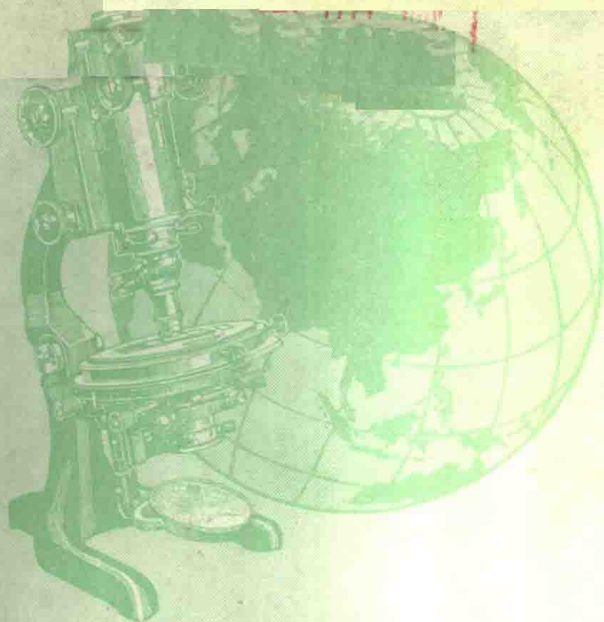




地球化学專輯

第 5 輯

地质出版社

地球化学专輯

第 5 輯

地质出版社

1959·北京

地球化学专輯

第 5 輯

出版者 地 質 出 版 社

北京宣武門外永先寺西街3号

北京市書刊出版業營業許可證出字第050号

发行者 新华書店科技发行所

經售者 各地新华書店

印刷者 北京崇文印刷厂

崇外槐杆市15号

印数(京) 1——4,600册

1959年8月北京第1版

开本 787×1092 1/25

1959年8月第1次印刷

字数 90,000

印张 4

插页 2

定价 (10) 0.57 元

目 录

苏联各矿床螢石中的稀土元素	О.Г. 科兹洛娃(5)
火成岩和交代岩的鉛石中的鉛和鋇的比值	
...А.И. 因加里諾夫, Э.Е. 华依什捷恩和И.П. 謝华列耶夫斯基(21)	
論花崗岩中鉍和鉬的分布	
.....Е.Б. 茲納明斯基, Л.М. 罗季奧諾娃和 М.М. 卡哈納(36)	
論苏联酸性岩漿岩中鉍的克拉克值 ...А.А. 別烏斯和Л.И. 薩日娜(40)	
俄罗斯地台粘土和碳酸盐岩石中分散鈦和鈾的地球化学	
.....В.И. 巴兰諾夫, А.Е. 罗諾夫和К.Г. 庫納紹娃(45)	
硫化物的原电溶解和重金属分散量	
.....Г.Б. 斯維什尼科夫及С.Л. 多貝琴(52)	
硫化物中同位素 S^{32} 和 S^{34} 的比值	
.....А.П. 維諾格拉多夫, М.С. 丘帕欣及В.А. 格里年柯(59)	
关于花崗岩中鈦的分布問題	
.....Л.В. 德米特里也夫和Е.Б. 什納明斯基(68)	
微矿化溫泉中的氟	А.А. 阿列克賽也夫(71)
关于物質成固相和液相的共軛轉移	Я.И. 奧利善斯基(78)
人工合成瀝青鈾矿方面的某些經驗	
.....Г.Б. 納烏莫夫及К.И. 托別尔科(86)	
藍晶石和紅柱石差热曲綫上的热效应	
.....В.С. 索博列夫和А.И. 茨維特科夫(90)	
关于克里米亚草原地下水中碘的地球化学問題	М.Н. 波利亞科娃

苏联各矿床螢石中的希土元素

О.Г. 科茲洛娃

国立莫斯科 M.B. 罗蒙諾索夫大学結晶学和晶体化学教研室

大家都知道，天然螢石的成份与化学式 CaF_2 并不符合，其中特别是含有不等量的希土元素。鈣和希土元素的离子半徑近似〔1〕，这决定了螢石中希土元素的混入物具有类質同象的性質。正如費奧菲洛夫的著作中所說明的〔2,3〕，希土元素在一定程度上影响着人造螢石的光学性質。在作者的学位論文中也曾証明可以从一定品种的天然螢石中提取人造光学螢石。因而，也就有必要对各矿床的螢石中希土元素的含量加以鑑定。从螢石內希土元素含量分析結果中，可以得出許多地球化学的結論。

研究方法和分析前准备样品的方法

螢石內的希土元素用发光法来鑑定。希土元素在螢石中作为类質同象混入物存在，因而决定了螢石具有强的发光性和清晰的譜綫。希土元素三价离子的螢光譜綫非常特殊，并且是典型的綫状原子光譜。而其两价离子的光譜并不十分特殊。如果我們將比較微弱的干扰現象忽略不計，那么这些光譜对于各种类型的液体溶液和固体溶液以及大多数有机盐类和无机盐类都是一样的。固体盐类中的阴离子和溶液中的溶剂仅只起着次要的作用。希土元素离子的发光現象乃是一种緩慢的螢光現象，而具有較大的延續性，其延續時間的級次为 10^{-3} 秒。尽管刺激状态的延續性很长，但是希土元素的螢光現象对于衰燭卻非常不敏感。

作为螢光現象激发剂的希土元素混入物一般不是矿物的主要部分，例如：方解石和磷灰石等。希土元素的最大含量見于鈮氟石 ($2\text{CaF}_2 \cdot 3\text{YF}_3$) 中，它是螢石的一种異种，其中鈮族希土元素浓度达17%。鈮和希土元素的氟化物可与 CaF_2 形成混合晶体（例如鈮

氟石 CaF_2 — YF_3 ，鈣氟石 CaF_2 — CeF_3 ），后者保存了氟石的构造，晶格的参数无多大变化。

有关苏联螢石中希土元素的定量含量的資料，現在还没有。作者曾根据 П.П. 菲奥菲洛夫和国外学者普热布兰 (K. Przibvam) [5,6]、哈伯兰特 (H. Haberlandt) [7,8] 等人曾作过研究的发光光谱，鑑定了螢石中的希土元素。

希土金属 Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tu、Pr、Nd、Ce 可以很容易地鑑定出来；因为它们的发光光谱已经确定了。而 La、Yb、Lu 在任何类型的溶液和晶体中，都没有螢光光谱。

溶于 CaF_2 和其他盐类中的三价离子 Sm^{+3} 、 Eu^{+3} 和 Yb^{+3} ①，如果受到 X 射线和鐳射线的刺激，就轉变成二价离子。这种二价离子生成另一种类型的螢光光谱，由較寬的光带組成。具有这种螢光現象的自然矿物，显然是在較长的時間內，遭受着发现此矿物的矿床中某些放射性产物的輕微輻射作用。如果把这种矿物加热到 100° 以上，它們显现出强烈的热致发光現象，并失去光致发光的能力；而光致发光現象可以藉鐳輻照法得到恢复 [9]。

作者鑑定希土元素所采用的发光是很简单的，而且此法在鑑定希土元素的准确度方面，并不亚于其他的方法（光谱法、化学法、X 射线光谱法），此外，希土元素的发光分析乃是分別地半定量測定极微量希土元素的唯一方法，当微量的級次到达 $10^{-2}\%$ 和比 $10^{-2}\%$ 更小的时候。

螢石的磷光光谱是用火花磷光鏡和摄譜仪摄取的。国立光学研究所設計的磷光鏡 (ГОН) [10] 是由一个不动电极和几个借馬达得以旋轉的活动电极构成的。在馬达軸上旋轉的波形圆盘以 2000 圈/分的速度旋轉着，放电的时间它遮住了火花，因而，只有在放电的間隔時間內，通过圆盘的缺口，才能观察到試驗物体（利用这种方法，可以观察到連續時間不短于 10^{-3} 秒的磷光現象）。实验試样置于直径为 16 毫米并嵌在圆桶內的胶盒中。激发是用短波 (300—250 微米) 紫

① 原文中印作 Sm^{+} 、 Eu^{+} 和 Yb^{+} ，今根据內容改为 Sm^{+3} 、 Eu^{+3} 和 Yb^{+3} ——譯者注。

外綫进行的，此乃鎢电极間生成之火花的一部分（采用高伏特集聚火花 10000 伏特）；变压器的功率为 0.20—0.25 瓦。ГОИ 式磷光鏡比一般装有水銀灯和伍德过滤器（Фильтр Вуда）的分析设备具有更多的优点。首先，它完全没有背景的混扰作用，因为只有在激发源的作用停止后，才观察試驗物体的发光現象。其次，所有天然矿物吸收短波紫外綫比长波紫外綫更强烈，因此，矿物在磷光鏡上的发光强度要提高很多。磷光的光綫是通过 ГОИ 式摄譜仪（光力为 1:3.5）的衍射光柵而射出的。为了分解紫外綫，采用希尔格摄譜仪（光力为 1:3.5），此仪器附有石英稜鏡，希氏摄譜仪后用萊斯（Лейса）摄譜仪代替了，此仪器之光力和色散并不亚于前者。色散光的可見光部分拍摄在 1—600 型“全色”底片上。波长标度用氖灯记录在同一张底片上。在照相的时候对光譜的紫外綫部分用“blaurapid”底片；波长标度用水銀灯记录。

研究用的螢石标本是用下列方法制备的。在空气中使螢石在 800° ($\pm 10^{\circ}$) 的溫度下連續煅烧 10 分鐘。然后必須使标本退火，因为，由于退火，标本对激发作用变得更加《灵敏》。至于沒有煅烧过的标本，其发光現象較弱，发光光譜是由許多扩散带和較寬的譜綫組成的。将标本退火的第二个原因是：在 $800—1000^{\circ}$ 的範圍內煅烧过的螢石，其光譜发生变化，結果，使含于螢石中的所有希土元素的光譜，变得与人造螢石晶体內所观察到的光譜一致；而这种人造螢石晶体是用希土元素活化了的。用人造螢石（这些螢石分別地为适当的希土元素活化了的）制备的标准样品来对希土金属加以鑑定时，这种一致性是必要的。煅烧后，把螢石放在瑪瑙或碧玉研钵內研磨成粉末。为了保证具有最大的发光面，从而保证被激发的光的强度大，因而研磨是必需的。然后，把一克左右的粉末填入直徑为 16 毫米以石英为底的胶盒內。

在黄紅色光譜区（700—750 微米拍摄螢石的发光現象时，标本曝光每次历时一分鐘。在螢石的这一部分发光光譜內，分布有希土元素三价离子：Pr、Sm、Eu、Tb、Dy 的全部，或差不多全部的輻射譜綫。而 Ho、Er、Tu 的輻射譜綫則在光譜的藍綠色部分（570—450 微米）。

同样的标本，在蓝綠色部分摄譜时，每次曝光要历时15分鐘， Gd^{+3} 的輻射譜綫在紫外光譜內（310—313微米）。在这一部分摄譜时，同样的标本，每次曝光要历时5分鐘。鈹的輻射譜綫在紅外線內，因而未能摄譜。

輻射光譜的鑑別是用下法进行的。釷（Gd）的輻射譜綫在紫外光譜內，因而鑑定很簡單，即在310—313微米的範圍內有譜綫存在。鑑定輻射光譜在可見光譜部分的希土元素則采用标准光譜（图1）。标准光譜摄自人造螢石标本，而这些标本是由天然光学螢石的車間废物制成的。在这种晶体中，每150克加入0.03克希土元素氟化物（TRF₃），使其占 $2 \times 10^{-3} \%$ ，标准螢石試样摄譜的条件与所研究的螢石摄譜条件相同。

分析的灵敏度約等于 $1 \times 10^{-5} \%$ 。

由此可見，如果在同样的情况下拍摄标准螢石和被研究的螢石时，考虑到它們之間的一些差別，那么，就可以对各矿床的螢石中的希土元素进行半定量的估計。只要将被研究的螢石的輻射譜綫的强度和标准螢石的輻射譜綫的强度加以对比，就可以进行这种估計。

标准希土的輻射譜綫估計的最高，七級（按七級制）。 Gd^{+3} 輻射譜綫按十一級制估計，因为它的灵敏度大。作者沒有 Gd^{+3} 的标准輻射光譜；因此，沒有引出有关它在螢石中的含量的半定量数据，同时釷在螢石中的相对浓度仍作了估計。

鑑定螢石中希土元素的結果

分析資料綜合于下列表中，在表中，分析資料是按希土元素浓度遞減而排列的。

而在这个表中各矿床排列的位置是根据該矿床中的含有最多希土元素的螢石而定的。每个元素右方所載数字表示該元素的大約浓度，而以百分数表示：

1— 0.2×10^{-3}	4— 1.1×10^{-3}	6— 1.7×10^{-3}
2— 0.5×10^{-3}	5— 1.4×10^{-3}	7— 2.0×10^{-3}
3— 0.8×10^{-3}		

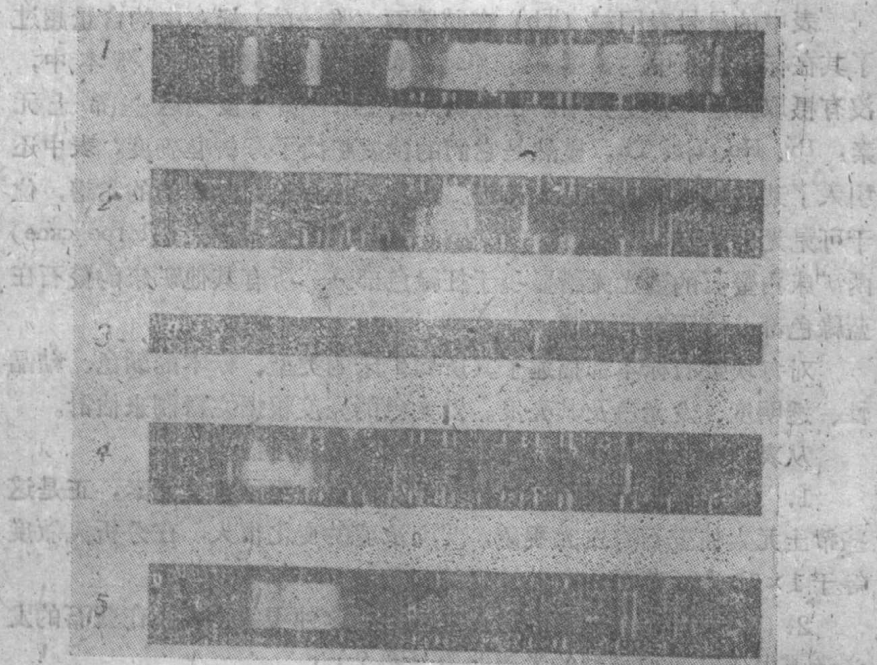


图 1. 三价离子钐 (1), 铈 (2), 钕 (3), 钐 (4), 铕 (5) 的辐射谱线

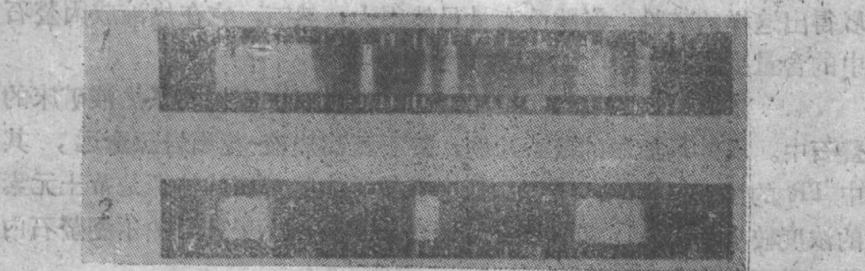


图 2 在光谱可见部分两种萤石的发光光谱:

1. Sm^{3+} , Dy^{3+}

2. Eu^{3+} , Tb^{3+}

Gd 按十一級制估計。

表中的星号表明鈰 (Tb) 在該螢石 (唯一的) 标本中的含量超过了其在标准螢石中的浓度。釔 (Gd) 項內的問号表明在該标本中, 沒有摄取到这一希土元素。在所研究的螢石中并未发现这些希土元素: Pr、Ho、Er、Tu。显然是它們的浓度超出了分析准确度。表中还引入了某些标本的連續发光光譜。此乃二价希土元素离子的光譜, 位于可見光部分。朱內—薩依 (Джурь—Сай) 和彼得罗夫 (Петровское) 两矿床內螢石的螢光光譜显現于紅綠色部分。所有其他矿床的螢石在藍綠色部分出現螢光光譜。

对每块螢石标本都描述了其所屬矿床的类型、标本的顏色、結晶性、透明度、发光色及其亮度。发光色的亮度根据六級制来估計。

从表中的所有資料里, 可以得出如下的結論:

1. 在所有螢石 (除三块标本外) 內都发现了希土元素, 正是这些希土元素使螢石有发光現象。TR 浓度的变化很大, 在分析灵敏度等于 $1 \times 10^{-5}\%$ 范围內, 其浓度的变化从 $5 \times 10^{-3}\%$ 到 0。
2. 螢石內希土元素的組合有差異。这种現象也表現在螢石的发光光譜中, 有两种类型的光譜照象 (图 2):

I. Eu^{3+} 、 Gd^{3+} 、 Tb^{3+} 、 TR^{2+} ; II. Sm^{3+} 、 Gd^{3+} 、 Dy^{3+} 。

3. 螢石并不对任何希土元素有选择集中。但是从表中的資料可以得出这样的結論: 鈰的分布量虽然很大, 然而, 它在热液成因螢石中的含量少于鎔 (Eu), 特別少于鈰。

4. 浓度最大的希土元素見于与碱性岩石有直接关系热液矿床的螢石中。以外貝加尔的螢石为例, 螢石距离热液—花崗岩源愈远, 其中 TR 的浓度便愈小。中亚細亚大多数矿床的螢石的特征是希土元素的浓度較小。而且, 其中希土元素含量的变化小于外貝加尔湖螢石內希土元素的变化。

5. 沉积岩中, 除灰岩外 (黏土頁岩、砂岩、碎屑岩), 皆包含有螢石; 而这种螢石貧于希土元素。

6. 二价希土元素見于貧含三价希土元素的螢石中。按普热布兰

〔4〕的見解，这种情况下的螢石在很长的時間內遭受着矿床內某种放射性产物的微弱輻射。由于这种輻射作用，“溶解”于 CaF_2 中的三价釷、鎢、鐳轉變成二价的离子，这些离子产生的螢光光譜是由寬的光带組成的。从表中看出，三价釷和二价希土元素在含量方面呈明显的相反的关系，这一点是很有意义的。

7. 呈带状染色的螢石之特点乃是其中希土元素的浓度各不相同：綠色——浓度最大，紫色——最小。当然，例外也是有的。

8. 在同一矿床的螢石內，希土元素浓度的变化有时非常大。例如，泰麦尔（Таймыр）矿床的无色透明結晶螢石里，未曾发现过希土元素。此矿床內，外部特征与上相同的螢石卻含有大量的 Eu、Gd、Tb 和二价的希土元素。

螢石是属于对一切希土元素都沒有选择集中能力的矿物；这就使得我們有某种根据推断在螢石中存在着一些用发光法不能鑑定出的希土元素。这是指：La 和 TR、Ce、Nd、Yb、Lu。根据这样一个概念：在螢石中希土元素的比值在其浓度上是保存下来了；可以認為：当用发光法測定的希土元素的浓度很大时，相应地，La、Ce、Nd、Yb、Lu 的浓度亦大；反之亦然，含鐳族希土很多的螢石中，其中大部分是鐳、鐳、釷，因为它们的分布量大。鐳的大量存在决定了这种螢石不适于作为制备人造螢石晶体（人造螢石晶体对紫外光譜是透明的）的原料。三价鐳的离子对紫外光譜具有强烈的吸收現象。寬广的吸收带的极大点位置近于 $325\text{m}\mu$ 处。吸收的同时伴随着强烈的发光現象，这种发光現象带有散漫的光譜，分布于近紫外綫部分。三价鐳离子存在于螢石中（特别是当其浓度很大时），由于其在紫外光譜範圍內强烈吸收，是很不好的（图 3）。在釷族希土的浓度很大的螢石中存在着大量的釷，这也使得螢石的質不合用。釷在 $365\text{m}\mu$ 附近形成深凹的吸收带（图 3）。但是， $307\text{m}\mu$ 附近的那条吸收带，目前还未得到解释。因此，釷族希土在螢石中的含量高时也如同鐳族希土一样，是不好的。但是，希土元素在螢石（例如泰麦尔矿床、克列麦特-塔茲矿床等）中的浓度过小时也使得它不适于作为培育紫外光的光学螢石人造晶体的原料。这种晶体当其受到紫外綫或其它較短波的射綫輻射时，

各矿床岩石内的稀土元素

矿床号	矿床类型 (岩石的围岩、岩石的成因)	矿床名称	岩石的颜色、 晶性和透明度	发光颜色、 发光强度	稀土元素	稀土元素的 相对含量
1	霞石伟晶岩, 低温热液	波阿契伏姆乔尔 (Почаушторр) (希 英区)	微紫色, 显晶质, 半透 明	黄色	Sm ₍₄₎ Eu ₍₅₎ Gd ₍₇₎ Tb ₍₈₎ *Dy ₍₉₎	30
2	流纹凝灰岩和流纹岩 热液	波谷星 (Борунан) (阿穆尔省)	浅绿, 差不多透明, 显 晶质	黄色	Sm ₍₃₎ Eu ₍₆₎ Gd ₍₁₁₎ Tb ₍₇₎ Dy ₍₈₎	29
3	花岗岩, 高温热液, 花 岗岩侵入体、花岗岩 同 上	杜利杜尔加 (Дундурия) (外贝加尔区)	绿色, 显晶质, 不透明	黄色	Sm ₍₁₎ Eu ₍₆₎ Gd ₍₁₀₎ ; Tb ₍₇₎ Dy ₍₃₎	27
	同 上	同 上	白色, 结晶性差, 半透 明	浅橙黄色	Eu ₍₈₎ ? Tb ₍₅₎ Dy ₍₁₎	
4	伟晶岩脉中, 结晶片岩 和花岗岩体的接触带	祖母绿矿山 (烏拉 山)	紫色, 结晶性差, 不透 明	浅橙黄色	Eu ₍₃₎ ? Tb ₍₄₎ Dy ₍₂₎	26
	同 上	同 上	无色, 结晶, 透明	黄色	Sm ₍₃₎ Fu ₍₃₎ Gd ₍₈₎ Tb ₍₇₎ Dy ₍₆₎	
	同 上	同 上	无色, 结晶, 透明	黄色	Sm ₍₂₎ Eu ₍₃₎ ? Tb ₍₇₎ Dy ₍₄₎	
5	花岗岩, 高温热液, 花 岗岩侵入体和花岗岩	奥波盧依 (Онолуя) (外贝加尔区)	烟色, 结晶, 半透明	紫色	Eu ₍₁₎ ? Tb ₍₂₎	25
	同 上	同 上	绿紫色, 结晶性差, 不 透明	黄色	Sm ₍₁₎ Eu ₍₈₎ Gd ₍₉₎ Tb ₍₇₎ Dy ₍₄₎	
6	砂卡岩化灰岩	翁卡-薩依 (Унка-Сай) (中亚细亚)	绿色, 结晶, 半透明	黄色	Sm ₍₁₎ Eu ₍₈₎ Gd ₍₁₀₎ Tb ₍₇₎ Dy ₍₄₎	23

7	热液成因的。据推测可能 与碱性岩有关(?) 灰岩和花崗正长斑岩， 热液交代，在成因上与 花崗正长斑岩有关	同 上	同 上	伊尔宾矿床 (Ирбінское) (西两伯利亚)	5	Sm ₍₂₎ Eu ₍₂₎ ? Tb ₍₇₎ Dy ₍₃₎	23
8	同 上 含磷灰石的花崗岩，高 温热液的	同 上	同 上	索洛涅契矿床 (Соловьевское) (外貝加尔区)	5	Sm ₍₁₎ Eu ₍₄₎ Gd ₍₃₎ Tb ₍₇₎ Dy ₍₂₎	22
9	花崗岩侵入体 花崗岩侵入体 花崗岩侵入体 噴出岩，花崗岩，中温 热液的	同 上 同 上 同 上	同 上 同 上 同 上	同 上 同 上 同 上	5 5 3 5	Eu ₍₄₎ Gd ₍₈₎ Th ₍₆₎ Eu ₍₂₎ Gd ₍₈₎ Th ₍₆₎ (散漫的譜綫) Sm ₍₁₎ Gd ₍₂₎ Dd ₍₁₎ Sm ₍₂₎ Eu ₍₂₎ Gd ₍₃₎ Tb ₍₆₎ Dy ₍₄₎	22
10	花崗岩侵入体 同 上 同 上 同 上 富含伟晶岩石英脉的花 崗岩 高温热液的 同 上	同 上 同 上 同 上 同 上	同 上 同 上 同 上 同 上	同 上 同 上 同 上 同 上	4 5 5 4 5 4 3	Eu ₍₄₎ Gd ₍₈₎ Th ₍₆₎ Sm ₍₃₎ Gd ₍₇₎ Dy ₍₆₎ Eu ₍₁₎ Gd ₍₆₎ Tb ₍₁₎ (散漫的譜綫) Eu ₍₁₎ Gd ₍₇₎ Tb ₍₂₎ Sm ₍₁₎ Eu ₍₁₎ Gd ₍₃₎ Tb ₍₆₎ Dy ₍₃₎ Eu ₍₁₎ ? Tb ₍₃₎ Dy ₍₁₎ Sm ₍₁₎ ? Dy ₍₁₎	20

編號	矿床类型 (鑛石的圍岩, 鑛石的成因)	矿床名称	鑛石的顏色、結晶性和透明度	发光顏色、发光强度	稀土元素	稀土元素的相对度
11	大理岩化灰岩, 低溫熱液, 碱性侵入体和霞石正長岩侵入体	卡茲諾克灰 (Kashok—сортон, (中亚細亞)	鮮藍色, 結晶性差, 透明	鮮橙黃色	Eu ₍₄₎ Gd ₍₆₎ Tb ₍₆₎	19
12	花崗岩类岩石, 熱液的	卡拉-奧巴 (Kapa-oba) (哈薩克斯坦)	綠色, 結晶, 半透明	玫瑰黃色	Eu ₍₃₎ Gd ₍₆₎ Tb ₍₆₎ (散漫的纖維)	18
13	砂岩和黏土頁岩, 石榴石化的礫岩-片麻岩, 低溫熱液, 花崗岩及花崗岩类岩石的侵入体	塔明加爾 (Тамил-га) (外貝加尔区)	灰色, 結晶性差, 半透明	橙色	Eu ₍₃₎ Gd ₍₆₎ Tb ₍₆₎	17
14	为花崗岩和花崗閃長岩穿插的砂岩和黏土頁岩, 低溫熱液的, 花崗岩侵入体	捷華比亞特尼察 (外貝加尔区)	綠色, 結晶性差, 不透明	黃色	Eu ₍₃₎ Gd ₍₆₎ Tb ₍₆₎	16
15	花崗伟晶岩 (石英-錫石) 脉 (高溫熱液的花崗岩侵入体)	沙巴爾图依 (шабартуй) (外貝加尔区)	淺紫綠色, 結晶, 半透明	黃色	Eu ₍₃₎ Gd ₍₆₎ Tb ₍₆₎ Dy ₍₃₎	16
16	灰岩	奧拉赫瑪特 (Арахмат) (中亚細亞)	淺紫色, 結晶, 半透明	黃色	Eu ₍₃₎ Gd ₍₆₎ Tb ₍₆₎ Dy ₍₃₎	16
17	熱液交代, 估計与正长岩有关	同上	淺綠色, 結晶, 半透明	黃色	Eu ₍₃₎ Gd ₍₄₎ Tb ₍₆₎	16
18	花崗閃長岩, 熱液的	納烏加爾贊 (Наугазан) (中亚細亞)	无色, 結晶, 半透明	黃色	Sm ₍₂₎ Eu ₍₁₎ Gl ₍₄₎ Tb ₍₆₎ Dy ₍₃₎	16
19	花崗閃長岩, 熱液的	同上	綠色, 結晶, 不透明, 含銅	玫瑰紫色		1

18	大理岩化灰岩，低温热液的，碱性和霞石正长岩侵入体	西卡兹斯克 (中亚细亚)	白色，结晶性差，不透明	玫瑰紫色	5	Eu ₂ Gd ₃ Tb ₃ (散漫的谱线)	15
19	灰岩，低温热液的	庫里-依-科期 (Куль-У-Корго) (中亚细亚)	綠色，结晶，半透明	黃色	5	Eu ₂ Gd ₃ Tb ₃	15
	碱性侵入体和霞石正长岩侵入体	同 上	无色，结晶，透明	浅黄色	3	Eu ₂ Gd ₃ Tb ₃ Dy ₁	
	同 上	同 上	玫瑰色，结晶，半透明	玫瑰紫色	3	Eu ₂ Gd ₃ Tb ₃ (散漫的谱线)	
	同 上	同 上	暗紫色，结晶，半透明	浅紫色	3	Eu ₂ Gd ₃ Tb ₃	
20	灰岩和砂质黏土岩，低温热液的，辉绿岩侵入体	哈依达尔康 (Хайдаркан) (中亚细亚)	黑紫色，近于土状，不透明	黃色	4	Eu ₂ Gd ₃ Tb ₃	15
21	灰岩和分异斑岩	恰什雷 (Чашлы) (中亚细亚)	无色，结晶，半透明	黃色	5	Eu ₂ Gd ₃ Tb ₃ Dy ₁	15
	热液的，据推测与碱性岩石有关(?)	同 上	綠色，结晶，半透明	紫色	5	Sm ₂ ? Dy ₃	
	同 上	同 上	紫色，结晶，不透明	玫瑰紫色	4	Sm ₂ ?	
22	砂卡岩化灰岩和花岗岩最岩，热液的	十月矿脉 (中亚细亚)	无色，结晶，半透明	玫瑰黄色	5	Eu ₂ Gd ₃ Tb ₃	14
	据推测与碱性岩石有关(?)	同 上	綠色，结晶，半透明	紫红色	4	Eu ₂ Gd ₃ Tb ₃ (散漫的谱线)	
	同 上	同 上	紫色，结晶，不透明	紫色	4	Eu ₂ ? Tb ₃	
23	白云石，石膏，硬石膏夹层	泰麥尔矿床	无色，结晶，透明	浅紫色	4	Eu ₂ Gd ₃ Tb ₃ (散漫的谱线)	14

