

doi: 10.6053/j.issn.1001-1412.2017.04.002

中国主要铀矿类型、特点及其空间分布

张万良

(核工业 270 研究所,江西 南昌 330200)

摘要: 中国铀矿床通常划为四大类型,即花岗岩型、火山岩型、碳硅泥岩型、砂岩型。本文根据一些火山岩型铀矿的形成环境与火山岩浆活动关系不大,主要受火山岩浆活动之后的中酸性斑岩侵入活动控制的事实,辟出斑岩铀矿类型;斑岩型与花岗岩型、火山岩型铀矿是并列关系。花岗岩型和斑岩型铀矿归为构造控制型铀矿,火山岩型、碳硅泥岩型和砂岩型铀矿归为层位控制型铀矿。中国铀矿在空间分布上,具有成带成片、相对集中、不均衡分布特点,以 SN 向贺兰山—龙门山—小江断层带为界,可划分为东部滨太平洋铀成矿域、西(北)部古亚洲铀成矿域、西(南)部特提斯铀成矿域。滨太平洋铀成矿域可进一步划分为华南铀矿省、华北铀矿省和东北铀矿省。西(南)部的特提斯铀成矿域,工作程度低,找矿潜力尚待深入研究。西(北)部古欧亚大陆铀成矿域,有西北铀矿省。4 大铀矿省内共划分出 18 个成矿带(区)。以火山岩、斑岩型铀矿为主的成矿带主要分布在我国东部靠近沿海的滨太平洋构造岩浆活动带内,以花岗岩型铀矿为主的成矿带则主要分布在我国中东部多期构造—岩浆活动带内,以碳硅泥岩型铀矿为主的成矿带主要分布在扬子陆块北部和东南部边缘地带和南秦岭地带,以砂岩型铀矿为主的成矿带主要分布在我国北部陆相沉积盆地内。铀成矿带(区)分布的不均匀性,不仅受区域成矿地质背景、保矿条件等因素控制,而且还与当前地质勘查工作程度、经济技术条件有关。

关键词: 铀矿类型;成矿特点;铀成矿省;铀成矿带;空间分布;不均匀性

中图分类号: P612;P619.14 **文献标识码:** A

0 引言

有关铀矿床类型的划分,不同的学者从不同的研究视角出发,对全球分布的铀矿床提出过许多方案。IAEA(1989)则把世界上的主要铀矿床划分为 15 个大类:1)与不整合有关的大类,2)砂岩大类,3)石英卵石砾岩大类,4)脉状大类,5)角砾杂岩大类,6)侵入体大类,7)磷块岩大类,8)塌陷角砾岩筒大类,9)火山岩大类,10)表生大类,11)交代岩大类,12)变质大类,13)褐煤大类,14)黑色页岩大类,15)其它大类。中国主要铀矿床(砂岩型、花岗岩型、火山岩型、碳硅泥岩型等)无疑可归于上述各大类中,如砂岩型铀矿床归于砂岩大类,碳硅泥岩型铀矿

床归于黑色页岩大类或其它大类,花岗岩型铀矿床归于脉状大类,火山岩型(应包括次火山岩或斑岩型)归于火山岩大类。然而,中国铀矿床有自已的成矿特点,矿床类型及其形成环境与世界铀矿床有很大不同。

本文在通过大量文献资料^[1-6]调研的基础上,力图阐述中国特色的铀矿床分类以完善中国铀矿床分类方案,并对各类铀矿成矿主要特点和空间分布规律进行综述。

1 铀矿床类型划分

矿床的形成有三个主要因素,即成矿作用、成矿物质来源和成矿环境。在一个比较完整的矿床分类

收稿日期: 2016-07-06; 改回日期: 2017-08-30; 责任编辑: 王传泰

基金项目: 中国地质调查局项目(编号:1212011220248)、中国核工业地质局地勘费项目(编号:201359)联合资助。

作者简介: 张万良(1962—),男,教授级高级工程师,主要从事铀矿勘查工作。通信地址:江西省南昌市南昌县 79 号,核工业 270 研究所;邮政编码:330200;E-mail:zw1270@163.com

中,应包括这三个基本因素。一般说来,成矿作用是划分矿床成因类型的主要因素,因为不论成矿物质来源如何,它们总是要通过一定的成矿作用形成千差万别的矿床;成矿环境是基本因素,影响着矿床的形成和分布;成矿物质来源是重要的因素,是矿床形成的必要条件。

成矿作用是指在地球演化过程中,分散在地壳和上地幔中的化学元素,在一定的地质环境中相对集中而形成矿床的作用。成矿作用是地质作用的一部分,因此矿床的形成作用和地质作用一样,按作用的性质的能量来源可以分为内生成矿作用、外生成矿作用和变质成矿作用^[7]。其中,内生成矿作用又可进一步划分为岩浆成矿作用和热液成矿作用;外生成矿作用可进一步划分为风化成矿作用和沉积(成岩)成矿作用;变质成矿作用可进一步划分为接触变质成矿作用、区域变质成矿作用和混合岩化成矿作用。

铀矿床能否根据成矿作用的不同,划分为内生铀矿床、外生铀矿床和变质铀矿床呢?长期的找矿实践和研究成果表明:变质作用形成的铀矿床较为罕见;铀矿床主要是内生成矿作用特别是热液成矿作用形成的^[8],与氧化还原带有关的砂岩型铀矿床和大多数碳硅泥岩型铀矿床都是热液成矿作用形成的;外生成矿作用,如沉积(成岩)成矿作用形成铀矿床的机会也是不多的,大多数情况下只能形成铀含量偏高的矿化层。因此,笔者认为,如果把成矿作用作为铀矿床分类的主要依据,则中国绝大多数工业铀矿床都是内生矿床中的热液矿床,部分为内生矿床中的岩浆矿床,达不到对铀矿床进行有效分类的目的和效果;按成矿作用对铀矿床进行分类的实践意义不大。

成矿物质及其来源是成矿的基础和前提,但成矿物质来源极其复杂,判别成矿物质来源极其困难,实际工作中也难以找到有效的技术方法来完成这项工作,因此把成矿物质来源作为主要依据也难以对铀矿床进行有效的分类。

成矿环境或成矿条件是矿床包括铀矿床形成的基本因素,故通常采用的铀矿床分类原则^[9-10]是:1)把成矿环境作为铀矿床分类的主要依据,基本不考虑成矿物质来源、成矿作用的差异;2)抓主要、放次要,以当前成型的工业意义较大的铀矿床为分类对象,不考虑那些品位较低、经济意义不确定的非常规铀资源(例如:产于磷块岩、钙结岩等沉积地层中的沉积(成岩)型矿床或矿化,产于霓霞正长岩、伟晶白

岗岩、伟晶花岗岩中的侵入体控制型铀矿床或矿化,均不作为主要矿床类型进行讨论)。

地壳中主要分布有岩浆岩、沉积岩和变质岩三大岩类,其中岩浆岩又有中深成侵入岩、浅成超浅成侵入岩和火山岩,铀矿化可以产于地壳中各类岩性中,但具有工业意义的铀矿化对岩性也有一定的选择性,如壳源型花岗岩比幔源型花岗岩成矿的机率要大,中酸性火山岩比中基性火山岩成矿相对有利,砂岩比泥岩更有利于热液铀矿化。

长期以来,我国核工业地质系统按含矿围岩(成矿环境)的不同,将我国铀矿床划分为花岗岩型^[11]、火山岩型^[12]、碳硅泥岩型^[13]、砂岩型^[14]。这种分类包括了我国绝大多数铀矿床,据2013年统计资料,这“四大类型”铀矿占探明资源量的92.2%^[15],故这种分类得到了广泛的应用。存在的一些小问题是:1)产于花岗岩体外带中铀矿床如何归类?2)许多与斑岩有关的铀矿床归于火山岩型,很牵强;3)产于泥岩、煤岩中的矿床归类意见不统一;4)对成矿作用的理解和矿床之间相互联系的认识会带来一定的局限性。

针对上述问题,本文提出以下划分方案:

(1)产于花岗岩体外带中的铀矿床,如果矿体主要呈切层脉状,受构造控制明显,完全是热液成矿作用形成的,划归花岗岩型铀矿床类型,如江西鹿井、桃坑和湖南大湾等矿床;如果矿体主要呈层状、似层状,受地层层位控制,则划归碳硅泥岩型或砂岩型铀矿范畴,如桂北铲子坪和赣东黄田等矿床。

(2)有一些矿床,如江西相山横涧矿床、浙西大桥坞矿床、冀北张麻井矿床,铀矿床的形成环境主要是与浅成—超浅成侵入体(斑岩)侵入活动有关,与火山岩浆活动关系不明显,而且斑岩体作为次火山岩的依据是不充分的,但长期归属火山岩型铀矿床,与火山岩的成因事实不符。因此,本文辟出一个新类型,即斑岩型铀矿床,从原火山岩型铀矿床中分离出来,斑岩型与花岗岩型、火山岩型铀矿床是并列关系。

(3)中生代盆地中的铀矿床,有的产于砂岩中,归于砂岩型铀矿理所当然,而产于泥岩和煤岩中的铀矿床或矿化,是单独划出一个或二个新类型,还是归于砂岩型矿床类型呢?笔者认为,与砂岩型铀矿床伴生的、主要矿体产于泥岩和煤岩中的铀矿床,应归于砂岩型。

(4)以成矿环境为主要依据,进行矿床类型的划分是铀矿床分类的主要特点,由于目前探明的工业

表 1 中国铀矿床分类表

Table 1 Classification of Uranium deposits in China

铀矿床类型	矿床实例	备注
花岗岩型铀矿床	希望、棉花坑、大布、河草坑、沙子江、鹿井、大湾、桃坑、212	构造控制型铀矿
斑岩型铀矿床	横涧、邹家山、尖山、毛洋头、张麻井、巴泉、大桥坞、林家、石角围、仙人嶂、良伞寨	
火山岩型铀矿床	大茶园、马荃、孟青(65)、70、熊家(60)、施家(390)	层位控制型铀矿
碳硅泥岩型铀矿床	铲子坪、保峰源、黄田(赣)、泗里河、黄材、董坑、金银寨、大新、马鞍肚、盆头、矿山脚	
砂岩型铀矿床	512、孙家梁、十红滩、钱家店、白面石、汪家冲、昆山	

注：我国尚有碱性岩型、伟晶岩型铀矿床，即岩体控制型铀矿床，因经济意义较小，表中未列出。

铀矿床绝大多数都是内生热液铀矿床，不存在对成矿作用的理解和矿床之间相互联系的认识带来局限性的问题。

据上所述，本文在华南铀矿类型、特点及空间分布研究的基础上^[16-17]，将我国主要工业铀矿床划分 5 种类型，即花岗岩型、斑岩型、火山岩型、碳硅泥岩型和砂岩型，并将其归并为 2 大类，即构造或断层控制型铀矿床和层位控制型铀矿床(表 1)。构造控制型铀矿主要产于各类中酸性侵入岩体中，仅少部分产于沉积地层、火山岩地层或变质岩中；由于成矿岩体以花岗岩和中酸性斑岩为主，故有花岗岩型和斑岩型铀矿床之划分方案。层位控制型铀矿床主要与酸性火山岩、碳硅泥岩、砂岩关系最密切，故有火山岩型、碳硅泥岩型和砂岩型铀矿床之划分方案；虽然它们也是热液成矿作用形成的铀矿床，但有一个显著的共同特点，即与地层层位关系密切，虽然有的也产于花岗岩外带，但与侵入体的成因联系并不明显，矿体产状主要受地层层位控制，与构造控制型铀矿床具有不同的产出形态特征。构造控制型铀矿床与各类岩体的密切空间关系以及脉状或似脉状矿体形态是与层位控制型铀矿床的根本区别^[16-17]。

按含矿主岩(环境)不同对铀矿床进行分类比较直观，便于识别和应用，而且对矿石的加工处理也是有意义的，多年来在我国地勘单位广泛采用，在找矿实践中起到了良好的效果。

2 不同类型铀矿床成矿特征

2.1 花岗岩型、斑岩型、火山岩型、碳硅泥岩型铀矿床

有关花岗岩型、斑岩型、火山岩型、碳硅泥岩型铀矿床这四类铀矿床的成矿特点，笔者在文献[16-18]中曾作过总结归纳，在此不再重复，只作一些补充。

(1)花岗岩铀矿床。主要分布于华南地区，在中

国西北的北秦岭地区、东北地区南部也有少量分布，铀矿化产于印支-燕山期各类花岗岩体及其外带中，前者如希望、棉花坑、大布、河草坑、沙子江矿床等，后者如鹿井、大湾、桃坑、黄子洞矿床等。产铀花岗岩岩浆演化较完善，富硅、富碱、铝过饱和、钾大于钠，酸性和中基性岩脉发育。根据主要共生脉石矿物或蚀变矿物或铀矿物组合不同，铀矿床一般划分为碎裂蚀变带型和硅化破碎带型两种铀矿化类型^[19-24]。“交点型”铀矿是硅化破碎带型铀矿的特殊表现形式。

(2)斑岩型铀矿床。主要分布于华南地区，其次分布于东北地区^[25-28]。这是从原火山岩型铀矿床中辟出的一种新的铀矿床类型，矿体呈脉状、筒状、不规则状等，与下述的火山岩型铀矿床具有明显不同的产出形态特征，其成矿作用的最主要的机制是流体动力作用(隐爆)，矿体的形貌和内部结构与流体动力成矿构造有关，因而，斑岩铀矿床可进一步划分为流体角砾岩型、流体脉型和流体蚀变岩型；流体角砾岩型如巴泉、林家、大桥坞、草桃背等矿床，流体脉型如横涧、邹家山、张麻井等矿床，流体蚀变岩型如云际等矿床。

(3)火山岩型铀矿床。主要分布于滨太平洋的活动大陆边缘带华东地区和东北地区，其次是西北地区的准噶尔、天山—兴安华力西褶皱带。前者产于中生代陆相火山岩中，后者产于晚古生代的陆相火山岩中，均受火山岩层控制；矿体呈似层状、透镜状等，成矿火山岩层实际上是火山岩系地层，包括火山岩、火山碎屑沉积岩及沉积碎屑岩夹层，故该类铀矿床可根据产出围岩的不同进一步划分亚类：火山熔岩型、火山碎屑岩型和火山碎屑沉积岩型^[29-30]。火山熔岩型矿床以浙江大洲矿田的大茶园、白西坑、雷公殿、王贵寺矿床最为典型，江西余江马荃矿床也属此列。火山碎屑岩型矿床如江西盛源盆地中的 65、70 矿床。火山碎屑沉积岩型矿床如盛源盆地中的 60 号矿床、临川 390 矿床等。

(4)碳硅泥岩型铀矿床。我国碳硅泥岩建造分

布广泛^[31-32],形成时代为晚震旦一早二叠世。其中,晚震旦世至寒武纪的碳硅泥岩分布最广,在滇、黔、桂、川、湘、鄂、赣、皖、浙、苏、豫、陕、甘、宁、新等地均有分布;奥陶纪的碳硅泥岩分布与寒武纪的分布相似;志留纪的碳硅泥岩主要分布在秦岭地区;晚古生代的碳硅泥岩主要分布在华南、秦岭、塔里木盆地北缘。碳硅泥岩型铀矿床的空间分布与碳硅泥岩建造分布相对应,矿床有沉积(成岩)成矿的迹象,但主要还是热液作用形成的,典型的碳硅泥岩型铀矿床如铲子坪、保峰源、黄田(赣)、泗里河、黄材、董坑、金银寨等矿床;产于碳酸盐岩中的铀矿床如垒头、大新、马鞍肚、矿山脚等矿床。

2.2 砂岩型铀矿床

我国砂岩型铀矿的含矿层位,其时代较新,有三叠系、侏罗系、白垩系、古近系、新近系、第四系。北方的西部地区主含矿层位是侏罗系中下统,往东部储矿层位有上升的趋势,至东部地区白垩系则是主要储矿层位^[33-36]。

与铀矿形成有关的有利岩相有大型扇三角洲相、辫状河三角洲相、辫状河相、河网化区的沼化洼地相、河流的边滩及心滩亚相、三角洲支流河口沙坝相等;发育规模大、连续性好的砂体是成矿的重要前提。我国北方盆地产铀砂体一般厚20~50 m,长几公里至数十公里。南方红层盆地中发育规模较大的“浅色层”是成矿的前提。

砂岩型铀矿床可赋存于不同的层位中,甚至在同一盆地同一盆段,矿化也可以赋存在不同的层位中,矿化具多层性,这是因为砂岩型铀矿起直接控制作用的是岩性和岩性组合。有利于铀矿储存的主砂体仅属于某些成因类型,归属于一定沉积体系,这些相关的沉积体系主要有扇三角洲沉积体系和河流沉积体系。对于砂岩岩性,大量已知矿区的统计资料表明,含矿砂岩的岩性包括中砂岩、细砂岩、粗砂岩、粉砂岩、砂砾岩及少量泥岩、煤(层)。单个砂体的厚度以5~30 m最为有利,过厚不利成矿,过薄也不利于成矿,其走向长度和倾向宽度越大、延伸越稳定对成矿越有利;渗透系数以0.5~7 m/d为好,过小过大均不利成矿,过小不利于成矿溶液在岩层中的迁移,过大不利于水岩之间的充分反应。对于岩性组合,即由上下屏蔽层及其相夹的透水层共同组成的岩性组合(泥-砂-泥结构),是砂岩型铀矿形成的必要条件,而这种有利岩性组合在一个地层单元内往往呈多个相互上下叠置或侧列叠置的情况产出,它们的规模、产状以及构造的组合形式等都与铀矿

化的强度和规模有关。

砂岩型铀矿床虽受砂岩层位控制,但矿体形态却较复杂,呈正卷状、反卷状、长卷状、双卷状、复杂卷状、长翼状、枝状、上板状、下板状、镂空状、碟状、带状、棒状、透镜状等,其中以板状、透镜状、卷状矿体为主。由于砂体形态和成因不同,氧化还原界面的还原介质分布不均一,矿体形态大小呈现一定变化规律。由海相地层控制的矿体形态单一,呈简单的卷状,如果有断层参与控矿,则呈复杂的卷状。由河流相砂体控制的矿体,如果河流砂体切穿海相砂体隔水顶板,则可发育由越流形成的蘑菇状、双向卷状铀矿体。在砂体的相变部位,泥-砂-泥呈指状交互状接触时,铀矿体呈多卷头产出。

矿石物质成分较简单,铀矿物以沥青铀矿和/或铀石为主,分散吸附状产出的铀也很广泛,常与碳质、泥质、胶磷矿、黄铁矿共生。部分矿床的碳酸盐含量较高,平均可达3%~5%,含矿含水层的矿化度也较高,宜采用碱法浸出。伴生元素常有Re、Se、Mo、Sc、Ge、V等,有时伴生元素可达综合利用的品位。围岩蚀变较简单,主要发育褪色现象、高岭石化、碳酸盐化、黄铁矿化等,成矿年龄新,许多矿床现代仍在成矿。

砂岩型矿床是中新代盆地中深层地下热水作用(也是热液作用的一种)形成的。在北方有库捷尔泰、十红滩、东胜、努和廷、钱家店等矿床;在南方也有许多产于砂岩中的铀矿床,如白面石、黄子洞、汪家冲等矿床。

3 不同类型铀矿床区域分布特点

中国铀矿床在空间上均具有成带成片、相对集中、不均衡分布特点,并与新构造运动和新构造活动分区有一定关联。

与新构造活动分区相对应,中国铀矿床以SN向的贺兰山—龙门山—小江断层带为界,划分为3个铀成矿域:1)东部滨太平洋铀成矿域;2)西(北)部古亚洲铀成矿域;3)西(南)部特提斯铀成矿域。滨太平洋铀成矿域可进一步划分为华南铀矿省、华北铀矿省和东北铀矿省。西(北)部古亚洲铀成矿域,有西北铀矿省。西(南)部特提斯铀成矿域,因研究工作程度低,找矿潜力尚待深入研究。4个铀矿省内按其铀矿类型、集中分布情况,共划分出18个成矿带(区)。

3.1 铀矿省

华南、华北、东北铀矿省和西北铀矿省的边界与新构造活动一级分区的界线相吻合,各铀矿省内铀矿主要类型不尽相同,呈现出铀矿省的形成与新构造活动特点的相关联。

3.1.1 华南铀矿省

华南铀矿省位于华南新构造区,是我国铀矿资源最为集中的成矿省,研究程度较高,铀矿类型丰富,共有9条铀矿带,即北秦岭铀成矿带、南秦岭铀成矿带、栖霞山—庐枞铀成矿带、雪峰山—九万大山铀成矿带、幕阜山—衡山铀成矿带、赣杭铀成矿带、武夷山铀成矿带、桃山—诸广铀成矿带以及郴州—钦州铀成矿带。

新元古代,扬子地块和华夏地块沿江绍断裂带拼合,形成了统一的华南地块,在接受了震旦纪到志留纪的连续沉积建造,包括富铀的碳硅泥岩系地层沉积之后,早古生代经历了一次区域性的高级变质作用和大范围的岩浆活动事件^[37]。早中三叠世,华南地块处于四面围限、各向挤压的应力场之下,发生了强烈的构造形变和造山后岩浆活动。侏罗纪以来的地质构造运动,是导致该地区铀矿床生成的重要因素。侏罗纪至白垩纪,以伸展走滑作用为主,尤其是地块东南缘,由于太平洋板块的俯冲作用,产生了一系列平行大陆边缘的NNE向和NE向挤压构造带,发生了规模较大的中酸性火山—侵入作用,存在于前寒武纪古老基底中的铀在选择性重熔过程中被活化并进入酸性岩浆而向浅部构造层运移,形成富U的酸性岩浆岩和原生流体^[38],在构造岩浆活动的晚期,由于地幔对流机制的变化,太平洋板块俯冲带向洋侧迁移,东南大陆边缘由受到强烈挤压逐步变为拉张,早期的断层构造重新开启,岩浆作用后期的原生流体向上运移,地下流体异常活跃,在各种断层裂隙构造、层间构造、侵入界面构造等有利地段形成了花岗岩型、斑岩型、火山岩型、碳硅泥岩型甚至砂岩型铀矿床。

华南铀矿省在新构造期属中国东部较弱活动构造域,与西部的强烈活动构造域在地质背景和深部构造方面都有明显差异,西界为龙门山断层带和川滇南北构造带。总的特点是隆升、掀斜、断块运动,NE-NNE向、NW向断层发育,从东向西、由南向北,隆升幅度渐大,而在地块内部,因新断层的影响,又形成了小块体间的掀斜运动,但块体间的隆升幅度都不是很大,因掀斜运动形成的箕状盆地规模较小,砂岩型铀矿发育的规模也受到一定限制。

因新构造期整个华南地块处于不断隆升的构造背景,在前新构造期形成的各类铀矿床也处于不断隆升剥露之中,而各类新断层的作用,使地块内部产生了差异升降运动,产生了剥蚀程度的差异,使早先形成的铀矿在剥蚀较弱的地段,部分或完全被保存下来了。由东到西,铀矿类型有由火山岩型—斑岩型—花岗岩型—碳硅泥岩型—砂岩型的变化趋势,其与整个华南地块的由东向西新构造运动增强的变化特点有内在联系。

3.1.2 华北铀矿省

华北铀矿省地处华北新构造区,西界为狼山—贺兰山构造地貌分界线,向东至黄海,包括鄂尔多斯亚区(Ⅱ₁²)、黄淮海平原亚区(Ⅱ₂²)、胶东—黄海亚区(Ⅱ₃²)三部分。华北铀矿省目前主要在鄂尔多斯地块(盆地)内发现砂岩型铀矿床和铀矿点,例如:东胜、店上、国家湾等矿床矿点,其它地区由于第四系覆盖,目前还没有很好的找矿成果。

鄂尔多斯地区于古元古代末期形成结晶基底,并于基底的南北形成EW向构造带和中部NNE向和NE向构造带。古生代以后水平岩层层层叠叠,几乎完整无缺,直到中生代末6亿多年以来一直抵御了强烈的地壳变动。但在新生代以来,鄂尔多斯周边发生了强烈沉降。被断陷盆地围限的鄂尔多斯块体受到青藏高原东北缘构造应力作用,受到挤压而向NE方向运动,同时还有左旋扭动矢量;其属古近纪华夏裂谷运动作用后期,新近纪又叠加了新构造运动的应力作用地区,从而鄂尔多斯地区变得十分独特和自成构造系统。周围盆地的强烈活动与被围限块体的长期稳定形成了奇特的差异和鲜明的对照。

3.1.3 东北铀矿省

包括华北地块北缘、东北全境和内蒙古东半部,向北与俄罗斯和蒙古人民共和国境内的外贝加尔—蒙古铀矿省相连。东北铀成矿省包括3条铀矿带、1片铀矿区。东部为弓长岭—八河川元古代花岗岩型铀成矿带,向西依次有青龙—兴城铀成矿带、沽源—红山子铀成矿带和二连铀矿区。松辽盆地应是一个潜在的砂岩型铀矿集中区。

东北铀矿省地处华北陆块与西伯利亚陆块之间的广阔的加里东—华力西褶皱带。晚古生代以来的构造演化以稳定的大陆地块为主体,其具有前寒武纪—早前寒武纪、甚至是太古宙的古老基底,它们在早古生代早期(490 Ma—510 Ma)同时遭受了区域变质作用和花岗质岩浆侵入。从早古生代晚期开

始,至少已存在 2 个早古生代早期固结的微陆块,即额尔古纳—兴安微陆块和松嫩—佳木斯微陆块,这 2 个微陆块向北分别与俄罗斯境内的额尔古纳微陆块和布列亚微陆块相连,二者在早石炭世沿 NNE 向展布的开鲁—嫩江—黑河—诺拉—索霍提(Nora-Soukhotin)一线碰撞拼合,形成统一的东北亚晚古生代大陆板块。从晚石炭世开始,处于伸展构造背景,至少在中国境内具有北陆南海的构造-沉积古地理格局,早期发育以火山岩为主的断陷盆地,到中二叠世演化成一个规模巨大的海相沉积盆地。中生代以来,东北地区的构造体制转换及物质成分演化不仅仅是古亚洲洋构造域和西太平洋构造域叠加转换的结果,蒙古—鄂霍茨克构造域的演化对该区现今构造体制的形成也具有重要影响。中、新生代盆地之下并非都是变质结晶基底,而是存在一个规模巨大的晚古生代海相沉积盆地^[39]。

东北铀矿省北延俄罗斯和蒙古的部分,已发现不少硬岩型和砂岩型铀矿。在中国境内,过去的工作较多地集中在华北陆块的北缘,即辽宁、河北北部,发现了中生代形成的产于河北北部、内蒙古东南部的陆相火山侵入杂岩中的火山岩型、斑岩型铀矿床。近年来,对黑龙江和内蒙古地区开展了较多的铀矿勘查工作,已在二连盆地、松辽盆地发现有规模较大的砂岩型铀矿床。

东北铀矿省与华南铀矿省均处于滨太平洋构造岩浆活动区,具有与内生作用有关的铀矿床的形成条件。而且在新构造期,处于中国东部较弱活动构造域,新断层的活动有利于形成规模较大的中生代盆地,并改变盆地的水动力条件。晚新生代火山多次喷发,地温、热流值偏高,在规模较大的中生代盆地如二连、松辽等盆地创造了晚新生代砂岩型铀成矿作用的良好条件。

3.1.4 西北铀矿省

西北铀矿省南部以昆仑山为界,东至贺兰山 SN 向构造地貌分界线。目前发现有南天山和北天山成矿带。成矿省的总体轮廓是,前寒武纪古陆块在晚古生代最终拼接在一起,形成宽阔的古生代褶皱带,在古生代末的华力西运动中,该区遭受了强烈的构造岩浆作用,古构造线的主体是近 EW 向或 NWW 向,伴随酸性火山作用和花岗岩浆活动,形成了晚古生代火山岩或斑岩型铀多金属矿床。新疆阿尔泰山晚古生代火山岩中的白杨河铀多金属矿床成矿年龄 267 Ma—238 Ma。

在中生代,本区的构造活动特点不同于亚洲东

部濒临太平洋地区,没有强烈的构造岩浆活动,只是接受陆相盆地的沉积,沉积层广泛发育着河流相和三角洲相的砂体,砂体的上下往往还有泥或煤层,为以后形成砂岩型铀矿奠定了基础。在新生代特别是到了晚新生代,受阿尔卑斯-喜马拉雅活动构造带的影响,本区才发生了褶皱造山带的不断隆升并同时生成大小不一的拗陷、断陷盆地,且在盆地内部也形成了断层、隆起和单斜等构造,为产铀盆地的地下水活动和砂岩型铀矿的形成提供了有利的构造条件。

西北铀成矿省在新构造活动特点是隆起与下沉垂直幅度巨大。在西昆仑山前地区,中新世以来垂直差异总幅度达 10 000~12 000 m;河西走廊盆地与祁连山隆起总幅度达 2 700~3 100 m,西端可达 3 800 m。西北铀成矿省在新构造期是强隆起拗陷差异区,发育一系列中生代盆地,主要是山间断陷盆地和山前拗陷盆地,如塔里木盆地、准噶尔盆地、伊犁盆地、吐哈盆地等,成矿省内盆地分布面积约占总面积 1/2,组成我国重要陆相盆地矿产成矿区。分布在各类盆地中的砂岩型铀矿构成了西北铀矿省的特色。

综上所述,西北铀矿省主要发育砂岩型铀矿;华北铀矿省目前也主要发现砂岩型铀矿;东北铀矿省,既有砂岩型铀矿床,也发育斑岩型、火山岩型、花岗岩型铀矿床,是一个多种成矿类型都有找矿前景的铀矿省;华南铀矿省硬岩型(花岗岩型、斑岩型、火山岩型及碳硅泥岩型)铀矿床较发育,砂岩型铀矿床不占主要地位。这种成矿类型分布的差别,与各铀矿省的新构造变形强度和方式可能有关,西北铀矿省新构造期受到近 SN 向的水平挤压作用,沉积盆地规模大,油气资源丰富,压性、张性断层发育,因而主要形成砂岩型铀矿床;而华南地区新构造活动以垂直运动及边界断层所控制的断块构造运动为主,总体以上升为特点,沉积盆地规模较小,油气资源较贫乏,新构造主要造成新构造之前形成铀矿的隆升剥露,因而主要保存有较多的硬岩型铀矿床。华北、东北铀矿省,新构造活动的性质介于西北铀矿省与华南铀矿省之间,所发育的铀矿类型多样,找矿潜力也较大。

3.2 铀成矿带

根据黄净白等^[40]的意见,中国铀矿床共可划分 18 个成矿带(区),其划分特征如表 2 所述。有的铀成矿带(区)以一种铀矿类型为主,其它铀矿类型规模较小,如鄂尔多斯铀成矿区,所发现的铀矿均为砂

表 2 中国铀成矿带(区)划分表

Table 2 Division of uranium mineralization belt (district) in China

编号	成矿带(区)名称	矿床类型		主要成矿时代
		主要类型	次要类型	
1	南天山铀成矿带	砂岩型	碳硅泥岩型	喜马拉雅期
2	北天山铀成矿带	砂岩型	碳硅泥岩型	喜马拉雅期
3	二连盆地铀成矿区	砂岩型	碳硅泥岩型	喜马拉雅期
4	沽源—红山子铀成矿带	斑岩型		燕山期—喜马拉雅期
5	青龙—兴城铀成矿带	斑岩型		燕山期
6	弓长岭—八河川铀成矿带	花岗岩型		吕梁期 印支期
7	鄂尔多斯盆地铀成矿区	砂岩型		喜马拉雅期
8	祁连—龙首山铀成矿带	花岗岩型		华力西期
9	北秦岭铀成矿带	花岗岩型		燕山期、加里东期
10	南秦岭铀成矿带	碳硅泥岩型		燕山期—喜马拉雅期
11	栖霞山—庐枞铀成矿带	火山岩型	斑岩型、花岗岩型	燕山期
12	雪峰山—九万大山铀成矿带	碳硅泥岩型	花岗岩型	燕山期—喜马拉雅期
13	幕阜山—衡山铀成矿带	碳硅泥岩型	花岗岩型、砂岩型	燕山期—喜马拉雅期
14	赣杭铀成矿带	斑岩或火山岩型		燕山期—喜马拉雅期
15	武夷山铀成矿带	火山岩或斑岩型	花岗岩型	燕山期—喜马拉雅期
16	桃山—诸广铀成矿带	花岗岩型	碳硅泥岩型	燕山期—喜马拉雅期
17	郴州—钦州铀成矿带	碳硅泥岩型	花岗岩型	燕山期—喜马拉雅期
18	滇西铀成矿区	砂岩型	碳硅泥岩型	喜马拉雅期

岩型;有的铀成矿带以 1—2 种铀矿类型为主,但也发育其它类型的铀矿,如桃山—诸广成矿带,以花岗岩型铀矿为主,也发育少量砂岩型铀矿;有的铀成矿带多种铀矿床类型共存,构成成矿系列,并呈现出有规律的空间分布特点。如武夷山铀成矿带北部发育火山岩型铀矿床,往南部逐渐发育花岗岩型铀矿床;幕阜山—衡山铀成矿带,北部以碳硅泥岩型矿床为主,中部出现花岗岩型铀矿床,南部又出现砂岩型铀矿床^[17]。

从表 2 可以看出,各种成矿类型铀成矿带的大致分布趋势:①以火山岩、斑岩型铀矿为主的成矿带,主要分布在我国东部靠近沿海的滨太平洋构造岩浆活动带内;②以花岗岩型铀矿为主的成矿带,主要分布在我国中东部多期构造—岩浆活动带内;③以碳硅泥岩型铀矿为主的成矿带,主要分布在扬子陆块北部和东南部边缘地带和南秦岭地带;④以砂岩型铀矿为主的成矿带,主要分布在我国北部陆相沉积盆地内。从成矿带区域分布上还可以看出:①大部分铀矿带区(14 个)分布在中国东半部,其中有 9 个分布在华南弱隆起活动构造区,1 个分布在华北较强隆起断陷区,4 个分布在东北火山活动及较弱隆起断陷区;②部分铀矿带(2 个)分布在中国西北部,位于新疆强隆起差异拗陷区内;③另有 2 个分布在青藏强烈隆起区的边缘。

中国铀成矿带(区)分布的不均匀性,不仅受区域成矿地质背景、保矿条件等因素控制,而且还与当

前地质勘查工作程度、经济技术条件有关。

4 结语

(1)中国主要铀矿床按成矿环境的不同,可划分为花岗岩型、斑岩型、火山岩型、碳硅泥岩型和砂岩型等铀矿床类型。其中斑岩型是从原火山岩型铀矿床中分出来的一种新类型,与花岗岩型、火山岩型是并列关系。

(2)中国铀矿在空间分布上,以 SN 向贺兰山—龙门山—小江断层带为界,可划分为东部滨太平洋铀成矿域、西(北)部古亚洲铀成矿域、西(南)部特提斯铀成矿域;滨太平洋铀成矿域可进一步划分为华南铀矿省、华北铀矿省和东北铀矿省;古欧亚大陆铀成矿域,有西北铀矿省。4 个铀矿省内共划分出 18 个铀成矿带(区)。

(3)以火山岩、斑岩型铀矿为主的成矿带主要分布在我国东部靠近沿海的滨太平洋构造岩浆活动带内,以花岗岩型铀矿为主的成矿带则主要分布在我国中东部多期构造—岩浆活动带内,以碳硅泥岩型铀矿为主的成矿带主要分布在扬子陆块北部和东南部边缘地带和南秦岭地带,以砂岩型铀矿为主的成矿带主要分布在我国北部陆相沉积盆地内。

(4)中国铀矿分布的不均匀性,除受区域成矿地质背景、保矿条件等因素控制,而且还与当前地质勘

查工作程度、经济技术条件有关。

参考文献:

- [1] 中国核工业地质局《华东铀矿地质志》编写组. 华东铀矿地质志[R]. 北京: 中国核工业地质局, 2005.
- [2] 中国核工业地质局《中南铀矿地质志》编写组. 中南铀矿地质志[R]. 北京: 中国核工业地质局, 2005.
- [3] 中国核工业地质局《华南铀矿地质志》编写组. 华南铀矿地质志[R]. 北京: 中国核工业地质局, 2005.
- [4] 中国核工业地质局《西南铀矿地质志》编写组. 西南铀矿地质志[R]. 北京: 中国核工业地质局, 2005.
- [5] 中国核工业地质局《东北铀矿地质志》编写组. 东北铀矿地质志[R]. 北京: 中国核工业地质局, 2007.
- [6] 中国核工业地质局《西北铀矿地质志》编写组. 西北铀矿地质志[R]. 北京: 中国核工业地质局, 2015.
- [7] 袁见齐, 朱上庆, 翟裕生. 矿床学[M]. 北京: 地质出版社, 1985: 1-345.
- [8] 杜乐天. 中国热液铀矿成矿理论体系[J]. 铀矿地质, 2011, 27(2): 65-68.
- [9] 童航寿. 我国铀矿床类型分类研究(一)[J]. 世界核地质科学, 2014(1): 1-9.
- [10] 宫岩. 铀矿床成矿特点及时空分布特征概要[J]. 绿色科技, 2016(12): 224-225.
- [11] 中华人民共和国核行业标准 EJ/T976-96《花岗岩型铀矿找矿指南》
- [12] 中华人民共和国核行业标准 EJ/T996-96《火山岩型铀矿找矿指南》
- [13] 中华人民共和国核行业标准 EJ/T832-94《碳硅泥岩型铀矿找矿指南》
- [14] 中华人民共和国核行业标准 EJ/T920-95《陆相沉积盆地铀矿找矿指南》
- [15] 李子颖, 张金带, 秦明宽, 等. 中国铀矿成矿模式[R]. 北京: 中国核工业地质局\核工业北京地质研究院, 内部资料, 2014年.
- [16] 张万良. 华南铀矿类型及其主要特点[J]. 矿床地质, 2010, 29(增刊): 160-161.
- [17] 张万良. 华南铀矿类型、特点及空间分布[J]. 矿产与地质, 2011(4): 1-8.
- [18] 张万良, 邹茂卿. 华南铀矿成矿年龄统计分析[J]. 矿产与地质, 2013, 27(4): 270-275.
- [19] 范洪海, 何德宝, 徐浩, 等. 全国花岗岩型铀矿资源潜力评价[J]. 铀矿地质, 2012(6): 335-341.
- [20] 陈振宇, 黄国龙, 朱捌, 等. 南岭地区花岗岩型铀矿的特征及其成矿专属性[J]. 大地构造与成矿学, 2014, 38(2): 264-275.
- [21] 章邦桐. 华南花岗岩中铀活化转移的地球化学证据[J]. 地球化学, 1994(2): 161-167.
- [22] 刘文泉, 吴烈勤, 李俊. 粤北希望铀矿床深部及其西部外围找矿前景[J]. 铀矿地质, 2015, 31(4): 426-431.
- [23] 黄国龙, 曹豪杰, 徐文雄, 等. 诸广棉花坑铀矿床垂向分带模式及深部找矿潜力[J]. 铀矿地质, 2015, 31(3): 355-362.
- [24] 张万良. 赣南河草坑铀矿田成矿地质特征及找矿目标类型[J]. 地质找矿论丛, 2005, 20(3): 192-194.
- [25] 张彦春. 试论斑岩铀矿成矿系列[J]. 铀矿地质, 2002(5): 264-272.
- [26] 张万良. 相山铀矿田横涧矿床的成因归属[J]. 地质论评, 2001, 47(4): 377-382.
- [27] 邵飞, 邹茂卿, 何晓梅, 等. 相山矿田斑岩型铀矿成矿作用及深入找矿[J]. 铀矿地质, 2008(6): 321-326+346.
- [28] 张万良, 李子颖. 关于赣中相山矿田相山“碎斑熔岩”[J]. 地质论评, 2015, 61(2): 367-375.
- [29] 张万良. 盛源盆地铀成矿特征与成矿模式[J]. 江西地质, 2000, 14(2): 113-122.
- [30] 毛孟才. 赣杭铀成矿带大洲矿田定位条件分析及富大铀矿寻找[J]. 地质找矿论丛, 2002(2): 164-168.
- [31] 漆富成, 张宇龙, 李治兴, 等. 中国碳硅泥岩型铀矿床的成矿环境和成矿体系[C]//中国核学会. 中国核科学技术进展报告(第二卷)—中国核学会2011年学术年会论文集: 铀矿地质分卷, 北京: 中国原子能出版社, 2012: 21-27.
- [32] 范德廉, 张焘. 中国的黑色岩系及其有关矿床[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 1-441.
- [33] 李胜祥, 韩效忠, 蔡煜琦, 等. 伊犁盆地构造、沉积、古气候演化特征及其与砂岩型铀矿成矿关系[C]//西北大学, 长庆油田. 第九届全国古地理学及沉积学学术会议论文集(西安), 2006: 97-101.
- [34] 李子颖, 方锡珩, 陈安平, 等. 鄂尔多斯盆地东北部砂岩型铀矿叠合成矿模式[J]. 铀矿地质, 2009, 25(2): 65-70.
- [35] 罗毅, 马汉峰, 夏毓亮, 等. 松辽盆地钱家店铀矿床成矿作用特征及成矿模式[J]. 铀矿地质, 2007, 23(4): 193-200.
- [36] 张金带, 徐高中, 陈安平, 等. 我国可地浸砂岩型铀矿成矿模式初步探讨[J]. 铀矿地质, 2005, 21(3): 139-145.
- [37] 褚杨, 林伟, FAURE Michel, 等. 华南板块早古生代陆内造山过程: 以雪峰山—九岭为例[J]. 岩石学报, 2015, 31(8): 2145-2155.
- [38] 陈肇博, 赵凤民, 向伟东, 等. 中国铀矿省[C]//中国地质学会. 第31届国际地质大会中国代表团学术论文集, 北京: 地质出版社, 2001: 360-365.
- [39] 张兴洲, 马玉霞, 迟效国, 等. 东北及内蒙古东部地区显生宙构造演化的有关问题[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2012, 42(5): 1269-1285.
- [40] 黄净白, 黄世杰, 张金带, 等. 中国铀成矿带概论[R]. 北京: 中国核工业地质局, 内部资料, 2005年.

The main types and characteristics and spatial distribution of uranium deposits in China

ZHANG Wanliang

(270 Research Institute of CNNC, Jiangxi province, Nanchang county 330200, China)

Abstract: Generally, uranium deposits in China are divided into 4 types i. e. the granite-hosted, volcanics-hosted, carbon silicon mudstone-hosted, sandstone-hosted deposit. However, some volcanics-hosted uranium deposits are not related to the original volcanism and magmatism. The fact is that they are mainly controlled by the post-volcanism acidic porphyry intrusion. The author put forward a new type, the porphyry uranium deposit. The granite-hosted and porphyry uranium deposits are classified into the structure-controlled type and the volcanics-hosted and carbon silicon mudstone-hosted and sandstone-hosted uranium deposit into stratabound type. Spatially, they are unevenly distributed and concentrated relatively in belts or zones. The belts are divided by a boundary of Helan mountain - Longmen mountain - Xiaojiang fault. The eastern Pacific rim uranium metallogenic domain occurs in east of the division boundary; the ancient Asian domain in the west (north) and Tethys domain in the west(south) and Ancient Euroasian domain and the northwest province in the west (north). The eastern Pacific uranium metallogenic domain can be further divided into the South China and North China and Northeast China uranium ore Provinces. Little geological works has been done in the Tethys Uranium metallogenic domain. And it is potential for further prospecting and study. In the 4 provinces there are 18 sub-belts (zone). The sub-belts of the volcanics-hosted and porphyry deposit mainly occur in the belts(zones) with multi-tectonic-magmatic activities in the coastal area of the east China and the eastern Pacific rim domain, the granite-hosted type in the belts(zones) with multi-tectonic-magmatic activities in the east-central China, the carbon silicon mudstone-hosted type mainly in north part and the southeast margin of the Yangtze block and the southern Qinling fold belt, the sandstone-hosted type in the continental sedimentary basin in North china. The uneven distribution is not only influenced by the regional geological background and ore preservation conditions but also by geological working density and technical and economic condition.

Key Words: uranium deposit type; metallogenic characteristics; uranium metallogenic province; uranium metallogenic belt; spatial distribution; uneven distribution