

中国东南大陆中生代构造域的转换 及其与成矿的关系——以闽西南地区为例

吴淦国¹ 张 达² 陈柏林² 吴建设³

(1. 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083; 2. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081;
3. 福建省地质调查研究院, 福州 350003)

摘要: 对中国东南大陆的重要构造及成矿单元——闽西南坳陷带及其外围的系统研究表明, 东南大陆在印支晚期至燕山早期存在从特提斯-喜马拉雅构造域向环太平洋构造域转换, 从而导致该区深部地球物理特征、构造-岩浆岩带展布、岩相古地理的演化、构造系统及区域成矿作用等方面发生明显的变化。构造系统分析表明, 该区构造格局的形成是在两大构造域相互复合、转换及叠加过程中完成的, 构造域转换的地球动力学机制主要是该区岩石圈横向及纵向上的不均一性及壳幔的相互作用。成矿作用及成矿年龄的研究表明, 伴随构造域的转换, 东南大陆在印支晚期至燕山早期应存在一期重要的多金属成矿作用。

关键词: 构造域转换; 区域成矿作用; 地球动力学机制; 东南大陆; 闽西南坳陷。

中图分类号: P613

文献标识码: A

文章编号: 1000-2383(2000)04-0390-07

作者简介: 吴淦国, 男, 教授, 1946年生, 1982年获武汉地质学院北京研究生部构造地质专业硕士学位, 主要从事区域地质、构造地质及矿田构造研究。

中国东南大陆是东亚大陆边缘的重要组成部分, 是太平洋板块、欧亚大陆板块相互作用的节点。长期以来, 该区由于包罗古老的华夏地块、中生代的构造-岩浆岩带、环西太平洋的多金属成矿带, 以其特有的岩石圈结构、沉积基底和火山基底、复杂的地壳构造而受到中外地质学家的关注^[1~5]。对于东南大陆具长期复杂的演化历史的认识已毋庸置疑, 但对于该区存在从特提斯-喜马拉雅构造域到环太平洋构造域的转换的地球动力学依据及其与成矿的关系还有待深入研究^[6]。本文通过对东南大陆的重要地质单元——闽西南坳陷的系统研究得出晚印支—早燕山期是两大构造域转换的重要时期, 并在深部地球物理、构造岩浆展布、构造系统演化、岩相古地理及区域成矿作用方面有明显的表现, 进而得出伴随构造域的转换, 东南大陆在印支晚期至燕山早期应存在一期重要的多金属成矿作用。

1 地球物理特征

东南大陆构造作用域的转换和该区深部地球物理状态密切相关^[7], 这一点在闽西南表现较明显。闽西南及邻区主要位于EW向的南岭-武夷山重力低异常带和NNE向的闽浙东南沿海梯级带的复合部位, 反映了深部基底近EW向和NE向的叠加复合型的结构格局, 这与该区的大地构造环境由近EW向的特提斯构造域向环太平洋构造域的转化有着密切的联系, 同时也反映了该区地壳和岩石圈由NW往SE逐渐减薄的趋势。对该区天然地震层析成像分析表明闽西南及邻区深部能量交换强烈^[8], 说明深部地幔作用为两大构造作用域转换的主要机制。

2 构造-岩浆岩带展布特征

闽西南地区主体位于东南沿海中生代巨型构造-岩浆岩带内, 和东南沿海乃至环太平洋构造-岩浆岩带的演化特征一样, 该区历经自太古宙古陆

收稿日期: 2000-03-30

基金项目: 国家计委行业科技找矿项目(No. JG947109); 原地矿部定向基金项目(地科定97-11); 地质大调查项目(No. 19991020110003)。

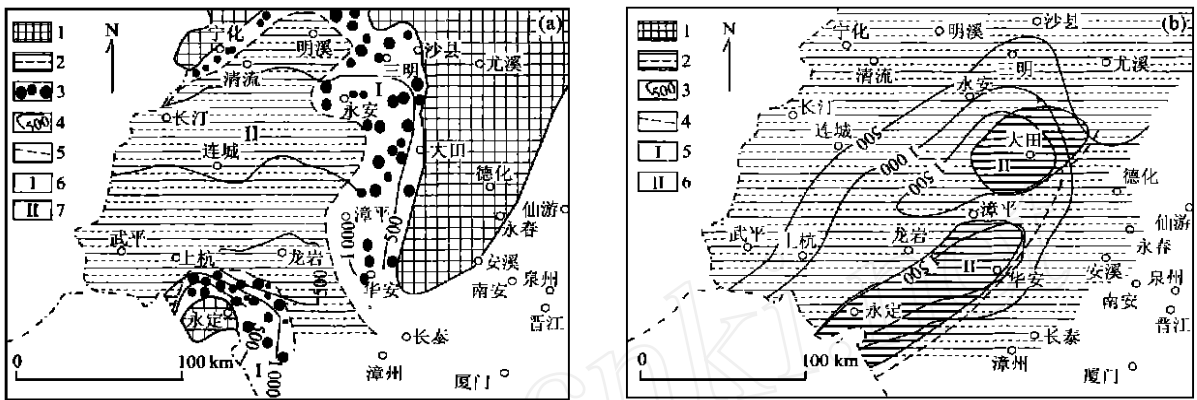


图 2 闽西南地区晚泥盆世(a)和早三叠世(b)岩相古地理略图

Fig. 2 Lithofacies and paleogeographical maps of Late Devonian (a) and Early Triassic in southwestern Fujian Province

a. 1. 古陆; 2. 砂砾岩 - 粉砂岩 - 泥岩 - 页岩组; 3. 砂砾岩组; 4. 等厚线, m; 5. 岩相界线; 6. 滨海海滩相; 7. 滨海盆地相. b. 1. 砂岩 - 粉砂岩组; 2. 页岩 - 砂岩 - 粉砂岩组; 3. 等厚线, m; 4. 岩相界线; 5. 潮间坪相; 6. 潮间盆地相

杂. 构造系统研究表明闽西南地区构造格局的形成与特提斯 - 喜马拉雅构造域向环太平洋构造域转变密切相关.

晋宁 - 加里东期是闽西南地区自新太古代至古元古代形成原始的古大陆以来的主要增生阶段, 历经强烈的构造岩浆活动及韧塑性的变形过程, 区域构造线以近 EW 向及 NEE 向为主, 同时局部也存在 SN 向构造, 构造应力场的主体方位表现为近 SN 向挤压(图 3). 这些构造型式大都分布在前晋宁期古老陆核的边缘, 说明主要的构造作用机制是裂隙及边缘沉陷作用. 海西 - 印支期是闽西南地区构造格局演化的另一个里程碑. 不仅是因为在加里东褶

皱基底隆起的基础上, 由于地壳的沉降运动, 形成闽西南坳陷, 接受地台型沉积, 而且由于中三叠世末的印支运动, 使该区完成了古特提斯构造域向环太平洋构造作用域的转化. 相应地构造线的方向也从以 EW 向为主的断裂构造向以 NE 向为主的隆起和坳陷、复式褶皱、同沉积断裂、韧性剪切带、推覆构造等转化. 此阶段构造总体上具有继承性及新生性, 除 NE 向构造线以外, 在该区前加里东期存在的纬向构造带的位置上还依稀可见 EW 向断续发育的构造形迹, 且愈往东, EW 向构造受改造越强烈. 总之, 本阶段构造格局的形成是该区构造发展的主要时期. 除构造线方向的复杂多样外, 海西 - 印支期的构造型式也较为繁多. 燕山期闽西南地区的构造格局是和地壳的断块构造及强烈的火山 - 侵入活动紧密联系在一起的. 如果说海西 - 印支期奠定了该区的构造格局, 那么燕山期形成的构造 - 岩浆带将该区带入了一个新生的构造形变图像. 万天丰^[11]详细研究了中国东部中生代板内变形构造应力场特征, 中生代构造变形的样式、方向及强度在印支期(250~208 Ma)、燕山期(208~135 Ma)和四川期(135~52 Ma)都有明显不一致的表现, 而且具有突变性, 印支期以近南北向的挤压应力为主, 燕山期则主要以 NWW - SEE 向为最大主应力方向, 四川期以 NE - SW 向为主. 这种突变正是与东南地区太平洋板块的逐渐推挤及加强作用有密切关系, 同时也进一步说明构造域的转换对于该区地壳构造决定性的制约机制. 由于此期大洋板块对大陆板块的不断推挤, 使得该区壳幔活动作用加强, 壳幔物质相互交

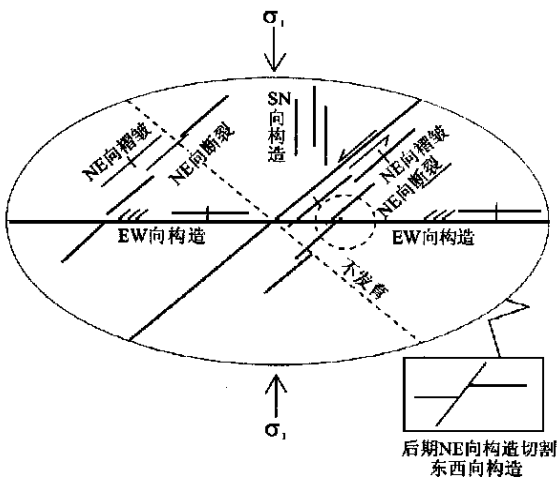


图 3 闽西南地区晋宁 - 加里东期构造的力学解析

Fig. 3 Mechanics analysis of structure of Jinning - Caledonian in southwestern Fujian Province

换频繁,下地壳聚集了大量的岩浆物质,沿着先存的构造薄弱带,壳幔混源物质上升、分异、演化并定位形成构造-岩浆带。构造系统分析表明,闽西南地区的构造存在两大构造域的影响,构造演化是在两大构造域复合、转换过程中完成的^[11]。

5 中生代构造域转换与成矿的关系

东南大陆的成矿作用研究已较为详细。综合分析研究表明,随着中生代构造域转换,闽西南地区矿床分布、种类、成因类型、主要成分及成矿物质来源都表现为南岭多金属成矿带与环太平洋成矿带的一个复合成矿单元^[1],且和中生代构造域的转换关系密切。

5.1 矿床的空间分布规律

闽西南作为一个典型矿聚区,处于环太平洋成矿带的外带——亚洲大陆东部边缘成矿系的华南断褶系中生代叠加成矿带(或成矿区)上,为东西复杂构造带的第一级控制作用与第一级的新华夏系构造控制作用重叠的双重构造控制。该区矿床(点)的产出位置及其空间组合具有一定的规律,受建造、构造及岩浆岩控制较明显。据图4闽西南及邻区主要矿产分布与构造的关系,可以得出如下分布规律:(1)该区主要矿床明显具有成区及成带分布的特点,成矿带受区内一级构造带,如政和-大埔断裂带、邵武-河源断裂带及上杭-云霄断裂带的控制,呈NE向及NW向展布。NE向成矿带可分为:大田-漳平-龙岩-永定带及上杭-连城带及长汀-武平带,

NW向矿带主要为永定-上杭-武平带;东西向基底构造带控制着Sn、W矿床、矿点的成行分布,主要表现为东西向基底构造直接控制着矿源层的展布;(2)矿床集中分布于闽西南坳陷的次一级构造单元内,这些构造单元包括漳平-龙岩凹陷带与闽东火山断陷带及连城-武平凹陷带与武夷山隆起带的交接部位;(3)矿床的分布不仅和构造关系密切,和中酸性中浅成花岗岩及中酸性次火山岩的分布也有关,矿床主要产于花岗岩或火山岩内及其附近。矿床的空间分布规律显示出闽西南矿集区矿床的分布主要受南岭纬向带及东部活动大陆边缘的复合控制。

5.2 主要矿种及成因类型

闽西南地区主要矿种及矿产地为:(1)上杭紫金山-华家Cu、Au矿;(2)永定大排、连城珠地、大田汤泉、小湖、上蔡及沙县、龙岩马坑-中甲一带、尤溪梅仙一带Pb、Zn、Cu、Fe矿;(3)尤溪-德化一带Au矿;(4)龙岩-永定一带Sn、W多金属矿及长汀-武平Sn、W多金属矿;(5)清流-连城一带Mn矿。丰富的矿种以及分布的广泛性表明,闽西南作为位于南岭带的东段和赣南粤北成矿带及闽东成矿带相接部位的成矿单元,其成矿作用兼有南岭带及环太平洋带两者的特征。众所周知,环太平洋成矿带与南岭多金属成矿带存在矿床组合的分带性,对于中国东南大陆而言,属环太平洋带的东部活动大陆边缘成矿带,其矿床组合主要以Au、Cu-Pb、Zn、Ag、Fe-Au为主,而南岭成矿带则主要表现为W、Sn、Mo、Bi矿床组合特征。整体上,自东而西,逐步表现为以Cu为主至以Sn-W为主的矿床分带特征,事实上,闽西南地区具两种不同构造成矿域的矿床组合特征。同时,这种分带性和全球各主要成矿带中新生成成矿单元所表现出的分带性近一致,如南美西部即智利-玻利维亚一带,为Fe-Cu、Au、Mo-Cu、Pb、Zn、Ag-Sn;远东带为Cu(Au)-Hg-Mo-Sn(W)-Au-Ag-Cu;东南亚自南东往北西分带为Ni-Cu-Au-Sn(W)-Au-Cu;澳大利亚东部分带为Au-Ni-Cu(Au)-Sn-Pb、Zn。这些分带性明显受太平洋洋壳中的不同板块相互作用及其产生的岛弧或大陆边缘构造岩浆分异特征的控制。

矿床成因类型在闽西南也显示多样性,主要有高硫浅成火山-次火山中低温热液型铜(金银)矿及斑岩型铜钼矿,其代表性矿床为紫金山铜金矿;接触交代型(矽卡岩型)矿床主要有:马坑铁矿、中甲铁矿、大田龙凤场铜、铅锌、硫多金属矿床;海底火山热

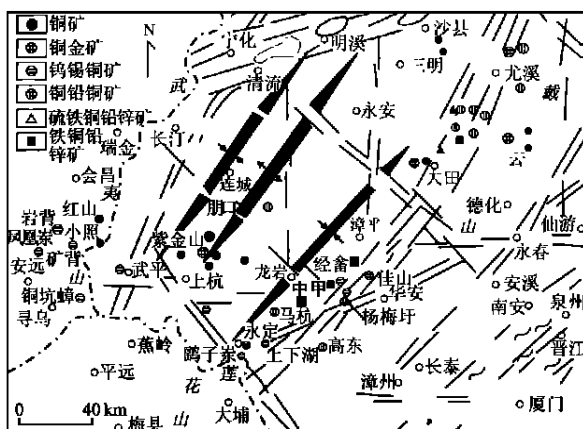


图4 闽西南构造与矿床分布关系

Fig. 4 Map showing the relationship between tectonics and deposits in southwestern Fujian Province

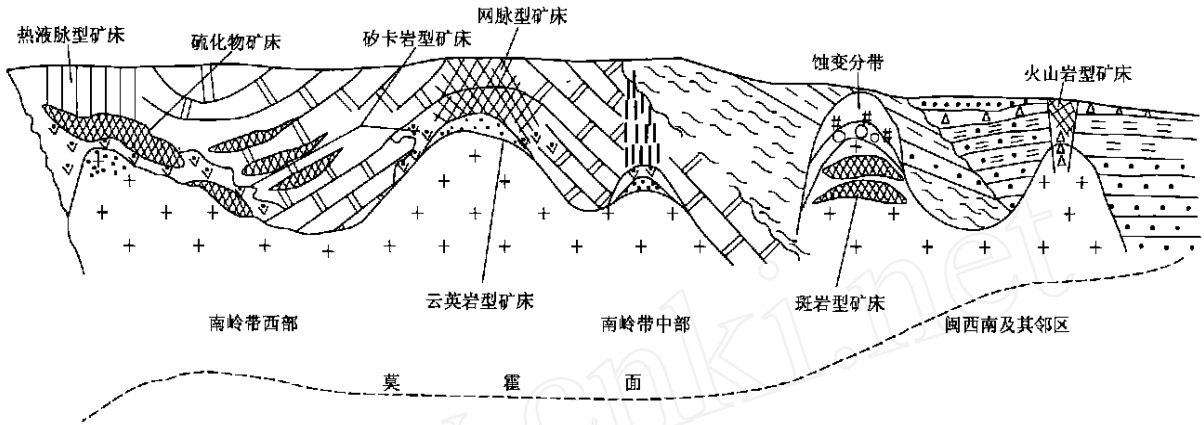


图 5 南岭多金属成矿带与环太平洋带矿化类型和地壳结构、构造单元、围岩及花岗岩侵位高度的关系

Fig. 5 Generalized relationship of mineralization types with crustal structure, tectonic units, country rock and emplacement level of granite between Nanling and circum Pacific metallogenic belts

液沉积及变质改造型矿床则主要以尤溪梅仙铅锌铜银矿床为代表;尤溪双旗山式热液型金矿以尤溪肖板金矿为主;中低温热液型锡矿床主要以中甲锡多金属矿为主;斑岩型锡矿主要有永定鹞子崇锡矿;在连城及清流一带存在庙前式氧化富集型优质锰矿。通过闽西南与南岭带中西部主要矿床成因类型对比(图 5)可以清楚看到:南岭西部主要以热液脉型、硫化物型及矽卡岩型为主,和特提斯—喜马拉雅构造域关系密切;而在南岭带中部矿床类型较多,主要有硫化物型、石英脉型、云英岩型、矽卡岩型、伟晶岩型以及斑岩型,且各类型矿床常和多种有色金属、稀有金属共生、伴生;环太平洋带即东南沿海为一中生代火山岩带,成矿作用主要和燕山晚期花岗岩有关,矿床类型主要以火山-次火山岩型及斑岩型为主^[12]。同时值得指出的是,这种矿床类型的分布和该区与成矿有关的花岗岩自西向东表现为原地和半原地花岗岩—侵入花岗岩—高侵位花岗岩的侵位机制有关,在成因上也有壳源型、壳幔混源型、幔源型渐变特征。综上所述,南岭带和东南沿海带矿床由于不同的地壳结构、构造环境、围岩特性及岩体侵位高度,产生不同的矿床成因类型,但在闽西南一带矿床成因类型具有两者复合特征,说明该区为不同构造成矿域的叠置区域,具有复杂的成矿特征,属过渡性转换区域。

由于构造成矿域的转换,地壳结构的不同导致矿床中矿石主要成分不同。东部沿海矿石中,Fe, Mn, Ti, V, Au, Cu 镁铁等元素占优势,而西部较多地出现 Ta, Nb, Li 等元素,这一点和地壳往东逐渐

减薄有密切的关系。

5.3 晚印支期—燕山早期成矿特征

闽西南地区经历了长期复杂的成矿演化史。在这些过程中始终伴随着矿床的形成、定位及改造,伴随着构造域的转换、矿种组合和矿床类型逐渐增多。印支晚期至燕山早期是花岗岩类活动及矿化活动较为强烈的时期,矿化类型多、规模大,主要原因可能与地区性的地球化学场和花岗岩演化的成熟度有关,燕山期花岗岩经受多次熔融,有利于矿质的再富集。晋宁—加里东阶段形成了该区古老的前晋宁期的结晶基底及前加里东期的浅变质褶皱基底,基底形成后期 Sn, Au 多金属矿床形成准备了丰富的成矿物质来源及良好的成矿空间。印支晚期—燕山早期,由于环太平洋成矿域的卷入,构造岩浆作用强烈,以块断作用及大量的岩浆活动为主,沉积建造少且元素含量低,锡多金属元素主要受岩浆活动控制。根据燕山期造山作用后区域构造应力场的演化特征,其锡多金属成矿作用可分为两个阶段:第一阶段为燕山早期与中浅成酸性花岗岩有关的 Sn, W, Mo, Bi, Be, Nb, Ta 矿床,在闽西南地区该类型矿床的代表为中甲蚀变岩型锡多金属矿床(铍-钨同位素年龄为 196 Ma);第二阶段是燕山早期与酸性-中酸性火山侵入岩有关的 Sn, W, Mo, Cu, Pb, Zn, Ag, Au, Nb, Ta, Be 多金属矿床,其主要代表为鹞子崇-上下湖 Sn, Cu, Mo 云英岩型矿床及尤溪肖板金矿床(K-Ar 法年龄为 186 Ma)。矿床成因研究表明其成矿物质具壳幔混源特征^[13]。矿床的形成和晚印支期—燕山早期花岗岩有关。矿床的主要类型以中低温热液型、斑岩型及石英脉型为主。

5.4 构造域转换与成矿的关系

闽西南拗陷是在加里东褶皱基底隆起的基础上,由于地壳垂直运动接受地台型沉积而形成的。中三叠世末的印支运动使该区完成了古特提斯构造域向环太平洋构造域的转化。地壳结构及成矿构造环境的改变在闽西南燕山早期形成的矿床特征中得到反映。研究表明:地壳结构差异造成了构造环境的差异,而构造环境差异则形成了不同类型的矿床。在西部与碳酸盐岩有关的矿床主要类型为矽卡岩型和硫化物型,主要有层控和热液脉两种定位形式;中部和局部隆起有关的矿床主要有斑岩型和云英岩型,矿体多呈脉状,与隆起区的张裂发育有关;东部火山岩区大多形成超浅成的次火山岩体及具良好成矿物质来源的中新生代火山岩,一般形成斑岩型及次火山热液型矿床。地壳结构的差异所反映的区域性的深部莫霍面变化,大多导致与成矿有关的多期花岗岩的起伏叠加活动。南岭带成矿花岗岩类 $w(^{87}\text{Sr})/w(^{86}\text{Sr})$ 初始比为 0.709~0.725,而环太平洋带初始比值为 0.706~0.708,说明花岗岩类岩石的物质来源及组成在东南大陆的西部和东部的表现不一致,这与地壳的厚度变化有关。

成矿热液来源研究也表明,闽西南矿集区成矿热液主要来源于大气降水,岩浆水居次,这与构造域转换所造成的薄地壳易形成大量的断裂破碎带有关。

通过对中甲锡多金属矿床进行高精度的 Re-Os 同位素矿化年龄的测定,结果表明印支晚期晚阶段—燕山早期早阶段也是本区一重要的成矿期,以锡多金属矿化为主,说明构造域的转换与成矿有密切的关系。

6 结论与讨论

闽西南及其邻区自新太古代特别是中生代以来地壳层次的拉张、挤压和剪切作用不断发生着交替和转换,形成了区内不同时序的造山、成盆及过渡型构造活动及成矿作用。分析闽西南地区中生代以来的动力学作用过程及其与成矿的关系可以明显得出以下特点:(1)加里东运动以来该区经历了以南北向挤压作用为主形成的东西向构造格局——近南北向的左旋剪切为主形成的 NE-NNE 向构造格局;(2)

从印支期的幔隆和幔拗相间的结构格局到燕山期地幔上隆而造成地壳急剧变薄,对该区从印支末期的挤压应力状态到燕山期拉张和挤压相互交替具主要影响作用;(3)由于构造作用域的转换而造就了该区兼有南岭带与环太平洋带岩浆作用及成矿作用的特征;(4)成矿作用与构造作用域转换的关系研究表明,东南大陆在印支晚期至燕山早期应存在一期重要的多金属成矿作用。

值得指出的是,尽管东南大陆的地质研究程度较高,但中生代构造作用域转换及与其相关的构造和成矿作用问题由于涉及面广,与全面深入了解还有较大的距离,有待在今后的工作加强与提高。

感谢翟裕生院士审阅全文并提出宝贵的建议。

参考文献:

- [1] 李四光.地质力学概论[M].北京:科学出版社,1973.
- [2] 黄汲清.中国主要地质构造单位[M].北京:地质出版社,1954.
- [3] 谢家荣.中国东南地区大地构造主要特征[A].见:陈国达,郭令智,张伯声,等编.中国大地构造问题[C].北京:科学出版社,1965. 151~164.
- [4] 任纪舜.中国东部及邻区大陆岩石圈构造演化与成矿[M].北京:科学出版社,1990.
- [5] 李继亮.东南大陆岩石圈结构与地质演化[M].北京:冶金工业出版社,1993.
- [6] 黄汲清.中国及邻区特提斯海的演化[M].北京:地质出版社,1987.
- [7] 马杏垣.中国岩石圈动力学纲要——1:400万中国及邻区海域岩石圈动力学图说明书[M].北京:地质出版社,1987.
- [8] 刘建华,刘福田,吴华,等.中国南北带地壳和上地幔的三维速度图象[J].地球物理学报,1989, 32(2): 143~152.
- [9] 邓晋福.中国大陆根-柱构造——大陆动力学的钥匙[M].北京:地质出版社,1996.
- [10] 福建省地质矿产局.福建省区域地质志[M].北京:地质出版社,1985.
- [11] 万天丰.中国东部中生代板内变形构造应力场及其应用[M].北京:地质出版社,1993.
- [12] Mao J W, Chen Y C. Scientia geologica sinica [M]. Beijing: Science Press, 1995.
- [13] 张达,吴淦国,陈金水,等.龙岩中甲锡多金属矿床地质特征及成因机理[J].有色金属勘查,1993, (3): 129~135.

TRANSFORMATION OF MESOZOIC TECTONIC DOMAIN AND ITS RELATION TO MINERALIZATION IN SOUTHEASTERN CHINA : AN EVIDENCE OF SOUTHWESTERN FUJIAN PROVINCE

Wu Canguo¹ Zhang Da¹ Chen Bailin² Wu Jianshe³

(1. Faculty of Earth Sciences and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Institute of Geomechanics, CAGS, Beijing 100081, China; 3. Institute of Geological Survey of Fujian Province, Fuzhou 350003, China)

Abstract : The systematic study of the depression belt in southwestern Fujian Province, one of the most significant tectonic and metallogenic unit in southeastern China, shows that the transformation from Tethyan-Himalayan tectonic domain into circum-Pacific tectonic domain in southeastern China from the Late Indo-Chinese to the Early Yanshanian induced obvious changes in geophysics, tectono-magmatic distribution, lithofacies and paleo-geography, tectonic system and regional mineralization. Tectonic system analysis indicates that the tectonic regime in this area resulted from the amalgamation, transformation and superimposition between the two tectonic domains. The geodynamic mechanism of the transformation is mainly attributed to the latitudinal and longitudinal heterogeneities of lithosphere and to the interaction between crust and mantle. The analysis of the mineralization and that of the mineralization age show that the transformation of the tectonic regime was accompanied by one significant phase of the multi-metal mineralization that should have occurred during the Late Indo-Chinese to the Early Yanshanian in southeastern China.

Key words : transformation of tectonic domain; regional mineralization; geodynamic mechanism; southeastern China; depression of southwestern Fujian Province.

* * * * *

(上接 355 页)

mineral prospecting region in Guangxi, the gold-silver deposits are mainly situated in the Cambrian strata. The Au-Ag mineralization was closely related to the tectonic activity and magmatism in the Caledonian and Yanshanian movements, resulting in the Au-Ag-Cu metallogenic series related to the syntectic/compressive granite. In this way, the magmatic and hydrothermal ore-forming system was established on the extrusive structure in this area.

Key words : Au-Ag ore-forming system; Caledonian; Yanshanian; syntectic compression granite; Guangxi.