

關於鈮的地球化學若干特性及鈮的礦化類型

A. H. 金茲堡

最近幾年來積累了大量的實際資料，因之有可能探討一下關於鈮在偉晶岩過程中生成的規律和鈮的礦化類型問題。由於在現有的文獻中，對這個問題存在不同的看法，同時也考慮到這些原理在普查找礦中所具有的實際意義，認為有必要簡短地闡明一下若干鈮及偉晶岩過程中生成的一般規律，而不累贅地列舉蘇聯某些礦床的實例。

鈮和鈳的地球化學特性是非常相似的，在各種礦物中經常一起出現，並且是地球化學中的典型共生元素。其二者 (Nb/Ta) 的比值在不同的環境下，在不同成分的岩漿及其派生的脈岩中顯著變化，這與地質作用的發展過程是分不開的。這就構成了此元素的地球化學特性之一。事實上，如果很好地來研究一下 K·拉克姆 (1944, 1949) 所寫的 Nb/Ta 在各種岩石中的比值，就可以在這點上使人信服。假如 Nb/Ta 的比值在花崗岩和閃長岩中將近 5 的話，那麼在正長岩中就已經是 15 了。而在標準的霞石正長岩中，這一比值達到了 387。在很多情況下，Nb/Ta 的比值可做為鹼性岩系列的花崗岩——鹼性花崗岩霞石正長岩類的標誌。

鈳的地球化學特徵與鈮的地球化學特徵最重要的區別，在於鈳聚集於霞石正長岩其派生的脈岩中，並且也富集於與花崗岩岩漿有關的岩漿期後的產物中。可是相當數量的鈮，僅僅富集於純偉晶岩帶中。由此就知道了許多與各種岩漿有關的鈳礦床成因類型（鈳鈳鈳礦，異性霞石正長岩，含有黃綠石的碳酸岩，含有黃綠石的霞石——正長岩和正長偉晶岩，含有鈳鐵金紅石的霞石正長偉晶岩，含有黃綠石或變生鈳鐵礦的交代鎂長岩，含有鈳鐵礦的鎂長石化的花崗岩，含有鈳鐵礦的花崗偉晶岩）。而對鈮來說直到現在我們只知道它的礦床工業成因類型——鎂長石化的花崗偉晶岩。

如果只從單一的酸性花崗岩漿的分異過程來研究鈳和鈮的歷史的話，那麼就需注意，鈮顯著的集聚在

偉晶岩過程的晚期，可是鈳分離出的範圍就相當廣泛。事實上，鈳多集聚在花崗岩的鎂石和鈳鐵礦中，但在少數情況下也最後出現在副礦物鈳鐵礦中（尼格里，德莊，巴屋勞，1954）。鈳被早期偉晶岩過程中分出的所有鈳礦物所俘虜；而構成鈮——鈳——鈳成分的共同組合（褐鈳鈳礦，鈳鈳礦——赫洛賓礦，里稀金礦——複稀金礦，雜鈳礦及其它等等），集中於斜長岩——微斜長石型的偉晶岩中，它也是偉晶岩發展過程中晚期產生的所有鈳鐵礦的組成部分。最後，鈳也集聚於氣成熱液礦床中（多半在雲英岩類型的鈳——鎢礦床中），在那里它加入了鈳鐵金紅石，鈳鈳礦的成分，而很少在鈳鐵礦中。同時在氣成作用中數量也不大。含鈮多的礦物在氣成熱液礦床中見不到。這樣，鈳比鈮析出的範圍就廣泛多了。

上面所指出的鈳和鈮的地球化學特性：一方面是由於 Nb 的克拉克值比 Ta 大很多（根據 K·拉克姆的材料，在火成岩中 Nb/Ta 的比值平均為 1.14），而另一方面鈮在週期表中的位置是出現在 Ti—Nb—W 對角綫類質同像系列之外，故鈳和鈳比鈮和鈳更具有共同性（B. B. 謝爾濱那 1952）。

鈮的礦化類型

衆所周知，鈮礦床的基本工業類型就是受交代作用（鎂長石化，雲英岩化，鈳雲母化）而變質很利害的花崗偉晶岩，在其中鈳和鈮多半聚集在鈳鐵礦——鈳鐵礦類礦物組中 $(Fe, Mn)(Nb, Ta)_2O_6$ ，其成分變化很大，從含有不多於 10% Ta_2O_5 的鈳鐵礦一直到含有 75~80% Ta_2O_5 的純鈳鐵礦。

在對分佈在世界各個不同地質區域里同一類型的花崗偉晶岩作比較時，如果注意一下的話，在同一地區里的礦床中，能遇見從鈳鐵礦到純鈳鐵礦的所有鈳鐵礦——鈳鐵礦系列的組成，而同時在與其完全類似的其它地區的礦床中，該類礦物里 Ta_2O_5 的最高含量都不超過 30% 或 40%。它的特點就是在同一地區成份

相類似的各種偉晶岩體中，鈳鐵礦——鉬鐵礦礦物組中 Ta_2O_5 的含量都是一樣。這樣，就可以肯定地劃分出富鉬和貧鉬的偉晶岩地區。為了正確的組織和有標誌地尋找鉬礦床，闡明並提供各種偉晶岩地區相同的地球化學的特性，是具有首要意義。

非常有趣，在鈳鐵礦中 Ta_2O_5 的含量不超過 5~8% 的貧鉬的花崗偉晶岩地區，一般多分佈在標準的鹼性岩地區並直接分佈在霞石正長岩侵入體的附近。例如：烏拉爾伊爾明山的偉晶岩，格陵蘭的偉晶岩和另外一些地區的偉晶岩。

富集有大量鉬的偉晶岩地區經常是與正常的微斜花崗岩，多半是與黑雲母花崗岩有關，照例含有一系列各種各樣的鉬礦物。這些礦物在偉晶岩演化過程中，彼此有規律地進行着交替。

鈳鐵礦——鉬鐵礦類的礦物在花崗偉晶岩中析出過程的間隔比較廣：這些礦物是各種各樣的，賦存於各種共生集合體中並具有特殊的特性。

可以把鉬鉍鐵礦類礦物分為以下較典型的各分類。

賦存於白雲母——綠柱石偉晶岩中的板狀鈳鐵礦

在許多被交替不太甚的黑電氣石——白雲母和綠柱石偉晶岩中除了很少的綠柱石晶體與其呈共生外，有時還能遇見鈳鐵礦的板狀晶體。鈳鐵礦的板狀晶體多半是與厚板狀習性有區別的，為一種延性很强的平面晶體。晶體最大為 3~4cm，很少達到 10cm，並且其寬度多從 3~5mm 到 1~2cm。晶面上經常遇有垂直的擦痕。常常利用的，發育最好的晶面為 $a(100)$ ， $b(010)$ ， $c(001)$ ， $m(110)$ 及 $e(021)$ ，沿晶面 $e(021)$ 常形成雙晶。礦物顏色是黑的，在薄片呈淡紅褐色。條痕為黑色，很少為綠黑色，比重從 5.5 到 6.0，很少超過 6.0。

根據化學成份來看該種類型的礦物為含有 10% 到 25% Ta_2O_5 的標準鈳鐵礦，且其所含的 Fe 多於 Mn。在強烈富含鉬的地區內 Ta_2O_5 在鈳鐵礦——鉬鐵礦中的含量有時增高到 30%，但很少超過 30%。對該類鈳鐵礦進行研究時需要磨製光片，並在其上用 HF 進行 5~30 分鐘的浸蝕，證明大部分的該類鈳鐵礦都具有出現帶狀結構的特徵。一般晶體的中心部分受侵蝕較快和容易些，而邊緣部分則很少侵蝕。這就證明晶體的邊緣部分比中心部份含有更多的 Ta_2O_5 。在某些含有 25~35% Ta_2O_5 的鈳鐵礦中進行 HF 的侵蝕時，

呈現出較不同的複雜構造：晶體由兩種組份形成，在這兩種組份中受 HF 侵蝕的組份（更富含 Nb_2O_5 ）形成了自形的顆粒，而富含 Ta_2O_5 的組份受破碎很利害和膠結的很緻密，並受弱微侵蝕（圖 1）。在另外的



圖 1 被鈳鐵礦鉬鐵礦系列中富含 Ta_2O_5 的組份（灰色）所填充。

用 HF 浸蝕五分鐘後的光片，不用上偏光鏡。放大 X 46

情況下可以很清楚的看出，鈳鐵礦的周圍受到了侵蝕，而在某種情況下順着裂縫浸透了沒有被侵蝕的鉬鐵礦（圖 2）。

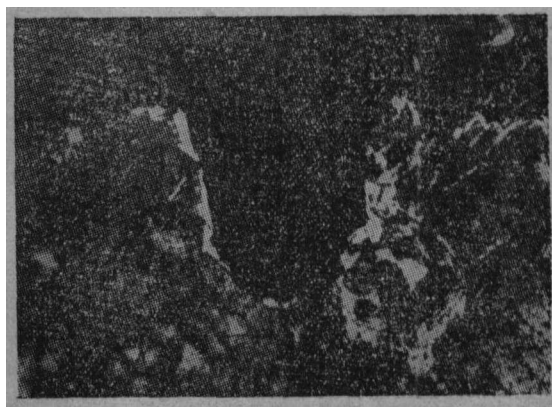


圖 2 鈳鐵礦（K）被沒有受侵蝕而順裂縫被浸透的鉬鐵礦（白色礦物 T）所包圍。

用 HF 浸蝕五分鐘後的光片，不用上偏光鏡。放大 X 46

板狀鈳鐵礦經常出現在葉片狀白雲母，晶體較大的綠柱石一起的偉晶岩相或脈的塊體帶中，並經常伴生有曲晶石；或經常出現在塊狀石英中，有時與此種石英在一起呈膠結狀和破碎狀。這些較早期晶體的出現與岩脈中鈉長石化或雲英岩化的發展之間還看不出有什麼直接關係。在這種情況下當鈳鐵礦的板狀晶體

位於鈉長石中時經常呈破裂狀。破碎狀以及沿裂縫充填有鈉長石，這樣無疑地就可確定其生成較鈉長石為早。

板狀鈳鐵礦的晶體具有不同程度的放射性。其活潑性或取決於其中的瀝青鈳鐵礦的最小機械包裹體，少量的瀝青鈳鐵礦可用放射性（X光）照像的方法來鑑定；或取決於曲晶石（註1）的包裹體；或非常少的磷鈳鐵礦。由於這一特性當鈳鐵礦的晶體位於石英中時，石英一般呈暗褐色，近於黑色。

賦存於鈉長石化的偉晶岩中的葉片狀鈳鐵礦

在鈉長石化很劇烈的偉晶岩中，由葉片狀的鈉長石——葉鈉長石，或中粒鈉長石組成的地段，經常可以見到細小的葉片狀鈳鐵礦。根據其外形來看是與上述的厚板狀晶體有所不同的。這些晶體的大小經常依賴於葉片狀鈉長石的大小。在葉鈉長石的集合體中，葉片狀鈳鐵礦的長度達到5~8cm甚至達到10cm，在中粒鈉長石中葉片狀鈳鐵礦一般不超過0.5~1cm，而在糖晶狀的鈉長石中其晶體更小。該種類型的鈳鐵礦在(010)晶面上經常呈非常薄的葉片狀，此葉片的厚度不超過1mm。這樣薄的葉片經常在葉鈉長石中呈放射狀，像“太陽光”，有時呈極彎曲狀和他形。礦物為黑色，比重變化範圍與厚板狀鈳鐵礦一樣。根據其成分當為含 Ta_2O_5 10%~30%的標準鈳鐵礦的變種。在其中MnO的含量一般較板狀鈳鐵礦多些，並近於FeO的含量。在顯微鏡下研究鈳鐵礦的這種差別，借助於HF對光片的浸蝕，在其上會出現廣泛發展的帶狀構造。

葉片狀鈳鐵礦經常是在與曲晶石，綠色電氣石，錳石，錳鋁榴石，錳磷灰石，細粒的Na—Li——綠柱石和錳藍鐵礦共生的脈體的鈉長石化部份出現。在葉片狀鈳鐵礦周圍有許多曲晶石的晶粒。葉片狀鈳鐵礦與板狀鈳鐵礦呈漸變關係，由於它們具備有許多過渡成份，所以時常不能把它們區分開。

賦存於鈉長石化的偉晶岩中的鈳鐵礦——鉬鐵礦

含 Ta_2O_5 35~55%類的鈳鐵礦——鉬鐵礦系列的礦物，往往在成因上是與交替作用有關，並且經常出現在偉晶岩中；茲將它們各種晶體形狀最大的不同和其基本特性分述如下：

1. 這些礦物的顏色一般為黃褐——黑色，條痕

較淡，或呈綠——黑色，或呈黃褐色。

2. MnO的含量多半等於FeO的含量，或者略微高一點。

3. 晶體非常大，重量有時能達到幾公斤；晶形經常是不規整的，在個別情況下晶體很完整並發育有不同的晶石(010)，(201)，(111)，(131)，(001)。晶體呈典型針狀或窄葉片狀，並經常呈放射狀出現。

4. 所有鈳鐵礦——鉬鐵礦非常脆並具有非常典型的藍色和雜色的色暈，此種色暈在標準的鈳鐵礦中很少見。

5. 這些礦物在做HF的侵蝕時所呈現出的最大的特性，就是它的不均質性。顯微鏡下研究的結果使得我們知道這些礦物最少是三種成份組成的：

① 感受侵蝕很靈敏和很快的成份（鈳鐵礦），在做完侵蝕後幾乎呈黑色。

② 感受侵蝕不靈敏和不快的成份，在做完侵蝕後薄片呈灰色（鈳鐵礦——鉬鐵礦系列中的成份）。

③ 完全不起侵蝕反應的成分，具有很強的反射力，呈帶有紅色內反射的薔薇色（錳鉬鐵礦）。

均質的鈳鐵礦——鉬鐵礦的外部品質多半是由成份②組成，具有非常明顯的帶狀構造並且在個別情形下具有雙晶結構。在具有該種成份的晶體經常可見到侵蝕反應很靈敏的成份①的細小碎屑（像鈳鐵礦），這些細小碎屑破碎的很利害，且有時被成份②所交替。該兩種成份（①和②）也被細脈所侵染和標準錳鉬鐵礦所溶蝕（成份③）。在大多數情況下錳鉬鐵礦多圍繞具有成份②的晶體同時沿裂隙有強烈的浸染，並交替它。（圖3，4）。

由許多延長很長、帶狀構造的結晶良好而又平行

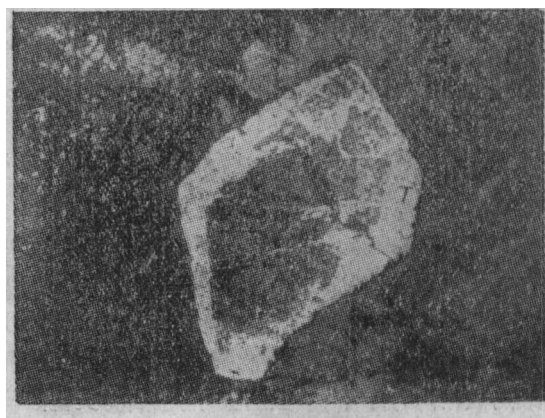


圖3 鈳鐵礦——鉬鐵礦的環狀晶體。鉬鐵礦（T）圍繞並交替鈳鐵礦。用HF浸蝕五分鐘後的光片，不用上偏光鏡。放大X46



圖 4 鉬鐵礦——鋇鐵礦的環狀晶體。賦存在鋇鐵礦中的兩個對稱的鉬鐵礦晶體，該鉬鐵礦圍繞和浸染在鉬鐵礦晶體的裂隙中。用 HF 浸蝕一分鐘的後的光片，不用上偏光鏡。放大 X46

排列的結核體所組成的標準針狀鋇鐵礦具有另一種構造。每一個“針狀”體中心部分都是由侵蝕很利害的成份①——鉬鐵礦所組成，而邊緣部分則是由錳鋇鐵礦所組成（成份②）。在許多針狀鉬鐵礦中心部分被錳鋇鐵礦溶蝕得非常利害（圖 5）。

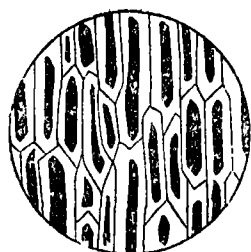


圖 5 針狀的鉬鐵礦——鋇鐵礦。順一方方向延伸的鉬鐵礦針狀體（黑色的），被錳鋇鐵礦（白色的）所包圍。用 HF 浸蝕十分鐘後光片的素描。

6. 鉬錳鐵礦一般都是與鈉長石，晚期的綠色的含鋇白雲母，晚期的微斜長石，錫石，Na—Li 綠柱石，錳磷灰石及其它一些礦物共生。鉬鐵礦——鋇鐵礦經常與錫石共生並在其中見有錫石的機械包裹體。

賦存於鈉長石化的和雲英岩化的偉晶岩中的鉬鐵礦

由鈉長石的集合體和晚期的綠色含鋇白雲母的鱗片所組成的特殊的“鈉長石——雲英岩”內鉬富集的地區中，有時出現鉬鐵礦的特殊包裹體，其晶體大小很少超過 3~5mm。這些鉬鐵礦的晶形非常特殊，呈鏢狀，其晶體習性為雙錐狀，晶體表面不平滑；在晶

體中經常見有白雲母，鈉長石，石英，錫石，曲晶石的包裹體。礦物的顏色為黑色，在薄片呈紅色並具有微弱的多色性；比重為 7.0 到 8.0。根據其成分此種礦物為含有 75~78% Ta_2O_5 的標準鉬鐵礦，且其中 MnO 比 FeO 多。照例，含大量 Ta_2O_5 的鉬鐵礦是均質的並且對 HF 不起侵蝕反應。同樣的鏢狀的鉬鐵礦也經常與鈉長石，晚期的綠色白雲母，錫石，Na—Li—綠柱石，曲晶石，少數情況下和鈦鉬鐵礦細晶石共生。

賦存於鈉長石化鋇偉晶岩中的鉬鐵礦

位於鉬較富集地區內的鈉長石化鋇偉晶岩中，常可見晚期分出的鉬鐵礦。鉬鐵礦幾乎不含鐵並呈紅褐色，淡褐色或紅色。某些錳鉬鐵礦呈紅色，其條痕經常是褐色，紅褐色，有時呈淡褐色。晶形經常是不完整的，晶體非常大。在顯微鏡下礦物透明並具褐紅色或暗紅色；強烈的多色性，顏色非常不均一，個別地方顏色非常淡；這樣的地方，為由暗紅色沿 Ng 方向到橙黃色沿 Np 方向。二軸晶正光性（+）色散很強 $r < v$ 。在顯微鏡下薄片可見錫石，曲晶石，鉬鐵礦，細晶石的包裹體。有時交替鉬鐵礦，鉬鉍鐵礦，細晶石。在某些情況下最後出現在錳鉬鐵礦和磷灰石的接觸綫上。錳鉬鐵礦經常與鈉長石，鋇雲母，紅電氣石，錫石，鉬鉍鐵礦，鉬鐵礦，鉬錳鐵礦，紅綠柱石及其它岩石共生。

賦存於鋇偉晶岩中的細晶石

分佈於富鉬地區內的許多鋇偉晶岩在發展的晚期階段，可以在很大範圍內出現特別的不含 Fe 和 Mn 的鉬礦物——鉬錳鐵礦，鉬鉍鐵礦，鉬鐵礦（鉬鐵礦），六方鉬鉍石，細晶石。這些礦物經常在鋇雲母偉晶岩與鋇雲母中，具有薔薇色和多色性的電氣石，Li—鉬綠柱石（紅綠柱石），鉬榴石，磷鉍石以及鋇雲母交代集合體的其他礦物共生。鉬鐵礦經常發育在鉬鐵礦內並且部份含有若干數量的鉍。鉬鐵礦僅僅出現在富集鉬的地區；當沒有鉍時，代替它產生的為鉬鉍鐵礦。一般都認為，鉍僅僅是熱液作用的特徵元素，而在偉晶岩中見不到。但是當研究世界各地的鉬偉晶岩時必須承認，鉬鉍鐵礦並不是什麼唯一非常稀罕的東西，而是鋇雲母交代集合體的典型礦物（A. H. 金茲堡，1955）。

在上述各種鉬礦物中最有實際意義的就是細晶石，它比其它礦物晶出的要晚一些，一般多出現在裂

隙中並且強烈地交替其它礦物。我們已經指出錳鉍鐵礦被細晶石交代的事實；在大多數情況下，細晶石多充填在鉍鐵礦的裂隙中，有時圍繞它形成一種環狀構造（圖6）。E. И. 科賓謝爾（1945）所寫的鈦鉍鐵礦被細晶石交替而產生“細晶石”的現象一樣，其實是細晶石的假象出現在含有自然鉍的鈦鉍鐵礦中（O. 奧得曼，1941；И. 科賓謝爾，1945與此同樣的現象作者在所研究過的一個礦尾內曾見到過。早期鉍礦物被細晶石交替的現象分佈這樣的廣，甚至可以說是細晶石化的特殊作用。由於這一作用發展的結果形成了所謂鈣鉍鐵礦，第一次記載是 E. 西普霜，他是在長期研究鉍鐵礦和細晶石的機械混合物的情況下發現的，在某些細晶石中很有趣的出現有 Sb 和 Bi 的類質同像混入物，這可能解釋為在細晶石 $(Na, Ca)_2 Ta_2O_6 (OH, F)$ ——鈉鉍鈣石 $(Na, Ca)_2 Sb_2O_6 (OH, F)$ 系列中有類質同像所致。



圖 6 在錳鉍鐵礦晶體周圍出現的細晶石 (M)。薄片不用上偏光鏡放大 X80

在雲母發育的地區內有大量的細晶石出現是一種很特殊的現象。這種現象是由於：在作用快結束時鉍的聚集，在作用的晚期階段 Fe 和 Mn 微量的富集，由於早期生成的含鈣礦物的溶解所造成的鈣作用的增大（A. И. 金茲堡，1955），包含在雲母，磷鉍石，磷灰石和細晶石中的氟成份的大量存在所造成。

從上述對某些常見的鈦鐵礦——鉍鐵礦類和其它一些鉍礦物類的礦物簡短描述中，可以做出下述關於鉍在偉晶岩作用中生成的討論。

1. 除最早期的板狀鈣礦外，所有被研究過的鉍礦物，在成因上都與在偉晶岩體形成的晚期階段獲得廣泛分佈的交代作用，即鈉長石化，雲英岩化和雲母化有關。這些作用在花崗偉晶岩中廣泛的發育是進行普查——勘探工作時最好的找礦標誌，這已在實際工作中證實是完全正確的。

鉍礦石賦存情況和偉晶岩體分異程度之間，沒有很嚴格的有規律的聯系。鉍礦物可以在鈉長石化很利害的中粒偉晶岩中見到，也可以在鈉長石化很利害的塊狀或完全分異的偉晶岩中出現。

2. 在偉晶岩演化過程中發生明顯的鉍的聚積。在世界上大多數的偉晶岩地區內可以見到以下的規律：越是晚期生成的鈦鐵礦——鉍鐵礦類的礦物中 Ta_2O_5 的含量越多。在富鉍地區內的偉晶岩中晚期形成鉍鐵礦，鈦鉍鐵礦，六方鉍鉍石和細晶石，而在缺少鉍的地區內的偉晶岩中則在作用的晚期階段生成鈦鐵礦——鉍鐵礦的，有時為鈦細晶石。

大家都知道，A. E. 費爾斯曼指出鉍鐵礦是高溫生成的並且比鈦鐵礦形成的要早一些，這是錯誤的並且是經不住批評的。所有現存的事實材料正好說明鉍鐵礦和鈦鐵礦間的相反情況，所有這些情況已經在這篇文章中指出來了（A. И. 金茲堡，1955）。

3. 由於鈦鐵礦——鉍鐵礦類礦物成分變化很大，並具有過渡性質的成份，直到最近根據從鈦鐵礦到鉍鐵礦之間不同的化學分析資料才認為在鈦鐵礦 $(Fe, Mn) (Nb, Ta)_2 O_6$ 和鉍鐵礦 $(Mn, Fe) (Ta, Nb)_2 O_6$ 之間存在着連續的類質同像系列（A. И. 金茲堡，1946；B. 庫茲涅佐夫，1947）。進行不同成份鈦鐵礦——鉍鐵礦的礦相學研究，迫使我們非常謹慎地對待其為同族的結論。如上所述，研究過的，含 Ta_2O_5 30~65% 的中間成份的鈦鐵礦——鉍鐵礦原來是某些 Ta_2O_5 含量彼此不同的成份的機械混入物。這些成分之間的複雜關係，鈦鐵礦被鉍鐵礦包圍和交替的現象經常可以在本系列中部的成員中見到，這樣就是可以推斷在該處存在着不調協的混合現象。必須經常記住，這些較複雜的組成，根據化學分析是不能夠制斷出其真正成份來的。因為在大多數情況下都是對某些礦物的機械混合物進行分析，所以這種分析往往只能指出某一種礦物的一般成分。

4. 在偉晶岩作用發展當中，鈦鐵礦——鉍鐵礦類礦物內 Fe 和 Mn 比值的變化是有規律的。在鈦鐵礦中經常是 $Fe > Mn$ ，在晚期的鈦鐵礦中 $Fe \approx Mn$ ，在鈦鐵礦——鉍鐵礦中 $Fe \approx Mn$ 或 $Fe < Mn$ 。而在鉍鐵礦中經常是 Mn 多於 Fe 。其相似的規律性取決於 Fe 和 Mn 在偉晶岩作用發展過程中的地球化學特徵（A. E. 費爾斯曼；A. И. 金茲堡）。根據這一規律性，按照 Fe 和 Mn 在鈦鐵礦——鉍鐵礦中的比值可以說明該系列礦床生成的時間。因此，按照鈦鐵礦——鉍鐵礦中 Mn 含量的增長有規律地改變着這些礦物的條痕（從黑色到褐黑色，褐色，紅褐色和淺黃紅色），在其中也有規律地增加着 Ta_2O_5 的含量。這樣對該系列礦床（註2）來說就可以根據其礦物的條痕粗略地

塊狀或完全分異的偉晶岩中出現。

鑑定出其中 Ta_2O_5 的含量。例如在巴西鉬精礦的收購價格，有時就是根據礦物的條痕顏色來決定的。

5. 如早已指出那樣 (A. II. 金茲堡)，鉬鐵礦——鉬鐵礦類礦物中典型的雜質就是 SnO_2 , UO_2 , ThO_2 , TiO_2 , ZrO_2 , WO_3 ，以至於 CaO , MgO , V_2O_5 和 TR_2O_3 。這樣自然就會提出一個問題，這些雜質是以什麼形態加入到鉬鐵礦——鉬鐵礦成份中去的呢？關於 SnO_2 加入到鉬鐵礦——鉬鐵礦中的形態問題，在 B. II. 庫茲涅佐夫的工作中說明，存在着一些不同的觀點。毫無疑問，在 K. 阿瑪爾克 (1941) 和最近幾年來進行礦相研究的論文發表以後，用不着再提關於錫石——鉬鐵礦成廣泛的類質同像系列的說法。這是因為在所有 SnO_2 在鉬鐵礦——鉬鐵礦中含量很大的情況下，用顯微鏡研究這些礦物都可以得出錫石在其中呈顯微包裹體存在的結論。

B. II. 庫茲涅佐夫所提出的關於 SnO_2 , Nb_2O_5 和 Ta_2O_5 在這些礦物中的含量和其總數的資料，絕不能證實在錫石——鉬鐵礦類中有類質同像存在。考慮到它們不同的構造，這種類質同像也很難得到理論上的證明。但紐哈維士和諾爾 (A. Newhays, W. Noll) 注意到錫石和重鉬鐵礦，錫石和鉍鉬鐵礦或鉍鉬金紅石都有同構性，故很快的得出結論說，類質同像是在很小範圍內存在着的。

根據錫石和重鉬鐵礦的同構性及其參數的非常相近性 (錫石 $a_0 = 4.72 \text{ \AA}$ ；正方鉬鐵礦——重鉬鐵礦 $a_0 = 4.71 - 4.74 \text{ \AA}$ ；正方鉬鐵礦——重鉬鐵礦的 Co 大概比錫石的 Co 大三倍)，考慮到在這兩種礦物之間是否有趨向性的共生存在，這種現象在事實上看來還是存在着的。為此就需要援引一下 H. Φ. 戈利高爾耶夫和 E. II. 杜洛曼諾娃的非常有意思的工作，他們令人信服地證實在偉晶岩體中所有錫石內，都賦存有鉬鐵礦——鉬鐵礦類礦物的微小包裹體常常很有規律地分佈在錫石較發育的晶面上並使錫石呈現黑色。

所敘述的這些資料使得認真地慎重地懷疑錫石和鉬鐵礦——鉬鐵礦在很大範圍內成類質同像混合存在的可能性。在一些鉬鐵礦和鉬鐵礦中賦存有鉍，由於他們活潑性的增大，顯然說明鉍不是呈類質同像加入到鉬鐵礦的晶格當中的。在用放射性照像研究鉬鐵礦——鉬鐵礦時，能常見到有瀝青鉍礦，磷鉍鐵礦，曲晶石和細晶石的細小機械包裹體。在此類礦物中 ZrO_2 的含量較大正好說明在 Zr 和 Nb 之間沒有類質同像。有些錯石或曲晶石的機械包裹體經常和鉬鐵礦——鉬鐵礦共生。至於 TiO_2 的混入物，可能說明鈦

呈類質同像加入到鉬鐵礦——鉬鐵礦晶格中去。這是由於和板鈦礦有等構造性的原故 (Co 值在板鈦礦中與鉬鐵礦中完全一樣)。但是在某些礦床中發現鉬鐵礦與鈦鉬鐵礦緊密的共生，要想把它們區分開實際上是不可可能的。只有在分解鉬鐵礦與鈦鉬鐵礦共生體時才有可能。

6. 現在關於在偉晶岩中與鉬鐵礦或鉬鐵礦同時出現它們的正方變體 (正方鉬鐵礦——重鉬鐵礦) 的原因以及關於鉬鐵礦與重鉬鐵礦間的對比關係問題還完全沒有進行研究。非常有意思的是在比克得，再羅金茲亞地區的偉晶岩中 (A. M. 馬克——哥利戈爾) 以及在蔭列諾斯，熱拉斯的明納斯，巴西地區的偉晶岩中 (B. 弗洛林索) 最初發現了 $MnTa_2O_6$ 的正方變體，稱之為 Альварит。很自然地就要在 TiO_2 和 $(Fe, Mn)(Nb, Ta)_2O_6$ 的各種同質異像變體之間引起一定的相似現象。

	TiO_2	$(Fe, Mn)(Nb, Ta)_2O_6$
正方變形	金紅石	正方鉬鐵礦——重鉬鐵礦
斜方變形	板鈦礦	鉍鉬鐵礦
單斜變形		Альварит

7. 在偉晶岩作用發育的過程中鉬礦物 (在富鉬的偉晶岩地區內) 生成的正常次序如下：

鉬鐵礦	$(Fe, Mn)(Nb, Ta)_2O_6$
鉬鐵礦——鉬鐵礦	$(Fe, Mn)(Nb, Ta)_2O_6$
鉬鐵礦	$(Mn, Fe)(Ta, Nb)_2O_6$
鉍鉬鐵礦	$MnTa_2O_6$
鉍鉬鐵礦	$SnTa_2O_7$
鉍鉬鐵礦	$BiTaO_4$
鉍鉬鐵礦	$SbTaO_4$
六方鉍鉬石	$AlTaO_4$
細晶石	$(Ca, Na)_2Ta_2O_7(OH, F)^4$

鉍鉬鐵礦，鉍鉬鐵礦和鉍鉬鐵礦之間的相互關係在這個系列中並不十分明顯，這些礦物大致是在同一時期生成的。

很明顯，早期富含鐵的鉬鐵礦到後來被鉍鉬鐵礦所代替，是完全自然的，因為鐵的富集是根據其發展過程有規律地降低着，而鉍的富集是逐漸增長 (在鉍長石化發育的時期內達到了最高程度)，嗣後則急劇下降。在這種情況下代替鉍鐵礦的鉍的是 $SnO_2 \cdot Ta_2O_5$, $Sb_2O_3 \cdot Ta_2O_5$ 和 $Bi_2O_3 \cdot Ta_2O_5$ 類的化合物。有趣的是 Sb_2O_3 在所有鉍鉬鐵礦中的含量經常很大，它提供了關於在 $SnTaO_7 - Sb_2Ta_2O_7$ 系列中存在着類

(下轉 20 頁)

所引起的測量相對誤差不大於 1/100。而使用的測繩愈短，誤差就要更小一些。

此外，由於測繩兩端在地面投影的位置不準確，測繩本身伸長或縮短，和讀數不可靠也能產生誤差，這需要工作中經常注意用校正來避免。

總據上述，測繩改正器法是能達到 1/100 或更高的精度的。為保證測量質量應該：

- 1) 依照第一節要求檢查測繩改正器
- 2) 使用測繩長度不超過 70m
- 3) 測繩重量每米小於 3 市斤
- 4) 用力將測繩拉直（拉力 70 斤以上）
- 5) 每天校準測繩長度早晚一次
- 6) 測量時測繩兩端在地面上的投影位置正確。（即測點位置正確）
- 7) 讀數可靠

（上接 17 頁）

質同像的根據（Г. И. 巴爾霜諾夫和 А. И. 金茲堡）。同時在 $\text{Sb}_2\text{Ta}_2\text{O}_3$ 和 $\text{Bi}_2\text{Ta}_2\text{O}_3$ 之間有類質同像現象已經很久就都曉得了，因此也就提不出什麼反對意見。

在某些情況下當重金屬中的陽離子消耗殆盡時在其最後階段將發生組成六方鋇鉍石的 Al_2O_3 和 Ta_2O_3 的特殊化合物。最後，細晶石為最晚期的鉍礦物，在鉍雲母的集合體中呈微小的八面體出現，並且有時也賦存於鉍鐵礦，鉍鉍鎢礦和六方鉍鉍石中（А. М. 馬克——哥利戈爾）。這些晚期的細晶石有時含 U, TR, Sb, Bi 並且在各種文獻中經常以不同的名字出

現（黃綠石，鉍鉍鉍礦及其它等等）。
四、測繩改正器法的優點是（1）操作簡單，可以訓練工友來操作，節約技術力量。（2）效率高，根據過去情況，一個改正器兩個工作人員，中等地形每天能打 300 測點（20 米點距），上等地形每天能打 600 測點（10 米點距）。（3）成本低，經濟，每一個改正器價值不超過十元。（4）能達到一定精度。（相當於視距精度）

其缺點則在於勘探網測量時，沒有預先用徑緯儀打出的方向綫，便無法工作，多了一道工序。同時徑緯儀如果祇用來打方向綫，未免大材小用，並不合算。因此建議設計一簡單的方向儀來代替徑緯儀配合測繩改正器工作。

我隊於 53 年開始使用此種儀器打勘探綫，經驗證明用徑緯儀視距提高效率 50% 同時能節省部份徑緯儀及測量幹部

現（黃綠石，鉍鉍鉍礦及其它等等）。

- 註： 1. 在曲晶石中經常含有一些鉍。
2. 這一規律性僅在富鉍地區才有。如果在偉晶岩中鉍的含量少一些的話，那在作用的晚期可能形成鉍鉍鐵礦。

參考文獻從略

王洛甲譯自蘇聯科學院地球化學 1956 年，第三期。

本文承中國科學院于津生同志詳細審校，特此致謝。——編者

簡 訊

地質局於二月二十五日在北京召開了第一屆機械動力工作會議。

參加這次會議的有各分局，修配廠及部分勘探隊的機械動力工作負責同志及有關工程技術人員共 50 餘人。

這次會議總結了兩年來地質勘探部門探礦機械的維護檢修和修配加工的工作，佈置了 1957 年的工作任務。與會代表就兩年來的機械動力工作的情況，進行了總結檢查，並對當前工作中存在與急待解決的問題展開了討論，提出了具體的解決措施。

會議期間，地質部蘇聯機械專家巴拉巴同志曾就地質勘探部門機械動力工作的開展，以及目前世界各國在探礦機械技術方面的成就和發展情況作了報告。