



铀成矿理论与成矿作用探索

周维勳铀矿地质文集



原子能出版社

责任编辑：王 青

封面设计：马世玉

ISBN 978-7-5022-4962-5



9 787502 249625 >

定价：88.00 元



铀成矿理论与成矿作用探索

——周维勋铀矿地质文集



原子能出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

铀成矿理论与成矿作用探索: 周维勋铀矿地质文集 / 周维勋著. —

北京: 原子能出版社, 2010.6

ISBN 978-7-5022-4962-5

I. ①铀… II. ①周… III. ①铀矿床—矿山地质—文集 IV. ①P619.140.2-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第117234号

铀成矿理论与成矿作用探索——周维勋铀矿地质文集

出版发行 原子能出版社 (北京市海淀区阜成路43号 100048)

责任编辑 王 青

责任印制 潘玉玲

印 刷 保定市中画美凯印刷有限公司

经 销 全国新华书店

开 本 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 28 字 数 720千字 彩 插 4

版 次 2010年6月第1版 2010年6月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5022-4962-5 定 价 88.00元

网址: <http://www.aep.com.cn/>

E-mail: atomep123@126.com

发行电话: 010-68452845

版权所有 侵权必究



序

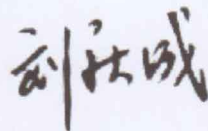
周维勋教授是我国铀矿系统知名的专家，是国际原子能机构(IAEA)资深专家，也是我们学校内，深受广大师生员工尊敬的教授。

周维勋教授毕业于前苏联第涅伯罗彼德罗夫斯克矿业学院，曾长期在核工业生产、科研第一线从事铀矿勘查工作，积累了大量的、丰富的铀矿地质勘查经论；在铀成矿理论、成矿作用与成矿规律的研究上是独树一帜的国内知名专家。他聘职于我校十五年间，凭借东华理工大学这个平台，依靠高校宽松的人文环境和研究风格，充分延伸了他的铀矿地质生涯。十五年来，他充分施展出其铀矿地质深厚功底和敏捷创新才能，在组织东华理工大学汇同国内热心铀矿地质的学子们共同探索我国铀成矿理论、成矿作用、成矿规律上闯出了新路；十五年来，他充分发挥其凝结老、中、轻三代铀矿技术力量优势，为我校年轻一代铀矿工作者创新团队的培养、为扩大东华理工大学在我国铀矿界的知名度、为深化我校核特色、地学优势作出了贡献；十五年来，他充分利用他在铀矿界、地学界人脉关系，在促进我校“产、学、研”基地建设上，在融合我校和国内地质科研、生产单位关系上有了新发展；在我国新一轮铀矿找矿工作上，特别是在中国北方砂岩铀矿找矿中，他率领东华理工铀矿地学领域的学子们为中国砂岩铀矿在中国东部三大盆地(鄂尔多斯盆地、二连盆地、松辽盆地)迅速突破，跨越式发展起了先导作用，做出了重大贡献。在花岗岩与火山岩型铀矿成矿理论和成矿作用上，从打破火山岩型铀矿与花岗岩型铀矿壁垒入手，引进“深源成矿”理论，为探索花岗岩型、火山岩型、外接触带型找矿新思路迈出了新的步伐。

周维勋教授出生于1935年3月，不幸患病于2007年11月去世。他一生

可谓鞠躬尽瘁，他的铀矿地质生涯一直在我心中不能忘怀。在我提笔为《铀成矿理论与成矿作用探索》文集写序时充分感受到老一代铀矿工作者对铀矿地质“完美”追求的执著，正是这种执著的追求带来了“百花齐放、百家争鸣”的浓厚学术氛围，带来不断认识的空间，由认识空间换取了我们找矿空间。这就是创新带来思路，思路带来出路！这是老一辈铀矿工作者走过的路，留下的精神财富。当前我们正面临“核电快速发展”的大好形势，“机遇与竞争”共存的大好局面，所以周维勋教授《铀成矿理论与成矿作用探索》专著的出版，不但给铀矿工作者及时送来宝贵的学术财富，而且传递着对铀矿地质“完美”追求的执著精神，而只有具备这种精神，才能取得不断创新。让《铀成矿理论与成矿作用探索》专著传递的“完美”追求的执著精神永存。

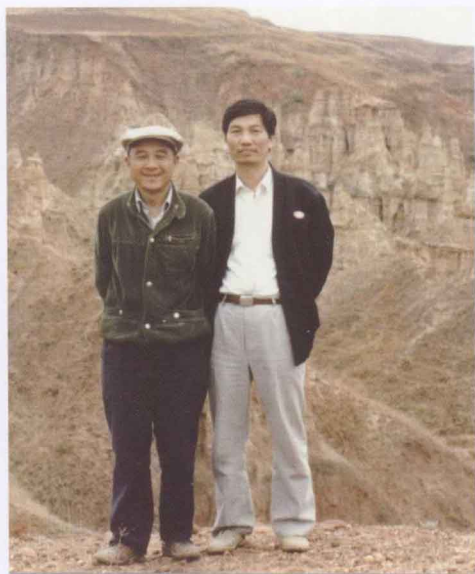
东华理工大学校长：

A handwritten signature in black ink, appearing to read '刘怀成' (Liu Huai Cheng), written in a cursive style.

2010年3月



周维勋教授灯下攻坚



周维勋与余达淦在云南考察
(1989.5)

周维勋与夫人
金立敏2001年
于长沙



2005年国际原子
能机构专题讨论会
(维也纳)上发言



1988年河南（华北地台南部）地质考察

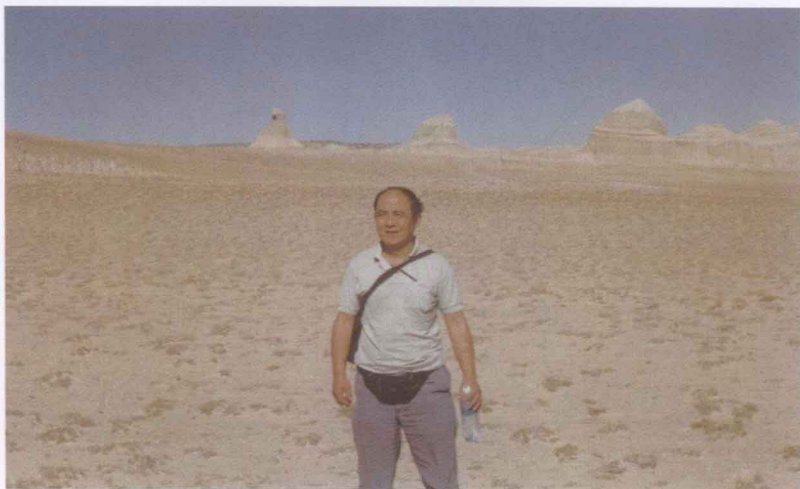


第三十届国际地质大会（1996.8北京）
展板前



1998.8.8核工业
地质局砂岩铀矿
讨论会

1997年西北砂岩
野外考察





目 录

一、 铀成矿理论与成矿作用

1-1	中国铀矿床分类刍议	1
1-2	分散元素矿床与铀床中的分散元素	16
1-3	花岗岩铀矿床的表生汲取模式及其找矿意义	28
1-4	花岗岩铀矿床及其成因	39
1-5	花岗岩与铀成矿作用	79
1-6	重大地质事件与铀巨量堆积	90
1-7	关于找富铀矿的问题讨论	101
1-8	砂岩型铀矿与地浸砂岩型铀矿：回顾与展望	107
1-9	砂岩型铜矿与砂岩型铀矿	150
1-10	元古宙不整合型铀矿：世纪之交的回顾与展望	157

二、 铀成矿省与铀成矿预测

2-1	世界铀矿省及其分布格局	189
2-2	中国铀矿省及其分布格局	207
2-3	华南大陆构造与铀矿省	219
2-4	华北地台南部(河南省部分)铀资源发展前景的初步分析	228
2-5	元古宙不整合型铀矿及其在中国的勘查前景	238

三、 铀矿研究方法

3-1	铀—铅同位素谱系研究及其在铀矿地质中的应用	261
3-2	诸广山中生代花岗岩演化序列初步研究	270
3-3	流体—流变构造学——研究地球动力学的前沿学科之一	274

四、核能与铀供需关系

- 4-1 新世纪全球铀供需状况展望 280
- 4-2 世界能源结构中核能及铀供需关系分析与展望 302

五、铀成矿理论与成矿作用国际交流论文

- 5-1 URANIUM DEPOSITS IN SOUTH CHINA
华南铀矿床 325
- 5-2 Uranium as Indicator of Crust's Evolution: Global Geotectonics
and Uranium Provinces in China
铀作为地壳演化指示剂：全球大地构造和中国铀成矿省 341
- 5-3 URANIUM PROVINCES AND DEPOSITS IN CHINA
中国铀成矿省和铀矿床 351
- 5-4 Roll Type Sandstone Uranium Deposits: Comparison Between
Deposits In Wyoming Basins,USA, And Central Asia
卷状砂岩型铀矿床：美国怀俄明盆地铀矿床和中亚铀矿床
对比 386
- 5-5 Tianshan Sandstone-Type Uranium Province And Its Principal
Characteristics
天山砂岩型铀矿省及其主要特征 393
- 5-6 GRANITE TYPE URANIUM DEPOSITS IN SOUTH
CHINA URANIUM PROVINCE, SOUTHEAST CHINA
中国东南沿海华南铀矿省中的花岗岩型铀矿床 398
- 5-7 ISL-amenable sandstone-type uranium deposit: Global
aspects and recent developments in China
可地浸砂岩型铀矿：全球状况和中国近期发展状况 404
- 5-8 Sandstone type uranium deposits in NW China
中国北西部砂岩型铀矿床 428
- 5-9 Felsic Magma-related Uranium Deposits in Southeast China
华南长英质岩浆与铀矿床关系 438

周维勋教授的铀矿地质生涯（后记） 442

一、铀成矿理论与成矿作用

1-1 中国铀矿床分类刍议*

周维勋 刘兴忠 王祖邦

铀矿床分类是一个涉及面广又比较复杂的问题，对找矿勘探具有十分重要的指导意义。文中首先对世界上铀矿地质学家按矿床成因、大地构造单元、主岩特征等各种分类方案的优缺点同存在的疑问进行了评述。然后根据中国铀矿成矿特点，在原有4大类型分类基础上，吸收了国外分类方案合理部分，以主岩为主要依据并兼顾矿床构造和矿体形态进行了分类，提出了我国铀矿床分类方案，共划分7大类25个亚类。为引起我国广大铀矿地质工作者的重视和深入讨论，文章最后对有关矿床分类进行了说明和探讨。

关键词 铀矿床 主岩 分类

铀矿床分类的目的，在于通过对已知矿床的划分，明确铀矿产出的岩石类型及构造环境，进而了解矿床分布的时空规律，并以提供类比实例的方式，推动普查勘探工作的发展。

确立世界通行的铀矿床分类方案是必要的，它有助于全球性对比和各国借助国外经验寻找新类型；但由于各国所在地域内陆壳结构的不同，业已发现和可能发现的矿床类型也不尽一致，因而应当建立与自身地质背景相适应的矿床分类方案，以便有所侧重。

我国铀矿地质工作者提出的，以4大类型（花岗岩型、火山岩型、碳硅泥岩型和砂岩型）为主体的分类系统，在既往的普查勘探工作中起到了应有的促进作用。随着实践的深化，出现了原有分类方案难以包容的新类型，又由于人们对各大类的外延持有不同见解，发生了同一矿床的大类归属因人而异的情况。所以，有必要不断加以补充和修订，使之趋于完善、确切。

1 国外铀矿床分类方案评述

近年来铀矿床分类研究取得的一个重大进展是，人们普遍认识到主岩及含矿建造特征等直观地质标志的重要作用；特别是区分基本类型的时候，都以主岩、含矿建造或矿床构造特点、矿体形态为依据。但是，在对这些基本类型作进一步归类时，却出现不同的处理思路。

* 载于《铀矿地质》，1991年1月，第7卷第1期。

按矿床成因进行较高层次的概括依然是一种重要的处理思路，拉维罗夫 (Лаверовидр. 1986)^[1]所提出的方案即为一例。作者所给出的铀矿床分类表 (表 1) 及经过精简的铀矿床主要工业成因类型表 (表 2)，都把已知矿床分为内生、外生、变质、复成因等 4 大类。应当说表 2 中所划定的 15 个基本类型大致是合理的，包括了苏联已探明的主要矿床和世界上其他地区最重要的铀矿床。但是，其大类和亚类归属中却有很多值得商榷之处，例如：把在中欧和我国南方十分发育的“花岗岩及其外接触带中的脉状铀矿床”归属于内生大类岩浆热液亚类，就是个有争议的问题；又如称除卷状矿床之外的“地台盖层含有机质沉积物中的铀矿床 (层状砂岩铀矿)”划归为沉积成岩成因。定会招致很多研究人员的异议；再如把加蓬弗朗斯维尔盆地中的铀矿床定为“早元古代含有机质砂、页岩中的沉积成岩层状矿床”，也是难以获得公认的。此外，复成因大类的自身含义十分模糊，从某种意义上说，作者在表 2 中列入内生、外生、变质各大类中的很多基本类型都可归属于复成因大类。由此可见，按成因划分大类和亚类，至少在现阶段，很难达到直观实用的目的。

表 1 铀矿床分类表
Table 1 Classification of uranium deposits
(Н. П. Лаверовидр, 1986)

内 生	A. 与基性—超基性岩浆活动有关	I 火成碳酸岩 II 岩浆热液 (脉)
	B. 与碱性岩浆活动有关	III 岩浆晚期 (侵入体) IV 伟晶岩 V 岩浆热液 (脉)
	B. 与花岗岩岩浆活动有关	VI 岩浆晚期 (侵入体) VII 伟晶岩 VIII 岩浆钠长岩 IX 岩浆砂卡岩 X 岩浆热液 (脉)
外 生	A. 表水 (河、湖、海) 中沉积成岩形成	I 砂矿 II 湖沼—海相沉积物
	B. 地下水 (潜水、层状水、裂隙水) 中淋滤后生富集	III 间歇水流河床中潜水淋滤 IV 承压水盆地中层状淋滤 V 破碎带中裂隙水淋滤
变 质	A. 已形成矿床遭变质改造	I 古老滨海相砂矿 II 古老含铀砂岩和片岩
	B. 基底深断裂带经超变质形成	III 含铀变成钠长岩
复 成 因	A. 各种成因的初始铀浓集经表水及地下水中的氧化而富集	I 热液矿床在不整合面经裂隙淋滤而次生富集 II 沉积成岩矿床经层状淋滤而次生富集
	B. 各种成矿作用在空间上的叠合而富集	III 热液作用与外生 (沉积成岩) 作用的叠合而富集

表 2 铀矿床的主要工业—成因类型

Table 2 Principal economic-genetic types of uranium deposits

(Н. П. Лавровидр., 1986)

大类	亚类	基本类型
内生	岩浆晚期 (侵入)	1. 含铀白岗岩矿床
	岩浆热液	2. 碱性岩穹窿区中网脉状、脉状锆石—铀、萤石—铀 (伴有钼) 及稀土—钍—铀矿床 3. 花岗岩及其外接触带中脉状铀矿床 4. 大陆火山作用发育区中网脉状, 脉状钼—铀矿床 5. 大陆火山作用发育区中交代形成的网脉状, 脉状磷灰石—铀矿床 6. 亚碱性花岗岩发育区内沿深断裂展布的含金、含萤石的钼—铀矿床
外生	沉积成岩	1. 地台盖层含有机质沉积物铀矿床 (层状砂岩铀矿床) 2. 地台盖层鱼骨角砾岩沉积物中含稀有金属的磷酸盐铀矿床
	淋积	3. 山前和山间拗陷盆地疏松沉积物中卷状硒—铀、钒—铀矿床 (伴有钼和铼) 4. 挽近时期钙结岩、膏结岩和其他挽近水流沉积物中的铀矿床
变质	变成	1. 沿古老深断裂展布的钠交代岩中交代形成的网脉状矿床
	受变质	2. 古砂矿中金—铀、钍—铀和稀土—铀矿床 (含铀古砾岩) 3. 早元古代含有机质砂、页岩中沉积—成岩层状铀矿床 (古含铀砂岩)
复成因		1. 古老不整合面附近, 以细脉浸染状矿石为特征的网脉状、脉状铀矿床 2. 黑色页岩中网脉状、脉状铀矿床

另一种处理思路是按铀矿产出的大地构造单元归分大类。卡日丹 (Д. Б. Каждан, 1983)^[2]作了这方面的尝试, 他把 11 个基本类型分属于古地台、褶皱区、构造岩浆活化区和年轻地台 4 大类 (表 3)。且不说所给出的基本类型很不全面, 不少业已发现的重要铀矿床类型未能包括在内。重要的是作为一个大类的构造岩浆活化区, 其空间厘定十分复杂, 因人而异, 作者把产在地台盖层中的“含铀砂岩和含铀煤矿床”, 以及大多数“碳酸盐—炭质—硅质建造中的含铀泥岩矿床”均列入构造岩浆活化区大类是不恰当的。与之相比较, 博依佐夫 (В. Е. Бойцов, 1989)^[3]提出的铀矿床建造分类及其定位特征表 (表 4) 则显得较为严密和周详, 尤其是关于矿田大地构造环境和矿床定位控制因素的简要说明, 颇具特色。作者舍弃了难以厘定的“构造岩浆活化区”而分为古地台和地盾、地槽褶皱带及其中间地块、古地台和年轻地台盖层 3 大类也是明智的。但是, 表中列入矿床成因, 特别是矿

表 3 铀矿床工业类型表

Table 3 Economic types of uranium deposits

(А. Б. Каждан, 1983)

大 类	基本类型
古地台	1. 含铀砾岩 2. 含铀钠长岩 3. 含铀碳酸镁交代岩
褶皱区	4. 含铀低温钠交代岩 5. 含铀—黄铁矿晶岩 6. 花岗岩中脉状沥青铀矿建造
构造岩浆活化区	7. 含铀低温黄铁矿—碳酸盐—钾长石交代岩 (碱性岩) 8. 碳酸盐—炭质建造—硅质建造中的含铀泥质岩 9. 火山和火山—沉积建造中的含铀泥化岩 10. 含铀砂岩和煤
年轻地台	11. 含鱼骨化石的含稀土—铀泥岩

石年龄栏目则似有画蛇添足之嫌。更为突出的是，与卡日丹的分类表相比，博依佐夫不恰当地省略了“花岗岩中脉状沥青铀矿型”这一基本类型，而以“次生正长岩中单铀类型”予以取代，因为即便是在法国，与花岗岩类有关的铀矿床，其主岩并非总是“次生正长岩”，在我国南方，以黑云母或二云母花岗岩为主岩的铀矿床，在数量上远远多于“次生正长岩型”或“钾交代岩型”。另外，不论是在卡日丹的分类表还是在博依佐夫的分类表中，都把产生钠交代岩中的铀矿床人为地分属于古地台（或古地台和地盾）及褶皱区（或褶皱区及其中间地块）两个大类。这似乎是以大地构造单元为基础的分类系统所固有的弊病，如同生物种属与地理景观单元之间的关系一样，同一类型的矿床可以在不同的大地构造单位出现，不应人为地把它分属于不同大类。至于把通常所称的“元古代不整合面型”改称为“碳酸镁交代岩型”或“镁质交代岩型”，则更显得削足适履，十分勉强。

表 4 铀矿床建造分类及其定位特征表

Table 4 Formation classification of uranium deposits and their features of location

(B. E. Бойцов, 1989)

建造类型	矿田的大地构造环境	矿床定位的控制因素	矿床成因	矿石年龄 Ma
A. 古地台和地盾大类				
1. 古砾岩中铀和铀—金类型	充填有弱变质陆相沉积物的克拉通边缘拗陷和萌地台边部	萌地台盖层中的底砾岩	沉积—变质	2 700 ~ 2 200
2. 钠长岩中的铀及铀—铁类型	发育在遭受了强烈再造作用的地台基低突出部位边缘的深大断裂	受挠曲拗陷、褶皱脊部及断裂交汇和分支部位控制的碎裂—钠长石化带	热液	1 800 ~ 1 600
3. 石英—钾长石岩石（白岗岩）中的单铀型	遭受古老花岗岩化的地台内褶皱区	古老片麻岩穹窿翼部，伴有富铀顺层伟晶岩及白岗质花岗岩带	岩浆	600 ~ 500
4. 镁质交代岩中单铀、含铀、镍—铀类型	早元古代地槽与晚元古代盖层之间界面上的不整合带	在褶皱基底中存在炭质页岩以及有形成很早的构造带和沿其展布的绿泥石化带	复成因	1 700 ~ 900 500 ~ 150
5. 钾交代岩中的金—铀类型	地台内侧形成很早，尔后又遭受中新生代构造岩浆的活化的深断裂带	在走向上与倾向上与钾质交代作用扩散区相交汇的断裂交叉挠曲部位	热液	150 ~ 140
B. 地槽褶皱带及其中间地块大类				
6. 黑云母片麻岩中的单铀类型	前寒武纪结晶基底	含石墨和黄铁矿的顺层碾碎带	热液	270
7. 黄铁矿化炭质页岩、粉砂岩和砂岩中的单铀类型	地槽构造层中的下构造亚层	后造山期花岗岩外接触带中的切层脉和切层脉带	热液	270
8. 次生正长岩中的单铀类型	花岗岩类的似深成侵入体	碾碎交代蚀变带	热液	270 ~ 30
9. 钠交代岩中的磷铀类型	形成于前地槽期的地槽建造中下构造亚层、花岗质片麻岩穹窿的翼部和顶部	形成于造山期的半深成侵入体及岩墙等杂岩体发育区内的层间破碎带和裂隙密集带	热液	360 ~ 340

续表

建造类型	矿田的大地构造环境	矿床定位的控制因素	矿床成因	矿石年龄 Ma
10. 黄铁细晶岩中的钼—铀类型	地槽建造中部和上部构造亚层中火山形成的拗陷	地槽杂岩体岩石中断裂及裂隙密集带, 古生代火山拗陷复杂盖层中的次火山机构及其近外带	热液	360 ~ 340
11. 泥化岩石中的萤石—铀类型	形成于已固结褶皱区内中生代活化过程中的火山—构造盆地	在隐伏断裂和线性网脉带, 层间破碎带延展方向上的切层断裂	热液	140 ~ 130
12. “黑色”页岩中的单铀类型	富铀、遭受强烈形变和裂变, 并伴有面型或线型风化壳的“黑色”碳硅质页岩发育区	非均质岩石剖面上的高导水带及古氧化带的底界	复成因	270 ~ 90
C. 古地台和年轻地台盖层大类				
13. 碎屑岩和碳酸盐岩中的地沥青—铀类型	在拱状隆起中背斜构造的翼部, 与褶皱区相伴产出的上叠盆地系统	含有透水性高低不一的碎屑岩和碳酸盐岩层, 富含植物残体和金属硫化物等天然还原剂	水成	115 ~ 60
14. 砂岩中的硒—铀类型	在拱状隆起中背斜构造的翼部, 与褶皱区相伴产出的上叠盆地系统	发育在与不透水层呈互层的透水层中的层状氧化带	水成	至 30
15. 含火山岩系中单铀类型	山前—山间拗陷和地台式拗陷	煤层, 含煤沉积物与不透水岩层互层	水成	130 ~ 25

西方国家的研究人员则以主岩特征等铀矿产出地质背景中的突出标志为分类的依据, 强调直观实用, 约定俗成, 并不强求定义的严格和形式上的统一。以《世界铀矿地质学及资源前景》一书为例^[4], 它把铀矿床分为 6 大类, 即: 1) 石英卵石砾岩类; 2) 元古代不整合类; 3) 火成岩和变质岩中浸染状岩浆相、伟晶岩相和交代岩类; 4) 脉型类; 5) 砂岩类; 6) 其他类。其中第一类、第三类和第五类是以主岩为划分依据的, 而第二类和第四类所依据的则是矿床或矿体赋存的构造位置及矿体的形态。所以, 从总体上看, 该方案属主岩分类系统, 但却不十分严格, 而且第一类和第二类的确定还具有强烈的时代含义。按照类似思路提出的分类方案为数甚多, 其中达卡姆 (F. J. Dahlkamp, 1987)^[5] 的分类表较为全面, 颇具代表性。他在系统分析现有资料的基础上, 区分出 15 个大类, 包括近 40 个亚类和基本类型; 同时指出仅不整合、不整合面之下弱变质岩、脉型、砂岩、塌陷角砾岩筒和表生等 6 大类铀矿床具重要经济价值, 在石英卵石砾岩 (Au)、角砾杂岩 (Cu + Au)、侵入体 (Cu) 和含磷岩 (P) 等 4 大类矿床中, 铀以伴生或共生有益组分的形式存在, 当金、铜、磷等主元素具开采价值时, 铀才可综合利用, 其他火山岩、交代岩、同变质、褐煤、黑色页岩等 5 大类矿床则曾经被开采, 或在今后具开采价值。最近, 陶丘特 (M. Tauchid, 1989)^[6] 根据国际原子能机构核燃料循环处召开的“铀矿床分类与识别特征”第二次顾问会议 (1989 年 2 月 6 日至 10 日, 维也纳) 讨论结果, 发表了新的铀矿床分类表, 表中各类矿床的排列以该类矿床目前和近期开采量的多少为序; 尔后巴舍尔等 (F. Bartheland C. Hemmer, 1990)*

* 亚太地区铀矿省及其识别标志技术讨论会文稿。

又时该表作了说明。现以陶丘特^[6]文章中提出的类型划分方案为基础,结合达卡姆在分类表中给出的主要识别标志及巴舍尔等的补充说明综合编制成表5。从表中可以看出,在砂岩大类中,卷状亚类外来硫化氢型和板状亚类外来碳型的确定,以某种成因认识为依据,即硫化氢是在成矿过程中沿断裂从外部带入,而碳则为附近的粉砂岩在成岩时所释,但该认识仅限于理论上的假设,还有待于进一步证实。侵入体大类的名称也值得商榷,它容易与归属于脉型大类、分布在花岗岩体内部的铀矿床相混淆,似乎改称为“侵入体全岩型”较为适宜。另一个突出的问题是,达卡姆和陶丘特都低估了火山岩类铀矿床的重要性,显然是由于他们对苏联、中国火山岩类铀矿储量和开采量缺乏足够了解所致。尽管如此,从总体上看,这一分类表是可取的,具有直观、实用、易于进行类比等优点。

表 5 铀矿床分类表
Table 5 Classification of uranium deposits
 (IAEA, 1989)

类 型 划 分	主要识别标志及特征	实 例
I 与不整合面有关的铀矿床	基底由花岗岩、混合岩、火山岩及(变质)沉积岩组成,其上不整合地覆盖着红层砂岩;铀矿化的分布与不整合面关系密切	
I - 1 与元古代不整合面有关	在太古代—早元古代基底之上不整合地覆盖着中元古代碎屑岩,矿床位于不整合面之下的碎屑岩及不整合面之下的变质岩中	
I - 1 - 1 泥化控制	沥青铀矿和水硅铀矿聚集在直接位于不整合面之上的泥化蚀变砂岩内,矿化通常延入蚀变的基底岩石,矿石常具多金属组合(U, Ni, Co, As, Cu, Ag, Au)并常含沥青质,大型,高品位	加拿大阿萨巴斯卡地区凯湖和西加尔湖
I - 1 - 2 层位控制	矿床位于不整合面之下,由泥质、碳酸盐和含碳岩石组成的变质岩内,主要铀矿物为沥青铀矿,部分矿床含金,中等品位,个别为高品位,大型	北澳兰杰、贾比卢卡
I - 1 - 3 断裂控制	矿体的展布受断裂控制,这种断裂通过含石墨层的早元古代变质沉积岩,矿体也主要聚集在那里,沿断裂矿化可延入不整合面之上的砂岩内,中等品位,中型至大型	加拿大比弗洛支、澳北纳巴勒克
I - 2 与显生宙不整合面有关	基底岩石为花岗石或变质岩,上覆红层的时代为石炭—二叠纪和白垩—早第三纪;矿床位于不整合面附近;中低品位,大多为小型规模	法国中央地块南部,捷克斯洛伐克波希米亚地块,中国东南部
II 砂岩铀矿床	矿床产在含碳的及含黄铁矿的河相(其次为滨海相)长石英砂岩内,这些砂岩通常与页岩互层产出,矿床的经济价值主要不取决于品位和储量规模,而取决于能否采用地浸法开采	

续表

类型划分	主要识别标志及特征	实例
II-1 卷状	矿体分布在铀呈浸染状弥散于基质中的弧形带内, 这种带切割层面, 从上覆弱透水岩层延入下伏不透水岩层, 并顺着水力梯度方向向下突出; 在垂直水力梯度的方向上延伸很远, 略有挠曲	
II-1-1 碎屑碳	容矿主岩为沉积于内克拉通盆地和山间盆地的河流相长石石英砂岩、次长石石英砂岩、富含植物碎屑; 矿体分布在氧化砂岩舌状体的边部	美国怀俄明盆地
II-1-2 外来硫化氢	容矿主岩为河流相和滨海相长石石英砂岩, 石英砂岩; 矿体分布在蚀变砂岩舌状体的边部及含黄铁矿的砂岩内; 成矿过程中的还原剂为沿断裂带入的外来硫化氢	美国南德克萨斯滨海平原
II-2 板状	容矿主岩为沉积于内克拉通盆地和山间盆地中的陆相砂岩, 覆盖面积大 (大于 25 000 km ²), 矿体呈与层面大致平行的板状产出	
II-2-1 外来碳	铀呈铀—碳浸染体聚集在砂岩内, 呈单个或相互叠置的板状体产出, 其厚度为 1 米至数十米, 水平方向的延展为数十米至数千米, 容矿砂岩分布在广泛发育的河流—湖相沉积岩系内; 与铀伴生的碳为附近粉砂岩在成岩时所释出的	美国新墨西哥州格兰茨铀区
II-2-2 钒—铀	容矿主岩为凝灰质或长石石英砂岩, 上覆或下伏湖相灰色泥岩; 容矿砂岩分布在具有红层特点的岩系内, 但其本身具还原性, 富含黄铁矿, 矿石中钒含量大于铀含量	美国科罗拉多州尤拉凡矿带
II-3 河道底部	铀与植物碎片一起聚集在河道堆积物的底部; 大部分为小矿床, 中低品位	美国莫纽门谷, 加拿大勃利查德
II-4 前寒武纪砂岩	容矿主岩为中元古代河相、河流—三角洲相砂岩, 沉积于以太古代花岗岩、片麻岩为基底的内克拉通盆地内, 后期未遭受变质; 矿体呈层状, 似脉状, 或沿断裂展布, 中等品位, 中型至大型	加蓬弗朗斯维尔盆地
III 石英卵石砾岩铀矿床	铀呈浸染状分布在河相—三角洲相含黄铁矿的石英卵石砾岩内, 这种砾岩大多具交错层理, 它们通常分布在太古代克拉通内部或边部; 容矿主岩的最佳年龄值为 2.7~2.2 Ga, 低品位, 大储量	
III-1 以铀为主伴稀土元素	铀矿化集中分布在作为单一地层单元的碎屑岩系底部的底砾岩内	加拿大埃利奥特湖—布兰德河
III-2 以金为主伴有铀	矿化分布在若干个砾岩层内, 它们分属于不同的地层单元, 单层厚度仅数厘米至数十厘米, 伴有再分配的矿化铀作为金的副产品开采	南非维特瓦特斯兰德