

中国东南部地幔柱及其与中生代 大规模成矿关系初探

谢桂青 胡瑞忠 赵军红 蒋国豪

(中国科学院地球化学研究所矿床开放实验室, 贵州 贵阳 550002)

摘 要: 中国东南部是我国的钨锡铜金多金属矿床集中区, 燕山期发生大规模成矿作用, 研究大规模成矿的地球动力学背景显得尤为重要。本文结合前人的研究资料, 初步讨论中国东南部地幔柱及其与中生代大规模成矿关系。通过对中国东南部地幔柱的地质和地球物理方面特征综合分析后, 初步探讨了地幔柱构造的岩浆作用和成矿制约。本文认为中国东南部地幔柱不仅可能造成中生代火山—岩浆大爆发, 而且可能与中生代大规模成矿有关。

关键词: 地幔柱; 大规模成矿; 岩浆作用; 中国东南部

中图分类号: P534.5/542 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1552(2001)02-179-08

中国东南部是钨锡铜金多金属矿产富集区, 包括湘桂赣浙闽粤六省。燕山期本区发生了一次重大的地质事件, 即构造应力场由挤压造山转变为拉张裂陷, 火山—岩浆发生“大爆发”, 并伴随大规模成矿作用。是什么构造环境制约着这一巨大的地质事件? 前人试图从地幔柱角度加以讨论, 取得了一些成果。如: 华南大陆地壳生长过程与地幔柱构造有关 [1996, 谢舜克, 等]; 华南地区中新世多金属矿床和铀矿的成矿作用及岩浆活动与地幔柱构造有关 [1996, 黎盛斯; 1998, 1999, 毛景文, 等; 1998, 王登红; 1998, 1999, 李子颖, 等; 1999a, 1999b, 毛建仁, 等; 1999, 王德兹, 等; 1999, 陶奎元, 等; 2001, 赵军红, 等], 另外, 华南 Rodinia 超级大陆的解体源于约 820Ma 前华南地壳之下的地幔热柱的活动 [1999, Li Z. X. *et al.*]. 由此可见, 华南地壳之下可能存在多期地幔柱活动, 但华南中新世地幔柱活动最强烈。目前还存在一些问题, 如: 中国东南部中新世地幔柱构造的地质和地球物理标志特征如何? 它与岩浆作用和大规模成矿作用关系如何? 本文初步地讨论中国东南部地幔柱构造的地质和地球物理标志, 并试图对它与岩浆作用和大规模成矿作用关系提出一些假设, 希望引起地质学者对中国东南部地幔柱构造及其与中生代大规模成矿关系问题的关注。

收稿日期 2000—12—03; 改回日期 2001—03—21

基金项目: 国家杰出青年科学基金 (49925309), 国家重大基础研究发展规划项目 (G1999043200)

作者简介: 谢桂青 (1975—), 男, 安徽桐城人, 现正在攻读博士学位, 地球化学专业。

1 中国东南地幔柱的地质、地球物理标志特征

已有的研究表明,中国东南部中生代的地质构造作用、岩浆作用和成矿作用进入强烈活跃时期,地幔柱构造的时空演化及相互关系,对本区中生代以来的地质构造、岩浆活动和成矿作用的贡献是肯定的。它具有以下几个方面的标志特征:

1.1 地质标志特征

在宏观区域上,东南部地幔柱活动最直接表现为巨型环状火山构造。东南部广泛分布钙碱性以酸性火山岩为主的安山岩—英安岩—流纹岩的岩石序列,同时发育一些玄武岩,与流纹岩构成双峰式火山岩组合。大面积火山岩年龄集中为 130~120 Ma,其次为 100~90 Ma[1999,陶奎元,等],同时普通发育巨型环形构造,其中最大的戴云山巨型环状火山构造(图 1)长轴达 160 km。这些表明巨型构造既是构造—岩浆—成矿的活动中心,也是热地幔柱在浅部的地质表现[1999,陶奎元,等]。另外,东南部地幔热柱活动演化所表现的地质标志如下:

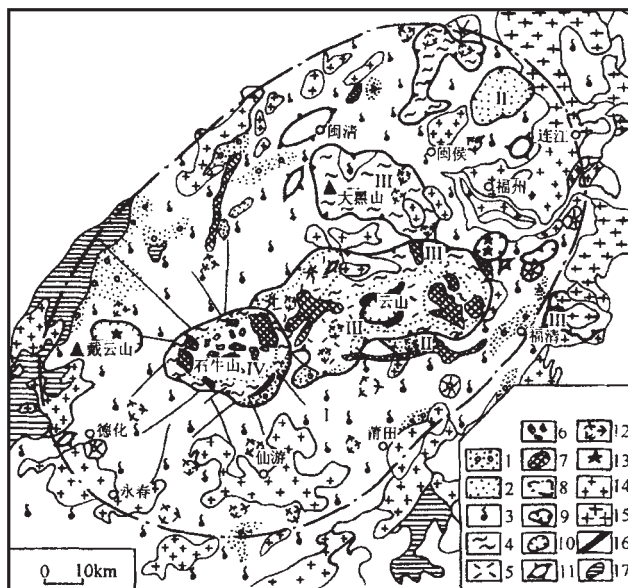


图 1 戴云山巨型环形火山构造区[1996,谢家莹,等]

Fig. 1 The Daiyunshan huge volcanic ring structure

- 1—喷发沉积相 2—空落相 3—爆溢相 4—火山碎屑流相 5—喷溢相 6—侵入相 7—潜火山岩相;
8—环状火山体 9—火山构造洼地 10—破火山 11—火山穹隆 12—性质不明火山机构;
13—火山通道 14—燕山早期侵入岩 15—燕山晚期侵入岩 16—断层 17—晚侏罗纪地层

中国东南部燕山期大陆岩石圈由挤压造山转变为拉张伸展作用,约 160~100 Ma 岩石圈—软流圈系统发生了大灾变[1999,邓晋福,等],以湘中—赣西南为界东侧岩石圈增厚,而西侧岩石圈变薄,来自地幔柱的高热物质呈“蘑菇云”状上涌[2000,路凤香,等],导致大规模花岗岩质岩浆活动,形成花岗岩省和火山岩省。由于源区物质组成和地幔柱时空演化,导致中国东南部岩浆岩的时空分布特征。如:从时间上,印支期岩浆作用以钙碱性二长—闪长花岗岩为主,岩石成分以富镁富钛为主[1996,谢家克,等];燕山期早阶段,随着地幔柱的上升而引起热动力,

产生大面积火山岩和花岗岩分布。岩浆作用主要以过铝质壳型花岗岩和由来自上地幔的基性岩浆发生的部分熔融而形成中酸性火山岩(流纹岩+英安岩)[1999,王德兹,等],同时含有一定量I型、A型花岗岩和双峰式火山岩,具有壳源—壳幔源混合为主的岩浆成分谱系。地幔柱可能使华南在中侏罗世开始发生裂解作用,形成了燕山早期“双峰式火山岩”和A型花岗岩[1998,1999,陈培荣,等]。随着岩浆活动时代变新,成分上由钙碱性—偏碱性—碱性演化的特点。晚期典型的碱性花岗岩具有深源的地球化学特点,即锶同位素初始值 $I_{Sr} = 0.7002 \sim 0.7009$, ε_{Nd} 值为 $-4.3 \sim +2.88$, $\delta^{18}O = +2.0 \times 10^{-3} \sim +8.3 \times 10^{-3}$, $\delta D = -99 \times 10^{-3} \sim -145 \times 10^{-3}$, 且一般强烈富集不相容元素[1996,谢舜克,等]。早白垩世,受到地幔热柱作用,东南部进一步地壳减薄作用,形成一系列偏碱性火成岩作用,主要包括流纹岩、英安岩和高钾I型花岗岩、A型花岗岩,同时伴随有拉斑质基性岩脉和煌斑岩脉、碱性玄武岩分布,晚白垩世,地幔柱进一步活动加强,形成双峰式火山岩和高钾I型花岗岩和A型花岗岩,区域上伴随各类岩脉的侵入[1999,李子颖,等]。华南新生代玄武岩富集高场强元素,尤其是富集Nb、Ta、U、Ti,这表明下地壳成因的超地幔柱上升致岩石圈地幔物质加入[1999b,毛建仁,等;1999,陶奎元,等]。

对华南燕山期的A型花岗岩和基性岩的微量元素和同位素地球化学研究表明它们来源于幔源岩浆,并可能受到不同程度的地壳物质混染。粤北拉斑质基性岩脉和浙江省奉化玄武岩微量元素和同位素地球化学特征表明它们分别类似于板内玄武岩和来源于被交代的富集岩石圈地幔[1997,1999,李献华,等]。最近发现一条沿桂东南(可能延到湘南)展布的燕山早期的钾玄质侵入杂岩带,岩石具有富集大离子亲石元素、高场强元素和稀土元素特征,推测本带是软流圈地幔上涌和岩石圈伸展—减薄区[1999,李献华,等]。对中国东南大陆边缘不同时期的玄武岩Nd和Sr同位素研究表明,从白垩纪到晚第三纪表现为玄武岩源区依次经历了EM1富集地幔、EM2富集地幔到略亏损的通用地幔(PREMA)变化,说明软流圈地幔柱的贡献增大,而陆下岩石圈地幔作用程度减弱[1999a,毛建仁,等]。从空间上看,南部粤东地区以S型花岗岩、S-I型花岗岩为主,分布少量中酸性火山岩,向北部浙东区渐为I-A型花岗岩和大量火山岩分布;东西向岩浆岩的特点分布不一致的,靠近内陆主要以S型花岗岩和中酸性火山岩为主,而沿海一带发育较多A型花岗岩和双峰式火山岩[1999,李献华,等]。中国东南部存在几条花岗岩的低 ε_{Nd} 和高 $^{206}Pb/^{204}Pb$ 带,年轻铀同位素年龄的花岗岩集中于浙闽沿海一带,表明沿海一带在燕山期发生过强烈的壳—幔相互作用和新生幔源物质加入[1999,陈江峰,等]。现有的资料表明岩石圈地幔被交代富集的程度从西向东,从南到北有增加的趋势。这些反映地幔热柱活动空间上的变化,再结合前面的时间上分布特征,故我们有理由认为正是地幔热柱的时空演化制约着中国东南部燕山期的岩浆岩分布和成分变化特征。

另外,由于地幔柱的活动,区域上导致上三叠统高角度不整合在下中三叠统及古生界和元古界岩石之上,并形成不整合型铀矿床。本区在白垩世由于地幔柱区域上隆起所造成的拉张伸展作用,形成了一系列的断陷盆地,并发育红色沉积建造,构成了南方特有的红盆现象,这可能由于地幔热柱作用,使得很短的时间内大量的高温岩浆喷出到地表,导致气候改变,而加剧了表生作用过程中的氧化作用所致,当然不排除其他的原因。

中国东南部是世界著名的钨锡铜金等多金属矿床的集中区,华南地区巨型多金属成矿分带可能与中生代地幔热柱活动有关[1996,黎盛斯;1998,1999,毛景文,等;1998,王登红]。地幔热柱作用使得本区成矿具有以下几个方面特点:首先,地幔柱的活动可能性与本区在燕山晚期发生大规模的成矿作用有关,大规模成矿作用的时间(180~100 Ma)与本区地幔柱强烈活动的

时间基本吻合。一个新启动的地幔柱从源区上地幔升到地表,中途要透过软流圈和岩石圈,一般要经历 100 Ma 尺度。本区地幔柱的活动时限如何?有些学者认为本区约 820 Ma 前地幔热柱的初始上升导致了 Rodinia 超级大陆的解体 [1999, Li Z X *et al.*], 另外,本区晚新生代玄武岩富集高场强元素,尤其富集 Nb、Ta、U、Ti,故其可能的解释是中下地壳成因的超地幔柱上升到岩石圈让地幔加入的 [1999b, 毛建仁, 等]。故本区可能存在多期的地幔热柱的作用。但从岩浆作用来看,本区地幔柱强烈活动的时间可能为印支晚期至燕山晚期。其次,地幔柱活动使得成矿明显具有分带性。华南成矿省,与花岗岩有关的铜矿成矿时代较早,如德兴铜矿的成矿时代为 173 Ma;金矿化时代集中于早中白垩世,从东向西成矿年龄有渐变新的趋势;如:江西金山金矿的成矿时代为 167.9 Ma,粤西长坑金矿的成矿时代为 132~138 Ma,著名的滇黔桂金三角的成矿时代为 85.5~90.8 Ma;在南岭地区钨锡成矿时代具有明显的分带性,以湘南和赣南为中心,柿竹园钨锡铜铋矿的成矿时代为 151 Ma,西华山钨矿为 156~139.8 Ma,向四周成矿时代渐变年轻。如向东岩背锡矿的成矿时代为 100~122 Ma,向西大厂锡矿为 90~118 Ma [2000, 毛景文, 等]。钨矿可能主要来自核幔边界,并在地幔柱头部富集而先成矿,而锡可能有相当一部分从地幔柱所经过的地幔中吸纳的,富集于地幔柱的中部,故成矿晚于钨矿。由于板块运动使得华南板块向东北方向运动,可能造成中国东南部明显“东钨西锡”分带现象 [1998, 王登红]。再结合沿海分布环状火山岩和浙闽沿海一带花岗岩钨同位素年龄偏低 [1999, 陈江峰, 等],表明本区可能存在地幔热柱区域性作用或板块运动造成岩浆作用与成矿具有分带的特点。第三,燕山晚期江南古陆上大多数金矿床的成矿物质显示出深部或地幔来源 [1998, 毛景文, 等]。东南部广泛分布与壳幔同熔型花岗岩有关的铜和钨矿床,正是由于地幔热柱的活动,使得各种矿床具有或多或少地幔物质组分。最后,各矿区分布有基性岩类,与大多数矿床在时空上密切相关,如:铀矿化在空间上与幔源基性岩脉常紧密伴生 [1999, 李子颖, 等],湘南中生代基性岩类与区内超大型矿床有关 [1998, 赵振华, 等]。

1.2 地球物理标志特征

地球物理资料,可以揭示地球深部的物质组成、结构构造等信息。地幔柱活动可以从莫霍面等深线,重力异常图及地震 S 波速结构图和剪切波速结构图等方面得到体现。

从中国东南部莫霍面分布图上 (图 2),可以看出中国东南部地壳总体较薄,内陆较沿海地壳厚。本区地壳厚度较薄的位置主要位于浙闽沿海、浙赣闽粤交界和湘赣边界 (武功山—罗霄云山)一带,这可能是地幔热柱区域性作用的又一佐证。在中国东南重力异常图 (图 3)上,可以看出区域存在多个地方的环状重力负异常地区,结合爆炸地震所得地壳低速层的分布与埋深证明这些环形负重力异常是上地幔物质上涌的结果 [1990, 魏斯禹, 等]。同样可以通过对华南地区地震 S 波速结构图和剪切波速结构图,均显示出燕山期本区存在地幔热柱 [1996, 谢谏克, 等; 1998, 毛景文, 等]。

2 地幔热柱与火成岩成因

地幔柱与岩浆岩的时空分布关系国外研究取得一些进展 [1991, Larson; 1994, Parsons *et al.*]。由上所述,中国东南部存在地幔柱的活动,地幔柱构造导致成中国东南部新生代岩浆岩的时空分布和成分变化特征。中国东南部广泛分布中生代火山岩和花岗岩,前人对花岗岩和火山岩时代、成因类型、岩石学特征及其与成矿作用的关系等各方面进行了研究,取得了丰富

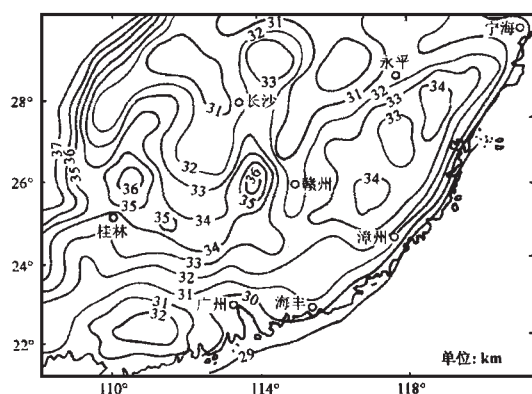


图2 中国东南部莫霍面分布图[1990, 魏斯禹, 等]

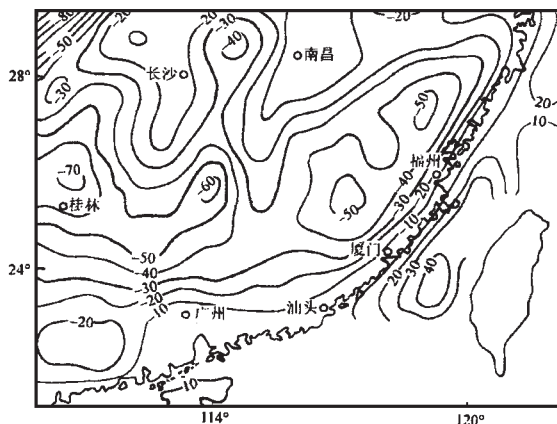
Fig. 2 Moho-discontinuity
in southeastern China

图3 中国东南部重力异常图[1990, 魏斯禹, 等]

Fig. 3 Gravity anomaly in
southeastern China

的资料和成果,为下面讨论提供重要的基础。中国东南部燕山早期进入环太平洋构造阶段,中侏罗早期阶段可能发生大陆裂解,产生双峰式火山岩和A型花岗岩[1998,1999,陈培荣,等],可能是深部地幔热柱开始阶段活动的地表表现形式。本区构造应力场由碰撞挤压转变为拉张拗陷而产生的北东向或北北东向火山岩带分布的时间可能主要于早白垩世[1999,李献华,等],产生应力转变的机制是燕山运动,而导致岩石圈—软流圈发生灾变所造成的[1999,邓晋福,等]。燕山期以来,太平洋板块向欧亚板块俯冲,刚开始以角度很小(大约为 10°)且快速下插到东南陆块[2000,周新民,等],使得岩浆弧发育于远离俯冲带的湘中和赣西地区,造成中国东南部地壳增厚,此时,由于俯冲作用产生的热量造成地壳部分发生熔融,而形成强烈地挤压作用的二云母花岗岩;地壳增厚到一定程度后可能导致重力失衡,发生拆沉作用和去根作用,使得靠近俯冲带的软流圈上涌[1996,王登红,等;1996,邓晋福,等],同时产生玄武质岩浆对去根后的岩石圈进行强烈的底侵作用,包括热机械侵蚀和化学侵蚀作用,加剧了软流圈与地壳的接触的进程,具有“蘑菇云”模型地幔演化特点[2000,路凤香,等]。由于在此过程中产生大量的热量,在内陆产生大量S型和S-I型花岗岩及基性岩浆升到地壳而发生部分熔融形成酸性岩浆,并与少量的基性岩浆混合形成混合岩流[1999,王德兹,等]。到白垩世,古太平洋板块俯冲速度减慢,俯冲角度显著变大,岩浆弧明显向浙闽沿海一带迁移[2000,周新民,等],岩石圈发生拆沉作用和去根作用于沿海一带分布,地幔柱不断上升,从而导致地壳大量熔融,产生大量火山岩和花岗岩分布。随着地幔柱上升,带入的地幔物质会增加,使得从时间和空间上由老到新、由西向东幔源物质增多,同时产生拉张盆地和包括基性脉岩在内的各种岩脉。综上所述,可能由于板块俯冲诱发地幔热柱作用,岩石圈减薄和软流圈上升,太平洋板块向欧亚板块俯冲角度的变化而导致火山—岩浆大爆发和时空分布特征。由于代表东南大陆拉张的幔源基性岩脉的同位素年代学研究表明本区拉张作用具有多期性[1997,李献华,等],故推测太平洋向欧亚大陆俯冲和地幔柱的活动具有脉动性的特点。与地壳拉张作用而产生地幔去气有关的热液铀矿床的成矿同时性、多期性[1991,胡瑞忠]也间接地证明了这一点。

3 地幔柱活动与大规模成矿作用

由上所述,中国东南部燕山期大规模成矿作用与地幔柱活动有关。有关地幔柱活动与成矿作用研究目前较少[1976, Sawkins; 1996, 1998, 李红阳, 等],在此主要从形成大规模成矿作用的制约因素角度来初步探讨它与地幔柱活动的关系。众所周知,要形成大规模成矿作用的条件与形成超大型矿床类似,必需满足三个必要条件:较短时间内有足够多的成矿物质来源、高效率成矿流体和庞大的聚矿场。首先,地幔柱活动与矿源关系表现为:随着地幔热柱的上升,早期来自软流圈的高热物质导致下地壳形成大规模花岗岩岩浆,可能同时形成了大量与花岗岩有关的大型铜钼矿床,中后期地幔柱活动使得地幔成矿物质直接提供成矿物质来源。此外,地幔柱的巨大热量还可以活化古老的沉积基底中成矿元素。这三个方面的作用,对某个具体的矿床而言,表现程度不一样,抑或某一方面,抑或某两个方面,抑或三个方面。一般来说,形成一个大型矿床至少都具有两个方面。如:德兴铜矿除了与花岗岩有关,且与深部物质加入有关[1999, 叶松, 等];著名的锡矿山锑矿床矿区基本上无岩浆岩分布,仅有煌斑岩脉零星分布,最近研究表明锑主要来源于古老沉积基底和地幔[2000, 彭建堂]。其次,高效率的成矿流体是大规模成矿的必要条件,它包括成矿流体多少、是否含有携带成矿元素动移的矿化剂和矿化剂多少等方面。地幔热柱的活动,为其成矿提供足够多的热量,能够形成量多且速度快的成矿流体体系;同时富含大量成矿物质的幔源气体、流体和熔浆物质以地幔柱形式大规模上涌,一方面使得大规模成矿流体的含矿元素浓度增高,另一方面使得大规模成矿流体富含幔源气体(CO_2 、 H_2S),成为形成矿床必不可少的矿化剂,这样成矿流体不断萃取出更多的成矿物质,等到在合适的构造条件下,成矿流体的物理化学条件发生改变,成矿元素卸载成矿。如:华南壳源花岗岩型铀矿的研究表明,成矿热液中最重要矿化剂 CO_2 来源于地幔和基性岩脉,因地壳拉张作用而进行的地幔去气所产生的 CO_2 加入到热液体系中致使铀成矿,故华南壳源型花岗岩铀矿具有成矿时间与地壳拉张同步性的特点[1991, 胡瑞忠]。最后,庞大的聚矿场是大规模成矿的不可缺少的条件。伴随着地幔隆起,发育了不同构造层次的伸展构造,如脆韧性剪切带、深大断裂、张性节理等等,这些都制约着地幔气体、流体以及后来形成的成矿流体发生迁移。正是地幔柱不断时空演化,形成矿质富集和矿质运移与传输系统,最后在地幔隆起带所对应的浅部构造体系中成矿的[1996, 李红阳, 等],中国东南部矿床大多数位于深大断裂附近或板块拼合带附近就是明显的佐证。

参考文献:

- 1976 Sawkins F J. Metal deposits related to intracontinental hotspot and rifting environments. *J Geo* 84 653—671.
1990 魏斯禹, 腾吉文, 王谦身, 等. 中国东部大陆边缘地带的岩石圈结构与动力学[M]. 北京: 科学出版社, 1—186.
1991 Larson R L. Latest pulse of Earth Evidence for a mid-Cretaceous super-plume. *Geology* 19 547—550.
1991 胡瑞忠. 在华南热液铀矿形成中的作用及其来源研究[R]. 贵阳: 中国科学院地球化学研究所博士后研究工作报告, 1—74.
1994 Parsons T, Thompson G A, Sleep N H. Mantle plume influence on the Neogene uplift and extension of U. S. western Cordillera. *Geology* 22 83—86.

- 1996 邓晋福,赵海玲,莫宣学,等. 中国大陆根—柱构造—大陆动力学的钥匙[M]. 北京:地质出版社,1—110.
- 1996 邓晋福,莫宣学,赵海玲,等. 中国东部燕山期岩石圈—软流圈系统大灾变与成矿环境[J]. 矿床地质,18(4):309—315.
- 1996 李红阳,闫升好,王金锁,等. 试论冀西北金银多金属矿富集区地幔柱及其成矿制约[J]. 地球学报,17(4):407—412.
- 1996 谢家莹,陶奎元,尹家衡,等. 中国东南大陆中生代地质及火山侵入杂岩[M]. 北京:地质出版社,1—93.
- 1996 谢家莹,马荣升,张禹慎,等. 华南大陆地壳生长过程与地幔柱构造[M]. 北京:地质出版社,1—257.
- 1996 黎盛斯. 湘中铋矿深源流体的地幔柱成矿演化[J]. 湖南地质,15(6):137—142.
- 1997 李献华,胡瑞忠,饶冰. 粤北白垩纪基性岩脉的年代学和地球化学[J]. 地球化学,26(2):14—31.
- 1998 赵振华,包志伟,张伯友. 湘南中生代玄武岩类地球化学特征[J]. 中国科学,28(增刊):7—14.
- 1998 毛景文,李红艳,王登红. 华南地区中生代多金属矿床形成与地幔柱关系[J]. 矿物岩石地球化学通报,19(2):130—132.
- 1998 王登红. 地幔柱及其成矿作用[M]. 北京:地震出版社,1—135.
- 1998 李子颖,黄志章,李秀珍,等. 试论华南中生代地幔柱构造与铀成矿作用[J]. 矿床地质,17(增刊):99—102.
- 1998 李红阳,候增谦. 初论地幔柱构造成矿体系[J]. 矿床地质,17(3):247—255.
- 1998 陈培荣,章邦桐,孔兴功,等. 赣南寨背A型花岗岩的地球化学证据及其地质意义[J]. 岩石学报,14(6):289—298.
- 1999 Li Z X, Li X H, Kinny P D, *et al.* The breakup of Rodinia: Did it start with a mantle plume beneath South China? [J]. *Earth Planet Sci. Lett.*, 73(3):171—187.
- 1999 王德兹,邱检生. 中国东部中生代火山岩系及其成因与构造[A]. 中国科学院地球化学研究所编,资源环境与可持续发展[M]. 北京:科学出版社,256—263.
- 1999 叶松,叶德隆,莫宣学,等. 深源岩浆作用与江西德兴大型矿集成矿关系[J]. 高校地质学报,15(4):395—404.
- 1999 华仁民,毛景文. 试论中国东部中生代大规模成矿大爆发[J]. 矿床地质,18(4):300—308.
- 1999 毛景文,华仁民,李晓波. 浅议大规模成矿作用与大型矿集成[J]. 矿床地质,18(4):291—299.
- 1999 李子颖,李秀珍,林锦荣. 试论华南中生代地幔柱构造铀成矿作用及其成矿方向[J]. 铀矿地质,15(1):9—17.
- 1999 李献华. 华南白垩纪岩浆活动与岩石圈伸展地质年代学和地球化学[A]. 中国科学院地球化学研究所编,资源环境与可持续发展[M]. 北京:科学出版社,264—275.
- 1999 李献华. 桂东南钾玄质侵入岩带及其岩石学和地球化学特征[J]. 科学通报,44(8):1992—1998.
- 1999 陈江峰,江博明. 铋锶铅同位素示踪和中国东南大陆地壳演化[A]. 郑永飞主编,化学地球动力学[M]. 北京:科学出版社,262—277.
- 1999 陈培荣,孔兴功,王银喜,等. 赣南燕山早期双峰式火山—侵入杂岩的 Rb—Sr 同位素定年及意义[J]. 高校地质学报,5(4):378—383.
- 1999 陶奎元,邢光福,等. 中国东部燕山期火山岩浆大爆发[J]. 矿床地质,18(4):316—322.
- 1999a 毛建仁,陶奎元,邢光福,等. 中国东南大陆边缘中生代地幔柱活动的岩石学记录[J]. 地球学报,20(3):253—258.
- 1999b 毛建仁,陶奎元,邢光福,等. 中国南方新生代地幔柱活动的地球化学证据[J]. 地质论评,45(增刊):698—702.
- 2000 毛景文,王志良. 中国东部大规模成矿时限及其动力学背景的初步探讨[J]. 矿物岩石地球化学通报,19(4):403—405.
- 2000 周新民,李武显. 中国东南部晚中生代火成岩成因:岩石圈消减和玄武岩底侵相结合的模式[J]. 自然科学进展,10(3):240—247.

- 2000 彭建堂. 锑的大规模成矿与超常富集机制—以扬子地块南缘锑矿带为例[R]. 贵阳: 中国科学院地球化学研究所博士后研究报告 48—50.
- 2000 路凤香, 郑建平, 李武平, 等. 中国东部显生宙地幔演化的重要样式“蘑菇云”模型[J]. 地学前缘, 7(1): 97—108.
- 2001 赵军红, 胡瑞忠, 蒋国豪, 谢桂青. 初论地幔热柱与铀成矿的关系[J]. 大地构造与成矿学, 25(2): 171—178.

MANTLE PLUME AND THE RELATIONSHIP BETWEEN IT AND MESOZOIC LARGE-SCALE METALLOGENESIS IN SOUTHEASTERN CHINA: A PRELIMINARY DISCUSSION

XIE Gui-qing, HU Rui-zhong, ZHAO Jun-hong, JIANG Guo-hao

(*Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Science, Guiyang 550002, China*)

Abstract : There are large metallogenic clusters of mineral deposits which include tungsten, tin, copper and gold deposits in southeastern China, and large scale metallic mineralisation took place in the Yanshanian period. It 's important to study the geodynamic setting of large-scale metallogenesis in southeastern China. After reviewed geological, geochemical and geophysical studies on mantle plume, the article discussed the relation between mantle plume and magmatism and large-scale metallogenesis. We can reach a preliminary conclusion that the mantle plume in southeastern China is not only the heat for the strong Mesozoic volcanic-magmatic explosion, but also probably related to Yanshanian large-scale metallogenesis. The relationship between the deep mantle plume and magmatic activity and Yanshanian large-scale metallogenesis is a subject which need further study in future.

Key words: Mantle plume; metallogenesis; southeastern China