

铀矿床学

金景福 黄广荣 编



成都地质学院三条

前 言

铀矿床学是放射性矿产地质与勘探专业的一门主要专业课。本书主要是根据该课程的教学大纲编写的。为了满足当前教学的迫切需要,也为了进一步充实和完善本书的内容而广泛征求各有关方面的意见,我院领导决定首先内部出版此书。我们热切希望各位读者和专家们多多提出宝贵的意见,以利今后进一步修改和补充。

本书共分三篇八章。绪言、第一篇(第一、二、三章)由金景福编写,第二、三篇(第四、五、六、七、八章)由黄广荣编写。由金景福主编。刘锡臣审校了绪言及第一篇初稿,张待时审校了第二、三篇初稿,刘、张两位工程师对初稿提出了许多宝贵的意见。我院三系第三教研室的部分老师对本书初稿也提出了宝贵的意见。本书的绘图工作由成都地质学院绘图室完成。

在为编写本书收集资料的过程中,曾得到北京铀矿地质研究所及许多有关生产单位与研究单位的大力支持和帮助。对此,我们在这里表示衷心感谢。

限于编者的水平,本书中的缺点和错误在所难免,敬请读者给予批评指正。

编者 1982.10.

目 录

绪 言	(1)
一、铀矿床学及其与其它学科之关系	(1)
(一) 铀矿床研究的对象和任务	(1)
(二) 铀矿床与其它学科之关系	(1)
二、铀矿床学发展简史	(2)
三、铀矿资源情况	(3)
四、铀在矿石中的存在形式及具有工业价值的铀矿物和含铀矿物	(4)
(一) 铀在矿石中的存在形式	(4)
(二) 具有工业价值的铀矿物和含铀矿物	(5)
五、对铀矿床的工业要求	(6)
(一) 矿石品位	(6)
(二) 矿床规模	(6)
六、铀矿床的分类及本书中所采用的分类	(6)

第一篇 内生铀矿床

第一章 岩浆铀矿床	(10)
一、概述	(10)
二、岩浆铀矿床的地质特点	(10)
三、铀矿床类型及其实例	(11)
第二章 伟晶岩铀矿床	(13)
一、概述	(13)
二、产铀伟晶岩的地质特点	(13)
(一) 产铀伟晶岩在大地构造中的部位	(13)
(二) 与侵入岩之关系	(13)
(三) 与构造之关系	(14)
(四) 与围岩之关系	(14)
(五) 产铀伟晶岩的分布、形态及规模	(14)
(六) 产铀伟晶岩的矿物成分	(14)
(七) 产铀伟晶岩体的结构和构造特征	(15)
三、铀矿床类型及其实例	(16)
(一) 铀和铌钽的复杂氧化物——长石伟晶岩铀矿床	(16)

(二) 晶质铀矿—萤石-方解石伟晶岩铀矿床.....	(16)
(三) 晶质铀矿—长石伟晶岩铀矿床.....	(18)
第三章 热液铀矿床.....	(21)
一、概述.....	(21)
二、热液铀矿床形成的地质条件.....	(21)
(一) 铀成矿时代.....	(21)
(二) 热液铀矿床在大地构造中的部位.....	(22)
I 地盾或地台边缘带.....	(22)
II 中间地块及其外接触带.....	(24)
III 地槽活动晚期的边缘拗陷带.....	(24)
IV 地槽隆起带.....	(24)
V 地盾或地台活化构造区.....	(25)
VI 古老地盾内狭窄拗陷带.....	(25)
(三) 热液铀矿床与岩浆岩之关系.....	(25)
I 与花岗岩类岩石之关系.....	(25)
II 与酸性火山岩之关系.....	(30)
III 与碱性岩之关系.....	(31)
IV 与基性岩之关系.....	(32)
V 热液铀矿床与脉岩之关系.....	(32)
(四) 围岩及其在成矿过程中的作用.....	(32)
I 概述.....	(32)
II 含铀矿围岩成分.....	(33)
(五) 与构造之关系.....	(34)
I 概述.....	(34)
II 铀矿床构造类型.....	(35)
三、铀矿床的形成深度.....	(39)
四、热液及其成矿作用.....	(41)
(一) 成矿热液来源和铀源.....	(41)
I 成矿热液来源及其成因.....	(41)
II 铀源.....	(42)
(二) 含铀热液的性质和组分.....	(43)
I 含铀热液的性质.....	(43)
II 含铀热液的组分.....	(43)
(三) 铀在热液中的迁移形式.....	(46)
I 碳酸铀酰络合物形式.....	(46)
II 硫酸铀酰络合物形式.....	(46)
III 氟化铀酰络合物形式.....	(46)
IV 硅酸铀酰络合物形式.....	(47)
V 氢氧化铀酰络合物形式.....	(47)

(13)	VI 钼酸铀酰络合物形式	(47)
(13)	(四) 铀矿从热液中沉淀的条件	(47)
(13)	I 热液铀矿床形成时的温度	(47)
(23)	II 热液铀矿床形成时的压力	(48)
(17)	III 热液沸腾	(49)
(101)	IV 各种不同成分溶液的相互混合	(49)
(101)	V 铀矿床形成时的酸碱度	(49)
(101)	VI 铀矿床形成时的氧化还原电位	(50)
(111)	VII 含铀热液与围岩中某些组分的反应	(51)
(81)	五 围岩蚀变	(51)
(131)	(一) 概述	(51)
(131)	(二) 围岩蚀变类型	(51)
(131)	I 微斜长石化	(51)
(141)	II 钠长石化	(52)
(131)	III 霓石化和钠闪石化	(52)
(141)	IV 赤铁矿化	(52)
(141)	V 黄铁矿化	(53)
(131)	VI 黄铁绢英岩化	(53)
(131)	VII 硅化	(53)
(131)	VIII 绢云母化	(53)
(131)	IX 绿泥石化	(54)
(131)	X 碳酸盐化	(54)
	XI 粘土化	(54)
	XII 萤石化	(54)
	XIII 退色现象	(54)
(11)	六、铀矿物组合及铀成矿的多阶段性	(54)
(11)	(一) 铀矿物组合	(54)
(11)	I 高温热液铀矿床的矿物组合	(55)
(11)	II 中温热液铀矿床的矿物组合	(55)
(11)	III 低温热液铀矿床的矿物组合	(55)
(11)	(二) 铀成矿的多阶段性	(55)
(11)	七、热液铀矿床类型	(56)
(11)	(一) 矽卡岩型铀矿床	(56)
(11)	I 概述	(56)
(11)	II 矽卡岩型铀矿床的地质特点	(56)
(11)	III 铀矿床类型及其实例	(57)
(11)	(二) 基性岩型铀矿床	(60)
(11)	I 概述	(60)
(11)	II 基性岩型铀矿床形成的地质特点	(60)

Ⅲ 铀矿床类型及其实例	(61)
(三) 花岗岩型铀矿床	(64)
I 概述	(64)
Ⅱ 花岗岩型铀矿床的地质特点	(65)
Ⅲ 铀矿床类型及其实例	(74)
(四) 火山岩型铀矿床	(101)
I 概述	(101)
Ⅱ 火山岩型铀矿床的地质特点	(101)
Ⅲ 铀矿床类型及其实例	(114)
(五) 黑色碳酸岩和碳酸盐岩型铀矿床	(138)
I 概述	(138)
Ⅱ 铀矿床形成的地质特点	(138)
Ⅲ 铀矿床类型及其实例	(138)
(六) 绿泥石片岩和石墨片岩型铀矿床	(142)
I 概述	(142)
Ⅱ 铀矿床形成的地质特点	(142)
Ⅲ 铀矿床类型及其实例	(143)
(七) 含铁石英岩和白云岩型铀矿床	(161)
I 概述	(161)
Ⅱ 铀矿床形成的地质特点	(161)
Ⅲ 铀矿床类型及其实例	(162)
主要参考文献	(168)

第二篇 外生铀矿床

第四章 风化铀矿床	(171)
一、风化作用中铀的成矿特征	(171)
二、风化铀矿床类型	(172)
(一) 氧化带型铀矿床	(172)
(二) 风化壳型铀矿床	(175)
第五章 机械沉积铀(钍)矿床	(176)
一、沉积作用中铀的成矿特征	(176)
二、机械沉积铀钍矿床(砂矿床)类型	(177)
(一) 滨海独居石砂矿	(177)
(二) 冲积砂矿	(178)
第六章 成岩铀矿床	(179)
一、成岩作用中铀的成矿特征	(179)
(一) 水下成岩成矿作用特征	(179)
(二) 表生成岩成矿作用特征	(180)

二、成岩铀矿床形成的地质条件.....	(183)
(一) 成矿时代.....	(183)
(二) 铀源.....	(184)
(三) 沉积环境、成岩成矿环境和岩相.....	(184)
(四) 地质构造.....	(188)
三、成岩铀矿床类型.....	(188)
(一) 水下成岩铀矿床亚类.....	(188)
I 黑色页岩型铀矿床.....	(189)
II 磷块岩型铀矿床.....	(191)
III 硅质泥板岩型铀矿床.....	(194)
IV 含鱼骨化石粘土岩型铀矿床.....	(198)
(二) 表生成岩铀矿床亚类.....	(200)
I 钙结岩型铀矿床.....	(200)
II 含有机质的细碎屑型铀矿床.....	(205)
III 含铀泥炭.....	(211)
第七章 后生铀矿床	(213)
一、后生作用中铀的成矿特征.....	(213)
二、后生铀矿床形成的地质条件.....	(214)
(一) 成矿时代与含矿层位.....	(214)
(二) 铀源.....	(214)
(三) 岩相.....	(216)
(四) 地质构造.....	(217)
(五) 地下水.....	(218)
(六) 古气候.....	(222)
三、后生铀矿床类型.....	(222)
(一) 砂岩型铀矿床.....	(223)
I 砂岩型铀矿床的经济意义和分布概况.....	(223)
II 砂岩型铀矿床的成矿地质特征.....	(223)
III 矿床实例.....	(247)
(二) 煤岩型铀矿床.....	(258)
I 煤岩型铀矿床的成矿地质特征.....	(258)
II 矿床实例.....	(264)
(三) 碳硅泥岩型铀矿床.....	(270)
I 碳硅泥岩型铀矿床的成矿地质特征.....	(270)
II 矿床亚型.....	(281)
1. 碳质板岩、硅质板岩亚型矿床及实例.....	(281)
2. 硅岩、硅灰岩亚型铀矿床及实例.....	(286)
3. 碳酸盐岩亚型铀矿床及实例.....	(293)
主要参考文献.....	(299)

第三篇 变质铀矿床

第八章 沉积变质(古)砾岩型铀矿床.....	(301)
一、古砾岩型铀矿床的成矿地质特征.....	(301)
二、矿床实例.....	(302)
(一) 维特瓦特斯兰德区的古砾岩型铀矿床.....	(302)
(二) 加拿大布兰德河(埃利奥特湖)铀矿床.....	(310)
主要参考文献.....	(315)

绪 言

铀矿是核能的主要原料之一。能源是发展农业、工业、国防、科学技术和提高人民生活的重要物质基础，目前世界各国都花费很多的人力和物力在研究和利用核能。许多能源学家预计，公元2000年以后将过渡到以核能和太阳能为主要能源的时代。核能是一种巨大的，很有发展前途的能源，不久的将来必将在我国得到广泛的发展和利用。因此，大力寻找作为核能主要原料的铀矿床引起了世界各国和地区的普遍重视。

一、铀矿床学及其与其它学科之关系

(一) 铀矿床学研究的对象和任务

铀矿床学是一门研究铀的成矿作用和成矿过程及其在时间上和空间上的分布规律的科学。要研究铀矿床和它的形成过程，就应该从下列的几个方面去认识它：

1. 各种不同类型铀矿床形成的地质条件和物理—化学条件；
2. 铀矿床在空间和时间上的分布规律；
3. 各种不同铀矿床类型的矿体的形态、矿石成分、矿石结构构造及围岩蚀变；
4. 铀的成矿作用和成矿过程；
5. 各种不同类型铀矿床的经济价值及其工艺条件；

铀矿床学是地质科学的一个重要分支，它的任务是研究和查明各种不同类型铀矿床的形成条件、成矿过程和分布规律。只有正确地认识和掌握铀矿床形成的地质条件、物理化学条件和分布规律，才能更合理、更有效地指导和进行找矿勘探工作。因此，铀矿床学是铀成矿预测和找矿勘探的理论基础。

(二) 铀矿床学与其它学科之间的关系

铀矿床学是第二次世界大战后随着原子能工业的发展逐步兴起的。五十年代中期以前，铀矿床学只作为矿床学中金属矿床的一部分。后来随着铀矿床的不断发现，积累了大量的实际资料，研究工作日益深入，铀矿床才从矿床学中分出来，成为一门独立而又年轻的学科。它与矿床学一样，是建立在其它地质学科基础上的一门综合性的学科。当进行铀矿床方面研究时，不可避免地运用其它地质学科的成就，诸如矿物学、岩石学、地球化学、矿床学、构造地质学、地史学、古生物学，以及地球物理学等学科的理论基础和其相应的工作方法。铀矿床与矿床成因学、铀矿物学、铀地球化学、放射性水文地质学和放射性地球物理学的关系更为密切。

铀矿床学，除与上述学科有密切的关系之外，还与许多其它基础学科和新兴及边缘学科有着一定的联系，如数理统计学、计算数学、物理学、化学、物理化学、同位素地质学、遥感地质及现代测试技术等。特别是计算数学、物理化学、同位素地质学及现代

测试技术对铀矿床的深入研究起着更为重要的作用。

六十年代以来,铀矿床学的研究与矿床学一样,开始逐步引用新技术、新手段和新方法。特别应当指出的是,矿物包裹体的测定、同位素的测定、微量元素的测定及矿物热力学参数的测定对研究和确定铀的来源、含铀热液的性质及其演化、铀的迁移形式、铀富集成矿的地球化学和物理化学条件、铀矿床形成的时间方面提供丰富的实际数据,用以阐明铀矿床的成因和分布规律。

铀矿床学的理论知识对指导铀矿床普查勘探、探矿工程设计、矿山开采设计,以及铀矿石工艺条件的确定也是极为重要的。

因此,铀矿床学作为一门独立的学科,既有它自己的科学体系,又与其它学科有着紧密的联系。它不断地吸收其它学科的成就丰富充实其内容,又反过来促进其它学科的发展。

二、铀矿床学发展简史

铀元素是德国化学家克拉普罗特于1789年发现的。当时他发现的不是金属铀,而是铀的氧化物。1841年法国化学家彼利科用金属钠还原氯化铀而才获得金属铀。然而,长期以来,铀元素未得到广泛利用,而在开采其它有用矿产时被当作废石抛弃。1896年贝克勒尔发现并确定铀具有放射性;1898年居里夫妇从捷克雅希莫夫铀矿石中提取镭。在此期间,铀矿石的应用范围还是很窄。铀矿石除了用于提取镭之外,还用于玻璃工业、陶瓷工业、着色工业、以及合金钢上。

1938年12月,德国科学家奥托·哈恩证实和阐明了铀在中子轰击下产生裂变,从此打开了利用原子能的大门,铀开始引起了人们的极大兴趣和注视。后来,铀首先被用来制造原子武器,直接为战争服务。可以说,原子能工业实际上是在第二次世界大战期间适应军事工业的需要而发展起来的。战后,铀除了继续用于制造原子武器外,还广泛用于核发电,从此,对铀矿原料的需要量日益增加了。为此,世界各国和地区广泛地开展了铀矿地质勘探工作,并发现了许多不同类型铀矿床,为创立铀矿床学科提供了大量的丰富实际资料。

1955年和1958年,在日内瓦曾召开了两次和平利用原子能会议。在会议上,与会的各国学者宣读了许多有关铀矿床方面的论文,并提出了铀矿床学科体系和研究课题。从此以后,铀矿床就成为矿床学的一个分支、一门独立的学科。在此期间,苏联出版了《资本主义国家铀矿床地质》一书,接着又出版了《铀矿床地质》。与此同时,在世界各国杂志和刊物上,又陆续发表了有关铀矿床方面的理论性文章。

60年代后期,有关铀矿床方面的专著和专题性文章愈来愈多地公诸于世,同时新发现的铀矿床也与日俱增,这就促进了铀矿床学的发展。

70年代,又召开了两次铀矿床地质方面的国际性会议,在会议上宣读了许多论文,并且在理论上全面而又系统地总结了已发现的铀矿床地质特点及其在时间上和空间上的分布规律,提出了铀矿床形成的地球化学条件和物理化学条件方面的理论。

我国为了适应原子能工业的发展,从1955年起开展了铀矿床普查勘探工作,取得了很大的成绩。我国铀矿地质工作者,经过20多年的铀矿地质和普查勘探工作,在我国辽

阔土地上已探明了一批铀矿资源，并总结了四种主要铀矿床类型，即花岗岩型、火山岩型、砂岩型及碳硅泥型的基本地质特征及其规律，为发展我国原子能工业提供了原料基地。不仅如此，还对已发现的各种类型铀矿床进行了系统而全面的研究和总结，提出了许多新的见解。特别是在矿床成因理论方面，提出了成矿学说，如热水浸出、表生汲取、下降浸出，以及多源多成因等理论。这些成矿理论对指导我国铀矿床的普查勘探实践和研究铀矿床的成矿规律奠定了良好的基础，将大大地推动我国铀矿床学的发展。

三、铀矿资源情况

据已有的报道资料，世界各国和地区已探明的具有工业价值的铀矿床，大多分布于北美和非洲大陆，其储量约占有世界探明总储量的72%。近十年来，澳大利亚也发现了规模巨大的铀矿床，并发展成为世界铀矿资源的主要基地之一。

欧洲国家中，除法国和苏联之外，其余各国尚未找到重要的铀矿资源基地。英国、瑞典、葡萄牙、西班牙、西德、捷克和南斯拉夫等国，只发现了规模不大的铀矿床，它们在世界铀矿总储量中所占的比重仍极小。

亚洲国家中，除了我国之外，还未发现大型的铀矿床。印度、巴基斯坦和日本等国，近十年来陆续发现了一些中、小型铀矿床或有利的地区，已探明的铀矿储量远不能满足本国原子能工业的发展需要。

根据1980年国际原子能机构公布的资料，世界铀总储量（含工业和推断的）504万吨（不包括中国、苏联及部分东欧国家），其中可采的工业铀储量为185万吨（成本低于80美元/公斤铀），其分布以表1所示。

表1 世界工业铀储量 单位：千吨（金属铀）			
国家、地区	<80美元/公斤铀	占%	80—130美元/公斤铀
美 国	531	29	177
澳 大 利 亚	290	16	9
南 非	247	13	144
加 拿 大	215	12	20
尼 日 尔	160	9	0
纳 米 比 亚	117	6	16
巴 西	74.2	4	0
法 国	39.6	3.5	15.7
加 蓬	37	3.4	0
其 他	74.3	4.1	—
总 合	1850	100	381.7

从表 1 中可以看出, 美国占首位, 澳大利亚占第二位, 南非占第三位、加拿大占第四位、尼日尔占第五位。

世界工业铀储量, 就铀成矿时代来说, 约有一半即 87 万吨, 集中在晚太古代和早元古代中, 约 15 万吨即储量的 10%, 产在晚元古代地层中。古生代, 尤其是晚古生代岩石, 其铀的储量为 14 万吨, 其余的三分之一, 即 61 万吨, 集中分布在中生代到新生代岩层里。从铀的时代分布的特点可以看到, 世界铀的工业储量近 60%, 产在前寒武纪地层里。

从铀矿床类型来看, 世界工业铀总储量大体上以表 2 所示。从表 2 中不难看出, 不整合脉型、砂岩型及砾岩型等三种类型在工业铀总储量中几乎占 90% 以上, 其余类型占的比重只有 10% 左右。

表2 铀矿床类型储量 单位: 千吨(金属铀)

铀矿床类型	工业铀储量
不整合脉型	650
砂岩型	600
砾岩型	450
白岗岩型	120
热液型	50
钙结岩型	40
火山岩及其它型	140

此外, 据有关报道资料, 海水中铀含量低而又稳定, 一般在 2—4 ppb 范围内, 铀的总量约为 40 亿吨。近几年来, 有些贫铀的国家如英国、西德和日本, 正在从事从海水中提取铀的科学研究工作。1978 年日本首次从海水中提取重铀酸铵获得成功。但是由于成本昂贵, 目前尚不能得到广泛利用。

四、 铀在矿石中的存在形式及具有工业价值的铀矿物和含铀矿物

(一) 铀在矿石中的存在形式

铀在矿石中的存在形式有三种: 铀呈独立矿物产出, 如晶质铀矿、沥青铀矿和铀石等, 其中铀含量较高, 成为矿石的主要组分; 铀呈含铀矿物产出, 如褐钨铀矿和富烧绿石等, 其铀含量极少, 而其余组分占优势, 铀存在于其它矿物中, 铀在碳质物、绿泥石和褐铁矿中呈吸附状态产出, 铀含量相对较少。上述三种形式存在的铀在适宜的地质条件和物理化学条件下, 均可以形成规模大小不等的工业铀矿床, 但是铀呈独立矿物是构成铀矿石的主要形式。

(二) 具有工业价值的铀矿物和含铀矿物

到目前为止,在自然界已发现的铀矿物和含铀矿物共有二百余种,但常见的铀矿物和含铀矿物只有四十多种。铀矿物依成因分为原生铀矿物和次生铀矿物,从数量上来看,次生铀矿物种类很多,原生铀矿物种类较少。从工业利用上来看,原生铀矿物极为重要,它是铀的主要来源,而次生铀矿物可供利用量次之。具有工业价值的铀矿物和含铀矿物列举如下:

晶质铀矿 $k(\text{U,Th})\text{O}_2 \cdot l\text{UO}_3 \cdot m\text{PbO}$
 UO_2 27.00—72.25% UO_3 13.27—54.59%

沥青铀矿 $k\text{UO}_2 \cdot l\text{UO}_3 \cdot m\text{PbO}$
 UO_2 27.55—59.30% UO_3 22.23—52.8%

铀黑 $k\text{UO}_2 \cdot l\text{UO}_3 \cdot m\text{PbO}$
 UO_2 1.5—11.7% UO_3 9.8—40.4%

铀石 $\text{U}(\text{SiO}_4)_{1-x}(\text{OH})_x$ $x < 0.5$
 UO_2 46.3—68.3%

铈铀钛铁矿 $(\text{Fe}^{2+}, \text{La}, \text{Ce}, \text{U})_2(\text{Ti}, \text{Fe}^{3+})_5\text{O}_{12}$
 $\text{UO}_2 + \text{UO}_3$ 9.8—20.0%

钛铀矿 $(\text{U}, \text{Ca}, \text{Fe}, \text{Y}, \text{Th})_3\text{Ti}_5\text{O}_{13}$
 UO_2 1.13% UO_3 36.8%

稀土磷铀矿 $\text{Ca}_{1-x}\text{U}_{1-x}\text{TR}_{2x}[\text{PO}_4]_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
 U_3O_8 45%

钒钾铀矿 $\text{K}_2(\text{UO}_2)_2[\text{V}_2\text{O}_8] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
 UO_3 63—65%

钒钙铀矿 $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2[\text{V}_2\text{O}_8] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
 UO_3 57—58%

钙铀云母 $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2[\text{PO}_4]_2 \cdot 8-10\text{H}_2\text{O}$
 UO_3 55.08—62.70%

铜铀云母 $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2[\text{PO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
 UO_3 57—61%

翠砷铜铀矿 $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2[\text{AsO}_4] \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
 UO_3 51.13%

此外,还有在碳质物中如褐煤、泥煤、沥青质和腐植质呈吸附状态存在的铀,有时还可富集达工业品位。但是目前主要开采的只有沥青铀矿、铀石、晶质铀矿、钛铀矿及铀的钒酸盐和磷酸盐等次生铀矿物,有时在个别地区也开采稀土磷铀矿和铈铀钛铁矿。

五、对铀矿床的工业要求

(一) 矿石品位

当世界各国和地区单独开采铀矿床时，铀矿石的最低工业品位(U_3O_8)一般为0.07—0.08%。如果开采和技术加工条件简单而又经济，其品位(U_3O_8)可降到0.05—0.06%。当矿石中含有可供综合利用的组分时，其含量(U_3O_8)也可下降到0.01—0.04%。

目前我国普遍采用的工业品位(金属铀)为0.05%，边界品位为0.03%。随着普查勘探和开采技术的发展，以及技术加工条件的改进和完善，铀矿石的工业品位指标将会相应地降低，使低贫矿石将获得广泛利用。

苏联科学家将铀矿石按含铀量的不同，划分为下列品级：

极富矿石(一级矿石)，铀含量 $> 1\%$

富矿石(二级矿石)，铀含量0.3—1%

普通矿石(三级矿石)，铀含量0.1—0.3%

贫矿石(四级矿石)，铀含量0.05—0.1%

极贫矿石(五级矿石)，铀含量0.03—0.05%

(二) 矿床规模

铀矿床规模分级的标准，由于各国和地区铀矿资源类型和数量不同，目前尚未有统一的分级标准。因此，在这里只列举国内外普遍采用的规模品级加以说明。

目前国际上常采用的规模分级标准如下：

巨型铀矿床 U_3O_8 储量大于10万吨

大型铀矿床 U_3O_8 储量1万吨—10万吨

中型铀矿床 U_3O_8 储量1千吨—1万吨

小型铀矿床 U_3O_8 储量5百吨—1千吨

我国所采用的规模分级标准如下：

巨型铀矿床 金属铀储量大于1万吨

大型铀矿床 金属铀储量3千吨—1万吨

中型铀矿床 金属铀储量1千吨—3千吨

小型铀矿床 金属铀储量5百吨—1千吨

六、铀矿床的分类及本书中所采用的分类

铀矿床的分类是一个极为复杂的问题，这是由于铀元素的地球化学性质的多样性所造成的。例如在自然界中，铀元素在各种不同地质作用(岩浆作用、热液作用、风化淋滤作用、沉积—成岩作用、后生作用及变质作用)下均可以构成多种不同类型的铀矿床。凡已保存下来的矿床往往都经历了沉淀、富集和再活化再富集的复杂历史，因而铀

矿床通常属于复成因。由于上述原因，至今还不能将已发现的所有铀矿床合理地列入于分类表中的适当位置上。因此，要建立一个统一而又公认的铀矿床分类还存在着许多困难。

国内外许多人曾经对铀矿床提出过分类，其中绝大多数属于成因分类，少数为工业类型分类。他们均根据形成的地质作用不同将铀矿床分为内生、外生和变质三大类。内生铀矿床与岩浆作用或深部上升热水作用有关；外生铀矿床与风化、淋滤、沉积、成岩及后生作用有关；变质铀矿床与区域性轻微变质作用有关。

对于内生铀矿床，特别是热液铀矿床，各学者的分类也不一致。有的以矿物共生组合为基础，有的以共生或伴生元素为依据，有的以成矿温度和矿石成分为基础，有的以矿体形态、铀的沉淀方式和矿物组合为基础，有的以成矿时代为基础，有的以矿田和矿床构造为基础，有的以含矿围岩成分为基础，有的以围岩蚀变为基础，有的以天地构造位置为基础，还有人提出以铀矿床赋存的构造层为基础进行分类。

美国矿床学者达拉加姆1979年提出了内生铀矿床的分类方案，具体如下：

(一) 接触交代铀矿床

(二) 侵入岩型铀矿床

1 正长岩型铀矿床

2 白岗岩型铀矿床

3 花岗伟晶岩型铀矿床

4 花岗岩型铀矿床

5 伟晶岩型铀矿床

6 热液脉状型铀矿床

(三) 酸性火山岩型铀矿床

他首先将内生铀矿床按形成的地质作用划分为三大类，在此基础上又依矿床赋存的围岩细分为几个亚类。但是，这样分类方案也存在着一一定的缺点，即缺乏统一的分类准则。如三大类别的划分既按成矿作用，也依成岩作用，彼此不统一。又如在侵入岩型铀矿床中包括了热液脉状型铀矿床，使得分类产生混乱，难以使用。由此可见，达拉加姆提出的分类基本体系，还是建立在含铀热液单源论的基础上。

但是，现在大量实际资料表明，含铀热液并不是单源的，其来源往往是多源多成因的。

外生铀矿床的分类，各学者的意见也不一致。有的以含矿围岩成分为依据，有的以含铀围岩形成的沉积相（海相、湖泊相、沼泽相及河流相）为依据，有的以铀的富集与其围岩形成的阶段先后关系为基础，有的以共生或伴生元素为基础进行分类。

最近，苏联学者丹切夫（1980年）对外生铀矿床提出了较完善的分类方案，具体如下：

外生铀矿床

(一) 地面表生作用形成的铀矿床

1 机械风化作用形成的一残积和坡积—洪积含铀矿物砂矿

2 化学风化作用形成的一矿床氧化带和淋积铀矿床

(二) 沉积作用形成的矿床

1 冲积和滨海砂矿

(三) 成岩作用形成的矿床

1 海相沉积物成岩作用形成的矿床

2 陆相沉积物成岩作用形成的矿床

(四) 后生作用形成的矿床

1 以层间水形成的矿床

2 以构造裂隙水形成的矿床

他所提出的分类方案,从总体来看,比较系统而又全面,基本上能反映出铀矿床形成的地质环境及其与围岩的关系。他在进行分类时,首先以铀的成矿作用为基础,例如首先分为地面表生作用、沉积作用、成岩作用及后生作用,在此基础上又按铀的成矿方式不同分为亚类。因而,类别与类别之间界线较清楚,而且便于使用。但是,该分类也有一定的缺点,例如对含矿围岩形成的岩相古地理特点与铀富集之间的关系未加以说明,因而难以解释沉积一成岩含铀源岩层形成后经过后生作用叠加的铀矿床。又如分类方案主要是以铀成矿作用为依据,而其它因素考虑得不够多,因此在实际工作中,类别与类别之间的差别不够明显,具体的铀矿床难以归类。

从七十年代以来,我国铀矿地质工作者根据对铀矿床产出的围岩成分和分布规律的初步认识,将我国已发现的主要铀矿床归纳为四种类型:

(一) 花岗岩型铀矿床

1 花岗岩内部铀矿床

2 花岗岩外接触带(基底构造层)铀矿床

3 花岗岩盖层(红色砂砾岩层)中铀矿床

(二) 火山岩型铀矿床

1 火山岩内部铀矿床

2 火山岩外接触带(基底构造层)铀矿床

3 火山岩盖层(红色砂砾岩层)中铀矿床

(三) 碳硅泥型铀矿床

1 碳板岩、硅板岩型铀矿床

2 硅岩、硅灰岩型铀矿床

3 碳酸盐岩型铀矿床

(四) 砂岩型铀矿床

1 砂岩型铀矿床

2 煤岩型铀矿床

这种以围岩岩性划分的铀矿床类型,确能反映出目前我国主要铀矿床类型的实际情况,有助于指导铀矿床普查和勘探工作,因此多年来生产单位和科研单位已习惯采用。

本书分类方案参照和吸取了各家分类方案的合理部分,并考虑到生产部门的使用和教学方便,首先根据铀矿床形成的地质作用,分为内生、外生和变质三大类,在此基础上又依成矿作用和含矿围岩成分细分为亚类,具体如下:

一、内生铀矿床

(一) 岩浆铀矿床

(二) 伟晶岩铀矿床

(三) 热液铀矿床

- 1 砂卡岩型铀矿床
- 2 基性岩型铀矿床
- 3 花岗岩型铀矿床
- 4 火山岩型铀矿床
- 5 黑色碳板岩和碳酸盐岩铀矿床
- 6 绿泥石片岩和石墨片岩型铀矿床
- 7 含铁石英岩和白云岩型铀矿床

二、外生铀矿床

(一) 风化作用形成的矿床

- 1 氧化带矿床
- 2 残积矿床

(二) 沉积作用形成的矿床

- 1 冲积和滨海含铀矿物砂矿床

(三) 成岩作用形成的矿床

- 1 水下成岩作用形成的铀矿床
- 1) 黑色页岩型铀矿床
- 2) 磷块岩型铀矿床
- 3) 硅质泥板岩型铀矿床
- 4) 含鱼骨化石粘土型铀矿床
- 5) 其它类型

2 表生成岩作用形成的铀矿床

- 1) 湖沼相碳质细砂岩、粉砂岩及沥青质白云岩中的铀矿床
- 2) 钙结岩型铀矿床

(四) 后生作用形成的铀矿床

- 1 砂岩型铀矿床
- 2 煤岩型铀矿床
- 3 碳硅泥型铀矿床

1) 碳质板岩、硅质板岩型铀矿床

2) 硅岩、硅灰岩型铀矿床

3) 碳酸盐岩型铀矿床

三、变质铀矿床

(一) 受变质铀矿床

(二) 变成铀矿床