

中国东南沿海中生代成岩-成矿作用的独特性

徐晓春* 岳书仓

(合肥工业大学资源与环境科学系, 合肥)

提 要: 本文概述了中国东南沿海中生代陆相火山-侵入杂岩的时空分布、岩石系列和组合、成因类型和矿床空间分带、成矿时代诸特征, 指出中国东南沿海火山岩带或成矿带较之环太平洋火山岩带或成矿带其他组成部分, 其岩浆作用、成矿作用具有明显的独特性, 并进而指出该区成岩-成矿地质背景、板块作用方式的独特性。

关键词: 成岩-成矿作用 火山-侵入杂岩 中生代 中国东南沿海

位于丽水-德化深断裂和莲花山断裂带以东的浙闽粤三省沿海地区, 广泛发育中生代的火山-侵入杂岩, 是中国东南部中生代陆相火山-侵入杂岩的主要分布区, 其北延与鲁东、南朝鲜及俄罗斯远东火山岩带相接, 构成绵延数千公里的巨型东亚火山岩带, 是环太平洋火山带的重要组成部分。同时该区发育着丰富的锡、钨、银、金、铅、锌、铜、钼矿床, 也是环太平洋成矿带的重要组成部分。该区的火山-侵入杂岩及有关金属矿床的分布是在太平洋板块运动总体构造背景下发生、发展的, 但与环太平洋其他火山岩带或成矿带相比, 其岩浆作用产物的时空分布、岩石系列和组合、成因类型、金属矿床的成因类型、成矿时代、空间分带以及成岩-成矿的地质构造环境、板块作用方式等方面都具有显著的独特性。

1 区域岩浆作用的独特性

1.1 岩浆岩的时空分布

中国东南沿海中生代的岩浆活动起始于 196×10^6 a 的早侏罗世, 止于 55×10^6 a 的晚白垩世。火山活动可分为 4 个旋回, 对应有 3 套侵入岩^[1]。在大规模火山活动之前, 区域发生过较大规模的岩浆侵入作用, 形成第一套侵入岩, 南部粤东地区侵入岩同位素年龄为 $192 \times 10^6 \sim 146 \times 10^6$ a, 向北至闽东、浙东地区为 $172 \times 10^6 \sim 139 \times 10^6$ a, 岩石类型主要为二长花岗岩、花岗闪长岩和黑云母花岗岩。第 I 旋回和第 II 旋回火山岩组成下火山岩系, 为高钾钙碱性系列的(安山岩)-英安岩-流纹岩组合, 同位素年龄为 $175 \times 10^6 \sim 140 \times 10^6$ a (粤东区) 和 $145 \times 10^6 \sim 120 \times 10^6$ a (闽东、浙东区)。第二套侵入岩明显侵入于下火山岩系中, 粤东区主要为二长花岗岩、黑云母花岗岩及细粒花岗岩, 闽东、浙东区主要为花岗闪长岩、闪长岩、石英闪长岩、石英二长岩、花岗岩等。其后区域发育高钾钙碱性系列玄武岩-流纹岩双峰式组合的第 III 旋回火山岩, 粤东区同位素年龄 $130 \times 10^6 \sim 110 \times 10^6$ a, 闽东、浙东区 $105 \times 10^6 \sim 100 \times 10^6$ a。第三套侵入岩在粤东区主要为晶洞碱长花岗岩、黑云母钾长花岗岩、花岗斑岩、透长花岗岩, 同位素年龄 $110 \times 10^6 \sim 89 \times 10^6$ a, 在闽东、浙东区主要为碱性花岗

* 徐晓春, 男, 37岁, 教授, 从事岩石学和矿床学工作。邮政编码: 230009

岩、碱长花岗岩、黑云母花岗岩和花岗闪长岩等，同位素年龄 $115 \times 10^6 \sim 70 \times 10^6$ a。第IV旋回火山岩在粤东区主要为高钾钙碱性系列玄武岩-流纹岩双峰式组合，在闽东、浙东区为高钾钙碱性系列英安流纹岩-流纹岩组合，同位素年龄一般小于 105×10^6 a。纵观区域火山岩和侵入岩的分布，区内岩浆作用明显有自南向北的迁移性，不同于太平洋东岸安第斯火山岩带中岩浆作用自沿海向内陆（自西往东）的迁移性。

1.2 岩浆岩的岩石系列和组合

中国东南沿海火山岩和侵入岩在时空分布、岩石系列和组合、岩石学、岩石化学和地球化学及其所反映的基底原岩组成、成岩物理化学条件等方面均具有相似的特征和演化规律，显示火山岩和侵入岩为具有内在成因联系的火山-侵入杂岩^[2,3]。其中安山岩类所占比重甚少，玄武岩-流纹岩双峰式火山岩也仅分布于局部地区，而流纹质、英安质火山岩类约占90%以上，即以酸性岩类为主体，属高钾钙碱性系列，但其明显不同于板块边界的挤压性高钾中性岩为主体的安第斯型钙碱性系列，也不同于岛弧低钾中基性岩为主体的钙碱性系列^[1]，更不同于大陆裂谷拉张性岩套，而是挤压后松弛、巨型剪切、断陷或早已存在断裂活化产生的高钾酸性钙碱性系列。晚期双峰式火山岩和A型花岗岩则是拉张裂解环境下的产物。

1.3 岩浆岩的成因类型

区内酸性钙碱性的火山-侵入杂岩的成因类型复杂多样，有S型、I型、S-I过渡型及A型^[1-3]。从时间上看，由早至晚由S型、S-I过渡型向I型、A型过渡；从空间上看，由南部粤东区以S、S-I型为主，向北部闽东、浙东区以I型、A型为主，反映南部粤东地区火山-侵入杂岩的成岩物质来源以再循环地壳物质为主，仅有少量地幔物质或原生地壳物质的参与，而闽东、浙东地区火山-侵入杂岩的成岩物质来源以上地幔或原生地壳物质为主，只有少量再循环地壳物质参与。岩石成因类型在时间和空间上的变化，不仅反映了区域构造应力场的性质由较强烈的挤压到剪切挤压乃至其后的松弛和弱拉张的阶段性发展^[1,2]，也反映了其明显不同于环太平洋火山岩带其他组成部分的岩浆岩成因类型及其时空变化特征。

2 区域成矿作用的独特性

2.1 区域矿床的空间分布

中国东南沿海广泛分布着与中生代岩浆作用有密切成因联系的锡、钨、银、金、铅、锌、铜、钼矿床，矿床在空间上具有明显的分带，这种区域分带特征与区域中生代岩浆活动的特征、基底微板块间的差异、火山-侵入杂岩的成因类型、火山岩基底构造层的含矿性以及成岩-成矿后的风化剥蚀程度有关。

区域南部的粤东及闽东南地区地处粤东印支期生长地体，总体上花岗岩大面积出露，火山岩仅在若干火山岩盆地中产出，显示岩浆活动以侵入作用为主，火山作用相对较弱，或该区遭受风化剥蚀程度较深；火山-侵入杂岩（主要是花岗岩）的成因类型主要为S型和S-I过渡型，反映其成岩的物质来源以再循环地壳物质为主，仅有少量地幔物质的参与；火山岩基底构造层为上三叠统小坪组和下侏罗统金鸡组，也是重要的赋矿围岩，富含成矿金属元素，其中Sn平均含量为 9.71×10^{-6} 和 21.22×10^{-6} ，分别为地壳克拉克值的5倍和10倍。

因此，南部粤东和闽东的南部地区发育与侵入阶段岩浆活动有关的岩浆热液型 Sn、(W) 多金属矿床，如长埔锡多金属矿床、厚婆坳锡银多金属矿床，莲花山钨矿床等。

区域北部的闽东北部、浙东地区为大面积火山岩出露，仅有少量花岗岩呈岩株或岩枝状产出，显示该区受风化剥蚀程度较浅；火山-侵入杂岩的成因类型主要为 I 型和 A 型，反映其成岩物质来源以上地幔或原生地壳物质为主，只有少量再循环地壳物质的参与；火山岩基底构造层 Sn 含量低。因此在闽东北部和浙东地区主要发育与火山作用有关的斑岩型铜、钼矿床，火山热液或火山环境下的浅成低温热液型银（金）铅锌矿床，如钟腾、赤路斑岩（铜）钼矿床，五部、大岭口火山热液型银（金）铅锌矿床等。

2.2 成矿时代

中国东南沿海成矿带成矿时代受成岩时代的制约。南部粤东和闽东南地区火山-侵入杂岩的形成时代早，岩浆活动历史长，与之有关 Sn (W) 多金属矿床的成矿时代较之稍晚，成岩-成矿时差小，受深部岩浆房和岩浆冷却史的控制，成矿作用时间长，多种矿化叠加，且多具有逆向分带的特点。而北部的闽东北和浙东地区火山作用时代较晚，岩浆活动的历史也相对较短，与之有关的银（金）铅锌矿床受火山活动的热历史控制，矿床形成时代明显滞后于成岩时代，成岩-成矿时差较大^[4]，但成矿的历史也可以较长。

2.3 与环太平洋其他成矿带矿床分带对比

环太平洋成矿带内带（即靠海洋一侧）以 Cu 为特色金属，外带（即靠大陆一侧）以 W、Sn 为特色金属。安第斯型活动陆缘火山带金属矿床分带模式（海岸—内陆）为：Au Cu-Cu Mo-Ag Pb Zn-W Sn^[10]。环太平洋其他成矿带也有近似一致的分带模式。中国东南沿海成矿带的成矿分带特征明显与以上环太平洋其他成矿带不同，表现出成矿分带不仅有平行于火山带的内外分带，而且有近于垂直火山带方向的南北分带：Sn W Ag (Au) Pb Zn- (Cu) Mo Ag Pb Zn-Ag (Au) Pb Zn，成矿时代自南部向北部渐新，成矿分带和成矿作用特征受成岩作用的控制。

3 成岩-成矿构造背景的独特性

3.1 成岩构造环境

中国东南沿海中生代成岩-成矿之所以具有以上诸多显著的独特性，是因为其成岩-成矿的构造背景具有显著的独特性。对于本区成岩-成矿的构造环境，曾有不同认识，郭令智等认为中国东南沿海大致相当于台湾海峡的位置上存在一个中生代的俯冲带，故认为本区属安第斯型活动大陆边缘^[5]。张用夏等认为晚白垩世东海陆架边缘隆起相当于岛弧，其东为俯冲带，其西发育有弧后盆地，本区属岛弧至活动大陆边缘^[6]。随着研究工作的不断深入，现代地质、地球物理资料表明，东海及南海的地壳具大陆性质，海域基底是大陆地质体的延伸^[7]；海域与大陆具有相同的古老东西向构造和中生代 NE—NEE 向构造叠加；东海磁场稳定，热流值不高，为冷的刚性地壳；石油地质勘探、地震剖面密度计算、岩相古地理和同位素地质年代学研究表明，现代海岸线以外的陆架区在第三系沉积之下为古老变质岩石，同位素年龄集中于 $1400 \times 10^6 \sim 2000 \times 10^6$ a，时代为早中元古代^[7~9]，故该陆架区为一前寒武纪地台，只是燕山旋回东海、南海才逐渐裂解、沉没，印支期中国东南大陆边缘应在复位后的

南沙、台湾和日本岛以东,因此,本区中生代火山-岩浆作用的构造位置应是远离活动大陆边缘并向稳定大陆板块过渡的区域。这种构造环境完全不同于日本岛弧和太平洋东岸典型的安第斯型活动大陆边缘。

3.2 板块接触关系及相互作用方式

中国东南沿海中生代岩浆活动总体上受太平洋板块与亚洲大陆板块中生代时期的接触关系及其相互作用方式的制约。以往多用太平洋板块向欧亚大陆板块的重直俯冲模式来解释区内的成岩-成矿作用特征。但已经提出的长乐-南澳断裂变质带、海域40 m等深线都被研究证明不属于洋陆俯冲带的产物;而台湾东部的俯冲带为白垩纪,并不能代表中生代($180 \times 10^6 \sim 100 \times 10^6$ a)间的俯冲带,而且该带距现今中国东南沿海300~400 km,而火山带向中国大陆内部伸展达400 km以上。俯冲带和延伸到大陆内部的火山带如此之宽,即使俯冲角度较小^①,也构不成安第斯型活动大陆边缘垂直俯冲及其相应的构造-岩浆组合模式。

如前所述,本区所处构造位置为远离岛弧的大陆板内—活动大陆边缘过渡带。不仅如此,本区中生代岩浆活动在时间上和空间上有明显的迁移性:火山活动的强度和规模由内陆向沿海逐渐增强,时代渐新,这种迁移性与安第斯型垂直俯冲模式的迁移性完全相反;同时本区岩浆活动及有关成矿作用有沿火山带走向自南向北的迁移性,表明控制岩浆活动的构造也具有该方向的发展演化趋势。燕山旋回中国东南沿海所处的华夏亚板块位于东海—南海前寒武纪地台内侧,而没有直接与太平洋板块接触,中国东南沿海中生代的岩浆活动及相应的成矿作用是在中生代全球构造背景之下,亚洲大陆板块与南半球EW向洋中脊体系和库拉-太平洋板块三者之间共同作用的结果,具体表现为库拉-太平洋板块相对亚洲大陆板块迅速北移,高速度的相对运动使得相对稳定的大陆来说,其构造效应主要是早期中国东南沿海南部EW向的挤压和随后区域NE—NNE向左行剪切断裂体系的形成及其控制的火山岩线状分布,以及成岩、成矿垂直火山带方向分带、迁移的特征。

参 考 文 献

- 1 陆志刚,陶奎元,谢家莹等.中国东南大陆火山地质及矿产.北京:地质出版社,1997,111~217.
- 2 徐晓春,岳书仑.粤东地区中生代火成岩的时空分布、岩石特征及成岩物理化学条件.合肥工业大学学报,1993,16(1):1~12.
- 3 徐晓春,岳书仑.粤东地区中生代火山岩与侵入岩的成因关系及成因类型.合肥工业大学学报,1994,17(4):184~192.
- 4 李长江,徐步台,蒋叙良等.中国东南部某些热液矿床的成岩成矿时差序列及有关问题讨论.矿床地质,1992,11(2):106~112.
- 5 郭令智等.西太平洋中、新生代活动大陆边缘和岛弧构造的形成及演化.地质学报,1983,57(1).
- 6 张用夏.华南环形构造及其成因.地质论评,1984,30(5).
- 7 杨志坚,沈振丰.中国东南大陆、海域与邻区(国)古构造演化关系.南京地质矿产研究所所刊:1991,11(1).
- 8 郭养和.东南大陆早古生代古地理轮廓.南京地质矿产研究所所刊,1991,12(2):13~20.
- 9 任纪舜.论中国南部的大地构造.地质学报,1990,64(4):275~288.
- 10 James D E. Plate tectonic model for the evolution of the central Andes. Geological Society of America Bulletin, 1971, 82.

① 王文校,关世魁,张焕新.粤东沿海地区中酸性火山岩及其与矿产关系.广东地质科技研究所汇刊,5:36~76