

# 中国铀矿省及其分布格局

刘兴忠 周维勋

在中国,业已厘定出准噶尔-天山、阴山-辽河、祁连-秦岭、华南和滇西等五个主要铀矿省。它们大多分布在地台与显生宙活动带的接合部位,在空间上趋附于前震旦纪地体。铀矿省内花岗岩岩浆或碱性岩浆活动强烈,并发育有陆架式、裂谷式及陆相磨拉石式等在稳定条件下形成的沉积建造或火山沉积建造。铀成矿作用大多发生在地壳经长期挤压之后出现的拉张陆相环境中,形成于挤压过程中的矿化居次要地位。如果以1.4Ga为界把地壳演化史分为两个巨时域,世界上大部分重要铀矿省都形成于2.8—1.4Ga之间的前一巨时域,这显然与地壳演化的方向性和不可逆性有关;中国已厘定的铀矿省却主要形成于后一巨时域。所以,中国地质学家在已知成矿域内扩大找矿成果的同时,正积极探索圈定主要形成于前一巨时域的铀矿省的可能性。

**关键词** 中国 大地构造演化 铀矿省 分布格局

## 一、引言

众所周知,铀资源往往集中分布在面积有限的特定区域内,这种特定区域便是直观意义的铀矿省。在现阶段,或许可以把铀矿省定义为“这样一种地区,那里沉积建造、岩浆活动、构造变动和变质作用在时间和空间上的组合有利于铀成矿作用的发生,并且业已发现一定数量的铀矿床或矿化显示”<sup>[1]</sup>。

按照这一定义,世界上各铀矿省的形成方式具有共性的一面,它反映了地壳演化的总体规律;同时又具有不同的一面,它受不同地区地壳演化的特点所制约。本文在分析中国大地构造演化特点的基础上,阐述各主要铀矿省的分布格局,并对其形成条件及寻找和厘定新的铀成矿远景区进行力所能及的讨论。

## 二、中国大地构造演化的若干问题

在中国境内,除属于印度地台一部分的大、小喜马拉雅山和锡伐利克山前拗陷带外,计有中朝、塔里木、扬子和华夏等四个地台,其间及其外侧则分布着中亚-蒙古、昆仑-祁连-秦岭、滇藏和华南等显生宙活动带(图1)。

### 1. 前寒武纪陆壳的发育程度及规模

这一问题直接涉及到铀成矿远景的评估,因为前寒武纪陆壳是铀矿省赖以形成的主要物质来源之一。现有资料表明,在中国的显生宙活动带内散布着为数甚多,具有前寒武纪基底的中间地块,如被中亚-蒙古活动带所挟持的准噶尔、额尔古纳、松辽、佳木斯地块,被昆仑-祁连-秦岭活动带所挟持的柴达木、中祁连、秦岭、武当-淮阳地块,以及被滇藏活动带所挟持的羌塘、拉萨、若尔盖、巴塘-得荣和保山地块等(图1)。另一方面,中国地台的基底

收稿日期1990年6月20日

又大多固结或基本固结于早、中元古宙之交。中条运动导致中朝地台基底固结的论断已被普遍接受。在塔里木地台西南缘铁克里克地区的早元古宙变质岩系之上,覆盖着可以与燕山地区的长城群、蓟县群和青白口群相对比的未变质中元古宇(新疆区测队,1981)。所以,其基底也固结于早、中元古宙之交,并至迟在早元古宙末之前与中朝地台连成一体。在扬子地台南部的鄂西地区,中元古宙神农架是一套基本未变质,以白云质碳酸盐岩为主体夹砂泥岩的岩系,呈宽阔舒缓褶皱产出;在地台西缘的康滇地区,与之时代相当的昆阳群和会理群虽所含碎屑岩和火山岩的数量要大得多,形变和变质程度也较高,但仍属裂谷或冒地槽式建造。这样,扬子地台的基底也基本固结于早、中元古宙之交。至于华夏地台,它是扬子地台裂离的产物,因而具有与扬子地台相似的基底结构。与之相对应,中国的主要显生宙活动带,如中亚-蒙古、昆仑-祁连-秦岭和华南活动带等,其活动史都发端于中元古宙,由此可见,不能排除在前寒武纪,或者说在早前寒武纪,曾经存在过某种形式泛古大陆的可能性,至少不应按照目前所见的地台范围作为确定中国前寒武纪陆壳的发育规模的唯一依据。

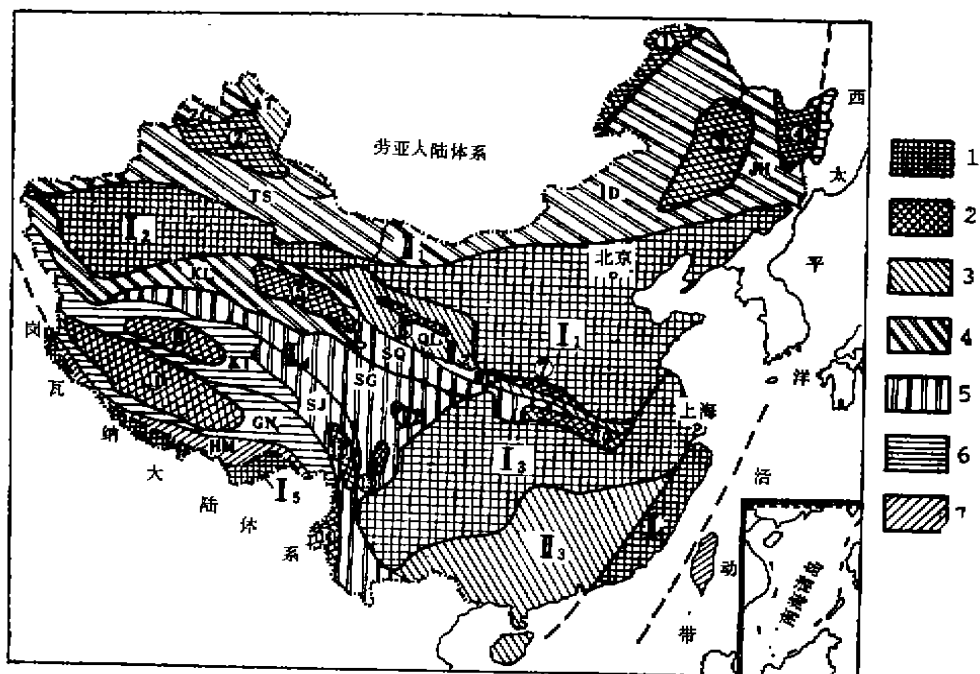


图1 中国地台与显生宙活动带分布图

Fig. 1 Distribution of platforms and Phanerozoic mobile zones in China

1——地台; 2——中间地块; 3——加里东期褶皱系; 4——海西期褶皱系; 5——印支期褶皱系; 6——燕山期褶皱系; 7——喜马拉雅期褶皱系。

中亚-蒙古活动带中的褶皱系: AT-阿尔泰; ZG-准噶尔; TS-天山;

TD-内蒙-大兴安岭; JH-吉黑。

昆仑-祁连-秦岭活动带中的褶皱系: KL-昆仑; QL-祁连; NQ-北秦岭; SQ-南秦岭。

滇藏活动带中的褶皱系: SG-松潘-甘孜; ST-三江; KT-喀喇昆仑-唐古拉;

QN-冈底斯-念青唐古拉; HM-喜马拉雅。

中间地块: ①额尔古纳; ②准噶尔; ③松辽; ④佳木斯; ⑤柴达木; ⑥中祁连; ⑦秦岭; ⑧羌塘; ⑨若尔盖; ⑩武当-淮阳; ⑪拉萨; ⑫昌都; ⑬巴塘-得荣; ⑭保山。

## 2. 中国联合古陆的形成方式

一般认为, 中国联合古陆是以地台为核心, 在晚古生代末至早中生代初, 经活动带褶皱固结而成。但其形成方式十分独特, 不是一个单纯随板块俯冲而发生大陆增生的过程, 其间包括散布的微型地块与地台的碰撞镶嵌而引起的大陆扩展, 而且活动带在最终固结之前经历过多次开启和封闭。中元古宙初, 扬子地台南部发生过地壳裂离事件, 其一部分在中、晚元古宙之交再度拼接于扬子地台边缘, 被称为江南地块或“江南古陆”; 另一部分转化为华夏地台或华夏-南海地台; 华南活动带则是指在江南地块拼接于扬子地台边缘之后, 残存于扬子地台和华夏地台之间的海槽。它很可能是北东和南西两端封闭或半封闭的海槽, 并在早古生代末褶皱隆起, 但钦州地区却在晚古生代末才最终封闭, 而右江一带由于受滇藏活动带的影响, 在三叠纪初曾再度开启, 尔后在中三叠世末封闭。昆仑-祁连-秦岭活动带也是个封闭或半封闭式的海槽。中元古宙初, 在中朝地台南缘随太华地块与登封地块之间的碰撞叠复形成熊耳群陆相火山岩系, 在活动带内则出现以宽坪群为代表的优地槽式建造。尔后在早古生代地壳再度张裂。加里东运动所引起的褶皱封闭使柴达木、中祁连、秦岭、武当-淮阳地块与中朝地台和扬子地台相拼接; 晚古生代活动带再度开启和封闭, 直至早中生代初, 整体褶皱隆起成陆。中亚-蒙古活动带的演化消亡过程更为复杂, 但从西伯利亚地台和中朝-塔里木地台的基底固结时间看, 其活动史始于中元古宙是确切无疑的, 而且在中朝地台北缘与发现有以白云鄂博群和渣尔泰群中双峰式火山岩为代表的古裂谷系。如果认为准噶尔、额尔古纳、松辽、佳木斯都是元古宙形成的中间地块, 中天山隆起等也具有前海西期基底, 并在苏联哈萨克斯坦显著加宽, 那么, 在准噶尔、天山、内蒙-大兴安岭和吉黑海西期褶皱系的形成过程中, 随板块俯冲发生过地块之间的强烈碰撞。至于滇藏活动带, 其褶皱固结过程主要表现为中间地块的碰撞拼接, 俯冲活动起着胶结固定作用。显然, 中国联合古陆的这种形成方式, 对于铀成矿作用的发育有着重大影响, 导致铀矿省或铀矿带大多分布在地台与显生宙活动带的接合部位; 中间地块及其周围地区常常成为矿床密集区和有意义的靶区。

### 3. 中新生代构造活化作用的表现形式及波及范围

由于冈瓦纳大陆的向北漂移及其与欧亚大陆的碰撞, 以及库拉板块、太平洋板块的俯冲及其与向南、南东运动的亚洲大陆的相互作用, 在中国境内, 中、新生代构造活化作用极为强烈, 但其强度和表现形式却因地而异。

在中国西部, 随滇藏活动带的褶皱固结, 周围地区便发生活化, 并于始新世晚期, 即中生代特提斯洋封闭, 印度与西藏碰撞的时期起进入高潮。它以强烈褶皱和急剧抬升为特点, 形成环绕印度地台展布、往北东方向突出的隆起带, 即青藏高原; 以及在其外侧以准噶尔、塔里木、柴达木盆地为代表的大型盆地拗陷带。与之相伴随的酸性岩浆活动十分微弱。

在中国东部活化作用始于晚三叠世, 初期主要表现为挤压, 形成北东、北北东向宽阔的花岗岩基带和火山岩带。花岗岩基带的西界可达太行山-武陵山一线, 自西而东其形成时代从三叠纪逐渐变新为早侏罗世、中侏罗世、晚侏罗世和白垩纪。陆相中酸性火山岩带的西界相对偏东; 在中朝地台及其北侧自西而东形成大兴安岭-燕山火山岩带和胶辽火山岩带; 在华南, 自南昌至澳门一线往东, 依次形成晚侏罗世、早白垩世、中白垩世和晚白垩世火山岩群。自中白垩世至晚白垩世起, 构造格局发生重大变化, 地应力从挤压为主转变为以拉张为主, 火山活动也从晚侏罗世-白垩纪中酸性岩浆喷发逐渐转变为新生代宁静的基性岩浆喷溢。其间除形成松辽、华北、江汉等大型拗陷盆地外, 还在印支-燕山期花岗岩分布区和晚侏罗世-白垩纪中酸性火山岩分布区形成一系列白垩-早第三纪断陷红盆。

中国西部和东部构造活化作用表现形式的差别,直接制约着铀矿化的发育类型及其强度。在西部,与新生代活化作用直接相关连的矿床大多属砂岩型;在东部,则出现为数众多的花岗岩型、火山岩型和各种与断陷红盆有关的层状和脉型矿床。

### 三、中国的主要铀矿省

按照笔者给出的定义,目前可在中国境内厘定出5个铀矿省,即准噶尔-天山、阴山-辽河、祁连-秦岭、华南和滇西铀矿省(图2)。其中华南和阴山-辽河铀矿省拥有已探明的可开采铀资源量最多;随工作深入准噶尔-天山和祁连-秦岭铀矿省将会具有重大经济意义。

#### 1. 准噶尔-天山铀矿省

在大地构造上包括准噶尔海西期褶皱系西段(西准噶尔)、天山海西期褶皱系,以及塔里木地台北缘的一些地块(图3),其中天山海西期褶皱系又可以中天山隆起带为界分为北天山和南天山两个部分。由于该区处在准噶尔地块和塔里木地台这两个刚硬地体之间,中天山又是早古生代(很可能在元古宙)业已固结的块体,所以随海西运动发生了强烈的陆块碰撞拼接,形成广为分布的海西期花岗岩类,以及局限于西准噶尔和北天山的晚石炭-早二叠世中酸性火山岩,其上覆盖着晚三叠世红色磨拉石建造。中新世的构造活化作用导致准噶尔、塔里木等大型盆地,库车、乌鲁木齐山前拗陷以及一系列山间盆地的形成。

在该铀矿省已探明有两类主要铀矿类型: 1) 火山岩型 主要分布在西准噶尔和北天山,矿床或以石炭纪次流纹斑岩和呈蘑菇状侵位的微晶花岗斑岩为主岩,矿体的定位受两者之间的接触界面和断裂裂隙带控制(西准噶尔),或产在二叠纪的石英斑岩内(北天山西段),或沿二叠纪含磷砂岩与贯入其间的安山玢岩的接触界面展布,并伴有强烈的钠长石化和赤铁矿化等蚀变(北天山东段)。2) 砂岩型 主要以含铀煤层的形式分布在中天山、南天山的侏罗纪砂岩盆地内,其基底为海西期花岗岩或石炭-二叠纪中酸性火山岩。含矿岩系具三层结构: 上部为红色长石石英砂岩,中部为煤层及含有机质的灰色砂岩、粉砂岩,下部为不透水的泥岩及底砾岩,铀矿体赋存在中部的煤层及灰色粉砂岩、砂岩内。另外,还在塔里木地台西缘喀什拗陷的白垩纪盆地内,发现有以沥青质砂砾岩为容矿主岩的铀矿床。

该铀矿省地处边疆,投入的工作量甚少,但从地质条件分析具有较大的发展前景。

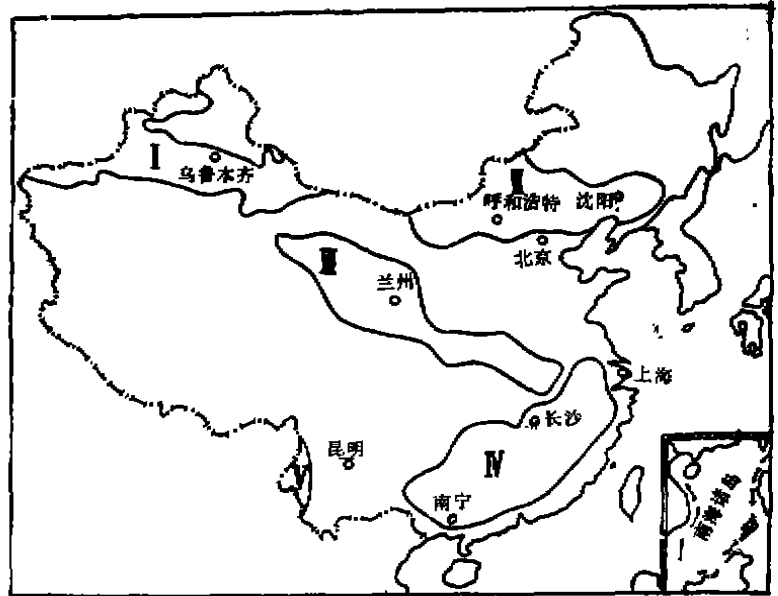


图2 中国铀矿省分布图

Fig. 2 Distribution of uranium provinces in China

I——准噶尔-天山铀矿省; II——阴山-辽河铀矿省; III——祁连-秦岭铀矿省; IV——华南铀矿省; V——滇西铀矿省。

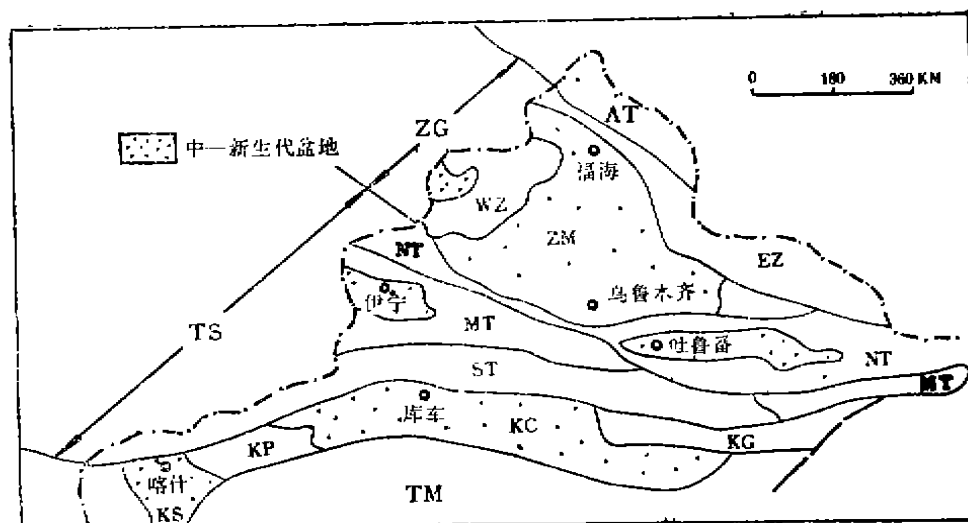


图3 准噶尔-天山铀矿省大地构造分区图

Fig. 3 Geotectonic division of Junggar-Tianshan uranium province

- ZG——准噶尔海西期褶皱系：1) EZ——东准噶尔；2) WZ——西准噶尔；  
3) ZM——准噶尔中间地块。  
TS——天山海西期褶皱系：1) NT——北天山；2) ST——南天山；3) MT——中天山隆起带。  
TM——塔里木地台：1) KS——喀什拗陷；2) KP——柯坪地块；3) KC——库车拗陷；  
4) KG——库鲁格塔克地块。AT——阿尔泰加里东期褶皱系。

## 2. 阴山-辽河铀矿省

在大地构造上包括中朝地台北缘的辽东地块和内蒙隆起带，及其北侧的内蒙-大兴安岭海西期褶皱系的一部分(图4)。在地台北缘出露着由早太古宙( $>2.8\text{Ga}$ )黑云斜长片麻岩、花岗闪长片麻岩构成的陆核，以及晚太古宙( $2.8-2.5\text{Ga}$ )钾质花岗岩、钾质混合岩和早元古宙层状变质岩系。在海西期褶皱系西段狼山地区紧靠地台北侧的陆缘带内，分布着由中元古宙双峰式火山岩和石英岩-页岩-白云岩组成的裂谷式建造。褶皱系内海西期花岗岩类甚为发育，密集成带。中生代发生强烈构造活化，在中段的冀北地区，大兴安岭-燕山火山岩带穿越地台与褶皱系的界限，呈北北东向展布。

在东段辽东地块，铀成矿作用与太古宙陆核的活化有关。这种穹窿的核部由石英绿泥片岩、片麻状黑云母花岗岩( $2.42\text{Ga}$ )及经钾交代作用而形成的红色混合花岗岩( $1.94\text{Ga}$ )组成，随后发生钠交代作用，在红色混合花岗岩体的内部或边部，及外接触带形成钠交代岩(白色混合花岗岩)和钠交代石英岩、石英片岩。具有开采价值的铀矿床产在穹窿边部的钠交代岩、钠交代石英岩-石英片岩，或构成单个小岩体的钠交代岩内，成矿年龄为 $1.9-1.7\text{Ga}$ <sup>[2]</sup>。进入地台期后发生的碱性岩浆活动也伴有铀矿化的产出，在印支期霞石正长岩体与早元古宙白云质大理岩接触界面内侧，已发现一处大型铀、钍、稀土元素综合矿床。在该铀矿省中部的冀北地区，铀矿化的分布受大兴安岭-燕山火山岩带和中新生代盆地拗陷带所控制，自北而南形成：1) 砂岩型矿床 分布在褶皱系中以海西期花岗岩为基底的白垩纪盆地内；2) 火山岩型矿床 产生基底为晚太古宙钾质混合岩的晚侏罗世火山岩盆地内。矿体的展布受断裂和火

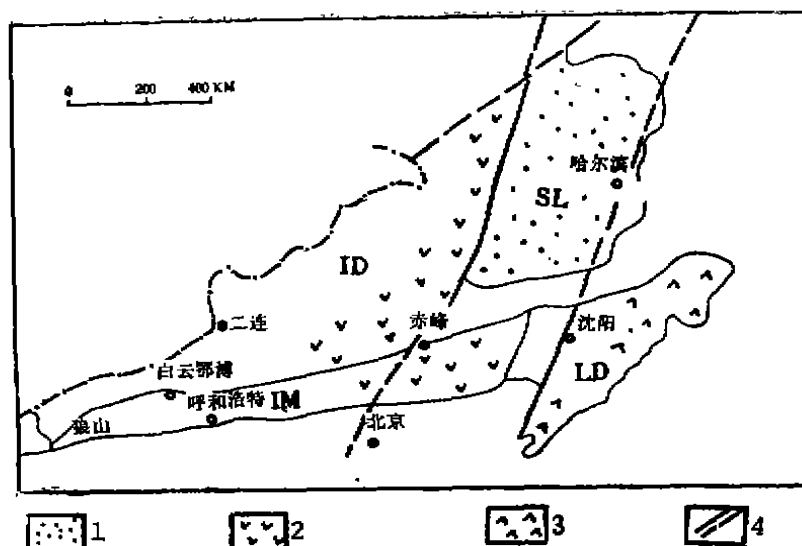


图4 阴山-辽河铀矿省大地构造分区图

Fig. 4 Geotectonic division of Yinshan-Liaochuan uranium province

1——新生带盆地；2——大兴安岭-燕山火山岩带；3——胶辽火山岩带；4——断裂。  
ID——内蒙-大兴安岭海西期褶皱系；SL——松辽中间地块；IM——内蒙隆起带；  
LD——辽东地块。

山机构控制，容矿主岩为流纹斑岩、流纹岩、粗面岩及凝灰岩等，除铀外，钼具有重要利用价值；3) 遭受热改造的砂岩型矿床 分布在基底为富铀花岗质岩石的中侏罗世火山-碎屑岩盆地内，赋矿层位为沉积盖层底部的河道相含有有机质砂砾岩和花岗质砂砾岩等，上覆凝灰岩和安山质集块岩，矿化部位伴有碳酸盐化、绿泥石化、粘土化等蚀变。此外，还发现为数甚多、与钠交代作用有关的矿床和矿点，容矿主岩种类繁多，包括板岩、石英岩，以及中酸性、碱性火山岩和花岗岩，矿体的展布受断裂和不同岩石之间的接触界面控制。在西段狼山地区，已发现的矿床、矿点分布在褶皱系中的白垩纪砂岩盆地内，矿体或产在含有机质的砂岩中，或沿控盆断裂展布，并伴有赤铁矿化、硅化、粘土化等蚀变。值得注意的是前已提及的中元古宙裂谷式沉积建造，其中渣尔泰群包含有300—400m厚的黑色板岩，铀含量达8—13ppm，在具备岩浆或构造活化条件的局部地区，可望发现有价值的矿床。

### 3. 祁连-秦岭铀矿省

在地域上包括阿拉善地块西南缘的龙首山褶皱带，中朝地台南缘的太华活动带，北祁连加里东期褶皱系，北秦岭加里东期褶皱系(含所挟持的秦岭中间地块)，南秦岭海西-印支期褶皱系，以及武当-淮阳地块等，全长约1500km(图5)。

阿拉善地块是指中朝地台与塔里木地台衔接处的狭长地带，其西南缘的龙首山褶皱带由晚太古-早元古宙(杨森楠等, 1984) 龙首山群片麻岩、变粒岩和大理岩组成。在其西段已探明有类似于纳米比亚罗辛的伟晶状白岗岩(花岗岩)型矿床，伴随混合岩化作用形成的晶质铀矿年龄值为1.74Ga，尔后700-600Ma的再富集过程在绿泥石化黑云母及围岩捕虏体密集部位形成又一代的晶质铀矿。早古生代，阿拉善地块处于隆起状态，其南侧的北祁连海槽中则沉积很厚的火山-碎屑岩系，加里东运动不仅使北祁连海槽褶皱封闭，而且导致阿拉善地

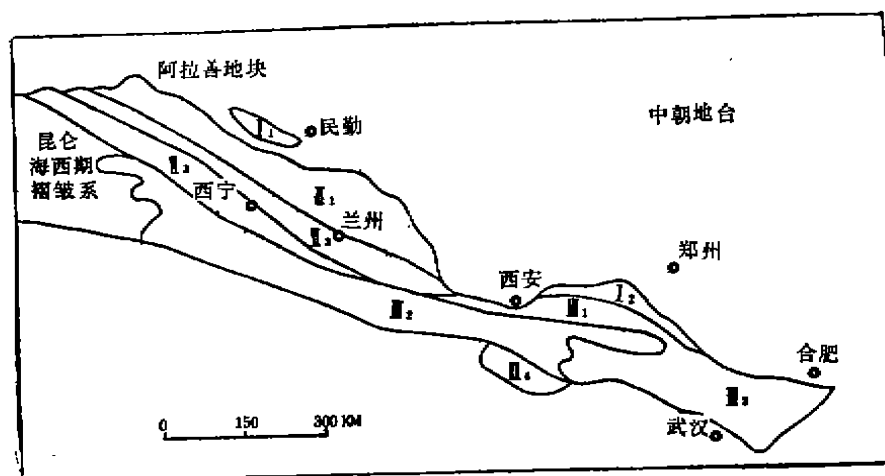


图5 祁连-秦岭铀矿省大地构造分区图

Fig. 5 Geotectonic division of Qilian-Qinling uranium province.

I<sub>1</sub>——龙首山隆起带；I<sub>2</sub>——太华活动带；II<sub>1</sub>——北祁连加里东褶皱系；II<sub>2</sub>——中祁连地块；II<sub>3</sub>——南祁连加里东褶皱系；III<sub>1</sub>——北秦岭加里东褶皱系；III<sub>2</sub>——南秦岭海西-印支褶皱系；III<sub>3</sub>——武当-淮阳地块；III<sub>4</sub>——北大巴山加里东褶皱系。

块活化，在龙首山东段形成一系列花岗质侵入体。晚古生代时构造活动中心迁至南秦岭海槽，但海西运动的影响波及龙首山东段和北祁连褶皱系，形成为数甚多、以钠交代为特征的矿床和石英脉型矿床。钠交代型矿床或产在加里东期花岗岩体内部（龙首山东段），或产在志留-泥盆纪砂砾岩及早奥陶世安山质角砾岩中（北祁连）；矿体局限分布于强钠长石化-赤铁矿化红色蚀变带内，伴有碳酸盐化、铁绿泥石化，成矿年龄为300—260Ma。南秦岭褶皱系西段的铀矿床，则产在中志留世砂板岩系挟持有硅灰岩透镜体的地段，矿体的分布受层间破碎带控制，成矿年龄为130—45Ma。显然与其南西侧滇藏活动带褶皱固结过程所引起的活化作用有关。

北秦岭加里东期褶皱系可分为东西两段。在西段西安地区，中生代构造岩浆活化明显，燕山期花岗岩类侵入体分布甚广。已探明的铀矿床产在燕山期花岗岩体的内部及其外接触带，矿体的定位受断裂控制，伴有粘土化等蚀变，成矿年龄为96Ma。东段的丹凤—朱阳关—商南地区出露由秦岭群片麻岩、石英岩和石墨质大理岩所组成的秦岭地块。由于已见到秦岭群下伏于中元古宙宽坪群（张秋生等，1980），所以秦岭群的原始沉积时代应为早元古宙，经中条运动转化为片麻岩和片麻状混合岩。尔后在加里东运动晚期，又遭活化形成不具交代结构的中粗粒花岗岩和伟晶状花岗岩，已探明的矿床产在伟晶状花岗岩内，晶质铀矿测出的年龄值为400Ma。在秦岭地块南侧的早古生代碎屑岩和中酸性火山岩中，则发现有硅质脉型矿化，铀矿物的年龄值为135Ma。

位于该铀矿最东端的武当-淮阳地块，是从扬子地台基底裂离出来，经加里东运动又拼贴于地台边缘的地块。在中部大别山区基底岩石出露甚广，发现一些与混合岩化作用有关的矿化迹象；其东部紧邻郧庐大断裂的地段，深源岩浆活动发育，在燕山期石英正长岩周围的侏罗纪长石石英砂岩中已探明有数处铀矿床。

#### 4. 华南铀矿省

在大地构造上包括属于扬子地台的江南地块及华南活动带的大部分,后者又可进一步分为萍杭枢纽带、武夷山、云开前加里东期隆起带,赣粤、粤桂后加里东期隆起区及湘桂晚古生代拗陷带等次级单元(图6)。为了简明起见,图6未标示出钦州继承性海西期褶皱系和右江印支期褶皱系。该铀矿省是目前中国探明铀资源量最多的铀矿省,已厘定出若干个成矿带。

九万大山-雪峰-九岭成矿带位于江南地块的中西段。震旦纪—早寒武世,它处在扬子碳酸盐台地与华南深水海盆之间的过渡地带,沉积了一套钙质、硅质细碎屑岩建造,经后生富集形成碳硅泥岩型矿床;其西段晚元古宙、早古生代、中生代花岗质岩浆侵入活动频繁,在岩体内部已探明有为数甚多的矿床,一般含铀脉体内脉石矿物较少,矿石品位较高,个别矿床的矿体,经表生淋滤富集作用,品位可高达1%以上。

赣杭成矿带是中国已知火山岩型铀矿床的主要产区。它位于扬子地台与华南活动带之

间的萍杭枢纽带内。该枢纽带东段江山—绍兴一线,在元古宙曾经是扬子古陆与华夏古陆之间的碰撞带,伴有混合岩化。其中,西段,晚古生代时地壳强烈拗陷。中生代沿枢纽带的构造薄弱部位发生中酸性火山喷发活动。铀矿床和矿田分布在侏罗纪大型破火山口和其它形式的火山盆地内,成矿作用则发生在尔后地壳处于拉张的时期,成矿时代与位于火山岩带核部的白垩—早第三纪断陷红盆的时代相当<sup>[3]</sup>。武夷山成矿带也以盛产火山岩型铀矿床为特性。它位于紧邻华夏地台的武夷山前加里东期隆起带内,中生代,沿北东向大断裂发生多中心喷发,形成白垩纪碱性长石流纹斑岩-流纹岩-安山岩和粗面岩组成的陆相火山岩系。容矿主岩大多为流纹岩、次流纹斑岩和酸性火山碎屑岩,部分矿床的生成与隐爆作用关系密切,成矿年龄约65Ma左右。

赣粤成矿带是中国已知花岗岩型铀矿床的主要产区。它位于赣粤后加里东期隆起区内,赣州一带地震测量显示,由P<sub>v</sub>求得的地壳厚度为33km(朱介寿,1986),而震旦系一下古生界的最大厚度不超过20km,它们又主要由陆源碎屑物构成,这就表明下伏有前震旦纪基底。区内酸性岩浆活动频繁,除早古生代混合岩外,加里东晚期、海西、印支、燕山期花岗岩类岩体分布甚广。大致从早、中白垩世起地应力转变为拉张体制,导致一系列中基性、中酸性脉岩的侵位和白垩—早第三纪断陷红盆的形成,它们分布在矿田内部或其周围。大部分铀矿床产在印支、燕山期花岗岩体内部,少部分产在岩体外接触带或上覆的白垩纪砂岩内,成矿年龄为87, 67Ma<sup>[4]</sup>。

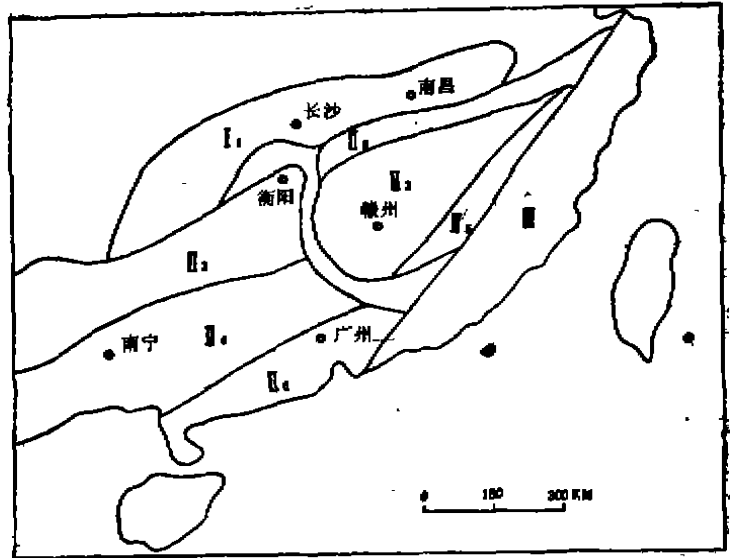


图6 华南铀矿省大地构造分区图

Fig. 6 Geotectonic division of South China uranium province.

- I<sub>1</sub>——江南地块; II<sub>1</sub>——湘桂拗陷带; II<sub>2</sub>——萍杭枢纽带;
- II<sub>3</sub>——赣粤后加里东隆起; II<sub>4</sub>——粤桂后加里东隆起;
- II<sub>5</sub>——武夷山前加里东隆起; II<sub>6</sub>——云开前加里东隆起;
- III——华夏地台。

湘桂晚古生代拗陷带内, 铀矿床的分布甚为零散, 其中泥盆-石炭纪碳酸盐岩中与岩溶塌陷作用有关的矿床为数较多, 赋矿主岩的层位自南西往北东从泥盆系上升为石炭系, 直至产在二叠系中的硅质角砾岩型矿床, 这与泥盆纪红色砂砾岩的层位从下统上升为中统所反映的晚古生代海侵方向相一致。此外, 在拗陷带北东端及南侧元古宙和早古生代基底出露地段, 还探明有产在花岗岩基外接触带和早第三纪陆相砂泥岩中的铀矿床。

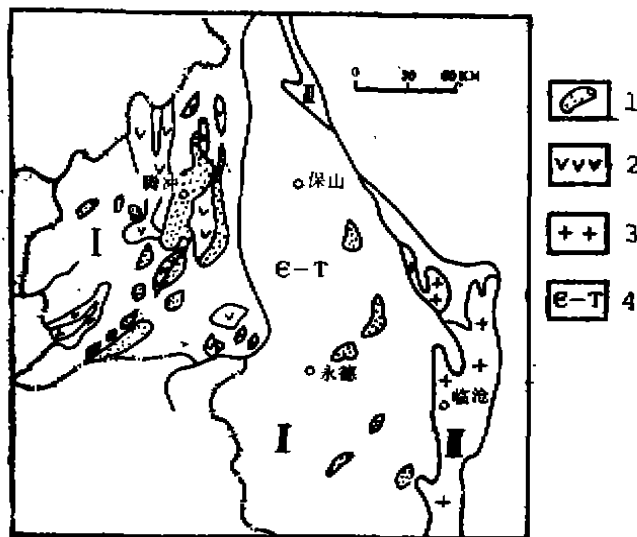


图7. 滇西铀矿省大地构造分区图

Fig. 7 Geotectonic division of West Yunnan uranium province.

1——新第三纪盆地; 2——印支-燕山期花岗岩;  
3——海西期花岗岩; 4——寒武-三叠系。

I——高黎贡隆起; II——保水拗陷; III——澜沧隆起。

### 5. 滇西铀矿省

该铀矿省位于冈底斯-念青唐古拉燕山期褶皱系所挟持的保山地块内, 属滇藏活动带的一部分。地块内前寒武纪混合岩、片麻岩出露甚广, 自西而东可分为高黎贡隆起, 保水拗陷和澜沧隆起3个亚区(图7)。海西运动发展不均衡, 主要波及澜沧隆起区, 伴有大型花岗岩基的侵位。中生代以来, 地块长期处于挤压环境, 在高黎贡隆起区和澜沧隆起区形成为数较多的印支-燕山期花岗岩类侵入体, 其晶质铀矿含量较高, 平均可达6.08g/t。新生代, 在印度板块冲撞背景下形成一系列新第三纪小型山间盆地, 部分盆地的基底为燕山期花岗岩。在这些盆地中探明有砂岩型铀矿床, 个别矿床产有大量可供工业利用的锆矿, 赋矿层位为含煤碎屑岩, 上覆钙

碱性玄武岩或硅藻土, 并显示为现代地热异常, 成矿年龄为7—2.2 Ma。

## 四、中国铀矿省的分布格局

中国铀矿省的分布具有如下一些特点: 在空间上趋附于前震旦纪地体, 伴有广泛发育的酸性或碱性岩浆活动和特定的沉积、火山-沉积建造, 以及构造环境转换的存在等。

### 1. 趋附于前震旦纪地体

如前所述, 中国铀矿省大多分布在地台与显生宙活动带的接合部位, 这与地台区的基底岩石大多局限出露于其边部, 以及显生宙活动带挟持有较多的中间地块的事实相一致。铀矿省、铀成矿带或铀集中区, 按其所趋附的前震旦纪地体的性质可分为如下5类: 1) 地盾区, 如阴山-辽河铀矿省东段的辽东地块及祁连-秦岭铀矿省的龙首山褶皱带西段; 2) 地台基底之上的构造岩浆活化区和盖层沉积区, 如龙首山褶皱带的东段, 九万大山-雪峰-九岭成矿带, 以及阴山-辽河铀矿省中段的冀北地区等; 3) 中间地块及其周围地区, 如滇西和准噶尔铀矿省, 以及北祁连和北秦岭等成矿带; 4) 地台与显生宙活动带衔接部位的枢纽带或隆起带, 如赣杭成矿带和武夷山成矿带; 5) 下伏前震旦纪基底的后加里东期隆起区, 如华南铀矿省中的赣粤成矿带。

鉴于中国的显生宙活动带挟持有为数甚多的中间地块, 那些后期未转化为大型陆内盆地

的地块应视为今后普查铀矿的重要靶区。事实上,在额尔古纳地块和佳木斯地块的中元古宙石墨片岩、海西期花岗岩及白垩-早第三纪砂岩内,业已发现为数甚多的铀矿化点;其中额尔古纳地块尤为引人注目,因为大兴安岭-燕山火山岩带在此通过,而且在苏联境内已经找到大型火山岩型铀矿床。

## 2. 广泛发育的中酸性和碱性岩浆活动

在中国的主要铀矿省内,花岗岩类、酸性火山岩或碱性岩十分发育。某些铀矿床的形成直接受混合岩化及与之有关的碱交代作用所制约,如辽东地块内与混合岩化和钠交代作用有关的矿床,龙首山西段和北秦岭东段的伟晶状花(白)岗岩型矿床等,类似的矿化迹象在武夷山、云开隆起带亦有发现。分异完好的富硅偏碱花岗岩类和与之相当的陆相酸性火山岩,不论形成时代的早晚,都可以成为铀矿床的容矿主岩,如华南铀矿省内的元古宙、印支-燕山期花岗岩和侏罗-白垩纪火山岩,以及龙首山东段的加里东期花岗岩,西准噶尔-北天山地区的石炭-二叠纪火山岩和冀北地区的侏罗纪次火山岩等。另一方面,花岗岩类和酸性火山岩作为蚀源体,又控制着某些层控铀矿的分布,如准噶尔-天山铀矿省和滇西铀矿省中的侏罗-白垩纪和新第三纪砂岩型矿床。另外,九万大山-雪峰-九岭成矿带中的碳硅泥岩型矿床,在沉积成岩预富集阶段可能也来源于花岗岩类,因为其周围的晚元古宙陆相砂砾岩中见到很多花岗岩砾石。同时,某些碱性岩与铀矿床的形成关系密切。它们或属于霞石正长岩系列,如辽东地块产在岩体边部的矿床;或属于石英正长岩系列,如武当-淮阳地块产在岩体外接触带侏罗纪长石石英砂岩中的矿床。铀同位素研究表明,产铀花岗岩类的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值明显大于0.7130,属壳源系列;产铀碱性岩的比值为0.7064—0.7078,属于有大量地幔物质介入的壳幔混熔系列,产铀酸性火山岩的比值则为0.7089—0.7130,反映其来源以地壳物质为主,但有地幔物质的介入。

## 3. 特定的沉积和火山-沉积建造

在中国铀矿省内,已发现下述沉积或火山-沉积建造与铀矿化关系密切:1)浅海陆架相暗色碳酸盐岩-石英岩(硅岩)-页岩建造,如江南地块上的震旦纪-早寒武世碳硅泥岩;2)与双峰式火山岩相伴产出的裂谷沉积建造,如中朝地台西北缘狼山地区的中元古宙含黑色板岩的碎屑岩-白云岩系;3)陆相碎屑岩建造,属于这一类的建造遍布于中国各铀矿省,其时代主要为侏罗、白垩和第三纪,结合基底地区结构分析,最有可能发现大型砂岩型矿床的地区是准噶尔-天山铀矿省及其外围;4)某些成因不明的特殊含铀角砾岩建造,如湘桂拗陷带内产在二叠系中的硅质角砾岩,它们沿着由二叠系组成的次级背斜轴部呈岩墙状展布,宽数十米,断续延伸的总长度达十余至数十公里,铀矿体即产在角砾岩的特定部位内;又如扬子地台西缘康滇地区中元古宇底部的“因民角砾岩”,在东川地区呈近南北向展布,宽1.6km,长15km,铁、铜、金、铀、稀土元素的含量显著偏高,但能否形成具经济价值的铀富集尚难肯定。上述各类建造都是在各地区地壳演化进入稳定(地台)发展阶段形成的。

## 4. 铀成矿的区域构造环境

在中国铀矿省内,已发现某些矿床形成于挤压环境之中,如辽东地块的钠交代岩(白色混合岩)型矿床,以及龙首山和北秦岭的伟晶状花(白)岗岩型矿床等。但更为重要的成矿作用则发生在挤压隆起之后的拉张环境中。冀北地区产在侏罗纪流纹斑岩体中的矿床,北秦岭西段产在侏罗纪花岗岩体内外接触带的矿床,其成矿年龄都显著小于岩体的形成时代,而与红层盆地沉积或玄武岩喷溢的时代相当。华南铀矿省为此提供了更为典型的实例。在华南业

已查明,不论其主岩的岩性和形成时代有多大差别,成矿都受白垩-早第三纪地裂作用所控制。因为数百件铀矿物的年龄数据几乎都落在100—45 Ma范围内;很多铀矿床在空间上又分布在白垩-早第三纪断陷红盆附近,而且容矿主岩常被暗色岩脉所切割<sup>[4]</sup>。在某些情况下,容矿主岩被陆相红层所覆盖,矿体主要分布在不整合面之下,也有少部分产在盖层中。陈祖伊等曾撰写专文论述华南断块运动和陆相红层的发育阶段及其与铀矿化的关系<sup>[5]</sup>,黄世杰则把这些矿床称之为中新世不整合面型。

显然,强烈的挤压会降低硅铝质岩石的熔点,有利于铀以花岗质岩浆为载体从地壳下部往上迁移;强烈的拉张则会引起上地幔局部隆起,与地幔物质处于不相容状态的U, Th, K, Na, 轻稀土元素,以及H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, F, Cl, B等挥发份则呈超临界流体上涌。通常这一过程与碱性岩浆的喷发相伴发生。这些流体进入地壳上部的地下水深循环系统,便转化为能够汲取围岩中的铀,并在适当场合积出铀的成矿溶液;另一方面,当时所处的干湿季节分明的古气候条件,又有利铀的表生汲取。所以,在伴有酸性岩浆的长期挤压之后转为拉张的构造体制十分有利于铀矿省的形成。

### 5. 铀成矿作用的演化

铀矿床研究表明,直接成矿过程大多起因于地壳上部铀元素的再分配;如果着眼于更大的区域,即铀矿省的形成,并考虑到上地幔在内的铀元素垂向运移的角度进行分析,则其形成方式明显受地壳演化的总体历史所制约。

铀是亲石元素,在演化过程中地幔中的铀不断转入地壳。从全球范围看,大约在1.5—1.4 Ga,即包括中国境内中朝、塔里木、扬子、华夏地台基底在内的大部分陆壳业已形成并克拉通化的时刻,地幔中铀的丰度值已下降到接近于现今的水平。所以,以1.4 Ga为界可以区分出两个巨时域,在早前寒武纪巨时域(2.8—1.4 Ga),铀矿省的形成既可能源于上地幔及其直接衍生物,又可来自位于地壳上部的富铀硅铝质岩石;再加上当时出现的缺氧及弱氧化大气圈<sup>[6]</sup>,以及显著高于显生宙水平的地热梯度,这些便是世界上已知重要铀矿省大多形成这一巨时域的原因。在1.4 Ga之后的巨时域,壳幔之间的铀元素交换主要表现为:陆壳所积出的铀大多流入海洋,经板块俯冲,其中一部分以发育在俯冲板块上方的钙碱性岩浆为载体转入地壳,另一部分则聚集于异常上地幔穹窿内,尔后在张裂时以偏碱的基-中性岩浆岩和超临界流体的形式返回地壳<sup>[7]</sup>。前面提及的苏联毗邻地区的矿床,其铀源可能就是以这种方式形成的,成矿与玄武岩、流纹岩、霏细岩组成的白垩纪火山岩系关系密切(据姚振凯资料),当时这一地区正处在太平洋板块俯冲带以西的前陆地区。然而,在这一巨时域,控制铀矿省形成的主要因素是,位于地壳深处的古老富铀硅铝质岩石以酸性岩浆形成向浅部转移。

在中国,除阴山-辽河铀矿省东段的辽东地块及祁连-秦岭铀矿省的龙首山西段外,已厘定的铀矿省均形成于1.4 Ga以后的巨时域。有鉴于此,中国地质学家一方面根据本国特点,在显生宙活动带内继续扩大找矿成果;另一方面,也正克服因盖层厚、后期构造变动较强等因素造成的困难。在地台区致力于寻找形成2.8—1.4 Ga的铀矿化区。例如在中朝地台南缘的太华活动带,已圈定出若干个由晚太古宙一早元古宙花岗质岩石和包含有石墨质岩层的层状变质岩系所组成的穹窿,上覆中元古宙早期陆相火山岩或中元古宙晚期陆相砂岩,并伴有放射性异常或地表矿化,目前正进行地质调查、地球物理勘测和试探性钻探,以探索发现元古宙不整合型铀矿的可能性。

作者感谢中国核工业总公司铀矿地质局批准本文的发表。文中引述了很多地质队和研究

机构的工作成果, 未及逐一注出; 作者在撰写过程中得到地质局和各地勘局技术负责人的指导和帮助, 特别是黄世杰、陈祖伊同志, 曾仔细阅读初稿, 提出修改意见, 谨此说明, 并致谢忱。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] 国际原子能机构, 亚太地区铀矿床, 地质学与勘探技术 (Proc, Technical Committee, Jakarta 1985), IAEA, Vienna, 1988年, 第326页。
- [ 2 ] 钟家蓉, 郭智添, 中国东北部的连山关铀矿床, 元古宙不整合型和层控铀矿床, IAEA-TEBDO-315, IAEA 1984年, 第115页。
- [ 3 ] 王传文、陈肇博、谢佑新, 华南盛源火山岩盆地中的铀矿床, 铀的成矿学, (Proc, 26th Int. Geol. Conf. Paris, 1980年, 第33页。
- [ 4 ] 周维勋, “华南铀矿床: 成矿特征与构造环境”, 亚太地区铀矿床: 地质学与勘探技术, (Proc, Panel Jakarta, 1985), IAEA, Vienna 1989年, 第59页。
- [ 5 ] 陈祖伊等, 地质学报, 57(3), 294 (1983)。
- [ 6 ] Ferguson, J., 铀的旋回, 铀矿省的识别 (Proc. Tech. Comm. Mtg London, 1985), IAEA, Vienna 1988年, 第3页。
- [ 7 ] Locardi, E., 铀矿省与地幔异常, 铀矿省的识别 (Proc. Tech. Comm. Mtg London, 1985), IAEA, Vienna 1988年, 第33页。

## URANIUM PROVINCES IN CHINA AND THEIR DISTRIBUTION PATTERNS

Liu Xingzhong Zhou Weixun

### Abstract

Five major uranium provinces have been known in China as the Junggar-Tianshan, the Yinshan-Liaohe, the Qilian-Qinling, the South China and the West Yunnan, Which occupy the junction regions of platforms and Phanerozoic mobile zones, crossing the contacts between them. The provinces are usually characterized by the development of magmatism, tending to differentiated K-enriched granites and continental acid volcanics or alkaline rocks of deep source and the deposition of marginal marine shelf, rift valley and molasse facies sediments. Similar to those in the rest of the world, most of uranium deposits discovered in China have been shaped under the tensile conditions in the later waning stages of orogenies except so-called pegmognanite/pegmoalaskite type and Na-metasomatic type deposits which might be produced in compressive environments. On the other hand, nearly all uranium provinces in China were formed during the Late Mega-time-domain (post-1.4Ga), except the Liaodong Block of Yinshan-Liaohe Province and the West Longshoushan of Qilian-Qinling Province, whereas Athabasca, Pine Creek, Olympic Dam and other critically important provinces were formed in the Early Mega-time-domain (2.8-1.4Ga). Thus, Chinese geologists are attempting to recognize new provinces formed in the Early Mega-time-domain in Sino-Korean Platform in addition to continuing prospection within the range of known provinces.

**Key words** China, Geotectonic evolution, Uranium province, Distribution pattern