

铀矿物鑑定手冊

P.B.格 采 娃

編著

K.T.薩維耳耶娃

地 質 出 版 社

鈾礦物鑑定手冊

P.B. 格采娃 K.T. 薩維耳耶娃 編著

地質出版社

1960·北京

Р. В. Гецова и К. Т. Савицкая
РУКОВОДСТВО ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ
УРАНОВЫХ МИНЕРАЛОВ
Госгеолтехиздат Москва 1956

本書由錫伯勤、田玉、陳全生、李茂林、宋平、董家瑞、燕永器、塞士爾等譯，由
樊璠秋、丁凱、伍叔梅、錫伯勤、田玉等校，并經王德滋統校。

鈾礦物鑑定手冊

編著者 Р. В. 格采娃 К. Т. 薩維耳耶娃
譯者 錫 伯 勤 等
出版者 地 質 出 版 社
北京西四單市大街地質部內
北京市書刊出版業營業許可證出字第050号
發行者 新 華 書 店 科 技 發 行 所
經售者 各 地 新 華 書 店
印刷者 地 質 出 版 社 印 刷 厂
北京安定門外六鋪炕40号

印數(京) 1—5000册 1960年1月北京第1版
開本 787×1092¹/₁₆ 1960年1月第1次印刷
字數 350 000 印張 14¹/₉ 插頁 7
定價(10) 2.10元

目 录

序言.....	5
---------	---

第一篇 鈾矿物的分类及鑑定表

第一章 鈾矿物及其分类、分級和成因.....	7
鈾矿物.....	8
文献內介紹过但未經进一步研究所証实的鈾矿物.....	8
沒有充分理由而划分出来的矿物.....	9
未經化学分析而記載于文献中的新矿物.....	9
詳細研究过而划分出来的鈾矿物.....	10
鈾矿物一覽表.....	10
鈾矿物成因.....	14
含鈾矿物.....	18
鑑定鈾矿物时所运用物理和物理化学性質的某些特征.....	20
鈾矿物鑑定表.....	24
矿物綜合鑑定表的編制及矿物系統鑑定的一般步骤.....	24
鑑定鈾矿物的光性資料.....	28
鈾矿物伦琴射綫測量鑑定数据.....	48
綜合鑑定表內未包括的鈾矿物特性的資料.....	76
鈾矿物鑑定法.....	82
1. 放射性摄影法.....	83
2. 发现放射性矿物的間接方法.....	83
3. 印痕法.....	84
4. 发光法.....	85
5. 光学法.....	89
6. 几种最簡單的化学反应.....	90
7. 鈾矿物的其他研究方法.....	95
8. 研究材料的准备.....	97

第二篇 鈾矿物各論

一、氧化物.....	99
A. 无水氧化物.....	99
鈾的无水氧化物和鈾鈷无水氧化物.....	99
1. 鈾的无水氧化物.....	101
2. 鈾鈷的无水氧化物.....	113
3. 含鈦的复杂无水氧化物 (鈦酸盐).....	119
4. 含鋇、鋇、鈦的无水复杂氧化物 (鋇鋇酸盐和鈦鋇鋇酸盐).....	126
B. 含水氧化物 (氢氧化物).....	152

1. 简单结晶的铀水氧化物.....	154
2. 简单非晶質的铀水氧化物.....	161
3. 复杂结晶的铀水氧化物 (铀酸盐)	164
4. 复杂非晶質的铀水氧化物.....	168
二、含氧盐.....	170
1. 碳酸盐和硫酸盐 - 碳酸盐.....	170
2. 硫酸盐.....	179
3. 钼酸盐.....	185
4. 磷酸盐、砷酸盐、钒酸盐.....	186
5. 矽酸盐.....	215
三、有机化合物.....	230
参考文献.....	235
在实验室和野外条件下鑑定铀矿物的设备和化学试剂一覽表.....	238
中文矿物名詞索引.....	241
俄文矿物名詞索引.....	248

铀 矿 物 鑑 定 表

表 I. 带有黑色、近黑色和灰色条痕的黑色和灰色矿物	1 頁
表 II. 带有彩色条痕的黑色矿物	2 頁
表 III. 深色矿物	1 頁
表 IV. 鲜艳的和浅色的矿物	4 頁

序 言

由于在自然界中鈾所形成的矿物种类繁多及其化学性質与物理性質的复杂性和易变性，以致在鑑定許多外表相似的矿物时引起了极大的困难。这些困难有时甚至用化学分析都无法解决，因为經常不能获得为了得到可靠結果所必需的无杂質的矿物量。不仅如此，文献中所描述的某些矿物，一般亦均未对其化学成分作精确的确定。

本書主要是在1951—1952年間根据苏联和外国研究者们的一些資料編写成的。此后曾以1953年的資料作了补充，而某些个别矿物（其中包括第一次所描述的矿物）則是根据1954—1955年間的資料予以补充的。

本書由两部分构成：鑑定方法和矿物的描述。前一部分是关于全部已知鈾矿物的分类以及其物理性質和化学性質的描述。

由于对待許多資料采取批判看法以及对一系列基本鑑定特征的检查訂正，所以本書中对个别矿物的某些描述与其他参考書，甚至与最新的参考書中所叙述的亦有出入。

許多矿物（氢氧化物，个别的鈾矽酸盐）的成因亦根据近几年来在地質勘探工作中得到的一些新观念在書中作了論述。

在附表中所列的伴生矿物，并不包括文献中所述过的所有矿物，而仅仅是那些在生成条件上与鈾矿物有关的矿物，或者是生成鈾矿物的母矿物。

鑑定矿物时可以不必要遵照本書所規定的順序，而是根据研究者所观察到的个别特征进行，書中除附有綜合鑑定表外，还有表示光学特性、螢光現象、比重数据、矿物中鈾之百分含量等图表以及伦琴射綫測量常数（ $d/n, I$ ）表。

至于未包括在綜合鑑定表內的鈾矿物（可靠程度甚小及研究得不够的一些矿物）另列于特制的表中。

本書第一部分中对許多鈾矿物（部分为新发现的和已經确定了的矿物）的某些研究和鑑定方法作了不同程度的詳細描述和补充。

由目前已确定了的190种鈾矿物和含鈾矿物中，特別划分出最可靠的一类矿物（达113种），将这些矿物編成本書，并作簡明的描述。

鑑定表是根据物理性質和物理化学性質的系統分类原則以綜合表格形式組合成的，通过这些性質，能够順次地区分矿物，并在很大程度上以相同的方法来鑑定矿物。矿物的顏色及部分条痕的顏色具有主要的鑑定意义，根据这些顏色将矿物分成四种基本类型。对于每一种类型都选择出了具有代表性的鑑定标志，这样就可以使研究者在鑑定过程中省去作許多化学反应并且不需再去闡明那些非特征的而又难以鑑定的，或是表現得不明显之标志。这些非特征的标志被列入“补充标志”欄內，这些补充标志能够在許多情况下正确鑑定矿物，这要取决于研究者具有的可能性。

在本書編著过程中，对用来作为补充鑑定标志的物理性質沒有作过檢驗，引用

的数据是从各种各样的文献中借用来的。如文献中引用的常数发生矛盾时，就选用符合于该矿物化学分析结果的常数，或在万不得已时，选用借其他常数精确测定过的矿物之常数。

本書的第二部分，是关于 113 种可靠的研究得最好的鈾矿物的描述，这些矿物在綜合鑑定表中均已列入。对于書中所述的矿物，我們扼要地提供了鑑定所需的全部資料，而不准备对每种矿物作詳細专論。

矿物的描述是按 A.Γ. 別捷赫琴化学分类的次序安排的。

書尾列举的一段参考文献目录并没有包括每一种矿物的全部文献，而只是对以前研究已作出結論的并附有更詳細参考書目的最新文献。讀者如对書中所述矿物数据不滿足时，可參閱書版較早的参考文献。

作者謹向对本書手稿提出宝贵意見的 Ю.А. 阿拉波夫、B.B. 謝尔宾納、B.C. 卡尔宾科、B.A. 波利卡尔波娃和 И.Л. 阿姆巴尔楚綿等人以及特別是在鈾矿物学基本問題上协助作者的B.Γ. 麦尔科夫致以深切的謝意。

第一篇

鈾矿物的分类及鑑定表

第一章 鈾矿物及其分类、分級和成因

鈾的地球化学性質甚为复杂——鈾在自然界中呈 U^{4+} 及 U^{6+} 的形态存在，在高温条件下，四价鈾与鈷、稀土元素、鋳、鈣一起生成无限制的类質同象，在地表条件下，六价鈾化合物的极大活动性及易于水解的特性决定了鈾矿物的多样性及复杂性。

自然界中已知有四价鈾的矿物、六价鈾的矿物以及既含有四价又含六价鈾的矿物。

所有这些矿物的一个共同特点是：它們均属于含氧的化合物^①。有的含氧化合物的化学构造较简单（鈾及鈷的氧化物，氢氧化物，碳酸盐，鈾鹽矽酸盐，磷酸盐、砷酸盐、钒酸盐、硫酸盐），有的則是鈾同其他許多元素的复杂化合物（鈷砷酸盐，含鈷、鋁、鋳的复杂氧化物）。

目前所知道的还远不是全部的鈾矿物，其一覽表也几乎逐年在补充。自然界中鈾矿物存在的条件（相当罕見，量少，紧密的互結生长）与鑑定的困难性皆不利于对鈾矿物的查明与研究。这說明对已知鈾矿物的研究还很不够，从而影响到确定鈾矿物分类及有足够根据的鈾矿物一覽表。

在許多已发表了的一覽表中除列进可靠的鈾矿物外，还包括一些尚有疑問甚至是未被承認的矿物。此外，有許多已发现的但按不同名称描述的矿物，并不是独立的矿物种类，而是已知矿物的变种或类似物。

現在有一种傾向，即在个别的矿物种屬之下划分出一系列連續不断的、性質逐漸改变的化合物。最后，有些矿物中鈾含量不固定（仅呈少量偶然杂質存在），但都作为鈾矿物列入一覽表中。

假若内生矿物中鈾的最低含量算为万分之几，而在表生矿物中算为十万分之几，将各一覽表中保留至今的单独的及显然是同一的鈾矿物統計后可分为 190 种已知矿物及其变种，在其成分中鈾是作为一个基本組份，或成为混入物。按鈾的含量可分成两类矿物：

1. 鈾矿物——鈾成为一种主要元素或以相当多的量呈类質同象取代 Th、TR、Zr

①在有机化合物組份中鈾或許也是呈氧化物形态存在的。

及其他元素(144种矿物)。

2. 含铀矿物——铀在其中不是经常都有的, 并通常呈少量混入物存在(不少于45种矿物)。

铀 矿 物

铀矿物按其现有资料的可靠程度可分为意义不等的四类:

第一类——已记入文献中, 但未被进一步研究所证实的矿物;

第二类——没有充足理由而划分出来的矿物;

第三类——未经化学分析而记载于文献中的新矿物;

第四类——详细研究过而划分出来的铀矿物种及变种。

文献内介绍过但未经进一步研究所证实的铀矿物

1. 铀钙铜矿(Уранохальцит, uranochalcite) $UO \cdot U_2O_3 \cdot CuSO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot 18H_2O$ 。

2. 硫钙铀矿(Фоглианит, voglianite) $2(3U_3O_4 \cdot 2SO_3) \cdot CaSO_4 \cdot 10H_2O$ 。

3. 脂铅铀矿(Гуммит, gummite) U、Pb和Ca的含水矽酸盐。

1856年仅由佛格尔(Vogl)对铀钙铜矿及硫钙铀矿作为铀盐、铜及钙的含水硫酸盐进行了描述。但1935年当诺瓦契克(Novacek)对该矿床的次生矿物进行专门研究时并未发现有这些铀矿物。根据他的鉴定, 认为陈列的铀钙铜矿标本可能是矽铜铀矿或不含铀的矿物。近几年来, 除铀铜矾外, 在该矿床中尚未发现任何一种含有铜的铀硫酸盐。

脂铅铀矿是成分不定的晶质铀矿及非晶铀矿的橙红色蚀变产物, 主要由 UO_3 、 PbO 、 SiO_2 、 H_2O 所组成。丹纳(Дэна) (丹纳及其他人, 1951) 将此术语用于晶质铀矿氧化及水化作用最后阶段的产物, 它具有黄、橙黄、红、褐及黑色, 通常为含有铅、钍的铀氧化物的混合物并含有比较多的水。

虽然许多学者指出了脂铅铀矿的非均一性, 但还在1937年斯古普及林麦尔(Schoep, Loewner)进行伦琴结构分析后, 就完全证明了脂铅铀矿基本上系板铅铀矿(кюрит)及矽铀矿(соддит)的混合物, 因而脂铅铀矿这个名称曾很牢固地记入文献中。脂铅铀矿这一定名早在1883年当Г. 福尔伦(Г. Фуллон)将类似矿物(脂铅铀矿变种 гуммиэртц, элиасит, питтинит, корацит)早先的各种定名统一起来称为脂铅铀矿。

在编写此书的同时, 对一些脂铅铀矿作了检验, 从取代晶质铀矿及非晶质铀矿的脂铅铀矿成分中能够分离出呈橙红色氧化物的单矿物部分——当取代晶质铀矿时则分离出钍板铅铀矿(参看169页), 当取代非晶质铀矿时则分离出普通板铅铀矿的致密变种。从分析得知, 脂铅铀矿的黄色成分是矽铀矿及矽钙铀矿(уранофан)类型的矽酸盐混合物。同时, 确定前一种情况其中含有近10% ThO 。

因而根据已知材料, 脂铅铀矿不是单矿物形成体, 而至少是三种组份的混合物: 取代晶质铀矿时生成的钍板铅铀矿及含钍矽酸盐的混合物, 取代非晶质铀矿时生

成的板鉛鈾礦和矽鈾礦與矽鈣鈾礦類型的矽酸鹽的混合物。

從以上敘述中看出，鈾鈣銅礦、硫鈣鈾礦是否存在尚須証實，而脂鉛鈾礦又是一個多種礦物的混合物，故暫時可不列入礦物一覽表中。

沒有充分理由而划分出來的礦物

- | | |
|----------------------------|------------------------|
| 1. 鉍鉛鈾礦 (Иттрогуммит) | 6. 鈾鉬華 (Ураномолибдит) |
| 2. 鈳脂鉛鈾礦 (Ториевый гуммит) | 7. 鈳鉍鈳鈾礦 (Писекит) |
| 3. 脂鈳鉛鈾礦 (Торогуммит) | 8. Y 礦物 (Минерал Y) |
| 4. 硫鈣鈾礦 (Меджидит) | 9. 變鈾鈳礦 (Хиблит) |
| 5. 水矽鈳鈾礦 (Эналит) | 10. 鈾鈳鉍鐵礦 (Тоддит) |

所有這些礦物幾乎全未研究過，有關這方面的資料絕大部分僅限於簡單提到其存在而已。在許多情況下這些礦物是引起懷疑的，況且這些礦物沒有再次的發現。看來其中有些礦物（鉍鉛鈾礦、鈳脂鉛鈾礦、脂鈳鉛鈾礦、鈾鈳鉍鐵礦）是許多礦物的混合物。由於這個原因，這些礦物未列入鑑定表內，有關資料單獨列於表3中。

未經化學分析而記載於文獻中的新礦物(1946—1955)

1. 混合鈾雲母 (Смешанные урановые слюдки)
2. 鉍含水鈾磷酸鹽 (Водный уранофосфат висмута)
3. 鈾的絹絲狀硫酸-碳酸鹽 (Шелковистый сульфат-карбонат урана)
4. 水鈾鉛礦 (Маскунит)
5. 橙黃鈾礦 (Вандендрисшеит)
6. 黑鉛鈾礦 (Ришетит)
7. 絲黃鈾礦 (Дидерихит)
8. 水絲鈾礦或鈾霞石 (Студтит)
9. 銅鉛霞石 (Шуилингит)
10. 鈉鈣鈾硃 (Неогастунит)
11. 德魯格曼石 (Другмансит)
12. 鉬鈾礦 (Умохоит)
13. 氫鈣鈾雲母 (Водородный отенит)
14. 氫鈣砷鈾雲母 (Водородный ураноспинит)
15. 鈾石 (Коффинит)
16. 砷鉀鈾礦 (Абернатит)
17. 砷鐵鈾礦 (Калерит)
18. 鈾獨居石 (Цералит)

在文獻中這些礦物的成分幾乎未經鑑定，有關其物理性質的一些資料也欠完善。關於這些礦物的資料同上類一樣將單獨列入表4中。

詳細研究过而划分出來的鈾矿物

該类包括的鈾矿物是最可靠的，共有113种矿物及变种。

但必須指出，由于对这些矿物研究的情况不一，因而在某种程度上需适当地进行检查及补充研究。还应顧及到下列許多矿物：如鈦鈷鈾矿（иттрокразит）、鈷鈾矿（иттроколумбит）及一些其他复杂氧化物，一般可暫且列入鈾矿物类（而不是含鈾矿物类），因其中每种矿物仅根据一、两次化学分析結果且含鈾量不高（1.5—3%）。同样有机化合物：鈾瀝青鈾矿（тухонит）、碳鈾矿（карбуран）、水碳鈾磷矿（согренит）也可暫且列入一覽表中，以鈾瀝青鈾矿为例，其中鈾的存在就是与晶質鈾矿显微包裹体有关。

鈾矿物一覽表

一、氧 化 物

A. 无 水 氧 化 物

1. 鈾的无水氧化物

非晶質鈾矿（Настуран） $(U_{1-x}^{4+}U_x^{6+})O_{2+x}$ 或 $UO_{2.16-2.70}$

无鈾晶質鈾矿（Бесториевый уранинит） $(U_{1-x}^{4+}U_x^{6+})O_{2+x}$

鈾黑（урановая чернь） $(U_{1-x}^{4+}U_x^{6+})O_{2+x}$ 或 $UO_{2.70-2.92}$

2. 鈾和鈦的无水氧化物

晶質鈾矿（Уранинит） $[(U^{4+}Th)_{1-x}U_x^{6+}]O_{2+x}$ ； $UO_2:ThO_2=8.5-68$

鈾鈦矿（Брёггерит） $[(U^{4+}, Th)_{1-x}U_x^{6+}]O_{2+x}$ ——含 ThO_2 7.8—13.9% 的晶質鈾矿的变种。

鈷鈾矿（Клевейт） $[(U^{4+}, Th, TR)_{1-x}U_x^{6+}]O_{2+x}$ ——含稀土元素 2.24—15.01% 的晶質鈾矿的变种。

鈾鈦鉛矿（Алданит） $[(Th, U^{4+})_{1-x}U_x^{6+}]O_{2+x}$ ； $UO_2:ThO_2=0.20-0.26$

方鈾石（Торианит） $(Th, U)O_2$ ； $UO_2:ThO_2=0.05-0.20$

3. 含鈦（鈦酸盐）复杂的无水氧化物

鈦鈾鉄矿（Давидит） AO_2 ？ $A=Ti, Fe, U, (Ce), Pb, Ca$

富鈦鉄鈾矿（Ферутит） $(Fe^{2+}, U, Ce)(Ti, Fe^{3+})_3(O, OH)_7$

鈦鉄鈾鈷矿（Делоренцит） $(Y, U, Fe)(Ti, Sn)_3O_8$ ？

鈦鈾矿（Браннерит） $(U, Ca, Fe, Y, Th)_3Ti_5O_{16}$

鈦鈷鈾矿（Иттрокразит） $(Y, Th, U, Ca)_2(Ti, Fe, W)_4O_{11}?$

鈦富鈾矿（Лодочникит） $2(U, Th)O_2 \cdot 3UO_3 \cdot 14TiO_2$

鈦鉄鈾矿（Уфергит） $20FeO \cdot 8Fe_2O_3 \cdot 4TR_2O_3 \cdot UO_2 \cdot 74TiO_2$

4. 含铈、铌、钽的复杂的无水氧化物 (铈铌酸盐及钽铌酸盐)

(a) 铈 铌 酸 盐

褐钨铈矿 (Фергусонит) $(Y, Er, Ce, U, Fe)(Nb, Ta, Ti)O_4$

铈钨矿 (Самарскит) $(Y, Er, Ce, U, Th, Fe)_4[(Nb, Ta)_2O_7]_3$

钙铈钨矿 (Кальциосамарскит) $(Ca, Y, Er, Ce, U, Th)_3(Nb, Ta, Fe)_5O_{15}?$

钨铈铁矿 (Плюмбониобит) —— Y, U, Pb, Fe 的复杂氧化物或铈酸盐。

铈钨铁铈矿 (Ишикаваит) $(U, Fe, Y, Er, Ce)(Nb, Ta)_2O_7?$

钨铈铈矿 (Обручевит) $3Na_2O \cdot 4(Ca, Fe)O \cdot 3Y_2O_3 \cdot (U, Th)O_2 \cdot 5(Ta, Nb)_2O_5$

$\cdot 20H_2O?$

钙钨铈矿 (Гельмкит) —— Y, Fe, U 和 Ca 的含水氧化物或铈钨酸盐。

钨钽铁铈矿 (Ампагабейт) $(Y, Er, U, Ca, Th)_2(Nb, Ta, Fe, Ti)_7O_{13}?$

钨铈矿 (Иттротангелит) $(Fe, Y, Er, U, Ca)_4[(Ta, Nb)_2O_7]_3; Ta > Nb$

钨钨铈矿 (Иттроколумбит) $(Fe, Y, Ce, U, Th, Ca)_4[(Nb, Ta)_2O_7]_3; Nb > Ta$

黑钨铈矿 (Джалмаит) $(U, Ca, Pb, Fe)(Ta, Nb, Zr)_3O_9 \cdot nH_2O$

(6) 钽 铌 酸 盐

钨钽铈矿 (Бетафит) $(U, Ca, Th, Y, Ce)(Nb, Ta, Ti)_3O_9 \cdot nH_2O?$

钨钽铈钨矿 (Самиресит) $(U, Pb, Ce)(Nb, Ta, Ti)_3O_9 \cdot nH_2O?$

钨钨钽铈矿 (Бломстрандит) $(U, Ca, Fe, Ce,)(Nb, Ta, Ti)_3O_9 \cdot nH_2O?$

铈钨钨矿 (Гатчеттолит) $(Ca, U, Fe)_2(Nb, Ta, Ti)_2O_6(O, OH)$

富铈烧绿石 (Менделеевит) $(U, Ca, Fe)_2(Nb, Ta, Ti)_2O_6(O, OH)$

钙铈水石 (Эльзвортит) $(U, Ca, Fe)_2(Nb, Ta, Ti)_2O_6(O, OH)?$

赫洛宾矿 (Хлопинит) $(Y, U, Th)(Nb, Ta, Ti, Fe)_2O_6?$

斜方钽钨稀土矿 (Бломстрандин) $(Y, Er, Ca, Th, U)(Ti, Nb)_2O_3$

钨易解石 (Присрит) $(Y, Er, Ca, U, Th)(Ti, Nb)_2O_6$

黑稀金矿 (Эвксенит) $(Y, Ce, Ca, U, Th)(Ti, Nb, Ta)_2O_6$

复稀金矿 (Поликраз) $(Y, Ce, Ca, U, Th)(Ti, Nb, Ta)_2O_6$

杂钨矿 (Винкит) 铈、钨、钙、铁的复杂氧化物或其砂-钽-铌-铈酸盐。

Б. 含水氧化物 (氢氧化物)

1. 铈的简单含水氧化物

七水铈矿 (Янтинит) $2UO_2 \cdot 7H_2O?$

深黄铈矿 (Беккерелит) $3UO_3 \cdot 5H_2O$
 $3[(U, Pb)O_3] \cdot 5H_2O$

氢氧铈矿 (Эпиянтинит) $UO_3 \cdot H_2O$

X矿物 (Минерал X) $5UO_3 \cdot 9H_2O$

副水铈矿 (Параскупит) $5UO_3 \cdot 9\frac{1}{2}H_2O$

柱铈矿 (Скупит) $4UO_3 \cdot 9H_2O$

水非晶鈾矿 (Гидронастуран) $(U_{1-x}^{4+}U_x^{6+})O_{2+x} \cdot nH_2O, n=3-9$; 或 $UO_{2.5-2.8} \cdot nH_2O$

水鈾矿 (Ургит) $UO_3 \cdot nH_2O, n=1.7-3.1$

2. 鈾的复杂含水氧化物 (鈾酸盐)

水鈾鋇矿 (Бильетит) $BaO \cdot 6UO_3 \cdot 10-11H_2O$

板鉛鈾矿 (Кюрит) $2PbO \cdot 5UO_3 \cdot 4H_2O$

紅鈾矿 (Фурмарьерит) $PbO \cdot 4UO_3 \cdot 5H_2O$

水鈾銅矿 (Ванденбрандеит) $CuO \cdot UO_3 \cdot 2-2.5H_2O$

纖鈾銻矿 (Ураносферит) $Bi_2O_3 \cdot 2UO_3 \cdot 3H_2O$

水標鈾矿 (Кларкеит) $(Na, K)_{2-2x}(Ca, Pb)_xU_2O_7 \cdot yH_2O$

鈾板鉛鈾矿 (Ториевый кюрит) $(2PbO \cdot ThO_2 \cdot 5UO_3 \cdot 6H_2O)$

二、含 氧 盐

1. 碳酸盐及硫酸-碳酸盐

(a) 碳 酸 盐

纖碳酸鈾矿 (Рётзерфордин) $(UO_2)CO_3?$

七水碳酸鈾矿 (Шарпит) $(UO_2)_6[CO_3]_5[OH]_2 \cdot 7H_2O$

纖鈾碳酸鈣石 (Ураноталлит) $Ca_2(UO_2)[CO_3]_3 \cdot 8-11H_2O$

菱鈾矿 (Фоглит) $2CaO \cdot CuO \cdot UO_3 \cdot 5CO_2 \cdot 6H_2O$

菱鎂鈾矿 (Байлеит) $Mg_2(UO_2)[CO_3]_3 \cdot 18H_2O$

水碳酸鈣鈾矿 (Андерсонит) $Na_2Ca(UO_2)[CO_3]_3 \cdot 6H_2O$

水碳酸鎂鈾矿 (Свартцит) $MgCa(UO_2)[CO_3]_3 \cdot 12H_2O$

多水碳酸鈣鎂鈾矿 (Раббиттит) $Ca_3Mg_3(UO_2)_4[CO_3]_6[OH]_4 \cdot 18H_2O$

(6) 硫酸-碳酸盐

板菱鈾矿 (Шрёкингерит) $NaCa_3(UO_2)[CO_3]_3[SO_4]F \cdot 10H_2O$

2. 硫 酸 盐

水硫酸鈾矿 (Уранопилит) $(UO_2)_6[SO_4][OH]_{10} \cdot 12H_2O$

乙型-水硫酸鈾矿 (β -Уранопилит) $(UO_2)_6[SO_4][OH]_{10} \cdot 5H_2O$

水鈾矾 (Циппеит) $(UO_2)_2[SO_4][OH]_2 \cdot 3-5H_2O$

土硫酸鈾矿 (Ураконит) $3UO_3 \cdot SO_3 \cdot 14H_2O?$

鈾銅矾 (Иоганнит) $Cu(UO_2)_2[SO_4]_2[OH]_2 \cdot 6H_2O$

3. 鉬 酸 盐

多水鉬鈾矿 (Могуранит) $U_3^{4+}[MoO_4]_3[OH]_2 \cdot 10H_2O?$

水鉬鈾矿 (Иригинит) $U_2^{6+}[MoO_4][OH]_4 \cdot 4H_2O$

4. 磷酸盐、砷酸盐、钒酸盐

(a) 磷酸盐

磷铀稀土矿 (Лермонтовит) $(U^{4+}, (Ca_2, TR)_3(PO_4)_4 \cdot 6H_2O$

磷铀矿 (Фосфуранилит) $(UO_2)_3[PO_4]_2 \cdot 6H_2O$

钙铀云母 (Отенит) $Ca(UO_2)_2[PO_4]_2 \cdot 8-10H_2O$

水磷铀矿 (Ураношпатит) $Ca(UO_2)_2[PO_4]_2 \cdot 12H_2O$

镁磷铀云母 (Салеит) $Mg(UO_2)_2[PO_4]_2 \cdot 8-10H_2O$

钡铀云母 (Уранэцирцит) $Ba(UO_2)_2[PO_4]_2 \cdot 8H_2O$

铁铀云母 (Бассетит) $Fe(UO_2)_2[PO_4]_2 \cdot 6-8H_2O$

钒磷铀锰矿 (Фритчеит) $Mn(UO_2)_2[PO_4, VO_4]_2 \cdot 8H_2O$

铜铀云母 (Торбернит) $Cu(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 12H_2O$

正铜铀云母 (Метаторбернит) $Cu(UO_2)_2[PO_4]_2 \cdot 8H_2O$

磷铀铅矿 (Пржевальскит) $Pb(UO_2)_2[PO_4]_2 \cdot 4H_2O$

多水磷铀铅矿 (Ренардит) $Pb(UO_2)_4[PO_4]_2[OH]_4 \cdot 7H_2O$

磷铀铅矿 (Девиндит) $Pb_3(UO_2)_5[PO_4]_4[OH]_4 \cdot 10H_2O$

水磷铀铅矿 (Дюмонтит) $Pb_2(UO_2)_3[PO_4]_2[OH]_4 \cdot 3H_2O$

斜磷铀铅矿 (Парсонсит) $Pb_2(UO_2)[PO_4]_2 \cdot H_2O$

铝铀云母 (Сабугалит) $Al(UO_2)_4[PO_4]_4 \cdot 16H_2O$

(6) 砷酸盐

砷铀矿 (Трёгерит) $(UO_2)_3[AsO_4]_2 \cdot 12H_2O$

钙砷铀云母 (Ураноспинит) $Ca(UO_2)_2[AsO_4]_2 \cdot 8H_2O$

翠砷铜铀矿 (Цейнерит) $Cu(UO_2)_2[AsO_4]_2 \cdot 10H_2O$

砷铜铀矿 (Метацейнерит) $Cu(UO_2)_2[AsO_4]_2 \cdot 8H_2O$

砷铀铋矿 (Вальпургит) $UO_3 \cdot 2Bi_2O_3 \cdot As_2O_5 \cdot 3H_2O$

水砷镁铀矿 (Новачекит) $Mg(UO_2)_2[AsO_4]_2 \cdot 8-10H_2O$

(в) 钒酸盐

磷钒铀矿 (Ферганит) $(UO_2)_3[VO_4]_2 \cdot 6H_2O$

钒铀矿 (Уванит) $(UO_2)_2V_6O_{17} \cdot 15H_2O$

钒钙铀矿 (Тюямунит) $Ca(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot 8H_2O$

红钒钙铀矿 (Раувит) $CaO \cdot 2UO_3 \cdot 6V_2O_5 \cdot 20H_2O$

钾钒铀矿 (Карнотит) $K_2(UO_2)_2[VO_4]_2 \cdot 3H_2O$

水钒铜铀矿 (Сенджерит) $Cu_2(UO_2)_2[VO_4]_2[OH]_2 \cdot 9H_2O$

5. 矽酸盐

(a) 六价铀的矽酸盐

矽铀矿 (Соддит) $(UO_2)_5[SiO_4]_2[OH]_2 \cdot 5H_2O$

矽镁铀矿 (Склодовскит) $Mg(UO_2)_2Si_2O_7 \cdot 7H_2O$

矽鈣鈾矿 (Уранофан) $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

乙型-矽鈣鈾矿 (β -Уранофан) $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

矽銅鈾矿 (Купросклодовскит) $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

矽鈾鉛矿 (Казолит) $\text{Pb}(\text{UO}_2)\text{SiO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$; $n=1-1.6$

水矽鈾鉛矿 (Орлит) $\text{Pb}_3(\text{UO}_2)_3[\text{Si}_2\text{O}_7]_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

(6) 鈾和鈾的矽酸盐

鈾鈾石 (Ураноторит) $(\text{Th}, \text{U})\text{SiO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$; $n=1-1.5$

矽鈾鈾矿 (Майтландит) $(\text{Pb}, \text{Ca})_2\text{Th}_3\text{U}_4^{+}\text{Si}_8\text{O}_{32} \cdot 23\text{H}_2\text{O}$

黑鈾鈾矿 (Макинтошит) $(\text{Th}, \text{U})\text{SiO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$; $\text{Th}:\text{U}=3:1$ 或 $2:1$

矽鉛鈾鈾矿 (Николайит) $(\text{Pb}, \text{Ca})_2\text{Th}_3\text{U}_4^{+}\text{Si}_8\text{O}_{32} \cdot 21\text{H}_2\text{O}$

矽鈾鉛鈾矿 (Пальбарит) $\text{PbTh}(\text{UO}_2)[\text{OH}]_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

矽鈾鈣鎂矿 (Нечадзеит) $\begin{cases} 1. (\text{U}^{4+}, \text{Y}, \text{Ce})\text{U}^{6+}(\text{Mg}, \text{Ca}, \text{Pb})_2[\text{SiO}_4][\text{OH}] \dots \\ \cdot n\text{H}_2\text{O} \\ 2. (\text{U}^{6+}, \text{Y}, \text{Ce})(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Pb})_2[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{OH}]_4 \dots \\ \cdot n\text{H}_2\text{O} \end{cases}$

三、有机化合物

碳鈾矿 (Карбуран) —— 碳及氧化鈾的水合物。

鈾瀝青鈾矿 (Тухолит) —— 含 U、Th、Pb、TR 的碳化物。

水碳磷鈾矿 (Согренит) —— 碳与 U、P 及其他元素的水合物。

从上述矿物一览表中可以看出来以钼钼酸盐及钼钼钼酸盐类 (23) 矿物的种类最为繁多。其次为磷酸盐 (16)、矽酸盐 (13)、氢氧化物及钼酸盐 (15)、钼的无钼氧化物及钼的含钼氧化物 (8)、碳酸盐 (8)、钼酸盐 (7)、砷酸盐 (6)、钼酸盐 (6)、硫酸盐 (5)、有机化合物 (3)、钼酸盐 (2) 及硫酸钼酸盐 (1)。

这些矿物组，正如图 1 所示，显然是以钼的含量来区分的。然而钼及钼的氧化物、钼酸盐、钼钼酸盐、钼钼钼酸盐所含的钼大多为次要成分，其含量为 0.5—20%，很少超过 20%。主要钼矿物中含钼量的最低限度是 20—30% (含钼的钼黑除外)。钼的氧化物及氢氧化物含钼量最高 (达 70—77%)。

含氧盐中，对于仅含有钼的简单盐来说 (矽钼矿、碳酸钼矿、磷钼矿、砷钼矿) 含钼最高 (达 50—70%)；复盐中含钼量一般达 40—60%。

钼矿物成因

在内生条件下钼的聚集与酸性和硷性岩浆侵入体有关。

在岩浆作用的早期阶段，除稀有的钼酸盐 (钼钼矿、钼铁钼钼矿) 外钼不形成单独的矿物，而以类质同象混入物的形式。进入花岗岩类及硷性岩石的副矿物 (锆石、独居石、褐帘石、榍石等等) 的结晶格架中。但最近对花岗岩的研究证明，其中大部分的钼应该是以半微量的易活动的化合物 (大概是氧化物) 形式呈分散的游离状态，因其主要部分可由弱溶剂从岩石中淋滤而出，而造岩矿物的结晶格架并没

有受到破坏。原生铀矿物是当酸性及硷性岩浆的残余熔融体结晶时开始形成的，部分形成于伟晶作用最初阶段，而主要是于伟晶作用最后（气成）阶段形成的。接着铀矿物在热液阶段中继续形成，这时铀在岩浆派生条件下发生高度富集。

当热液矿床及伟晶岩矿床风化时，铀在表生带中完成一复杂的变化过程，由原生氧化物中的 U^{4+} 氧化成 U^{6+} （氧化带矿物），直到部分的又重新还原至四价-六价铀的形态（胶结带的再生铀矿）。

在該过程中, 为地表的含硫酸水和碳酸水帶入海盆地去的大部分 U^{6+} , 被有机化合物及硫化物还原并且沉淀, 因此金屬主要呈分散状态在沉积岩中堆积。在后生作用特别是變質作用过程中鈾进一步富集, 此时金屬具有矿物形态呈非晶質鈾矿或近似非晶質鈾矿的氧化物形态出現。

沉积矿床上部的铀的化合物，同样可再次的氧化，并成为六价铀矿物。含有稳定的铀矿物或含铀矿物的伟晶岩经常是砂矿中富集一些铀矿的源泉。

由于这些原因而产生各种不同成因类型的矿床并各具有一定的矿物组合。

偉晶岩类型和气成类型矿床的矿物

伟晶岩类型矿床，特别是伟晶气成矿床及纯气成矿床中铀的矿化作用极为复杂，且种类繁多，计有39种矿物及变种（仅指列入鉴定表中最可靠的矿物）：晶质铀矿、铀钍矿、钼铀矿、方钍石、铀钍铅矿、铀钍矿、黑铀钍矿、矽铀钍矿、矽铀钙镁矿、矽铅钍铀矿、钛铁铀钼矿、钛铀矿、钛钼钍矿、钛富铀矿、钛铁铀矿、钛铈铁矿、黑钨铀矿、褐钨铀矿、钨钼矿、钙钨钼矿、铅钨铁矿、钼钨铀矿、钨铈铁铀矿、钙钨钼矿、钨钛铁铀矿、钼钨矿、钼钨矿、钨钛铀矿、钨钛铀铅矿、钨钨钛铀矿、铀钨钨矿、富铀烧绿石、钙钨水石、赫洛宾矿、斜方钛钨稀土矿、钼易解石、复稀土矿、黑稀土矿、杂钨矿。

高温伟晶岩最大的特点在于含有铈的氧化物中间常有钍及稀土元素呈类质同象混入（晶质铈矿、钍铈矿、钍铈矿）。还含有不多的同一系列氧化物，而在其中钍比铈多（方钍石、钍铈铅矿），还见有钛酸盐及某些黑色的钛钽铌酸盐的变种。与该类伟晶岩有关的主要锆矽酸盐、钍矽酸盐及稀土元素的磷酸盐中铈呈混入物存在。

低温伟晶岩及气成矿床的铀矿物是深色和浅色的鈦鉭鋇酸盐、鈦酸盐、以及鈦矽酸盐和鋇矽酸盐的最富铀的代表物。铀的氧化物不具有典型的晶质铀矿特征，此种晶质铀矿与高温晶质铀矿之区别是具有相当复杂的晶形，含鈦及稀土元素較貧。

除少数矿物(铜钼矿、黑稀金矿、富钼烧绿石、杂铜矿、钼矿、钙铈水石)外,伟晶岩脉中的钼矿物不具有工业价值。

热液矿床的矿床

在所有其他成因类型的铀矿床中热液铀矿床具有最重要的工业价值。其特征是这些矿床中只有两种内生的铀矿物——即氧化物类的无铈晶质铀矿及非晶质铀矿，二者在形态上有区别（前者为晶质、后者为非晶质）。

无钍晶質鈾矿与最高溫生成的矽嘎岩（非工业类型）气成热液石英脉及交代矿床有关。

非晶質鈾矿的特征是生于中低温典型热液矿脉中。

热液和伟晶矿床风化带的矿物

在矿物学方面，根据风化作用的物理化学特征、原生矿石及围岩的成分，可明显地分为与不同类型风化带相联系的两组矿物。

1. 当发生酸性风化作用并伴随有金属大量迁移和分散时所形成的风化带矿物，它们是富含硫化物的热液鈾矿床中的典型氧化（淋滤）带和胶结带。氧化带下部（部分氧化亚带）发育有非晶質鈾矿蚀变中期阶段的产物——残留鈾黑。在一系列矿床中也见到再生鈾黑，有时见有四价鈾的磷酸盐（磷鈾稀土矿），它们是还原（对于含有六价鈾的氧化带上部）条件的指示矿物，为胶结带或次生富集带的特征。鈾黑，特别是残余鈾黑往往能称为鈾矿石，一般按其工业价值来说，并不次于该矿床原生矿带的矿石。

氧化带上部——完全氧化亚带（铁帽）中的矿物为鈾的六价化合物——磷酸盐、砷酸盐及一般数量不多的矽酸盐。该带共发现24种次生矿物：磷鈾矿、鈣鈾云母、水磷鈾矿、镁磷鈾云母、鋁鈾云母、铁鈾云母、钒磷鈾矿、铜鈾云母、正铜鈾云母、纖磷鉛鈾矿、多水磷鉛鈾矿、磷鉛鈾矿、水磷鈾鉛矿、斜磷鉛鈾矿、鉛鈾云母、板菱鈾矿、鈣砷鈾云母、翠砷銅鈾矿、砷銅鈾矿、砷鈾鉍矿、水砷鎂鈾矿、矽鈣鈾矿、矽鎂鈾矿、矽銅鈾矿。

磷酸盐及砷酸盐有时具有实际意义，为工业鈾矿石的貧矿。在地表条件下，它们作为热液矿床氧化带的最标准矿物，具有重要的找矿意义。

2. 产于硷性介質中的风化带矿物，具有独特的很少是貧化的热液矿床氧化带，这些热液矿床含硫化物相当貧乏，或是产于与富有中和剂岩石直接靠近之处（花岗岩、流纹岩、碳酸質岩石）。伟晶岩中鈾矿物的氧化与该类型风化作用有关。

在此过程中鈾矿物的最标准形态常是晶質鈾矿及非晶質鈾矿的假象，少数呈細微晶体的晶簇生在非晶質鈾矿的空隙中。

这里所指的热液矿床氧化带的次生鈾矿物几乎全部为鈾的含水氧化物及大部分六价鈾的矽酸盐。在低于地下水水面的局部氧化亚带中生成七水鈾矿、水非晶質鈾矿、而全部氧化亚带中则生成六价鈾的氢氧化物：深黄鈾矿、氢氧鈾矿、水鈾鋁矿、柱鈾矿、副水鈾矿、X矿物、板鉛鈾矿、紅鈾矿、水鈾銅矿、纖鈾鉍矿、水鈾矿和氧鹽矽酸盐。由氢氧化合物而形成的矿物有：矽鈾矿（或矽鈾矿类型的土状矽酸盐）、乙型矽鈣鈾矿、矽鈾鉛矿、水矽鈾鉛矿、矽鈣鈾矿。在此类型氧化带中共有18种矿物。

热液矿床上部的含水氧化物及矽酸盐的堆积不仅具有找矿价值，且与原生矿石一样具有工业价值，因为它形成于金属未經明显淋滤的非晶質鈾矿透鏡体上。

根据近几年来对一系列热液矿床的地质矿物学观察可以确定：在近地表的地方六价鈾的氢氧化物和矽酸盐在某种程度上常被后生的鈾的磷酸盐或鈾的砷酸盐所取