

金屬礦床工業類型目錄

1. 緒論……………(馮景蘭稿)
2. 鉄……………(馮景蘭稿, 祁思敬补充实例)
3. 錳……………(祁思敬、邓熾昌稿, 馮景蘭校补)
4. 鉻……………(祁思敬、金景福編, 馮景蘭校补)
5. 鈦……………(祁思敬、霍承禹編, 馮景蘭校)
- ✓ 6. 鋁……………(祁思敬、趙鳳池、馬新兴集稿, 馮景蘭校編)
- ✓ 7. 鈷……………(祁思敬、趙鳳池資料, 馮景蘭改編)
8. 釩……………(馮景蘭編)
9. 銅……………(馮景蘭編)
- ✓ 10. 鉛、鋅、銀……………(馮景蘭稿, 白士魁、熊曾熙、丰淑庄补充实例)
11. 鋁……………(霍承禹編, 馮景蘭校)
12. 錫……………(馮景蘭編, 胡祖桂、黃茂新、卫冰洁补充实例)
13. 鎢……………(馮景蘭稿, 蔡时玉补充实例)
14. 鉬……………(蔣明霞稿, 馮景蘭校补)
15. 碑……………(祁思敬稿, 馮景蘭校补)
16. 鉍……………(夏宏远稿, 馮景蘭校补)
- ✓ 17. 汞……………(朱文清編, 馮景蘭校补)
18. 銻……………(馮景蘭編, 朱文清补充实例)
- ✓ 19. 金……………(馮景蘭編)
- ✓ 20. 鉑……………(馮景蘭編)
21. 放射性金屬……………(司幼东稿, 馮景蘭校补)
22. 稀土及分散金屬……………(司幼东稿, 馮景蘭校补)

第二十一章 放射性金屬

(司幼东稿, 馮景蘭校补)

鈾 (及 鐳)

I. 鈾的历史性質、用途及經濟概況

鈾的化合物 UO_2 是由克拉普勞特在 1789 年首先确定的。为了紀念 1781 年发现的天王星 (Уран) 所以也將这种元素命名为 Уран, 我們称做鈾。而純粹的鈾是在 1841 年才由物理学家培立果取得。鈾在很長期間, 并未得到应用, 当开采銀、鋇、鐳、錒等矿时, 往往將鈾矿当廢石棄掉。鈾、釷和鐳等元素的最大特性, 是具有强烈的放射性, 这是 1896 年別克萊尔发现的。鈾原子的放射性是自发的、不借任何人为的作用 (例如温度和压力等影响) 而可以轉变为另一种元素原子的蜕变現象。放射性的研究, 不只具有国民經济的意义, 而且也具有重大的科学意义。放射性的研究, 可以帮助了解物質構造, 地球起源和地球年齡, 以及掌握原子能, 发现新化学元素等。

自然界中普通原子的混合体里, 經常存在着他們的同位素。这些原子的同位素都是不稳定的, 經常自由地蜕变着。在蜕变过程中, 产生三种射線, 即 (i) 放出氦原子核 (α -質点); (ii) 失去帶質电荷的电子 (β -質点); (iii) 有电磁特性的所謂 γ -射線。在自然环境中, 这种分解进行很慢, 所以变化的过程非常長。例如鈾元素蜕变成稳定元素的鉛 (206) 約需 10 亿年。在整个蜕变的过程中所发出的能, 約相当同重量的煤燃燒后所发出的能的 470,000 倍。因此放射性的研究, 使科学家們得到了这样的結論: 在原子内部富有巨大的能量。正如苏联地球化学奠基人維尔那德斯基院士所說的「人类掌握原子能的时候不会太远了, 原子能是一种能源, 这种能源对人类提供了按照人类自己的願望来建設自己生活的可能性」。目前在元素的人工裂变, 自然界未知元素的获得, 原子能釋放的过程, 以及原子科学中其他許多方面都有了一定的成就。

鈾元素在門德列耶夫的周期表上占第 92 位, 比重 18.7, 熔点 1850°C , 具有若干同位素, 其中比較重要的是 238, 235, 和 234。前者占絕對多数, 而后二者极少。最近在原子能和平利用的空前高漲的情况下对鈾等元素的需要, 感到特別迫切。在二次世界大战前 40 年間世界鈾的产量才不过 7,500 吨, 而在 1942 年比屬剛果鈾产量就达到 600 吨, 大熊湖 400—500 吨。

近年来世界各国对于鈾矿床的勘探, 都获得了广大的产地。特别是在近几年內, 不断地发现了若干較大的新鈾矿区。除已知的加拿大及比屬剛果外, 在資本主义国家里如印度、澳洲、南非、美国、格陵蘭、葡萄牙、墨西哥、阿根廷、大不列顛, 以及瑞士、法国、土耳其, 等国都有新发现。

II. 鈾的地球化学及礦物

根据近年測定的結果, 鈾在地壳中的克拉克值約为 0.0004%。鈾元素在地壳中的分佈, 与花崗岩类有一定的关系, (包括酸性及中酸性的花崗岩类)。鈾元素等很容易和揮发

分結合而賦存在偉晶岩體中。鈾礦物的形成主要是在氣或熱液過程中。在偉晶岩體中，鈾元素多與鈦、鉬、鉍、釷，及稀土元素伴生；在熱液脈體中則多與鎳、鈷、鎳、銀、銅、砷、鐵伴生，有時也常和錫、鎢、鉍、金、鉛、鋅、鋇、銻等元素伴生；在氧化帶中大部分含鈾礦物都是不穩定的，很容易溶解。若有砷、磷、鉍元素的正酸存在，則形成了鮮艷的含鈾雲母。在沉積岩（頁岩或煤岩）中，鈾元素多與鉍、磷相伴產出。已知含鈾礦物的種類約大在 100 種以上，但是可以當做鈾礦石的主要含鈾礦物數目並不甚多，茲擇要列舉十種：

1. 結晶瀝青鈾礦：主要成分是 UO_2 ，常含 UO_3 、 ThO_2 、 PbO 等雜質，含鈾量約達 50—65% 成黑色立方結晶體，生在偉晶岩中，風化後，其周圍每生出光輝的桔紅色或黃色的礦膜，易于辨識。
2. 瀝青鈾礦主要成分為 U_3O_8 ，具有 PbO 雜質，普通不含 ThO_2 ，含鈾量約 45—65%。
3. 鈦鈾鈾礦：為含水的鈦、鉍、鉬鈾化物，含 UO_2 約達 18—26% 雖然含量小，但產量大，無強磁性。
4. 鈾鈾礦：為鉍鉬稀土礦物含 UO_2 約為 4—16%。
5. 鉀鈾鈾礦：成分為 $K_2U_2(VO_4)_2O_4 \cdot 3H_2O$ ，含 UO_2 達 63%， V_2O_5 達 20—21%。
6. 鈾鈾鈾礦：成分為 $CaU_2(VO_4)_2O_4 \cdot 8H_2O$ 含 UO_2 約 60%。
7. 銅鈾雲母：成分 $CaU_2(PO_4)_2O_4 \cdot 12H_2O$ ，含 UO_2 達 52%。
8. 鈣鈾雲母：成分為 $CaU_2(PO_4)_2O_4 \cdot 8H_2O$ ，含 UO_2 達 55—63%。
9. 聚砷銅鈾礦： $CaU_2(AsO_4)_2O_4 \cdot 12H_2O$ ，含 UO_2 達 52%。
10. 砷鈾礦： $U_2(AsO_4)_2O_4 \cdot 12H_2O$ 。

至于鐳的自然形態礦物還未發現，而主要是存在于含鈾礦物中。類似放射性分解的產物，在礦石中與鈾的比例約為千萬分之几。

III. 鈾礦床的主要類型

根據測驗各種岩石的放射性，証明了鈾元素是與酸性火成岩類的生成有關，其主要類型有下列四種：

1. **偉晶岩型**：具有結晶瀝青鈾礦，鈦、鈾、鉍、鈾化物，獨居石的花崗偉晶岩類的鈾礦床建造鈾礦物呈黑色或暗褐色，在伸入石英或微斜長石中的放射狀小裂縫內，也常有分解的鈾質存在。在氧化帶中常有脂鉛鈾礦發育呈鮮黃或桔黃礦膜。這種類型產出鈾礦的主要產地，如馬達加斯加島，澳洲南部的奧拉里，加拿大，巴西，斯堪的那維亞諸國，格林蘭，印度，中國，但是這種類型的鈾礦床，工業意義不大。

2. **熱液鈾礦型**：多是中溫及高溫的熱液類型，在成因上往往與酸性或中酸性花崗岩類有關，但也有不十分顯明的，依照產出的情況，可以分為四種建造。

(1) **伴有磁鐵礦赤鐵礦的高溫及攸嘎岩瀝青鈾礦建造**：有時具有鎳，鈷的砷化物，例如西列西亞巨人山的施密迪別格，在工業上頗為重要。

(2) **高溫中溫熱液銅、鈾、鈷、礦建造**（瀝青鈾礦伴有黃銅礦，硫鈾礦，以及 Mo ， Ni ， Pd 等從屬礦物）：例如比屬剛果的喀坦加是含鈾很富的大礦床。

(3) **中溫至低溫瀝青鈾礦建造**：伴有 CO ， Ni ， Fe 的砷化物，含鉍，銀礦物，黃銅礦，赤鐵礦，碳酸鹽類礦物，以及石英，重晶石，螢石等。

有時將這種類型的礦床也稱為五元素 (CO ， Ni ， Bi ， Ag ， U) 或八元素 (CO ， Ni ， Bi ，

Ag, U, Ca, As, Fe) 矿床建造。主要产地如大熊湖 (加拿大) 亞西莫夫 (捷克) 等, 在工业上是具有很重要意义的。

(4) 中温多金属铜铀矿床建造: 例如美国柯罗拉多州的得吉立宾, 以及墨西哥的齐涅涅等地, 但均不能算做主要的工业类型。

应该注意的是在錫矿区 (在大不列颠的康瓦尔, 葡萄牙) 铀矿石并不与錫、鎢矿石共生, 反而是較晚期成为瀝青铀矿与 Cu, Pb, Zn 等硫化物共同分泌产出, 也有与 Co, Ni 的砷化物共同生出的。

近来确定在几个矿区内铀与鉛共同产出的实例, 同时也了解到在新期火山区内铀与鈾共同产出的罕有实例。以上属于热液型矿床四种建造的产量約占世界总产量的 80% 以上。

3. 淋积型: 代表淋积矿床的是铀鈾砂岩建造的铀矿床, 和赋存在石灰岩中矿体呈不规则形状交代作用的鈾鈣铀矿床: 都是由于鈾, 铀硫酸鹽化合物的沉淀而生成的, 主要产地如美国的猶他和柯罗拉多州, 在工业上列为次要的铀矿类型。

4. 含鈾頁岩型: 其中也含有铀, 代表一种鈾及鈾的沉积矿床, 多集中在古老的 (寒武紀志留紀) 砂炭質頁岩內, 主要产地在斯堪的那維亞諸国, 为次要的铀矿类型, 但成分虽低而儲量巨大很有远景。

5. 铀金礦岩型: 目前許多国家將含 0.5% UO_2 的矿石也当做开采对象, 甚至規模較大而易于采取的 0.05—0.1% UO_2 的铀矿石, 也做为开采的对象了。

就世界各地的铀矿床, 討論其成矿时代及成矿区域, 可以得到下列概念。铀矿的成矿区域, 有下列六个:

- (1) 加拿大铀矿带,
- (2) 科迪勒拉山系铀矿带,
- (3) 澳洲铀矿带,
- (4) 中非洲铀矿带,
- (5) 南非洲铀矿带,
- (6) 欧洲铀矿带,

内生铀矿床的成矿时代可分三期 (i) 寒武紀前, (ii) 古生代后期, (iii) 中生代后期至第三紀前期。属于寒武紀前的铀矿床, 为数最多, (加拿大及比屬剛果), 其次为属于古生代后期的铀矿床, 数量也不少, (矿石山、康瓦尔、葡萄牙), 而属于中生代后期第三紀前期的铀矿床数量較少, (美国西部, 墨西哥)。沉积铀矿床的生成时代主要为: (i) 原生代, (ii) 志留紀, (iii) 上泥盆紀——下石炭紀, (iv) 二叠紀, (v) 三叠紀——侏罗紀, (vi) 第三紀。

与火山作用有关的铀矿床, 多与类花崗岩岩漿的侵入体有成因关系。利于铀矿成矿作用的圍岩不外两种型式: (i) 属于变質的或沉积岩类, (以頁岩类为主) 其中具有重要的铀矿床; (ii) 属于酸性岩的侵入体, 圍岩对铀矿的成矿作用仅在各别的区域是比较明显的。大地構造, 对于铀矿的成矿富集具有特殊意义, 所有各地巨大的铀矿床以及铀矿区莫不与巨大的深层断裂的发展有关。过去常常有人把铀矿石周圍的『赤色蚀变』当做找矿的标志, 这是由于分解的赤鉄矿微粒所惹起的。在某些情况下『赤色蚀变』是与铀矿具有相应的关系, 可根据变色的强弱来判別矿的貧富。但是在某些情况下, 縱然具有色变, 也未必就有铀矿的成矿作用, 反之铀矿也不一定必然具有『赤色蚀变』。当成矿溶液富有硫分时, 与鉄結合, 形成黄鉄矿, 黄鉄矿和铀矿, 并不呈示『赤色蚀变』。但在很多的情况下, 还是把『赤色蚀变』当做铀矿普查时找矿标志。

IV. 铀矿床实例

1. 非洲喀坦加（比属刚果）申戈洛布维矿床：是铜钴铀矿床的著名实例，它不仅是世界闻名的铜矿产地，而且也是资本主义国家的主要产铀矿区。

申戈洛布维矿床是该区最大的铀矿床，自 1915 年发现以来，产量佔该区产铀总量的 60%。

本区地层由寒武纪前两个岩系所组成。下系为片岩和白云岩，上系为片岩，两者之间，为一显著的不整合。矿区内，未见有岩浆岩露头。

矿体集中在下系片岩和白云岩地层内，成矿脉及网脉，沿走向延長数十公尺，厚自几公分到一公尺，矿石由瀝青铀矿，结晶瀝青铀矿，铜，镍，钴的硫化物（黄铜矿，硫钴矿，硫镍矿）等组成，并含少量铝、金、钼等。硫化物形成较瀝青铀矿为晚，沿裂隙割切瀝青铀矿。

成矿作用，可分四个阶段：（i）岩石的矽化及獨居石，磷灰石和电气石的形成，（ii）瀝青铀矿，綠泥石及滑石的沉积；（iii）硫化物类黄铁矿，硫钴矿，黄铜矿，輝鉬矿的沉积；（iv）白云石的形成。

本矿床矿石品位很高，含 U_2O_5 2—3%，上部各层有大量铜铀云母其他铀的次生矿物。

矿床绝对年龄，經测定为 610,000,000 年，相当于上元古代，属热液成因，但岩浆源不明，可能是一种位于深处的花岗岩类。

2. 加拿大大熊湖矿床：（拉宾波英特，及埃尔多拉多）位于加拿大西部北极圈附近，1930 年航空测量时所发现。

区域地层，包括寒武纪前，砂页岩。碧玉岩，及含黄铁矿，磁铁矿，分散状浸染体的板岩，被南北向延長的花崗岩及花崗閃長侵入体所貫穿。又有輝綠岩岩盤及長英岩脉，也在变質沉积岩系内。

产于变質沉积岩及喷出岩中的含矿岩脉略呈扇状分布于走向东北倾向西北的断裂带中，該带長 3—5 公里，寬 1.5—10 公尺，含有受其控制的富含赤铁矿的石英脉；矿体不大为厚約 0.4 公尺的細脉，扁豆体及不规则包体，含有瀝青钴矿及其他矿物，存在于破碎石英中。

矿化作用，可分为：（1）高温交代阶段，产生磁铁矿，黄铁矿及毒砂；（2）热液阶段，包括（i）石英，瀝青铀矿，斜方砷钴矿，斜方砷镍矿，輝砷镍矿，铁硫砷钴矿，镍多于钴；（ii）石英，砷钴矿，砷镍矿，輝钴矿，赤铁矿，自然铋，钴多于镍；（iii）白云石，閃鋅矿，方鉛矿，黝铜矿，銀黝铜矿，黄铜矿，斑铜矿；（iv）菱錳矿，铜及銀的硫化物，自然銀，以及鐘乳状，腎状集合体中的瀝青铀矿。

矿床形成于具有中温，低温的不深（压力低）地方。由矿物的晶洞，和腎状、膠状构造的发育，可資証明，一部分瀝青铀矿，与镍砷化合物密切共生，一部分瀝青铀矿与自然銀密切共生。

具有工业价值的是铀、銀、铜、镍、钴、鋇、矿石含 UO_2 1—3%，規模宏大，为世界最大铀矿床之一。

3. 美国西部帕拉多克斯谷鉀鈾铀矿床：位猶他州及柯罗拉多州交界处，矿于三叠纪，侏罗纪及下白堊纪岩层内。

鉀鈾铀矿石跟鈾云母，孔雀石，水胆矾，石膏一起，在砂岩内形成层状，凸鏡状，和細脉浸染状的矿体，沿走向延長 30—210 公尺，厚自数公分至四公尺，每一矿体可含铀数百公斤，最大含量达 2080 公斤，并在砂岩中，見得整个被鉀鈾铀矿及鈾云母所替換的矽化

树干，一部分矿石置換了砂岩膠結物的方解石及石膏，并在空洞，裂隙，及层面中沉积。

在凸鏡狀矿体中， U_2O_5 的平均含量达 2%， V_2O_5 3.5—4%，在浸染矿石中，品位較低。

赫斯認為本矿床是沉积的，其根据是：(i) 鉀鈾鈾矿床，生在沉积于淺水盆地中的具有交錯层的砂岩里；(ii) 矿石普遍伴有植物遺体；(iii) 无热液作用的痕跡；(iv) 在盆地濱岸部分，积聚了促使 U, V 沉淀的有机体。

林格崙等，認為此矿床是淋积形成的，他們指出了矿床生在盆地邊緣砂层的边部，向盆地中部矿体漸趨尖灭，可見鉀鈾鈾矿的形成，是由于一种近地表的作用，只生在氧化帶及潛水活动帶的範圍內。

此外在本矿床的周圍岩层內，散布有少量鈾矿和鈾矿，盖复鉀、鈾、鈾矿床岩层的放射性比下伏岩层强烈，鉀鈾鈾矿床的富集程度与复盖层的厚度成正比。

因之他們得出結論：潛水溶解了散布在砂岩內的鈾矿和鈾矿，形成流动的溶流，遇到有机質及碳酸鹽类膠結物，便重新沉积下来，当溶液流到地表时，由于 CO_2 的逸失，沉淀出 V, U, Ca，前者造成鉀鈾鈾矿，后者形成石膏，所以鈾鈾矿和石膏都沿着裂隙，和盆地邊緣而富集。

1953—1954 鑽探在鉀、鈾、鈾矿帶以下碰到鈾的氧化物，黄铁矿，重晶石，方鉛矿，黄銅矿等組成的矿石，这种矿石，無疑地是热液矿床的代表，因之埃維尔加尔特，提出了低温中深成因的意見，認為鉀鈾鈾矿床，是原生热矿床氧化的結果，是一种獨特的鉀鈾鈾矿帽。

4. 加拿大貢納尔矿床：位于亞大巴斯喀湖北岸，发見于 1952 年，是一个規模巨大的細脉浸染型鈾矿。矿区內分佈着寒武紀前石英岩及片麻岩，褶皺成为背斜，被东西向及东北西南向的断层所切断，角礫岩化和赤鉄矿化，便沿着这些断层而产生。

矿体分佈在具有赤鉄矿矿染的鈉長石化及綠泥石化的二長岩中，厚約 20 公尺。膠体狀瀝青鈾矿几乎与赤鉄矿同时沉积造成广大地区中的浸染体和細脉。矿石 U_2O_5 平均含量为 0.1%，—0.2%，成矿时期为元古代，距今 645,000,000 年。

5. 南非德德鈾金礦岩矿床：这原来是举世聞名的大金矿，近年以来在这种金矿中，发見可以綜合利用的鈾矿物，而且这种类型的鈾矿，分佈相当广泛，澳洲，加拿大，都有这种鈾矿的发見，是一种很有远景的类型，地質情况，詳金矿床类型的描述中。

6. 苏联費尔干秋亞穆云鈾鐳矿床：位于阿拉依嶺的北山脚下，分佈在直立的下部古生界大理岩或灰岩中，这种变質灰岩是夾在志留紀和泥盆紀的瀝青質粘土質和砂質頁岩中。

大理岩或灰岩中的喀斯特洞穴的壁上，沉淀有各种不同的矿物，成为泉华狀，鐘乳狀，石筍狀和皮壳狀。主脉的横切面，自邊緣至中心，有下述構造：(i) 上壁为鐘乳狀方解石，下壁为石筍狀方解石，帶有細薄的泥質碳酸鹽类夾层；(ii) 含矿粗粒方解石其中有鈾酸鈣鈾矿，水鈾銅矿等；(iii) 紅重晶石和紅石英的集合体；(iv) 重晶石質角礫岩，为晚期矿化作用的重晶石及泉华狀構造的碳酸鹽所膠結；(v) 中心为紅色粘土与致密方解石的集合体。

这种固結壳的总厚，可达一公尺半，各层沉积的次序和层数，各矿体不一致，新壳沉淀之前，可看到溶解作用，角礫岩化作用，構造頗为复杂。

在不含鐳的鈾矿物中，以鈾酸鈣鈾矿，分佈最广，不含鈾的鈾矿物，是橄欖綠色的水鈾銅矿， $5CuO \cdot V_2O_5 \cdot 2H_2O$ 和淺綠至深灰色的鈾酸鈣銅矿 $2CuO \cdot 2CaO \cdot V_2O_5 \cdot H_2O$ 不含

鈾的鐳矿物，有含鈾重晶石和含鐳方解石。

按矿体的構造來說，这个奇特的矿床，是属于滲濾型的。显然，他們生成与当地的地理环境有关，要有干热的气候，和很少的大雨才行，含有易溶化合物的地表水流入地层中去，在厚层灰岩的喀斯特洞穴中，在圍岩的表面上，形成周期性的壳狀膠体物質的沉淀。

鈾和鐳的起源，尚不清楚，深部尚未从矿山坑道中探明。

鈾

I. 鈾的发现，用途，產量及产地

1845 年别尔采利烏斯始从鈾石中确定了 ThO_2 的化合物。1898 年才提取得金属鈾，同时也确定了它的放射性。鈾的原子序数为 90，原子量 232.12。金属鈾呈銀白色，比重 12.16，熔点 1827°C 。

鈾应用于制造白热气灯罩，制造灯絲的鎢的加料，是鐳的代用品，用于生产发光顏料及医疗。1940 年后，和鈾一样，多利用在核子能工业上。

含 ThO_2 达到 8% 以上的矿物虽有 30 种左右，但是最主要的是獨居石，每年世界產量約 7000—8000 吨，（含 ThO_2 8—12%）主要在巴西及印度各地，除此以外世界的主要产地尚有澳洲，非洲西部及錫蘭。

II. 鈾的地球化学及矿物

鈾在地壳中的克拉克值为 0.001%，与鈉花崗岩类及硷性岩类，如正長岩，霞石正長岩，具有成因关系；鈾常成为易揮发的鹵族化合物，而由岩漿分泌出来；但是鈾則被保留在酸性或硷性的熔融体里，或残余的偉晶岩熔融体里，仅一部分可以保留在气热殘液或热水殘液內。鈾常沉淀呈为磷鈾矿，褐鋁石，磷灰石以及鋇英石的类質同象混合物，特别是在岩漿作用末期的獨居石內，尤为显著。大部分鈾是賦存在偉晶岩体内，而成为獨居石，方鈾石，或鈾石产出。根据費尔斯曼的意見，在偉晶岩作用的初期，鈾与鈾往往共同包含在結晶瀝青鈾矿或是鈾鉍銻的化合物中。但在温度較低生出的結晶瀝青鈾矿中鈾显然減少，在瀝青鈾矿中鈾极乎不見。在某些特殊情况下鈾从岩漿源分出在气成阶段与錫矿共生，或在热液时期与多金属共生。

在表成条件下含鈾矿物，如獨居石等每成海濱砂矿或冲积砂矿。

鈾的主要矿物有下列五种：

1. 方鈾石， ThO_2 并杂有 UO_2 ， PbO ，及稀土元素，含 ThO_2 約为 74—93%。
2. 鈾石 ThSiO_4 ，并杂有 UO_2 及稀土元素，含 ThO_2 約 71—82%，其变种为铁鈾石，也含高量的 ThO_2 （約为 50%）。
3. 獨居石（ Ce ， La ，……） PO_4 ，含 ThO_2 为 5—10 至 28%。
4. 磷鈾矿 YPO_4 ，含 ThO_2 約 2.5%，也有达到 5—7% 者，但极少。
5. 鋇英石 ZrSiO_4 ，含 ThO_2 約 2.5%，也有达到 5—7% 者，但极少。

在工业上具有重要意义的是獨居石，成为鈾的主要矿石，采自砂矿床。

III. 鈾 矿 床 类 型

1. 岩漿矿床，花崗岩或正長岩基盤，往往具有分散的獨居石，鋇英石，磷鈾矿等的晶

体，在原生岩內虽然貧乏，在风化后的漂砂中能構成具有工业意义的含鈾矿物的砂矿床。

2. 偉晶岩矿床，每与花崗岩类，或正長岩类有关，主要矿物为方鈾矿，鈾石，獨居石，原生岩石很少能达工业要求，但在偉晶岩体风化后所产出的砂矿往往具有重要的工业意义。

3. 气成及热液矿床，每与类花崗岩相关，其中鉄鈾石則每与錫、鉛、鋅矿共生。

4. 冲积砂矿或海滨砂矿是由原生岩石风化后所集积的，具有主要工业意义的以海滨砂矿为主，巴西及印度均是如此。

巨大原生鈾矿床的形成多与前寒武紀花崗岩类有关。一部分也与下古生代的花崗岩类有关，上古生代或侏罗——白堊紀的矿床价值較小，次生的近代砂矿，工业意义最大。

巴西鈾矿床：系濱海及冲积的獨居石砂矿床，沿大西洋岸延長約 200 公里。这种獨居石砂矿床与太古代片麻狀花崗岩的风化有关，在这些片麻狀花崗岩中夾有偉晶岩体其中含獨居石的矿条，厚达 0.8 米，長約 8 米。在砂矿中獨居石的巨大晶粒，可以达到 1 公斤以上。在約翰戈登附近偉晶岩体很发达，冲积砂矿含獨居石达 80%。在寬 20—25 米的濱海砂矿中含獨居石的砂层厚約 7—40 公分，其中獨居石佔 1—2%。除獨居石(含 ThO_2 5—10%)外該砂矿中尚有鋇英石，方鈾石，鉄鈾矿，磷鉍矿，和罕有的金剛石及紅宝石等。估計獨居石的儲量約达 1 百万吨。

印度南部獨居石矿床：(特拉灣科尔)代表最优良的砂矿床，該地发育有极广泛的紫苏輝石花崗片麻岩，其中貫穿有偉晶岩因之在附近海滨形成了含獨居石多的砂矿。延長达 160 公里，砂层厚 1—6 米，其中含獨居石有时达 50%，普通为 2—2.5%，其余为鉄鉄矿，鋇英石等。

獨居石中含 ThO_2 10—12%，儲量約 2 百万吨，极为丰富的印度鈾砂矿所出产的鈾佔全世界鈾总产量的 3/4。

此外尚有气成热液鈾石，鉄鈾石矿床生于云英岩中，与黃玉錫石及金屬硫化物共生，經濟意义不大。

参 考 文 献

1. И.Г. 馬嘎其揚：金屬矿床，中譯本 314—329 頁，1957。
2. П.М. 塔塔林諾夫
А.Г. 別傑赫金 矿床学第二編，中譯本，153—158 頁，1953。
3. Комлев, Л.В. Некоторые вопросы геохимии урана итория в гранитных магмах сборник, посвящ. 50—летию научной и Педагогической деятельности Акад. В.И.Ворнадского, С.П. АН, СССР, 1936。
4. Либман, Э.П. Монацит, Торий и редкие элементы в зарубежных странах, 1946
5. Bain, G.W. Geology of the fissionable materials, Ec. Geol., 45, №4, 1950
6. Everhart, D.L. Origin of Uranium deposits, Min. Eng. v6, №9, 1954
7. Fischer, R.P. Uranium-bearing Sandstone of the Colorado Plateau, Ec. Geol. V 45, №1, 1950
8. Gruner, J.W., The Origin of the Uranium Deposits of the Colorado Plateau and Adjacent Regions Mine Magazine, March, 1954,

9. Fraser of Rofertson, Preliminary description of the Geology and Mineralogy of the Gunnar Deposit, Saskatchewan, Canada, Min four V 75, 1954
10. Ryan, J.P., the Geology of the Eldorado deposit, Canada Min. and Met Bull 310, 1938
11. Аомарев, В.С. Геология урановых месторождений капиталистических стран москоба, 1956.
12. Thôreau J. Concentrations Uraniferres du Katanga, XVI Int. Geol Congr. Washington, 1936.
13. Ферсман, А.Е. К Мофологии и геохимии Гюя-мюна, тр. по. изуч. радия, III, 1937.