

327-332 华南早前寒武纪陆壳基底及其组成特征

吴伟成 康自立

(华东地质学院 江西抚州 344000)

A

在编制《闽浙赣铀矿地质图(1:100万)》的基础上,结合近年来地质、地球物理及同位素年代学等方面的最新研究成果,本文初步分析了华南地区早前寒武纪(Ar₂-Pt₁)陆壳结晶基底的组成特征及“扬子”与“华夏”地块之间的相互关系,认为该基底经吕梁运动(1 700-1 800Ma)后,于中晚元古代逐渐解体,并转化为由板块构造机制所控制的多旋回槽台发展体制。由于古陆壳组成的不均一性和演化的不平衡性,使局部地区相对富铀,为尔后各种衍生型富铀地质体的形成及矿化分布奠定了基础。

关键词 早前寒武纪, 结晶基底, 地块, 铀矿床, 陆壳

半个多世纪以来,华南以其复杂的大地构造特征和丰富的矿产资源为中外学者所关注,是我国已探明铀矿储量最多的一个成矿省。过去,除了运用“槽台理论”、“地洼学说”和“构造体系说”等指导区域大地构造环境的研究外,随着板块学说的兴起,许多学者试图把传统的研究与板块学说提出的新概念结合起来(如黄汲清、王鸿祯等);或以板块学说为指导重新厘定区内的大地构造轮廓(如郭令智等)。许靖华(1987)还把华南区与北美阿巴拉契亚山区的构造类型进行对比,发现两者具有相似性,并认为“江南古陆”是华夏与扬子之间的陆-陆碰撞带,而板溪群则为这一碰撞带的构造混杂堆积体。虽然大量的实际资料并不支持这一看法,但却进一步激起人们重新认识华南、研究华南的热潮。其中对陆壳基底构造的研究日益受到重视,并已取得了长足的进展。不仅在扬子地块发现了双层基底:即下层晚太古代至早元古代的中深变质的结晶基底和上层中、晚元古代的浅变质褶皱基底^[1],而且在华夏地块及其所夹持的广大区域内也发现了一系列反映出早前寒武纪结晶基底存在的信息^[2]。这为进一步探索区内早前寒武纪的构造演化格局创造了条件。

1 扬子地区的结晶基底

早在50年代王鸿祯就推测在四川盆地之下存在古陆壳。近10年来又积累了大量地质、地球物理资料,不仅在地块的西侧和北缘断续分布着早元古至晚太古界的基底结晶岩系,而且在许

收稿日期1994年3月10日

多地区都发现有类似的基底存在(图1)。

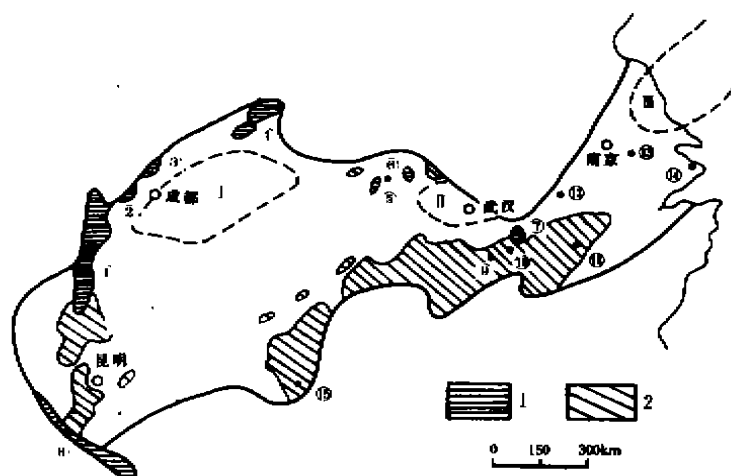


图1 扬子地块基底岩系露头及信息分布图

Fig. 1 Sketch map showing the distribution of the outcrops and the information of basement rock series in Yangzi block

1——太古—早元古代基底岩系露头;2——中、晚元古代基底变质岩系露头。

I、I'、II——分别为据航磁异常推测的川中、江汉、苏北—南黄海早前寒武纪结晶基底,图上编号表示结晶基底信息出露点:①康定杂岩;②宝兴杂岩;③彭灌杂岩;④汉南杂岩;⑤黄陵杂岩(崆岭群);⑥杨坡群;⑦庐山星子杂岩;⑧哀牢山群;⑨九岭岩体中的深源包体;⑩新建火山岩中之包体;⑪弋阳—德兴中元古界超镁铁质岩中之深源包体;⑫皖南晋宁期岩体中之深变质包体;⑬宁镇山东端钻孔;⑭上海钻孔;⑮桂北摩天岭岩体中之锆石。

1.1 康滇地区

位于扬子地块西部,区内出露的大红山群和康定群,不整合伏于昆阳群之下,主要为一套由斜长角闪岩、斜长角闪片麻岩、黑云母变粒岩、浅粒岩及紫苏辉石麻粒岩等火山变质岩夹沉积岩组成的结晶岩系。其原岩主要是一套拉斑玄武岩、英安岩、流纹质火山凝灰岩夹杂砂岩,富铝质粉砂岩和粘土质沉积岩^[3]。大红山群全岩 Rb-Sr 等时线年龄 1 720Ma(董申葆,1986)、1 701Ma(薛啸峰,1986)和 2 800Ma(云南地科所,1986),前者应代表基底岩系的变质年龄。在冕宁沙坝康定群混合片麻岩的全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 2 404Ma(袁海华,1986),在渡口同德角闪二辉混合片麻岩的全岩 Rb-Pb 等时线年龄为 $2\,957 \pm 3\text{Ma}$ (张云湘,1987);在泸定水井湾超基性岩中辉石的 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 法年龄为 3 100Ma(袁海华,1986)^[4]等。值得重视的是这套深变质岩系区域构造方向为 NE—NEE,与呈 SN 向展布的地质体很不协调,而与川中结晶基底的构造展布方向一致,说明两者曾同属一体,并在早元古代之前业已形成^[5]。此外,在哀牢山区,由于 NNW 向深断裂的切割使基底岩系出露(哀牢山群),其中角闪石的 K-Ar 法年龄为 2 300—2 070Ma(吴根耀,1989)。

1.2 北缘及峡东地区

由于深断裂带的切割,在扬子地块北缘出露了一系列中深变质的基底岩系,从西向东主要有上太古—下元古界的宝兴杂岩、彭灌杂岩、汉南杂岩、杨坡群及峡东地区沿黄陵背斜分布的

崆岭群等。其中崆岭群根据岩石组合特征可划分为上下两个亚群。下亚群为一套孔达岩系(Khondalite),主要由石墨砂线黑云斜长片麻岩、石榴黑云斜长片麻岩、黑云变粒岩、石墨片岩、麻粒岩夹大理岩等组成,厚达3 000余米,上亚群为条带状黑云变粒岩夹斜长角闪岩等组成,厚度>2 000m。其原岩由下至上为富含炭质的陆源碎屑沉积岩,逐渐过渡为富火山凝灰质粉砂岩,上部夹中基性火山岩及浅成岩等^[6]。侵入于崆岭群的黄陵花岗岩锆石 U-Pb 年龄为2 375Ma,粗粒锆石 U-Pb 不一致曲线上交点年龄为2 590±85Ma(袁海华等,1992);孔达岩系的全岩 Rb-Sr 等时线年龄为2 010Ma,锆石 U-Pb 一致性年龄为2 320Ma(卢良召等,1988)^[6]和 K-Ar 稀释法年龄为1 891Ma(北京三所),上亚群中的斜长角闪岩 Pb-Sr 等时线年龄为2 940±81Ma(袁海华等,1992)等。说明该群岩系主要形成于晚太古代,在早元古代后期,经历了一次构造热事件,使之产生强烈变形变质和局部范围的混合岩化。

1.3 中下扬子区及庐山星子群

陈沪生等(1985)根据综合地球物理剖面的研究,认为下扬子区地壳具有高地震波速、高电阻、高密度和强磁性等地球物理场特征^[1]。反映出在中上元古界浅变质岩系组成的褶皱基底之下,存在由深变质的结晶岩系和花岗岩组成的刚性基底,并被灵璧—奉贤 GGT 深断面的解释成果所证实。同时在宁镇山脉的丹阳地段,经钻孔揭露在埤城群之下见到中深变质的火山沉积岩,其 K-Ar 法表面年龄为1 771±5Ma^[7],说明这套岩系形成于中元古代之前。此外在苏北至南黄海一带,航磁表现为一个宽缓变化的高磁异常区(一般为100—200r),推测为埋深5—9km 的基性变质杂岩体,张用夏(1990)认为这是经过混合岩化的变质岩系,可能与苏北的胸山群相类似,其时代属晚太古代—早元古代(Ar₂—Pt₁)。

近年来,在庐山—星子地区发现一套角闪岩相的中深变质基底结晶岩系。张勇(1986)称之为“南庐山群”,马长信(1988)称之为“星子群”,由角闪片岩、变粒岩、斜长片麻岩、斜长角闪岩、石英岩、混合岩等组成,局部可能存在麻粒岩^[8]。其原岩为正常沉积的泥砂质岩石(粘土岩、粉砂岩、砂岩)和基性火山岩及少量中性火山岩夹过渡型的凝灰质沉积岩。其时代为晚太古代(项新葵等,1992)至早元古代(张勇,1986;尹国圣,1993)^[1,2]。天津冶金研究院张惠民等曾对斜长角闪岩作过同位素年龄测试,为16亿年左右(未发表),与双桥山群对比,其变形变质程度都比较高,是更深层次的产物。

1.4 江南区

主要分布在地块的南缘,区内广泛出露双溪坞群、双桥山群、冷家溪群和四堡群等组成的浅变质褶皱基底。其主要岩性为一套巨厚的变质浊流沉积岩夹火山熔岩,下部富含陆源碎屑物质,局部夹花岗质砾石^[9]和成熟度低的杂砂岩,并在九岭花岗岩中发现有高角闪岩相的包体(徐夕生,1991),在赣东北双桥山群的层状超基性岩中发现有斜长岩、榴辉岩等深源包体(吴根耀等,1988),均指示更古老的陆壳基底存在。同时还得到大量地球物理测深成果和同位素年代学资料的支持。陈国达(1981)曾根据雪峰山区的物探资料推测,在5km 以下有比冷家溪群更老的结晶基底存在,这已为区内地壳深断面(GGT)研究成果所证实^[9],从区域重力异常图及航磁资料分析,该结晶基底可能顺延到桂北一带^[10]。四堡群中的锆石 U-Pb 年龄为2 935—2 573Ma,摩天岭雪峰期花岗岩中的锆石 U-Pb 年龄为2 860Ma;侵入于四堡群的超镁铁质岩的全岩 Sm-Nd 等时线年龄为2 412—2 219Ma(毛景文,1987,1988),Rb-Sr 等时线年龄为1 667Ma(董宝林,1988);在赣东北双桥山群的细碧角斑岩的 Sm-Nd 等时线年龄为1 939Ma(马长信,1991)等,均反映出更深层次古陆壳的存在。刘学智(1992)根据安福—修水深部地质

地球物理综合剖面解释^[11],也证明在湘东北到赣北一带的中元古界浅变质岩系之下存在花岗岩、花岗闪长质的深变质岩和麻粒岩。这些都说明江南区的较大范围内确实存在由晚太古至早元古代的变质结晶岩系组成的陆壳基底。

2 华夏地块古陆壳基底的厘定

自 Grabau AW(1927)提出“华夏古陆”以来,黄汲清(1945)、陈国达(1956)等曾对该区基底构造及其演化作过研究。由于所处的地质部位特殊(陆缘),并具有丰富的矿产资源,华夏地区为地质学界近期研究的一个热点,从而获得了大量的地质、地球物理、同位素等方面的资料,使认识不断深化。

区内出露最老的地层是浙南八都群和闽西北的麻源群。至于陈蔡群的归属问题有不同看法,从现场勘察表明陈蔡群虽变质程度深(高绿片岩-角闪岩相),物源老(Sm-Nd 模式年龄为 $2.41-3.41\text{Ga}$ ^[12]),但其中产有许多微古化石,其主要时代应属中元古代。八都群是一套含石墨、矽线石、石榴石的黑云斜长片麻岩、角闪岩、黑云石英片岩组成的中深变质岩,普遍已混合岩化,其原岩主要为一套砂岩、粘土岩建造夹基性火山岩,Rb-Sr 全岩等时线年龄为 1.813Ma (遂昌沙口^[13]、 $2.080\pm 12\text{Ma}$ (龙泉混合岩)^[12]、锆石 U-Pb 和谐曲线上交点年龄为 $2.005\pm 10\text{Ma}$ (许金坤等,1985)、锆石 $^{207}\text{Pb}-^{206}\text{Pb}$ 年龄为 $1.831\pm 0.5\text{Ma}$ (汪新,1988)、 $1.805-1.849\text{Ma}$ (灰元中际)^[12]。可见八都群形成于18亿年之前,当属早元古代,与陈蔡群不属同一体系。

麻源群在横向上可与八都群连接过渡,为一套由含石榴黑云斜长片麻岩、黑云二长片麻岩、角闪斜长片麻岩、石英片岩、黑云斜长变粒岩、斜长角闪岩、石墨片岩等组成的绿片岩-角闪岩相的区域变质岩。原岩主要为一套含深水物质的浊流沉积,局部夹基性火山岩。其同位素年龄:锆石 U-Pb 法上交点年龄为 1.851Ma (建瓯迪口)^[13],锆石 $^{207}\text{Pb}-^{206}\text{Pb}$ 法为 1.805Ma (福建区调队,1987)、 1.822Ma (北京三所,1986),结晶锆石 U-Pb 法 $1.960.5\pm 1\text{Ma}$ (将乐黄潭,李根坤,1989),Sm-Nd 等时线法为 $2.682\pm 148\text{Ma}$ (建宁客坊,付树超等,1995)、 $2.216\pm 22\text{Ma}$ (袁忠信,1991)、 $1.970\pm 85\text{Ma}$ (游天寿,1992)等。虽然有些地区产有中元古代的微古化石,但主体应是早元古界。

侵入于八都群的龙泉花桥石英二长岩体,Sm-Nd 等时线年龄为 $2.059\pm 52\text{Ma}$,Nd 模式年龄为 $2.6-2.7\text{Ga}$ (王银喜等,1992),淡竹花岗岩结晶锆石 U-Pb 法年龄为 $1.878\pm 27\text{Ma}$ ^[12],锆石 U-Pb 稀释法年龄为 $1.837\pm 67\text{Ma}$ ^[14],田奔花岗岩锆石 U-Pb 稀释法年龄为 $1.889\pm 95\text{Ma}$ ^[14]。这不仅说明八都群、麻源群形成时代在早元古代之前,而且说明华夏地区在18.5亿和20.5亿年左右经受了二期极其重要的构造热事件,使下元古界或更老的地层产生变形变质和混合岩化,同时伴随强烈的花岗岩浆的侵位,表明本区地壳在18.5亿年就已经具有相当的成熟度,这可从地球物理勘探资料得到印证。刘平山(1988)据地球物理资料证明浙南中生代火山岩系之下存在呈 NE 向展布的宽缓的弱磁正重力异常带,它与八都群的地球物理场特征相一致^[15],台湾-黑水 GGT 深断面揭示出在闽中、闽西的中浅变质岩系之下存在麻粒岩和花岗闪长质的深变质结晶岩系等^[9]。

3 南岭-云开地区基底的讨论

被夹持于“扬子”和“华夏”两个地块之间的赣湘桂粤晚元古代至早古生代的海槽盆地,其基底是洋壳还是陆壳存在不同看法。经资料分析,它是在前地槽构造层基础上逐渐发展起来的

继承性冒地槽,其中堆积了厚逾20 000m的陆源碎屑夹碳酸盐岩建造。虽然多处发现有火山岩,但均受基底断裂构造带的控制。包家宝(1984)曾根据赣南地区震旦系(注:实际上包括了上元古界)及下古生界的地层建造特征、矿产分布及深部地质分析,认为这套冒地槽构造层之下有古老的陆壳基底存在^[16]。魏秀喆(1980)认为赣南海槽具有陆缘性质,其基底应属于华南古陆壳的组成部分^[17]。特别值得注意的是在云开地区发育的一套具不同程度混合岩化的中深变质岩系——云开群,主要为一套石英片岩、变粒岩夹云母片岩组合,中部夹有火山岩和碳酸盐岩及磷铁矿层,上部夹有条带状石英岩等,其原岩主要为一套冒地槽沉积岩。广东区测队(1987)首先在其中部片岩发现 *Laminenites antiquissimus*(古片藻)等属于青白口纪的微古化石,后来南颐(1991)又在罗陂组和丰洞口组发现大量属长城纪到震旦纪的微古化石组合,并采集具片理化的英安斑岩,用 U-Pb 法测定其年龄为910Ma,与宜昌所简平(1990)在英桥混合花岗岩中用 U-Pb 法测得的锆石一致性年龄($834 \pm 29\text{Ma}$)相互印证。最近,陈焕疆等(1990)又详细研究了粤西罗定地区的逆冲推覆构造,在其上升盘的变质岩中采集二云母片岩,用全岩 Rb-Sr 法测定其等时线年龄值为 $1\,944 \pm 44\text{Ma}$ ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始值为0.7122,相关系数为0.9992),说明云开群的地层时代可能下延到早元古代。同时还在混合花岗岩中发现有紫苏辉石的麻粒岩包体,结合区内重磁异常场特征分析,很可能是属于变质陆壳基底和重熔花岗岩的综合表现^[18]。

众所周知,在南岭广阔区域内发育了众多不同时代的改造型花岗岩(图2),其中物源来自何方是不少学者力求探索的问题,并取得了初步成果。

(1)李亿斗等(1986)对江西西华山燕山期花岗岩及围岩(Z—C)的物质组成、稀土元素分配特征和 Rb-Sr 同位素体系以及岩石的熔融实验等进行了系统研究,证明该岩体不可能直接导源于震旦系—寒武系地层,而是深部古陆壳重熔再造的产物^[19]。穆国治、张大椿、张理刚等(1990)也曾通过 C、H、O 同位素体系的研究,得出了类似的结论,认为区内的 S 型花岗岩的物质来源主要是下地壳局部重熔的结果。

(2)李献华、桂训唐(1991)采用 Sr-Nd-Pb-O 多元同位素体系和残留锆石 U-Pb 年龄综合示踪法,对万洋山—诸广山加里东期花岗岩的物质来源问题进行了研究,证明区内加里东期花岗岩的物质来源与岩体的直接围岩(上元古界—下古生界)没有直接的联系,而主要是由区内尚未出露的中元古界(1.3—1.8Ga)基底岩系和下元古界至上太古界(达2.5Ga)的古陆壳物质改造而成,属典型的壳型花岗岩^[20];同时王银喜(1987)也曾采用 Sm-Nd 法、Rb-Sr 法和氧同位素体系的综合研究法,对广西花山花岗岩的源区物质作过类似的研究,认为花山岩体是由年龄为1 900—2 000Ma 的下元古界陆壳基底熔融分化而成,杨晓松等(1993)也根据该岩体的同位素组成特点,认为其物源来自于深部年龄为2 500Ma 左右的古陆壳^[21]。

(3)康自立等(1992)收集和整理了区内一部分产铀岩体的 U-Pb 同位素资料,并采用韦瑟里尔图解法求出一致线与回归直线的两个交点,其中上交点(t_1)多落在1 200—2 500Ma 范围内,应代表基底物源的年龄;下交点(t_2)恰好与各岩体的成岩年龄相吻合,并认为这是区内改造型花岗岩的一大特点^[10]。蒙晓莲(1991)也用类似的方法研究了201铀矿床,认为成矿的铀源主要来自于燕山期的小岩体(130—150Ma),并导源于前期花岗岩的重熔再造,而矿区大面积分布的加里东—印支期花岗岩主要是改造2 665Ma 的富铀陆壳基底的产物。余达淦(1987)求出燕山期热水岩体物源来自2 300Ma 的基底;赣南稀土研究组(1986)求出安思岩体的物源也来自1 600Ma 的基底;邓纺陵(1987)求出诸广栏河—富竹岩体和扶溪岩体分别由1 382.2Ma 和

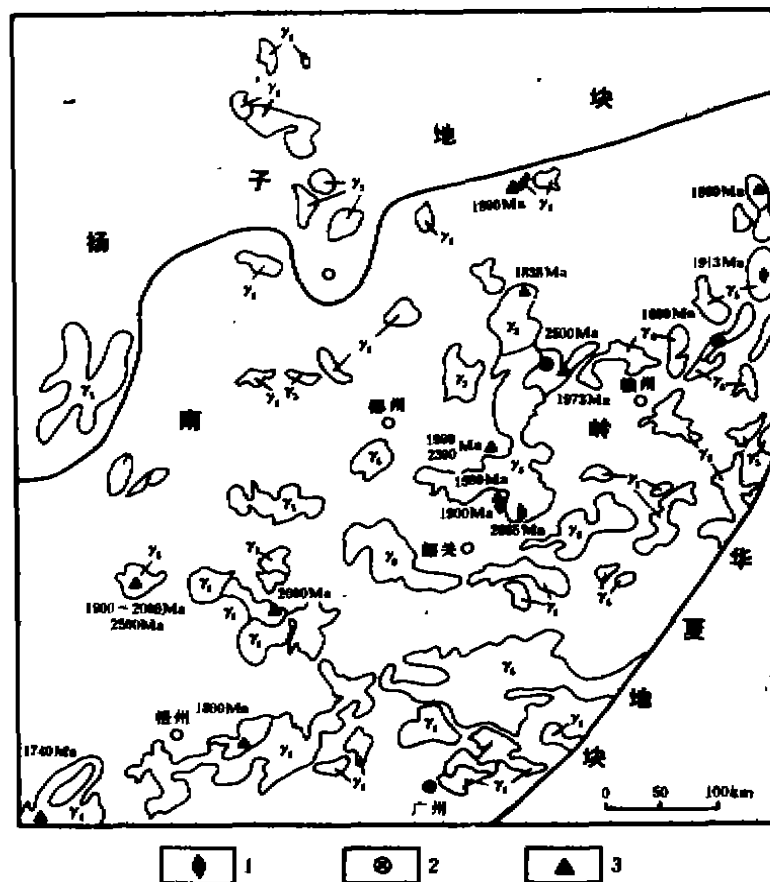


图2 华南改造型花岗岩分布略图

Fig. 2 Sketch map showing the distribution of transformation type granites in South China

1——碎屑锆石 U-Pb 三阶段模式年龄; 2——锆石 U-Pb 上交点年龄; 3——Sm-Nd 模式年龄。

1 161Ma 的基底岩系(局部更老, 达1 900Ma)改造而来; 郑永飞求出桃山岩体是改造1 913Ma 的陆壳基底等。如果这些看法能被确定, 就说明由早前寒武系组成的前地槽陆壳基底有可能在更大的范围内存在, 而且局部富铀, 并与中晚元古代以来各种衍生型富铀地质体的形成有一定的成生联系。

4 结语

(1) 华南存在一个广泛的早前寒武纪(晚太古代—早元古代)的结晶基底, 其中扬子地块表现十分明显。在中上元古界浅变质褶皱基底之下, 普遍存在有中深变质的结晶基底, 是区内前地槽演化阶段的产物。由于本区在早元古代末(约1 700—1 800Ma)曾发生一次重要的构造热事件(吕梁运动), 导致古陆壳的解体, 转化为由板块构造活动所控制的槽台发展阶段, 几经开

合(拉张裂陷与挤压抬升),形成本区多旋回地槽演化的格局,使其基底陆壳不断扩大增生,并控制各类衍生型富铀地质体(包括各类富铀地层及岩体)的形成,为区内众多铀矿床的形成奠定了物质基础。

(2)华夏地块虽然有大量的资料说明在早前寒武纪已经存在古陆块体,但与扬子地块比较,其性质及特点截然不同。在扬子地块基底岩系中绿岩系相对发育,且局部富铀,是中晚元古代以来各种衍生型富铀地质体形成的物质基础,其同位素组成具有低放射性成因 Pb、低 Sr、低 U 和高 Nd 等组成特征,而华夏地块的基底岩系主要由浊积岩、花岗片麻岩夹变粒岩及角闪岩相岩石组成,多具不同程度的混合岩化,岩系中 Th 含量较高,其同位素组成具有高放射性成因 Pb、高 Sr、中 U、低 Nd 等组成特征(谢宴克,1993),特别是在古生代以来,由于太平洋板块作用的影响,致使沿海地带的地壳物质组成呈现出模糊的均一化特征。

(3)介于扬子与华夏两地块之间的赣湘桂粤晚元古至早古生代拗陷区是一个陆内冒地槽,叠置于两地块基底的拼接带上。江西抚州以东沿江山-绍兴断裂带碰撞焊接,以西基底表现为软拼贴,其上叠拗陷表现出由浙赣向湘桂粤呈剪刀状张开,并不断变宽加深。根据上元古至下古生界的沉积建造特征分析,两者的拼接界线大致在武夷-云开构造带的西侧,沿该带火山岩浆活动十分强烈,是区内花岗岩型和火山岩型铀矿床的主要分布区,并控制了区内有关铀矿类型的分带。

参 考 文 献

- 1 任纪舜等. 中国东部及邻区大陆岩石圈的构造演化与成矿. 科学出版社, 1990.
- 2 陈国达等. 华南区域地质构造演化与铀成矿. 华东地质学院学报, 1992. 15(1).
- 3 邢无京. 康定群的地质特征及在扬子地台基底演化中的意义. 中国区域地质, 1989. 4.
- 4 袁海华等. 康滇地轴结晶基底的年代归属. 成都地质学院学报, 1986. 13(4).
- 5 杨森楠、杨巍然. 中国区域大地构造学. 地质出版社, 1985.
- 6 卢良石、姜继圣. 崆岭群时代及鄂西前寒武纪地壳演化. 江西地质, 1988. 2(2).
- 7 余达澄等. 华南(东)晋宁-加里东海盆地形成演化及封闭. 华东地质学院学报, 1993. 16(4).
- 8 项新葵等. 庐山前震旦纪变质基底的特征. 江西地质, 1993. 7(2).
- 9 秦葆珊. 台湾-四川黑水地学大断面所揭示的湖南深部构造. 湖南地质, 1991. 10(2).
- 10 康自立. 广西区域大地构造与铀成矿. 中国区域地质, 1992. 2.
- 11 刘学智. 江西及邻区地壳构造和演化初步探讨. 江西地质, 1992. 6(3).
- 12 胡雄健等. 浙南八都群的地质特征及意义. 中国区域地质, 1991. 3.
- 13 水 涛等. 中国浙闽变质基底地质. 科学出版社, 1988.
- 14 甘晓春等. 闽北前寒武纪基底的地质年代学研究. 福建地质, 1993. 12(1).
- 15 刘平山. 浙南重磁特征及对基底构造的初步探讨. 浙江地质, 1988. 4(1).
- 16 包家宝. 试论江西南部震旦系下的基底. 江西地质, 1984. 1-2.
- 17 魏秀姑. 从华南加里东期沉积建造特点追溯基底性质. 江西地质, 1986. 1-2.
- 18 丘元禧. 广东省区域构造演化及其基本特征. 广东地质, 1992. 7(1).
- 19 李亿斗等. 西华山花岗岩下陆壳起源证据. 地质学报, 1986. 60(3).
- 20 李献华、桂训唐. 万洋山-诸广山加里东期花岗岩的物质来源——I, Sr-Nd-Pb-O 多元同位素示踪. 中国科学, [B 辑], 1991. 5.
- 21 杨晓松等. 三元混合体系的端元 Sm-Nd 模式年龄计算方法. 地质科学, 1993. 28(1).

(下转376页, Continued on page 376)