金屬礦物中分散元素分散情況簡介

蘇聯專家 O·B·依万諾夫

近幾年來由于各工業部門迅速的發展，無線電技術，火箭製造、精密儀器製造、核技術、冶金等，對於具有極高物理性能的稀有和分散元素的需要就日漸增多了。這些元素的应用範圍和消費是與年俱增的。為了保證這種需要，就要建立適當的原料基地。

近幾年來的工作經驗證明，很多的分散元素多少與有色和稀有金屬礦床的一定的礦物有關，因此就有更集中的研究這些礦床的礦石分佈情形的可能性了。

為了易于進行發現分散元素的原料資源的工作，茲將各種有益礦物的礦石某些元素的賦存形狀和含量作如下的簡短介紹。

釷、錒、鈾。這些金屬屬於典型的分散元素，廣泛地分佈在自然界中，但是數量極少。前兩種元素在自然界中現在還未發現有單獨的礦物，後一種元素形成下列幾種礦物：輝鉍鈾礦 $Tl(AsSb)_3S_5$ ，紅鉍鈾 $TlAsS_2$ ，硫鉍鈾鋁礦 $(Cu,AgTl)_2S \cdot Pbs \cdot 2As_2S_3$ ，硒鉍銀銅礦 $(Cu,Ag,Tl)_2Se$ ，這些礦物極少發現，並且沒有什麼工業意義。這三種元素的主要物質是分散狀的類質同像混合物，賦存於或多或少有實際意義的礦物里。

由於釷和鋁、鐵的地球化學性質相近似，它賦存在鋁土礦和鋁矽酸鹽類中，如長石、电气石、白云母、黑云母、絹云母、鎳云母、鐵鎳云母。賦存在硫化物中，如閃鋅礦、方鉛礦（少有）、黃銅礦、黃鐵礦、鎂石 Cu_3GeS_4 鎳輝石、錫石（少有）和磁鐵礦（少有）。在煤里也有釷的賦存，它在灰燼中含量達 0.1%。釷在閃鋅礦內的含量很少超過幾十分之一，但已知閃鋅礦含釷在 0.23% 以下。其他的硫化物所含的釷比閃鋅礦稍微低些。生產鋁和鎂的尾礦是獲得釷的主要來源。

鈾主要是聚集在硫化物內（閃鋅礦、黃銅礦、黃鐵礦），也同樣聚集在鉛和鎂的含硫黃錫砂及含硫鋁酸鹽內。鈾賦存在錫石、黑鎳礦、鈣鉍礦、輝鉍礦、黃鉍鐵礦、菱錳礦和斑銅礦等礦物內。在同柱錳礦 $Pb_3Sb_2Sn_6S_{12}$ 和輝鉍錳鉛礦內鈾的含量最高。在個別情況下，鈾的含量在硫化物中達 2.8%，而在大多數情況下，其含量只在 0.001%—0.1% 之間。獲得鈾

的主要來源是多金屬礦石（鋅精礦）。

除了鉍礦物外，鉍還呈分散狀的類質同像雜質賦存在長石、云母、鉍榴石等礦物中替代鉀和鈉；在硫化物內如方鉛礦、閃鋅礦、白鐵礦、輝鉍礦、黃鐵礦和黃銅礦；在鋁礦物內如鉍鋁礦和鉍錳礦。最高的富集（0.5—1% 以內）是在硫化物內，其餘的含量則很少鉍的富集。

硒和碲。這兩種礦物形成了大量的單獨礦物並呈分散狀的類質同像雜質出現。

含碲最普遍的礦物	含碲最普遍的礦物	含硒最普遍的礦物
輝鉍碲礦 Bi_2TeS	碲鉛礦 $PbSe$	碲鉛礦 $PbSe$
碲金礦 $AuTe$	碲鉍礦 $Bi_2(Se,S)_2$	碲鉍礦 $Bi_2(Se,S)_2$
碲銀礦 Ag_2Te	碲銀礦 Ag_2Se	碲銀礦 Ag_2Se
碲金銀礦 $(AgAu)_2Te$	碲鎳礦 $(Ni,Cu,Pb)_2S_2$	碲鎳礦 $(Ni,Cu,Pb)_2S_2$
碲鉛礦 $PbTe$	碲銅礦 $CuSe$	碲銅礦 $CuSe$
葉碲礦 $Au(PLSbTe)_6(FeS)_{11}$	碲銅銀礦 $AgCuSe$	碲銅銀礦 $AgCuSe$
針碲銀金礦 $AuAgTe_4$		
碲鉍礦 Bi_2Te_3		
碲鉍礦 $Bi_{4-1x}Te_{1+x}S_2$		

硒和碲的類質同像取決於與硫的親和力，所以硒和碲常富集於鐵、銅、鋅、鉛和鉍的硫化物以及自然硫中。已經証實了在黃銅礦、黃鐵礦和毒砂中硒的含量達 0.05%，碲—0.05%；在方鉛礦和輝鉍礦中硒的含量達 0.05%，而碲的含量卻很大，在 0.5% 以下。已發現硒和碲賦存於輝鉍礦、硫鉍礦、輝鉍礦和含金礦石中。硒和碲的單獨礦物目前還沒有單獨工業價值，並且它們是在硫化礦石加工的同時附帶取得的。

銻。在自然界中經常發現銻（但其數量很少），它形成幾種單獨礦物。銻經常呈類質同像的雜質滲入於鋁矽酸鹽類（長石、石榴石、云母），硫化物（閃鋅礦）和含硫酸鹽內。以下為已知的最富集的銻礦物：硫銀銻礦 Ag_3GeS_6 ，銻石 Cu_3GeS_4 ，硫銻鐵銅礦 $(CuFe)_8(FeGeZnSn)(S,As)_4$ 。這些礦物發現較少，同時它們聚集最多的以現在來說祇有特蘇麥勃（非洲）礦

床。因此这些礦物可作为鋳的第二來源。獲得鋳的主要原料是鋳精礦，其中鋳的含量達0.1%，有时可達0.3%，以及煉焦煤和動力煤加工的產物。

鏷。現在已知鏷元素沒有形成單獨礦物，它主要富集於輝鉍礦內。根据已有材料，鏷賦存於鈣鐵礦、鉍鐵礦、矽鉍鉍礦、鉍鉍石和鉛鉛石內。現在獲得鏷的來源是輝鉍礦精礦。鏷在輝鉍礦的含量達0.05%。並且鉍鉍礦的精礦所含的數量，要比其他礦床精礦所含的數量多，例如，偉晶脉的鉍精礦含量為0.000N%，矽矽岩和綜合石英脉鉍鉍礦床的鉍精礦為0.00N%，而鉍鉍礦床的鉍精礦所含的鏷達0.0N%。

釷。这种元素除了釷鉍石 (Sc. Y)₂Ti₂O₇，鉍鉍石礦物外，幾乎沒有形成單獨礦物。並呈類質同像雜質賦存在黑鉍礦、錫石、矽鉍鉍礦、鈣鉍礦、綠柱石、褐鉍石和雜鈣礦以及某些鋁矽酸鹽類造岩礦物中。目前祇知道一个釷鉍石 (馬達加斯加) 工業礦床。

釷的含量在黑鉍礦內達0.58%，在錫石內達0.20%。現在釷的來源除了釷鉍石外是錫石精礦，从加工黑鉍礦精礦提取釷。

銻和鉛。銻組成大量的單獨礦物，其中一部份具工業意义。鉛在自然界中分佈極少，並不呈單獨礦物出現，实际上它是銻的固定伴生物，在很多的銻礦物中呈類質同像状态。目前銻的主要工業來源為銻石和斜銻石 Zr O₂，的礦物。此外，異性石 (Na Ca)₂Zr Ti₂ O₁₇ (O, OH, Co) 和負異性石亦可作为原料，但其中銻的含量極貧。

銻作為雜質存在於某些鋁矽酸鹽類造岩礦物中，但這種雜質沒有工業意义。銻礦物幾乎經常含有鉛的雜質，同时銻礦物的一些变种所含的鉛達16% (鉛銻石)。所以在進行銻礦床的地質勘探工作时，希望了解混入物——鉛的含量。因为这种元素在原子技術中，對於用作結構金屬的銻來說是一種有害的雜質。目前對鉛的最低工業含量还未確定，因为含量不多的鉛是在精礦加工过程中附帶取得的。氧化銻的最小工業含量大約為0.4%，而且根据具体礦床的經濟条件不同其含量有極大的变化。

鉍和鉍。鉍沒有形成的單獨礦物，而鉍除了分散状态外，还賦存在下列二种礦物內：鉍榴石 Cs₄ NaAl₃ Si₁₁ O₃₂ 和 鉍鉍礦 KNaLi₄ Al₄ Be₃ B₁₀ O₁₇。後者很稀少也沒有工業意义。这两种元素經常賦存於礦水內，此外呈類質同像状态賦存於鉍富集的鋁矽酸鹽類成份中。鉍賦存在綠柱石內，其含量達3.6%。鉍和

鉍的工業礦物為鉍榴石，光鹵石 (鉍)，鐵鏷云母和鏷云母。其他有工業價值的礦物至今还没有提出來。

鈦和稀土。獲得鈦和稀土的主要來源是形成矽酸鹽的獨居石 (Ce, La, Th, Ca) (PO₄, SiO₂, SO₄)、鈦鉍鈣鉍礦、氟矽鉍礦、矽鉍鉍礦、褐鉍鉍礦、黑稀金礦和鈣鉍礦等礦床。尽管这两种元素滲入于許多其他礦物成份內，但这些礦物並未大量發現。当查明矽鉍石 (Ce, Y, PrNd)₂ Si₂ O₇ · H₂ O 有相當大的堆積時是具有实际意义的。

从以上对分散元素所具有的形态的簡短說明就可看出，它們有的有單獨礦物，有的無單獨礦物，但除了極少數外，都不能組成工業堆積。所以獲得这些元素的來源是一些礦物的精礦，这些元素就在这些礦物中，呈類質同像的混入物進入礦物“礦物主”的晶格架內。研究分散元素的主要任务之一就是闡明它們在金屬礦物中的含量，而这些礦物是在加工处理稀有金屬和多金屬礦石的过程中形成的精礦。目前对各种礦石、礦物和精礦中分散元素的工業含量，还没有一定的指标要求，而只能談到某些有益礦物中的最低含量，从而促使我們對於这些礦物研究合理的提取問題。此外對於其他元素的存在就沒有实际的意义了。以下所列为主要礦物的簡略一覽表，这些礦物就是或者可以做为獲得某些分散元素的來源。

元 素	主要的携帶物	概略的最小值%
鎳	鎳土礦	0.00幾—0.000幾
	閃鋅礦	0.00幾
	霞石	
	鏷云母	
鈷	鐵鏷云母	
	閃鋅礦	0.00幾
鉍	錫石	
	方鉛礦	
	黃鐵礦	0.0幾—0.00幾
	輝鉍礦	
	白鐵礦	0.0幾—0.00幾
鎢	黃銅礦	
	黃銅礦	
	黃鐵礦	0.0幾—0.00幾
	毒砂	

單獨工業富集的