (Å)	I	d (Å)
3	4.37	3	2.546
8	4.13	2	2.193
4	3.87	1	2.118
9	3.63	4	2.055
10	3.291	3	1.967
4	2.900	3	1.919
1	2.893	2	1.596

氟碳铈钍矿的差热曲线如下图:



氟碳铈钍矿产于碱性正长伟晶岩中, 与碳铈钍矿、菱铈钙矿、柱星叶石、星叶石和萤石共生。

黄河矿  $\text{CeBa}(\text{CO}_3)_2\text{F}$

六方晶系,  $a_0=5.1\text{Å}$ ,  $c_0=19.6\text{Å}$ ,  $Z=3$ 。晶形粒状及六方板状。颜色蜡黄色、绿黄色。油脂光泽, 不平坦断口。

在紫外光下发红黄色荧光, 在阴极射线线下不发光。

一轴晶 (--)。 $N_o=1.748-1.765$ ,  $N_e=1.698-1.692$ , 有弱多色性  $N_o$ —淡黄,  $N_e$ —淡黄绿。

黄河矿的介电常数为7.82—8.45。比磁化系数为7.73—5.26。

硬度4.77, 比重4.51—4.67。

溶于浓HCl,  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$ ,  $H_3PO_4$ 或 $HClO_4$ 中。化学成分见下表(%)。

成 分	含 量	成 分	含 量	成 分	含 量
MnO	—	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.14	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.65
CaO	0.54	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.10	—O=F <sub>2</sub>	0.59
MgO	0.70	TK <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	38.25	总 计	99.63
SrO	0.21	CO <sub>2</sub>	19.28		
BaO	39.35	Ti	1.65		

稀土配分值为:  $La_{0.15}Ce_{0.57}Pr_{0.7}Nd_{2.7}Sm_{1.15}$

X光粉晶数据如下表:

$\tau$	$d(\text{Å})$	$\tau$	$d(\text{Å})$	$\tau$	$d(\text{Å})$
1	5.51	4	1.769	5	1.252
10	2.21	7	1.616	8	1.201
7	2.50	7	1.557	11	1.178
9	2.09	7	1.331	9	1.167
13	1.973	8	1.325	5	1.083

条件: 铁靶,  $D=57.8\text{mm}$ 。

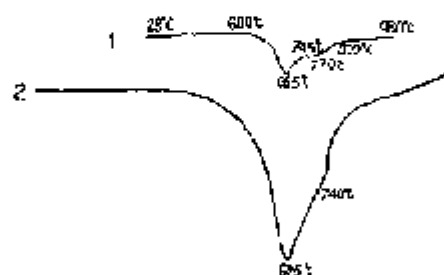


稀土配分值为:  $\text{La}_{22.6}\text{Ce}_{19.4}\text{Pr}_{3.9}\text{Nd}_{17.8}\text{Sm}_{7.3}\text{Eu}_{0.3}\text{Gd}_{0.4}\text{Dy}_{0.2}\text{Y}_{0.4}$

X光粉晶数据如下表:

I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)
9	3.97	4	1.883	4	1.181
10	3.24	3	1.870	4	1.175
1	2.520	2	1.402	5	1.069
7	2.126	5	1.367	3	1.007
7	1.900	3	1.335		
3	1.775	5	1.262		

差热曲线如下图:



氟碳铈钍矿产于热液型的稀土—铀矿床中,与萤石、重晶石、磷灰石、易解石等共生。

氟碳铈钍矿与黄钾矿、氟碳铈钍矿相似,但比重、折光率、硬度、单位晶胞大小、成分等均有所区别,详见下表:

特 征	氟 硼 铈 铈 矿	西 河 矿	氟 硼 铈 铈 矿
晶 体	板 状	板 状	短柱状
颜 色	绿米黄到暗黄	蜡黄到黄绿	无色到暗黄
解 理	沿(0001)不完全	沿(1001)完全	沿(0001)明显
光 泽	玻璃—油脂	珀 璃	油脂—金属
断 口	不 平	不 平	贝壳状
硬 度	4.5	4.7	≈4.5
比 重	4.47—4.84	4.37—4.51	4.31
光 性	二轴晶 (-)	一轴 (-)	一轴 (-)
$N_g$	1.710 1.723	1.765	1.784
$N_m$	1.735	-	-
$N_p$	1.968—1.904	1.802	1.577
$N_g-N_p$	1.142—0.144	0.108	0.187
$CeCO_3:BaCO_3$	2:3	1:1	2:1
化学式	$Ce_2Ba_3(CO_3)_5F_2$	$CeBa(CO_3)_2F$	$Ce_2Th(CO_3)_4F_4$

### 三 稀土氧化物类

#### 方 铈 石 $CeO_2$

等轴晶系，空间群  $O_h^3-Fm\bar{3}m$ ， $a_0=5.42+0.01\text{ \AA}$ ， $Z=4$ 。晶形呈八面体，透明、琥珀黄色，带浅绿色色调或为蜡黄色。

比重7.19（计算值）。

均质体光性， $N > 2$ 。

方铈石的光谱定量分析结果如下（%）：

$CeO_2 \approx 80$ ， $(La, Yb, Y)_2O_3 \approx 4.5$ ， $ThO_2 \approx 5.1$ ，

$ZrO_2 \approx 0.6$ ， $Nb_2O_5 \approx 1.8$ ， $Ta_2O_5 \approx 0.6$

稀土配分值为： $La_3Ce_9Pr_{0.5}Nd_{0.1}$

方铈石X光粉晶数据为：

3.121, 1.908, 1.244, 1.213。

方沸石产于霞石化片麻岩中的糖粒状磷酸岩脉内，亦产于伟晶岩内自氟碳铈矿风化而成。此外在响岩和霞石正长岩风化壳中亦有发现。

### 稀土钙钛铁矿 $\text{CaZrTi}_2\text{O}_7$

稀土钙钛铁矿是稀土含量高的钙钛铁矿亚种。等轴晶系。比重4.7。

化学成分如下表(%)：

成 分	合 量	成 分	合 量
$\text{TR}_2\text{O}_3$	16.28	$\text{Al}_2\text{O}_3$	痕 迹
$(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_5$	6.40	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	5.82
$\text{TiO}_2$	28.22	$\text{CaO}$	6.68
$\text{ZrO}_2$	51.64	$(\text{Na}, \text{K})_2\text{O}$	1.02
$\text{SiO}_2$	痕 迹	总 计	86.62
$\text{ThO}_2$	0.60		

稀土配分值为： $\text{La}_{0.1}, \text{Ce}_{0.2}, \text{Pr}_{0.1}, \text{Nd}_{0.1}, \text{Sm}_{0.1}, \text{Eu}_{0.1}, \text{Gd}_{0.2}, \text{Tb}_{0.3}, \text{Dy}_{2.2}, \text{Ho}_{0.2}, \text{Er}_{1.1}, \text{Yb}_{0.2}, \text{Y}_{10}$

X光粉晶数据如下表：

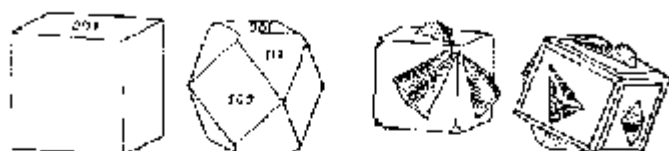
I	d (ÅX)	I	d (ÅX)	I	d (ÅX)	I	d (ÅX)
< 1	3.57	3	1.75	< 1	1.128	< 1	0.803
10	2.97	1	1.549	< 1	1.110	< 1 (宽)	0.861
2	2.65	1	1.522	< 1	1.046	< 1	0.851
3	2.52	1 (宽)	1.481	< 1	1.032	< 1 (宽)	0.803
1	2.20	1	1.257	< 1	0.993		
< 1	2.04	1	1.174	< 1	0.979		
5	1.82	1	1.143	< 1	0.967		

来源：Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> D=57.5mm，加热到1000℃。

稀土钽铌钙矿产于接触交代碱性正长岩中。

**铈钪钙钛矿**  $(\text{Na}, \text{Ca}, \text{Ca})(\text{Ti}, \text{Nb})\text{O}_3$

等轴晶系，空间群  $O_h-Pm\bar{3}m$ ， $a_0 = 3.85-3.90 \text{ \AA}$ ， $Z=1$ 。晶体呈立方体，八面体，常呈粒状产出。



颜色黑色、灰褐色、棕褐色。条痕黑褐色、棕褐色。半金属至金属光泽。解理沿  $(100)$  不完善，一般无解理。不平坦及贝壳状断口。性脆。硬度  $5.8-6.3$ ，比重  $4.58-4.89$ 。

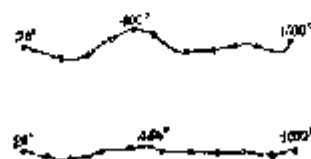
均质体，薄片为浅红褐色，有时有弱的非均质性。 $N=2.30-2.33$ ，在  $\text{HF}$  中分解，不溶于其它酸。

化学成分如下表(%)：

成 分	含 量	成 分	含 量
$\text{SiO}_2$	0.27	$\text{Tb}_2\text{O}_3$	0.67
$\text{TiO}_2$	39.21	$\text{Nb}_2\text{O}_5$	19.82
$\text{CaO}$	5.38	$\text{Ta}_2\text{O}_5$	0.68
$\text{Na}_2\text{O}$	3.40	$\text{TR}_2\text{O}_3$	32.35
$\text{K}_2\text{O}$	0.20	总 计	68.72

稀土配分值为： $\text{La}_{2.1}\text{Ce}_{0.5}\text{Pr}_4\text{Nd}_{1.5}\text{Sm}_{1.1}\text{Eu}_{0.5}$

差热分析曲线如下图：



X光粉晶数据如下表:

$h$	$d$ (Å)	$I$	$d$ (Å)
4	(8.01)	1	1.488
10	2.734	5	1.338
2	2.537	1	(1.849)
2	(2.454)	5	1.224
4	2.225	1	1.167
4	(2.134)	3	(1.141)
7	1.884	4	1.119
3	(1.741)	9	1.037
7	1.579	2	1.008
2	(1.537)		

铈铈钙钛矿产于霞石正长岩、异性霞石正长岩等碱性岩及其伟晶岩中,与长石、霞石、霞石、异性石、闪叶石、星叶石共生。

铈铈钙钛矿的亚种有:

铈铈钙钛矿  $(\text{Na}, \text{Ca}, \text{Th})(\text{Ti}, \text{Nb})\text{O}_3$

富铈铈钙钛矿  $(\text{Na}, \text{Ca}, \text{Th})_{1-x}(\text{Ti}, \text{Nb})\text{O}_{3-x}(\text{OH})_x$

变铈铈钙钛矿  $(\text{Ca}, \text{Ca})_{1-x}(\text{Ti}, \text{Nb})\text{O}_{3-x}(\text{OH})_x$

铈铈钙钛矿亚种性质如下三个表:

物理性质表:

性 质 名 称	富铈独居钨矿	针铈独钨矿	铈独钨矿
晶 体 形 态	$a_1 = 3.905 \text{ \AA}$	$a_0 = 3.61 \text{ \AA}$	
颜 色	黑色。晶体极薄碎片和中心部分为浅红褐色，杂质为浅灰褐色	浅红褐色到褐色，杂质为浅褐黄色	棕黄、褐黄，有时为灰蓝绿色调之灰色
光 泽	金属光泽	油脂光泽	金属到油脂
解 理	无	无	无
断 口	无	有玉石状双晶	无
晶 形	立方体与八面体的聚晶	立方体、八面体	近独居钨矿至似单晶或薄板
硬 度	5.5—6	5.0—5.5	~5
比 重	4.937	4.479	4.41—4.58
光 性	均质， $N = 2.35+$	均质， $N = 2.105$	均质， $N = 2.21—2.24$
产 状 及 共 生 矿	不溶于HCl, HNO <sub>3</sub> 和H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 中  产于霞石正长岩的碱性伟晶岩中，赋存于受交代作用部位之钠沸石中，与微长石、钠长石、霓石、钠沸石、绿方钠石、斜硅钠钨矿、黄色锆钨矿、烧绿石、硅钨矿、钨石、钨硅钨矿等共生	在HCl, HNO <sub>3</sub> 中溶解，在热H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 中部分溶解  产于流纹正长岩中的伟晶岩中，与微石、霞石、钠沸石、斜硅钠钨矿、钠沸石、钠钙钨矿等共生	溶于H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>  产于强烈热液化的霞石正长岩，亦产于和霞石正长岩体有密切关系的钠长岩中。它是独居钨矿的水化产物

化学成分表(%):

成分名称	富集萤石矿	重晶石矿	重晶石矿
TiO <sub>2</sub>	33.01	26.46	14.01
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	24.38	8.81	10.78
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			0.66
(Ce) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25.35	24.30	
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		—	} 34.23
ThO <sub>2</sub>	—	10.00	
CaO	1.32	1.83	} 5.25
SrO	—	—	
MgO	0.18	—	—
FeO	0.84	—	—
SiO <sub>2</sub>	—	—	1.27
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.53	3.41	} 0.23
K <sub>2</sub> O	0.60	—	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	0.88	—
Cl <sub>2</sub> O	0.85	—	3.18
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	—	0.03	—
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	—	1.22	—
总计	98.60	100.18	93.80

X光粉晶数据表:

富集萤石矿		重晶石矿	
$\theta$	$d$ (Å)	$\theta$	$d$ (Å)
10	2.758	10	2.71
6	1.961	9	1.818
6	1.608	22	1.060
4	1.378	8	1.509
3	1.231	1	1.508
1	1.125	4	1.060
		3	1.216
		1	1.197
		6	1.028

## 稀土烧绿石

稀土烧绿石包括:

铈烧绿石(晶形见下图)  $(\text{Ce}, \text{Ca}, \text{Na})_{2-3}\text{Nb}_2\text{O}_7(\text{OH})$

铈铀烧绿石  $(\text{Y}, \text{U}, \text{Ca})_{2-3}\text{Nb}_2\text{O}_7(\text{OH})$

铈铀钽烧绿石  $(\text{Ca}, \text{Y}, \text{U})_{2-3}(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_7(\text{OH})$

铈铀烧绿石  $(\text{Ca}, \text{Nb}, \text{Ce}, \text{U})_2(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_7(\text{OH})$

等轴晶系, 空间群  $O_h^3 \rightarrow Fd3m$

参数	铈烧绿石	铈铀烧绿石	铈铀钽烧绿石	铈铀烧绿石
$a_0$	10.30—10.41 Å	10.0—10.34 Å	10.0—10.34 Å	10.3475—10.396 Å

晶体呈八面体, 偶见菱形十二面体, 多为不规则粒状。

颜色暗褐色, 红褐色或绿色, 极少为灰黑色及黑色。条痕为浅褐、浅灰色。油脂光泽, 树脂光泽, 个别金刚光泽。多无解理, 不平整及贝壳状断口。性脆。硬度4.5—5.5。比重3.6—4.8, 含水越多比重越小。



常呈似晶体产出, 具均质性。薄片半透明至半透明, 见异常干涉色。

稀土烧绿石各亚种的化学成分如下表（%）。

组 别	矿物	铈烧绿石	钇烧绿石	钇钪烧绿石	铈钪烧绿石
	$\text{Na}_2\text{O}$	2.62	2.48	6.88	3.40
	$\text{K}_2\text{O}$	0.57	0.31	—	0.12
	$\text{CaO}$	1.10	2.82	4.16	13.19
	$\text{MnO}$	痕迹	0.35	—	3.11
	$\text{FeO}$	0.02	—	—	—
	$\text{MgO}$	0.16	0.26	—	3.03
	$\text{Y}_2\text{O}_3$	5.07	3.50	$[\text{Y}]_2\text{C}_2$ 11.09	—
	$\text{ZrO}_2$	痕迹	—	0.57	$(2 \text{ . III})\text{O}_2$ 0.11
	$\text{Ce}_2\text{O}_3$	18.43	8.60	1.75	—
	$\text{Dy}_2\text{O}_3$	痕迹	—	—	—
	$\text{La}_2\text{O}_3$	痕迹	—	—	—
	$\text{SnO}_2$	痕迹	—	—	—
	$\text{ThO}_2$	0.20	0.20	1.09	2.28
	$\text{SiO}_2$	3.10	3.78	1.60	0.80
	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.50	4.30	1.45	0.29
	$\text{TiO}_2$	2.88	6.20	3.01	7.82
	$\text{Nb}_2\text{O}_5$	55.22	37.64	20.01	47.11
	$\text{Ta}_2\text{O}_5$	5.86	5.47	29.60	0.78
	$\text{H}_3\text{O}^+$	6.40	7.77	6.71	6.73
	$\text{H}_5\text{O}^+$		6.48	2.31	
	$\text{Al}_2\text{O}_3$	—	—	1.02	0.86
	$\text{HfO}_2$	—	9.72	—	—
	$\text{U}_2\text{O}_5$	—	—	9.08	7.61
	$\text{TR}_4\text{O}_9$	—	—	烧失 0.38	13.16
	总 计	99.98	99.78	100.07	F 3.53 100.48

物性特征如下表:

特征	铈烧绿石	铈钕烧绿石	钇钕烧绿石	铈钕烧绿石
硬度	5—5.5	4.5—5		
比重	4.18	3.88—4.80 (晶体) 3.80—3.84 (似晶体)	4.06	4.257
折光率	$n = 2.04$	$N = 1.834—1.835$	$N > 2$	

稀土配分值为:

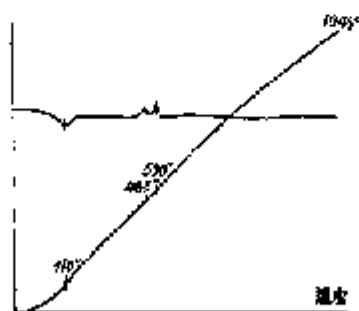
铈烧绿石  $\text{La}_{2.2}\text{Ce}_{1.8}\text{Pr}_{1.2}\text{Nd}_{1.5}\text{Sm}_{1.5}\text{Eu}_{1.5}\text{Gd}_{3.5}\text{Tb}_{1.2}\text{Dy}_{0.5}$   
 $\text{Ho}_{0.1}\text{Er}_{2.3}\text{Y}_1$

钇钕烧绿石  $\text{La}_{0.4}\text{Ce}_{3.1}\text{Pr}_{1.7}\text{Nd}_5\text{Sm}_{4.1}\text{Eu}_0\text{Gd}_{5.1}\text{Tb}_{1.2}$   
 $\text{Dy}_6\text{Ho}_{1.7}\text{Er}_7\text{Tu}_{1.3}\text{Yb}_{8.5}\text{Lu}_{1.4}\text{Y}_{31}$

钇钕钕烧绿石  $\text{La}_{1.5}\text{Ce}_{7.5}\text{Pr}_{9.5}\text{Nd}_{1.5}\text{Sm}_{1.5}\text{Eu}_{0.5}\text{Gd}_{2.4}\text{Tb}_4$   
 $\text{Dy}_{11.2}\text{Ho}_{1.5}\text{Er}_4\text{Tu}_{0.13}\text{Lu}_{0.5}\text{Y}_{22.5}$

铈钕烧绿石  $\text{La}_{7.5}\text{Ce}_{16.5}\text{Pr}_{10.2}\text{Nd}_{10.2}\text{Sm}_{1.5}\text{Eu}_{0.15}\text{Gd}_{0.55}$   
 $\text{Tb}_{1.27}\text{Dy}_{6.15}\text{Y}_{6.26}$

钇钕烧绿石的差热曲线见下图:

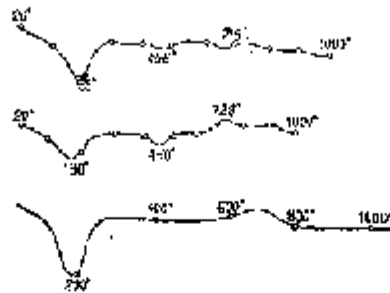


X光粉晶数据如下表:

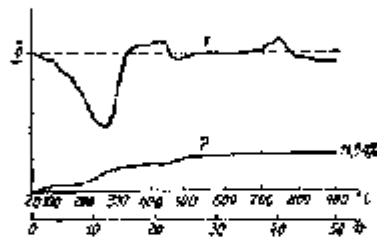
绿帘辉石 加热至1100℃		绿帘辉石 加热至1200℃		绿帘辉石 加热至1400℃		绿帘辉石	
I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)
						1	6.5
						4	5.9
		4	3.154			6	3.29
<1	3.24	5	3.152	2.5	3.104	2	3.11
<1	3.35	10	2.978	6	2.592	10	2.98
10	3.31					1	2.84
1.5	2.91	8	3.078	4	2.578	5	2.58
<1	2.00	3	2.455			8	2.61
<1	1.95					2	1.99
<1	1.86						
6	1.84	8	1.816	7	1.826	9	1.831
1	1.77					2	1.72
6	1.559	9	1.696			7	1.65
1	1.536	5	1.552	10	1.557	8	1.66
1	1.486	7	1.488	3	1.491	3	1.45
<1	1.363					1	1.45
<1	1.351					2	1.347
						1	1.307
						8	1.294
						1	1.276
2	1.153	3	1.133	7	1.167	7	1.188
1.5	1.137					6	1.158
						1	1.108
		2	1.153	7	1.056	1	1.058
1	0.933			5	0.998	7	0.993
<1	0.913						
2	0.875						
1	0.854						
1	0.820						
1	0.791						
1	0.783						

条件: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, D 57.3mm Cu, Ni滤波。

钇铈烧绿石的差热曲线见下图



钇钼钽烧绿石差热曲线见下图



稀土烧绿石产在钠长石化碱性伟晶岩中，与萤石、铌钽铀矿、磷灰石、钠长石、霓石、碱性角闪石等共生。产在碳酸岩中，与锆石、铈钙铀矿、磷灰石、磁铁矿共生。产在云英岩及花岗伟晶岩中。产在花岗伟晶岩中的黑云母与钠长石交代带，与铈铀钼矿、铈铀矿、石榴石、锆石、褐帘石共生。产在花岗岩与白云岩相接触的外接触带中，与钠长石、钠辉石、钠闪石、重晶石、萤石、铈磷灰石、锆石、金云母、硅镁石、磷灰石、铈铁矿、易解石共生。产于霞石正长岩及碱性正长岩杂岩体中的霞石—微斜长石伟晶岩、钠长岩、磷灰石—萤石脉、黑云母—碳酸盐脉中与钠长石、锆石、磷灰

石、钽铁矿或榍石、黑云母、易解石、褐帘石、铌金红石、铌钙矿密切共生。产在钠长石化花岗岩中，与钠闪石、黄玉、冰晶石共生。亦产在钠长岩中，与钠闪石、硅铈铀矿、褐帘石、榍石、钠铁闪石、萤石、钠长石共生。

**稀土铌钽铀矿**， $(\text{TR}, \text{U}, \text{Ca})_{2-3}(\text{Nb}, \text{Ti}, \text{Ta})_2$



等轴晶系，颜色浅绿色。暗淡光泽。在新鲜断面处颜色比较暗。油脂光泽。比重3.65—4.90。

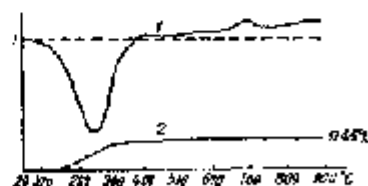
均质体。透明。薄片下为浅绿—棕色，发现有被暗石充填的互相交错的裂隙。

化学成分见下表(%)：

成 分	含 量	成 分	含 量	成 分	含 量
$\text{K}_2\text{O}$	0.20	$[\text{Ce}]_2\text{O}_3$	5.00	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	4.30
$\text{Na}_2\text{O}$		$[\text{Y}]_2\text{O}_3$	13.60	$\text{Al}_2\text{O}_3$	0.80
$\text{MgO}$	0.09	$\text{H}_2\text{O}^+$	—	$\text{H}_2\text{O}^+$	4.47
$\text{CaO}$	3.33	$\text{Nb}_2\text{O}_5$	37.87	$\text{H}_2\text{O}^-$	1.20
$\text{PbO}$	0.55	$\text{Ta}_2\text{O}_5$	7.78	F	0.30
$\text{MnO}$	0.75	$\text{TiO}_2$	15.20	总 计	100.02
$\text{ThO}_2$	1.20	$\text{ZrO}_2$	0.11	— O — U	0.12
$\text{U}_3\text{O}_8$	12.84	$\text{SiO}_2$	3.40		99.91

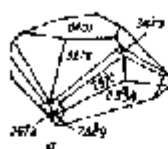
稀土铌钽铀矿的主要X光粉晶数据为：1.694(10)、3.258(8)、2.985(7)、2.501(6)、1.180(6)。

矿物的差热与失重曲线见右图：



稀土铈铁铀矿产于伟晶岩中。见于伟晶岩内粗粒钠长石带中。与钼铀烧绿石共生。

**铈铀铁铀矿**  $(\text{Fe}^{2+}, \text{La}, \text{Ce}, \text{U})_2(\text{Ti}, \text{Fe}^{3+})_2\text{O}_{12}$



三方晶系,空间群 $R\bar{3}$ 或 $R\bar{3}m$ ,  
 $a_0 = 10.36 \text{ \AA}$ ,  $c_0 = 20.25 \text{ \AA}$ 。

$Z=2$ , 外形呈不规则状或板状

颜色和条痕均为灰黑色。贝壳状至不规则状断口。硬度6。比重4.33—4.48。

矿物部分至完全似晶化。不透明到略透红褐色光。白光下反射率19%。

化学成分见表(%):

成分	含量	成分	含量	成分	含量
$(\text{Ce})_2\text{O}_3$	5.8	$\text{TiO}_2$	16.8	$\text{MnO}$	—
$(\text{U})_2\text{O}_5$	6.3	$\text{Cr}_2\text{O}_3$	4.8	$\text{ThO}$	6.8
$\text{Sc}_2\text{O}_3$	0.8	$\text{Al}_2\text{O}_3$	(1.8)	不溶残渣	1.1
$\text{V}_2\text{O}_5$	1.2	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	25.1	总计	100.40
$\text{TiO}_2$	0.4	$\text{FeO}$			
$\text{UO}_2$	5.2	$\text{CaO}$	0.2		
$\text{SiO}_2$	1.2	$\text{SeO}$	0.8		

稀土配分值为:  $\text{La}_{0.49} \text{Ce}_{0.39} \text{Pr}_{1.7} \text{Nd}_{0.1} \text{Sm}_{0.02} \text{Eu}_{0.03} \text{Gd}_{1.2} \text{Tb}_{0.12} \text{Dy}_{0.11} \text{Ho}_{0.8} \text{Er}_{1.0} \text{Tm}_{0.1} \text{Yb}_{1.2} \text{Lu}_{0.3} \text{Y}_{0.0}$

铈铀铁铀矿的差热曲线见下图:



X光粉晶数据如下表:

I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)
2	6.86	2	2.755	1	1.837	1	1.407
3	5.21	3	2.640	1	1.810	4	1.454
2	4.18	2	2.595	4	1.823	1	1.419
1	3.31	4	2.480	1	1.739	1	1.376
7	3.12	3	2.429	1	1.741	1	1.360
1	3.06	5	2.248	2	1.708	1	1.348
3	3.31	4	2.139	1	1.653	1	1.302
5	3.005	1	2.172	4	1.601	1	1.276
4	3.006	1	2.128	1	1.572	1	1.246
13	2.895	1	1.882	1	1.513		
2	2.850	2	1.819	2	1.503		

条件: Cu $\alpha$ , D=114.59mm, 加热到950℃。

铈铀铁矿产于辉长-苏长岩体中, 为岩浆晚期产物, 与方柱石、方解石、辉石、钠长石共生。

在花岗岩、砂页岩、花岗伟晶岩、细晶岩、钠长岩及石英方解石脉中成副矿物与钛铁矿、金红石、磁铁矿、赤铁矿共生。

在铀钼榴石脉和石英二长岩脉的接触带中, 与绿帘石、磷灰石、榍石、褐帘石共生。

#### 褐钨铀矿

其中包括,

褐钨铀矿  $YNbO_4$

$\beta$ -褐钨铀矿

黄钨铀矿  $YTbO_4$

褐铈铀矿  $CeNbO_4$

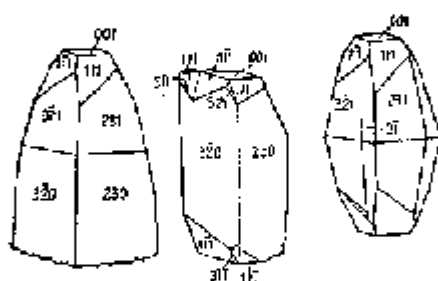
$\beta$ -褐铈铀矿

钛褐钨铀矿  $Y(Nb, Ta, Ti)(O, OH)_4$

$\text{YNbO}_4$ — $\text{YTbO}_4$ 及 $\text{YNbO}_4$ — $\text{CeNbO}_4$ 是完全的类质同象系列。

褐钇铌矿、黄钇铌矿、褐铈铌矿、铈褐钇铌矿为四方晶系； $\beta$ -褐钇铌矿、 $\beta$ -褐铈铌矿为单斜晶系。空间群 $C_{4h}^2$ — $14_2/a$ ， $a_0=5.15\text{Å}$ ， $c_0=10.89\text{Å}$ ， $a_0:c_0=0.473$ ， $Z=4$ 。对于似晶体化的则 $a_0=5.15-5.19\text{Å}$ ， $c_0=10.60-10.97\text{Å}$ 。 $\beta$ -褐钇铌矿 $a_0=5.05\text{Å}$ ， $b_0=10.39\text{Å}$ ， $c_0=5.27\text{Å}$ ； $\beta=85^\circ 30'$ ，空间群 $I_2$ ， $Z=4$ 。褐铈铌矿 $a_0=5.19\text{Å}$ ， $b_0=11.34\text{Å}$ ， $c_0=5.61\text{Å}$ 。

晶体呈四方柱状，四方双锥状，板状，长柱状、纺锤形、矛状和不规则状。有时见聚片双晶。



颜色浅黄色，褐色，棕褐色、黑色、灰色，褐铈铌矿和 $\beta$ -褐铈铌矿有红色、红褐色，铈褐钇铌矿为暗棕到灰褐色。条痕为褐黄、淡黄、黄灰、浅褐色。玻璃光泽、树脂光泽、土状光泽。褐钇铌矿有沿 $\{111\}$ 一组解理，黄钇铌矿有二组完全解理，具贝壳状断口。褐钇铌矿与黄钇铌矿有中等磁性。褐钇铌矿有放射性为 $5.4\text{r/g}$ 。硬度 $5.5-6.5$ 。比重 $4.89-5.82$ ，铈褐钇铌矿比重 $4.18$ ，加热后增至 $4.67$ ，黄钇铌矿比重大，为 $6.24-7.03$ 。

常呈似晶体产出，常具均质性。有时有一轴、二轴(+) (-)，甚至有异常干涉色。 $N=2.03-2.19$ 。薄片 中透明至半透明，呈浅黄、黄褐、褐色、红黄色。

化学成分见下表(%)，

成分	名称	褐铁矿	黄铁矿	磁铁矿	褐铁矿	黄铁矿	磁铁矿
CaO	0.46	2.18	3.26	1.28	0.07	1.83	
MgO	0.48	—	0.47	未定	0.69	—	
MnO	0.05	0.87	—	0.06	—	—	
PbO	0.23	—	—	—	—	0.23	
FeO	0.19	痕迹	—	—	—	2.61	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.59	—	1.24	0.55	2.56	1.20	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.56	—	1.55	未定	2.65	0.81	
[Y] <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	37.68	51.38	35.27	23.51	60.50	86.38	
[Ce] <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.87	0.54	—	22.27	—	2.88	
UO <sub>2</sub>	5.80	1.12	—	0.06	—	0.17	
TiO <sub>2</sub>	1.03	1.62	3.89	3.01	(.8)	痕迹	
SiO <sub>2</sub>	0.13	—	—	0.93	未定	—	
TiO <sub>2</sub>	1.51	2.20	0.87	0.12	5.33	6.02	
SrO <sub>2</sub>	—	—	—	—	—	0.01	
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	42.90	2.15	40.88	43.07	42.12	55.21	
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.50	54.52	1.71	—	0.30	4.00	
CO <sub>2</sub>	—	—	—	—	—	0.22	
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2.99	3.28	3.20	未定	未定	7.11	
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	—	—	—	痕迹	—	—	
UO <sub>2</sub>	—	—	—	0.07	—	—	
U <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	1.53	—	0.07	—	
N及He	—	—	—	—	—	0.90	
总计	99.22	100.73	100.12	100.45	95.76	100.17	

物性特征如下表:

特征 \ 矿物	褐钇铈矿	绿钇铈矿	β-褐钇铈矿	褐钇铈矿	β-褐钇铈矿	绿钇铈矿
比重	4.80—5.82	6.24—7.28	6.12—6.66	5.943		4.179
光泽	树脂—玻璃	树脂、玻璃—半金属		玻璃、油脂	玻璃光泽	树脂、玻璃
颜色	黄绿—棕黑 灰色	灰黑、黄褐、灰色	浅黄色	红色	黄红、红色	暗绿、灰绿

稀土配分值:

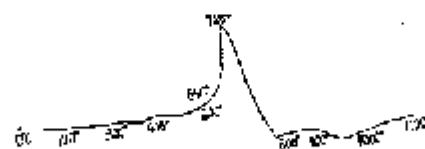
褐钇铈矿:

产于花岗岩中为:  $La_{3.0}Ce_{1.3}Nd_{4.1}Sm_{2.9}Gd_{14.4}Tb_{2.9}Dy_{12.1}Ho_{1.1}Er_{20.8}Tm_{0.7}Yb_{11.4}Lu_{0.4}$

产于花岗伟晶岩中为:  $La_{2.1}Ce_{13.4}Nd_{12.3}Sm_{7.3}Gd_{6.3}Tb_{1.3}Dy_{2.1}Ho_{1.1}Er_{10}Tm_{0.7}Yb_{28.6}Lu_{2.3}$

褐钇铈矿:  $La_{22.2}Ce_{42.4}Pr_{7.18}Nd_{21.3}Sm_{2.67}Eu_{0.49}Gd_{1.02}Dy_{0.35}Y_{1.11}$

差热曲线见下图:



X光粉末数据见下表:

褐钇铈矿、黄钇铈矿、β-褐钇铈矿产于黑云母花岗岩中(绿褐钇铈矿产于花岗伟晶岩中)与微斜条纹长石、奥长石、石英、黑云母、独居石、锆石、磷钇矿、钍石共生。



续表

提 样 组 矿		β-褐帘辉矿		褐 帘 辉 矿		β-褐帘辉矿		高 钙 帘 辉 矿		β-褐帘辉矿	
I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$
8	1.038	6	2.511	4	1.518	5	1.618				
2	1.551	1	1.579	8	1.599	7	1.587	8	1.56	4	1.572
2	1.588	1	1.715			4	1.581			4	1.503
1	1.459	2	1.43			2	1.472	1	1.48	3	1.510
		3	1.40			2	1.567	4	1.45	2	1.483
								3	1.38	1	1.372
				2	1.211		1.218			2	1.532
								8			
								5			
								1			
								3			
								8			
								8			
								1			
								7			

注：褐帘辉矿、β-褐帘辉矿、高钙帘辉矿为合生的，加热到900℃。

产在花岗岩残坡积和冲积砂矿中，伴生矿物有锆石、独居石、磷钇矿、锡石、钦铁矿、褐帘石、金红石、自然金等。

产在花岗岩伟晶岩中，与磷钇矿、独居石、绿柱石、铌钽矿共生。

产在碱性正长岩有关的微斜长石岩与钠长岩中，与锆石、黑稀金矿共生。

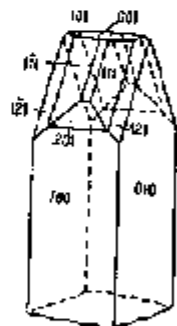
产在蚀变花岗岩中，与磷钇矿、独居石、锡石、黑钨矿、石榴石共生。

褐钨铈矿与 $\beta$ -褐钨铈矿产在花岗岩与白云岩接触交代产物中，与硅镁石、方解石、金云母共生。

鉴定特征：特殊晶形，多为似晶体化，表面常有一层土状薄膜。

**钨钽矿**  $(Y,U,Fe)_2(Nb,Ti,Ta)_2O_7$

斜方晶系。 $a_0=5.85\text{ \AA}$ ， $b_0=14.42\text{ \AA}$ ， $c_0=5.50\text{ \AA}$ ， $Z=4$ 。晶形呈柱状、板状、以及不规则粒状或块状，有时与铌铁矿呈连晶（晶形见右图）。



颜色黑色、褐黑色、棕色。条痕浅黑色、灰褐色，有时有红褐色。油脂光泽或玻璃光泽，解理沿 $(101)$ 不清楚。贝壳状断口。性脆。具弱电磁性。放射性弱。介电常数8.36—9.5。硬度5—6。比重4.50—5.76。个别亚种，如铁钽钨钽矿比重较高为6.3。

常呈似晶体产出，具均质性， $N=2.1-2.3$ 。有时呈非均质性，二轴晶（—）。薄片下呈褐色、棕黄色，有时红褐色。反光镜下呈灰色，内反射浅红色。反射率14.8—16.6%。

溶于 $H_3PO_4$ ，部分溶于浓 $HCl$ 、 $HNO_3$ 、 $H_2SO_4$ ，与 $K_2S_2O_8$ 和 $KHSO_4$ 共熔后分解。

钽铌矿有许多亚种，化学成分见下表（%）：

名称 成分	钽铌矿 (伟晶岩)	含钽铌矿 (伟晶岩)	铁钽铌矿 (伟晶岩)	铁钽铌矿	铁钽铌矿	钽铌矿
$MgO$	0.38	0.02	0.13	5.83	0.54	—
$CaO$	2.53	7.56	0.96	—	0.67	2.84
$PbO$	0.06	0.44	0.19	—	0.40	7.55
$MnO$	0.24	0.04	0.26	2.60	0.64	0.28
$P_2O_5$	0.66	0.21	1.23	33.21	19.08	5.16
$B_2O_3$	—	0.20	0.03	—	—	—
$Fe_2O_3$	8.68	7.67	8.78	—	—	—
$Al_2O_3$	0.03	0.10	—	—	1.67	0.17
$Y_2O_3$	—	11.33	17.65	8.53	5.83	11.12
$[Y]_2O_3$	14.98	—	—	—	—	—
$Co_2O_3$	—	—	—	1.58	2.23	—
$(Ce_2O_3)$	1.16	1.93	—	—	—	—
$UO_2$	2.56	8.0	8.12	8.99	22.84	13.60
$ThO_2$	1.50	1.67	—	—	0.36	—
$TiO_2$	1.66	0.34	2.32	—	1.92	—
$ZrO_2$	—	0.02	—	0.96	—	—
$SnO_2$	—	1.49	—	—	0.73	—
$SiO_2$	0.01	2.39	0.61	—	0.16	—
$Ta_2O_5$	3.93	8.60	10.01	1.35	1.57	0.90
$Nb_2O_5$	51.35	42.32	39.32	51.45	33.55	49.93
$Ta_2O_5$	2.27	2.54	7.37	—	16.40	1.40
$U_2O_5$	2.60	3.64	2.94	1.81	—	—
损失	—	—	—	—	—	6.28
其它	—	—	$(K_2O)$ $(Na_2O)$ 0.24	—	—	$(CaO)$ 1.21
总计	100.65	90.33	100.04	99.50	99.77	99.28
比重	—	4.71	5.34	6.53	8.00	—

铈钇矿的稀土配分值为:  $\text{Nd}_{1.5}\text{Sm}_{1.1}\text{Gd}_{1.5}\text{Tb}_{1.0}\text{Dy}_{0.1}$   
 $\text{Ho}_{0.1}\text{Er}_{1.5}\text{Tm}_{0.6}\text{Yb}_{5.0}\text{Lu}_{1.2}\text{Y}_{11.5}$

X光粉晶数据见下表:

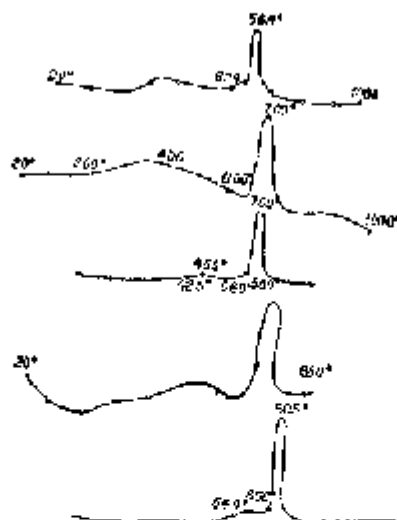
铈 钇 矿		铁铈钇矿		铈 钇 矿		铁铈钇矿	
I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)
2	10.97	—	—	—	—	3	1.93
0.5	5.01	1	2.045	3	1.80	7	1.909
3	3.080	2	3.640	4	1.81	8	1.839
1	3.53	—	—	—	1.76	—	—
0.5	3.43	—	—	1	1.90	—	—
1	3.25	5	3.326	1	1.73	9	1.743
0.5	3.18	—	—	1	1.71	0	1.707
10	3.07	10	2.988	—	—	1	1.682
10	2.98	6	2.935	—	—	3	1.617
2	2.80	4	2.802	—	—	1	1.610
0.5	2.71	—	—	—	—	2	1.593
4	2.59	4	2.57	—	—	2	1.578
2	2.47	3	2.460	—	—	3	1.493
2	2.44	2	2.418	—	—	2	1.483
0.5	2.23	—	—	—	—	5(宽)	1.332
1	2.17	—	—	—	—	4	1.156
0.5	2.12	2	2.103	—	—	5	1.138
1	2.08	2	2.030	—	—	3(宽)	1.039

铈钇矿的差热曲线见下图:

铈钇矿主要产在花岗岩伟晶岩中,与独居石、褐钇铈矿、磷钇矿、铈铁矿、黑稀金矿、锆石、绿柱石、细晶石、黄玉、磷灰石、云母等共生。有时也与品质铈矿、沥青铀矿、曲晶石、褐帘石、榍石、石榴石等共生。

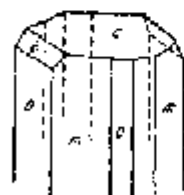
砂矿中的与电气石、石榴石、绿柱石、褐钇铈矿等共生。

云母矿中的铌钽矿与钽铁矿、细晶石、白云母等共生。在地表因风化矿物表面常被复黄色或黄褐色薄膜。铌钽矿易与钽铁矿相混，可根据前者常呈均质性相区别。



### 铌钽矿 $(Y, Fe)_3[(Ta, Nb)_2O_6]_3$

斜方晶系， $a_c:b_c:c_n=0.54:1:1.18$ 。晶形呈柱状、板状，(110)和(010)最发育(见左图)。多呈不规则粒状或致密块状产出。



颜色黑色、黑褐色。条痕灰色，半金属光泽、玻璃光泽、油脂光泽。(010)解理不清楚。半贝壳状断口。具弱电磁性。硬度5—5.5。比重5.43—5.92。常呈似岩体产出。

薄片呈红褐色或暗褐色，在一个颗粒上颜色分布不均

匀。半透明或不透明。似晶体化的折光率 $N=2.15$ 。反射光下呈褐色，内反射灰黄色。在正交偏光下有时见到双晶。反射率小于白钨矿，而大于硅铈钨矿。

不溶于酸，与焦硫酸钾共熔后分解。

化学成分如下表(%)：

成 分	含 量	成 分	含 量	成 分	含 量
CuO	5.73	Er <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.71	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	46.25
FeO	3.80	UO <sub>2</sub>	1.81	WO <sub>3</sub>	3.80
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.52	SnO <sub>2</sub>	1.12	H <sub>2</sub> O	6.81
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.22	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	12.32	总 计	98.95

X光粉晶数据如下表，

I	$d$ (Å)	I	$d$ (Å)	I	$d$ (Å)
2	6.87	1	2.20	5	1.55
2	4.07	2	2.18	4	1.45
1	3.59	1	2.06	3	1.40
2	3.09	-	1.98	10(宽)	1.344
4	3.01	4.8	1.96	4	1.338
10	2.55	1	1.85	6	1.183
2	2.50	9	1.85	6	1.152
10	2.74	4	1.73	5	1.153
6	2.68	2	1.70	5	0.924
1	2.44	(宽)	1.62		

条件：Cu $\alpha_1$ ，加热1600℃。

钽铈矿产在花岗岩晶岩中，与钠长石、石榴石、黄玉、褐钨铈矿等共生，也见到与钨铁矿、四方钨钼矿、铈钨矿、磷钨矿、褐帘石、硅铈钨矿、云母等共生。

钽铌矿与铌钽矿很相似，可根据前者含钽量较高，非均质性较强，反射率较小等区别。与钨铁矿和钽铁矿的区别是反射率较小与内反射的颜色。与褐帘石和硅铈钽矿的区别是非均质性较强，颜色比较鲜艳。

**钙铈钽矿**  $(\text{Mn}, \text{Ca}, \text{Fe}, \text{Y})_2(\text{Ta}, \text{Nb}, \text{Sn})(\text{O}, \text{OH})_7$ 。

斜方晶系， $a_0:b_0:c_0=0.46:1:1.026$ ，晶形与钽钽矿相似，呈不完整的大晶体产出，或呈圆形及柱状的集合体。

颜色黑色。条痕灰黑色，有时绿褐色。金属光泽。无解理。粒状断口。硬度 5，比重 5.2—5.32。

二轴晶（-），2V小。Ng=2.40，Nm=Np=2.30，Ng-Np=0.10。多色性Np 黄褐色，Ng 近于黑色。

化学成分如下表（%）。

成 分	含 量	成 分	含 量
CaO	4.93	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	1.07
MgO	0.35	$\text{UO}_2$	4.87
$\text{Mn}_2\text{O}_3$	3.32	$(\text{Nb}+\text{Ta})_2\text{O}_5$	62.42
FeO	8.06	$\text{SnO}_2+\text{WO}_3$	5.56
CuO	0.19	$\text{H}_2\text{O}$	3.26
$\text{Y}_2\text{O}_3$	5.19	总 计	88.37

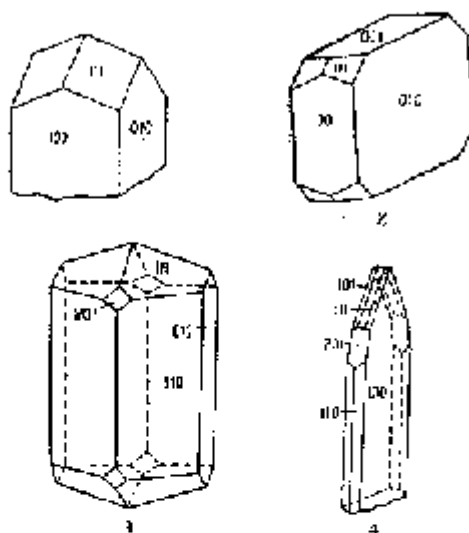
稀土配分 值  $W_1$   $\text{La}_{0.3}\text{Ce}_{0.6}\text{Pr}_{0.1}\text{Nd}_{0.1}\text{Sm}_{0.1}\text{Eu}_{0.1}\text{Gd}_{0.1}\text{Tb}_{0.1}\text{Dy}_{0.1}\text{Ho}_{0.1}\text{Er}_{0.1}\text{Tm}_{0.1}\text{Yb}_{0.1}\text{Lu}_{0.1}\text{Y}_{0.1}$

钙铈钽矿产于花岗伟晶岩中，与石榴石、黄玉、硅铈钽矿、正长石、钠长石等共生。

钙铈钽矿可能是钽钽矿的一个 Mn、Fe<sup>2+</sup>、Sn 含量高的亚种。

**黑稀金矿和复稀金矿**  $\text{Y}(\text{Nb}, \text{Ti})_2(\text{O}, \text{OH})_6$  和  $\text{Y}(\text{Ti}, \text{Nb})_2(\text{O}, \text{OH})_6$ 。

斜方晶系，空间群 $D_{2h}^{14}-Pnma$ ， $Z=4$ 。黑稀金矿 $a_0=5.516\text{Å}$ ， $b_0=14.55\text{Å}$ ， $c_0=5.154\text{Å}$ 。复稀金矿 $a_0=5.53\text{Å}$ ， $b_0=14.50\text{Å}$ ， $c_0=5.16\text{Å}$ 。晶体呈柱状或扁平柱状，常呈不规则粒状或致密块状。



颜色黑色、褐色、暗褐色、黑绿色。条痕灰褐色、灰黄色。半金属光泽、沥青光泽。无解理。贝壳断口。性脆。具弱电磁性。具放射性。硬度5.5—6.5。比重4.30—5.87。

常呈似晶体产出，具均质性，有时在一个矿物颗粒上部分为晶质，部分为均质体。 $N=2.06-2.24$ 。个别晶质黑稀金矿的折光率： $N_g=2.26$ ， $N_m=2.21$ ， $N_p=2.18$ ， $N_g-N_p=0.08$ ， $+2V=70^\circ$ 。薄片下褐色、黄褐色，有时红褐色。光片下灰色，反射率15.5—18.5%，内反射暗红色。

不溶于HCl，HNO<sub>3</sub>，溶于H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>，易溶于HF。

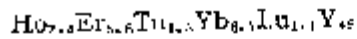
黑稀金矿和复稀金矿成分复杂，当  $Nb+Ta>Ti$  时叫黑稀金矿，而  $Ti>Nb+Ta$  时叫复稀金矿。当  $Ta$  量较大时又可分出钽黑稀金矿和钽复稀金矿。化学成分如下表（%）。

名称 成分	黑稀金矿 (花岗岩品位)	复稀金矿 (花岗岩品位)	钽黑稀金矿 (砂矿)	钽复稀金矿 (砂矿)
CaO	2.27	1.02	2.22	1.02
MgO	—	0.94	—	0.35
MnO	—	0.27	0.35	0.34
FeO	1.10	1.43	—	痕迹
PbO	—	0.02	痕迹	—
$[V]_2O_3$	18.38	28.75	19.48	35.09
$[Cr]_2O_3$	5.74	1.97	7.22	5.55
UO <sub>2</sub>	16.46	4.01	—	—
UO <sub>2</sub>	—	—	1.35	0.68
ThO <sub>2</sub>	1.54	7.05	痕迹	1.76
SnO <sub>2</sub>	—	0.12	0.14	—
SiO <sub>2</sub>	—	0.38	0.50	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.30	—	—	3.76
TiO <sub>2</sub>	3.16	32.91	14.17	30.43
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	33.70	17.55	3.53	4.35
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	0.89	47.51	23.10
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	} 4.0	} 1.85	} 2.43	} 2.82
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>				
其 他		Na <sub>2</sub> O 0.22 K <sub>2</sub> O 0.19	K <sub>2</sub> O 1.13	
总 计	133.23	99.88	120.55	100.20
比 重	4.29	4.88	5.77	5.37

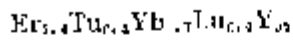
稀土配分值为：

黑稀金矿： $La_{0.10}Ce_{1.49}Pr_{0.63}Nd_{3.72}Sm_{1.00}Gd_{10.1}Tb_{2.3}$   
 $Dy_{2.4}Er_{12.9}Tm_{1.0}Yb_{7.2}Lu_{0.47}Y_{2.0}$

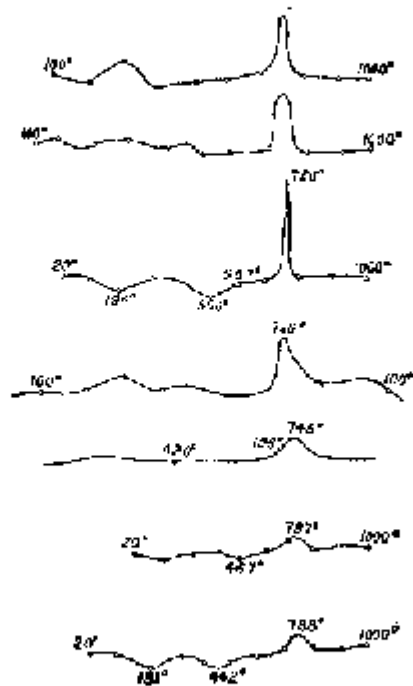
复稀金矿： $La_{1.1}Ce_{2.8}Pr_{1.6}Nd_{2.7}Sm_5Eu_{0.3}Gd_{11}Tb_2Dy_{12}$



钕系稀土矿  $\text{La}_{0.5}\text{Ce}_{0.5}\text{Pr}_{1.0}\text{Nd}_{0.4}\text{Sm}_{0.2}\text{Gd}_{0.5}\text{Tb}_{1.0}\text{Dy}_{0.3}$



黑稀金矿的差热曲线见下图:



黑稀金矿和复稀金矿的X光粉晶数据见下表:

黑稀金矿		复稀金矿		黑稀金矿		复稀金矿	
$h$	$d(\text{\AA})$	$I$	$d(\text{\AA})$	$h$	$d(\text{\AA})$	$I$	$d(\text{\AA})$
—	—	1	6.63	2	2.23	4	2.22
2	5.47	1	5.43	1	2.21	—	—
—	—	1	5.01	9.5	2.31	2	2.10
0.9	4.84	—	—	3.7	2.08	1	2.01
0.7	4.46	—	—	2	1.983	4	1.970
2	4.41	2	4.37	1	1.959	3	1.928
1	4.25	—	—	—	—	2	1.897
1	3.96	2	3.91	2	1.855	4	1.843
0.7	3.79	—	—	1	1.820	3	1.811
1	3.34	2	3.34	—	—	3	1.760
3	3.07	1	3.05	1.5	1.696	4	1.667
7	2.88	7	2.86	5	1.656	1	1.627
10	2.81	10	2.89	4.5	1.576	—	—
2	2.77	3	2.75	0.5	1.565	4	1.565
2	2.59	4	2.57	1	1.505	3	1.469
0.5	2.48	2	2.44	—	—	4	1.453

钼黑稀金矿(产于花岗伟晶岩中)的X光粉晶数据如下表:

$h$	$d(\text{\AA})$	$I$	$d(\text{\AA})$	$h$	$d(\text{\AA})$	$I$	$d(\text{\AA})$
4	3.65	2	2.10	4	1.60	1	1.180
2	3.35	3	1.92	2	1.56	1	1.170
10	2.97	9	1.89	1	1.52	3	1.155
4	2.75	3	1.82	6	1.48	2	1.080
3	2.77	3	1.78	2	1.466	1	1.022
4	2.42	3	1.76	2	1.434	—	—
2	2.33	5	1.72	1	1.390	—	—
2	2.25	1	1.67	1	1.291	—	—
2	2.18	4	1.63	5	1.221	—	—

条件: Cu靶, 加热900℃。

黑稀金矿和复稀金矿主要产在花岗岩及花岗伟晶岩中，与锆石、独居石、褐帘石、铀石、褐钨铀矿、磷钨矿、铈铁矿、硅铈钨矿、绿柱石、金绿宝石、钽金红石等共生。

见于与碱性正长岩有关的伟晶岩和钠长岩化带中的矿物与钠长石、石英、碱性角闪石、钾长石、锆石、硅铈钨矿、铈铁矿、磷钨矿等共生。

矿物还见于砂矿中。

在地表因风化，矿物表面常被复一层黄褐色薄膜。

**铀稀金矿**  $(Y,U)(Ti,Zr,Fe,Nb)_2(O,OH)_2$ 。

呈似晶体产出，形成短柱状晶体。加热后得出的晶胞数据  $a_0 = 5.03 \sim 5.06 \text{ \AA}$ 。

颜色暗褐色，油黑色。树脂光泽。贝壳断口，硬度5.5。比重4.60。光性均质体， $N = 2.21$ 。

化学成分如下表（%）。

成 分	含 量	成 分	含 量	成 分	含 量
MgO	0.50	$[Y_2O_3]$	24.40	$(Nb+Ti)_2O_5$	7.25
CaO	0.51	TiO <sub>2</sub>	26.02	H <sub>2</sub> O*	3.87
MnO	2.15	ZrO <sub>2</sub>	14.61	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.47
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.83	TbO <sub>2</sub>	1.25	总 计	43.41
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.83	SiO <sub>2</sub>	1.99		
$[Ce_2O_3]$	1.83	U <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	5.39		

X光粉晶数据为：

2.90(10)，2.52(3)，1.779(3)，1.519(2)，1.454(0.5)

铀稀金矿产于花岗伟晶岩中，与褐帘石、锆石、褐钨铀矿、铈铁矿等共生。铀稀金矿也发现于蚀变花岗岩中。还见

于砂矿中。

铌稀土矿风化时，形成含铌高的铌铁矿。

**钙钪黑稀土矿**  $(Y, Ca, Th, Ce)(Nb, Ti, Ta)_2(O, OH)_6$

斜方晶系， $a_0=5.33 \text{ \AA}$ ， $b_0=10.97 \text{ \AA}$ ， $c_0=7.5 \text{ \AA}$ ，晶形与黑稀土矿相似，柱状。颜色黑色、褐色。玻璃光泽或油脂光泽。无解理。断口不平坦。硬度5.4。比重4.55—5.13。介电常数5.1—6.7。

二轴晶（+），有时呈均质。 $N_g=2.43-2.50$ ， $N_m=2.375$ ， $N_p=2.36$ ， $N_g-N_p=0.1$ ， $2V=75^\circ$ 。具多色性， $N_g$ —褐、红褐色， $N_m$ —棕色， $N_p$ —黄棕、暗棕色。

化学成分为（%）， $CaO 4.86$ ； $MgO 0.13$ ； $MnO 0.59$ ； $FeO 0.77$ ； $PbO 0.37$ ； $[Ce]_2O_3 4.34$ ； $[Y]_2O_3 18.22$ ； $UO_2 0.67$ ； $UO_3 0.04$ ； $ThO_2 4.95$ ； $ZrO_2 0.04$ ； $SnO_2 0.12$ ； $SiO_2 0.07$ ； $Al_2O_3 0.13$ ； $Fe_2O_3 1.32$ ； $TiO_2 16.39$ ； $Nb_2O_5 41.43$ ； $Ta_2O_5 3.24$ ； $H_2O 1.96$ ； $H_2O 0.06$ ，总计100.24%。

稀土配分值为： $La_2O_3 2.39$ ； $Ce_2O_3 21.4$ ； $Pr_2O_3 32.53$ ； $Nd_2O_3 317.2$ ； $Gd_2O_3 33.02$ ； $Tb_2O_3 20.70$ ； $Dy_2O_3 34.47$ ； $Er_2O_3 21.11$ ； $Tm_2O_3 20.76$ ； $Yb_2O_3 31.20$ ； $Lu_2O_3 30.4$ ； $Y_2O_3 23.8$ 。

钙钪黑稀土矿产于伟晶岩中，与微斜长石、石英、绿柱石、铌铁矿、石榴石、锆石、萤石等共生。

矿物研究不够，也有可能不是黑稀土矿的亚种，而是绿帘石—铌钙矿之间的一个过渡成员。

**稀土铌钙矿**  $(Ca, Ce)(Nb, Ti)_2(O, OH)_6$

斜方晶系， $a_0=5.657 \text{ \AA}$ ， $b_0=14.78 \text{ \AA}$ ， $c_0=5.216 \text{ \AA}$ 。比重4.83。

化学成分如下表（%）：

成 分	含 量	成 分	含 量
MgO	0.18	ThO <sub>2</sub>	1.49
CaO	8.23	U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	1.51
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.56	(Nb+Ta) <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	55.54
TR <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.50	H <sub>2</sub> O	0.58
TiO <sub>2</sub>	16.35	总 计	100.51

稀土配分值为: La<sub>0.12</sub>Co<sub>0.1</sub>Pr<sub>0.17</sub>Nd<sub>0.1</sub>Sm<sub>0.17</sub>Eu<sub>0.1</sub>Gd<sub>0.1</sub>  
Th<sub>0.14</sub>Dy<sub>0.05</sub>HO<sub>0.05</sub>Er<sub>0.05</sub>Tm<sub>0.05</sub>Yb<sub>0.05</sub>Lu<sub>0.22</sub>Y<sub>0.13</sub>

X光粉晶数据如下表:

1	d (Å)	1	d (Å)	1	d (Å)	1	d (Å)
2	3.73	2	1.911	2	1.876	1	1.193
2	3.40	2	1.851	4	1.605	2	1.165
12	3.02	3	1.798	2	1.468	1	1.128
2	2.810	3	1.743	1	1.411	2	1.107
1	2.239	2	1.667	2	1.365	1	1.062
1	2.198	3	1.629	2	1.235		

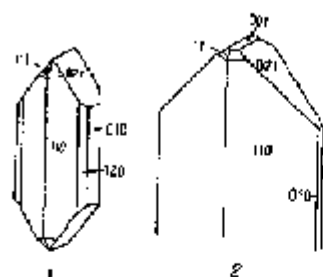
条件: He靶, D-57, Sumo.

稀土铈钙矿产于花岗岩伟晶岩中, 与长石、石英、黑云母共生, 并常似在长石中。

易解石 (Ce, Th, Y)(Ti, Nb)<sub>2</sub>O<sub>6</sub>

斜方晶系, 空间群  $D_{2h}^{16} - Pnmm$ ,  $a_0 = 5.15 - 5.38 \text{ \AA}$ ,  
 $b_0 = 10.97 - 11.08 \text{ \AA}$ ,  $c_0 = 7.35 - 7.56 \text{ \AA}$ ,  $Z = 4$ 。晶体呈  
柱状、薄板状、针状(如90页图), 集合体呈块状或放射状。

颜色黑色、黑褐色、黄色、浅棕色、红褐色、紫红色。  
条痕黑褐色、黄色、红褐色。金刚光泽，油脂光泽，呈似晶  
体产出的具半金属光泽，  
有的甚至无光泽。解理沿



(010)，似晶体的解理不  
明显。贝壳状断口。性脆。  
具弱电磁性。硬度 4.5—  
6.5。比重 5.0—5.4。不  
透明到半透明，晶质易解  
石半透明到透明。介电常

数 4.4—4.8。在 X 光下发黄光。

二轴晶 (+)，少数亚种为二轴晶 (-)， $N_g = 2.34$ ， $N_p = 2.28$ ， $N_g - N_p = 0.06$ ，多色性  $N_g$ —褐色， $N_m$ —棕  
褐色， $N_p$ —棕黄色。2V—76°±，易解石多呈似晶体产出，  
为酸性副质体， $N = 2.15—2.27$ 。薄片下棕褐色、浅褐色，  
有的呈红褐色、暗樱桃红色。

HCl，HNO<sub>3</sub> 中部分溶解，浓 HCl 长期加热可完全溶解。  
易溶于 H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>，HF，浓 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 或 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 中。

易解石及其亚种的稀土配分值为：

易解石 (轻 RE)：La<sub>0.4</sub>Ce<sub>0.3</sub>Pr<sub>0.1</sub>Nd<sub>0.25</sub>Sm<sub>0.1</sub>Eu<sub>0.2</sub>Gd<sub>0.2</sub>Tb<sub>0.4</sub>  
Dy<sub>0.2</sub>Ho<sub>0.2</sub>Er<sub>0.15</sub>Tu<sub>0.1</sub>Yb<sub>0.1</sub>Lu<sub>0.1</sub>Y<sub>0.1</sub>

轻易解石：La<sub>0.2</sub>Ce<sub>0.25</sub>Pr<sub>0.15</sub>Nd<sub>0.25</sub>Sm<sub>0.1</sub>Eu<sub>0.3</sub>Gd<sub>0.6</sub>Tb<sub>0.1</sub>  
Dy<sub>0.1</sub>Ho<sub>0.1</sub>Er<sub>0.1</sub>Tu<sub>0.1</sub>Yb<sub>0.1</sub>Lu<sub>0.1</sub>Y<sub>0.1</sub>

铈易解石：La<sub>0.4</sub>Ce<sub>0.4</sub>Pr<sub>0.1</sub>Nd<sub>0.1</sub>Sm<sub>0.1</sub>Eu<sub>0.1</sub>Gd<sub>0.1</sub>Tb<sub>0.1</sub>Dy<sub>0.1</sub>  
Ho<sub>0.1</sub>Er<sub>0.1</sub>Yb<sub>0.1</sub>Y<sub>0.1</sub>

铈易解石：La<sub>0.4</sub>Ce<sub>0.4</sub>Pr<sub>0.1</sub>Nd<sub>0.1</sub>Sm<sub>0.1</sub>Eu<sub>0.1</sub>Gd<sub>0.1</sub>Tb<sub>0.1</sub>  
Dy<sub>0.1</sub>Ho<sub>0.1</sub>Er<sub>0.1</sub>Tu<sub>0.1</sub>Yb<sub>0.1</sub>Lu<sub>0.1</sub>Y<sub>0.1</sub>

铁易解石:  $\text{La}_{2.2}\text{Ce}_{2.9}\text{Pr}_{6.7}\text{Nd}_{3.6}\text{Sm}_{11.4}\text{Eu}_{2.1}\text{Gd}_{0.2}\text{Tb}_{0.2}$   
 $\text{Dy}_{1.7}\text{Ho}_{0.4}\text{Er}_{1.7}\text{Tm}_{0.2}\text{Yb}_{0.9}\text{Y}_{2.7}$

钽易解石:  $\text{La}_{11}\text{Ce}_{33.8}\text{Pr}_{6.6}\text{Nd}_{18.4}\text{Sm}_{4.5}\text{Eu}_{0.5}\text{Gd}_{1.7}\text{Tb}_{0.7}$   
 $\text{Dy}_{2.8}\text{Ho}_{0.8}\text{Er}_{1.5}\text{Tm}_{0.3}\text{Yb}_{1.5}\text{Lu}_{2.2}\text{Y}_{1.5}$

铈易解石:  $\text{La}_{7.5}\text{Ce}_{65.6}\text{Pr}_{7.6}\text{Nd}_{17.5}\text{Sm}_{0.2}\text{Gd}_{0.7}\text{Tb}_{0.05}$   
 $\text{Dy}_{0.4}\text{Ho}_{0.1}\text{Er}_{0.2}\text{Y}_7$

易解石的X光粉晶数据如下表:

天然或拟易解石 加热100℃		品质易解石 加热1100℃		人工合成 $\text{CeNbTi}_2\text{O}_7$	
I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)
—	5.54	—	—	—	—
7	4.57	—	—	—	—
7	4.37	—	—	—	—
1	4.06	—	—	—	—
1	3.86	—	—	—	—
1	3.76	—	—	—	—
1	3.11	—	—	2	3.11
10	3.03	6	3.04	8	3.03
9	2.90	10	2.98	10	2.98
2	2.81	2	2.83	—	—
3	2.60	3	2.69	4	2.70
1	2.568	—	—	1	2.63
2	2.450	1	2.47	1	2.44
1	2.042	2	2.28	3	2.30
1	2.368	—	—	—	—
1	2.220	2	2.23	1	2.25
1	2.164	1	2.163	1	2.17
1	2.078	—	—	2	2.09
3	2.027	2	2.036	5	2.05
1	1.965	1	1.971	2	1.967
1	1.926	—	—	1	1.935

易解石及其亚种的化学成分如下表(%)。

名称 成分	易解石 (钙正长石) (花岗岩中)	钙易解石	钠易解石 (碱性长 石交代 花岗岩 中)	钙易解石 (花岗岩 中)	钠易解石 (碱性长 石交代 花岗岩 中)	钙易解石 (云母正长 岩外带花 岗岩中)	钠易解石 (长石岩 的石英岩 中)
WtO	0.12	—	痕迹	痕迹	痕迹	—	0.30
CaO	5.16	6.05	3.54	4.64	痕迹	2.73	7.15
SrO	—	—	—	0.30	—	—	—
MgO	0.10	0.55	0.06	痕迹	0.28	0.10	—
FeO	2.44	2.01	—	—	—	—	—
K <sub>2</sub> O	1.95	—	—	0.77	—	—	—
Na <sub>2</sub> O	—	—	6.78	0.28	1.45	1.50	7.68
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.12	2.83	0.15	1.03	0.07	0.50	7.37
Ca <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	11.53	—	—	—	—
CaO <sub>2</sub>	8.02	—	—	—	—	—	—
[Ce] <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.92	0.04	10.01	22.00	33.05	10.94	18.89
[Y] <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.11	25.14	0.70	—	—	—	—
ThO <sub>2</sub>	8.20	1.52	2.15	1.82	11.48	29.50	1.83
UO <sub>2</sub>	7.22	—	—	—	—	—	—
U <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	4.30	0.03	—	0.03	0.93	—
SiO <sub>2</sub>	0.09	0.54	0.55	0.25	—	0.29	—
TiO <sub>2</sub>	24.89	21.41	12.13	16.59	32.55	29.55	10.70
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	24.68	28.93	41.13	17.07	15.56	16.15	45.42
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.07	5.54	0.51	22.13	1.45	0.55	—
K <sub>2</sub> O	—	—	—	—	0.18	—	—
Na <sub>2</sub> O	—	—	—	—	0.18	—	—
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2.24	2.40	0.64	1.56	2.61	2.28	0.89
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.50	—	0.10	0.28	—	—	0.07
F	—	—	—	—	—	0.20	—
总失重	—	—	—	—	—	—	—
总计	100.00	99.12	100.42	99.97	99.39	100.42	100.48
比重	4.98	—	5.3	5.87	5.00	5.25	—

续表

半晶质绿帘易解石 加热1100℃		晶质易解石 加热1100℃		人工合成 $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$	
I	$\alpha$ (Å)	I	$\alpha$ (Å)	I	$\alpha$ (Å)
4	1.879	8	1.891	4	1.838
1	1.855	1	1.883	2	1.869
1	1.832	—	—	1	1.839
1	1.734	1	1.725	—	1.731
—	1.736	—	—	2	1.743
4	1.708	3	1.713	5	1.718
1	1.647	2	1.661	1	1.651
2	1.604	5	1.604	7	1.603
3	1.597	—	—	—	—
1	1.564	—	—	—	—
4	1.548	8	1.556	5	1.550
—	—	—	—	8	1.548
1	1.523	—	—	—	—
3	1.513	7	1.508	5	1.535
2	1.481	2	1.483	2	1.487
2	1.432	—	—	2	1.439
—	—	1	1.377	—	—
1	1.346	1	1.293	—	—
1	1.283	—	—	—	—
3	1.211	—	—	—	—

条件:  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $D=148\text{mm}$ 。

易解石的差热曲线如94页上图。

易解石及其亚种广泛见于花岗岩、花岗伟晶岩、碱石正长岩和云霞正长岩等碱性岩及其伟晶岩中。

花岗岩和花岗伟晶岩中的易解石常与铁铈石、钮金红石、独居石、磷钨矿、褐帘石、黑稀金矿、磁铁矿、黄玉、萤石、绿柱石、电气石、磷灰石等共生。

花岗岩与白云岩的外接触带中的易解石与白云母、方解



颜色黑色。条痕暗褐色。半金属光泽。无解理或平行(100)和(010)的不清楚解理。页状断口。性脆。硬度6.5。比重4.77—4.85。

似晶体产出。具均质性， $N = 2.215$ 。薄片呈浅红褐色。溶解于 $H_2SO_4$ 及 $HF$ 。

化学成分如下表(%)

成 分	含 量	成 分	含 量	成 分	含 量
$Na_2O$	0.50	$(Y, Zr)_2O_3$	2.56	$SrO_2$	0.15
$K_2O$	0.77	$UO_2O_3$	5.54	$SiO_2$	0.45
$MgO$	0.15	$La_2O_3$	5.13	$TiO_2$	18.30
$CaO$	8.08	$Al_2O_3$	0.12	$Nb_2O_5$	11.50
$ZrO$	1.32	$Fe_2O_3$	7.69	$Ta_2O_5$	1.35
$FeO$	2.04	$TaO_2$	3.52	$U_3O$	0.28
$PbO$	0.39	$ZrO_2$	29.71	总 计	100.10

铈铈铈矿的X光粉晶数据如下表：

I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)
10	2.84	5	1.55	2	1.149
3	2.61	5	1.53	1	1.115
4	2.52	2	1.45	3	1.050
8	1.82	1	1.260	3	1.033
5	1.75	6	1.170	2	0.935

铈铈铈矿产于正长岩，辉石正长岩及碱性伟晶岩中。与磁铁矿、烧绿石、锆石、榍石、霞石、正长石、普通辉石等共生。

# 独居石矿 (Y,Th)Tl<sub>2</sub>(O,OH)<sub>2</sub>(F)

斜方晶系。晶形柱状。

颜色黑色。极薄的碎片透黄光。晶形表面呈暗淡光泽；而在断口处为沥青光泽。断口半贝状至小平坦状。硬度5.5—6。比重4.8。具电感性。

均质及弱非均质体。折光率N=2.12—2.15。薄片呈浅黄色，几乎无色。

易溶于HF，溶于热浓H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>。

化学成分见下表（%）

成 分	含 量	成 分	含 量	成 分	含 量
(Ce) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.32	UO <sub>2</sub>	0.64	MnO	0.18
(Y) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23.37	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	48.72	MgO	痕
WO <sub>3</sub>	1.87	SiO <sub>2</sub>	痕	FeO <sup>+</sup>	4.36
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	有	CO <sub>2</sub>	0.68	Li <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.10
Ti <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	痕	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.44	总 量	100.57
ThO <sub>2</sub>	2.75	PhO	0.48		
UC <sub>2</sub>	1.98	CaO	1.83		

独居石矿罕见。仅见于花岗岩伟晶岩中，研究程度很差。

## 独居石矿

颜色黄色，深黄色。玻璃光泽到油脂光泽。解理不发育。

二轴晶（-），Nm>1.85，光轴角中度，多色性弱。内反射黄色，反射率低于磁铁矿。

化学成分为（%）：

Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	35.01	TiO <sub>2</sub>	26.03
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	≥21.73	Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.71
Pr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.51	Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	未测

La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2.3; CaO 1.3;  
FeO 1.0.

X光粉晶数据为:

10(3.57)<sub>1</sub>; 1(3.31)<sub>1</sub>; 2(2.428)<sub>1</sub>;  
1(2.375)<sub>1</sub>; 3(1.904)<sub>1</sub>; 5(1.729)<sub>1</sub>;  
3(1.686)<sub>1</sub>; 5(1.504)<sub>1</sub>; 1(1.387)<sub>1</sub>;  
1(1.354)<sub>1</sub>; 3(1.284)<sub>1</sub>; 2(1.177)<sub>1</sub>.

铈铈矿产于热液矿床中。

#### 四 稀土硼酸盐类

水钠钙硼石  $8(\text{Ca}, \text{Na}_2)\text{O} \cdot \text{Ce}_2\text{O}_3 \cdot 12\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

六方晶系;  $a_0=12.258 \text{ \AA}$ ;  $c_0=7.377 \text{ \AA}$ ;  $Z=1$ 。晶体呈六方板状, 有一个柱面和轴面。比重2.993。

颜色无色至白色。玻璃光泽。

易溶于HCl, HNO<sub>3</sub>及H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>中。

一轴晶(+)<sub>c</sub>。Ne=1.646±0.002; Ne=1.647±0.002;  
Ne<sub>1</sub>·Ne=0.091±0.002。

化学成分如下表(%)

成 分	含 量	成 分	含 量	成 分	含 量
CaO	21.8	Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.64	Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.250
Na <sub>2</sub> O	1.63	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.07	Hf <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.054
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	43.3	Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.37	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.081
K <sub>2</sub> O*	7.75	Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.041	Ti <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.023
K <sub>2</sub> O*		Eu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.030	V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.018
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.50	Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.323	Yb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.010
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.57	Tb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.103	总 计	100.00

X光粉晶数据如下表:

$\tau$	$d$ (Å)	$\tau$	$d$ (Å)	$\tau$	$d$ (Å)
3	19.52	2	2.7106	3	1.9117
1	7.581	2	2.7072	4	1.8605
2	6.074	1	2.6300	1	1.7603
2	6.050	2	2.3418	2	1.7514
2	5.345	1	2.4786	1	1.7406
1	4.636	1	2.4588	1	1.5470
10	4.293	1	2.3151	1	1.4207
1	3.883	2	2.3260	1	1.4158
1	3.595	3	2.1480	1	1.2926
5	3.163	2	2.0914		
4	3.153		2.0186		
9	3.021	1	2.0130		
1	2.9199	1	1.9505		
5	2.8090	1	1.9156		

水铈钙硼矿产于钨盐矿床上部的硬石膏层中,与白云石、食盐、少量黄铁矿、石英、云母、磁铁矿等组成结核球。

**硅硼钙土矿**  $\text{Ca}_2\text{TR}_2(\text{Ti, Al, Fe})\text{B}_4\text{Si}_4\text{O}_{24}$

单斜晶系,  $a_0=17.98\text{ Å}$ ,  $b_0=4.71\text{ Å}$ ,  $c_0=10.39\text{ Å}$ ,  $\beta=100^\circ 45'$ ,  $Z=2$ 。矿物呈扁平柱状或片状晶体集合成的球体。

颜色暗褐色、灰褐色。玻璃光泽。无解理。硬度 6。比重 3.73。

二轴晶(-), 有时为(+).  $N_g=1.763$ ,  $N_p=1.750$ ,  $2V=83^\circ$ ,  $c \wedge Ng 25^\circ$ 。具钠长石型裂片双晶。

化学成分见下表(%)

成 分	含 量	成 分	含 量	成 分	含 量
SiO <sub>2</sub>	25.81	TR <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	34.07	SnO	0.24
TiO <sub>2</sub>	8.72	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.12	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.27
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.56	MnO	0.4	总 计	100.03
BaO	0.26	MgO	痕		
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.56	CaO	13.00		

稀土配分值为: La<sub>6.45</sub> Ce<sub>22.8</sub> Pr<sub>3.22</sub> Nd<sub>15.7</sub> Sm<sub>2.5</sub> Gd<sub>1.6</sub> Dy<sub>6.5</sub> Ho<sub>1.65</sub> Er<sub>4.2</sub> Tm<sub>0.22</sub> Yb<sub>1.57</sub> Lu<sub>0.02</sub> Y<sub>24.90</sub>

在差热曲线上, 900℃附近有一个吸热效应。

X光粉晶数据见下表:

I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)
3	4.57	5.5	3.16	2	1.412
2	3.48	1.5	1.977	1.5	1.801
2	3.23	5.5	1.973	1	1.834
8	2.94	2	1.792	2	1.173
2, 5	2.88	1.5	1.729	1.5	1.115
10	2.65	3	1.655		
2	2.38	2	1.616		

条件: Cu Kα靶, D=57.3mm。

硅硼稀土矿产于萤石-石英-微斜长石伟晶岩脉中。与电气石、钠铁闪石、绿帘石等共生。

## 五 稀土硫酸盐类

### 水合钙钽矾 YCa<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>F<sub>12</sub>·10H<sub>2</sub>O

等轴晶系, 空间群T<sub>h</sub><sup>h</sup>-Fd<sub>3</sub>, a<sub>0</sub>=16.60 Å。品形为立方体和八面体之聚形, 常呈针簇出现(见100页图)。

无色透明, 或瓷白色, 油脂光泽, 玻璃光泽。沿(111)解理清晰。性脆, 不平坦断口。硬度3。比重2.274—2.358。



光性异常不均质性，  
 $N = 1.440 - 1.442$ ，灰色干涉色，有带状结构。  
 易溶于HCl和H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>，  
 化学成分见下表(%)

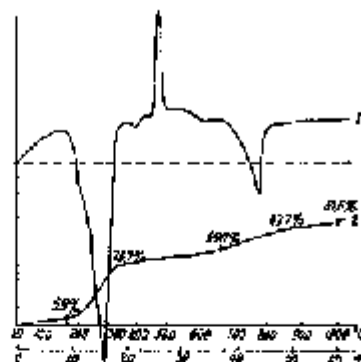
成 分	含 量	成 分	含 量
TiO <sub>2</sub>	18.12	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	11.00
SiO <sub>2</sub>	10.80	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	12.20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.70	F	27.28
CaO	21.00	-O <sup>2-</sup>	11.71
MgO	0.44	总 计	99.93

稀土配分值为：La<sub>5</sub> Ce<sub>1</sub> Pr<sub>1</sub> Nd<sub>1.2</sub> Sm<sub>1.2</sub> Eu<sub>0.2</sub>  
 Gd<sub>0.5</sub> Tb<sub>0.4</sub> Dy<sub>4</sub> Ho<sub>1.0</sub> Er<sub>1.7</sub> Tm<sub>0.3</sub> Yb<sub>1.2</sub> Lu<sub>0.2</sub> Y<sub>41.6</sub>  
 X光粉晶数据见下表

I	d (Å)	J	d (Å)	I	d (Å)
7	4.356	10	1.874	0	1.848
4	3.953	3	1.758	5	1.738
9	3.361	8	1.654	6	1.701
8	2.648	9	1.615	6	1.571
7	2.504	7	1.606	8	1.487
9	2.572	3	1.534	0	1.429
5	2.359	6	1.512	2	1.417
5	2.245	6	1.430	4	1.337
10	2.158	6	1.417	4	1.361
4	1.983	4	1.351	4	1.337
5	1.978	8	1.307	5	1.338

条件：FeK<sub>α</sub>，D=57.3mm。

水氟钙钒矾的差热和失重曲线如下图，



水氟钙钒矾产于辉钼矿—黑钨矿矿脉的氧化带中，与多水高岭土、萤石、钙铝钒石、钼氟石膏、钼矾、褐铁矿共生。

## 六 稀土矾酸盐类

### 钒钇矿 $Y(VO_4)$

四方晶系，空间群  $D_{2d}^{19} - 4A_2/amd$ ， $Z=4$ 。  $a_0=7.10\text{ \AA}$ ， $c_0=6.30\text{ \AA}$ 。

具钨石结构。

浅黄褐色。比重4.26。

一轴晶(+)。  $N_o=2.00$ ，  $N_e=2.14$ ，  $N_e-N_o=0.14$ 。

化学成分主要由 Y 和 V 组成。含微量 U。可能由于绿泥石的混入，分析时尚含有少量 Fe 和 Si。

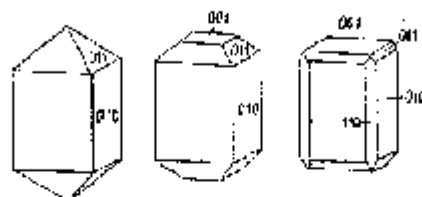
X 光粉晶数据为：4.67(5)，3.56(10)，2.68(6)，2.322(3)，2.214(3)，1.825(5)

钒钇矿产于花岗岩伟晶岩中，与长石、石英、黑云母、绿泥石、褐帘石、泡铈矿等共生。

## 七 稀土磷酸盐

### 铈矿 $Y[AsO_4]$

正方晶系，空间群 $P4_2/amn$ ， $a_0=7.0524\text{Å}$ ， $c_0=6.3061\text{Å}$ ， $a_0/a_c=0.8982$ ， $Z=4$ 。



晶体呈正方双锥或正方双锥与正方柱的聚形。通常因颗粒细小，呈细晶集合体产出。

颜色淡黄白色、乳白色。条痕无色。玻璃光泽透明至半透明。解理平行 $\{010\}$ 完善。性脆。具中等电感性，电磁性较磷钨矿强。硬度4.0—4.4，比重4.4。

一轴晶(+)， $N_c=1.765$ ， $N_e=1.845$ ， $N_e-N_o=0.080$ ，薄片无色透明，具弱多色性， $N_e$ —无色到淡黄， $N_o$ —淡粉红色。

不溶于稀酸。

化学成分见下表(%)。

成 分	含 量	成 分	含 量	成 分	含 量
$TR_2O_3$	48.89	$Fe_2O_3$	0.37	$As_2O_5$	20.14
$U_3O_8$	0.11	$Al_2O_3$	1.96	$P_2O_5$	1.60
$ThO_2$	0.74	$ZnO$	0.33	$V_2O_5$	1.81
$Zr(Hf)O_2$	0.058	$MgO$	0.45	$SiO_2$	0.97
$Nb_2O_5$	0.05	$CaO$	0.19	总 计	100.068
$Ta_2O_5$	0.01	$TiO_2$	0.28		

稀土配分值为:  $\text{La}_2\text{O}_3 0.06$   $\text{CeO}_2 0.51$   $\text{Pr}_2\text{O}_3 0.29$   $\text{Nd}_2\text{O}_3 1.14$   
 $\text{Sm}_2\text{O}_3 0.22$   $\text{Gd}_2\text{O}_3 6.57$   $\text{Tb}_2\text{O}_3 1.02$   $\text{Dy}_2\text{O}_3 10.41$   $\text{Ho}_2\text{O}_3 1.25$   
 $\text{Er}_2\text{O}_3 0.15$   $\text{Tm}_2\text{O}_3 1.12$   $\text{Yb}_2\text{O}_3 0.13$   $\text{Lu}_2\text{O}_3 0.87$   $\text{Y}_2\text{O}_3 0.83$   
 X光粉晶数据如下表:

I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)
2	4.86	1	1.865	3	1.272
10	3.51	9	1.818	2	1.176
5	2.655	3	1.762	4	1.135
4	2.463	4	1.58	5	1.118
1	2.345	4	1.474	3	1.037
3	2.194	3	1.434		
1	2.057	5	1.355		

铈钨矿产于蚀变白云母花岗岩中,与石英白云母、锆石、磷钨矿等连生。

也见于流纹斑岩内的石英红帘石细脉中,与红帘石、石英、赤铁矿、铁铁矿、软锰矿、钠长石等共生。

铈钨矿易与磷钨矿相混,主要以成分相区别。

**铈铝钨钨石**  $(\text{Sr,Ce})\text{Al}_2(\text{OH})_2(\text{AsO}_4)(\text{PO}_4)(\text{SO}_4)$

三方晶系,  $a_0 = 7.027 \text{ \AA}$ ,  $c_0 = 16.51 \text{ \AA}$ ,  $Z = 3$ 。晶形呈菱面体,假六方形。

颜色无色、黄褐色。透明。解理(001)不清楚。硬度5.5。比重3.63。具弱磁性。

轴晶( ),  $N_0 = 1.701$ ,  $N_2 = 1.707$ ,  $N_0 - N_2 = 0.006$ ,薄片呈灰褐色。

稀土配分值为:  $\text{La}_2\text{O}_3 0.05$   $\text{Ce}_2\text{O}_3 0.06$   $\text{Nd}_2\text{O}_3 0.77$   
 $\text{Sm}_2\text{O}_3 0.88$

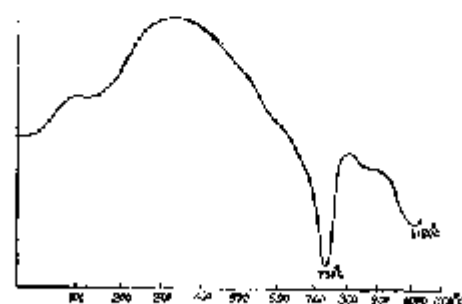
化学成分如下表(%):

成 分	含 量	成 分	含 量
MgO	6.06	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21.57
CaO	6.00	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	6.60
SrO	3.27	SO <sub>3</sub>	5.85
2R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.06	SiO <sub>2</sub>	2.13
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27.24	H <sub>2</sub> O	12.64
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.98	总 计	93.19

X光粉晶数据如下表:

I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)
7	5.71	4	2.448	1	1.712	4	1.432
1	3.49	1	2.279	2	1.576	5	1.456
1	4.52	3	2.208	1	1.531	2	1.422
9	3.514	4	2.168	5(宽)	1.655	3	1.375
10	2.150	8	2.018	1	1.538	3	1.363
2	2.250	9	1.903	1	1.541	3	1.329
5	2.751	8	1.757	1	1.504	6	1.232

钾铝硅铀石的差热曲线见下图。



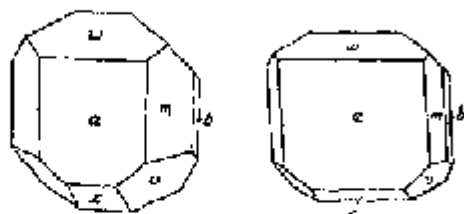
钾铝硅铀石产于高岭石化的石英斑岩中,与锆石、锐钛

矿、磷灰石、金红石、独居石等共生。

## 八 稀土磷酸盐类

### 独居石 $\text{CePO}_4$

单斜晶系，空间群  $C_{2h}^2 \rightarrow P2_1/a$ ,  $a_0 = 6.79 \text{ \AA}$ ,  $b_0 = 7.04 \text{ \AA}$ ,  $c_0 = 6.47 \text{ \AA}$ ,  $Z = 4$ 。常沿 (001) 发育成板状晶体，有时沿 (010) 呈针状晶体，少数呈柱状或锥状（见下图）。



颜色褐色、黄绿、黄棕、棕红、深黄、橙黄至黄色、浅黄色等。玻璃光泽，有时呈油脂光泽。透明至半透明。条纹白色或浅红黄色。解理沿 (001) 完全，沿 (100) 清楚，沿 (010) 不完全。贝壳状或不平坦状断口。硬度 5。

独居石介电常数 4.45—6.69，比磁化系数 12.75—10.58。

二轴晶 (+)，2V 小。由于独居石的产状不同，物理性质、光学性质及化学成分均有差异。见下表：

性质	物理性质			光学性质		
产状	颜色	比重	其他性质	折光率	2V	薄片颜色
板状型独居石	橙黄至深黄	5.158—5.217	具有电感性及放射性	$N_g = 1.866$ $N_m = 1.7933$	$10^\circ \pm$	浅黄色，具干涉色
针状型独居石	棕红	5.084	具放射性，系系棕红色	$N_g = 1.8467$ $N_p = 1.7954$ $N_m$ 与 $N_p$ 接近	甚小	红褐色，不透明
柱状型独居石	黄、黄绿、黄、黄绿	4.920	放射性弱	$N_g = 1.85$ $N_p = 1.78$	$< 10^\circ$	透明，无色或浅黄

独居石难溶于 HCl，溶于磷酸和过氧酸。其化学成分如表：

成分 \ 类型及含量 (%)	岩型独居石	伟晶型独居石	热液型独居石
SiO <sub>2</sub>	3.64	2.57	未定
TiO <sub>2</sub>	8.14	—	—
ZrO <sub>2</sub>	6.70	—	—
ThO <sub>2</sub>	0.01	18.10	0.34
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	5.42	—
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	5.73	0.16
FeO	1.36	—	—
MnO	痕迹	—	痕迹
MgO	0.03	0.28	痕迹
CaO	痕迹	2.70	0.65
(Nb+Ta) <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.90	—	—
(Ce) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	56.62	48.05	57.53
(Y) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.52	1.75	0.23
U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	—	—	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	23.16	25.04	23.00
烧失量	0.05	0.22	2.07
不溶物	—	—	0.37
总 计	89.77	86.75	90.84

稀土配分值为：

岩型独居石：La<sub>21.8</sub> Ce<sub>42.1</sub> Pr<sub>5.1</sub> Nd<sub>18.5</sub> Sm<sub>0.2</sub> Y<sub>1.5</sub>

伟晶型独居石：La<sub>19.9</sub> Ce<sub>43.9</sub> Pr<sub>5.4</sub> Nd<sub>17.8</sub> Sm<sub>0.8</sub> Eu<sub>0.5</sub> Y<sub>3.6</sub>

热液型独居石：La<sub>21.7</sub> Ce<sub>41.3</sub> Pr<sub>4.3</sub> Nd<sub>13.8</sub> Sm<sub>1.2</sub> Y<sub>1.5</sub>

X光粉品数据如下表:

$\theta$	$d(\text{\AA})$	$\theta$	$d(\text{\AA})$	$\theta$	$d(\text{\AA})$	$\theta$	$d(\text{\AA})$	$\theta$	$d(\text{\AA})$
2	4.65	2	2.966	1	1.810	2	1.601	1	1.185
4	4.18	7	2.858	6	1.666	1	1.537	2	1.154
1	3.846	8	2.813	4	1.765	1	1.478	1	1.147
2	3.486	8	2.487	8	1.725	8	1.368	1	1.125
1	3.368	8	2.368	4	1.664	5	1.337	8	1.103
7	3.292	7	2.146	1	1.643	5	1.277	2	1.0463
10	3.056	6	1.967	1	1.622	5	1.222	1	1.0202

独居石分布很广, 主要产状如下:

1. 在花岗岩中作为副矿物, 与长石、黑云母、锆石、磁铁矿、钛铁矿等共生。

2. 在伟晶岩中常与褐帘石、锆石、黑钨矿、易解石、铌铁铀矿、铌铁矿、铌金红石、磷钨矿、绿柱石等共同产出。

3. 产于镁矽酸盐岩中的常与斜硅铈石、透辉石、金云母、磷灰石等共生。

4. 产于气成热液矿床中的又可细分为: 在云英岩及石英长石脉中, 与石英、云母、长石、有时黑钨矿等共生; 碳酸盐型矿石中, 与方解石、白云石、磷灰石、萤石、金云母、磁铁矿、钠闪石等共生; 铁矿石中, 与磁铁矿、赤铁矿、重晶石、磷灰石、石英等共生。

5. 产于热液方解石石英脉中, 与重晶石、萤石、云母、角闪石、黄铁矿等共生。

6. 广泛见于混合岩、片麻岩、片岩, 以及大理岩等变质岩中。

7. 见于各种类型砂矿中。

独居石颇似榍石, 区别在于前者的折光率及色散均不及

后者圆，形状也有差别，榍石多呈楔形。独居石与锆石也易混淆，但前者折光率比后者低，并为二轴晶。独居石还以 $2V$ 小区别于类似矿物。独居石与磷钇矿区别在于磷钇矿折光率较小，近于1.720，独居石折光率一般大于1.780。磷钇矿难溶于过氧酸，独居石十分钟可溶解完。

亚种有富钍独居石，硫独居石，网顶石，含水稀土硅磷酸盐，兹分述于下：

### 富钍独居石 $(\text{Th}, \text{Ca}, \text{U})(\text{P}, \text{Si})\text{O}_4$

单斜晶系， $a_0=6.74 \text{ \AA}$ ， $b_0=7.00 \text{ \AA}$ ， $c_0=6.43 \text{ \AA}$ ， $\beta=104^\circ 6'$ 。

浅绿色到暗绿色。玻璃光泽到树脂光泽。断口不平坦。解理(010)清楚。硬度5。比重5.9±0.1。

薄片中铁绿色，二轴晶(+)， $N_g=1.816$ ， $N_m=1.780$ ， $N_p=1.779$ ， $N_g-N_p=0.037$ ， $2V=18^\circ$ ， $c \wedge N_g=7^\circ$ 。

化学成分为(%)： $\text{P}_2\text{O}_5 36.80$ ， $\text{SiO}_2 2.10$ ， $\text{ThO}_2 31.80$ ， $\text{U}_3\text{O}_8 4.05$ ， $\text{Ce}_2\text{O}_3 14.21$ ， $[\text{Y}]_2\text{O}_3 + [\text{La}]_2\text{O}_3 13.35$ ， $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 痕迹， $\text{Al}_2\text{O}_3$ 痕迹， $\text{CaO} 6.20$ ， $\text{PbO} 0.92$ ， $\text{H}_2\text{O}^+ 0.06$ ，总计99.39%。

富钍独居石的主要X光粉晶数据为：

3.07(很强)，4.14(中强)，8.26(强)，2.36(强)。

### 硫独居石

单斜晶系， $a_0=6.78 \text{ \AA}$ ， $b_0=6.93 \text{ \AA}$ ， $c_0=6.45 \text{ \AA}$ 。

球粒状，棕褐色到黑色。矿物粉末黄白色到无色。脂肪光泽。硬度5。比重4.54。

薄片中铁褐色。二轴晶(-)， $N_g=1.776$ ， $N_m=N_p=1.730$ ， $2V$ 约 $8^\circ$ 。

化学成分为(%)： $\text{CaO} 4.80$ ， $\text{Fe}_2\text{O}_3 6.10$ ， $\text{Th}_2\text{O}_3 50.61$ ，

SiO<sub>2</sub>0.70; ThO<sub>2</sub>5.77; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>25.84; SO<sub>3</sub>3.12; H<sub>2</sub>O3.50; 其他0.23; 总计100.47%。

稀土配分值为: Ce<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 92.70; La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 4.31; Pr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3.40; Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 6.94; Sm<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1.55; Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1.68; Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.79%。

硫独居石的X光粉晶主要数据为:

2.830 (10); 3.070 (9); 4.13 (8); 2.128 (8 宽) 3.260 (4); 1.867 (4); 1.734 (4)。

此矿物产于碱性超基性岩体外接触带的碳酸盐或石英碳酸盐岩石中, 与黄铁矿、重晶石、天青石等共生。

**刚顶石** 2Ce<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·3ThO<sub>2</sub>·2SiO<sub>2</sub>·2P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>·8H<sub>2</sub>O

斜方晶系(?), 斜方柱与锥体聚形。多为板状及不规则形状。

颜色有黄绿、棕红、灰白、乳白、灰黑等, 色调不均匀。贝壳状到参差状断口。暗淡到油脂光泽。条痕黄到黄褐色。硬度4.2—5.0。比重4.1—4.4。

薄片呈浅黄色, 二轴晶(+), 2V≈10°。正延性。

矿物溶于HCl、H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>。

化学成分为(%) : ThO<sub>2</sub>41.40; [Ce]<sub>2</sub>O<sub>3</sub>20.60; [Y]<sub>2</sub>O<sub>3</sub>0.16; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>16.35; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>4.55; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>2.42; TiO<sub>2</sub>0.05; CaO 2.46; PbO 0.04; SiO<sub>2</sub> 3.02; H<sub>2</sub>O (7.64) 总计98.69%。

X光粉晶数据如下表:

I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)
6.1	4.63	0.5	2.57	7	1.72	1	1.52	5	1.67
6.1	3.45	0.5	2.41	10	1.66	2	1.27	0.5	1.02
2	3.12	7	2.16	0.5	1.66	1	1.23	0.5	0.904
6	2.94	10	1.96	0.5	1.52	1	1.21	6	0.943
2	2.84	8	1.88	0.5	1.45	4.5	2.13	4	0.981

### 含水稀土硅磷酸盐 (?)

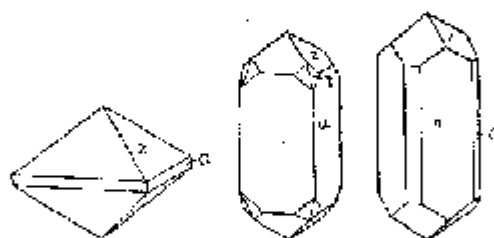
粘土状物质，姜黄色。比重2.90。折光率  $N=1.647$ 。化学成分为(%)， $\text{MgO}$ 1.90； $\text{CaO}$ 6.61； $\text{MnO}$ 0.64； $\text{FeO}$ 未测； $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 10.61； $(\text{La}, \text{Nd})_2\text{O}_3 + \text{Ce}_2\text{O}_3$ 32.00； $\text{TiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ 1.99； $\text{SiO}_2$ 18.84； $\text{P}_2\text{O}_5$ 15.87；烧失量6.51； $\text{H}_2\text{O}$ 6.06；总计100.34%。

X光粉晶数据与独居石的X光粉晶数据近似。

含水稀土硅磷酸盐产于伟晶岩中，与钠长石、磷灰石、锆石等共见于伟晶岩晶洞中。

### 磷钇矿 $\text{YPO}_4$

四方晶系，空间群  $D_{2d}^{11}-I41/amd$ ； $a_0=6.89 \text{ \AA}$ ； $c_0=6.04 \text{ \AA}$ ； $Z=4$ 。



晶体呈四方双锥，四方柱与四方双锥的变形，有时亦呈粒状。晶形与锆石相似，常与锆石呈连晶。

颜色浅褐色、棕黄色、白色、红色。条纹浅褐色、黄色、无色。玻璃光泽或油脂光泽。平行(110)解理清楚。不平坦断面。性脆。常具放射性及强电磁性。硬度4—5，比重4.4—4.8。

一轴晶(+)， $N_g=1.721$ ， $N_e=1.816$ ； $N_g - N_e=0.095$ ，薄片无色透明，有时边缘浅黄、浅褐色。具弱多色性。

$N_2$ —浅黄褐色； $Ne$ —黄褐色。干涉色达四级以上，并常呈带状分布。柱状切面为平行消光。正延长。

溶于热浓 $H_3PO_4$ 及 $H_2SO_4$ ，与碳酸钠和硼砂共熔时分解。

化学成分为(%)： $[Y]_2O_3$  62.13； $[Ce]_2O_3$  1.1； $P_2O_5$  31.76； $Fe_2O_3$  0.41； $Al_2O_3$  1.48； $SiO_2$  1.11； $ThO_2$  1.96； $MnO$ 、 $MgO$ 、 $CaO$ 痕迹；总计100.13%。

稀土配分值为： $La_{2.73}Gd_{1.12}Tb_{0.38}Dy_{7.77}Ho_{0.18}Er_{1.93}Tm_{0.39}Yb_{10.73}Y_{14.71}$ 。

磷钇矿的X光粉晶数据如下表：

I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)
7	8.706	6	1.870	7	2.834
8	3.543	10	1.749	7	1.293
7	2.910	8	1.703	6	1.233
5	2.580	6	1.652	5	1.213
4	2.553	4	2.492		
7	2.113	9	1.632		

磷钇矿主要产于花岗岩、花岗伟晶岩、碱性花岗岩及碱性花岗伟晶岩中。花岗岩和花岗伟晶岩中的，与独居石、硅铈钨矿、褐钨钨矿、铈钨矿、铈铁矿、黑稀金矿、褐帘石、绿柱石、磷灰石、锆石，有时与铈钨矿、铈钨矿等共生。

碱性花岗岩和碱性花岗伟晶岩中的，与铈铁矿、锡石、褐钨钨矿、铈钨矿、独居石、铈铁矿、金红石等共生。

在气成熟液脉中的磷钇矿，与方铅矿、闪锌矿、锡石、黑钨矿、绿泥石等共生。

见于砂矿中的磷钇矿，与独居石、铈铁矿、金红石、铈铁矿等共生。

此外，在云母石英片麻岩中，在前寒武系长石石英砂岩

的铁质结核中也见到磷钇矿。

磷钇矿易与锆石相混，区别在于锆石多呈长柱状，磷钇矿多呈双锥状，钇石重折率不如磷钇矿高，磷钇矿的折光率不如锆石高，磷钇矿有时见到双晶，锆石见不到双晶。此外，硬度较小，光泽较弱，透明度较好可与锡石、金红石区别。以不发荧光，晶形、没有铈的反应等与独居石区别。

### 水磷钇矿 $\text{YPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

单斜晶系，空间群  $C_{2h}^2-A2/a$ ； $a_0=5.47\text{\AA}$ ； $b_0=15.5\text{\AA}$ ； $c_0=6.29\text{\AA}$ ； $\beta=112^\circ 41'$ ， $Z=4$ 。

呈纤维放射状球体及花瓣状集合体产出。

颜色灰色、灰色、白色、无色。玻璃光泽、油脂光泽。解理沿(101)完全。贝壳断口。硬度3。比重3.14—3.27。

二轴晶(+)， $N_g=1.645$ ； $N_m=1.610$ ； $N_p=1.602$ ； $N_g-N_p=0.043$ 。光轴角不大。 $c \wedge N_g=30^\circ$ 。薄片下无色透明。

水磷钇矿的化学成分为(%)， $\text{Y}_2\text{O}_3 52.90$ ； $\text{P}_2\text{O}_5 31.15$ ； $\text{H}_2\text{O} 15.96$ ；不溶残渣0.23；总计100.24%。

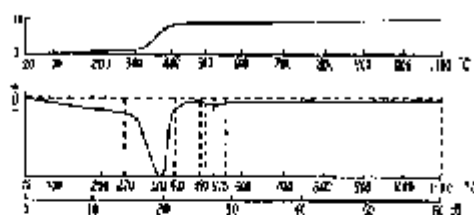
X光粉晶数据如下表：

h	k	l	$d(\text{\AA})$	h	k	l	$d(\text{\AA})$	h	k	l	$d(\text{\AA})$
1	0	0	7.55	2	0	0	2.60	2	0	0	1.98
1	0	1	6.25	2	0	1	2.52	4	0	0	1.94
0	1	0	4.84	2	0	2	2.47	4	0	2	1.853
0	1	1	4.14	3	0	0	2.44	0	1	2	1.838
0	1	2	3.78	1	0	3	2.375	0	1	3	1.78
0	1	3	3.32	1	0	4	2.17	0	1	4	1.75
0	1	4	3.03	2	0	3	2.05	0	1	5	1.65
0	1	5	2.71	3	0	0	2.00	0	1	6	1.62

条件：15°粉，D=67.8mm。

稀土配分值为:  $\text{La}_{1.1}, \text{Ce}_{2.4}, \text{Pr}_{2.6}, \text{Nd}_{2.5}, \text{Sm}_{2.0}, \text{Eu}_{0.3}, \text{Gd}_{2.5}, \text{Tb}_{1.1}, \text{Dy}_{1.2}, \text{Ho}_{2.0}, \text{Er}_{1.2}, \text{Tm}_{1.5}, \text{Yb}_{1.1}, \text{Lu}_{1.2}, \text{Y}_{5.0}$

水磷钇矿的总热曲线和脱水曲线见下图



水磷钇矿为表生矿物，见于碱性岩地区的多水高岭土，铁多水高岭土的风化壳中，呈磷钇矿假象。在热液脉中，煌斑岩的风化产物中、钙质角砾岩的磷灰石张石胶结物中，以及沉积成因的褐铁矿中都见到过。

**铈铈磷灰石**  $\text{CeNaSr}_9(\text{PO}_4)_9(\text{OH})$

六方晶系，空间群  $C_{2h}^2-P3$ ， $a_c=9.62 \text{ \AA}$ ， $c_f=7.12 \text{ \AA}$ 。柱状晶体（见右图）。

黄铜色。玻璃光泽，有时油脂光泽。硬度 5。比重 4.19。

一轴晶（-）， $N_e=1.640$ ； $N_o=1.660$ ； $N_o-N_e=0.020$ 。



易溶于  $\text{HCl}$ 、 $\text{HNO}_3$ ，化学成分为（%）： $[\text{Ce}]_2\text{O}_3$  24.60； $\text{SO}_3$  1.12； $\text{P}_2\text{O}_5$  28.88； $\text{SiO}_2$  0.20； $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0.60； $\text{MgO}$  0.16； $\text{CaO}$  5.23； $\text{SrO}$  33.60； $\text{BaO}$  0.96； $\text{Na}_2\text{O}$  3.60； $\text{K}_2\text{O}$  0.20； $\text{H}_2\text{O}$  0.89；总计 99.44%。

稀土配分值为： $\text{La}_{2.5}, \text{Ce}_{2.6}, \text{Pr}_{1.1}, \text{Nd}_{1.0}, \text{Sm}_{0.5}$ 。

X光粉晶数据如下表：

$h$	$a(\text{\AA})$	$l$	$d(\text{\AA})$	$h$	$d(\text{\AA})$	$l$	$d(\text{\AA})$
5	3.56	7	1.843	5 (宽)	1.816	4	1.782
6	3.28	6	1.900		1.809	3	1.706
6	3.15	7	1.843	5	1.775	6	1.773
10	2.87	7 (宽)	1.830	6	1.759	3	1.664
7	2.78		1.787	3	1.705	8	1.537
3	3.31	2	1.550		1.684	4	1.710
1	3.16	4	1.531	1	1.666		
2	2.14	4	1.434	3	1.558		
8	1.968	2	1.457	2	1.548		

条件:  $\text{FeO}$ ,  $1\tau=57.3\text{mm}$ 。

铈磷灰石产于与霞石方钠石正长岩有关的紫钙云母伟晶岩中, 与硅钠铈榴石、菱黑稀土矿、住铈钠石等共生。

地表不稳定, 变成磷稀土矿。

**铈磷灰石**  $(\text{Ca}, \text{Y})_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{F}, \text{OH})$

六方晶系,  $a_0=9.297\text{\AA}$ ;  $c_0=6.860\text{\AA}$ ;  $c/a=0.730$ 。

晶形呈六方柱。浅白绿色。玻璃光泽。比重3.183。

显微镜下无色透明。一轴晶(一)。 $N_0=1.6452$ ;  $N_e=1.6389$ ;  $N_e-N_0=0.0063$ 。

化学成分如下表:

成 分	含 量 (%)	成 分	含 量 (%)
$\text{SiO}_2$ ①	2.62	Cl	6.12
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0.56	F	2.82
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.42	$\text{H}_2\text{O}^+$	0.32
MnO	0.17	$\text{H}_2\text{O}^-$	0.28
CaO	43.82	总 计	161.69
$(\text{Ce})_2\text{O}_3$	0.32	$-\text{O}=\text{P}_2$	1.19
$(\text{Y})_2\text{O}_3$	10.65	$-\text{O}=\text{O}_2$	0.03
$\text{P}_2\text{O}_5$	40.29	总 计	160.49

注: ①为石英混入。

X光粉品数据如下表:

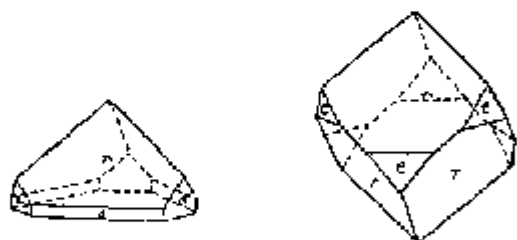
$\theta$	$d$ (Å)	$\theta$	$d$ (Å)	$\theta$	$d$ (Å)
5.6	3.434	2.6	2.241	0.3	1.741
2.2	3.166	2.5	2.509	1.3	1.741
1.5	3.375	2.5	1.939	0.3	1.939
13	2.893	1.2	1.835	0.6	1.670
4.6	2.771	2.5	2.937	0.6	2.492
3.5	2.714	0.9	1.902	2.5	1.620
2.5	3.624	1.5	1.770		

条件:  $\lambda = \text{CuK}\alpha$ ,  $M = \text{过速}$ .

钽磷灰石产于伟晶岩中, 被石英包裹。

**磷铝铈矿**  $\text{CeAl}_3(\text{PO}_4)_3(\text{OH})_6$

三方晶系, 空间群  $R\bar{3}m(K32)$ ;  $a_0 = 6.96 \text{ \AA}$ ,  $c_0 = 16.31 \text{ \AA}$ ,  $Z = 1$ 。晶形呈立方体、菱面体和锥体 (如下图)。



颜色浅黄色。油脂光泽。(0001)解理完全。半贝状断口。硬度5-6。比重3.67-3.70。

一轴晶 (+),  $N_o = 1.695-1.709$ ;  $N_e = 1.705-1.718$ ;  $N_e - N_o = 0.009$ 。

在 HCl 中部分溶解。其化学成分为 (%):  $[(\text{Ce})_2\text{O}_3]$  31.69;  $\text{P}_2\text{O}_5$  27.27;  $\text{SiO}_2$  1.15;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  24.39;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  1.46;

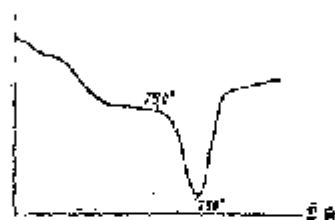
CaO 1.56; MgO 0.38; H<sub>2</sub>O 11.46; 总计90.30%。

稀土配分值为: La<sub>20.7</sub> Ce<sub>41.5</sub> Pr<sub>7.4</sub> Nd<sub>15.8</sub>。

X光粉晶数据如下表。

J	d (Å)	h	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)
7	8	2	2.709	2	1.867	2	1.464
5	6.7	3	2.438	7	1.877	3	1.430
5	3.48	4	(1.337)	4	1.728	7	1.278
5	(1.23)	5	2.201	5	1.667	7	1.182
13	2.923	5	2.166	3	1.657		

磷铝铈矿的差热曲线图如下图。



磷铝铈矿产于花岗伟晶岩中,与微斜长石、萤石、羟铍石等共生。在铁白云石碳酸岩中,见到富铈的磷铝铈矿。此外,还见于石英云母片岩及金刚石砂矿中。

**磷铈土矿**  $\text{CePO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

六方晶系,空间群  $D_6-P6_3/22$ ,  $a_0=7.055 \text{ \AA}$ ;  $c_0=6.44 \text{ \AA}$ ;  $Z=3$ 。呈土状,皮壳状及细粒集合体产出。

颜色绿色、黄色、褐色。油脂光泽,断口不平整或贝壳状。不透明。硬度3。比重3.77—4.01。

—轴晶 (+),  $N_c=1.654-1.700$ ;  $N_e=1.703-1.730$ ;  $N_e-N_c=0.03-0.05$ ; 薄片无色到褐色。多色性弱;  $N_e$ —褐色;  $N_c$ —无色。

易溶于HCl。

磷稀土矿及其亚种硅磷稀土矿的化学成分如下表：

成 分	磷稀土矿 (%)	硅磷稀土矿 (%)
$(Ce)_{21}O_3$	61.48	32.00
$P_2O_5$	24.64	15.87
$SiO_2$	3.76	13.84
$Al_2O_3$	1.13	1.90①
$Fe_2O_3$	—	19.61
MgO	—	1.30
MnO	—	0.04
CaO	—	6.51
H <sub>2</sub> O	7.70	12.27
总 计	99.52	100.24

注：①  $Al_2O_3 + TiO_2$

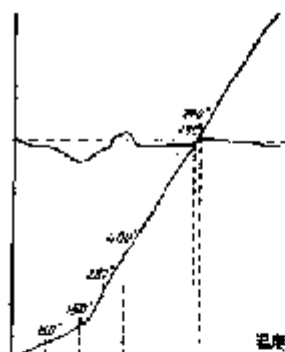
磷稀土矿的稀土配分值为： $La_{39}Ce_{16}Pr_{14}Nd_{12}Sm_{0.5}$ ，  
硅磷稀土矿的稀土配分值为： $La_{45}Ce_{17}Pr_5Nd_{10}$ 。

磷稀土矿的X光粉晶数据如下表：

I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$
6	0.158	1	2.729	3	2.141	4	1.761
4	1.396	3	2.326	1	2.023	3	1.726
5	3.014	4	2.268	4	1.914	5	1.688
7	5.030	1	2.215	5	1.873	2	1.627
4	2.836	6	2.167	1	1.828		

磷稀土矿的差热曲线及脱水曲线见118页图。

磷稀土矿为低温热液及交代矿物，多由其他稀土矿物，  
如氟碳铈矿、铈磷灰石、磷磷灰石、菱黑稀土矿等变化而



成。常见于碱性伟晶岩，碱性岩及有关矿床中。曾见砂岩、褐铁矿等沉积岩或沉积矿床中。

磷铈土矿的X光粉晶数据和独居石近似，但以常呈土状风化产物，从外形很易区别。

## 九 稀土硅酸盐类

铝磷稀土矿  $\text{Al}_2(\text{Na},$

$\text{K})_{2-1}(\text{Ca}, \text{TR}, \text{Th})_2[(\text{SiO}_3, \text{PO}_3, \text{SO}_3)_2(\text{OH})_{2-1}]n\text{H}_2\text{O}$

四方晶系，空间群  $D_2^2$ — $P4_21$ ， $a_0=8.213\text{Å}$ ， $c_0=6.55\text{Å}$ 。矿物颗粒极细小，呈粒状集合体、放射状集合体产出，偶尔呈小片状。白色，半透明。具弱电磁性。硬度3.5—4，比重3.07—3.35。

—轴晶(—)， $N_x=1.629$ ； $N_y=1.606$ ； $N_z=N_x=0.014$ ，平行消光，常见波状消光。

难溶于HCl、 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 及 $\text{HNO}_3$ ，与碳酸钠共熔部分分解，与焦硫酸钾共熔完全分解。

化学成分如下表(%)，

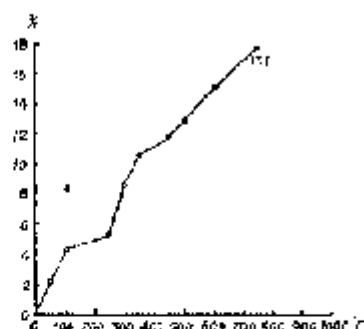
成 分	含 量	成 分	含 量
$\text{TR}_2\text{O}_3$	11.62	$\text{Na}_2\text{O}$	0.79
$\text{Al}_2\text{O}_3$	28.72	$\text{K}_2\text{O}$	0.44
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	1.40	$\text{P}_2\text{O}_5$	11.88
$\text{CaO}$	8.02	$\text{SO}_3$	2.86
$\text{SiO}_2$	14.80	$\text{H}_2\text{O}$	2.39
$\text{ThO}_2$	7.78	挥发重	12.88
$\text{ZrO}_2$	痕 迹	总 计	100.48

稀土配分值为:  $\text{La}_{2.5}\text{Ce}_{6.5}\text{Nd}_{13.5}\text{Gd}_{4.5}\text{Tb}_{1.5}\text{Dy}_{0.12}\text{Ho}_{1.07}$   
 $\text{Er}_{1.24}\text{Tm}_{0.15}\text{Yb}_{1.5}\text{Lu}_{1.7}\text{Y}_{0.06}$

钨磷稀土矿的差热曲线图如下:

X光粉晶主要数据为:

3.014(10) 3.827(10)  
 1.8546(10) 3.453(9)  
 2.143(9) 1.3117(8)



另磷稀土矿产于变安山岩化酸性喷出岩和蚀变花岗岩中。与水硅铈矿、重晶石、辉钨矿、黄铁矿、赤铁矿、阳起石、绿帘石、绿泥石、方解石、绢云母、石英和沸石等共生。

**钨磷硅铈石**  $(\text{Tb}, \text{Ce})[(\text{Si}, \text{P})\text{O}_4]$

单斜晶系。晶形为矛状或楔形。颜色浅黄至黄褐。无解理。贝壳光泽至磨玻璃光泽。性脆。硬度5。比重5.05。

二轴晶 (+),  $N_g = 1.835$ ;  $N_p = 1.821$ ;  $2V = 20-21^\circ$ , 色散  $r < v$ , 薄片下黄色。

化学成分如下表(%) (样品中可能混入少量氟硅铈矿):

成 分	含 量	成 分	含 量	成 分	含 量
CaO	0.67	$\text{SiO}_2$	1.12	$\text{H}_2\text{O}^+$	4.45
PtO	0.34	$\text{TiO}_2$	41.56	$\text{H}_2\text{O}^-$	2.05
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	3.35	$\text{U}_2\text{O}_8$	1.65	P	0.67
$(\text{Ce}_2\text{O}_3)$	12.85	S $\text{O}_3$	11.05	总 计	100.00
$\text{La}_2\text{O}_3$	4.51	$\text{F}_2\text{Cl}_2$	13.91	$\text{O}=\text{H}_2$	1.25
$\text{Pr}_2\text{O}_3$	1.47	$(\text{Nb}-\text{Ta})_2\text{O}_5$	2.11	总 计	96.81
$\text{Nd}_2\text{O}_3$	3.64	$\text{CO}_2$	1.53		

稀土配分值为:  $\text{La}_{10}\text{Ce}_{10}\text{Pr}_7\text{Nd}_{10}\text{Sm}_5$

X光粉晶主要数据为:  $3.09(10)$ ;  $2.86(8)$ ;  $2.28(6)$ ;  $1.75(6)$ 。

铈磷硅钙石矿物产于天河石伟晶岩中, 与铈铁矿、褐钨钍矿和锆石共生, 交代氟磷钙铈矿。

### 稀土钙磷硅酸盐

呈两端尖锐的细柱状, 横切面为六边形。颜色棕色、红褐色。条痕亮黄色。无解理。硬度约为 6。比重 4.08。

均质体,  $N=1.736$ 。

化学成分如下表(%):

成 分	含 量	成 分	含 量
$\text{SiO}_2$	47.88	$\text{P}_2\text{O}_5$	2.56
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$	0.46	$\text{Nb}_2\text{O}_5$	0.4
$\text{CaO}$	12.64	$\text{ThO}_2$	0.32
$\text{MgO}$	0.11	$\text{CO}_2$	2.34
$\text{MnO}$	0.62	F	2.38
$\text{SrO}$	0.07	$\text{H}_2\text{O}$	0.33
$\text{Ce}_2\text{O}_3$	10.04	烧失量	4.34
$[\text{La}]_2\text{O}_3$	18.34	总 计	100.13
$[\text{Y}]_2\text{O}_3$	12.36		

矿物加热到 750℃ 时得到的 X 光粉晶数据近于磷灰石族矿物的数据。加热后为一轴晶, 折光率增高。

### 铈磷灰石 $\text{Ce}_2\text{Ca}_2[(\text{SiO}_4\text{PO}_4)]_2(\text{F}, \text{OH})$

六方晶系或假六方的斜方晶系。铈磷灰石及其变种钪磷灰石、钒磷灰石及钼铈磷灰石的晶胞参数及物理性质列于下表。

特征	磷 灰 石	凤 凰 石	钠 磷 灰 石	钙 磷 灰 石
$nd(1)$	9.63	9.58	9.45	9.40
$nd(2)$	7.93	7.91	6.91	6.81
形 状	六方柱状，不规则棱柱	六方柱状，棱状	不规则粒状	六方柱状，不规则棱柱
颜 色	灰、深黄、褐	橙黄、淡黄	黄褐	—
条 痕	—	淡 黄	—	—
光 泽	金 刚	油 润	玻璃、油脂	—
断 口	贝 状	贝 状	贝壳	—
硬度	5	4—5	5.4	—
比重	4.20—4.63	3.327	3.95	3.3
光 性	—轴晶(—)	似晶体	似晶体	—
折光率	$N=1.77-1.81$	$N=1.65-1.76$	$N=1.73$	—
双折射率	0.005 0.003	—	—	—
多色性	No 褐色 Ne 无色	微弱、淡黄、淡绿	—	—

磷 灰 石 溶 于  $HCl$ 、 $HClO_4$ 、 $H_2SO_4$ 、 $HNO_3$  及  $H_3PO_4$ 。  
 钠 磷 灰 石 及 其 亚 种 的 化 学 成 分 如 下 表 ( % ) :

成 分	磷 灰 石 (花岗岩白云岩 接触带)	钙 磷 灰 石 (花岗岩晶岩)	凤 凰 石 (辉霞岩)	钠 磷 灰 石 (白云花岗岩晶岩)
$Na_2O$	0.85	—	—	0.30
$K_2O$	0.22	—	—	—
$CaO$	17.60	9.53	13.48	17.84
$MgO$	1.27	3.19	—	—
$MnO$	0.38	3.67	—	—
$FeO$	—	1.41	—	0.22
$Fe_2O_3$	0.37	3.73	—	5.43
$Al_2O_3$	0.48	3.75	—	14.91
$Co_2O_3$	22.41	—	—	—
$(CeLa)_2O_3$	24.56	11.23	33.05	27.58
$Y_2O_3$		45.81	0.66	

续表

成分	名称 铈磷灰石 (花岗岩白云岩 脉围岩)	铈磷灰石 (花岗岩脉岩)	钇钪石 (花岗岩)	钇钪磷灰石 (花岗岩脉岩)
CaO	4.37	0.51	10.64	4.73
SiO <sub>2</sub>	13.06	22.75	12.76	21.93
Na <sub>2</sub> O	—	—	—	0.63
ZrO <sub>2</sub>	—	—	—	0.98
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4.97	1.73	6.32	3.36
CO <sub>2</sub>	—	0.10	2.63	—
H <sub>2</sub> O	1.64	0.83	10.33	0.72
F	—	0.50	—	1.53
总计	109.50	39.84	20.61	110.49
—O—F <sub>2</sub>	—	0.21	—	0.50
总计	109.50	39.63	20.61	110.30
比重	4.338	—	5.327	3.85

稀土配分值为:

铈磷灰石:  $\text{La}_{21.2} \text{Ce}_{31.5} \text{Pr}_{7.5} \text{Nd}_{13.4} \text{Sm}_{3.8} \text{Gd}_{1.2} \text{Dy}_{1.1}$   
 $\text{Er}_{0.4} \text{Y}_{4.2}$

钇钪磷灰石:  $\text{La}_3 \text{Ce}_{12.2} \text{Pr}_2 \text{Nd}_{5.6} \text{Sm}_{1.2} \text{Eu}_{0.2} \text{Gd}_{0.2} \text{Ib}_1$   
 $\text{Dy}_{1.2} \text{Ho}_{1.4} \text{Er}_{6.5} \text{Tb}_{1.3} \text{Yb}_{1.3} \text{Lu}_{0.6} \text{Y}_{32.70}$

钇钪磷灰石:  $\text{La}_{1.86} \text{Ce}_{21.7} \text{Pr}_{2.9} \text{Nd}_{9.1} \text{Sm}_{2.06} \text{Gd}_{1.15} \text{Dy}_{2.5}$   
 $\text{Ho}_{2.7} \text{Er}_{2.2} \text{Tb}_{1.6} \text{Yb}_{1.6} \text{Lu}_{0.4} \text{Y}_{26.10}$

钇磷灰石及其亚种的X光粉晶数据如下表:

铈磷灰石		钇钪磷灰石		钇钪石		钇钪磷灰石	
I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)
—	—	—	—	2	4.35	—	—
1	3.40	—	—	3	3.40	3	3.445
—	—	6	3.17	10	3.16	4	3.112

续表

饰磷灰石		羟磷灰石		反 萤 石		钽 磷 钼 灰 石	
l	$d(\text{\AA})$	l	$d(\text{\AA})$	l	$d(\text{\AA})$	l	$d(\text{\AA})$
3	2.879	10	2.88	10	2.84	10	2.887
2	2.781	6	2.76	2	2.72	2	2.736
1	2.58	—	—	—	—	—	2.516
1	2.313	—	—	—	—	1	2.263
4	2.109	—	—	1	2.149	3	2.045
8	1.964	7	1.967	—	—	6	1.952
6	1.936	6	1.939	1	1.828	8	1.905
8	1.896	—	—	—	—	—	—
5	1.852	7	1.858	5	1.851	7	1.851
—	—	4	1.832	—	—	5	1.825
5	1.783	4	1.807	5	1.789	—	—
—	—	6	1.772	—	—	3	1.771
—	—	4	1.731	—	—	—	—
1	1.626	—	—	2	1.824	—	—
1	1.617	—	—	5	1.623	—	—
1	1.600	—	—	—	—	—	—
1	1.582	—	—	—	—	—	—
3	1.570	—	—	—	—	—	—
2	1.546	4	1.52	—	—	3	1.537
—	—	3	1.492	—	—	3	1.485
—	—	6	1.463	—	1.463	3	1.463
—	—	4	1.443	—	1.408	2	1.442
1	1.388	—	—	1	1.277	—	—
—	—	4	1.281	—	—	2	1.255
3	1.270	6	1.269	3	1.263	2	1.262
3	1.255	7	1.253	—	—	—	—
—	—	6	1.239	3	1.241	3	1.244
—	—	—	—	2	1.155	2	1.229
—	—	—	—	2	1.060	—	—
—	—	—	—	2	1.047	—	—

条件：饰磷灰石和羟磷灰石未加热，Cr靶， $D=57.3\text{mm}$ 。反萤石加热1050℃，Fe， $D=57.3\text{mm}$ 。羟磷灰石加热1000℃。

磷灰石的差热曲线见右下图。

磷灰石广泛见于碱性岩中，如长霞岩、霞石正长岩、云母正长岩、钠长石化霞石正长岩及其伟晶岩等。磷灰石与绿帘石、烧绿石、榍石、萤石、有时有褐帘石、氟磷铀矿等共生。

磷灰石见于花岗岩白云岩的接触带，与透辉石、透闪石、金云母、褐帘石、符山石、磁铁矿等共生。

钼磷灰石见于花岗伟晶岩和碱性伟晶岩中，与褐钼铀矿、钍钼矿、萤石、磁铁矿、锆石等共生。

磷灰石细粒集合体易与磷灰石混淆，可借其光泽、比重及含磷高等来区别。

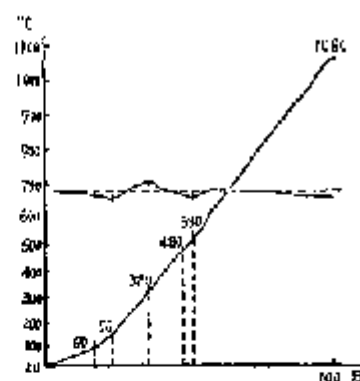
**稀土氟硅酸盐**  $(Y, Ce, Ca, Na, Fe)_2(SiO_4)(F, OH)_2$

三方晶系， $a_0=10.68\pm0.04\text{ \AA}$ ， $c_0=26.9\pm0.1\text{ \AA}$ 。矿物呈不规则粒状产出。颜色褐色、红色，碎片为橙黄色。玻璃光泽到油脂光泽。断口不平整，局部为贝壳状。未见解理。硬度 6。比重 4.72。

一轴晶（-）， $N_o=1.7341$ ， $N_e=1.7521$ ， $N_o - N_e=0.006$ 。薄片无色。部分矿物有似晶化现象。

溶于 HCl (1:1)，形成硅胶。

化学成分为（%）： $SiO_2$  44.0； $Al_2O_3$  1.27； $P_2O_5$  2.43； $Fe_2O_3$  3.09； $TR_2O_3$  0.07； $TiO_2$  0.93； $CaO$  5.60； $MnO$  2.15； $MgO$  0.20； $Na_2O$  2.11； $H_2O^+$  2.00； $IF$  7.85；总计 103.44。



8.30=100.14%。

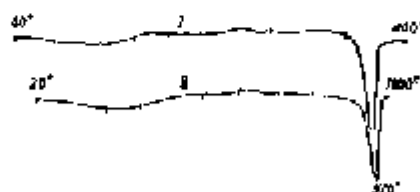
稀土配分值为:  $\text{La}_{10.9} \text{Ce}_{12.6} \text{Pr}_{15.9} \text{Nd}_{18.2} \text{Sm}_{16.0} \text{Eu}_{16.1}$   
 $\text{Tb}_{6.7} \text{Dy}_{11.6} \text{Ho}_{10.4} \text{Er}_{13.6} \text{Tm}_{0.1} (\text{Yb}, \text{Lu})_{2.2} \text{Y}_{23.1}$

X光粉晶数据如下表:

1	d (Å)	1	d (Å)	1	d (Å)
2	4.34	2	2.03	2	1.610
2	3.23	5	1.972	2	1.486
5	3.10	2	1.905	2.5	1.465
10	2.87	2	1.864	2	1.411
8	2.83	8	1.826	2	1.320
1.5	2.73	6	1.785	2.5	1.260
5	2.67	3	1.755	2.5	1.257
2	2.60	2	1.674	2	1.246
8	2.15	1.5	1.599	—	—
2	2.08	2.5	1.637	—	—

条件: Cu靶, D=57.3mm, 矿物加热600℃。

矿物在910—990℃时有一吸热效应, 差热曲线见下图。



稀土氟硅酸盐矿物见于霓石化和斜长石化的花岗片麻岩中, 通常呈不规则巢状集合体、细脉状或浸染状产出。也见于伟晶岩中。主要共生矿物有硅铈铈矿、铈钒铈矿、硅铈钒矿、铈磷灰石、碱性角闪石、黄玉、黄铁矿、辉钼矿等。

**黑稀土矿  $\text{Ce}_2\text{CaBSi}_2\text{O}_{12}(\text{OH})$**

三方晶系， $a_0:a_c=1.2554$ 。通常为X光均质体，加热到1000℃时出现玻璃和 $(\text{TR}, \text{Th})\text{O}_2$ 的等轴相，后者 $a_0=5.43 \text{ \AA}$ 。亚种褐稀土矿加热到600℃，出现X光粉晶线条，具磷灰石构造， $a_0=9.35 \text{ \AA}$ ； $c_c=6.88 \text{ \AA}$ 。

晶形菱面体（见下图）。



颜色黑色、褐色，沥青光泽。具状断口。无解理。硬度6。比重4.13—4.29。

一轴晶(-)， $N_{\omega}=1.733-1.76$ 。重折率低。

易溶于HCl。

黑稀土矿及亚种褐稀土矿的化学成分见下表（%）

成 分	黑稀土矿	褐稀土矿	成 分	黑稀土矿	褐稀土矿
$\text{Ce}_2\text{U}_3$	3.52	11.13	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	2.03	1.57
$[\text{La}]_2\text{O}_3$	41.87	52.53	$\text{Al}_2\text{O}_3$	0.89	1.18
$(\text{Y})_2\text{O}_3$	9.17	3.67	$\text{B}_2\text{O}_3$	3.29	7.31
$(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_5$	3.65	1.15	$\text{CaO}$	2.82	7.03
$\text{P}_2\text{O}_5$	1.29	—	$\text{MgO}$	0.14	—
$\text{ThO}_2$	1.66	9.51	$\text{Na}_2\text{O}$	1.45	1.40
$\text{ZrO}_2$	0.46	1.09	$\text{H}_2\text{O}$	3.01	6.43
$\text{SiO}_2$	13.07	13.64	$\text{F}$	5.78	4.29
$\text{CO}_2$	1.75	—	$-\text{O}=\text{F}_2$	2.43	1.81
$\text{Mn}_2\text{O}_3$	2.22	0.57	总 计	99.84	100.00

稀土配分值为:

黑稀土矿:  $\text{La}_{0.1}$   $\text{Ce}_{22.4}$   $\text{Pr}_{4.5}$   $\text{Nd}_{12.5}$   $\text{Sm}_{0.8}$   $\text{Eu}_{0.5}$   
 $\text{Gd}_{0.1}$   $\text{Th}_{0.8}$   $\text{Dy}_{4.3}$   $\text{Ho}_{0.8}$   $\text{Er}_{2.1}$   $\text{Tm}_{0.5}$   $\text{Yb}_{1.1}$   $\text{Lu}_{0.3}$   $\text{Y}_{0.2}$

褐稀土矿:  $\text{La}_{1.6}$   $\text{Ce}_{4.5}$   $\text{Pr}_5$   $\text{Nd}_{0.4}$   $\text{Sm}_{1.7}$   $\text{Eu}_{0.3}$   $\text{Gd}_{1.7}$   
 $\text{Th}_{0.3}$   $\text{Dy}_{4.1}$   $\text{Ho}_{0.5}$   $\text{Er}_{1.1}$   $\text{Tm}_{0.2}$   $\text{Yb}_{1.1}$   $\text{Y}_{1.5}$

褐稀土矿的X光粉晶数据如下表:

I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)
2	4.66	2	1.89	0.5	1.32
2	3.89	4	1.82	3	1.28
4	3.64	2	1.80	2	1.26
2	3.16	2	1.77	4	1.24
3	3.08	3	1.74	3	1.22
10	2.81	0.5	1.72	2	1.18
2	2.78	0.8	1.68	1	1.15
8	2.70	0.5	1.67	1	1.14
1	2.26	0.5	1.58	2	1.13
1	2.22	0.5	1.51	2	1.12
0.5	2.14	2	1.49	1	1.11
0.5	2.07	3	1.45	1	1.04
1	2.04	2	1.43		
8	1.94	2	1.41		

条件: Fe壳, D=57.3mm。

黑稀土矿见于磁石正长伟晶岩中, 与绿帘石、铁锂云母、白闪石、萤石等共生。在碱性花岗岩伟晶岩中, 与硅铈钽矿、褐钽铌矿、硅铈钼矿等共生。

**硅铈钽矿**  $\text{Y}_2\text{FeBe}_2(\text{SiO}_3)_2\text{O}_2$

单斜晶系,  $C_{2v}$ — $P2_1/a$ ,  $a_0=9.89\text{Å}$ ,  $b_0=7.55\text{Å}$ ,  
 $c_0=4.86\text{Å}$ ,  $\beta=90^\circ 34'$ ,  $Z=2$ 。

晶形呈短柱状，有时呈扁平柱状，多呈粒状及不规则块状产出（晶形见下图）。



颜色黑色、黑绿色。条痕浅灰绿色，玻璃光泽，有时油脂光泽，贝壳断口。硬度6.5—7，比重4.0—4.65。

二轴晶(+)， $N_g=1.777-1.824$ ， $N_m=1.780-1.812$ ， $N_p=1.772-1.801$ ； $N_g-N_p=0.010-0.023$ ； $2V=85^\circ$ ； $c \wedge Ng=6-10^\circ$ ； $NgNp \perp (010)$ 。薄片呈绿褐色，多色性 $Ng$ 、 $Nm$ —草绿色， $Np$ —橄榄绿色。色散强 $r > n$ 。亚种钙硅铍钇矿的折光率为 $N_g=1.787$ ， $N_m=1.774$ ， $N_p=1.765$ ， $N_g-N_p=0.022$ 。多色性强 $Ng$ —暗褐色， $Nm$ —浅黄色， $Np$ —浅褐色。硅铍钇矿在薄片下透明到半透明，因为似晶体化常呈无性均质体，有时仅在一个矿物颗粒上能看到部分品质化现象。

溶于 $HCl$ ，析出硅胶。

硅铍钇矿的稀土配分值为： $La_{2.2}$   $Ce_{1.2}$   $Pr_{2.3}$   $Nd_{1.6}$   $Sm_{6.7}$   $Eu_{0.6}$   $Gd_{1.4}$   $Tb_{1.2}$   $Dy_{3.4}$   $Ho_{1.3}$   $Er_{3.4}$   $Tm_{0.8}$   $Yb_{3.2}$   $Lu_{0.7}$   $Y_{11.0}$ 。

硅铍钇矿及其亚种钙硅铍钇矿和钙硅铍钇矿的化学成分如下表(%)。

成 分 名 称	钽铌矿	钨铌钽矿	钙钨铌矿
$\text{Cr}_2\text{O}_3$	0.52	15.44	4.69
$[\text{La}]_2\text{O}_3$			
$[\text{Y}]_2\text{O}_3$	39.27	36.92	24.47
$(\text{Zr-Ti})\text{O}_2$	—	1.53	—
$\text{U}_3\text{O}_8$	—	—	0.55
$\text{SiO}_2$	25.16	24.84	23.53
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	2.16	—	7.85
$\text{Al}_2\text{O}_3$	—	1.27	1.34
$\text{B}_2\text{O}_3$	2.32	—	2.19
$\text{CaO}$	1.21	—	11.31
$\text{MnO}$	—	—	0.84
$\text{FeO}$	12.45	5.85	11.24
$\text{MgO}$	—	0.64 <sup>①</sup>	0.14
$\text{BaO}$	9.28	3.22	10.73
$\text{H}_2\text{O}$	1.28	5.74	—
总 计	99.60	99.22	100.29

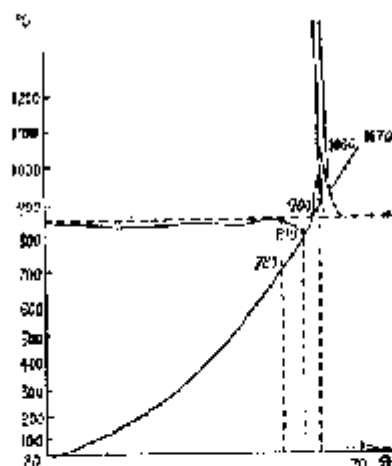
注 ①  $\text{Na}_2\text{O}$  含量。

钨铌钽矿的X光粉晶数据如下表：

1	$d(\text{\AA})$	1	$d(\text{\AA})$	1	$d(\text{\AA})$	1	$d(\text{\AA})$
4	4.59	7	2.36	3	1.478	6	1.140
3	4.17	7	2.19	4	1.441	2	1.122
2	3.76	4	3.03	6	1.293	7	1.090
3	3.42	6	1.904	3	1.315	7	1.082
19	3.09	9	1.804	7	1.277	3	1.063
4	2.95	9	1.750	7	1.243	4	1.045
19	2.81	8	1.647	2	1.198	6	1.037
10	2.54	6	1.625	5(宽)	1.172		
3	2.44	7	1.565	3	1.155		

条件：Fe靶， $D=57.9\text{mm}$ 。

硅铈钽矿的差热曲线见下图。



矿物主要见于花岗岩、花岗伟晶岩、碱性花岗岩及碱性伟晶岩中。在花岗岩及花岗伟晶岩中常与褐钨铈矿、褐帘石、磷钨矿、硅钨矿、硅铈钽矿、黑稀金矿、绿柱石等共生。在碱性岩或碱性伟晶岩中常与微斜长石、黑云母、碱性角闪石、褐钨铈矿、曲晶石等共生。

在热液脉中偶尔见到。

未定名的铈钨钽矿物(矿物A)和铈钨矿物(矿物B)

矿物A和矿物B, 同属硅钨钙石—硅铈钽矿 ( $\text{Ca}_2\text{B}_2[\text{SiO}_4]_2(\text{OH})_2 - \text{Y}_2\text{FeBe}_2[\text{SiO}_4]_2\text{O}_2$ ) 族。

矿物A ( $\text{TR}, \text{Ca}_2$ )( $\text{B}, \text{Be}$ )( $[\text{SiO}_4]_2(\text{OH})_2$ )

单斜晶系,  $a_0 = 9.55 \text{ \AA}$ ,  $b_0 = 7.48 \text{ \AA}$ ,  $c_0 = 4.66 \text{ \AA}$ ,  $\beta = 98^\circ 36'$ , 晶形呈粒状、柱状。颜色灰绿到无色。透明。油脂光泽。硬度5.5—6。比重3.78。

二轴晶(-),  $N_g=1.731$ ;  $N_p=1.720$ ;  $N_g-N_p=0.011$ ;  $2V=75^\circ$ 。

矿物A的化学成分为(%)， $SiO_2$  27.92;  $B_2O_3$  10.56;  $HfO$  5.09;  $TiO_2$  0.32;  $FeO$  3.90;  $CaO$  11.48;  $TR_2O_3$  35.60;  $ThO_2$  1.33;  $H_2O$  3.38; 总计99.83%。

稀土配分值为:  $La_{0.7} Ce_{1.5} Pr_{2.7} Nd_{2.7} Sm_{2.4} Eu_{0.7} Gd_{2.4} Tb_{1.0} Dy_{1.7} Ho_{1.6} Er_{1.5} Tm_{0.6} Yb_{1.4} Lu_{0.5} Y_{2.0}$ 。

矿物A的主要X光粉晶数据为: 2.83 (10)、3.09 (9)、2.54 (7)、2.19 (5)。

矿物A产于与碱性正长岩有关的微斜长石钠铁闪石伟晶岩中, 与石英、萤石、铈石、烧绿石、菱铀铀铀矿等共生。

矿物B  $(TR, Ca)_2Be_2[SiO_4]_2(OH)_2$

单斜晶系,  $a_0=10.20 \text{ \AA}$ ;  $b_0=7.60 \text{ \AA}$ ;  $c_0=4.90 \text{ \AA}$ ;  $\beta=92^\circ$ 。

颜色浅红色, 玻璃光泽到油脂光泽, 断口不平整。硬度5.5—7, 比重3.44。

矿物B的折光率  $N_g=1.722$ ;  $N_p=1.708$ ;  $N_g-N_p=0.014$ 。

化学成分为(%)， $SiO_2$  32.50;  $P_2O_5$  4.95;  $BeO$  11.13;  $Al_2O_3$  1.50;  $Nb_2O_5$  3.78;  $FeO$  1.26;  $MgO$  0.28;  $CaO$  6.98;  $TR_2O_3$  26.33;  $ThO_2$  1.32;  $H_2O$  8.92; 总计98.95%。

稀土配分值为:  $La_{1.4} Ce_{1.2} Pr_{2.2} Nd_{1.4} Sm_{1.3} Eu_{0.5} Gd_{1.7} Tb_{1.1} Dy_{0.9} Ho_{0.9} Er_{1.0} Tm_{0.5} Yb_{2.3} Lu_{0.6} Y_{2.0}$ 。

矿物B产于花岗伟晶岩中, 在其脉的钠长石化带内, 与白云母、锂辉石、烧绿石共生。伟晶岩脉中还见有褐钨铀矿、萤石、日光榴石、锡石、方解石等。

钨铀石  $(Y, Ca)(Al, Ti)O[SiO_3]$

单斜晶系， $a_0=8.54\text{ \AA}$ ， $b_0=8.70\text{ \AA}$ ， $c_0=7.61\text{ \AA}$ ， $\beta=60^\circ 17'$ 。颜色褐红、暗褐色。金刚光泽、油脂光泽。硬度6—7，比重3.51—3.72。常呈粒状及致密块状产出。

二轴晶（+）， $N_g=2.03$ ， $N_p=1.915$ ， $N_g-N_p=0.115$ 。 $2V=50^\circ$ 。

化学成分为（%）： $\text{TR}_2\text{O}_3$  12.08； $\text{SiO}_2$  28.50； $\text{TiO}_2$  27.04； $\text{Al}_2\text{O}_3$  6.24； $\text{Fe}_2\text{O}_3$  5.90； $\text{CaO}$  17.15； $\text{H}_2\text{O}$  3.59，总计100.50%。

稀土配分值为： $\text{La}_{2.1}\text{Ce}_{2.5}\text{Pr}_{2.1}\text{Nd}_{1.3}\text{Sm}_{3.3}\text{Eu}_{2.4}\text{Gd}_{4.6}\text{ Tb}_{1.3}\text{Dy}_{2.5}\text{Ho}_{1.5}\text{Er}_{2.5}\text{Tm}_{0.7}\text{Yb}_{0.7}\text{Lu}_{1.0}\text{Y}_{0.6}$ 。

X光粉晶数据如下表：

1	$d(\text{\AA})$	$h$	$k(\text{\AA})$	$j$	$d(\text{\AA})$
4	4.37	4	2.30	2	1.75
10	3.23	4	2.27	4	1.71
13	3.02	4	2.12	6	1.65
3	2.63	4	2.08	4	1.50
5	2.61	4	1.96	4	1.42

钽榴石见于花岗岩、花岗伟晶岩、碱性花岗伟晶岩中，与铈铀钽矿、锡钽铀矿等共生。

钽榴石与榍石很相似，以含有较高的稀土相区别。一般钽榴石含 $\text{TR}_2\text{O}_3$ 多在5%以下。

#### 方水钼石

等轴晶系，八面体， $a_0=5.704\text{ \AA}$ 。

黄褐色。比重3.24。

均质性：折光率不固定，经常低于1.735，多介于1.690—1.703之间。加热到1000℃之后 $N=1.811$ 。

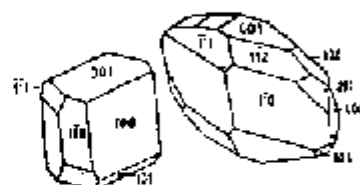
矿物化学成分大致为(%)：CaO 0.59；Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 4.43；Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.22；TR<sub>2</sub>(O<sub>2</sub>)<sub>3</sub> 8.60；ThO<sub>2</sub> 53.80；U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> 2.04；SiO<sub>2</sub> 11.00；H<sub>2</sub>O 5.23。

方水钇石产于花岗伟晶岩中，与铁绿云母和钠长石紧密共生。

**褐帘石** (Ca, Ce)<sub>2</sub>(Fe, Al, Mg)<sub>3</sub>[SiO<sub>4</sub>]<sub>2</sub>[Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>]O(OH)

单斜晶系，空间群C<sub>2h</sub>h—P2<sub>1</sub>/m，Z=2，a<sub>0</sub>=8.95 Å，b<sub>0</sub>=5.75 Å，c<sub>0</sub>=10.82 Å，β=115°。

常呈板状、短棱柱状，有时也呈不规则粒状（晶形见右图）。有时与绿帘石互成孪晶。薄片双晶常见。



颜色褐色、黑褐色、

红褐色。条痕灰绿色，浅红褐色。沥青光泽，无解理。贝壳断口。性脆。硬度5.5—6。比重3.5—4.2。个别含水亚种比重较低。在阴极射线有时发中等强度的浅蓝色光。具放射性。见到似晶体。

二轴晶（-），有时为二轴晶（-）。Ng=1.66—1.80，Nm=1.65—1.78，Np=1.64—1.77；Ng—Np=0.01—0.03；2V=30—80°，c∧Ng=30—40°，多色性Ng 绿褐或暗褐；Nm 浅褐或红褐；Np 黄褐或绿褐。色散r>v。

溶于H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>及浓HCl。

褐帘石及其亚种的化学成分见下表（%）。

褐帘石的稀土配分值为La<sub>23.5</sub>Ce<sub>4.4</sub>Pr<sub>5.2</sub>Nd<sub>20.7</sub>Sm<sub>4.4</sub>Gd<sub>4.4</sub>。

表 12

名 称	褐帘石 (花岗岩) (花岗岩)	石榴石 (花岗岩) (花岗岩)	透辉石 (花岗岩) (花岗岩)	透辉石 (花岗岩) (花岗岩)	透辉石 (花岗岩) (花岗岩)	透辉石 (花岗岩) (花岗岩)	透辉石 (花岗岩) (花岗岩)	透辉石 (花岗岩) (花岗岩)
$\text{CaO}_2$	14.86	3.13	1.78	17.20	12.10	5.61	14.58	10.97
$[\text{Ca}]_2\text{O}_2$	9.01	8.70	1.78	17.20	17.00	7.05	7.82	10.97
$[\text{Y}]_2\text{O}_2$	0.77	0.22	5.07	1.98	0.003	0.19	0.63	0.63
$\text{TiO}_2$	1.12	0.74	0.18	1.98	0.003	0.19	0.63	0.63
$\text{SiO}_2$	29.61	31.63	22.63	29.69	31.35	32.30	28.23	32.83
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	5.32	2.54	5.71	8.38	1.22	0.88	2.42	5.35
$\text{Al}_2\text{O}_3$	14.53	28.30	17.01	14.84	8.05	22.18	14.33	13.81
$\text{PbO}$	—	—	0.44	—	—	—	—	—
$\text{CaO}$	8.19	15.36	14.79	10.53	9.36	15.84	10.40	2.93
$\text{MnO}$	0.23	0.78	0.34	5.97	0.66	—	1.12	1.53
$\text{FeO}$	12.13	8.30	8.68	9.38	2.38	5.95	7.89	8.62
$\text{MgO}$	0.23	—	0.22	0.82	14.50	0.48	1.04	5.44
$(\text{K}, \text{Na})_2\text{O}$	—	—	0.17	—	—	—	—	1.79
$\text{H}_2\text{O}$	1.93	9.02	2.86	1.08	2.42	1.53	2.57	10.83
其 他	—	—	—	0.25( $\text{V}_2\text{O}_5$ )	0.72( $\text{ZnO}$ )	—	5.58( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	2.48( $\text{Na}_2\text{O}$ ) 2.52( $\text{ZnO}$ )
总 计	99.88	99.42	99.70	84.64	100.268	100.13	99.76	99.02
比 重	—	2.816	3.185	4.63	7.90	—	3.91	2.629

褐帘石的X光粉晶数据如下表:

$h$	$a$ (Å)	$k$	$a$ (Å)	$l$	$d$ (Å)
2	9.20	9	2.82	3	2.18(宽)
2	8.65	10	2.81	1	2.15
2,7	7.96	5	2.86	1	2.12
1	5.69	1	2.82	2	1.85(宽)
1	5.61	4	2.85	1	1.87(宽)
2	4.69	4	2.82	1	1.85(宽)
1	3.78	2	2.51	2	1.84(宽)
1	3.59	1	2.50(宽)	2	1.88(宽)
4	3.52	1	2.39		
1	3.28	1	2.20		

褐帘石分布很广, 最常见于花岗岩、花岗伟晶岩及砂页岩中。花岗岩中的与钾长石、白云母、钛铁矿、锆石、锡钨铀矿等共生。花岗伟晶岩中的与斜长石、黑云母、黑稀金矿、复稀金矿、磷钼矿、锆石、氟碳铈矿、独居石、铀铁矿等共生。分布于花岗岩白云岩接触带上的褐帘石与透闪石、透辉石、钠长石、金云母等共生。

褐帘石还见于片麻岩及黑云母片岩中。

在与花岗岩有关的云英岩及热液脉中, 在正长岩及其有关的长英岩、砂页岩及热液脉中, 以及在酸性火山岩中均曾见到。

褐帘石容易与褐色角闪石混淆, 可惜褐帘石只有一组清楚的解理, 纵切面呈平行消光以区别。矿物周围有绿帘石边, 是褐帘石的重要特征。与铀钼矿物的区别, 是褐帘石比重小, 光泽较弱。

褐帘石常因似晶体化而具均质性。

硅铁铈矿  $\text{Ce}_2\text{Fe}_2\text{Ti}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]_2\text{O}_2$

单斜晶系，空间群 $C_{2h}^2-C2/m$ ， $Z=2$ 。硅铀铀矿及其亚种的晶胞参数如下表：

矿物名称 晶胞参数	硅铀铀矿	新造铀铀矿	富铀硅铀铀矿	赛 马 矿
$a_0(\text{\AA})$	10.56	$c_0$ 比硅铀	13.61	12.61
$b_0(\text{\AA})$	5.02	铀矿的 $a_0$ 大	5.02	5.00
$c_0(\text{\AA})$	11.21	一倍， $b_0$ 、 $c_0$ 和	11.63	10.63
$\beta$	$100^{\circ}46'$	硅铀铀矿的相	$113^{\circ}23'$	—

晶形常呈板状、短柱状（见下图）及粒状。

颜色黑色、黑褐色。条痕

褐色。沥青光泽。贝壳状断口。  
无解理。具电磁性。具放射性。  
呈似晶形。硅铀铀矿、  
富铀硅铀铀矿及赛马矿的光  
性、比重、硬度等如下表。



光 性	硅 铀 铀 矿	富 铀 硅 铀 铀 矿	赛 马 矿
光 压	二轴晶(-)	二轴晶(-)	二轴晶(-)
2V	中角至大	$60^{\circ} \pm$	
折光率	$N_m=1.80-2.05$	$N_g=2.02-2.08$ $N_m=2.61$ $N_p=1.90-1.95$	$N>1.78$
$N_g-N_p$	0.01—0.2	0.12—0.13	
多色性	$N_g$ —暗褐色 $N_m$ —红褐色 $N_p$ —几乎无色	$N_g$ —暗褐色 $N_m$ —深红色 $N_p$ —黄色	$N_g$ —黑色 $N_p$ —红褐色

续表

特征名称	硅钛铈矿	富钛硅铈矿	萤石矿
色 散	$\omega > \nu$		
消光角	$\alpha \wedge Ng11 \sim 26^\circ$	$\alpha \wedge Ng24^\circ$	
硬度	5.5—6	5.5	近于5
比重	4.3—4.67	4.45	4.33
其他	$K=16\%$		

硅铈矿溶于HCl、HNO<sub>3</sub>及H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>。

硅铈矿及其重和的化学成分如下表(%)。

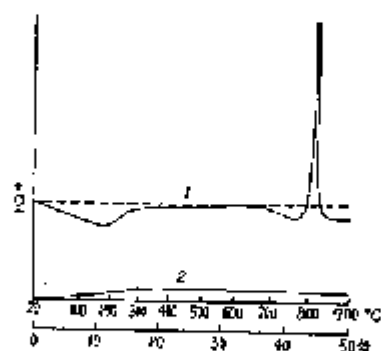
成分名称	硅铈矿	硅钛铈矿	铝硅铈矿	富钛硅铈矿	萤石矿
CaO	0.39	0.25	0.79	4.11	3.35
MgO	0.38	—	0.20	0.61	0.05
SrO	—	—	—	—	7.64
MnO	—	0.75	0.91	—	0.43
FeO	8.27	6.17	0.70	4.05	4.10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.85	—	1.50	1.26	2.09
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.52	—	—	0.07	1.87
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23.58	—	18.70	31.80	8.12
[Ca] <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22.34	22.80	13.04	6.83	10.26
[Y] <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.42	3.45	0.53	1.51	0.63
ThO <sub>2</sub>	0.25	20.61	3.22	4.65	0.42
SiO <sub>2</sub>	18.10	20.53	17.25	19.31	22.27
TiO <sub>2</sub>	17.63	16.37	13.94	28.24	15.84
ZrO <sub>2</sub>	0.31	—	—	—	8.10
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.01	—	7.40	—	5.03
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	—	—	—	0.06
U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	—	2.50	—	—	—
K <sub>2</sub> O	—	—	0.14	—	0.14
Na <sub>2</sub> O	—	—	0.27	1.05	0.50
H <sub>2</sub> O	0.22	0.42	0.16	0.61	1.03
其 他	—	—	1.03	—	—
总 计	100.12	100.00	99.24	99.30	53.15

铈铈铈矿的稀土配分值为  $\text{La}_{2.8} \text{Ce}_{5.6} \text{Pr}_{3.9} \text{Nd}_{1.5} \text{Sm}_{1.7} \text{Gd}_{1.2} \text{V}_{1.2}$

铈铈铈矿的X光粉晶数据如下表:

I	d(Å)	I	d(Å)
3	5.50	3	2.98
4	4.92	6	2.92
5	4.67	4	2.73
8	3.69	10	2.74
4	3.51	8	2.62
8	3.20	4	1.95
6	3.11		

铈铈铈矿的差热曲线见下图。



铈铈铈矿广泛见于碱性花岗岩、正长岩及其伟晶岩中，与锆石、榍石、榍石、长石、异性石、榍石、钽石等共生。在花岗岩外接触带的热液脉中见到的铈铈铈矿，与硅铈石、斜硅铈石、方解石等共生。此外，在各种晚期石英脉及碳酸盐脉中也见到。

铈铈铈矿受到风化，矿物表面常盖覆一层红褐色风化产

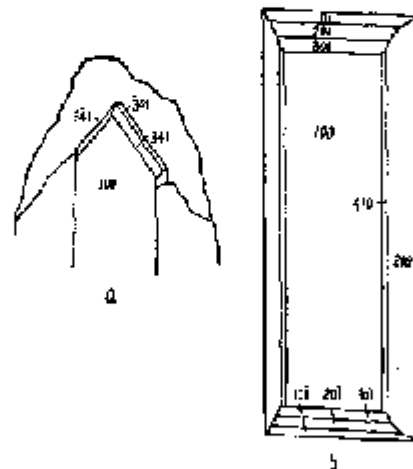
物。

SrO 含量达 7.73% 的富铈硅铈钽矿，叫铈富铈硅铈钽矿。

**绿层硅铈钽矿  $\text{CeNa}_2\text{Ca}_4\text{Ti}(\text{Si}_2\text{O}_7\text{F}_3)$**

单斜晶系， $a_0=18.41\text{ \AA}$ ， $b_0=5.64\text{ \AA}$ ， $c_0=7.43\text{ \AA}$ ， $\beta=93^\circ$ 。亚种层硅铈钽矿  $a_0=18.47\text{ \AA}$ ， $b_0=5.67\text{ \AA}$ ， $c_0=7.46\text{ \AA}$ ， $\beta=91^\circ13'$ 。水层硅铈钽矿  $a_0=18.44\text{ \AA}$ ， $b_0=7.42\text{ \AA}$ ， $c_0=5.30\text{ \AA}$ ， $\beta=90^\circ30'$ ， $Z=2$ 。

晶形呈沿 C 轴延伸的长棱柱状，有时呈平行 (100) 的扁平板状(见下图)，柱面上有条纹，聚片双晶，双晶沿 (100)。



颜色黄绿色、褐色。玻璃光泽、油脂光泽。平行 (100) 解理清楚。贝壳状断口。硬度 5。比重 3.4。含水亚种比重较低。半透明。

二轴晶(+)， $N_g=1.651-1.681$ ， $N_m=1.645-1.667$ ，

$Np=1.645-1.662$ ;  $Ng-Np=0.007-0.019$ ;  $2V=43^{\circ}-87^{\circ}$ ;  $c \wedge Np=3^{\circ}$ , 近乎平行消光, 负延长, 薄片上近于无色或淡黄色, 多色性弱, 色散  $r < v$ 。

绿层硅铈铀矿及其亚种的化学成分如下表 (%)

成分名称	绿层硅铈铀矿	层铈铈铀矿	水绿层硅铈铀矿	水层铈铈铀矿
$CaO$	6.84	21.25		
$(La)_{2}O_{3}$	5.57	0.85	25.47	26.18
$(Y)_{2}O_{3}$	0.74			
$(Nb+Ta)_{2}O_{5}$	2.58	—	2.50	5.06
$P_{2}O_{5}$	6.63		0.53	0.70
$ZrO_{2}$	痕量		—	0.85
$TiO_{2}$	8.37	13.38	0.33	21.96(γ)
$SiO_{2}$	22.36	29.08	28.63	8.92(1)
$Fe_{2}O_{3}$	0.27	0.44	2.31	1.06
$Al_{2}O_{3}$	1.18	—	1.33	0.42
$SrO$	0.40	—	0.74	—
$CaO$	36.65	33.26	15.91	18.21
$MnO$	—	—	0.05	—
$MgO$	0.24	—	0.08	0.20
$K_{2}O$	0.55	—	0.07	0.02
$Na_{2}O$	7.83	8.98	0.52	2.57
$H_{2}O$	1.02	—	12.72	9.36
F	4.40	5.82	1.3	1.79
$—O=F_{2}$	1.65	2.45	0.09	2.75
总计	99.64	100.63	100.11	99.52

绿层硅铈铀矿及层铈铈铀矿能谱上配分值为: 绿层硅铈铀矿:  $La_{0.61}, Ce_{0.31}, Pr_{0.03}, Nd_{0.03}, Sm_{0.01}, Gd_{0.01}, Dy_{0.01}, Er_{0.01}, Yb_{0.01}, Y_{0.01}$ 。

层铈铈铀矿:  $La_{0.01}, Ce_{0.01}, Nd_{0.01}$ 。

绿层硅铈铀矿及层铈铈铀矿的X光粉晶数据如下表。

绿层铈钨钛矿		层硅铈钨矿		绿层铈钨钛矿		层硅铈钨矿	
1	d (Å)	1	d (Å)	1	d (Å)	1	d (Å)
2	3.52	1	3.57	1	1.709	—	—
2	3.34	2	3.35	1	1.584	8	1.582
8	3.04	10	3.06	1	1.568	—	—
2	2.92	5	2.64	3	1.528	4	1.589
2	2.79	3	2.78	3	1.478	8	1.477
3	2.08	6	2.69	2	1.422	—	—
2	2.57	2	2.59	2	1.374	1	1.576
1	2.35	—	—	4	1.266	3	1.270
2	2.36	1	2.29	3	1.246	1	1.247
1	2.17	1	2.19	2	1.184	—	—
1	1.819	8	2.31	1	1.161	—	—
7	1.845	9	1.853	2	1.122	—	—
3	1.810	2	1.810	1	1.066	—	—
1	1.762	2	1.752	—	—	—	—

条件: De肥, D-57.3mm, 层硅铈钨矿加热300℃。

绿层铈钨钛矿的差热曲线见右图。

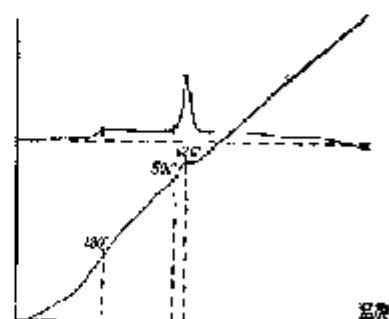
绿层铈钨钛矿广泛见于霞石正长岩及其伟晶岩中, 与霞石、霓石等共生。

在低温热液及地表条件下, 矿物极不稳定。

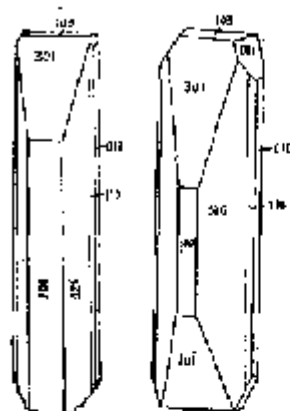
富含Ca的层硅铈钨钛矿和叫钙层硅铈钨钛矿。隐晶质的绿层铈钨钛矿叫胶铈钨钛矿。

钙铈钨矿  $Y_2Ca_3Al_2[Si_3O_{11}] \cdot 4H_2O$

单斜晶系,  $a_0:b_0:c_0=2.065:1:2.151$ ,  $\beta=109^\circ 45'$ 。



晶体呈棱柱状或平行 (010)板状 (左图)。双晶面平行(001)和 (100)。



颜色褐色、红色、黑色。  
玻璃光泽。硬度5.5。比重3.85—3.60。

二轴晶 (+),  $N_m = 1.65$ ;  
 $N_g - N_p = 0.01$ ;  $2V$  约  $80^\circ$ ;  
 $c \wedge Ng = 43^\circ$ 。转变成似晶体,  
重折率为零。

溶于  $HCl$ 。化学成分为  
(%) :  $[Ce]_2O_3$  1.01;  $[Y]_2O_3$   
34.72;  $ThO_2$  0.62;  $SiO_2$   
23.66;  $Mn_2O_3$  5.91  $Al_2O_3$  10.12;  $Fe_2O_3$  2.56;  $CaO$  9.81;  
 $MgO$  0.10;  $(K, Na)_2O$  0.29  $H_2O$  11.75; 总计 100.55%。

稀土配分值为:  $La_{1.6}Ce_{2.2}Pr_{2.4}Nd_{0.4}Sm_{2.6}Eu_{0.1}Gd_{5.2}$   
 $Tb_{1.1}Dy_{1.8}Ho_{1.6}Er_{1.0}Tm_{1.0}Yb_{3.2}Lu_{0.3}Y_{60.0}$ 。

X光粉晶数据如下表:

I	$d$ (ÅX)	I	$d$ (ÅX)
7	4.87	5	1.949
10	4.16	4	1.881
8	3.58	4	1.605
5	3.19	3	1.352
9	2.84	3	1.290
2	2.28	2	1.172
2	2.08		

条件:  $FeK\alpha$ ,  $D = 57.3$  mm, 样品加热  $900^\circ C$ 。

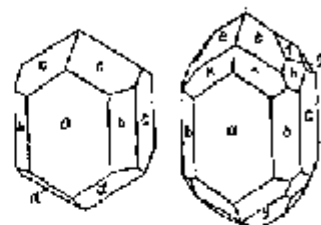
钙铈钇矿见于花岗岩伟晶岩中，与电气石、钽石、褐帘石、磷灰石、锆石、羟磷石等共生。

### 淡红硅铈矿 $Y_2[Si_2O_7]$

单斜晶系， $a_0:b_0:c_0=0.919:1:0.648$ ， $\beta=97^\circ 5'$ 。亚种三铈钇矿 $a_0=6.57\text{Å}$ ； $b_0=8.65\text{Å}$ ； $c_0=4.74\text{Å}$ 。

晶形呈板状及棱柱状。

颜色黑色、暗绿色、褐色、浅绿色、玫瑰红色。油脂光泽。无解理，贝壳状断口。硬度6。比重4.3—4.6。常呈似晶体产出。



淡红硅铈矿及其亚种的光性如下表。

光性	名称	淡红硅铈矿	三铈钇矿	铈铈钇矿
光性		二轴晶(—)	—	—
折光率Ng		1.744	1.725	1.767
Nm		1.738	—	—
Np		1.731	1.704	1.728
Ng—Np		0.013	0.031	0.005
2V		68°	—	—
似晶体折光率		1.73—1.75	—	1.74—1.758

淡红硅铈矿及其亚种的化学成分如下表(%)。

成分	名称	淡红硅铈矿	三铈钇矿	铈铈钇矿
$Ca_2O_3$		9.88	5.66	3.07
$[La]_2O_3$		4.16	9.34	5.18
$[Y]_2O_3$		61.84	47.70	63.45
$ThO_2$		4.18	6.59	10.85
$TiO_2$		—	0.39( $UO_2+TiO_2$ )	1.64

续表

成分	淡红硅钇矿	硅氟铁钇矿	硅 钇 矿
SiO <sub>2</sub>	28.88	26.04	29.83
CO <sub>2</sub>	—	9.34	—
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.45	0.09	0.78
CaO	0.11	0.50	0.67
MnO	—	0.67	0.68
FeO	—	4.39	1.93
MgO	0.05	1.82	0.58
Na <sub>2</sub> O	0.68	0.28	—
F <sub>2</sub> O	1.78	7.24	6.86
总 计	1.60	—	6.42
无 法	0.32	3.97(Γ)	0.97
总 计	100.18	93.43	100.00

淡红硅钇矿的稀土配分值为: La<sub>0.5</sub>Ce<sub>1.5</sub>Pr<sub>0.4</sub>Nd<sub>0.9</sub>Sm<sub>0.9</sub>Eu<sub>0.3</sub>Gd<sub>1.2</sub>Tb<sub>1.8</sub>Dy<sub>2.8</sub>Ho<sub>2.2</sub>Er<sub>2.5</sub>Tu<sub>1.1</sub>Yb<sub>0.6</sub>Lu<sub>0.5</sub>Y<sub>0.9</sub>

淡红硅钇矿和硅氟铁钇矿的X光衍射数据如下表:

淡红硅钇矿	硅氟铁钇矿		淡红硅钇矿	硅氟铁钇矿		淡红硅钇矿	硅氟铁钇矿	
1 d(Å)	2 d(Å)		1 d(Å)	2 d(Å)		1 d(Å)	2 d(Å)	
—	6	4.87	—	1.5	2.84	—	—	1 2.006
—	1	4.32	7 2.77	2	2.779	—	—	1.5 1.957
—	8	3.90	7 2.63	2	2.455	8 1.938	2	1.911
5 3.81	6	3.56	3 3.64	4	2.408	8 1.892	1	1.898
5 3.58	6	3.51	5 3.55	3	2.332	5 1.763	2	1.704
3 3.37	1.5	3.25	—	3	2.170	4 1.716	4	1.720
—	1	3.14	—	—	0 2.238	7 1.226	—	—
10 2.95	10	3.06	—	—	3 2.132	5 1.592	1	1.564
10 2.91	3	2.91	7 3.38	5	2.076	5 1.450	—	—
4 2.90	3	2.83	—	—	0.2 2.060	—	—	—

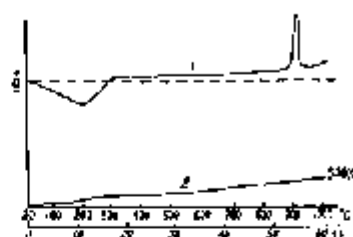
条件: 淡红硅钇矿 Fe靶, D=57.5mm。

硅氟铁钇矿 Cr靶, D=57.3mm, 加热900℃。

硅钇铈矿的X光粉晶主要数据为：3.46(5)；3.05(4)；2.84(10)；1.99(7)；1.84(3)。

淡红硅铈矿的差热曲线及失重曲线见右图。

淡红硅铈矿最常见于花岗伟晶岩中，其次见于碱性花岗伟晶岩中。在伟晶岩中与褐钇铈矿、硅铈矿、曲晶石、磁铁矿、褐帘石等共生。

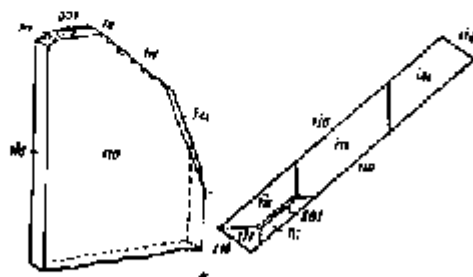


在地表，淡红硅铈矿不稳定，形成含水的钇铈盐矿物。

**钪钇石**  $(Sc, Y)_2(Si_2O_7)$

单斜晶系，空间群  $C_{2h}^2-C2/m$ ， $a_0=6.542\text{ \AA}$ ， $b_0=8.519\text{ \AA}$ ， $c_0=4.669\text{ \AA}$ ； $\beta=102^\circ 33'$ ； $Z=2$ 。

晶形呈沿(110)的长板柱状，有时见到锥面(见下图)，偶尔见到聚片双晶，双晶面(110)。



颜色灰绿色，条痕浅灰绿色。玻璃光泽。解理沿(110)清楚，个别沿(001)。断口不平整。性脆易碎。硬度6—7。比重3.58。

二轴晶(-),  $N_g=1.800-1.809$ ;  $N_m=1.789-1.793$ ,  $N_p=1.750-1.756$ ;  $N_g-N_p=0.050-0.053$ 。  $2V=60-65^\circ$ ;  $N_g N_p \parallel (010)$ 。  $c \wedge N_p=5^\circ$ 。多色性  $N_g=N_m$ —黄色,  $N_p$ —暗绿色。  $\nu < \rho$ 。

矿物的化学成分为(%)： $FeO 0.8$ ;  $[Y]_2O_3 17.73$ ;  $Sc_2O_3 37.0$ ;  $SiO_2 42.9$ ; 总计100.5%。

稀土成分中以Y为主, 其次为Yb, 其他稀土元素量极少。

X光粉晶数据如下表:

$\theta$	$d(\text{\AA})$	$\theta$	$d(\text{\AA})$	$\theta$	$d(\text{\AA})$
1	3.453	1.5	1.368	1.5	1.366
10	3.117	1.5	1.308	1.8	1.323
1.5	2.925	1.5	1.662	1	1.273
1	2.600	2	1.637	1	1.193
1	2.526	1	1.585	1	1.184
3	2.166	1.5	1.519	2	1.084
1	2.076	1	1.491	1.5	1.058
2	2.040	1.5	1.418	1.5	1.393

条件: Cu靶, Ni过滤, D = 57.8mm。

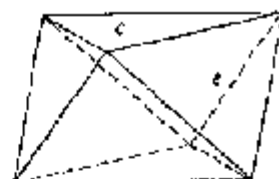
铈钽石产于花岗岩伟晶岩中, 分布在石英长石块体带边缘, 与铌金红石、独居石、绿柱石、黑稀金矿、褐钨铀矿、磁铁矿、黑云母、白云母等共生。也曾在细晶岩中见到。

经HF浸蚀, 在(110)面上见到不对称三角形可资鉴定。

**铈钽石**  $Ce_2Si_2O_7(OH)$

六方晶系, 空间群  $D_{3h}^{12} \rightarrow R\bar{3}C$ ,  $a_0=10.78 \text{\AA}$ ;  $c_0=38.03 \text{\AA}$ ;  $Z=9$ 。

晶形有时呈假八面体(如图),  
通常为不规则粒状或粒状集合体,  
颜色褐色、黄色、红色。硬度  
5。比重4.65—4.91。



一轴晶(-);  $N_e = 1.808 - 1.825$ ;  $N_o = 1.806 - 1.817$ ; 重折率低,  $2V = 11 - 25^\circ$ 。

溶于HCl, 析出胶体。

化学成分为(%):  $Ce_2O_3$  31.37;  $[La]_2O_3$  38.64;  $SiO_2$  21.24;  $CO_2$  0.30;  $Fe_2O_3$  0.43;  $CaO$  2.97;  $FeO$  0.68;  $MgO$  1.88;  $IL_2O$  2.10;  $F$  1.47;  $-O=F_2$  0.62总计109.46%

稀土配分值为:  $La_{23.9}$   $Ce_{40.8}$   $Pr_{1.6}$   $Nd_{18.3}$   $Sm_{1.6}$   $Gd_{1.6}$   $Y_{0.10}$ 。

X光粉晶数据见下表:

I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$
2	8.53	1	3.33	1	2.28	3	1.86
1	6.75	3	3.28	1	2.25	4	1.69
1	6.39	3	3.10	2	2.19	2	1.843
3	5.32	5	2.93	1	2.13	2	1.831
3	4.59	2	2.80	3	2.09	1	1.804
2	4.20	2	2.73	3	2.06	3	1.751
3	3.50	4	2.66	1	2.03	3	1.729
4	3.45	2	2.55	1	1.98		

硅铈石产于花岗伟晶岩、碱性伟晶岩及与花岗岩和正长岩有关的矽线岩和磷酸盐脉中, 与褐帘石、氟碳铈矿、独居石、铈磷灰石、硅铈铈矿及硅稀土石等共生。

硅铈石在低温热液及地表条件下不稳定, 有时被镧石交

代。

### 硅稀土石 $\text{Ce}_2\text{AlSi}_2\text{O}_8\text{F}$

六方晶系(或假六方系),  $a_0=7.74 \text{ \AA}$ ;  $c_0=8.58 \text{ \AA}$ ;  $Z=2$ ; 呈不规则细粒集合体产出。微绿绿色。比重1.9。

2 $\mu$ 晶(+); 2V小;  $N_g=1.878$ ;  $N_m=1.352$ ;  $N_p=1.845$ ;  $N_g-N_p=0.033$ 。薄片多色性明显:

$N_g$ —亮玫瑰色;  $N_m$ —蓝绿色;

$N_p$ —玫瑰色到绿灰色。色散强  $r>v$ 。

化学成分为(%) :  $\text{Ce}_2\text{O}_3$  62.88;  $\text{SiO}_2$  20.33;  $\text{TiO}_2$  0.12;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  10.11;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  2.61;  $\text{MgO}$  0.92;  $\text{CaO}$  2.46; 挥发物0.73; 总计100.21%。

稀土配分值为:  $\text{La}_{12.2}\text{Ce}_{12}\text{Pr}_{5.2}\text{Nd}_{12.2}\text{Sm}_{4.2}\text{Gd}_{1.4}\text{Y}_{1.16}$

X光粉晶数据如下表。

$h$	$d(\text{\AA})$	$k$	$d(\text{\AA})$
2	8.53	1~2	2.549
1~2	5.56	4~5	2.302
7~8	2.150	4~5	2.003
7~8	1.600	2~3	1.807
6	1.605	2	1.784

条件:  $\text{FeK}\alpha$ ,  $\theta=37.9^\circ$ 。

硅稀土石见于与花岗岩正长岩有关的伟晶岩和砂页岩中, 与硅铈石、褐帘石、铈磷灰石等共生。

与硅铈石的区别是硅稀土石具明显多色性。

### 菱硼硅铈矿 $\text{CeBSiO}_3$

三方晶系, 空间群  $D_{3d}^6$ ,  $P-3m$ ,  $a_0=6.85 \text{ \AA}$ ;  $c_0=6.64 \text{ \AA}$ ;  $Z=3$ 。菱面体晶形。颜色黄色、玫瑰红色。比重4.58—

4.60。

一轴品或二轴品(+), 2V不到6°。N约为1.755—1.784。  
化学成分如下表(%):

成 分	含 量	成 分	含 量
$\text{Ce}_2\text{O}_3$	81.87	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.17
$[\text{La}]_2\text{O}_3$	26.80	$\text{P}_2\text{O}_5$	1.03
$[\text{Y}]_2\text{O}_3$	0.71	$\text{CaO}$	2.53
$\text{ThO}_2$	0.06	$\text{MgO}$	0.03
$\text{U}_2\text{O}_3$	0.27	$\text{H}_2\text{O}$	0.31
$\text{SiO}_2$	21.46	F	0.49
$\text{B}_2\text{O}_3$	11.73	$-\text{O}=\text{P}_2$	0.17
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0.40	总 计	99.65

X光粉晶数据见下表:

J	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$
1	5.26	1	2.08	1	1.648
5	4.44	2	1.979	2	1.357
8	3.43	3	1.935	2	1.341
5	3.18	3	1.896	3	1.335
8	3.05	6	1.854	1	1.324
8	2.96	3	1.785	2	1.259
2	2.79	3	1.704	2	1.205
4	2.71	4	1.645	1	1.185
3	2.50	2	1.612	-	1.118
4	2.24	1	1.525		
4	2.23	1	1.479		
7	2.19	1	1.439		

稀土配分值为:  $\text{La}_{2.5}\text{Ce}_2\text{Pr}_{4.5}\text{Nd}_{4.2}\text{Sm}_{0.2}\text{Gd}_{0.2}\text{Dy}_{0.1}\text{Yb}_{1.2}\text{Lu}_{3.1}\text{Y}_2$

菱硼铈矿见于与碳酸岩有关的放射性矿床中, 与褐帘石、品质铈矿共生。也见于与碱性正长岩有关的伟晶岩及热液脉中。

**黄水铈矿**  $(\text{La}, \text{Ce}, \text{Th})_2(\text{Si}, \text{P})_2\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

等轴晶系, 钻石类型的细粒产物。

颜色黄色、黄灰色。玻璃光泽。性脆。

薄片透明, 苍白黄色, 均质体。N=1.580。

化学成分为(%): BeO 0.30; MgO 0.14; CaO 2.83;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  8.66;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  8.15;  $\text{Ce}_2\text{O}_3$  4.83;  $\text{La}_2\text{O}_3$  12.33;  $\text{ThO}_2$  15.14;  $\text{SiO}_2$  22.30;  $\text{TiO}_2$  3.33; ZrO 0.49;  $\text{P}_2\text{O}_5$  5.76;  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  2.00;  $\text{H}_2\text{O}^*$  5.65;  $\text{H}_2\text{O}^-$  14.14; 总计 99.05%。

矿物加热到 900℃ 时, X 光粉晶衍射线为: 3.13 (10)、2.91 (10)、1.87 (8)、2.20 (5)、2.16 (5)、1.97 (5)、1.75 (5)、1.335 (5)、1.273 (5)、1.235 (5)。

黄水铈矿产于成因上与微晶状萤方钠石正长岩有关的伟晶岩中, 与铈菱黑稀土矿、柱星叶石、钠沸石及其他晚期矿物共生, 可交代锰水铈铈矿。

**褐硅铈矿**  $\text{Y}_2\text{Ca}_3\text{FeAl}(\text{B}_3\text{Si}_4\text{O}_{21})$

矿物呈似晶体产出。

颜色黑褐色、黑绿色。玻璃光泽。贝壳状断口。硬度 6.5。比重 3.40。遭到水化的比重下降到 3.05。

光性均质体, N=1.630-1.670。薄片呈浅绿褐色、浅黄褐色。

化学成分见下表(%)。

成 分	含 量	成 分	含 量
$\text{Ca}_2\text{O}_2$	2.79	$\text{Na}_2\text{O}$	0.44
$(\text{La}_{0.2}\text{Ce}_{0.8})_2\text{O}_3$	5.83	$\text{CaO}$	17.32
$(\text{Y}_{0.2}\text{Ce}_{0.8})_2\text{O}_3$	19.60	$\text{Na}_2\text{O}$	0.28
$\text{ThO}_2$	2.78	$\text{H}_2\text{O}$	8.39
$\text{TiO}_2$	0.22	$\text{UO}_2$	0.39
$\text{SiO}_2$	24.12	$\text{BeO}$	0.22
$\text{B}_2\text{O}_3$	10.68	$\text{PbO}$	0.11
$\text{Al}_2\text{O}_3$	6.08	$\text{CO}_2$	0.84
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	3.59	$\text{F}$	1.03
$\text{MgO}$	0.20	$-\text{O}-\text{F}_2$	0.42
		总 计	99.75

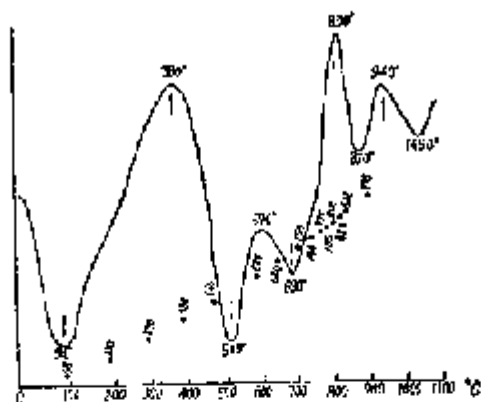
X光粉晶数据如下表:

I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$
6	4.02	4	1.932	2	1.408	5	1.111
4	3.83	3	1.874	3	1.445	5	1.103
3	3.42	4	1.824	2	1.433	1	1.091
5	3.13	3	1.794	2	1.341	0.5	1.077
4	3.05	1	1.770	3	1.378	0.5	1.029
10	2.73	3	1.740	3	1.267	0.5	1.020
4	2.70	3	1.709	3	1.230	1	1.006
3	2.69	0.5	1.629	4	1.217	0.5	0.997
1	2.26	0.5	1.571	1	1.174		
0.5	2.14	0.5	1.533	2	1.143		
3	2.04	2	1.493	5	1.136		

条件: Fe靶,  $\text{MnO}$ 滤,  $D=37.3\mu\text{m}$ , 样品加热 $900^\circ\text{C}$ , 3小时。

褐硅硼铈矿的差热曲线见 152 页上图。

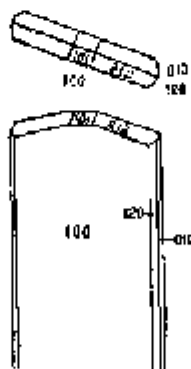
褐硅硼铈矿呈不规则形态, 见于穿切超基性岩的花岗伟晶岩中, 与方解石、磷灰石、透辉石、萤石、方柱石等共生。在



与斜长花岗岩有关的伟晶岩中与磁铁矿、普通辉石、角闪石、榍石等共生。

**铈钠钪钼石**  $\text{CeNa}_2\text{SrMo}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$

斜方晶系， $a_0=5.17 \text{ \AA}$ ； $b_0=14.5 \text{ \AA}$ ； $c_0=9.9 \text{ \AA}$ ； $Z=2$ 。晶体呈平行(100)的板状(见下图)。



颜色浅褐色到暗褐色。玻璃光泽，有时为油脂光泽。具平行(100)的解理。性脆。硬度5。比重3.43—3.49。

二轴晶(-),  $N_g=1.642-1.655$ ;  $N_m=1.63-1.64$ ;  
 $N_p=1.619-1.621$ ;  $N_g-N_p=0.033-0.034$ 。  $2V=36^\circ$ 。

溶于HCl, HNO<sub>3</sub>及H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>。

化学成分见下表(%)。

成 分	含 量	成 分	含 量
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.38	CaO	3.74
(La,Pr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.52	Na <sub>2</sub> O	3.33
ThO <sub>2</sub>	0.26	FeO	2.12
SiO <sub>2</sub>	43.07	MgO	1.33
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.13	ZnO	3.49
BaO	2.35	Na <sub>2</sub> O	17.30
SiO	2.11	Σ H	100.75

稀土配分值为: La<sub>46</sub>Ce<sub>43</sub>Pr<sub>7</sub>, Nd<sub>17.5</sub>。

X光粉晶数据见下表:

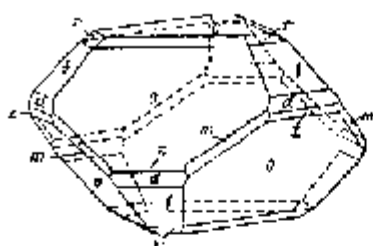
I	$d$ (Å)	I	$d$ (Å)	I	$d$ (Å)
2	3.37	4	2.77	5	1.764
4	3.31	2	2.68	-	1.729
1	3.12	4	2.42	3	1.547
6	2.95	2	1.957	2	1.297
5	2.83	1	1.832	5	1.144

类作: 16靶, D=07.90mm。

铈铈镧石产于方钠正长岩及其有关的紫钠云母伟晶岩中, 与方钠石、紫钠云母、硅铈钠石、锶铈磷灰石、菱黑稀土矿等共生。

**菱黑稀土矿**  $\text{CeNaMn}(\text{Si}_2\text{O}_6)$

三方晶系,  $a_0=9.47 \text{ \AA}$ ;  $c_0=15.39 \text{ \AA}$ ;  $Z=3$ 。菱面体晶形(见154页图)。



颜色红褐色到黑色，不透明，贝壳状断口。硬度5。比重3.1—3.6。常呈假晶体。

—单晶(—)， $N_o = 1.665$ ； $N_e = 1.663$ ； $N_o - N_e = 0.002$ 。多色性弱，微带褐色。

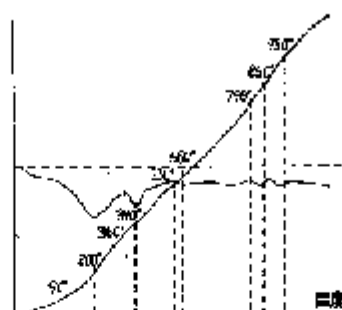
化学成分及X光粉晶数据各列表如下：

成 分	含量 (%)	成 分	含量 (%)
$Ti_2O_3$	23.34	CaO	6.82
$Na_2O$	0.14	MnO	9.87
$P_2O_5$	5.32	$K_2O$	0.83
$TiO_2$	13.09	$Na_2O$	6.51
$TiO_2$	0.68	$H_2O$	5.56
$SiO_2$	32.55	总 计	99.61
$Fe_2O_3$	3.68		

I	d (ÅX)	I	d (ÅX)
1	4.034	2	2.062
1	3.303	3	2.011
3	3.211	3	1.932
1(1)	3.127	3	1.883
2	3.013	2	1.835
2	2.339	3	1.764
10	2.734	3	1.775
	2.725	3	1.740
9	2.581	3	1.672
1	2.384	2	1.827
3	2.337	3	1.604
1	2.134		

稀土配分值为:  $\text{La}_{3.4}\text{Ce}_{1.6}\text{Pr}_{7.3}\text{Nd}_{20}\text{Sm}_{0.2}$ ;  
 差热曲线见下图。



菱黑稀土矿产于霞石方钠石正长岩及其他岩中, 与水晶、钠钛矿、紫脆云母、硅钠钨钼石等共生。

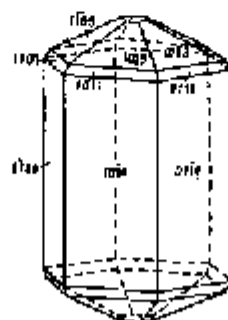
菱黑稀土矿在地表极不稳定, 形成黄水铈矿、磷钇镧矿等。

亚种:  $\text{Mn}$  和  $\text{Th}$  含量高的菱黑稀土矿叫铈钍菱黑稀土矿; 富于  $\text{H}_2\text{O}$  的菱黑稀土矿叫水菱黑稀土矿。

**钨硅钡铈矿**  $\text{Y}_3\text{BaB}_6\text{Si}_3\text{O}_{25}$

六方晶系,  $a_1:a_2=1.290$ 。

晶形呈六方柱状, 六方双锥状 (见下图)。



颜色绿褐色。无解理。贝壳断口。硬度 6。比重 4.497。  
一轴晶 (-)， $N$  约 1.76，重折率高。

易溶于酸。

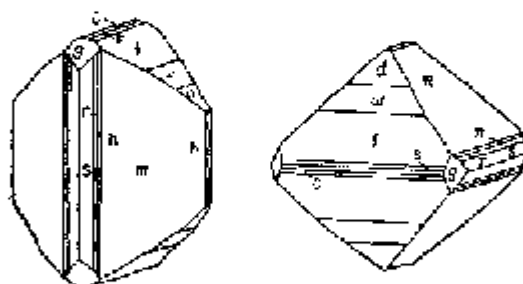
化学成分 (%)：CaO 1.23； $[La]_2O_3$  2.97； $[Y]_2O_3$  52.62； $TiO_2$  0.80； $SiO_2$  14.21；BaO 8.02； $B_2O_3$  17.16；  
CaO 0.67； $K_2O$  0.20； $Na_2O$  0.25；烧失 1.81；总计 99.94%。

铈铈钨矿产于霞石正长伟晶岩中，与铈钨钠石、榍石、萤石等共生。

**钙钨钨矿**  $Y_2Ca_2(Si_2O_7)(CO_3) \cdot H_2O$

斜方晶系，空间群  $D_{2h}^{11}-Pmn$ ， $a_c=13.02 \text{ \AA}$ ； $b_c=14.32 \text{ \AA}$ ； $c_c=6.75 \text{ \AA}$ 。 $Z=4$ 。

晶形呈短棱柱状，有时为近似四方的短柱状(见下图)。



颜色浅黄褐色、无色。透明到半透明。玻璃光泽，油脂光泽。有一组柱状解理。断口不平整，性脆。硬度 5。比重 3.52。

二轴晶 (-)， $N_g=1.683-1.692$ ； $N_m=1.681-1.689$ ； $N_p=1.662-1.667$ ； $N_g-N_p=0.021-0.025$ 。2V=40°。色散强  $r > v$ 。

易溶于 HCl，并析出  $CO_2$ 。

化学成分如下表(%):

成 分	含 量	成 分	含 量	成 分	含 量
CaO	16.78	Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.10	CCl <sub>2</sub>	4.60
Na <sub>2</sub> O	0.04	Br <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.53	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2.60
K <sub>2</sub> O	0.01	Yb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.71	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.06
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.38	Eu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.57	FeS <sub>2</sub>	0.98
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.19	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.20	总 计	100.26
Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.27	SiO <sub>2</sub>	85.24	O = S	0.18
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25.27	TiO <sub>2</sub>	0.02		
Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.44	Tl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.03	总 计	100.01

X光粉晶数据如下表:

1	d (ÅX)	1	d (ÅX)	1	d (ÅX)
6	3.27	5	2.12	6	1.179
10	3.28	6	1.63	3	1.126
3	3.31	9	1.77	5	1.109
10	2.76	2	1.73	5	0.895
5	2.55	4	1.305	3	0.887
4	2.41	3	1.256	6	0.867
6	2.19	8	1.215		

钙钇铈矿见于花岗岩、碱伟花岗岩伟晶岩、斜长花岗岩伟晶岩及砂壤岩中,与黑云母、方解石、磷灰石、磁铁矿、绿柱石、硅铈钇矿等共生。

钙钇铈矿见于含钽花岗岩伟晶岩中,与新绿泥石、黄铁矿、石英、方解石、闪锌矿、黑云母、萤石、锆石、晶质铈矿等共生。

**稀土硅铈钡钛石**  $\text{NaBa}_2\text{Fe}^{2+}\text{Ce}_2\text{Ti}_2\text{Si}_3\text{O}_{29}(\text{OH})$

斜方晶系,  $a_0=9.680 \text{ \AA}$ ;  $b_0=10.539 \text{ \AA}$ ;  $c_0=22.345 \text{ \AA}$ ;  
 $Z=4$ 。链状结构。

晶形不规则, 由极细小鳞片组成。

颜色浅棕色。光泽暗淡, 鳞片表面为绢丝光泽。断口不  
平坦, 沿 (001) 解理完全。硬度约为 5。比重 4.1。

二轴晶 (+);  $N_g=1.797$ ;  $N_m=1.760$ ;  $N_p=1.754$ ;  
 $2V=40^\circ$ 。多色性  $N_g$ —黄绿色;  $N_p$ —无色。  $c \wedge Ng=0^\circ$ 。

化学成分为 (%)。  $\text{Na}_2\text{O}$  2.41;  $\text{K}_2\text{O}$  0.22;  $(\text{Ca}, \text{Sr})\text{O}$   
0.03;  $\text{BaO}$  21.48;  $\text{MnO}$  0.71;  $\text{FeO}$  4.78;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  3.39;  
 $\text{TR}_2\text{O}_3$  22.59;  $\text{SiO}_2$  33.82;  $\text{TiO}_2$  9.20;  $\text{ThO}_2$  0.33;  $\text{Nb}_2\text{O}_5$   
2.31;  $\text{H}_2\text{O}$  1.50;  $\text{F}$  0.38;  $-\text{O}=\text{F}$  0.16; 总计 100.17—  
0.16=100.61。

稀土配分值为:  $\text{La}_{44.5}\text{Ce}_{41.1}\text{Pr}_{4.4}\text{Nd}_{9.9}$

X光粉末主要数据为:

2.80(10); 5.58(7); 2.95(2); 1.596(1); 2.91(1)。

稀土硅铈钡钛石产于伟晶岩中, 与钠闪石, 方沸石, 方  
钠石, 菱形绿柱石等共生。

**水铈钛铈矿**  $\text{Ce}_m\text{Ti}_n\text{Si}_p(\text{O} \cdot \text{OH})_q \cdot r\text{H}_2\text{O}$

为绿帘硅铈钛矿, 特别是胶铈铈钛矿的风化产物。

水铈钛铈矿形成于绿帘硅铈钛矿和胶铈铈钛矿的表面。  
水铈钛铈矿通常由二部分组成。在内层即毗邻胶绿帘硅铈钛  
矿的部分具浅红褐色, 油脂光泽, 贝壳状断口, 硬度 3。外层  
则为黄色粉末。

比重 2.40—2.52。均质体。  $N_x=1.58—1.64$ 。

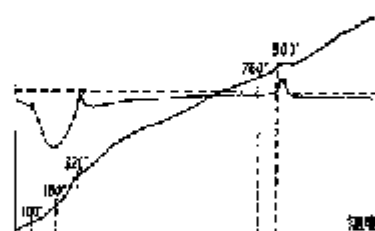
易溶于酸。化学成分如下表(%):

成 分	含 量	成 分	含 量	成 分	含 量
$\text{Ca}_2\text{O}_4$	14.83	$\text{TiO}_2$	18.50	$\text{Mn}_2\text{O}$	0.61
$(\text{La}, \text{Ce})_2\text{O}_3$	5.38	$\text{SiO}_2$	23.89	$\text{MgO}$	0.42
$(\text{Y})_2\text{O}_3$	2.71	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	1.68	$\text{K}_2\text{O}$	0.09
$(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_5$	未 测	$\text{Al}_2\text{O}_3$	0.39	$\text{Na}_2\text{O}$	0.78
$\text{ThO}_2$	1.17	$\text{SrO}$	0.10	$\text{H}_2\text{O}$	26.46
$\text{ZrO}_2$	0.05	$\text{CuO}$	2.68	总 计	99.62

稀土配分值为： $\text{La}_{0.35}\text{Ce}_{0.11}\text{Pr}_0.13\text{Nd}_{0.13}\text{Sm}_{0.11}\text{Gd}_{0.17}\text{Dy}_{0.17}\text{Er}_{0.17}\text{Y}_{0.13}$

水硅铀铈矿产于霞石正长岩及其伟晶岩中，为绿帘硅铈铀矿的风化产物。

水硅铀铈矿的差热曲线如图。



### 铀磷稀土矿 $\text{Ce}_2\text{TiSiO}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

三斜晶系，空间群  $C_1=P1$ ， $a_0=4.91\text{Å}$ ， $b_0=7.57\text{Å}$ ， $c_0=14.05\text{Å}$ ， $\alpha=105^\circ 20'$ ， $\beta=102^\circ 45'$ ， $\gamma=70^\circ 48'$ ， $Z=2$ ，晶体呈细针状和球粒状。

颜色棕黄色、绿黄色。玻璃光泽。硬度 3。比重 3.70。

二轴晶 (+)， $N_g=1.98$ ， $N_m=1.80$ ， $N_p=1.743$ ， $N_g-N_p=0.14$ 。具多色性， $N_g$ —绿黄色， $N_p$ —亮黄色。 $c \wedge Ng \approx 14^\circ$ 。

化学成分为(%)， $[\text{Ce}]_2\text{O}_3$  48.53； $\text{P}_2\text{O}_5$  3.64； $\text{Nb}_2\text{O}_5$  2.86； $\text{SiO}_2$  8.76； $\text{TiO}_2$  13.11； $\text{ThO}_2$  0.78； $\text{Al}_2\text{O}_3$  1.37； $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0.45； $\text{MgO}$  0.42； $\text{MnO}$  0.40； $\text{CaO}$  0.07； $\text{H}_2\text{O}$  15.09；总计 98.49%。

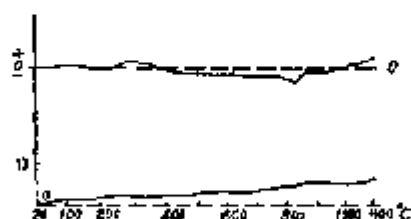
稀土配分值为： $1.0_{21}\text{Ce}_{0.63}\text{Pr}_{0.2}\text{Nd}_{1.8}\text{Sm}_{1.1}\text{Eu}_{0.1}\text{Gd}_{4.2}$ 。

X光粉晶数据如下表：

$I$	$d(\text{\AA})$	$I$	$d(\text{\AA})$
8	3.05	3	2.92
10	2.78	3	1.927
10	2.72	2	1.891
3	2.59	2	1.794
3	2.37	3	1.709
		3	1.602

条件：Cu靶， $D=57.3\text{mm}$ 。

铈磷稀土矿的差热曲线及失重曲线见下图。



铈磷稀土矿产于霞石正长岩的伟晶岩中。在伟晶岩的边缘带中，与尖晶石、闪叶石、褐硅钠铈矿等共生。

在地表，铈磷稀土矿不稳定，被黄色斜磷土矿或石所代替。

**水碓铝铈矿**  $\text{CeTiAl}(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH}) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

晶形呈板状及横切面为六边形的晶体。板状晶体常呈集

合体产出。颜色浅黄到蜜黄。条痕黄色。油脂光泽。性脆。  
- 组解理完全。硬度 2。比重 2.39—2.35。

—双晶 (—)， $N_o=1.617$ ； $N_e=1.595$ ； $N_o-N_e=0.022$ ，平行消光。正延长。薄片呈浅黄色。

化学成分及 X 光粉晶数据各如下表：

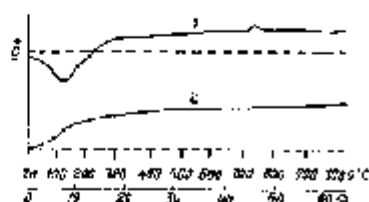
成 分	含量 (%)	成 分	含量 (%)
$CaO$	6.66	$CaO$	8.23
$Al_2O_3$	9.82	$Al_2O_3$	6.25
$Fe_2O_3$	6.46	$Fe_2O_3$	5.55
$Fe_2O_3$	5.85	$K_2O$	1.57
$SiO_2$	22.33	$Na_2O$	0.50
$TiO_2$	10.78	$Li_2O^+$	17.90
$TiO_2$	6.45	$Li_2O^-$	
$UeO$	0.85		
$MgO$	0.45	总 计	93.58

h	$d(\text{\AA})$	k	$d(\text{\AA})$	l	$d(\text{\AA})$	m	$d(\text{\AA})$
5	3.59	4	2.11	1	1.507	2	1.540
6	3.29	1	2.07	3	1.764	1	1.438
7	3.10	2	1.970	5	1.938	2	1.577
8	2.97	2	1.948	3	1.712	1	1.539
7	2.88	3	1.908	4	1.627	3	1.199
4	2.54	4	1.888	1	1.708	1	1.164

矿物为 X 光均质体，加热到 900℃，产生粉晶线谱。

水碓铝铁硼矿的差热曲线和失重曲线见右图。

水碓铝铁硼矿产于与碱石方钠石正长岩有关的伟晶



岩中,是低温热液交代作用的产物,与钠沸石、多硅磷云母、紫硅云母、斜铈针钠钙石、硬锰矿、斜方钛晶石等共生。

水硅铝铁硼矿在地表受风化变成磷稀三矿。

**硅铈铝钡矿**  $(\text{Ba}, \text{Na}, \text{K})_3\text{Ce}(\text{Ti}, \text{Nb}, \text{Fe})_3\text{Si}_4\text{O}_{24} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

六方晶系,  $a_0 = 10.80 \text{ \AA}$ ;  $c_0 = 20.31 \text{ \AA}$ ;  $Z = 3$ 。晶形呈板状及由细粒六方晶体构成的玫瑰花瓣状。颜色棕黄色、橙黄色。油脂光泽或玻璃光泽。贝壳断口。性脆。硬度 4。比重 3.6—3.7。

一轴晶(+),  $N_e = 1.695$ ;  $N_o = 1.689$ ;  $N_e - N_o = 0.006$ ; 具明显多色性  $N_p$ —浅黄色;  $N_g$ —亮黄色。

化学成分为(%):  $\text{Na}_2\text{O}$  7.00;  $\text{K}_2\text{O}$  3.80;  $\text{BaO}$  23.62;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  3.18;  $\text{TiR}_2\text{O}_3$  10.50;  $\text{SiO}_2$  31.28;  $\text{TiO}_2$  1.64;  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  13.20; 烧失量 6.43, 总计 100.75%。

稀土配分值为:  $\text{La}_{23.6}\text{Ce}_{77}\text{Pr}_{0.1}\text{Nd}_{14.7}$ 。

硅铈铝钡矿的X光粉晶数据如下表。

$\theta$	$d(\text{\AA})$	$\theta$	$d(\text{\AA})$	$\theta$	$d(\text{\AA})$
1	5.15	1	2.27	8	1.551
1	4.66	7	2.23	1	1.432
4	(3.57)	7	2.02	5	1.401
10	3.26	7	1.619	3	1.349
6	2.11	3	1.734	3	1.317
4	(3.55)	3	(1.655)	5	1.232
10	2.67	3	1.521	4	1.180
5	2.50				

条件: K $\alpha$ 靶,  $D = 57.3 \text{ mm}$ 。

硅铈铝钡矿见于方钠霞石正长岩内的紫硅云母方沸石脉中,与硅铈铁矿、硅铈钠石共生。也见于与磷霞岩有关的伟晶岩中,赋存在霞石和钠沸石的间隙中。

水硅铈绿帘  $TR_2(Si+4H)_2O_{12-2n}OH_{1+2n}$   $0 \leq n \leq 4$

单斜晶系(↑),  $a_0=7.12 \text{ \AA}$ ;  $b_0=7.27 \text{ \AA}$ ;  $c_0=6.70 \text{ \AA}$ ;  
 $\beta=102^\circ 30'$ 。与独居石构造近似。

未见晶形。黑褐色。光泽暗淡。无解理。具状断口。硬度 5—6。比重 3.51—3.65。

大部分颗粒似晶体化, 具光性均质性, 少部分颗粒略显重屈折。似晶体折光率,  $N=1.639 \pm 0.002$ 。

化学成分如下表(%):

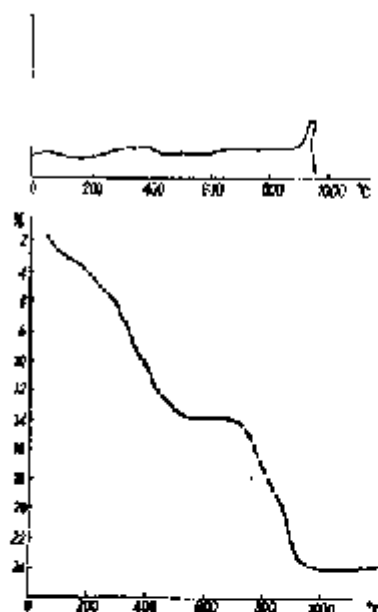
成分	含量	成分	含量	成分	含量
SiO <sub>2</sub>	15.90	CaO	0.42	Eu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.91
FeO	5.52	Pr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.68	Tb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.64
MnO	1.02	Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.46	Yb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.79
MgO	0.26	Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.57	La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.79
CaO	4.88 <sup>①</sup>	Eu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.05	PtO	微量
Tb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.85	Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.52	H <sub>2</sub> O <sup>②</sup>	82.71
UO <sub>2</sub>	0.57	Tb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.47		
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	28.00	Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.85		
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.66	Ho <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.90	总计	99.20

① 包括SrO ② 总水量。

X光粉晶数据如下表:

I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)
10	6.95	10	3.60	5	2.99
10	6.53	5	3.63	5	2.87
2	5.32	4	3.42	5	2.74
2	4.83	3	3.29	2	2.68
3	(4.63) <sup>①</sup>	5	3.21	1	2.44
5	4.26	1	3.13	5	2.30
3	(4.23)	5	3.34	2	2.24

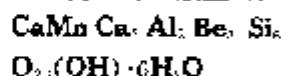
① ( ) 代表杂质。



水硅铍矿的脱水曲线及差热曲线见图。

水硅铍矿产于花岗岩伟晶岩中。伟晶岩的主要矿物有条纹钾长石、石英、黑云母。次要矿物有酸性斜长石、独居石、磷铍矿、锰铝榴石、钨铍石、褐帘石、硅铍铈矿、淡红硅铈矿、黄铁矿、磁铁矿、褐铈铈矿等。极少量的为沥青铀矿。

#### 褐色铍硅酸盐 (?)



暗褐至黑色，细粒集合体结构。暗淡光泽。不平整断口。折光率  $N \approx 1.74$ ，重折率低。

化学成分为(%)：BeO 2.45；MgO 1.08；CaO 3.36；MnO 5.31；B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.37；Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 7.05；Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2.45；TR<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 36.85；SiO<sub>2</sub> 27.00；TiO<sub>2</sub> 0.06；ZrO 1.18；ThO<sub>2</sub> 3.15；Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.70；H<sub>2</sub>O 8.92；总计99.93%。

稀土配分值为： $\text{La}_{0.25} \text{Ce}_{0.46} \text{Pr}_{0.7} \text{Nd}_{2.1} \text{Sm}_{1.1} \text{Eu}_{0.1} \text{Gd}_{0.9} \text{Tb}_{0.2} \text{Dy}_{0.5} \text{Ho}_{0.1} \text{Er}_{0.2} \text{Yb}_{0.30}$

X光粉晶线谱上有几条宽线：3.2；2.94；2.62；3.5；3.4；1.92；1.605。

褐色铍硅酸盐 (r) 矿物产于伟晶岩中。

**羟硅铀矿**  $Y_2[SiO_4](OH)_2$

三斜晶系,  $a_0=11.0\text{ \AA}$ ,  $b_0=6.65\times 2\text{ \AA}$ ,  $c_0=13.1\times 2\text{ \AA}$ ,  $\alpha=94^\circ 18'$ ,  $\beta=95^\circ 0'$ ,  $\gamma=93^\circ 36'$ ,  $Z=3$ 。

颜色浅红、灰。条痕为微带浅红灰色调的白色。玻璃光泽。解理沿(011)明显。硬度 5.5—6。比重 4.21 (计算值为 4.22)。

薄片无色。二轴(-),  $N_g=N_m=1.827$ ,  $N_p=1.786$ ,  $2V=5-15^\circ$

化学成分为(%):  $[Y]_2O_3$  64.99,  $[Ce]_2O_3$  0.83,  $Ce_2O_3$  0.09,  $ThO_2$  0.11,  $SiO_2$  19.09,  $(ZrHf)O_2$  1.43,  $CaO$  0.85,  $MgO$  0.71,  $U_3O_8$  0.86,  $Fe_2O_3$  1.33,  $Al_2O_3$  1.31,  $P_2O_5$  9.91,  $H_2O^+$  5.85,  $H_2O^-$  0.87, 总计 99.25%

X光粉晶主要数据为:

2.96(10); 3.02(6.5); 2.78(5); 2.715(5); 2.88(4.5); 3.31(4)。

羟硅铀矿产于石英微斜长石伟晶岩中, 与黑云母、独居石、褐钨铀矿、沥青铀矿等共生。

**钨铈矿**  $(Ce, Nd)W_2O_6(OH)_2$

单斜晶系, 空间群  $P2_1/m$ ,  $a_0=5.874\pm 0.005\text{ \AA}$ ,  $b_0=8.700\pm 0.005\text{ \AA}$ ,  $c_0=7.07\pm 0.005\text{ \AA}$ ,  $\beta=105^\circ 27'$ ,  $Z=2$ 。

橙黄色。解理沿(100)完全。双晶沿(001)。硬度约1。

显微镜下为微带浅绿色调的黄色。二轴晶,

$N_g=2.02\pm 0.01$ ,  $N_m=1.95\pm 0.01$ ,

$N_p=1.89\pm 0.01$ 。

化学成分为(%):  $WO_3$  70.68,  $Al_2O_3$  0.05,  $Fe_2O_3$  0.15,  $TR_2O_3$  24.12,  $CaO$  0.17,  $F_2O^+$  4.80, 总计 100

99.97%。

X光粉晶主要数据为：6.83(3.6)，3.403(10)，3.337(1.8)，2.627(1.7)，2.273(5.2)，1.67(2.1)。

铈钨华呈长 100  $\mu$  的叶片状晶体，集合呈放射状产出。与钨铁矿共生。

富钨的钨华叫钨钨华。

## 第四章 稀土矿物及含稀土元素

### 矿物鑑定表

除上述稀土元素含量在10—15%以上的稀土独立矿物外还有许多含稀土元素矿物，兹将此两类矿物一并列表如下。

表中共列入  $TR_2O_3$  含量在 0.1% 以上的矿物 228 个。鉴定特征包括矿物名称、分子式、 $TR_2O_3$  百分含量、晶系、晶形、颜色、硬度、比重、轴性、折光率、X 光粉晶主要数据及其强度等九项。

为了便于查对，矿物先按光性分类。计分为均质体和似晶体，一轴晶正光性，一轴晶负光性，二轴晶正光性，二轴晶负光性及光性不明等六类。然后在每一类中按折光率的大小、由小到大顺序排列。排列中一轴晶以  $N_o$  为准，二轴晶以  $N_m$  为准。如无  $N_m$  则以  $N_g$  参加排列。

稀土矿物好多呈似晶体产出，但有的矿物既是似晶体的，又是结晶体的，这样的矿物将在表中排两次，既排在似晶体中，也排在相应轴性的晶体中。

表中硬度为莫氏硬度。

表中 X 光粉晶主要数据的距离，除注明以  $KX$  为单位外，其余均为  $\text{\AA}$ ，强度主要按十进位划分。

地 层 体 积 和 晶 体

矿 物 名 称	TR <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	晶 系	晶 形	晶 色	硬 度	比 重	透 光 性	折 光 率	荧光粉品 主要数据
水氯铝硅酸盐 $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}(\text{SO}_4)_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	18.00 18.12	等 轴	立方体 八面体	无色透明 带紫蓝色 白色	3 2.40	2.85— 2.40	是片状 的并均 黄至	1.440—1.412	2.193 (10) 1.831 (13) 3.291 (9)
红晶石 $(\text{Ca}, \text{Y})(\text{F}, \text{O})_2$	18.38 17.5 (ΣTR)	单 轴	菱油状 或粒状 集合体	玫瑰色, 绿色及 无色	4.5	3.5	均 质	1.432—1.457	1.931 (12) 3.14 (9) 1.223 (9)
假红石 $\text{ThSiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	3.62		浑 圆 形 不规则形	无 色		3.2	均 质	1.530	烧灼后呈 蓝白色 或有的又呈 黄绿色
莫水矿 $(\text{La}, \text{Ce}, \text{Th})_2(\text{Si}, \text{P})_2\text{O}_{10} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	17.16	单 轴	棱柱状 或粒状 集合体	黄 色 黄 绿色			是片状 均 质	1.530	3.19 (10) 2.91 (10) 1.87 (8) 加热至500℃
水绿矾 $\text{Ce}_m\text{Ti}_n\text{Si}_p(\text{O}, \text{OH})_q \cdot x\text{H}_2\text{O}$	22.35		棱柱状 集合体	樱红褐色 红 黄色	3 2.32	2.40— 2.32	均 质	1.52—1.64	

注: 1. 空白处为缺此资料。 2. 假晶体为白云母和白云母系绿帘。

续表

矿物分子式	晶系	晶体	颜色	硬度	比重	轴性	折光率	光性特征
绿帘石 $\text{ZrO}_2\text{SiO}_2\text{Na}_2\text{O}$ 和 $\text{K}_2\text{O}$ 的固溶混合物	0.76— 1.34	细粒集 合体	灰褐色 深褐色 褐灰色				1.592	无光性晶质
锆英石 $\text{Zr}_2\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$ $\text{OH}(\text{q} \cdot \text{H}_2\text{O})$	2.12		无颜色		2.75		1.80—1.65	2.62 (10) 1.787 (9) 1.520 (9)
绿帘角闪石 $(\text{Fe}, \text{Ca})_2\text{Ti}_2\text{U}^{4+}$ $\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	0.44		浅黄色 黄褐色	3.5	4.13	均 轴	1.617	
杜罗绿帘石 $\text{Ca}_2\text{Ti}_2\text{Mn}(\text{SiO}_3)_4$ $\text{OH}(\text{Fe} \cdot 3\text{H}_2\text{O})$	1.13	不完整的 晶体	深褐色 近于黑色	4	3.02	均 轴	1.63 1.60	4.08 (10) 3.48 (10) 2.62 (10)
绿帘角闪石 $\text{Y}_2\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{Al}_2$ $[\text{B}_2\text{Si}_2\text{O}_7]$	27.60	单 斜	黑褐色 黑绿色	6.5	3.40	均 轴	1.620 1.672	2.78 (16) 4.02 (4) 3.13 (4)

续表

矿物名称	化学式	TR <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	晶系	颜色	硬度	比重	折射率	主要成分
水铝硅酸盐								
TR <sub>2</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O		23.26	单斜	黑褐色	5-6 3.85	3.81-3.85	假立方 1.533±0.002	8.95 (10) 8.58 (10) 8.60 (10)
沸石								
沸石 (Th, TR, Ca) <sub>2</sub> (OP <sub>2</sub> Si) <sub>2</sub> (O, OH) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O		3.67	立方	玫瑰色		3.33	1.63	又水非晶质加热后成晶体与晶体一致
沸石								
(Ca, TR, Th) <sub>2</sub> [(Si, P)O <sub>3</sub> (O, OH)] <sub>2</sub>		33.35	六方	黄至灰	4-5	3.327	似晶体 均质体	3.23 (10) 2.80 (10) 1.861 (5)
水铝硅酸盐								
(Ca, Th, Na, Mg) <sub>2</sub> (OP <sub>2</sub> Si) <sub>2</sub> (O, OH) <sub>2</sub> ·nH <sub>2</sub> O		20.19	不规则或棱柱状	棕色		3.29	粉末	1.93 (10) 2.13 (5) 3.13 (8)
沸石								
Zr <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub>		0.27	棱柱状	黄白色		2.3-2.9	粉末	与沸石同属
沸石								
(Th, U) SiO <sub>3</sub> ·nH <sub>2</sub> O		0.41	三方柱状	黑色	4.0-4.5	3.5-4.5	似晶体 均质体	1.830-1.870 加热后不可火

续表

矿物名称式	TR <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	晶形	颜色	硬度	比重	结晶性	折光率	X射线衍射主要数据
绿帘石	2.06	短柱状	青褐色	4.0	4.25	似晶体	1.58—1.76	
祖母绿上石 $\text{Na}_2\text{Ca}_2(\text{Y}, \text{La})_2(\text{Zr}, \text{Ce})_2(\text{F}, \text{Cl})(\text{BO}_3)_2(\text{SiO}_3)_{12}$		四方柱				近于玻璃 体, 有时 为二相(-)	1.40—1.70	
方水柱石	8.00	等轴	黄褐色		5.24	均质	1.490—1.703	
水柱石	2.50	正方双锥	暗红褐色 至黑色	8.0— 4.0	8.5—3.2	似晶体	1.70—1.72	
绿柱石 $(\text{Th}, \text{Ca}, \text{Ce})(\text{OH})$ $[\text{P}, \text{Si}, \text{Al}(\text{O}, \text{F}, \text{OH})_2]$	7.30	长柱状	深绿色 至红色 不透明	5	4.53	似晶体	1.700—1.718 2.18 (3) 1.857 (3)	3.03 (3)
祖母绿寶石 $(\text{Ca}, \text{Ca}, \text{Al})_2\text{F}(\text{Al}, \text{Si})\text{O}_6(\text{OH})_2$	27.38	六方	青褐色	5.5	3.35	似晶体	1.72	2.827 (10) 1.841 (7) 3.112 (5)
日光榴石 $(\text{Mg}, \text{Zn}, \text{Zn})_2\text{Si}_2\text{O}_7$	0.32	四面体 四面体-四 面体, 双 面体	灰色、棕 色、红色 至绿色	6	3.7— 3.37	似晶体	1.722—1.727	3.369 (10) 1.984 (10) 1.345 (10)

续表

矿物名称式	TR <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	晶系	颜色	硬度	比重	堆积	折光率	荧光	X光粉晶 干涉条纹
叶状独居石 $\text{PrTh}(\text{UO}_2)(\text{OH})_2$ $[\text{Si}_2\text{O}_7] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	0.08		浅红色 灰绿色	2.5— 3.0	4.4—4.7	块	1.780—1.760		
独居石 $(\text{Th}_{0.94}\text{Pr}_{0.06}\text{Zr}_{0.04}\text{Al}_{0.02})$ $\text{Mg}_{0.02}\text{Fe}_{0.02}\text{P}_{0.02}\text{Ca}_{0.02}\text{U}_{0.02}$ $(\text{Si}_{0.02}\text{Fe}_{0.02}\text{Zr}_{0.02}\text{Nb}_{0.02})_{0.02}$ $\text{O}_2$	3.97		黑色	~6	4.584	似晶体 均质	1.787—1.763	8.54 (10) 2.67 (10) 1.317 (10宽)	
独居石+矿					4.28	块	1.740		
独居石	48.20	单 斜 四方形 的晶体	暗褐色 黑褐色	6.5	4.63	似晶体 均质	1.743		3.076 (10) 1.348 (8) 2.669 (7)
稀土磷酸盐	55.44	两组主晶 斜方柱状	暗褐色	6	4.03	均质体	1.750		
独居石 $(\text{Th}, \text{U})\text{SiO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	1.35 (Y, O <sub>2</sub> ) 45.39 (Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + ThO <sub>2</sub> )	正 方 晶	黄色	5—6 5.45	5.44— 5.45	似晶体	1.77		
水独居石	5.45	立方体 六面体是 稀少的钙 长石	灰褐色 褐色	1.0	3.38	均质体	约1.73		

续表

矿物名称	分子式	TiO <sub>2</sub> (%)	晶系	晶形	颜色	硬度	比重	性	光泽	主要成分
黑硅硼钠矿	$8(\text{Ca}, \text{Fe})\text{O}(\text{U}, \text{Th})_2 \cdot 7\text{TiO}_2 \cdot 10\text{SiO}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	3.19		致密块状	黑色	3—4	>3.6	均质体	1.723—1.820	
偏硼黑硅土矿	$\langle \text{Ce}, \text{La}, \text{Th} \rangle (\text{Mn}, \text{Fe})_2 (\text{SiO}_3) (\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	20.19		不规则块状	黑色	5.5—6.0	3.388	均质体	1.80	
钨铀油矿	$(\text{U}, \text{Ce})_2 (\text{B}_2\text{O}_3, \text{Ti})_2 \text{O}_7 \cdot n(\text{OH})_{2-2n}$	2.32 包括Th	单斜	八面体	暗桔黄色至黄色内部为暗棕色	5.5—6.0	4.17—4.74	似晶体	1.80—2.17	
钨铀硅铈石	$\text{U}_2\text{CeSi}_2\text{P}_2\text{O}_{14}$	24.66	单斜	块状	浅黄色至红褐色	5	5.06	似晶体	1.820—1.823	3.09 (10) 2.86 (8) 3.28 (6)
钨铀铈绿石	$(\text{Y}, \text{U})_3 (\text{Nb}, \text{Ta})_2 \text{O}_7$	13.00	等轴	致密块状	灰褐色	4.5—5	3.96—4.80	似晶体	1.830—1.835	2.973 (10) 1.895 (9) 1.433 (7)
钨铀铈绿石	$(\text{U}, \text{V}, \text{Ga})_{1-n} (\text{Nb}, \text{Ta})_2 \text{O}_7 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	4.00	斜方(1)	柱状	深褐色至黑色，能导电	5.4	3.36—4.76	块状	1.06—2.13	4.65 (12) 3.15 (13) 3.01 (13)

续表

矿物名称	晶系	晶形	颜色	硬度	比重	结晶性	折射率	主要成分
钙铈铀矿 (U, Ca, Fe) <sub>3</sub> (Nb, Ta, Ti) <sub>2</sub> O <sub>6</sub> (O, OH)	单斜	八面体	黄褐色 至黑色	4-4.5	3.508 3.758	似晶体 均质	1.89	
铈铀铈矿 (Ca, U) <sub>2</sub> (Nb, Ti, Ta) <sub>2</sub> O <sub>6</sub> (OH) <sub>1-2</sub>	单斜	菱形十 二面体	琥珀色 至黑色	4.5	4.716 4.752	均质	1.89-2.10	3.81(10) 3.74(10) 3.94(13)
铈铀铈矿 (Ca, U) <sub>2</sub> (Ti, Nb) <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	单斜	八面体或 菱形十二 面体	棕褐色 至黑色	4	3.75- 4.17	均质	1.815-1.935	3.68(12) 1.82(A) 1.55(G)
铈铀铈矿 (U, Ti) <sub>2</sub> (Ti, Nb) <sub>2</sub> O <sub>6</sub> Ta <sub>2</sub> O <sub>6</sub> (OH) <sub>1-2</sub>	单斜	八面体或 八面体十二 面体	黄色		5.24	似晶体	1.52-1.56	3.20(16) 3.60(18) 4.05(15)
铈铀铈矿 2(U, Ti) <sub>2</sub> (Nb, Ti) <sub>2</sub> O <sub>6</sub> 5H <sub>2</sub> O	单斜	不规则 柱状	黄褐色 至黑色	5-6	4.0-4.2	似晶体	1.86	4.79 3.43
铈铀铈矿 (Ca, U) <sub>2</sub> (Ta, Ti) <sub>2</sub> O <sub>6</sub> (OH) <sub>1-2</sub>	单斜	细小八面 体及柱状	黄褐色 至黑色	5-5.5	5.75 5.95		1.97-2.07	2.84(10) 1.932(10) 1.534(13)
铈铀铈矿	单斜	八面体	黄褐色 至黑色	5-5.5	4.708- 4.93	均质	1.88+	

续表

矿物名称	TR <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	晶系	晶形	颜色	硬度	比重	结晶性	主要数据
斜方辉石	3.85	斜方	无晶形	暗褐色			N<2	2.59 (10) 1.954 (10) 1.186 (8)
辉石 (Ca,Fe)(Mg,Ti)FeSi <sub>2</sub> (O,OH,F)	2.93— 5.70	斜方	短柱状	暗褐色	4.5 4.80		2.00	3.646 (10) 1.524 (8) 1.866 (6)
斜方辉石	12.84	斜方	八面体			4.86	N>2	1.537 (12) 2.990 (8) 1.896 (7)
辉石 NaCaMg <sub>2</sub> O <sub>6</sub> F	9.76 2.46	斜方	八面体及四方体 棱形十二面体	红褐色 暗红色 黄	6—6.5 3.75 2.440		2.0—2.2	3.02 (10) 1.84 (8) 1.57 (6)
辉石 (Ca <sub>2</sub> Y <sub>2</sub> U) <sub>2</sub> (Nb,Ti) <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	13.06 12.75	斜方	柱状及板状		6.5 4.48 4.74		2.015— 2.085	
辉石 (Ca <sub>2</sub> Na) <sub>2</sub> Ti <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (O,OH,F)	0.50	斜方	八面体及不规则状	黄褐色		5.82	2.028± 0.003	2.96 (10) 1.838 (9) 1.583 (9)
辉石 (Ca <sub>2</sub> Ca)(Nb,Ti) <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	4.28— 16.40	斜方	八面体	深褐色	5—5.5	4.13	2.04	3.01 (10) 1.84 (6) 1.559 (6)
辉石 (Na <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> Bi) <sub>2</sub> Ta <sub>2</sub> O <sub>7</sub> F	3.18	斜方	八面体及不规则状	深褐色		8.426	2.044± 0.003	8.757 (10) 1.100 (7) 1.734 (3)

续表

矿物名称	TR <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	晶系	晶形	颜色	硬度	比重	结晶性	折光率	X光衍射主要数据
褐钨铋矿 (Y, Th, U, Ca, Th) (Nb, Ta, Ti) O <sub>6</sub>	42.8	正方	具棱面之柱状 (少数) 柱状	表面暗灰, 褐黄色至褐色, 断口灰, 黑色	5.5—6.5	5.8—8.8	似晶体均	2.05—2.13	8.14 (10) 2.96 (10) 1.882 (10)
铁闪钨矿 Y(Nb, Ta, Ti) (O, OH) <sub>6</sub>	39.13	正方		暗棕色	5—6	4.18	似晶体均	2.06	8.13 (10) 2.95 (10) 1.897 (10)
钨钼铋矿 Ca, Zr Ti <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	3.36—600	单斜	厚板状及不规则状	黄绿色至黑色	5.5—6.0	4—4.5	似晶体均	2.06—2.15	2.97 (10) 2.82 (10) 1.83 (5)
钨钼铋矿 (Ba, Sr) <sub>2</sub> Nb <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ·H <sub>2</sub> O	2.6	单斜	八面体	黄绿色至黄褐色	4.5—5	4.00	均质	2.07—2.10	
黄钨铋矿 Y (Ta, Nb) O <sub>6</sub>	33.82	正方		灰黄色至灰黑色		6.24—7.03	均质	2.077	2.96 (10) 1.88 (10) 1.56 (8)
钨钼铋矿 (Nb, Ta, Ca <sup>++</sup> ) <sub>10</sub> O <sub>20</sub> 2.45H <sub>2</sub> O	21.80	单斜		红色至暗褐色		5.04—6.34	均质	2.08±0.015	3.02 (10) 1.998 (10) 1.872 (8)
钨钼铋矿 (Y, U, Fe) <sub>2</sub> (Nb, Ta, Ti) <sub>2</sub> O <sub>20</sub>	15.13	斜方	柱状	黑色至棕色	5—6	5.23—5.69	似晶体均	2.1—2.3	3.07 (10) 2.92 (10) 2.69 (4)

附表

矿物名称	化学式	$TR_2O_3$ (%)	晶形	颜色	硬度	比重	结晶性	折光率	主要特征
绿柱石 ( $Be_3Al_2Si_6O_{18}$ )	$Be_3Al_2Si_6O_{18}$	17.65	不规则	绿色	5-5.5	5.24	似晶体	2.10-2.28	2.568 (10) 1.748 (9) 1.880 (8)
红绿柱石 ( $Be_3Al_2Si_6O_{18}$ )	$Be_3Al_2Si_6O_{18}$	24.00	立方体 后双晶	红色 褐色 黄褐色	5-5.5	4.470	似晶体 均	2.103	2.71 (10) 1.918 (9) 1.569 (8)
绿帘石 ( $Ca_3Al_2Si_6O_{18}$ )	$Ca_3Al_2Si_6O_{18}$	11.68	长形或 短形	黑色带 浅褐色	6-7	4.33	似晶体	2.11	1.452 (10) 1.016 (9) 2.692 (7) 加热700℃
绿帘石 ( $Ca_3Al_2Si_6O_{18}$ )	$Ca_3Al_2Si_6O_{18}$	28.89	柱状	黑色	5.5-6.0	4.80	似晶体的 部分裂开	2.12-2.16	
绿帘石 ( $Ca_3Al_2Si_6O_{18}$ )	$Ca_3Al_2Si_6O_{18}$	25.13-32.13	柱状、 短柱状、 板状	绿色 棕色 黑色	5-6	5-5.333	大部分 似晶体化	2.15-2.27	2.03 (10) 2.56 (9) 1.587 (8)
绿帘石 ( $Ca_3Al_2Si_6O_{18}$ )	$Ca_3Al_2Si_6O_{18}$	33.65	柱状	黄色或 黄褐色	6-5	4.94-5.37	似晶体	2.15	2.665 (10) 1.785 (5) 1.685 (3)
绿帘石 ( $Ca_3Al_2Si_6O_{18}$ )	$Ca_3Al_2Si_6O_{18}$	16.98-19.42	无晶形	黑色 黑褐色	5-5.5	5.43-5.82	均	2.15-2.60	2.86 (10) 1.85 (9) 1.55 (9)

续表

矿物名称	TK <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (%)	晶系	晶形	颜色	硬度	比重	放射性	折光率	X光射线 主要数据
独居石 (Th, TR, Ca)(Ti, Nb) <sub>2</sub> (O, OH) <sub>6</sub>	15.84	斜方	不成形	褐色至 暗褐色	5.7	5.25	似晶体	2.10	
铈钍矿 (Zr, Ce, Th, U, Nb) <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	4.78	斜方	八面体	黑色	6.40	4.74	均质	2.18	2.91 (6) 1.73 (6) 1.517 (3)
力钍石 ThO <sub>2</sub>	6.8— 8.04	斜方	具八面体 晶面的立方	黑灰色到 棕色	5.5— 7.0	8.97— 8.87	均质	2.25	3.25 (15) 1.964 (10) 1.875 (11)
黑稀金矿 Y(Nb, Ti) <sub>2</sub> (O, OH) <sub>6</sub>	20.82— 29.93	斜方	柱状	黑色到 暗褐色	5.5— 6.5	4.30— 5.87	似晶体 均质	2.00—2.24 (加热后) 2.22—2.23	2.91 (13) 2.98 (7) 3.07 (3)
独居石 (Y, U)(Th, Zr, Nb, Ta) <sub>2</sub> (O, OH) <sub>6</sub>	26.23	斜方	短柱状	暗褐色 黑色	5.5	4.60	似晶体	2.21	2.90 (13) 2.52 (3) 1.775 (3)
铈铀铈矿 (Ce, U) <sub>2</sub> (Th, Nb) O <sub>7</sub> ·x(OH) <sub>2</sub>	34.20 (TR <sub>2</sub> O <sub>7</sub> + ThO <sub>2</sub> )	斜方	棱柱状 短柱状	灰黄色 深灰色	5	5.41— 5.58		2.31—2.34	
钍铀矿 ThO <sub>2</sub>	31.04	斜方	板状	暗褐色 红褐色	5.9	5.87	似晶体	2.21—2.23	3.05 (10) 2.93 (10) 1.578 (10)

续表

矿物名称	TK, $\mu\text{O}_2$ (%)	晶系	晶形	颜色	硬度	比重	结晶性	折光率	荧光	主要成分
独居石 (Ca, Th, U, Ce)(Zr, Y, Nb) $\text{SiO}_4$	13.30	斜方	斜方双锥 柱状	黑色	6.5	4.77— 4.85	似晶体 均	2.215		2.91 (10) 1.82 (8) 1.78 (6)
萤石 (Ca, Th, U, Y, Ce) (Ti, Nb) $\text{SiO}_4$	23.68	斜方	长柱状 块状	黑色 褐色 黑色 红色	6.5	4.02— 4.88	似晶体	2.23—2.26		3.05 (30) 1.87 (8) 1.85 (7)
钽铌金矿 $\gamma(\text{Ti, Nb})_2(\text{O, OH})_2$	26.28— 28.43	斜方	厚板状	灰色	4.5— 6.5	4.83— 5.05	似晶体	2.248		2.09 (10) 1.83 (2) 1.728 (4)
独居石 (Th, Ca, Th)X(Nb, Ti) $\text{SiO}_4$	25.58— 28.17	斜方	柱状	黑色		5.132	似晶体	2.26		3.05 (10) 2.06 (5) 1.897 (8)
钽铌金矿 (Ce, Y, Ce) (Ti, Nb) $\text{SiO}_4$	18.88	斜方			4.5— 5.5	5.90	似晶体	2.27		
独居石 (La, Ce, Ca) (Ti, Nb) $\text{SiO}_4$	22.50	斜方	立方体 八面体 具穿孪双晶	黑色 褐色 褐色	4.5— 5.5	4.58— 4.85	均	2.30—2.33		2.724 (20) 1.87 (8) 1.83 (7)
独居石 (La, Ce) (Ti, Nb) $\text{SiO}_4$	25.55	斜方	八面体 立方体 方解石形	黑色 灰色	5.5— 6.5	4.657	均	2.35		2.756 (10) 1.851 (8) 1.892 (6)
独居石 (Ce, Ce) $\text{TiO}_3$	7.93	假立方	六棱柱 柱状		5.5— 6.0	4.16— 4.24	均	2.36		2.70 (20) 1.915 (13) 1.886 (2)

续表

矿物名称	$TR_{\lambda}D_{\lambda}$ (%)	晶系	晶形	颜色	硬度	比重	轴性	折光率	X光衍射 主要数据
钇钪矿 (U, Ce, Th, Y, Th) <sub>2</sub> Ti <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (Y)	5.08	四方晶系	柱状	黑色	5.5	4.5—5.43	似立方晶质	2.37	3.44 (13) 2.374 (8) 3.52 (3)
方解石 CaCO <sub>3</sub>	84.5	三方晶系	八面体	玫瑰色		2.73	立方晶质	N > 2	1.121 1.316 1.626
假斜方晶 Ca (Ti, Nb) TiO <sub>3</sub>	8.80	三方晶系	六方体	黄褐色	5—6	4.19—4.26	四方晶质	2.38—2.39 部分非均质	
红柱石 (Ca, U) <sub>2</sub> (Nb, Ta) <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (OH)	12.84	三方晶系	八面体	无色	4	4.62—4.80	似立方晶质	N > 2	4.557 (16) 2.300 (8) 1.825 (7)
钙钛矿 CaTiO <sub>3</sub>	2.23	三方晶系	立方体	灰黑色	5.5—6	3.97—4.04	假立方晶质	2.30—2.37	2.69 (13) 1.933 (8) 1.532 (8)
榍石 (Ba, Ca) <sub>2</sub> (Ta, Nb) <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (OH)	0.45	四方晶系	八面体	无色	4.5—5	5.71	四方晶质	反射率13.2%	
铀钍铀矿	8.79 (IR)	三方晶系	立方体	黑色	5—7	8.54—8.62	四方晶质	反射率30%	3.205 (10) 1.868 (10) 1.676 (10)

一 綠 晶 正 光 性

矿物名称式	TR <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	晶 形	顔 色	配 度	比 重	轴 性	折 光 率	主要数据 主要数据
氟钙磷化石 Na <sub>2</sub> (Y, Ca, Na)F <sub>6</sub>	54.00— 54.30	三方柱状 不规则隐 晶集合体	白色微带 淡黄或 淡绿色	3—4.5	4.21— 4.52	—23(1)	No=1.472— 1.474 Ne=1.467— 1.561	1.717 (10) 2.035 (3) 3.09 (3)
绿 闪 石 Na <sub>2</sub> ZrSi <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	1.73		暗黑色		2.69	—轴(-)	No=1.530 Ne=1.537	
异 性 石 (K <sub>2</sub> , Cs) <sub>2</sub> (Zr, Fe, Mn)(Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) <sub>2</sub> (O, OH, Cl)	2.56	三 板 状 片 状	黄褐色 红褐色	3—5.5	2.027	—轴(+)	No=1.531 —1.523 Ne=1.504 1.533	2.97 (10) 2.87 (15) 1.733 (7)
钼磷钾土矿 Al <sub>2</sub> (Na, K) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> TR <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (SiO <sub>4</sub> PO <sub>4</sub> ) SO <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> ·nH <sub>2</sub> O	11.02	四 粒状和散 粒状集合体	白 色	3.5—4	3.07— 3.35	—轴(+)	No=1.606 Ne=1.620	3.014 (13) 2.837 (10) 1.812-3(10)
钼磷钙磷石 Ca Al <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O	1.02	三方柱状	黄 色	5	2.75— 2.92	—轴(+)	No=1.418 —1.422 Ne=1.423 —1.431	
绿磷化石 5Ca <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub>	0.38	斜方柱状 假立方体	灰绿色 无 色 黄绿色			—轴(+)	No=1.430 Ne=1.430	

矿物名称式	TKAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	晶系	晶形	颜色	硬度	比重	轴性	折光率	光性特征
磷铝石 $\text{BaAl}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	7.00	三方	柱状	棕色至白色	5	3.185	—轴(—)	$N=1.625(\pm)$ (高折率值)	双晶和命 主光轴
针沸石 $\text{NaCa}(\text{CO}_3)$	64.1	假六方	细粒集合体	黄红色			—轴(—)	$N_0=1.53$ $N_e=1.72$	2.74 (13) 1.909 (13) 1.839 (13)
富钙磷灰石	7.44	六方				3.96— 3.53	—轴(—)	$N_0=1.632$ $N_e=1.637$ $N_e=1.650$	
磷铝石 $5\text{YAl}_2(\text{PO}_4)_3 \cdot 30\text{H}_2\text{O}$	1.02	三方	菱面体 假立方体	无色至黄色 玻璃状 红棕色	5	3.24	—轴(—)	$N_0=1.631$ $N_e=1.635$ $N_e=1.640$ 1.639	2.97 (6) 2.53 (19) 3.73 (8)
包膜灰石		六方				3.19	—轴(+)	$N_0=1.489$ $N_e=1.640$	
针沸石								$N_0=1.623$ $N_e=1.755$	
水钠钙沸石 $4(\text{Na}, \text{Na}_2)\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	20.57	六方	六方板状 有柱面 他面	无色至白色		2.608 $\pm 0.002$	—轴(+)	$N_0=1.636$ $N_e=1.662$ $N_e=1.637$ $N_e=1.632$	4.285 (10) 3.631 (9) 10.62 (5)

续表

矿物名称	$T_{\text{R}}/D_{\text{R}}$ (%)	晶系	晶形	颜色	硬度	比重	光性	折光率	X光衍射 主要数据
水磷铝矿 $\text{Pb}_2\text{Al}_2(\text{PO}_4)_2$ $(\text{OH})_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.16	三方	柱状 棱状	白色 黄白色 红棕色	4.5-5	4.98	一轴(-)	$N_o=1.653$ $N_e=1.601$ $N_g=1.675$ $N_g=1.601$	
菱铈矿 $\text{Ce}_2\text{Ca}_2(\text{CO}_3)_4\text{F}_2$		三方	柱状	绿色		4.19	一轴(+)	$N_o=1.662$ $N_e=1.766$	
磷矿 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\cdot \text{H}_2\text{O}$	61.68	六方	柱状 成壳状 细粒集合体	白色 黄色 褐色	3	3.27 4.01	一轴(-)	$N_o=1.654$ $N_e=1.760$ $N_g=1.703$ $N_g=1.700$	2.036 (7) 6.558 (6) 2.167 (6)
钇配绿沸石 $\text{YCO}_3\text{F}$	60.60	三方	不规则(粒 状集合体 或具纤维状 结构的假晶)	红色 砖红色		3.9 4.0	一轴(-)	$N=1.66$ 1.67(1)	2.78 (13) 1.848 (12) 3.43 (7.2)
钍钒酸盐 $(\text{Th}, \text{Ca}, \text{U})_2(\text{VO}_4)_2$ $\text{F}_2\cdot 3\text{H}_2\text{O}$	7.46	三方	球状 有羽状 棱状	褐色		4.04	一轴(+)	$N=1.670$ 1.578	2.35 (13) 2.163 (13) 3.154 (8)
氟钒酸盐 $(\text{Ce}, \text{Ca}, \text{U})_2\text{F}_2$	62.37	三方	不规则 棱状	褐色 黄褐色 红褐色	4.2-4.5 4.5	4.2-4.5	一轴(+)	$N_o=1.670$ $N_e=1.765$	2.33 (13) 2.145 (9) 3.295 (9)
菱铈矿 $\text{Ce}_2\text{Ca}_2(\text{CO}_3)_4\text{F}_2$	52.25	三方	柱状 棱状	黄色	4	3.80	一轴(+)	$N_o=1.675$ $N_e=1.760$	3.1 (12) 2.56 (11) 2.51 (12)

续表

矿物名称	TiO <sub>2</sub> (%)	晶系	晶形	颜色	硬度	比重	特性	折光率	荧光矿物 主要鉴别
绿帘石 Th: (Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -2H <sub>2</sub> O	7.50	正 方 (7)	柱状	深棕褐色 红褐色	5	4.65	—轴(+)	N <sub>D</sub> =1.678 N <sub>G</sub> =1.662	8.02 (8) 8.13 (3) 1.657 (3)
绿帘辉石 (Ba, Na, K) <sub>2</sub> Ce(Ti, Nb, Fe) <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub> · 5H <sub>2</sub> O	10.60	正 方	板状	棕黄色 橙黄色	4	3.4—3.7	—轴(+)	N <sub>D</sub> =1.666 N <sub>G</sub> =1.665	8.28 (10) 8.67 (10) 1.651 (8)
绿帘辉石 CeAl <sub>2</sub> (FeO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub>	51.89	三 方	立方体 棱面体 柱体	浅黄色	5—6	3.67— 3.70	—轴(+)	N <sub>D</sub> =1.805 —1.708 N <sub>G</sub> 1.705	2.923 (KX) (10) (7)
绿帘辉石 (Sr, Ce) Al <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> (AsO <sub>4</sub> )(PO <sub>4</sub> )(SO <sub>4</sub> )	12.60	三 方	棱面体	无色 黄绿色	5.5	3.53	—轴(1)	—1.718 N <sub>D</sub> =1.701 N <sub>G</sub> =1.707	1.877 (7) 2.856 (10) 3.514 (8) 1.903 (9)
绿帘辉石 (Ca, Y) <sub>2</sub> Ce <sub>2</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	8.7	六 方		蓝色 蓝绿色		3.72 ±1.05	—轴(+)	N <sub>D</sub> =1.751 N <sub>G</sub> =1.752	11.73 (10) 2.088 (8) 2.451 (8)

续表

矿物名称	1K <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (%)	晶系	颜色	硬度	比重	性	折光率	主要成分
砷磷土矿 (Ca, Al, Fe) (O, OH) <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O	35.75	块状	橙黄色	质软	3.19	一轴(-)	No=1.71 Ne=1.79	
重晶石矿 BaCO <sub>3</sub> F	58.71	柱状 板状	红褐色 橙黄色 浅绿色	4.8— 4.5	3.3—4.7	一轴(+)	No=1.731 —1.723 No=1.736 —1.813	2.867 (10) 8.56 (8) 2.053 (8)
磷钒矿 VPO <sub>4</sub>	63.23	四方双晶 四方柱与 四方双晶 的聚形	棕褐色 棕黄色 红白色	4—7	4.4—4.6	一轴(+)	No=1.721 Ne=1.816	1.743 (KX) (10) 1.422 (9) 3.343 (8)
含锆硅磷矿 CaZrSiO <sub>6</sub>	66.38	菱面体	灰色 玫瑰色	4.06— 4.00	4.06— 4.00	一轴(-)	N=1.755— 1.784 (9)	3.43 (8) 3.96 (8) 3.13 (7)
含锆磷矿 CaZrO <sub>2</sub> (OH, F)	75.52	三方柱状 聚形集合体	棕黄色 暗褐色	4.745	4.745	一轴(+)	No=1.755 Ne=1.873	2.52 (10) 3.59 (9) 2.109 (8)
砷钒矿 V <sub>2</sub> AsO <sub>4</sub>	48.81	正三方柱 正三方双晶	浅黄褐色 乳白色	4—4.4	4.4	一轴(+)	No=1.705 Ne=1.945	1.91 (10) 2.035 (9) 2.818 (9)

续表

矿物名称	TRIO <sub>2</sub> (%)	晶系	晶形	颜色	硬度	比重	轴长	折光率	主要特征
白色烟雄黄 $\text{As}_4\text{V}_{10}\text{SiO}_{21}$	2.48	四方 ( $\frac{1}{2}$ )	板状 柱状 纤维状集合体	白色		2.31(+) 2.31	-轴(-) 或为二轴晶 2V小	No=1.82 Ne=1.82	荧光弱 与雄黄同
雄黄 $\text{As}_2\text{Si}_2\text{O}_6(\text{OH})$	20.21	六方	假八面体	黄色 黄红色	5	4.85— 4.91	-轴(-)	No=1.816 —1.817 Ne=1.816 —1.820	2.53 (5) 2.45 (4) 2.86 (4)
雄石 $\text{Zr}(\text{SiO}_3)_2$	10.51	四方	柱状双晶	灰绿色至 绿褐色		3.957	-轴(1)	No 1.925 —1.950 Ne=1.946 —2.015	
黄铁矿 $\text{Fe}(\text{VO}_4)$		正方		浅黄褐色		4.26	-轴(1)	No=2.00 Ne=2.14	3.56 (10) 2.55 (6) 4.87 (9)
钒铈矿 $\text{Ce}_2\text{Zr}_2\text{TiO}_{10}$	8.5	正方	片状单晶 体簇合成 深圆末 四方柱状	暗棕色	6—7	6.01	-轴(+)	No=2.19 2.27 Ne=2.30 —2.36	2.345 (10) 1.831 (10) 1.537 (10)

一 植 晶 質 光 學 性

矿物名称 分子式	$\text{TiO}_2$ (%)	晶 型	顏色	硬度	比重	光 軸	光 學 性
菱 矽 石 ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) $\cdot$ ( $\text{Zn}, \text{Ti}$ ) ( $\text{Si}_2\text{O}_7$ )(OH) $\cdot$ $\text{Si}_2\text{O}_5$	9.56	不规则粒 状或口性 石片状	黑色 底暗色 红褐色	5	2.3-2.7	轴(-)	$N_o=1.561$ $N_e=1.549$ 3.66 (强) 4.36 (中) 5.22 (弱)
菱 矽 石 ( $\text{Ca}, \text{Ba}, \text{Na}$ ) $\text{F}_2$	70.12- 78.94	板 状 柱 状	黄色 棕色	4.5	5.7 6.14	轴(-)	$N_o=1.812$ $N_e=1.818$ $N_o=1.808$ $N_e=1.802$ -1.817 3.19 (中) 3.98 (中) 3.85 (中) 3.92 (中)
菱 矽 石 ( $\text{Ca}, \text{Ba}, \text{Na}$ ) $\text{F}_2$	8.2	不规则粒 状或口性 石片状	黄色		3.67	轴(-)	$N_o=1.814$ $N_e=1.811$ 3.98 (中) 3.85 (中) 3.92 (中)
水 晶 矽 石 ( $\text{Ca}, \text{Ba}, \text{Na}$ ) $\text{F}_2$	15.37	不规则粒 状或口性 石片状	淡黄色 黄褐色	2	3.88- 2.95	轴(-)	$N_o=1.817$ $N_e=1.805$ 3.10 (中) 3.83 (中) 3.29 (中)
铁 矽 石 ( $\text{Fe}, \text{Al}, \text{Si}$ ) $\text{Si}_2\text{O}_5$	1.6	板 状	灰色		2.80	轴(-)	$N_o=1.823$ $N_e=1.808$ 3.63 (中) 3.41 (中) 3.28 (中)
黄 矽 石 ( $\text{Na}, \text{Ca}, \text{Ba}, \text{Na}$ ) $\text{F}_2$	9.49	柱 状	灰色 黄色	3	3.5	轴(-)	$N_o=1.823$ $N_e=1.802$ 3.63 (中) 3.41 (中) 3.28 (中)

续表

矿物名称式	$\text{TR}_2\text{O}_2$ (%)	晶系	晶形	颜色	比重	硬度	折光率	X光衍射 主要数据
磷灰石 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl})$	2.94	四方	柱状	无色			$N_D = 1.543$ $N_D = 1.509$	
氟磷灰石 $(\text{Ca}_{10}(\text{F}, \text{Cl})_2(\text{PO}_4)_6)$	10.37	六方	八棱柱状	绿白色	3.168	—棱(+)	$N_D = 1.6105$ $N_D = 1.6289$	$9.808 (10)$ $8.772 (6.8)$ $8.459 (6.5)$
硅磷灰石 $(\text{Ca}_{10}(\text{Mn}, \text{P})_2\text{P}_2\text{O}_{14})_2$	3.46	六方			3.8	—棱( )	$N_D = 1.636$ $N_D = 1.641$	
次生磷灰石 $\text{Ba}(\text{Ca}, \text{V}, \dots)(\text{CO}_3)_2$				黄绿色	3.25	—棱(1)	$N_D = 1.646$ $N_D = 1.572$	
磷磷灰石 $\text{Sr}_2(\text{Ca}, \text{P})_2(\text{OH})_2$	8.78	六方	柱状	橙黄色 淡绿色	3.64	—轴(—)	$N_D = 1.651$ $N_D = 1.637$	
磷磷灰石 $\text{Na}_2(\text{Ca}, \text{V}, \text{Ga})_2(\text{CO}_3)_2$	11.5	三方	板状	苹果棕色	3.47— 3.52	—轴(—)	$N_D = 1.68$ $N_D = 1.57$	$2.342 (2)$ $4.47 (8.2)$ $2.443 (4)$
磷磷磷灰石 $\text{CeNaSr}_2\text{P}_2\text{O}_{14}(\text{OH})$	24	六方	柱状	黄铜色	4.11	—轴( )	$N_D = 1.680$ $N_D = 1.641$	$2.37 (10)$ $2.993 (8)$ $2.420 (8)$

续表

矿物名称	晶系	晶形	颜色	硬度	比重	解理	光泽	主要成分
黑云母 $\text{CaMgSiO}_3$	三 方	菱面体	红褐色 黑色	b	3.1—3.6	—轴(—)	$N_{\text{O}}=1.665$ $N_{\text{e}}=1.693$	2.714 (0) 2.531 (8) 2.211 (3)
符山石 $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	正 方	四方柱和 四方双锥 的聚形	黑色	b 6.5	3.23	—轴(—)	$N_{\text{O}}=1.711$ —1.71 $N_{\text{e}}=1.732$ —1.725	2.75 (10) 2.60 (9) 2.49 (8)
绿帘角闪石 $\text{Si}_2(\text{Ca}_2(\text{O}_2, \text{F}))_2$			暗绿色 暗绿色 棕色		6—7	—轴(—)	$N_{\text{O}}=1.715$ $N_{\text{e}}=1.734$	2.95 (10) 2.343 (8) 1.87 (6)
钙铝榴石 $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_2(\text{OH})_2$	三 方	菱面体 板状	棕色	b—6	4.120	—轴(—)	$N_{\text{O}}=1.778$ $N_{\text{e}}=1.773$	
钇绿帘石 $\text{Y}_2(\text{Ca}_2(\text{SiO}_4)_2)(\text{OH})_2$	六 方	六方柱状	棕色		4.35	—轴(—)	$N_{\text{O}}=1.792$ $N_{\text{e}}=1.722$	2.83 (10) 1.967 (7) 1.878 (7)
稀七角闪石 $(\text{Y}, \text{Ca}, \text{Ca}, \text{Na}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]_2(\text{F}, \text{OH})_2$	三 方	不规则 粒状	褐色 红色	5	4.72	—轴(—)	$N_{\text{O}}=1.734$ $N_{\text{e}}=1.728$	2.97 (10) 2.93 (8) 2.4 (8)

续表

矿物名称	化学式	晶系	晶形	颜色	硬度	比重	轴性	折光率	X光衍射 主要数据
黄列石	$\text{CaBa}(\text{CO}_3)_2\text{F}$	六方	板状 六方板状	黄棕色 绿黄色	4.77	4.51—4.67	轴(-)	$N_D=1.5748$ $N_C=1.565$ $N_E=1.598$ $N_F=1.602$	3.21 (10) 1.978 (10) 2.05 (8)
钙铝榴石	$\text{Y}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$	六方	针状 双针状	绿褐色	8	4.407	轴(-)	$N=1.75(\mp)$	
绿帘辉石	$\text{Ca}_2\text{Ba}(\text{CO}_3)_2\text{F}_2$	六方	柱状 柱状	无 黄 黄 黄褐色	4.5	4.51	轴(-)	$N_D=1.584$ $N_E=1.577$	3.201 (10) 3.52 (9) 2.546 (8)
钙铝辉石	$\text{Ca}_2\text{Ca}_2(\text{SiO}_4\text{FVO}_2)_2$ (F, OH)	六方	大方柱状 柱状	灰 深黄 色褐色	6	4.23—4.03	轴(-)	$N_D=1.581$	3.879 (8) 1.934 (6) 1.833 (8)
水绿辉石	$\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$ xH <sub>2</sub> O	六方	大方柱状	褐色 灰褐色	4—5	4.062	轴(-)	$N_D=1.776$ $N_E=1.772$	
黑霓辉石	$(\text{Ca}, \text{Ti})(\text{Al}, \text{Fe}^{2+}, \text{Ti}, \text{Si}, \text{Mg}, \text{Fe}^{3+})_2\text{O}_{10}$	六方	柱状 尖棱状	黑褐色 黑色 有同晶色	7.5—8	3.84	轴(-)	$N_D=1.837$ $N_E=1.79$	

二 晶 正 光 性

矿物名称	TR <sub>010</sub> (%)	晶系	颜色	硬度	比重	轴性	折光率	光率符号及光率
水铝硅石 (Na, Ca) <sub>2</sub> Zr <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>10</sub> 8H <sub>2</sub> O	1.18	单斜 球粒状	白色	~4	8.85	二轴(-)	N <sub>g</sub> 1.570 N <sub>m</sub> 1.553 N <sub>p</sub> 1.540	3.01 (10) 1.562 (5) 2.807 (5)
斜锆石 K <sub>2</sub> Zr <sub>2</sub> (SiO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> · 3H <sub>2</sub> O	0.8	斜方 细粒状 发晶	无色 黄白色	5	2.634~ 2.612	二轴(+)	N <sub>g</sub> 1.577 N <sub>m</sub> 1.569 N <sub>p</sub> 1.563	3.26 (10) 3.35 (10) 3.19 (3)
水铝钙硅石 Na <sub>2</sub> Ti <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> (O,OH) <sub>6</sub> *H <sub>2</sub> O		单斜 板状 片状	亮黄色	1	2.29	二轴(+)	N <sub>g</sub> 1.579 N <sub>m</sub> 1.576 N <sub>p</sub> 1.573	11.5 (10) 4.5 (10) 2.44 (10)
水铝包石 Y <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·nH <sub>2</sub> O	50.3	斜方 柱状 集合体	白色		3.12	二轴(+)	N <sub>g</sub> 1.535 N <sub>m</sub> 1.522 N <sub>p</sub> 1.536	3.86 (10) 4.89 (7) 2.906 (7)
绿帘石 (Y, Ca) <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 1.5H <sub>2</sub> O	58.0	斜方 柱状 集合体	白色			二轴(+)	N <sub>g</sub> 1.520 N <sub>m</sub> 1.503 N <sub>p</sub> 1.528	3.808 (10) 4.604 (7.5) 2.902 (6)

续表

矿物名称	TK <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (%)	晶形	颜色	硬度	比重	产状	主要成分 主要数据
氟绿帘石 Ca <sub>2</sub> Mg(TiO <sub>3</sub> )F	0.16	单晶 纤维状或 块状	白色 乳白色	4—5	3.15— 3.27	一轴(-)	N <sub>G</sub> =1.415 N <sub>V</sub> =1.582 N <sub>P</sub> =1.555 3.91 3.025 2.830
水绿帘石 YPO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	52.80	单晶 纤维状或 块状及花型 状集合体	灰色、灰绿 白色	3	3.14— 3.27	一轴(+)	N <sub>G</sub> =1.645 N <sub>V</sub> =1.610 N <sub>P</sub> =1.608 3.03 (10) 4.14 (7) 1.823 (5)
绿帘角闪石 Ca <sub>2</sub> KFe <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> Ti (Si <sub>4</sub> O <sub>8</sub> Fe <sub>2</sub> )	18.55	单晶 柱状 板状	深绿色 褐色	5	3.4	一轴(-)	N <sub>G</sub> =1.631 N <sub>V</sub> =1.637 N <sub>P</sub> =1.607 3.04 (8) 1.845 (7) 1.358 (4)
绿帘角闪石 Y(Ca <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>10</sub> ) ·4H <sub>2</sub> O	35.73	单晶 柱状 板状	绿色 红褐色	5.5	3.25— 3.60	二轴(+)	N <sub>G</sub> =1.550 N <sub>V</sub> =1.550 N <sub>P</sub> =1.550 3.4 (10) 2.84 (9) 3.08 (3)
钙绿帘石 Na(Ca <sub>2</sub> TiSi <sub>2</sub> O <sub>10</sub> )F <sub>2</sub>	2.60	单晶 斜方	深灰色 灰色		3.145	二轴(+)	N <sub>G</sub> =1.555 N <sub>V</sub> =1.547 N <sub>P</sub> =1.547 3.07 (8) 3.57 (10) 1.53 (6)
六方绿帘石 Ca <sub>2</sub> Na <sub>2</sub> (Ca <sub>2</sub> Ti <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> ) (O <sub>4</sub> OH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	25.95	单晶 针状 不规则 斜方	黄色 黄绿色		2.80	二轴(-)	N <sub>G</sub> =1.672 N <sub>V</sub> =1.661 N <sub>P</sub> =1.661 3.04 (10) 3.84 (8) 1.552 (5)

续表

矿物名称	$\text{TiO}_2$ (%)	晶形	颜色	硬度	比重	解理	折射率	主要成分
磷钙独矿 $\text{CaTh}(\text{PO}_4)_2$	3.05	不规则 块状	灰黄棕色 至棕色	5.2	二组(1)		$N_g=1.74$ $N_m=1.73$ $N_p=1.71$	2.64 (10) 3.03 (9) 2.25 (6)
层状独矿 $\text{Ca}_2\text{Na}_2\text{Ca}_2\text{Th}(\text{Si}_2\text{O}_7)_2$ $3\text{H}_2\text{O}$	22.16	长柱状 纤维状	黄褐色	3.46	二组(+)		$N_g=1.842$ $N_p=1.653$	2.05 (10) 1.823 (9) 2.01 (8)
独矿 $(\text{Na}, \text{Ca}) (\text{NaTh}, \text{Ti})$ $(\text{Si}_2\text{O}_7, 2\text{H}_2\text{O})$	0.26— 0.50	薄片状	棕黑至 黄褐色	5	二组(+)		$N_g=1.735$ $N_m=1.685$ $N_p=1.639$	2.20 (10) 2.16 (10) 1.587 (10)
含钙的独矿		六方 板状	棕色		二组(+)		$N_g=1.775$ $N_p=1.708$	11.0 (10) 2.92 (9) 3.45 (9)
独矿 $\text{CaCaAl}_2(\text{SiO}_4)_2$ $(\text{Si}_2\text{O}_7, 5\text{H}_2\text{O})$	29.10	板状 纤维状 不规则粒状		3.90	二组(+)		$N_g=1.773$ $N_m=1.718$ $N_p=1.715$	
独矿 $\text{Ca}_2\text{Th}_2(\text{Si}_2\text{O}_7)_2$	50.61	单斜 板状 纤维状 集合体	棕褐色 至棕色	5	二组(+)		$N_g=1.776$ $N_m=1.740$ $N_p=1.730$	2.375 (10) 2.370 (9) 4.13 (8)
独矿 $\text{Na}_2\text{DnTi}_2(\text{Si}_2\text{O}_7)_2$	0.77	二方 片状	浅棕色 至棕色	1	二组(-)		$N_g=1.545$ $N_m=1.525$ $N_p=1.526$	2.58 (9) 2.15 (10) 2.83 (9)

矿 物 名 称	晶 系	晶 形	颜色	硬度	比重	吸收	折 光 率	光 学 特 性
磷土硅酸盐族石								
磷土硅酸盐族石	斜方	鳞片状	黄棕色	~5	4.2	二轴(-)	$n_x = 1.707$ $n_y = 1.780$ $n_z = 1.754$	2.60 (10) 5.58 (7) 2.95 (2)
磷土硅酸盐族石	单斜		黑色		4.5	二轴(-)	$n_x = 1.787$ $n_y = 1.774$ $n_z = 1.755$	
富针独居石 (Y, La, Ce, Th) <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	单斜		淡绿色 暗绿色	5	5.3	二轴(-)	$n_x = 1.813$ $n_y = 1.783$ $n_z = 1.773$	3.07 (43) 3.36 (32) 2.85 (6)
正长石族	单斜	柱状	品色	4.5-5	4.0-4.65	一轴(-)	$n_g = 1.777$ $n_m = 1.624$ $n_p = 1.780$	3.00 (10) 2.81 (10)
正长石族	斜方	扁平柱状	黑绿色				$n_x = 1.772$ $n_y = 1.772$ $n_z = 1.621$	2.54 (10)
正长石族	斜方	柱状	玫瑰色	4	4.15	二轴(-)	$n_x = 1.800$ $n_y = 1.795$ $n_z = 1.777$	
正长石族	单斜	板状	玫瑰色	5-6	4.82	二轴(+)	$n_x = 1.807$ $n_y = 1.805$ $n_z = 1.798$	3.36 (10) 2.88 (7)
正长石族	单斜	柱状	玫瑰色		6.117		$n_x = 1.78$ $n_y = 1.792$	3.140 (7)

续表

矿物名称	晶系	晶形	颜色	硬度	光泽	折光率	光性
绿帘辉石 $\text{CaTiSiO}_5 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	48.53	三斜	细针状 绿黄色	3	二轴(-)	$N_g = 1.38$ $N_m = 1.36$ $N_p = 1.34$	无光 正光
绿帘辉石 $\text{Ca}_2\text{FeBe}_2\text{Si}_2\text{O}_{10} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	52.35	单斜	他形粒状 淡绿色	4.52	二轴(-)	$N_g = 1.520$ $N_p = 1.479$	3.14 (10) 2.83 (10) 2.56 (2)
绿帘辉石 $(\text{Th}_2\text{Ca})_2(\text{Fe}_2\text{P})\text{O}_4$	24.03	单斜	针状 淡黄色 红褐色	6	二轴(-)	$N_g = 1.425$ $N_p = 1.421$	3.09 (10) 2.86 (6) 2.52 (8)
绿帘辉石 $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$	40.89	假六方	细粒 棕褐色		二轴(-)	$N_g = 1.378$ $N_m = 1.352$ $N_p = 1.345$	3.15 (3) 2.84 (3) 2.66 (3)
绿帘辉石	35.2		块状 淡黄色		二轴(+)	$N_m > 1.45$	3.57 (1) 1.904 (8) 1.729 (5)
绿帘辉石 $\text{TiSiO}_3$	2.6	单斜	块状 无色	7.1	二轴(-)	$N_g = 1.522$ $N_m = 1.480$ $N_p = 1.458$	
绿帘辉石 $(\text{Ca}, \text{Ca})_2(\text{Al}_2\text{TiO})$ [SiO <sub>2</sub> ]	12.08	单斜	针状 棕红色 暗褐色	3-7	二轴(-)	$N_g = 2.53$ $N_p = 1.3.5$	3.25 (10) 3.02 (10) 2.61 (3)
绿帘辉石 $\text{CaTiSiO}_5$	1.01	单斜	块状 无色 褐色	3.53	二轴(+)	$N_g = 2.06$ $N_m = 1.917$ $N_p = 1.841$	

续表

矿物名称式	TiO <sub>2</sub> (%)	晶系	晶形	颜色	硬度	比重	轴性	折光率	主要成分
假象 Ca <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·Ti <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (O, OH, F) <sub>6</sub>	3.98 5.70	斜方	假柱状	白色 透明至 透明至 透明至	4.6	4.60— 4.8	二轴(+)	N <sub>D</sub> =2.13 N <sub>m</sub> =2.16 N <sub>P</sub> =2.17	3.645 (10) 3.962 (3) 4.127 (2)
假象 Y(Nb, Ti) <sub>2</sub> (O, OH) <sub>6</sub>	20.82— 29.93	斜方	柱状 板状	白色 透明至 透明至 透明至	5.5— 6.5	4.86— 5.87	二轴(+)	N <sub>D</sub> =2.26 N <sub>m</sub> =2.21 N <sub>P</sub> =2.18	2.31 (10) 2.96 (7) 3.07 (3)
假象 Zr <sub>2</sub> (O, OH) <sub>6</sub>	14.11	斜方	柱状 板状	白色 透明至 透明至 透明至	4.7	4.25	二轴(+)	N <sub>D</sub> =2.248 N <sub>m</sub> =2.23 N <sub>P</sub> =2.194	3.906 (10) 1.760 (3) 1.325 (3)
假象 Nb <sub>2</sub> (Ti, Nb, Sn) <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	9.37	单斜	假柱状	深棕色	5.5— 6	7.4	二轴(+)	N <sub>D</sub> =2.28 N <sub>m</sub> =2.10 N <sub>P</sub> =2.10	1.468 (10) 1.940 (3) 2.35 (7)
假象 (Ca, Th, Y)(Ti, Nb) <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	24.05 32.33	斜方	柱状 假柱状 板状	黑色 深棕色 棕色	5—6	5—7.336	二轴(+)	N <sub>D</sub> =2.34 N <sub>m</sub> =2.20 (计算值) N <sub>P</sub> =2.28	2.93 (10) 3.04 (8) 1.694 (3)
假象 (Mn, Ca, Fe, Y) <sub>2</sub> (Ti, Nb) <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	2.08 6.25	斜方	柱状 板状	黑色	5	5.2— 5.43	二轴(+)	N <sub>D</sub> =2.40 N <sub>m</sub> =2.30 N <sub>P</sub> =2.30	2.49— 2.60 2.60
假象 (Y, Fe, Th, Ca)(Nb, Ti) <sub>2</sub> (O, OH) <sub>6</sub>	28.56	斜方	柱状	黑色	5.4— 6.3	4.55 5.3	二轴(+)	N <sub>D</sub> =2.49 N <sub>m</sub> =2.40 N <sub>P</sub> =2.40	2.60 2.60 2.60

一、 晶 体 光 学 性 质

矿物名称	TR <sub>0</sub> O <sub>0</sub> (%)	晶 体 形 状	晶 体 色 泽	比 率	折 光 率	光 学 性 质
独 石 UK-6 Na <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> Mg <sub>2</sub> Yb <sub>2</sub> Si 为主组分		柱 状	白 色	2.42	N <sub>g</sub> =1.508 N <sub>g</sub> =1.507 N <sub>p</sub> =1.505	N <sub>g</sub> =1.508 N <sub>g</sub> =1.507 N <sub>p</sub> =1.505
独 石 (Ca <sub>2</sub> Co) <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> · 8H <sub>2</sub> O	54.65	板 状	无 色 或 微 黄 色	3.41— 2.84	N <sub>g</sub> =1.613 N <sub>m</sub> =1.587 N <sub>p</sub> =1.57	N <sub>g</sub> =1.613 N <sub>m</sub> =1.587 N <sub>p</sub> =1.57
独 石 Na <sub>2</sub> Zr <sub>2</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )·2H <sub>2</sub> O	0.39	板 状	肉 红 色 或 黄 色	3.40— 3.80	N <sub>g</sub> =1.659 N <sub>m</sub> =1.591 N <sub>p</sub> =1.565	N <sub>g</sub> =1.659 N <sub>m</sub> =1.591 N <sub>p</sub> =1.565
独 石 (Na <sub>2</sub> Ca) <sub>2</sub> (Mg <sub>2</sub> Fe) <sub>2</sub> (Zr, Nb) <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> (O <sub>4</sub> CO) <sub>2</sub>	3.17	不 规 则	红 褐 色 或 绿 色	4.8 3.173	N <sub>g</sub> =1.638 N <sub>m</sub> =1.598 N <sub>p</sub> =1.574	N <sub>g</sub> =1.638 N <sub>m</sub> =1.598 N <sub>p</sub> =1.574
独 石 Ca <sub>2</sub> Na <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> Mn <sub>2</sub> (Si <sub>2</sub> CO) <sub>2</sub>	20.90	板 状	黄 褐 色 或 暗 黄 色	3.43— 3.46	N <sub>g</sub> =1.642 N <sub>m</sub> =1.595 N <sub>p</sub> =1.57	N <sub>g</sub> =1.642 N <sub>m</sub> =1.595 N <sub>p</sub> =1.57

续表

矿物名称 分子式	TH <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (%)	品 类	晶 形	颜色	硬度	比重	地 性	折 光 率	主要成分 元素
角闪石 (Ca, Fe) <sub>2</sub> (Fe, Al, Mg) <sub>2</sub> [SiO <sub>3</sub> ](Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ) C(OH)	38.37	片 状	板状 短柱状	黑色 黑褐色	5.5	3.5-3.7	二轴 (-)	$N_g=1.68$ -1.50 $N_m=1.65$ -1.74 $N_p=1.64$ -1.77	Fe, Al, Si, O, H
水合绿帘 $(Ca, (Mg, Fe))_2Al_2Si_2O_{10} \cdot 4H_2O$	54.42	斜 方	柱状	灰黄色	2	3.25	二轴(-)	$N_g=1.666$ $N_m=1.657$ $N_p=1.659$	Ca, Mg, Fe, Al, Si, O, H
钠钙铝硅酸盐 (Ca, Na, Li) <sub>2</sub> (Al, Si) <sub>2</sub> O <sub>6</sub> Ca(AlSi <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub>	6.64	斜 方	柱状	无色透明	4-5	3.25	二轴(-)	$N_g=1.630$ $N_m=1.626$ $N_p=1.632$	Ca, Na, Li, Al, Si, O, H
绿帘角闪石 $(Ca, Na, Sr, Ba)(Ca)Si_2O_6$	28.10	斜 方	板状	无色	3	3.30	二轴(-)	$N_g=1.703$ $N_m=1.697$ $N_p=1.699$	Ca, Na, Sr, Ba, Si, O, H
钙长石 $CaAl_2Si_2O_8 \cdot (Ca, Sr, Ba)Si_2O_6$ $CaAl_2Si_2O_8$	38.89	斜 方	柱状 无	灰褐色 无	5	3.05	二轴(-)	$N_g=1.665$ $N_m=1.652$ $N_p=1.649$ -1.652 -1.657	Ca, Al, Si, O, H

续表

矿物名称 分子式	TR <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	晶系	晶形	颜色	硬度	比重	轴性	折光率	光性特征
钠斜长石 Na(Ca,Zr,Si) <sub>2</sub> O <sub>6</sub> F	2.06	三斜	柱状	灰黄色	5-6	3.30	二轴(-)	$N_g=1.705$ $N_m=1.687$ $N_p=1.673$	2.58 (1) 3.06 (9) 3.28 (7)
钠钼矿 NaCaMoZrSi <sub>2</sub> O <sub>6</sub> F	2.09			淡黄色		3.41	二轴(-)	$N_g=1.695$ $N_m=1.683$ $N_p=1.673$	2.94 (10) 2.83 (9) 3.23 (8)
碳酸钠 CaSe(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (OH)· H <sub>2</sub> O	40.50	斜方	立方 双单和 假八面体	灰黄色 棕色 灰色	4	3.85- 3.86	二轴(-)	$N_g=1.740$ $N_m=1.730$ $N_p=1.678$	4.37 (12) 3.75 (10) 2.95 (13)
夏阳石 Ca <sub>2</sub> Nb <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (Cl, F)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>+</sup> TiO <sub>2</sub> 2.0	单斜	柱状	黄色		3.23	二轴(-)	$N_g=1.750$ $N_m=1.731$ $N_p=1.700$	3.0-3.2, 29; 2.85 (2, 24) 1.84
钙锆辉石类辉石 X光透射鉴定含Ca, Sr 和TR		斜方	柱状 放射状	玫瑰色 紫色		4.15	二轴(-)	$N_g=1.798$ $N_m=1.726$ $N_p=1.680$	4.51 (20) 2.985 (9) 5.51 (3)
未定名的钨钼矿 (矿物A) (TR, Ca, Nb, Hf) [SiO <sub>3</sub> (OH)] <sub>2</sub>	35.50	单斜	柱状	灰绿色	5.5-	3.78	二轴(-)	$N_g=1.731$ $N_p=1.720$	3.83 (16) 3.00 (9) 3.54 (7)

续表

矿物名称	TRC (%)	晶系	晶形	颜色	硬度	比重	轴性	折光率	光性特征
石榴石	50.75	斜方	四方双晶	淡红色			二轴(-)	$N_R=1.772$ $N_M=1.753$ $N_P=1.754$	
假透辉石 $Ca_2Ba_2(VO_4)_2P$	36.81	斜方	板状	棕米黄色 暗黄色	4.5	4.46--	一轴(-)	$N_R=1.740$ $N_M=1.743$ $N_P=1.735$ $N_D=1.730$ $N_P=1.732$	3.34 (10) 2.126 (7) 1.926 (7)
淡红绿帘石 $Y_2(Si_2O_7)$	66.99	单斜	柱状 板状	黑色,褐色 深褐色 玫瑰红色	5	1.3 1.6	二轴(-)	$N_R=1.742$ $N_M=1.738$ $N_P=1.731$	3.05 (10) 3.01 (10) 2.86 (8)
假磷石 $(K,Na)_{2-3}(Fe,Mn)_{2-3}(Nb,Ti)_{2-3}(Si,Al)_{2-3}(O,OH,F)_3$	1.5	三斜	片状	棕色 暗棕色		3.42	一轴(-)	$N_R=1.772$ $N_M=1.760$ $N_P=1.724$	3.508 (10) 1.752 (3) 2.778 (3)
绿帘角闪石 $Ca_2FeAl_2(Si_3P)O_{11}(Si_2O_7)(OH)$	25.93			黑色	5.5	3.91	二轴(-)	$N_R=1.765$ $N_M=1.750$ $N_P=1.736$	
绿帘角闪石 $Ca_2FeAl_2(Si_3P)O_{11}(Si_2O_7)(OH)$	51.67	单斜	扁平柱状	灰褐色	6	2.73	二轴(-)	$N_R=1.763$ $N_M=1.750$ $N_P=1.740$	3.83 (10) 1.919 (5.5) 4.87 (3)
绿帘角闪石 $Ca_2FeAl_2(Si_3P)O_{11}(Si_2O_7)(OH)$	51.70	单斜					二轴(-)	$N_R=1.867$ $N_M=1.758$ $N_P=1.745$	2.84 (10) 1.99 (7) 3.45 (5)

续表

矿物名称	$\text{TiO}_2$ (%)	晶形	颜色	硬度	比重	结晶性	可光性	X光荧光光谱数据
斜长辉石 $\text{Ca}_{0.9}\text{Al}_2(\text{Si}_{0.1}\text{Al}_{0.9})_2\text{O}_6$	50.20	柱状	无色		4.30	二轴(-)	$N_g=1.627$ $N_m=1.675$ $N_p=1.675$ $N_V=1.67$	3.10 (10) 3.5 (10) 2.37 (10)
钙霞石 $(\text{Ca}, \text{Ca}_2\text{La}, \text{Th})_2\text{Si}_2\text{O}_7(\text{O}, \text{OH})$	28.05	六面柱状	黄褐色	4.0	3.38	二轴(-)	$N=1.78$	3.13 (10) 2.60 (10) 1.85 (5)
黄玉 总式	19.32	柱状	黑褐色	~5	4.22	二轴(-)	$N>1.72$	3.10 (10) 3.05 (10) 1.06 (9)
绿帘辉石 $\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{V}, \text{Ti}, \text{Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_7$	17.27				4.6	二轴(-)	$N_g=1.706$ $N_m=1.707$ $N_p=1.707$ $N_V=1.70$ $N_g=1.800$ $N_m=1.809$ $N_p=1.789$ $N_V=1.785$ $N_p=1.750$ $N_V=1.750$	3.275 3.207 1.944 3.110 (10) 2.166 (2)
铁辉石 $(\text{Fe}, \text{V})_2(\text{Si}, \text{O}_2)_2$	17.7	柱状	黑褐色	5-7	3.58	二轴(-)		2.74 (10) 3.22 (8) 4.57 (6)
透辉石 $\text{Ca}_{0.9}\text{Al}_2(\text{Si}_{0.1}\text{Al}_{0.9})_2\text{O}_6$	65.91	柱状	黑褐色	5.0-6	4.21	二轴(-)	$N_g=1.627$ $N_m=1.675$ $N_p=1.675$ $N_V=1.67$	3.10 (10) 3.05 (10) 1.06 (9)
透辉石 $\text{Ca}_{0.9}\text{Al}_2(\text{Si}_{0.1}\text{Al}_{0.9})_2\text{O}_6$	46.24	柱状	黑褐色	5.5-6	4.07	二轴(-)	$N_g=1.627$ $N_m=1.675$ $N_p=1.675$ $N_V=1.67$	3.10 (10) 3.05 (10) 1.06 (9)

续表

矿 物 分 类	化学式	TiO <sub>2</sub> (%)	晶 系	形 状	色 泽	透明度	比 重	轴 性	折 光 率	光 学 特 性
富钛钛铁矿 $\text{Ca}_2\text{FeTi}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}\text{O}_2$	单 晶	40.34	板 状	黄 色	5.5	4.45	—	—	Ng=2.12 2.16 Nm=2.10 Np=1.90—1.93	Ng=2.12 2.16 Nm=2.10 Np=1.90—1.93
超富钛钛铁矿 ( $\text{TiFe}_2\text{FeTi}_2\text{Ca}_{0.04}\text{Si}_{0.04}\text{Nb}_{0.02}\text{Al}_{0.02}$ ) ( $\text{TiFe}_2\text{FeTi}_2\text{Ca}_{0.04}\text{Si}_{0.04}\text{Nb}_{0.02}\text{Al}_{0.02}$ ) $\text{FeTi}_2\text{Zr}_{0.04}\text{Al}_{0.04}$ $\text{TiO}_{0.9}\text{SiO}_{0.1}$	单 晶	33.14	长 柱 状	黑 色	0	4.55	—	—	Ng=2.08 2.13 Nm=1.98 Np=1.96	Ng=2.08 2.13 Nm=1.98 Np=1.96
水帘石 ( $\text{Na}_2\text{Ca}, \text{PbO}_2$ , $\text{SrO}_2, \text{BaO}$ )	单 晶	1.12— 2.82	块 状	暗 棕 色	4.5	6.30	—	—	Ng=2.108 2.108 Nm=2.028 Np=1.937	Ng=2.108 2.108 Nm=2.028 Np=1.937
钛 矿 $\text{NaNbO}_3$	单 晶	8.25	细 粒 状	黄 色	5.5	4.40	—	—	Ng=2.21— 2.21 Nm=2.17 Np=2.10— 2.13	Ng=2.21— 2.21 Nm=2.17 Np=2.10— 2.13



续表

矿物名称	TR <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	晶系	颜色	硬度	比重	性质	折光率	X光衍射 主要特征
石榴石 (Ca <sub>2</sub> Th <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> [SiO <sub>4</sub> ] <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> )(OH)	11.78				3.134	二轴	N <sub>D</sub> =1.68 N <sub>P</sub> 1.635	
褐色透辉石 Ca <sub>2</sub> Mg(Ca <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Fe <sub>2</sub> Si <sub>6</sub> O <sub>22</sub> (OH)6H <sub>2</sub> O	36.35	粒状	黄褐色 棕色			弱折光性	N=1.72	3.5, 3.84 2.62, 3.5
透辉石 Fe <sub>2</sub> Ti <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	2.65	板状	淡褐色 褐色	3.5	4.01		>1.739	
未定名的石榴石 (Fe <sub>2</sub> Th <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> [SiO <sub>4</sub> ] <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> )(OH) <sub>2</sub>	26.31	单斜	微红色	5.5 7.0	3.44		N <sub>D</sub> =1.732 N <sub>P</sub> =1.706	
黄闪石 (Ca <sub>2</sub> Th <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> [SiO <sub>4</sub> ] <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> )(OH) <sub>2</sub>	4.40		微红色	7	3.62	二轴	N <sub>D</sub> =2.02 N <sub>P</sub> =1.916	
绿帘辉石 (Fe <sub>2</sub> Th <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> [SiO <sub>4</sub> ] <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> )(OH) <sub>2</sub>	TR <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>+</sup> Th <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 6.44— 6.48	斜方	绿色 黄绿色	5—6	4.35— 4.38	二轴	N <sub>D</sub> =1.782 N <sub>P</sub> =1.731	2.93 (6) 1.92 (6) 1.71 (6)
绿帘华 (Ca <sub>2</sub> Th <sub>2</sub> W <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub>	24.22	单斜	黄绿色	1		二轴	N <sub>D</sub> =2.02 N <sub>P</sub> =1.95 N <sub>S</sub> =1.85	3.495 (25) 2.273 (6.2) 6.88 (3.8)

## 第五章 稀土矿物及含稀土

### 元素矿物比重表

在稀土矿物及含稀土元素矿物中，目前有一些矿物尚不知道（或没有收集到）折光率及X光粉晶数据等鉴定资料，只有比重值。因此，在按折光率大小顺序排列的稀土矿物及含稀土元素鉴定表中无法排进去，鉴于比重也是鉴定稀土矿物的重要资料，特将各种稀土矿物及含稀土元素矿物，包括没有折光率等数据的矿物，按其比重从小到大的顺序排列成表。

矿物名称	比重	矿物名称	比重
绿色矿物	2.2	钨酸钠矿石	6.1—6.27
水砷矿	2.2	日光磷矿	3.17—3.37
共价性石	2.3—2.7	磷铁矿石	3.135
水砷矿	2.35—2.40	硅磷矿石	3.13
水砷矿	2.60—2.72	硅磷矿石	3.135
UIC-6	2.42	硅磷矿石	3.2
硅磷矿石	2.52—2.615	硅磷矿石	3.21
磷石	2.81—2.84	黄磷矿石	3.23
磷石	2.60—2.80	黄磷矿石	3.23
磷铁矿石	2.70	磷铁矿石	3.24
红磷矿石	2.75—2.82	磷铁矿石	3.26
磷铁矿石	2.80	磷铁矿石	3.288
磷铁矿石	2.80—2.90	磷铁矿石	3.188
磷铁矿石	2.838—2.896	磷铁矿石	3.3
水砷矿	2.84	磷铁矿石	3.3
水砷矿	2.33	磷铁矿石	3.3
水砷矿	2.39—2	磷铁矿石	3.35
合水砷矿	2.70	磷铁矿石	3.35
水砷矿	2.30	磷铁矿石	3.35—3.6
水砷矿	2.803±0.002	磷铁矿石	3.35—3.5
磷铁矿石	2.827	磷铁矿石	3.35—4.24
磷铁矿石	3.02	磷铁矿石	3.45
磷铁矿石	3.089	磷铁矿石	3.45
磷铁矿石	3.07	磷铁矿石	3.41
磷铁矿石	3.07—3.15	磷铁矿石	3.42
磷铁矿石	3.073	磷铁矿石	3.43—3.45
磷铁矿石	3.1—3.6	磷铁矿石	3.44
水砷矿	3.12	磷铁矿石	3.44
水砷矿	3.14—3.27	磷铁矿石	3.48
磷铁矿石	3.145	磷铁矿石	3.47—3.63

矿物名称	比重	矿物名称	比重
白云石	2.8	绿帘辉石	3.30—4.1
斜长石	2.5	磷钠石	3.31
水铁矿	2.5—3.8	钠柱石	3.31
黄铁矿	5.0	辉石	3.35—3.39
褐铁矿	3.5—4.2	钠沸石	3.35
水硅孔雀石	2.51—3.65	钠石	3.357—4.1
白云石	2.81—3.72	钠沸石	3.36
斜长石	2.52	钠沸石	3.36—4.33
白云石	2.54	钠沸石	3.37—4.34
斜长石	2.55—2.70	钠沸石	4.0
白云石	3.68	钠沸石	4.0
白云石	>3.0	钠沸石	4.0—4.2
白云石	3.6—3.7	钠沸石	4.0—4.3
白云石	3.608—3.753	钠沸石	4.0—4.33
白云石	3.62	钠沸石	4.01
白云石	3.63	钠沸石	4.01—4.03
白云石	3.65—4.50	钠沸石	4.01
白云石	3.67—3.70	钠沸石	4.01
白云石	3.70	钠沸石	4.00
白云石	3.73	钠沸石	4.08
白云石	3.75—4.40	钠沸石	4.08
白云石	3.75—4.37	钠沸石	4.1
白云石	3.77—4.51	钠沸石	4.128
白云石	3.79	钠沸石	4.13
白云石	3.83	钠沸石	4.13—4.33
白云石	3.84	钠沸石	4.15
白云石	3.84	钠沸石	4.15—4.74
白云石	3.85—4.33	钠沸石	4.16
白云石	3.86	钠沸石	4.16
白云石	3.86	钠沸石	4.18

续表

矿物名称	比重	矿物名称	比重
磷钨矿	4.5—4.63	绿帘矿	4.4—4.8
黄铁矿	4.3—4.5	磷钼矿	4.457
黄铜矿	4.21	钨钼矿	4.4—4.58
辉钼矿	4.21	富钨钼矿	4.43
重晶石	4.21—4.25	钨钼矿	4.46—4.61
钨矿	4.25	钨钼矿	4.475
钨矿	4.25	钨钼矿	4.48—4.74
钨矿	4.25	钨钼矿	4.5
钨矿	4.257	钨钼矿	4.5—5.48
钨矿	4.26	钨钼矿	4.5
钨矿	4.28	钨钼矿	4.6—4.83
钨矿	4.281	钨钼矿	4.51—4.67
钨矿	4.284	钨钼矿	4.51
钨矿	4.293	钨钼矿	4.52
钨矿	4.30	钨钼矿	4.52
钨矿	4.3±0.1	钨钼矿	4.53
钨矿	4.3—4.67	钨钼矿	4.54
钨矿	4.3—4.6	钨钼矿	4.55
钨矿	4.3—4.7	钨钼矿	4.55—4.62
钨矿	4.31—4.45	钨钼矿	4.61
钨矿	4.4	钨钼矿	4.60—4.77
钨矿	4.316	钨钼矿	4.64
钨矿	4.33	钨钼矿	4.65
钨矿	4.33—4.48	钨钼矿	4.65—4.91
钨矿	4.34	钨钼矿	4.657
钨矿	4.40	钨钼矿	4.68
钨矿	4.4	钨钼矿	4.68—4.82
钨矿	4.40	钨钼矿	4.776—4.782
钨矿	4.40	钨钼矿	4.73
钨矿	4.4—4.7	钨钼矿	4.74

矿物名称	比重	矿物名称	比重
钙铝硅酸盐	4.54	钙铝硅酸盐	4.25—5.69
铁铝硅酸盐	4.74	黄铁矿	5.1
辉钼矿	4.75	黄铜矿	5.34
铜铝硅酸盐	4.77—4.85	铜黄铜矿	5.37
铁铝硅酸盐	4.80	铜铝矿	5.43—5.52
铁铝硅酸盐	4.80—4.81	黑铜矿	5.44—5.45
铁铝硅酸盐	4.83	铁铝矿	5.50—6.0
独居石	4.88—5.43	铁铝矿	5.53
黑铜矿	4.90—5.27	铁铝矿	5.55—5.57
铁铝矿	4.9	铁铝矿	5.56
铁铝矿	4.939	铁铝矿	5.6—5.8
黄铜矿	4.93—4.98	铁铝矿	5.7—6.14
铁铝矿	5.00	铁铝矿	5.71
铁铝矿	5—5.34	铁铝矿	5.75—5.95
铁铝矿	5.01	铁铝矿	5.87
独居石	5.04—6.84	独居石	5.91
独居石	5.06	独居石	6.24—7.03
独居石	5.12—5.66	独居石	6.89
独居石	5.13	独居石	6.48
独居石	5.17—6.00	独居石	7.1±0.1
独居石	5.19—5.90	独居石	7.19
独居石	6.2—6.82	独居石	7.4
独居石	6.3	独居石	7.49—8.71
独居石	6.84	独居石	7.6—10.8
独居石	6.94	独居石	8.65—8.92
独居石	6.24	独居石	8.97—9.87
独居石	6.25		

## 附 录

### 某些矿物的稀土元素含量表

还有一些矿物，除稀土含量外，缺乏其他鉴定数据，现将这些矿物的名称及其稀土含量列于下表，以资参考。

矿物名称	TR(%)	矿物名称	TR(%)
钡钙碳酸盐	49.12	鱼鳞石	0.71
正长辉闪石	16.08	钛铁矿	0.70
未定名的矽酸盐	46.60	霞石沸石	0.66
斜方钛铁矿	38.53	高铁辉石	0.5~0.7
钛铁钛铁矿	26.25	斗篷石	0.80
钙钛铁矿	18.6	方解石	0.58
钛钙钛铁矿	10.98	单叶石	0.54
钛石	10.60	白铁矿	0.40
淡绿辉石	7.53	透辉石	0.41
角闪石	6.0	方解石	0.34
水铁辉石	6.30	复水辉石	0.3~0.68
绿帘石	6.42	透辉石	0.31
钙钛钛铁矿	4.60	铁辉石	0.30
黄铁矿	3.47	硬石膏	0.30
萤石	3.27	方解石	0.25
硬石膏	3.05	高岭石	0.25
石膏	2.3	透辉石	0.28
斜方辉石	2.36	细晶辉石	0.26
铁辉石	2.65	单叶石	0.21
硬石膏	2.55	褐铁矿	0.20
钙钛辉石	2.33	黄铁矿	0.16
硬石膏	2.03	方解石	0.14
萤石	2	透辉石	0.13
斜方辉石	1.97	片麻岩	0.13
硬石膏	1.67	片麻石	0.13
硬石膏	1.07	硬石膏	0.11
黑铁矿	1.16	水泥石	0.10
硬石膏	1.00	铁白云石	0.10
硬石膏	1.56①	石膏	0.10
萤石	0.85		

①  $Y_2O_3 + TiO_2 = 1.56$

# 中英俄矿物名词对照表

方水钼石	Mozambikite	Мозамбикит
方钽石	Taoranite	Торнанит
方钿石	Cerianite	Цернанит
方铅矿	Galena	Галенит
方解石	Calcite	Кальцит
水层砷铈矿	Hydrotinkite	Гидротинкит
水钽石	Hydrotorite	Гидроторит
水铈矿	Clarkeite	Кларкеит
水砷铈矿	Scheeleite	Шеелит
水砷铈钙石	Lermontovite	Лермонтовит
水砷铈钙石	Pravitschite	Правитит
水砷铈钙石	Hydrobritholite	Гидробритолит
水砷铈石	Hydropyrrochlore	Гидропироклор
水砷铈矿	Vudavrite	Вудаврит
水砷铈石	Thulite	Ильмалит
水砷铈矿	Carnasurite	Карнасурит
水砷铈矿	Hydrogadolinite	Гидрогадолит
水砷铈矿	Chukrovite	Чухровит
水砷铈石	Lemoineite	Лемойнит
水砷铈矿	Hydroxantholite	Гидроанталит
水砷铈石	Hydroanthite	Гидроантит
水砷铈矿	Tengritic	Тенгерит
水砷铈土矿	Hydrostoeclatrupine	Гидростеокластрупин
水砷铈矿	Churchite	Чернит
水砷铈矿	Plumbogummite	Плюмбогумит
水砷铈石	Calkanite	Кальканит

日光榴石	Helvine	Гельвин
达克石	Ukeroite	Укерорит
天青石	Celestine	Целестин
凤凰石	Fenghuangite	Фэнхуангит
铜叶石	Lauriprophyllite	Лавпрофиллит
叶蜡石	Pyrophyllite	Пиррофиллит
片沸石	Heulandite	Гейландит
白色勾磷酸盐*	White Ca-phosphate	Белый Са-фосфат
白色铌硅酸盐*	White Nb-Silicate	Белый Nb-Силикат
白钨矿	Scheelite	Моислит
石膏	Gypsum	Гипс
片硅碱钙石	Delhayelite	Дельгейелит
布罗克石	Brokite	Брокит
未定名的钨的砷酸盐	Unnamed yttrium arsenate	
未定名的钨铍硼矿物	Unnamed Y, Be, B mineral	
未定名的钨铍矿物	Unnamed Y, Be mineral	
钇绿辉石	Yttrium eschynite	Иттриевый Эшчинит
钇钙萤石	Yttrium Ca-fluorite	Иттриокальциофлюорит
钇铈磷灰石	Yttriobertholite	Иттриобертолит
钇钼绿石	Obenchevite	Обручевит
钇钽绿石*	Y-hatchettolite	Y-Гатчеттолит
钇萤石	Yttriofluorite	Иттриофлюорит
钇氟酸钙钠矿	Yttrio-parisite	Иттриопаризит
钇菱铈钇矿	Yttriosynchysite	Иттриосинхизит
钇黑稀七矿	Yttrio-melanoecrite	Иттриомеланоцерит

钇氟碳铈矿	Yttriumbastnaesite	Иттриевый бастназит
钇独石	Yektatuite	Кейддауит
钇褐帘石	Yttrioorthite	Иттриорбит
钇绿帘石	Yttriumaugite	Иттриевый авгит
异性石	Endialite	Эндиталит
负异性石	Ekialite	Эккиталит
纤绿钙铝石	Crandallite	Крандаллит
杂偏族稀土矿	Erdmannite	Эрдманит
希昂石	Thomsonite	Ибонит
层硅钼铈矿	Kiaikite	Риякит
含钇磷石	Yttrium titanite	Иттриотиталит
含钇铜硫酸盐	Yttrium copper arsenate	Иттрийсодержащий арсенат меди
含水的稀土硅磷酸盐	TR-hydroxidecarpho- sparat	ИР-Гидроксидкито- фосфат
拉查石*	Lazareppite	Лазарепит
莱托矿	Wakefieldite	Накепидит
易解石	Oschynite	Эпидит
奎眼石	Apophyllite	Апофиллит
托石	Thorstite	Торит
托易解石	Thoreatchynite	Торачинит
针状独石	Alsile	Аблит
钍钨铈铈矿	Ichuile	Иркуит
钍钨铈矿	Thornbarkinite	Торнбаркит
钍钙铈矿	Maitlandite	Майтландит
钍氟碳铈矿	Thorbastnaesite	Торбастназит
钍褐帘石	Thorstite	Торитит
钍磷稀土矿	Th-rhabdophanite	Th-рабдофанит
钙钇矿	Kalnosite	Китанозит

钙层硅钠矿	Getxerite	Гетцерит
钙层硅钠矿	Calciorinkite	Кальцоринкит
钙硅黑磷金矿	Lyndschite	Линдшкит
钙钛矿	Pecovskite	Перовскит
钙钛矿	Zirconolite	цирконолит
钙钛矿	Hyalite	Хальмит
钙钛榴石	Andradite	Андрадит
钙钛水石	IClaworthite	Эльсвертсит
钙钛矿	Calciosamaraskite	Кальциосамарскит
钙钛矿	Gearksutite	Гейрксутит
钙钛矿	Hollandite	Голландит
钙钛矿	Calcio gadolinite	Кальциогадолит
钙钛矿	Calcitrite	Кальцитрит
钙钛矿	Treanorite	Трианорит
钙钛矿	Calcioancylite	Кальциованкит
钙钛矿土碳酸盐*	Ca, Sr, TR-Carbonate	Ca, Sr, TR-Карбонат
洛石	Lokkete	Локкит
钛矿	Titanite	Титанит
钛矿	Yttrioalbite	Иттриоалбит
钛矿	Tifazogschynite	Тифазогшинит
钛矿	Ilmenite	Ильменит
钛矿	Chlorinite	Хлопнит
钛矿	Brannerite	Браннерит
钛矿	Elsmstrandite	Эльмстрандит
钛矿	Kobeite	Кобеит
钛矿	Zirconolite	Цирконолит
钛矿	Schorlomite	Шорломит
钛矿	Visperite	Визерит
钛矿土	Tundrite	Тундрит

銀綠晶石*	Kijakuoseite	Рейсбургит
紅綠綠晶石	Pandaite	пандаит
鈉明礬石	Alunite	Алуит
前鈣思林鉍鈉鈣*	Turite	Турит
鉍鈉石	Karatelite	Карателит
蒙鈉鉍鈉石	Gagunite	Гагаринит
鉍鈉礦	Fluocerite	Флюоцерит
鉍磷鈉礦	Bafluocerite	Бафлюоцерит
鉍磷鉍鈉礦	Celsite	Целсит
鉍磷鉍鈉礦	Cordyite	Кордит
鉍磷鉍鈉礦	Röntgenite	Рентгенит
鉍磷鉍鈉礦	Parisite	Паризит
鉍磷鉍鈉礦	Isokit	Исокит
變異性石*	Bazanovite	Барановит
變鈉鉍鈉鈣礦	Metakaratite	Металкартит
奔黃晶	Danburite	Данбурит
奔黃晶	Simanite	Симанит
雙永石	Hallowsite	Галлуозит
黃晶石	Barite	Барит
鈉鉍鈉礦	Wolframixialite	Вольфрамиксикит
星叶石	Asi rophyllite	Астрофиллит
鏡鈉石	Taortveitite	Тортевит
鈉晶石	Monazite	Монацит
五入石	Tremolite	Тремолит
反水鈉礦	Vernadite	Вернадит
反鈉鈉礦	Polyeras	Полиераз
陽黃石	Wandinite	Ванданит
鉍鈉礦	Chucovite	Черковит
鉍鈉石	Arsenothorite	Арсенотарит

神鈣鉍鐵礦	Ichuazite	Чендрапит
神鈣石	Agardite	Агардат
神鈣鉍鉍石	Kemmerite	кеммерит
鐵白云石	Ankerite	Анкерит
鉄鉛石	Ferrichorite	феррихорит
鉄鉛鉄鈣礦	Isukawaite	Исукэванит
鉄鉛鐵礦	Itinhorite	итинхорит
鉄鉛輝石	Almandite	Алмандит
鉄硫鐵礦	Kuzelite	Кузнецит
龜叶石	Niobophyllite	Никобифиллит
鉍鈣礦	Samarite	Самарскит
鉍鐵鈣礦	Nitrocodite	Нитрокодит
鉍鐵礦	Gaschite	Гуашит
鉍易解石	Nioboeschynite	Никобэшиннит
鉍鉄礦	Columbite	Колумбит
鉍鉄礦	Fersmite	Ферсмит
鉍鉄鈣礦	Dysanite	Дизаннит
鉍鉄鉄鈣礦	Nioboxiconolite	Никобоксиконолит
鉍鈣石	Itsekite	Итсекит
鉍鉄鉄鈣礦	Niobocheykinite	Никобочейкинит
鉍鉄礦	Yttrianite	Иттрианит
鉍易解石	Tantaloschynite	Танталосшинит
鉍鉄鈣礦	Djalmite	Джалмит
鉍易解石	Tantalumite	Танталумит
鉍鉄鉄鈣礦	Tantbetzite	Танбетзит
鉍鉄鉄鈣礦	Tantpolyorase	Танполиораз
埃瓦石	Evardite	Эвардит
埃拔石	Ekzite	Экзит
鉍鉄鉄鈣礦	Kalkowskite	Кальковскит

鈉榴石	Cerussite	Церусит
鈉鉍鉀鈉	Lepasite	Лепосит
鉍鉍綠石	Cerussitepyrochlore	Церуситпироклор
鉍鉍鈉鈉	Davidite	Давидит
鉍鈉鈉	Klapite	Клопит
鉍綠石	Marignacite	Маршьянит
鉍鉍鈉鈉	Cergadoinite	Цергадоинит
鉍綠灰石	Britholite	Бритолит
鉍鉍鈉鈉	Cerphosphiteulonite	Церфосфитулонит
鉍鈉鈉	Flambonite	Фламбонит
鉍鈉鈉鈉	Flambobetaite	Фламбобетаит
鉍綠石	Flambopyrochlore	Фламбопироклор
鉍鈉石	Gelthorite	Гельторит
鉍鈉石	Gelzircon	Гельцирон
鉍鈉石	Montmorillonite	Монтмориллонит
鉍鉍鈉鈉	Lancherite	Ланшерит
鉍鈉石	Uxanite	Уксанит
鉍鈉鈉	Uferite	Уферит
鉍鉍綠石	Samirite	Самирит
高鈉石	Kaolinite	Каолинит
高鈉鈉石	Ferrichalcosite	Ферригаллуанит
鉍鈉石	Bismuthomicrosite	Висмутомикромит
鉍鈉石*	Miromontite	Миромонтит
鉍鈉鈉	Powellite	Повелит
鉍鈉鈉鈉	Therogummit	Терогуммит
綠石	Pyrochlore	Пироклор
鉍鈉鈉	Hydroxite	Гидрохрит
鉍鈉鈉	Formanite	Форманит
鉍鈉鈉	Huangite	Хуанхит

黄铁矿	Nicoabite	Шкокадит
黄钾铁矾	Jarosite	Ярзани
美菱硼矿	Burbankite	Кербанкит
菱硼矿	Synchysite	Синхизит
菱铁矿	Siderite	Сидерит
菱黑土矿	Steensclapine	Стенсклапин
菱硼矿	Svanbergite	Сванбергит
菱硼矿	Stillwellite	Стилвеллит
斜硼矿	Elphite	Эльпадит
斜铁硼矿	Sahamalite	Сахамалит
斜铁硼矿	Clinochrochite	Клинхорхит
斜铁硼矿	Schlisolite	Шлисолит
斜铁硼矿	Alumescapite	Алумескапит
斜铁硼矿	Alumebrochite	Алумебритолит
斜铁硼矿	Alumelucosite	Алумелукозит
斜铁硼矿	Alumebrochite	Алумебритолит
斜铁硼矿	Saryulite	Сарыулит
斜铁	Elmorite	Элморит
斜铁	Vesuvianite	Везувит
斜铁	Thallite	Таллит
斜铁	Mosonite	Мозонит
斜铁	Lowesite	Ловесит
斜铁	Hydroxylmuscovite	Гидроксимусковит
斜铁	Tombartite	Томбартит
斜铁	Imonite	Имонит
斜铁	Stafelita	Штафелит
斜铁	Jiangite	Жянжит
斜铁	Crocoite	Крокоит
斜铁	Epidote	Эпидот

綠帘輝石鈦鈣礦	Rinkolite	Ринколит
碲鉍鈣礦	Vetralite	Иттриксит
碲鉍鈣礦	Chevkinite	Чевкинит
碲鉍鈣鈉礦	Nesodkevichite	Несадкевичит
碲鉍鈣鈉礦	Nordite	Нордит
碲鉍石	Carite	карит
碲鉍鈣鈉礦	Kmansite	Иттиаугит
碲鉍鈣鈉礦	Ajeuluyite	Нэкселандит
碲鉍鈣鈉礦	Elharite	Пальбарит
碲鉍鈣鈉礦	Nesodkevite	Несадкевит
碲鉍鈣鈉礦	Rowlandite	Роулендит
碲鉍鈣鈉礦	Gadolinite	Гадолинит
碲鉍土石	Terschollite	Терсешолит
碲鉍鈣鈉礦	Kansite	Кансит
碲鉍鈣鈉礦	Tadjikite	Таджикит
碲鉍鈣鈉礦	Silicosmirnovskite	Силыдосмирновскит
碲鉍鈣鈉礦	Silicorhabdophanite	Силикорабдофанит
碲土氣碲酸鹽	TR-fluorsilicate	ТР-Флуорсилкат
碲土氣碲酸鹽	TR-betafite	ТР-Бетафит
碲土氣碲酸鹽	TR-feranite	ТР-Феранит
碲土氣碲酸鹽	TR-Zirconolite	ТР-Цирконолит
碲土氣碲酸鹽	TR-Calcio-phosphat-silicate	ТР-Кальцийфосфат-силкат
碲土氣碲酸鹽	TR-pyrochlore	ТР-Пироклор
碲土氣碲酸鹽	TR-joaquinite	ТР-Джаокинит
碲土氣碲酸鹽	Chinglasite	Чингласит
碲土氣碲酸鹽	Mackintoshite	Макинтошит
碲土氣碲酸鹽	Bilibinite	Билибинит
碲土氣碲酸鹽	Xelanocrite	Мелинодерит

黑稀金矿	Euxenite	Эвксенит
富铀独居石	Cheralite	Чералит
富铀独硅铀矿*	Pectolite	Перьерит
富铀独英石*	Ce-apatite	Ce-апатит
常铈独绿石	Mundelynsite	Менделеевнит
富铈独硅铀矿*	Nioboloparite	Ниболопарит
锆石	Zircon	Циркон
锆独硅石	Zirconsite	Цирбесит
独硅矿	Luvénite	Ловенит
独硅独硅矿	Polymignite	Полимнигнит
独硅石*	Zirsite	Цирсит
囊性独石	Pektolite	Пектолит
硫独居石*	Sulphatmonazite	Сульфатмонацит
独硅独石	Spessartite	Спессарит
独英独硅矿	Manganosteenstrupine	Манганостенструпин
独独独白石	Mn, Zr, Opal	Mn, Zr, Опал
独独独石	Manganorthite	Манганортит
独独独矿	Tantalite	Оловотанталит
独独独矿*	Caryocrite	Карюкрит
独独独矿	Makkovite	Макковит
独独独石	Cerberite	Карбодермит
独独独矿	Apyrite	Апидит
独独独灰石	Belovite	Беловит
独独独独独独矿*	Er-perrierite	Эр-перрьерит
独独独石	Melionophane	Мелинофан
独石	Titanite	Титанит
独独独石	Magnesianorthite	Магнесиортит
独独独矿	Fergusonite	Фергусонит

$\beta$ -褐帘辉矿	$\beta$ -fergasonite	$\beta$ -фергусонит
褐帘辉矿	Brownite	Бурценит
$\beta$ -褐帘辉矿	$\beta$ -Brownite	$\beta$ -Бурценит
褐色转硅酸盐	Brown Ce Silicate	Бурый Ce Силикат
褐铁矿	Limonite	Лимонит
褐帘石	Oxide	Ортит
褐硅酸盐矿	Sphenite	Спансит
褐帘土矿	Calymene	Кармодерит
霞石矿	Siniche	Синичит
橙针钠钙石	Rosenbuschite	Розенбушит
磷钼矿	Xenotime	Ксенохим
磷钨石	Smirnovskite	Смирновскит
磷钨铝石	Gorceixite	Горсейскит
磷钨钼矿	Florencia	Флоренсит
磷钨钼石	Goussite	Гуйлит
磷钨钼矿	Calciothorophosphate	Кальцийторфосфат
磷钨土矿	Rhabdophanite	Рабдофанит
磷钨钼石	Nagatelite	Нагателит
磷石	Leachanite	Лячанит