

赣中变质岩带对该区铀成矿控制作用的研究

胡恭任^{1,2,3}, 刘丛强¹, 余达淦⁴, 章邦桐³, 于瑞莲²

(1. 中国科学院地球化学研究所, 贵州 贵阳 550002 2. 华侨大学材料科学与工程学院, 福建 泉州 362011; 3. 南京大学内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室, 江苏 南京 210093 4. 华东地质学院, 江西 临川 343000)

摘要: 本文从变质岩带的含铀性分析入手, 研究了赣中变质岩带中铀矿化与变质岩带的含铀性、构造岩浆活动带、变质岩带出露的动力学机制及变质核杂岩构造的关系。研究表明: 铀成矿与构造岩浆活动带以及地壳减薄、地幔上隆和在变质核杂岩边缘沿着低角度正断层的地壳伸展构造有着实质的关系。

关键词: 赣中变质岩带 构造-岩浆活动带 变质核杂岩 铀成矿作用 动力学机制

中图分类号: P588.3 P619.14 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1552(2001)03-296-06

赣中变质岩带在地质历史上曾是不同地壳类型遇合、交接之地, 集中了地质历史演化旋回的复杂事件, 它位于华夏地块、扬子地块与华南加里东褶皱带的接合部位, 构成相山铀矿田、盛源铀矿田和 90 号铀矿床的火山岩基底。其北与广丰—萍乡深断裂带 (江绍断裂带的西延部分) 相接, 西以遂川—乐安断裂为界, 东以邵武—河源断裂为界 (图 1)。作者近年来对该变质岩带的地质地球化学、同位素年代学、变质作用成因矿物学及 PTt 轨迹演化进行了系统的研究, 并取得了许多新的见解和认识 [1996, 1997, 章邦桐, 等; 1997A, 1997B, 1997C, 1998A, 1998B, 1999A, 1999B, 胡恭任, 等], 本文从变质岩带的含铀性分析入手, 通过详细的野外观察和室内研究, 初步研究了该变质岩带中铀矿化与变质岩带的含铀性、构造-岩浆活动带、变质岩带出露的动力学机制及变质核杂岩构造的关系。

1 变质岩带含铀条件分析

在变质作用中, 随着变质作用的进行, 铀从岩石中的带出量随变质程度的加深有规律性地

收稿日期: 2000-10-29 改回日期: 2000-12-31

基金项目: 国家杰出青年基金 (49625304)、南京大学内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室开放基金和华侨大学博士科研启动资金联合资助。

作者简介: 胡恭任 (1966-), 男, 江西赣县人, 1998 年 6 月于南京大学获工学博士学位, 主要从事资源环境与同位素地球化学的教学与科研工作。

增加,而变质岩的铀含量则相对减少 [1986,王剑峰,等]。相山递增变质带也是如此,铀含量从千枚岩(4.16×10^{-6})→片岩(2.69×10^{-6})、变粒岩(2.65×10^{-6})。相山基底变质岩现代铀含量虽低,但其经历的地质历史漫长,形成于中元古代 [1999B,胡恭任,等],其后经历了晋宁期、加里东期 [1997C,1999B,胡恭任,等]、印支-燕山期的变质作用,晋宁期变质作用使该区岩石发生低角闪岩相变质作用,主要由斜长(云母)变粒岩、石榴云母片岩、云母石英片岩夹多层灰绿色斜长角闪岩和角闪片岩组成的一套中级变质岩系;加里东期变质作用叠加于前期之上,温度为变质作用的主要因素,变质以递进变质为特征,形成绿片岩相—高绿片岩相—角闪岩相的递进变质带,局部地段岩石由

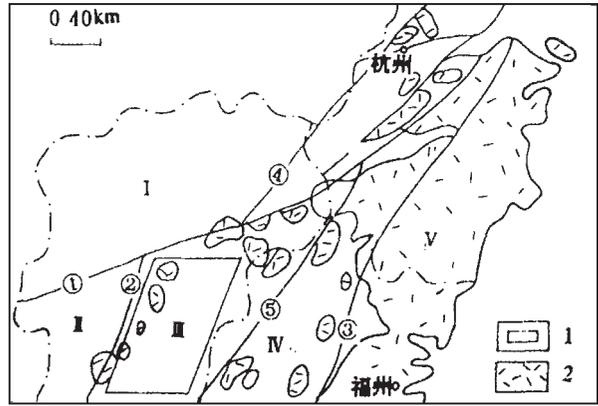


图1 赣中构造分区示意图

Fig. 1 Sketch map of tectonic division in central Jiangxi Province

- 1 - 研究区范围; 2 - 中生代火山岩; I - 扬子地块; II - 华南加里东造山带; III - 赣中变质带所处位置; IV - 华夏地块; ① - 广丰—萍乡深断裂带; ② - 遂川—乐安断裂带; ③ - 丽水—大埔断裂带; ④ - 浙、皖、赣断裂带; ⑤ - 邵武—河源断裂带

于强烈的变形超变质作用,出现变质分异流体,形成混合岩化,生长的石榴石、十字石、黑云母等矿物变斑晶大小可达 0.5 cm,本区的高峰期变质相为角闪岩相,变质作用属中压区域动力热流型;印支-燕山期变质作用主要为退变质或热变质,已进入变质作用的尾声,区域上表现为低温矿物组合替代高温矿物组合的退变质作用,薄片可见白云母交代矽线石,绢云母交代堇青石,石英中有矽线石、黑云母等矿物包体,石榴石、黑云母、十字石分解成绿泥石、石英及一些铁质而呈假象 [2000,胡恭任,等];因而岩石的现代铀含量不能代表原始铀含量。在表生地球化学条件下,Pb 是相对稳定的元素,故可以根据铀的衰变产物——铅同位素的演化来追溯成岩后铀的得失情况。这种方法在中生代以来的花岗岩和火山岩铀矿床的研究中是比较成功的。相山基底变质岩地质事件复杂,利用这种方法来估计变质岩中铀的丢失还是可行的。为此,对相山基底变质岩用 U-Pb 同位素体系对铀变质作用及后来的其它地质作用中铀的得失情况进行了计算,计算结果表明 [1998B,胡恭任,等]:本区变质岩在后期的地质作用中铀表现为以丢失为主。因此,相山基底变质岩的原始铀含量相对较高,在变质作用过程中铀发生了重新分配,变质岩中的铀以活动铀为主,变质作用,特别是混合岩化作用可促使岩石中的铀活化,对铀起一定的预富集作用,有可能为后来的铀成矿提供一定的铀源。联系到其它地质背景,铀成矿时期与红盆形成、不整合运动等风化剥蚀因素关系密切。因而在基底剥蚀过程中地下水对成矿具有积极作用。在大陆风化剥蚀期由于地表水的下降作用,使受剥蚀的及上升到浅部的基底岩石中铀活化迁移,造就渗流溶液,由岩体的加热作用,地幔的热作用,使溶液到深部后被加热,并不断从周围岩石中溶出铀,使热液上升。同时深部温压条件的加强,基底变质岩不断隆升重熔改造形成重熔岩浆,而铀不断地趋于熔体中,随着火山作用,铀分散于火山岩中,在适宜的环境条件下发生活化迁移而局部富集成矿。随着变质流体的加入而发生混合岩化作用,铀具活化、迁移、均一化的特性,从而铀丰度值较高。所以在混合岩区及花岗岩

区表现为高铀、高钾区,铀矿可能在此集中,乐安罗山四号矿体就赋存于混合岩及混合花岗岩中。韧性剪切带是在一定温压条件下形成的地壳软化带,其铀含量较低,并随变质程度的加深而减少,这说明韧性剪切带本身并非是找铀的远景区。但基底岩石经韧性剪切糜棱岩化后形成构造片岩,铀含量具明显的亏损,表明铀源可能是来自这种糜棱岩化岩石。而在其外围受韧性剪切带(基底滑脱带)拉脱的花岗岩、混合岩、火山岩及含铀高的基底变质岩是铀成矿的有利岩性部位。

2 构造—岩浆活动带与铀成矿的关系

本区存在一条加里东时期的构造—岩浆活动带,区域上由慈竹—金溪岩体群组成,该带在北部鹰潭—贵溪一带成东西向,在金溪一带成北东向,在南城北又转为东西向直到相山矿田,沿该带分布着一系列铀矿床、矿点。构造岩浆活动带在地壳上呈现高热流异常带,在深部出现绿片岩相—角闪岩相的动热变质带,沿着这条带发育矽线石带,矽线石为高温矿物,由其构成矽线石片岩带,并和十字石带、石榴石带、黑云母带共同组成递进变质带,这种变质带是构造应力、增温作用共同作用的产物,是韧性剪切、变质变形、混合岩化三位一体作用的结果,为铀的活化、迁移提供动力条件。构造—岩浆活动带是一条复合型构造,加里东期呈东西向,相山—犁溪—茅排东西向带与北部慈竹—上清—溪塘东西向带,加里东晚期,金溪—南城北东向韧性剪切带与早期东西向构造复合,左行断裂把早期东西向岩浆带错断,加里东晚期的岩浆作用把此带进一步贯通形成区域上近“S”型的岩浆活动带。从茅排—犁溪—相山,虽未见已剥露出的大规模加里东岩体。但在茅排、犁溪、相山矿田北部,递进变质带与热变质带、矽线石带、混合岩化带清楚,可能沿此线隐伏着一条东西向岩浆活动带,这种岩浆带是由于在地壳深部加热形成熔融的岩浆房,并随构造通道上升侵入与喷发的,这样,大量的成矿元素伴随着一起上升[1987, 赵佩连]。变质岩带铀、钍地球化学特征研究表明[1998B, 胡恭任,等],铀向混合岩、混合花岗岩中富集,所以相山矿田的基底是富铀、高钾的有利成矿的基底。构造—岩浆活动带常与区域性的线性幔隆相伴生,在地壳增厚区内,幔隆不仅引起地面裂谷盆地形成、演化,而且是伸展构造形成与演化的动力学机制,同时也是成矿岩浆上升,热流的主要物质来源。因此本区中、新生代沿着古构造岩浆带形成幔隆区,控制着盛源铀矿田。相山、礼陂、林家、谕源、高家等火山盆地呈北东向展布,形成北东向基底构造控制的火山岩带及其之后的铀成矿带。

3 基底构造出露的动力学机制与铀成矿的关系

赣中变质岩带具双层结构,即深层次的结晶基底(中深变质岩系)和浅层次的褶皱基底(浅变质岩系)。加里东时期,沿两基底界面由热流体诱发形成动热变质带,沿界面剪切、推覆形成一系列构造片体。深、浅两层次之间的构造界面,即动力变质带是成矿时伸展拆离构造的活动部位,构成折离面,从而形成剥离断层,通过构造剥离使结晶基底裸露于地表,而铀矿化就与基底从深部剥露到地表这种构造动力机制有关。如慈竹变质核杂岩构造控制了65号矿田,乐安—宜黄变质核杂岩构造控制了相山矿田等[1994, 余达淦]。在伸展构造的动力机制条件下,浅部—中浅部—深部构造组合构成了从高角度正断层—铲状断裂系—低角度剥离断层的构造模式。因隆起剥蚀程度不一,而表现出深部的变质岩(结晶岩系)可沿折离面被向上拆离而直接与

脆性断裂系接触,也可因下盘往上拆离距离不是很大而与中深层次变形带接触。从而反映出赋矿的火山盆地可以下伏于伸展构造系统不同层次的构造面上。

(1) 结晶基底(中深变质岩)之中

表现该区构造剥蚀强烈,褶皱基底已全部剥蚀掉,片岩-变粒岩等组成的结晶基底直接裸露于地表。火山盆地就直接位于其上。如盛源盆地 65、70 号矿床直接受结晶基底剥离断层控制。

(2) 结晶基底与褶皱基底的过渡部位

相山矿田受北部高庄剥离断层控制,该剥离断层之上还保留了递进变质带,但在其它地段缺失此带,断层使矽线石-十字石带直接与板岩、千枚岩接触。高庄剥离断层的下盘为由变粒岩、矽线石榴片岩等组成的结晶岩系,上盘为黑云母化千枚岩带,在剥离断层带中充填了晚期中基性岩脉(辉绿岩、煌斑岩),向东到茅排为一组基性脉岩群[1984,李俊俊]。相山矿田中的一系列东西向构造是断层系列的产物,如沙洲断裂、横涧断裂、戴坊-风岚断裂,它们之间充满花岗岩、英安玢岩等中酸性岩脉(图2)。矿体分布于褶皱基底与结晶基底之间剥离断层所控制的上部铲状断裂系中。

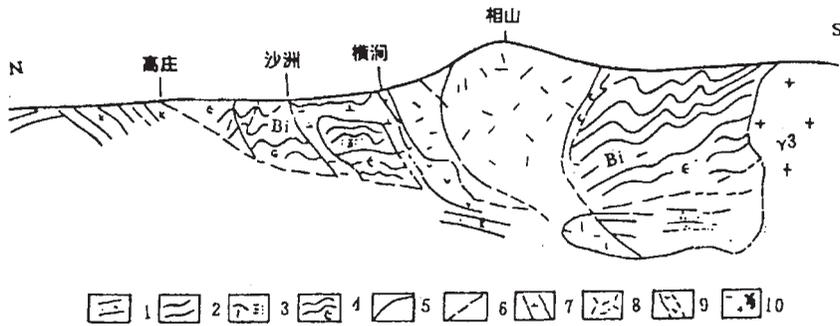


图2 乐安相山变质核杂岩构造示意图[据1994,余达渝]

Fig. 2 Sketch map of metamorphic core complex from the Lean Xiangshan region

1-矽线石片岩带;2-千枚岩、板岩;3-黑云母带;4-石榴石-十字石带;5-上盘铲状断裂系;6-剥离断层;7-花岗岩;8-碎斑熔岩;9-流纹英安岩;10-加里东期花岗岩

(3) 黑色岩系(T_3-J_1)之上

受浅部剥离断层控制,这种岩系中夹的一些软弱层,可能为滑脱层,受这种滑脱层所控制的火山盆地,对铀矿化有利^①。剥离断层进入浅层次发生张性扩容,为岩体被动侵位提供低压空间,为燕山期含矿火山活动提供先决条件。铅山34号矿床即为此类型[1994,沈俊]。

(4) 结晶基底与红盆之间

剥离断层下盘为结晶基底构造片岩,上盘为 K_2-E 红色砂砾岩,火山盆地受该剥离断层控制,含矿热液沿火山通道一起进入火山盆地,其上的红色岩系起到屏蔽作用。

4 变质核杂岩构造与铀成矿的关系

在变质核杂岩的演化过程中,随着构造剥离作用使地壳深部的岩石逐渐向上拆离,使易于

① 1988 核工业华东地质局二六一大队. 相山铀矿田地质特征和成矿条件.

成矿的岩石和易于容矿的构造有序地出现于贵金属或贱金属工业矿体形成的物化环境中,其构造演化与铀成矿关系如下:

(1) 变质核杂岩构造是岩浆热隆作用的产物,地幔上隆,导致深部拆离作用,而构造剥蚀作用导致地壳变薄或开裂,形成基性岩墙及沿剥离断层侵位的岩体或岩席,伴之而来的金属元素也相应成为成矿的物质基础,同时伸展作用导致的高地热梯度和高热流构造环境,有利于减少地壳下部岩石重熔或混合岩化的深度,使壳源的中、酸性岩浆活动得于在地壳较浅部侵位,为成矿元素迁移、富集准备条件。

(2) 控制成矿的物理化学环境:剥离断层面既是脆性与塑性构造的转换面、热液沸腾面、成矿热液的氧化-还原界面,又是酸性蚀变与碱性蚀变的变化面、上升热液与下降渗流水的交汇面及深循环水的排泄面[1994,季克俭]。其下盘以塑性变形为主,构造热液活动十分显著,构成还原环境的热液循环系统;上盘转为脆性变形,发育犁式正断层,温压较低,易于流体渗透,构成氧化环境的水溶液循环系统。剥离断层既是物性界面和构造界面,又是氧化-还原界面,并有张性空间,两个流体系统在剥离断层面附近混合,使两个化学平衡的系统通过物质和能量交换,形成较稳定的构造成矿体系,在这种构造地球物理化学条件下,有利于促成成矿元素的沉淀与富集。火山盆地中的铲状断层系,向深部往往归并为低角度剥离断层。

(3) 变质核杂岩构造部位是深成岩浆活动区和深部热柱的活动部位,伴随有基性及碱性岩浆活动[1989,国外地质科技]。伴随的岩浆岩以非造山期岩浆岩为特点,出现A型花岗岩及碱性、亚碱性花岗岩。中国东南部两次主要铀成矿期均相应有关岩浆活动[1982,陈肇博]。相山及赣杭带内铀及多金属矿化有两个成矿期,即以120 Ma和100 Ma为中心的成矿期为主,正好与区内两次岩浆活动相吻合,120~130 Ma的岩浆活动以碱性、亚碱性花岗岩为特点;100 Ma的岩浆岩以双峰式为特点。是深层次拆离作用或下地壳的壳幔作用的结果,与深部地球化学有密切关系,岩浆活动伴随而来的成矿元素为成矿提供必要的物质来源。

(4) 深层次伸展构造控制红盆、倾斜盆地,演化过程复杂,对铀成矿有利。

(5) 随着东部变质核杂岩的隆起,西部铲状断裂系和多期剥离断层的发育,控制了相山火山盆地中的铀矿化随时间从东向西迁移,东部云际-乐安罗山矿床以碱交代型为主(120 Ma),邹石断裂控制的矿床以酸性蚀变水云母化、萤石型铀矿为主(100 Ma),西边芜头断裂以西存在一组受硅化断裂带控制的铀矿化,为最晚期的铀矿化[1982,陈肇博]。同时在纵深方向上,形成具有一定的层次特征,例如相山矿田出现多层次控矿构造:一是产于基底中的隐爆角砾岩,是最底层的一类矿床,其矿化蚀变以弱碱性绿泥石化为主,受剥离构造上抬而出现;二是产于基底与火山盆地、接触面之间火山岩系中的铀矿化,以发育在流纹英安岩裂隙群中为特征;第三为产于火山盆地中上部火山岩系中的裂隙群矿床[1989,陈繁荣]。

致谢:作者在野外工作期间得到核工业华东地质局261大队总工办及华东地质学院科研处的大力支持和帮助,特此致谢。

参考文献:

- 1982 陈肇博. 华东南中生代火山岩中的铀矿床[J]. 地质学报, 56(3):135—243.
- 1984 李芑俊. 关于赣杭构造带火山岩型铀矿床成矿地质特征某些共性问题的讨论[J]. 华东铀矿地质, (1): 245—248.
- 1986 王剑峰. 铀地球化学教程[M]. 北京:原子能出版, 416—443.

- 1987 赵佩连. 赣杭带火山岩浆来源及铀源的初步探讨[J]. 铀矿地质, 3(1): 12—16.
- 1989 国外地质科技编辑部. 地壳拉伸作用及重要地质意义[J]. 国外地质科技, (6): 1.
- 1989 陈繁荣. 1220 铀矿田同位素地球化学和矿床成因研究[J]. 大地构造与成矿学, 14(1): 69—78.
- 1994 余达途. 伸展构造与铀成矿作用[J]. 铀矿地质, 10(3): 129—139.
- 1994 沈俊. 盛源盆地西缘推覆构造特征及其控矿作用[J]. 铀矿地质, 10(3): 156—159.
- 1994 季克俭. 热液矿床研究的主要进展和“三源”交代热液成矿学说[J]. 地学前缘, 1(3): 126—129.
- 1996 章邦桐, 胡恭任. 赣中存在元古代华夏(古陆)变质基底的地球化学证据[J]. 矿物岩石地球化学通报, 15(4): 239—242.
- 1997 章邦桐, 胡恭任, 王湘云. 相山地区变质基底新认识: 用其原岩归属的对比研究[J]. 铀矿地质, 13(1): 1—7.
- 1997A 胡恭任, 章邦桐, 王长华. 赣中相山新元古代变质岩的岩石地球化学特征及形成的构造环境[J]. 江西地质, 11(1): 9—16.
- 1997B 胡恭任, 章邦桐. 赣中变质基底的组成演化及其基本结构格局[J]. 江西地质, 11(1): 9—16.
- 1997C 胡恭任, 章邦桐, 王长华. 赣中相山新元古代变质岩的首次确定[J]. 中国区域地质, 16(2): 222—224.
- 1998A 胡恭任, 章邦桐. 赣中变质基底的 Nd 同位素组成及物质来源[J]. 岩石矿物学, 17(1): 35—39.
- 1998B 胡恭任, 章邦桐. 相山火山塌陷盆地基底变质岩 U 的地球化学研究[J]. 铀矿地质, 14(1): 1—6.
- 1999A 胡恭任, 章邦桐. 赣中变质基底 Nd 模式年龄初步研究及其基底地壳的形成年代[J]. 铀矿地质, 15(4): 73—77.
- 1999B 胡恭任, 章邦桐, 于瑞莲. 赣中变质岩带的 Sm - Nd、Rb - Sr 同位素年代研究[J]. 地质论评, 45(2): 129—134.
- 2000 胡恭任, 刘丛强, 章邦桐, 等. 赣中变质岩带的组成及构造变质变形特征[J]. 中国区域地质, 19(4): 375—381.

A STUDY ON URANIUM METALLIZATION AND CONNECTION OF METAMORPHIC ROCKS BELT IN CENTRAL JIANGXI PROVINCE

HU Gong-ren^{1, 2, 3}, LIU Cong-qiang¹, ZHANG Bang-tong³, YU Rui-lian²

(1. *Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China*; 2. *College of Materials Science and Engineering, Huaqiao University, Quanzhou 362011, China*; 3. *State Key Laboratory for Mineral Deposits Research, Nanjing University, Nanjing 210093, China*; 4. *East China Geological Institute, Linchuan 344000, China*)

Abstract: In this paper, the connection between uranium mineralization of metamorphic rocks belt in central Jiangxi Province and uranium potentiality of metamorphic rocks belt, the tectonomagmatic active zone, the dynamic mechanism of metamorphic rocks belt exposed, metamorphic core complex have been discussed and analyzed. The research results showed uranium mineralization is significantly related to the tectonomagmatic active zone, different order detachment faults, crust extension and mantle uplift.

Key words: Metamorphic core complex; uranium mineralization; tectonomagmatic active zone; dynamic mechanism; metamorphic rocks belt; central Jiangxi Province