

东南地洼区某铀矿田成矿构造与矿床 成因的初步研究

A PRIMARY STUDY OF THE ORE-RELATED STRUCTURES AND GENESIS OF AN URANIUM OREFIELD IN THE SOUTHEAST DIWA REGION

康自立 KANG Zili

(华东地质学院地质系)

(Geological Department, Huadong Geological College)

文前提要 对东南地洼区某铀矿田的成矿构造与成矿规律所作的初步研究,表明是一个由“花岗岩型”和“碳硅泥岩型”等铀矿床,组成的地洼型多成因复合铀矿田。矿床的围岩时代、岩性特点和矿化特征都不相同,但具有统一的成矿机制,成矿时代一致,成矿大地构造背景相同;控矿构造相当及成矿作用相似诸方面。它是中国东部地洼区(尤其是东南地洼区)的一种重要铀矿化类型,具有较大的找矿远景。

主题词: 矿床成因,成矿构造,铀矿田,东南地洼区。

Abstract this paper points out that an uranium orefield in the southeast diwa region is a diwa-type polygenetic compound one which consists of granite type and limestone-silicalite-mudstone type ore deposits, as indicated by the research on the ore-related structures and metallogeny by using diwa theory. Although the wall rock-ages, petrologic features and mineralization types in the ore deposits of the region are various the mineralization mechanism is basically the same because mineralizing ages and temperatures, mineralization process and geotectonic background are identical or similar. This is a very important type of uranium mineralization with great

作者简介: 康自立,男,50岁,副教授,地质矿产专业

Synopsis of the author Kang Zili, male, 50 years old, associate professor, majoring in economic geology.

本文1987年1月收到

prospecting potential in the east China diwa region (especially the southeast diwa region).

Key words: genesis of a deposit, ore-related structures, uranium orefield, southeast diwa region.

成矿物质的迁移与富集,受地壳构造定向演化的控制,成矿元素只有在某些特定的演化环节上才聚集成矿床,并与所处的区域大地构造环境有关。因此,成矿作用具有一定的时、空分布范围。区域地壳物质的演化与构造的演化(即内容与形式)决定了区域内地壳构造及其矿床组合的基本格局。查明其演化过程中有关成矿元素的地球化学变化规律与构造活动之间的内在联系,是探索成矿规律并据以找矿的重要依据。

本区是由“花岗岩型”和“碱硅泥岩型”铀矿床群组成的复式矿田。通常将前者称为“中低温热液型”铀矿床,它产于花岗岩体内部,受硅化断裂带的控制;后者被作为“层控型”铀矿床,具同生成岩聚源、后生改造成矿,受富铀地层和层间断裂带的双重控制。然而,两者之间有何联系?它们的成矿作用机制究竟怎样?已引起了不少学者的关注。本文运用地洼成矿理论对此进行了初步研究。

一、矿田地质概况

该矿田位于东南地洼区北西侧,雪桂地槽系与赣湘桂地洼系的交接部位,出露有地槽型(晚元古至古生界)、地槽型(上古生界)、地洼型(仅出露下白垩统)等基本构造层。地槽构造层主要沿复式背斜的核部分布,由具复理式、类复理式沉积韵律的砂、泥岩夹少量泥质碳酸盐岩组成,在元古界板溪群的中下部和震旦系中上部分别夹有中基性和中酸性火山岩,普遍经区域变质达绿片岩相;在震旦系顶部和寒武系下部发育了一套富含U、Cu、Mo、W、V、P等元素的黑色岩泥质板岩,其中U含量达9—23ppm,呈分散吸附状,与硅胶、粘土质、有机质、胶状黄铁矿密切相关,控制10号矿床的分布。地槽构造层与地槽构造层呈超覆不整合接触,为一套浅海相碳酸盐岩夹陆源碎屑岩和煤系地层,在泥盆纪海进序列的中上部,由细碎屑岩向化学岩或生物化学岩的过渡部位,发育了一套富含黄铁矿、有机质及U、W、Pb、Zn、V等元素的粉砂质粘土岩和泥质碳酸盐岩,含铀量达7.5—21ppm,控制3号、5号矿床的分布。地洼型构造层主要为在局部地洼断陷盆地内,堆积的巨厚陆源红色碎屑岩建造组成。中生代中早期,由于地槽活化、解体转化为地洼区,地壳大幅度上隆背景下的褶皱、断裂所形成的NNE向为主的块状褶断束,是一种重要的控岩、控盆和控矿构造,在与花岗岩接触处近,见有石英、萤石脉的穿插和铀矿化的分布(图1)。

区内花岗岩体呈NE—NNE向延伸,中部被新资大断裂带切割,分隔成东、西两个岩体。根据接触关系、岩石特征及同位素年龄资料,可划分为加里东期、(地槽型)印支期和燕山早晚期(地洼型),属于不同大地构造阶段多期次侵入的复式岩体。加里东期花岗岩沿基底褶皱轴部侵位,属岩基产出,与围岩(Pt—O)基本上是协调的侵入关系,属同褶皱侵入体,外带蚀带的角岩化不发育,内带常见有不同程度的混合岩化,在新资大断裂带

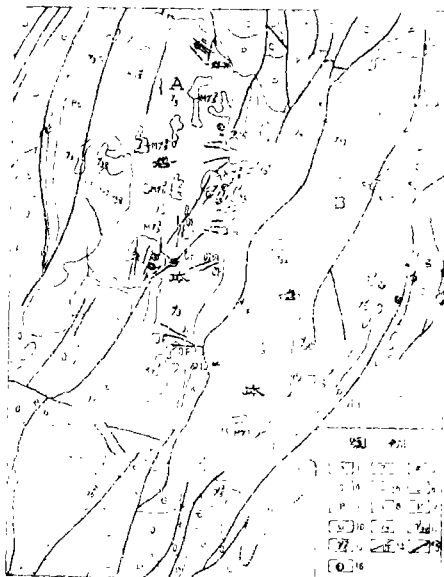


图1 某铀矿田区域地质图(据康自立
1971年编制的1/10万图缩减)

1—板溪群; 2—震旦系; 3—寒武系; 4—奥陶系;
5—泥盆系; 6—石炭系; 7—二叠系; 8—三叠系; 9—
白垩系; 10—第四系; 11—加里东期花岗岩; 12—加里
东期花岗岩片麻岩; 13—燕山期花岗岩; 14—硅化断裂
带; 15—区域大断裂带; 16—矿床和矿点。

Fig. 1 Geological map of an
uranium orefield

1-Banxi Group; 2-Sinian; 3-Cam-
brian; 4-Ordovician; 5-Devonian; 6-Car-
boniferous; 7-Permian; 8-Triassic;
9-Cretaceous; 10-Quaternary; 11-Ca-
ledonian granite; 12-Caledonian gra-
nite-gneiss; 13-Yanshanian granite; 14
Major silicified fracture zone; 15-Re-
gional fracture zone; 16-Ore deposit and
mineral occurrence.

的下盘(即东岩体的西侧)出现宽达3—15里的混合岩化花岗片麻岩带。

地洼期花岗岩多呈小岩体或岩株产出,分布于加里东期岩基体的内部及其内接触带附近,印支、燕山早期岩体侵位于断块上隆所派生的局部引张构造环境中,与区域负重力异常中心联线所反映的基底隐伏断裂带相吻合(图2),后者同时还控制了区内主要花岗岩型铀矿化的分布。其中90%以上的铀矿床分布于燕山早期岩体的内多接触带。成铀岩体具有以下特点:

(1) 岩体围岩主要是含铀量较高的加里东期花岗岩和前泥盆纪的浅变质岩系。

(2) 岩体多期次侵入,岩体内部自变质作用发育,具钾钠长石化、绿泥石化和水云母化等;断裂构造发育,热液活动频繁,硅化蚀变带广泛分布。

(3) 岩石主要为中粒、中细粒斑状黑云母(或二云母)花岗岩。岩石化学成分偏酸(SiO_2 为70—75%)、铝过饱和(A/CNK 为1.12—1.326,属过铝花岗岩),碱量较高($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} > 8\%$)、 $K > Na$;岩石中暗色矿物含量低于8.5%;氧化系数为0.15—0.34在岩浆演化序列上存在一个显著的特点:由 $\gamma_1^1 \rightarrow \gamma_2^2 \rightarrow \gamma_3^3$ 碱含量(尤其是Na含量)不断增加,在 γ_2^2 与 γ_3^3 之间出现钾钠转折,铀矿化主要是与燕山早期的钾质花岗岩有关。

(4) 岩石中的铀含量高(20—41ppm),钍含量较低(28—31ppm), Th/U 值为0.735—1.47;铀主要以活性铀的形式存在于长英质矿物中,且易于浸出;岩石中的铀分布不均匀,地面伽玛场变化较大。此外,Pb、Sn、W、Bi、As等元素也普遍偏高,但主要赋存于燕山早期花岗岩中。

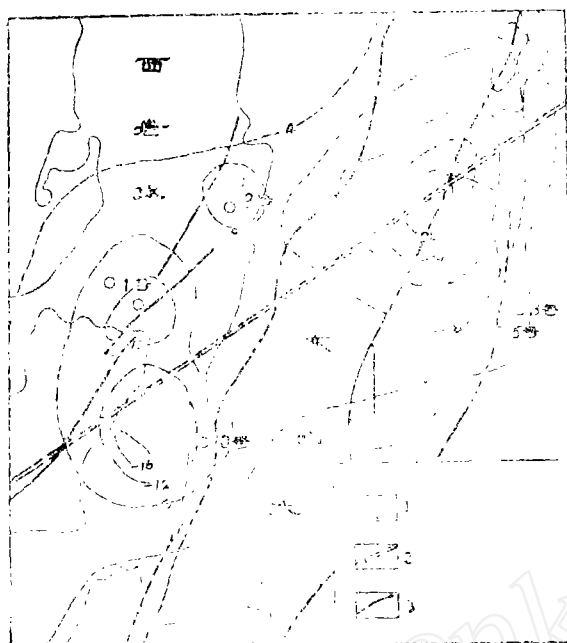


图 2 局部重力异常等值线图
Fig. 2 Planimetric map showing local gravity anomaly of granite bodies

二、区域成矿构造与成矿作用剖析

区内各铀矿床的矿化围岩、矿石类型和矿化特点不同,导致对矿床成因认识的分歧,例如,对10号矿床就有“热液叠加”、“动力变质”、“次生淋积”等看法¹⁾;对3号矿床也有“热水再造”和“次生淋积”等不同的认识²⁾。在一定程度上影响了找矿工作的深入进行。针对这一问题,本文在前人工作的基础上,研究了花岗岩中的2号矿床和沉积岩中的5号矿床,并综合对比了其它矿床的成矿地质条件和矿化特征,揭示了在这些表面上相差悬殊的成矿作用之间,存在极大的内在相关性。区内各矿床的形成不是孤立的,而是铀等成矿元素在区域地壳演化过程中不断积累的结果,尤其是与地洼阶段的构造活动息息相关。主要表现在以下几个方面:

(一) 成矿的铀是多源的,但主要来自围岩

区内各矿床形成之前,都经历了铀的预富成岩阶段,分别于不同的地质时期和大地构造环境下,形成了相应的铀源地质体(表1)。不仅为成矿提供了物质基础,而且是矿化产出的重要围岩,控制了矿床的空间分布。这一点,对于“碳硅泥岩型”铀矿床已被大多数学者所接受,但对于“花岗岩型”铀矿床则成在分歧。但我们注意到了以下事实:

- 1) 康自立, 1971, 桂东北地区1/10万铀矿床图说明书。
 - 2) 陈勤伍、康自立、万君铭等, 1977, 广西铀矿地质编图说明书。
- 李作圣、杜官鉴, 1983, 3105地区1号矿床元素地球化学特征及其与铀矿化的关系,

(1) 区内各铀矿床的成岩与成矿之间存在较大的时差。其中富铀花岗岩的成岩年龄为192—164 Ma, 而总矿的主要年龄为78—52 Ma, 两者相差100 Ma以上, 很难用“岩浆期后残余热液成矿”的观点阐明。区内矿床总的成矿年龄数据高度集中于燕山晚期至喜山期, 而不受成矿主岩时代的限制, 乃正是地洼区成矿时控专属性的一种表现。因此, 铀源地质体(成矿主岩)的时代越老, 其成矿与成岩的时差就越大。

(2) 区内的富铀花岗岩与富铀地层一样, 不仅控制矿体的空间分布, 而且各矿床的矿石物质组分都表现出对围岩组分的继承性。通过岩、矿成分的对比, 两者只有数量上的增减, 而无质量上的区别, 共同表现出就地改造、就近成矿的特点。

(3) 岩石中的含铀量高, 为8—90 ppm, 高于相应岩石克拉克值的几倍到几个数量级, 多呈活性铀, 容易浸泡析出(表2)。其中富铀地层中的铀多呈分散状态, 被粘土质、有机质和胶状黄铁矿、胶磷矿、硅胶等吸附; 富铀花岗岩中的铀, 除少数富集于锆石、云母等单矿物中或呈晶质铀存在外, 多数均以活性铀分散于石英质矿物中, 浸出率也较高。

表1 本区主要富铀地层(岩体)一览表

Table 1 Major rich uranium layers (granite bodies) in the study area

富铀层、体	代号	构造环境	主要地质特征	U(ppm)
燕山早期花岗岩	γ_1	地洼发展中早期, 断块上隆所产生的局部引张部位	呈岩株, 产于加里东期花岗岩体的内部; 主要岩性为中粒斑状黑云母(或二云母)花岗岩, 岩石含铀量岩体内自变质作用发育, 硅化断裂带广泛分布。	21—41
中上泥盆统	D_{3r}	地台发展的初“定”期, 古陆边缘的局浅海内。主要产于海进序列的中上部, 由细碎屑岩向化学岩的过渡转折部位。	岩相较稳定, 呈面带状分布; 具连续性沉积韵律; 为一套富含黄铁矿、有机质的泥质粉砂和白云质页岩。	17—22
应堂组	D_{2i}		为灰绿色泥质砂岩, 主要由石英(83%), 粘土矿物(12%)和少量黄铁矿、针铁矿组成; 下部为细砂岩; 顶部碳酸盐成分增加。	11—16
下寒武统	C_1^q	地槽发展余动期, 局限性的封闭或半封闭浅海。	薄至中层状黑色炭硅泥质板岩, 水平层理发育; 具间断式沉积韵律, 韵律层较薄; 岩相及厚度变化较大; 多呈带状分布。	4.7—90

(二) 成矿温度相近, 成矿溶液性质相似

根据各矿床的矿石矿物(沥青铀矿)和相互共生的脉石矿物(石英、萤石、方解石等)的测温资料表明, 其成矿温度是十分相近: 花岗岩中的1号矿床为160℃—180℃, 2号矿床为156℃—200℃; 产于岩体外接触带下寒武统清溪组炭硅泥质板岩中的10号矿床为110℃—

表 2 本区富铀岩石浸泡试验结果简表

Table 2. Soaking experiment results of rich uranium rocks in the study area

矿床	测 试 样 品			浸出率(%)		测试条件说明
	岩 性	代号	数 量 (个)	含U量 (ppm)	I	II
3号	含碳泥灰岩	D _{3r}	5	8.67	0.34	0.496
	含黄铁矿、碳质粘土质白云岩	D _{3r}	3	32.5	2.96	3.42
5号	含炭泥质粉砂岩	D _{2i}	4	12.6	1.35	1.68
10号	炭、硅泥板岩	E _{1q}	10	24.18	1.73	5.51
	含黄铁矿岩质硅板岩	E _{1q}	4	10.14	5.30	7.57
1号	中细粒似斑状二云母花岗岩	γ ₂	2	20.5	1.37	2.64

310℃；在相距岩体较远的中上泥盆统粘土质粉砂和碳酸盐岩铀矿床（3、5号），成矿温度为120℃—280℃。均属于中低温度的范畴，推测其成矿温度的来源，主要是与地洼阶段的构造、岩浆活动有关，特别是成矿期的构造变动产生的热能，对成矿溶液的加温起了重要的作用。

至于成矿溶液的性质历来就有“上升热液”和“变质热液”、“天水淋滤”等不同的看法。据硫同位素的测定（图3）：成矿地中的硫主要属于生物成因的轻硫，或是由硫酸盐还原的细菌作用生成的黄铁矿向生物成因的黄铁矿过渡，与花岗岩中黄铁矿的硫同位素组成不同；矿石中的硫同位素组成，各矿床虽然也不相同，但都与所处的围岩相一致，只是变化幅度有差别，说明矿石与围岩之间的硫源是一致的。

据张运沿工程师提供的氧同位素资料（经过温度校正），2号矿床的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 为-3.51至-11.50‰（SMOW）；3号矿床和5号矿床的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 为-1.85至-4.60‰（SMOW）；10号矿床的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 为+3.76至11.97‰（SMOW）等。说明成矿溶液主要不是来源于深部，而是来源于大气降水、断层变质水，或在沉积成岩过程中保存的原生残留水，后经构造作用析出，并相互混合、加温形成含矿热液（热水）。其矿质主要是来自围岩，据各矿床的矿测试结果表明：矿石的物质成分都比较简单，沥青铀矿的含氧系数、晶胞沥青铀系数彼此相近，但与典型的热液矿床或沉积成岩矿床则不相同；各矿床中沥青铀矿的组分彼此差异较大，但都与各自的围岩成分相类似，较好地反映了它们的铀源层（或铀源体）的元素组合特征，说明矿、岩之间存在着密切的联系。

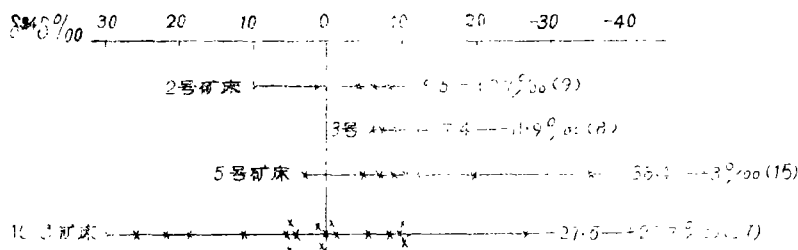


图3 黄铁矿硫同位素组成图解

Fig. 3 Diagram showing sulphur isotope composition of pyrite

(三) 成矿时代一致, 成矿大地构造背景相同

根据区内各矿床的矿石同位素年龄资料(中南310队), 成矿作用主要发生在地洼发展的中晚期, 表现出明显的时控专属性。结合矿床的成矿地质条件及其矿化特点, 可将区内的成矿作用划分为两个阶段:

(1) 断裂动力分异、热液(热水)成矿作用阶段: 矿化严格受断裂构造的控制, 多产于带内或上下盘接触界面处, 矿体一般呈不规则脉状、透镜状或似层状; 铀主要呈沥青铀矿产出, 在不同矿床中分别与黄铁矿、赤铁矿、萤石、石英、方解石等共生, 呈分散状、微脉浸染状、细脉状及角砾状矿石, 常伴生有弱硅化、赤铁矿化、萤石化或碳酸盐化等近矿围岩浸变; 成矿期的构造热液活动频繁, 常见及多期次、多矿化年龄的含矿脉体相互叠生, 成矿时代为96—43 Ma(主要为74—62 Ma); 矿化形成于一定的温度(120℃—280℃)和压力(0.1—0.8 kbar)条件下, 表现出相对低温浅成的成矿构造环境, 是区内最重要的成矿作用阶段。

(2) 表生(古淋积)成矿作用阶段: 该期间的构造活动强度显著减弱, 表生作用不断加强, 构造岩常因水解作用而产生泥化, 形成高岭石、水云母、蒙脱石、埃洛石、绿泥石、针铁矿、褐铁矿等各种不同成分的构造泥, 并对铀产生不同程度的吸附富集作用, 形成叠生富矿段; 矿化具有一定的标高, 严格受氧化还原带的控制(图4); 一般成矿温度较低(89℃—120℃), 成矿时代较晚(53—1.5 Ma)。但在花岗岩地区, 往往由于地下水不发育, 这种矿化很少见及, 甚至由于氧化作用的深切而使部分原生矿体遭受破坏。

因此, 区内铀矿化的形成和发展, 受区域地壳构造演化的控制, 成矿时代的一致性是大地质构造背景的同一性所制约。各矿床的形成大体上都经历了铀的预富成岩(形成铀源地质体)→构造动热变质、动力分异成矿(主要的成矿阶段)→表生作用等阶段。其中富铀地层主要形成于地槽发展的余动期(动中之“定”)和地台发展的初“定”期(“定”中之动); 多分布于古陆的边缘及某些远浅海区内, 前者为封闭、半封闭的局限性海湾或浅海盆地, 后者则与海底地形起伏的控制, 分布于“海底潜丘”或海岛附近; 在岩相变化上, 多分布在细碎屑岩与化学岩的过渡交互带中。富铀花岗岩则形成于地洼发展的中早期, 受断块构造的控制, 是先期富铀地质体经深层重熔形成的富铀岩浆, 沿断裂上升侵位的产物。区内的成矿

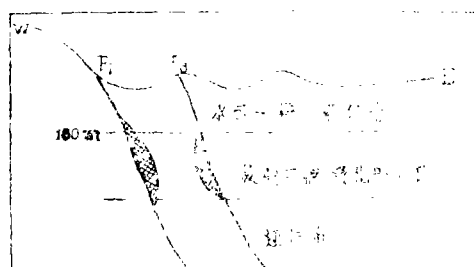


图 4 矿化与构造泥的关系及其所在氧化还原带的部位

Fig. 4 Relationship between mineralization and gouge and mineralizing oxide-reduction position

与地洼活动密切相关，在剧烈期，地壳变动强烈，地壳增温、增压，致使铀源解离，铀等成矿物质活化转移并进入断裂带内溶液；当由剧烈期向余动期转化时，区域地壳应力场由挤压向拉张、由高能位向低能位、由动向“定”转化，导致了断裂带的降温减压，改变了铀等成矿物质的应力状态和流体的动力条件，促进了成矿溶液的运移和沉淀，是区内最主要的成矿时期。找矿的经验证明：在地洼期构造应力相对集中、构造形迹相对发育、岩石破碎程度较高的场所，有利于铀的活化转移，是成岩、成矿的良好场所；如果在这些地所内的富铀地层（或富铀岩体）相对发育，可作为成矿预测的重要依据。

（四）控矿构造相当，成矿作用相似

区内各矿床的具体控矿构造形式是多种多样的如花岗岩中的铀矿化主要受硅化断裂带的控制；产于沉积岩中的铀矿化多分布在向斜构造的翼部和转折端，受层间断触带的控制。然而，它们之间却存在许多共同的特点：

（1）都不同程度的切割铀源地质体（富铀地层或富铀岩体），或者互相沟通，组成有利于成矿溶液渗流的断裂网络系统。

（2）活动时间较长，具有多期次活动的特点，尤其是在成矿期具有明显的活动。

（3）成矿断裂带（尤其是成矿主干断裂）的力学性质复杂，一般表现为早压晚张、压张交替，剪切性明显的或重接复合的断裂构造系统。其活动的规律大体与地洼期的构造运动相合拍。

成矿断裂构造不仅是一种导矿、容矿构造，控制着矿化的空间分布规律，而且深刻地影响着有关成矿作用的发生和发展，制约着矿床成因。在地洼剧烈期区内断裂带主要表现为压性（压剪性），带内岩石常伴随着动热变质、动力分异而发生重新聚类组合。其中离子半径大、比重少的K、Na、Ca等向带外方向迁移；离子半径小，比重大的Si、Fe等相对富集于带内；Al、Mg、Mn等则介于两者之间。在花岗岩中由于SiO₂的含量高（>70%），常因断裂变质作用使之得到进一步的富集，并形成一套相应的Si、Al、K型的近带围岩蚀变，这可能是岩体内部硅化断裂蚀变带广泛发育的一个重要因原。在沉积地层中由于岩石组合不同，其表现也就不尽相同，但仍可看出上述元素的变化规律，如10号和5号矿体，断裂带内具有弱硅化、赤铁矿化，炭质物变成石墨，在裂隙上高度集中形成构造镜面。铀也被活化析出，并在适当的构造部位富集成矿。

至地洼余动期，断裂普遍向张性转化，断裂动力分异作用消失，常为水解作用、氧化还原作用所取代，构造岩不同程度地发生去硅增铝的泥化作用形成各种构造泥，并对铀等成

矿元素产生淋滤、吸附作用,在氧化还原过渡带内形成叠生富集,导致区内成矿作用的复杂化。

三、结 语

(1) 按成矿主岩划分的铀矿床类型(如花岗岩型、碳硅泥岩型等)难以阐明这些矿床的组合特征及成因。尽管区内各矿床的成矿主岩有花岗岩、碳硅泥质板岩、粘土质粉砂岩及泥质碳酸盐岩等,但都经历了同生成岩聚源(形成各种富铀地质体)、后生改造成矿的演化过程,发展成一个具有典型意义的地洼型多因复成组合的铀矿田。

(2) 区内各铀矿床的形成与地洼构造活动密切相关,后者不仅控制矿床的空间分布规律,而是矿床形成的重要因素。与断裂构造变动有关动力分异作用、动热变质作用、水解作用、氧化还原作用等,是区内因复成铀矿床形成的基本成矿作用。

(3) 切割富铀花岗岩体的多期次活动断裂带和顺层切割富铀地层的层间断裂带,是区内最重要的控矿构造形式。因此,查明区内各种富铀地质体的时空分布规律及其控矿构造的活动规律,是开展找矿和进行成矿预测的重要依据。

该铀矿田是由各种不同成矿主岩中的铀矿化所组成的矿床群,在东南地洼区内具有一定的代表性。通过对其解剖,不仅可深化对地洼区有关铀矿床的成矿作用和成矿规律的认识,而且对指导今后的找矿勘探实践,都具有重要的意义。

笔者在研究过程中,得到黄良彬、张运洪、肖泽忠和陈跃辉的帮助;完稿后陈国达教授及徐增亮高级工程师审阅了原稿,特此致谢!

参 考 文 献

- 1978 陈国达,《成矿构造研究法》,地质出版社。
- 1980 徐增亮,运用迭代自组逐步聚类法进行矿产预测,,放射性地质,(3)
- 1981 康自立,广西海相含铀岩系之初探,抚州地质学院学报,(1)
- 1982 陈国达,多因复成矿床并从地壳演化规律看其形成机理,大地构造与成矿学,6(1)
- 1982 康自立,浅谈有关成矿构造研究的几个问题,大地构造与成矿学,6(1)
- 1983 姚振凯,我国铀矿床的大地构造类型及其主要特征,大地构造与成矿学,7(2)
- 1985 杨开庆,试论构造动力就地成岩成矿作用,国际交流地质学术论文集(4),地质出版社。
- 1985 王学增、姚振凯,湘桂地区铀成矿的某些特征,大地构造与成矿学,9(1)