

鈾 矿 地 质

В. И. 哥特瓦爾 編著

(內部資料 • 注意保存)

科 学 出 版 社

鉍 矿 地 質

В. И. 哥特良尔 編著

南京大学地質系 譯

(內部資料・注意保存)

科 学 出 版 社

1959

內 容 簡 介

本书系苏联铀矿地质学家 B. И. 哥特良尔教授在南京大学讲学时所写的讲稿。书中主要论述了铀的地球化学、各种含铀矿物的性质、铀矿床的工业类型；尤其对含铀的伟晶岩矿床、接触交代矿床、热液矿床、风化壳矿床、沉积矿床及变质矿床等的形成富集的地质条件、矿石储量及工业品位、未来的工业远景，都通过了实例作了较详细的综合性的论述；在后三章中，对铀矿的普查与勘探的各种方法也作了较详细的介绍。这对我国从事研究铀矿地质人员以及教学工作者有很大的参考价值。

铀 矿 地 质

B. И. 哥特良尔 编著
南京大学地质系 译

科学出版社出版 (北京朝阳门大街 117 号)

北京市书刊出版业营业许可出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 科学出版社发行

1959 年 11 月 第 一 版

书号：1968 字数：160,000

1959 年 11 月 第一次印刷

开本：850×1168 1/32

(京) 0001—3,500

印张：6 1/8 插页：4

定价：1.10 元

序 言

本书是根据南京大学苏联专家 В. И. 哥特良尔 (Котляр) 教授在南京大学地质系进行短期讲学的讲稿加以整理出版的。哥特良尔教授是苏联著名铀矿地质学者，现在担任莫斯科有色及黄金学院矿床教研组主任。1958年二月至五月间，应我国高等教育部之聘来南京大学地质系进行了三个月的讲学和考察研究，主要讲课内容为铀矿矿床学，并根据听课者的要求，结合了矿床学的一般理论，铀矿矿物学和地球化学以及铀矿床的普查勘探方法等扼要地进行了讲授，构成了一个完整的体系。全部讲课内容一共分为14讲，所有讲稿都是为这次讲课面专门编写的，他尽量介绍了世界上有关这方面的最新成就和科学理论，虽然篇幅不多，而内容非常丰富，适合于有关专业的教学和研究参考之用，也是从事这方面工作的地质人员的良好读物。经征得专家本人同意，由我们翻译整理，在我国出版，作为他来中国讲学的纪念。

这分讲稿最初由云南省地质研究所杨朝樑同志译成中文，作为讲义印发给听讲人。讲课结束后，专家对原稿又进行了一些修改，并由南京大学地质系夏邦栋同志根据俄文修订稿进行了详细校订和部分重译。译稿曾经张祖还同志进行了部分校阅。为了便于阅读并使本书的系统性更加明确些，我们把讲课内容合并为十章。

我们希望这分讲稿的出版，对我国某些新建专业的教材问题和有关生产单位的野外实际工作能有所帮助，同时也使苏联专家的宝贵经验能在我国得到更广泛的传播。由于我们对这方面的知识有限，在翻译和整理工作中，可能存在一些缺点和错误，希望读者批评指正。

专家留下的插图，有少数没有留下说明和图例，也没有注明插

在什么地方,因而在本书中无法应用,这是我們的疏忽,感到非常遺憾,并向专家致歉。

由于近一年来学校里的教学任务和工作任务比較忙迫,这分耕稿的翻譯、整理和校閱工作往往时断时續,因而拖延了出版時間,未能更及时地滿足各方面需要,我們对此深表歉意,并請讀者原諒。

南京大学地质系

徐克勤,張祖还

1959.7.10.

目 录

序言.....	i
第一章 緒論.....	1
第二章 鈾矿床的分类.....	16
第三章 内生矿床.....	19
第四章 外生矿床.....	96
第五章 变质成因的矿床.....	140
第六章 鈾矿床各种成因类型間的关系.....	154
第七章 鈾的成矿区和成矿时代、金属矿源研究的任务和 方法.....	160
第八章 鈾矿床的找矿标誌和分散量.....	173
第九章 鈾矿床的找矿方法.....	176
第十章 結語.....	190

第一章 緒 論

某些历史資料

鈾作为一种化学元素是在1789年为德国学者克拉普洛特尔发现的,当时成一种瀝青鈾矿的形态,为了紀念不久前发现的冥王星而定名为鈾(уран)。但是,直到1914年才由化学家比尔用鈉还原氯化鈾,提出了金属鈾。因为,开始时,鈾只用来提取镭,用于生产玻璃,制造汽灯罩,因而不需要很純的金属鈾,以至1941年以前,鈾的地球化学及其他性质还研究得很不够。自从发现鈾有产生原子能的性质以后才开始从各个方面来研究它,因而导致了化学和工业技术的全面的变革。鈾的应用可以划分为四个时期:第一,用于玻璃及其他工业;第二,用来提取镭;第三,为战争目的而制造原子弹与氢弹;第四,为和平目的而获取原子能。目前需要用鈾作为获得原子能的来源,因而它有重大的意义。

鈾的地球化学特性

大家都知道,鈾位于週期表第一族,是錒系成員之一。錒系包括了錒、釷、鐳、鈾和超鈾元素。鈾的原子量为238.07,原子序数为92,原子体积为12.7。天然同位素有 U^{235} , U^{234} , U^{238} 。鈾是带淡蓝色調的白色金属,比重19.05;熔点 $1133^{\circ}C$ 。工业上在游离状态下用电解作用从鈾盐类,特别是从分布最多的硝酸鈾氧 $[UO_2(NO_3)_2]$ 中提取金属鈾。

在自然界中已知鈾有四价及六价的化合物,但在实验室条件下鈾还有二价、三价和五价,与氧形成各种氧化物。 UO_2 是一种黑色的結晶鈾矿,結晶成等軸晶系。 U_3O_8 为六方晶系,暗色和暗綠色。 UO_3 通常与水形成化合物,其顏色由黃色到栗色。

四价铀的溶液稳定,但能被气态氧氧化。 U^{4+} 离子在具有酸性反应的溶液中成为 $U(H_2O)_9^{4+}$ 状态。

六价铀成为铀氧根离子 $[UO_2]^{2+}$,它与酸可以形成盐,与水形成黄色化合物 $U(OH)_2^{2+}$ 。 UO_2 在碱的作用下形成阴离子 $[UO_2]^-$ 及 $[U_2O_7]^{4-}$,这两种阴离子化合成铀盐和黄色和橙色的二铀酸盐。

四价铀的离子半径很大(据戈尔德施密特测定为 $1.05 \text{ \AA}$),在内生作用下形成氧化物——晶质铀矿(UO_2)、铀钍矿(U,Th) O_2 等,并形成了铀、钍、钍、钍的复杂氧化物,或者是这些金属的铀酸盐——铀钍矿(U,Ce,Fe,Y,Th) $_2Ti_2O_{16}$ 、铀钍铁矿(Fe,CeU)(Ti,Fe,V,U) $_2(O,OH)_7$ 、洛多奇尼科夫矿 $2(U,Th)O_2 \cdot 3UO_2 \cdot 14TiO_2$ 、正矽酸盐——铀钍矿(Th,U) SiO_4 等。铀还成为类质同象混入物加入铀钼酸盐类矿物、锆石、独居石等矿物中。上述这些化合物是在伟晶岩和氧气不足时形成的,为深成高温热液矿床所特有。应当指出,其中很多化合物中,铀与钍共生是很特征的;而在低温热液及外生矿床中,就看不到这种共生现象。

在氧化的地表条件下,铀成为六价的离子。六价铀的化合物具有高溶解度的特点,是一系列主要为外生成因的矿物——磷酸盐、钼酸盐、矽酸盐、碳酸盐、硫酸盐等。其中的矿物大部分具有鲜黄、绿黄、橙和栗色,这是由于含有 UO_2 的缘故。据戈尔德施密特的资料六价铀的离子半径是 $0.8 \text{ \AA}$,铀化合物的高溶解性使它在自然条件下具有很强的迁移能力。它不仅在内生条件,也在外生条件下易成为各种化合物而搬运。由于这个缘故,在具有相应条件的铀矿床常常形成氧化带。此外,由于铀有很强的搬运能力,在地表条件下,经常形成了淋滤或沉积淋滤矿床。正是这些原因,铀在地表条件下能够广泛分布,在土壤、地表植物及水中形成了极广泛的分散量。一系列的找矿方法正是建立在这种性质上的。

В. Г. 麦尔科夫(Мелков)强调铀从六价还原为四价的能力,是它的重要的地球化学特性,还原作用既可发生在内生条件下,也可发生在外生作用下,特别是当含有 H_2S 的时候。铀的变价及形成氟化物的络合物的能力,使它能够在各种化学条件下发生移动。

鈾盐易溶于水溶液中。鈾氧离子在酸性溶液中是稳定的,但是能够与碳酸盐形成在 $\text{pH} > 7$ 的碱性溶液中稳定的复化合物。因此六价鈾在酸性及碱性水溶液中都能移动。六价氧化物 UO_3 容易轉变成实际上不溶解的水氧化物 $\text{UO}_2(\text{OH})_2$ 或 H_2UO_4 。鈾酸盐难于溶解。但它易溶解在酸中,形成了綠-黃色鈾氧离子 UCl_2 。

鈾在地壳中的分布

地壳中鈾的平均含量是 0.0004% 或 4 克/吨。它的地壳分布量与鎢、砷、鉍相似,而高于鉛、鉍、汞、銀、鉕。鈾在自然界分布很广,这是出乎許多学者意料之外的,但也只是在最近十年来才确定出来的。

鈾在酸性火成岩中含量較高,为 4.5×10^{-4} ,在基性岩中含量低得多(0.83×10^{-4})。鈾通常与这些矿物有关:如鉛石(特别是它的异种、水鉛石、曲晶石)、榍石、磷灰石、独居石、黃綠石、磷鉕矿、褐帘石等。也知道在花崗岩的附生矿物中有晶質鈾矿、鈾的鉍鉬酸盐或鈾酸盐[鈾鉍鉛矿、鈾鉍矿等]、鉛石、方鈾石等。已經确定鈾的含量随着岩漿輪迴的早期組成向晚期組成的酸性和碱性岩过渡而逐漸增高,在 Ю. А. 毕利宾(Билибин)及其学派所确定的規律中,划分出了褶皱活动带发展的后期所特有的晚期构造岩漿杂岩,它們最有利于寻找鈾的矿化。此規律也为美国学者拉尔生、法以耳、代維生所指出。

这就解释了鈾矿床与基性及超基性岩很少联系这种現象,鈾矿床經常与花崗岩类岩石共生,最常見的是与岩漿杂岩晚期酸性及碱性分异岩体有关。后两种火成岩常常是形成小的裂隙侵入体的酸性鉀質花崗岩、花崗斑岩、白崗岩、細晶岩类的花崗岩以及石英、碱性和霞石正长岩。

经过研究确定酸性花崗岩类岩石中鈾的含量随其中 SiO_2 和 K 的含量的增加而增大。

据涅耶尔-别尔格的資料,火成岩中鈾存在的状态有下列几种:

1. 成独立的鈾矿物；
2. 加入造岩矿物中，少量的代表其中的阳离子，或者位于造岩矿物的构造缺陷中；
3. 成阳离子团状态存在；
4. 鈾被吸附在晶体表面和晶体裂隙中；
5. 鈾在溶液包裹物中成溶解状态存在；
6. 在溶液的粒間液体中存在。

岩石中成独立状态的鈾矿物，通常是四价化合物，如鈦鈾矿、晶质鈾矿等，均为岩石中的矿物。它們都具有岩浆或岩浆期后（气成或热液）的成因。

鈾化合物有相似构造的矿物（例如，鈦石）或者鈾成带状分布着的矿物中（例如，鈦石）发生鈾替换阳离子的现象。在斜长石、石英等矿物中鈾沿裂缝、晶体的破裂处，沿双晶构造以及沿带状、线状、镶嵌状和类似构造中分布。

最大量的鈾通常是与鈦石及其他的副矿物（例如，独居石、榍石、磷钇矿、褐帘石、磷灰石等）有关，少部分与暗色矿物特别是含铁矿物有关，与长石和石英有关的鈾量更少得多。涅耶尔、别尔格指出，在任何矿物中鈾含量随岩石之中二氧化矽的增加而增加。

据推测沸石中，鈾是成阳离子替换的状态存在（南加里福尼亚），因为它不能混入沸石的构造中，也可能在蒙脱石中鈾也以这种状态存在。

吸附的鈾是由放射性照相在次生矿物的照片上确定的。溶解性的鈾在理論上是存在的。

鈾在岩石中存在的状态和其数量关系，与其以后变化的能力，特别是与溶液中各种物质反应的能力有关。因此，可以认为六价鈾，吸附在晶体表面的鈾，成离子替换状态的鈾及溶解在溶态包裹物及粒間溶液中的鈾，都是很活动的。相反的，火成岩中成其他状态存在的鈾例如，成类质同象混入物加入到其他矿物晶格中是稳定的，冲刷岩石的溶液，几乎与它不发生反应。鈾从岩石中淋滤出来，和被溶液带出，与岩石的渗透性及风化程度，与岩石中的矿物

成分,与冲刷岩石的水化学活动力以及鈾的附着能力有关。

鈾也分布在沉积岩中。在暗色粘土頁岩、瀝青質岩石、磷块岩及其他含有机質高的岩石中,鈾含量高。

很特征的是:在許多陆緣沉积物中,特别是古老基底砾岩及砂岩中,鈾和鈷的含量較高。上述某些沉积岩中鈾的含量相当高的,以致可以作为是未来的提取鈾的后备源泉。这个問題下面还要談到。可以认为沉积岩中的鈾,在已知条件下可以被各种成因的溶液所迁移,在个别情况下甚至可以成具有工业价值的堆积。

在各种地質作用中鈾的行径

上面曾經說过,褶皱活动带发展晚期的酸性和碱性岩中富集了鈾。由于岩浆中鈾的浓度低,成四价离子状态存在的鈾通常还不形成独立的矿物,也不能成为类質同象混入物加入造岩矿物中。已經确定鈾在岩浆分异的晚期富集,开始时,鈾只成为数量不多的类質同象混入物加入到附生矿物中,如锆石、磷灰石、榍石、磷钇矿等。B. И. 馬克尔維、A. 艾維尔哈尔德、Ч. 加列尔斯认为,分异作用进一步的发展中,大部分鈾在伟晶岩作用的条件下成独立矿物沉淀出来,少部分鈾成类質同象混入物参加到副矿物中。岩浆冷却的更晚阶段,由于氧化作用的发展,鈾由四价变为六价。在这种情况下鈾很易变成热水溶液。此时仅以四价状态存在的鈷不再与鈾共生,在以后岩浆作用的进一步发展,鈾便脱离鈷而形成独立的化合物。鈾的最重要的工业矿床主要是从离地表不深的中温条件下形成的热水溶液中沉淀出来的。

四价鈾的氧化物在地表处能氧化为六价状态,我們都知道,六价鈾的化合物溶解性高,因此适当的条件下容易形成氧化带,氧化带常常很強烈和很深。此外,由于鈾的化合物容易从矿体和岩石中特别是从花崗岩和正长岩中淋滤,以及在地表条件下鈾的强迁移性,因而,在各种各样条件下形成了鈾的淋滤和沉积矿床。这种方式形成了分布面积极为广大的化学沉积矿床,其品位一般較热液矿床为低。但是,这并不能排斥由于淋滤和成岩改造結果而形成

比較富的矿石的可能性。

鈾在成为稳定的含鈾矿物时,也可以进行机械搬运;例如,霞斜石,含鈾的铌钽酸盐、鈦酸盐、特别是鈦鈾矿等。瀝青鈾矿成机械状态搬运的可能性的問題較為复杂,大家都知道在表生条件下,它們是很容易溶解的。但是可以这样設想,在寒冷的地方特别是极地,这种搬运形成应该认为是可能的,就象近代在极圈处黄鉄矿砂的形成一样。

最后,当变质作用时,很可能也发生了鈾的一些迁移,并使沉积岩中一定地段和层位富集了鈾。而形成了重要的沉积变质矿床。

所以鈾矿床的形成过程,在很大程度上决定于鈾的地球化学特点,它的形成过程是很复杂的,而且是各种各样的,这也就决定了它們出現的多样性。

几 点 結 論

1. 四价鈾与六价鈾的化合物在地壳中具有不同的活动情况。四价鈾的化合物与鈷相似,因而在深成条件下——在侵入体和伟晶岩中,鈾与鈷經常同时存在,形成同一种矿物。在热液和外生条件下它們就分离开来。六价鈾的移动能力比鈷的化合物强。

2. 鈾与酸性和碱性岩石有联系。

3. 鈾与晚期岩浆分异体有联系,这一点也說明了它与鈦、鉍、铌、稀土元素的联系。

4. 鈾在外生条件下移动性强,能形成氧化带及沉积矿床。

5. 鈾能成混入物加入到一系列矿物中,当該矿物分解时,鈾能富集起来形成次生的表生产物,此时鈾不仅能形成类质同象混入物加入到矿物晶格中,而且可以成为其他矿物中的极微小的包裹体存在,活动性大而易于淋滤的鈾或者存在于液态包裹体中。

6. 在煤、頁岩、瀝青岩中鈾能形成鈾的有机化合物。

最主要的鈾矿物

目前已知 150 种以上含鈾矿物,其中多数是在近十年来发现

的。毫无疑问,在今后还会发现新矿物。

由于铀的地球化学性质,铀的重要特点是:与氧有共同性,而与硫缺乏共同性。因此,铀矿物中以经常含有氧为其特点。但另一方面,铀完全不形成硫化物,而硫化物是热液矿床的典型矿物,虽然在表生条件下铀也能形成硫酸盐。铀也不与铬、钨、锡、硒、碲、铂族、锗、氮形成化合物。也没有找到自然元素状态的铀。

根据矿物中含铀情况,把它分为铀矿物和含铀矿物两类。

后一种矿物中含铀量不高,铀成类质同象或微细的机械混入物存在,或成固体溶液,或以吸附状态存在。

按矿物中铀化合物的电价,В. Г. 麦尔可夫划分出三类铀矿物:

1. 基本上由四价铀组成的矿物:如钛铀矿 $[(U, Ca, Fe, Y, Th)_2 Ti_2 O_{10}]$ 、钛铀铁矿 $[(Fe, Ca, U)(Ti, Fe, V, Cr)_2(O, OH)_7]$ 、铀钍矿 $[(Th, U \cdots)(SiO_4)_{1-x}(OH)_{4x}]$ 、коффинит $[U(SiO_4)_{1-x}(OH)_{4x}]$ 、七水铀矿 $[2UO_2 \cdot 7H_2O]$ 等。

2. 既含有四价、也含有六价铀矿物:如晶质铀矿 $[k(Th, U)O_2 \cdot lUO_3 \cdot mPbO]$ 、铀质土矿 $[(Th, U)O_2]$ 、沥青铀矿 $[kUO_2 \cdot lUO_3 \cdot mPbO]$ 、неидаксит 等。

3. 六价铀形成的矿物:属于这一类的许多铀的氢氧化物,铀酸盐、矽酸盐、硫酸盐、碳酸盐、砷酸盐、钼酸盐、磷酸盐等。

第一类矿物主要系岩浆和伟晶岩矿床的产物,第二类矿物主要见于热液及沉积矿床,部分见于变质矿床中,第三类系外生矿床中的矿物。

下面将简要地描述最重要和最常见的铀和含铀矿物的特征,并采用教科书中所采用的按矿物学及化学成分来分类。

铀的氧化物($U^{++} + U^{++}$)

晶质铀矿(UO_2)常见杂质为 ThO_2 、 UO_3 、 PbO 和 Th 。含 UO_2 36—75%, UO_3 22—56%; 含杂质 $PbO + Th < 10\%$ 。但也有含 $PbO = 20.6\%$ 和 $Th = 16\%$ 的变种,含 $Th = 11.4\%$, UO_2 、 UO_3 由

4.0—0.1。

矿物的实际分子式是： $k(\text{U,Th})\text{O}_2 \cdot l\text{UO}_3 \cdot m\text{PbO}$ 。

富含 Th 的晶质铀矿为伟晶岩矿床所特有，贫铀晶质铀矿多见于气成—热液矿床中；等轴晶系结晶，六八两面对称型式。黑色，不透明。硬度 5—6。比重 6.62—9.7，为深成热液产物所特有。

矿物在化学和机械风化作用下均不稳定，通常并不形成砂矿，只有高山区和寒冷地带的风化作用才有例外。

其异种有铀钍矿，含铀高达 14%，钍铀矿、黑富铀矿、含铀高达 16%。

沥青铀矿 ($k\text{UO}_2 \cdot l\text{UO}_3 \cdot m\text{PbO}$) 当 $l = 1$ 时 $k = 0.44—50$ 。 UO_2 和 UO_3 间存在着许多连续的化合物 $\text{UO}_2 \cdot 2\text{UO}_3 = \text{U}_3\text{O}_8$ 。

矿物具胶状构造，尚未见到过结晶体，含 $\text{Th} \geq 1—1.5\%$ ，硬度 3—5，黑色，不透明。呈肾状，致密状，泉华状集合体。有三类变种：

1. UO_2 中氧的稳定的固体溶液由 $\text{UO}_{2.17}$ 到 $\text{UO}_{2.80}$ 。

2. UO_2 中的 U_3O_8 和 U_3O_8 中的 UO_2 的混合晶体，即由 $\text{UO}_{2.1}$ 到 $\text{UO}_{2.62}$ 。

3. 在热液条件下和沉积岩形成的表生条件下生成的具有 U_3O_8 的晶体结构的物质（隐晶结构）其中 $\text{UO}_{2.62}$ 到 $\text{UO}_{2.70}$ 的结晶体，还看到沥青铀矿沿晶质铀矿形成假象。

铀黑 ($k\text{UO}_2 \cdot l\text{UO}_3 \cdot m\text{PbO}$) 其中当 $l = 1$ 时，或当成 $\text{UO}_{2.70—2.92}$ $m\text{PbO}$ 时， $k = 0.08—0.44$ 。为松散状结构的集合体。未见结晶体。形成皮壳状、被膜状。

可分为：1) 残余铀黑： $\text{ThO}_2 \geq 3—8\%$ 由晶质矿物变化而来。成细脉状，致密状，其沥青铀矿和非晶铀矿的假象，当 U^{4+} 氧化时形成。含 $\text{UO}_2 = 0—40\%$ ， $\text{UO}_3 = 9—40\%$ 。2) 再生铀黑：不含 ThO_2 ，含 $\text{UO}_2 0.5—0.7\%$ ，为含铀的混合物被破坏后，析出 U^{4+} ，又受还原作用而形成，它易溶于酸中。

上述各种铀的氧化物具有最重要的工业意义，它们构成了许多类型矿床的矿石。

鈾的氫氧化物及鈾礦類(уранит)

这里包括了四和六价鈾的簡單含水氧化物及复氧化物，某些学者把后一类矿物看作是各种金属的含水鈾酸盐。

所研究的矿物系 $\text{UO}_3\text{PbO} \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的一系列連續化合物，其中还含有 Ba、Ca、Na、Bi 等阳离子，因而使其成分变得复杂。简单氫氧化物中含 UO_3 87.5—91.4%。复杂氫氧化物中则为 65.85—82.8%。很少达到 52.7% (鈾鉍矿)。黄色、橙黄色、也有紅褐色，有时呈黄色、黑紫色 (七水鈾矿)。松脂状、金剛状、油脂状光泽。

呈結晶形态者很少，为长板状、薄片状、錐状。常呈壳状，隱晶質。也常成晶質鈾矿和瀝青鈾矿的假象。一般是在早期阶段的氧化作用下形成，但也在内生热液矿床中見到这类矿物，簡單氧化物有：

七水鈾矿 ($2\text{UO}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 斜方晶系，硬度 2—3，黑褐紫色，半金属光泽。

深黃鈾矿 ($3\text{UO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 斜方晶系，硬度 2—3，琥珀黄色，油脂光泽，分为含 Pb 及含 Ba 的深黃鈾矿。

柱鈾矿 ($4\text{UO}_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) 斜方晶系，双錐体、檸檬黃、金剛光泽。

复氧化物或鈾酸盐的一般分子式是： $k\text{RO} \cdot m\text{UO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ，这里 $R = \text{Pb}, \text{Na}_2, \text{Ba}, \text{Ca}, \text{Cu}, \text{Bi}$ 。

板鉛鈾矿 ($2\text{PbO} \cdot 5\text{UO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 斜方晶系，紅褐色。

鈾鉍矿 ($\text{Bi}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{UO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) 橙黄色，纖維状—球粒状集合体。

紅鈾矿 ($\text{PbO} \cdot 4\text{UO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 紅色，板状。

六价鈾的氫氧化物較 U^{4+} 矿物稳定，故常見于内生矿床氧化带中，特别是硫化物少的矿床氧化带中。

矽酸盐和含水矽酸盐矿物

瀝青鈾矿或鈾矿类矿物破坏后不仅只形成氫氧化物，并进而生成矽酸盐。此作用与鈾的移出有关。这种作用是发生在内生热液矿床中，但是，只要当水中碱度增高和它的循环受到限制的时候

候,在表生条件下也能较强烈地发生。此时加入了矽酸和某些阳离子特别是钠。

铀矽酸盐的研究尚很不够。

铀矽酸盐的独特特征是:针状,放射状晶形,当它溶于盐酸中时矽酸胶凝产出。

铀矽酸盐矿物按成分为正常的含水双矽酸盐族,其分子式是: $R(\text{UO}_2)_2 \cdot [\text{Si}_2\text{O}_7]_n \cdot n\text{H}_2\text{O}$, 这里 $R = \text{Mg}, \text{Ca}, \text{Cu}, \text{Pb}(\?), \text{Bi}(\?)$ 。

矽镁铀矿 $[\text{Mg}(\text{UO}_2)_2 \cdot (\text{Si}_2\text{O}_7) \cdot 7\text{H}_2\text{O}]$ 斜方晶系, 檸檬黄, 毛氈状, 放射状, 有铀矿类矿物和瀝青铀矿的假象。 $Nm = 1.635$ 和 1.642 , 硬度 3, 沿 $[100]$ 有完全解理。

矽钙铀矿 $[\text{Ca}(\text{UO}_2)_2 \cdot (\text{Si}_2\text{O}_7) \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ 斜方晶系, 稻草黄, 凝华状, 皮壳状。

另外一族——基性矽酸盐和正矽酸盐。

矽铀矿 $(5\text{UO}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$ 斜方晶系, 黄和綠黄色, 放射状, 致密状, 双錐形晶体, $Nm = 1.662-1.680$ 。

矽铀鉛矿 $(\text{PbO} \cdot \text{UO}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O})$ 单斜晶系, 褐黄色, 放射状, 粉末状, 致密状, 硬度 4—5, 油脂光泽, $Nm = 1.910$ 。

коффинит $[\text{U}(\text{SiO}_4)_{1-x}(\text{OH})\text{U}_x]$, 含 UO_2 46.37—68.29%。正方晶系, 致密土状或細晶集合体。比重 5.1。硬度和解理不詳, 因此矿物研究得还不够。黑色。不透明。溶于 HCl 中析出 SiO_2 的胶凝体。見于与瀝青质有关的矿床中, 具有重要的工业价值。

ненадксит $\text{U}^{4+}-\text{U}^{6+}$ 的含水矽酸盐, 并含碱土元素 $(\text{Mg}^{2+}, \text{Ca}^{2+}, \text{Pb}^{2+} \dots)$, 分子式尚未定出。含 UO_2 0.6—21.72%, UO_3 30.94—58.01%。致密块状, 褐或黃褐色。不透明。无解理。变生非晶质物, 硬度 3—4, 比重 3.56—4.81。溶于淡 HCl 中, 形成凝体, 見于鉄—铀型热液矿床中, 具工业价值。

矽酸盐和水矽酸盐分布相当广泛, 有时形成巨大的有工业价值的矿体。它們形成于内生条件下, 从瀝青铀矿和铀矿类矿物变来, 在外生条件下, 当沒有硫化物且为活动力弱的碱性溶液时也有极少数形成。

硫酸盐矿物

本类矿物还研究得不够。可把它划分为两族:1)简单硫酸盐,分子式是 $RUO_3 \cdot mSO_3 \cdot nH_2O$; 2)复硫酸盐 $kRO \cdot lUO_3 \cdot mSO_3 \cdot nH_2O$, 这里 $R = Cu, Ca, Mg, Mn?, Fe?, Na?, K?$ 。具方块状,长薄片状晶形,通常晶体很少;只能在显微镜下看到。具各种色调的黄色,有时为绿色,在紫外灯下微发光。脆性,溶于弱矿物酸中,其中某几个矿物还溶于水。

水铀矾 $2UO_3 \cdot SO_3 \cdot 4-6H_2O$, 单斜晶系,粉末状。泉华状,橙黄。玻璃光泽。 $Nm = 1.615-1.736$ 。

土硫铀矿 $3UO_3 \cdot SO_3 \cdot 14H_2O$, 斜方晶系。皮壳状,泉华状。黄色,无光泽。 $Nm = 1.790$ 。

铀钙矿 $6UO_3 \cdot SO_3 \cdot 16-17H_2O$, 纤维状,浅黄色。能强烈发光。 $Nm = 1.623$ 。

铀的硫酸盐是典型的表生矿物,与石膏,黄钾铁矾,褐铁矿共生。它们只形成在表生带中,由铀黑变来。也即是说,只在四价铀发生氧化同时其他硫酸盐也受氧化而成 $[SO_4]^{2-}$ 离子时形成。它们可作找矿标志。

碳酸盐和硫酸-碳酸盐矿物

本类矿物也研究得不够。其中有:简单的无水硫酸盐,简单的含水碳酸盐和复杂碳酸盐。

纤铀矿 $[(UO_2)CO_3(?)]$ 纤维状,黑色。

板菱铀矿 $[Ca(OH)_2 \cdot 2CaCO_3 \cdot (UO_2)CO_3 \cdot Na_2SO_4 \cdot 9H_2O]$ 六方晶系。云母状,鳞片状。

铀钙矿 $(2CaO \cdot UO_3 \cdot 3CO_2 \cdot 9H_2O)$ 斜方晶系,等轴状,片状。黄绿色,能强烈发光。

菱铀矿 $(CuO \cdot UO_3 \cdot 2CO_2 \cdot 10H_2O)$ 斜方晶系,片状,鳞片状。绿色,不能发光。

它的鉴定特征是:加HCl后起泡,它们是主要的找矿标志。