

# 太平洋与特提斯构造域转换期岩浆作用与成矿

钟宏<sup>1,2</sup> 柏中杰<sup>1</sup> 朱维光<sup>1</sup>

1. 中国科学院地球化学研究所 矿床地球化学国家重点实验室, 贵阳 550081; 2. 中国科学院大学, 北京 100049

**摘要:** 本文对中国东南沿海地区燕山早期和晚期岩浆活动与成矿作用的分布进行简要总结, 提出一些尚未得到很好解决的关键科学问题。拟开展的研究将重点关注古/新特提斯构造域与太平洋构造域转换及其相互作用对东南沿海燕山期大规模岩浆-成矿作用的制约机制。

**关键词:** 东南沿海; 特提斯构造域; 太平洋构造域; 岩浆-成矿作用

中图分类号: P542.2; P612 文章编号: 1007-2802(2017)04-0557-03 doi: 10.3969/j.issn.1007-2802.2017.04.005

## Magmatism and Mineralization Associated with the Transition between Paleo-Pacific and Tethyan Tectonic Domains

ZHONG Hong<sup>1,2</sup>, BAI Zhong-Jie<sup>1</sup>, ZHU Wei-Guang<sup>1</sup>

1. State Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550081, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

**Abstract:** This paper summarizes the distribution of early-stage and late-stage Yanshanian magmatic activities and associated mineralization in the coastal area of SE China, and presents several critical scientific topics that have not been well elucidated. Our ongoing studies will focus on how the transition and interaction between Paleotethyan/Neotethyan and Paleo-Pacific tectonic domains control the large-scale Yanshanian magmatism and mineralization in the coastal area of SE China.

**Key words:** Southeast coastal area; Tethyan tectonic domain; Paleo-Pacific tectonic domain; Magmatism and mineralization

近年来, 中国东部燕山期大规模成矿作用引起国内外研究者广泛重视(毛景文等, 1999), 其与岩浆活动关系密切。东南沿海主体位于中国东部中生代巨型构造——岩浆带之上, 多期岩浆活动中尤以燕山期岩浆活动最为广泛且强烈(Zhou and Li, 2000)。燕山期岩浆活动与中生代以来特提斯构造域向古太平洋构造域转换有关(吴淦国等, 2000)。印支运动促使了中国东南部古特提斯洋的消减闭合, 其后该区主要受到太平洋板块西向俯冲的影响(余心起等, 2005; 毛建仁等, 2014), 早白垩世晚期新特提斯洋的闭合对该区的构造演化可能也有重要影响(Sun, 2016)。本文简要总结中国东南沿海燕山早期和晚期岩浆岩及成矿作用的分布情况, 并对今后拟开展的一些研究进行初步展望。

## 1 东南沿海燕山早期和晚期岩浆活动与成矿作用

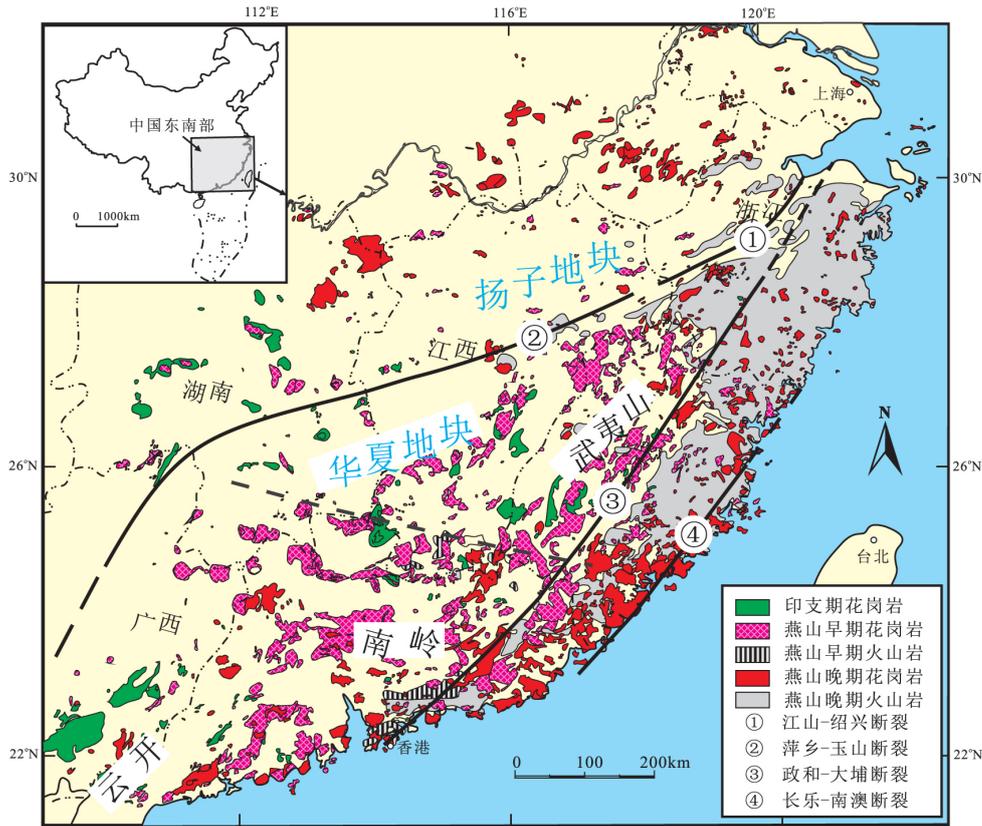
### 1.1 东南沿海燕山早期岩浆活动与成矿作用

中国东南部最早、较大规模的燕山期岩浆活动始于约 195 Ma, 产出基性-超基性岩和碱性玄武岩、高钛玄武岩-流纹质双峰式火山岩以及 A 型花岗岩和橄榄安粗岩-正长岩组合, 尤以东西向火山岩带为典型。这一火山岩带的西段独立产出碱性玄武岩, 而中段和东段则为拉斑玄武岩和流纹岩伴生(图 1)。该期构造-岩浆活动被认为是继华南印支期陆内挤压变形之后, 岩石圈发生伸展和陆内裂谷作用的产物, 是中国东南部特提斯构造域向太平洋构造域转换、晚中生代大规模岩浆作用的序幕(徐夕生

收稿日期: 2017-03-25 收到, 2017-04-21 改回

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFC0600405)

第一作者简介: 钟宏(1971-), 男, 研究员, 研究方向: 岩浆演化与成矿. E-mail: zhonghong@vip.gyig.ac.cn.



(据 Zhou and Li, 2000 修改)

图1 中国东南部晚中生代岩浆岩分布图

Fig.1 The distribution of Late Mesozoic igneous rocks in SE China

和谢昕, 2005)。与该期岩浆作用相关的矿床主要有岩浆型钨钛磁铁矿矿床(霞岗)、火山-沉积岩型 Cu-Ag-Sb 矿床(如嵩溪、玉水)。稍后(175 ~ 165 Ma)产出的一些斑岩型 Cu-Mo-W 矿床(如大宝山)被认为是侏罗纪太平洋洋壳向南西俯冲导致的岩浆活动形成(刘莎等, 2012)。

尽管前人研究成果已取得较多的重要进展,但玄武岩的形成时限还未得到精确限定,不同区段出现的碱性和高钛玄武岩的源区差异原因、基性-酸性岩浆的成因联系等问题尚需更加深入系统的探讨。在成矿作用方面,火山-沉积型 Cu-Ag-Sb 矿床的成矿时代还存在很大争议,该期成矿作用是否确实仅局部出现且规模较小,其控制因素如何,阐明这些问题对于科学指导区域找矿勘探工作至关重要。另外,斑岩型矿床的形成是否能指示东南部特提斯构造域向太平洋构造域转换的完成,还需更多证据确认。更为重要的是,导致该期岩浆-成矿作用的深部动力学机制亟待深入剖析。

## 1.2 东南沿海燕山晚期岩浆活动与成矿作用

东南沿海地区在燕山晚期以大规模火山岩浆活动为特征,产出主要分布于浙闽粤沿海的近北北

东向、长约 1200 km 的火山岩带及广泛分布的花岗岩(图 1),被认为是中国东南部受太平洋构造域影响岩浆作用的主旋律。该火山岩带主要为中酸性-酸性占优势的高钾钙碱性火山岩,安山岩和玄武岩相对较少。即使是双峰式火山岩也以酸性岩为主,玄武岩仅占全部火山岩体积的 30% 以下(徐夕生和谢昕, 2005; Guo *et al.*, 2012)。主要的侵入岩则为高钾钙碱性花岗闪长岩-花岗岩组合、过铝质英云闪长岩-奥长花岗岩-花岗闪长岩组合和高铝辉长岩-高钾浅成花岗岩类。燕山晚期是华南地区中生代最大规模的金属成矿时期,东南沿海地带以 Au、Cu、Pb-Zn、Ag 成矿为代表,还出现较大规模的 W、Sn 成矿作用。该期大规模成矿作用与岩浆活动具有密切成因联系(华仁民等, 2005),主要矿床类型为斑岩-(浅成低温热液)型 Cu-Au 矿床(如,紫金山、钟腾)、斑岩型钨矿床(如,莲花山)、火山岩有关的 Au-Ag、Cu 或 Pb-Zn 矿床(如,大岭口、冶岭头、五部、银坑、钟丘洋)和与花岗岩有关的锡多金属矿床(如,厚婆坳、西岭)等。值得关注的是,东南沿海燕山晚期锡矿床的形成时代大体与西南地区的个旧和大厂超大型锡多金属矿床的形成时间一致。

前人的研究认为该期大规模岩浆作用与太平洋板块的正向俯冲密切相关(徐夕生和谢昕, 2005; 毛建仁等, 2014), 近来有研究提出新特提斯洋的闭合可能对东南沿海也有重要影响(Sun, 2016), 但造成巨量酸性岩浆产生的深部过程尚不明确, 岩浆岩类型的区域差异的源区制约仍需深入探讨。已有的大量成果显示, 燕山晚期的大规模成矿作用主要与伸展的动力学背景、壳-幔相互作用、深部热和流体的参与有着成因上的密切联系(华仁民等, 2005)。然而, 对于一些矿床的精确成矿年龄还较为欠缺, 矿床分布规律和成矿关键控制因素的剖析尚缺乏系统性, 巨量金属的来源及壳-幔相互作用如何影响成矿也需深入探讨。

## 2 研究思路及内容

在总结已有研究成果基础上, 本课题将针对上述未得到较好解决的关键科学问题, 选择中国东南沿海地区(主要为浙、闽、粤三省)的岩浆-成矿作用为研究对象, 系统和深入地研究特提斯与太平洋构造域叠合与转换期的岩浆活动和成矿作用的时空演化规律及深部过程和动力学背景的制约机制。重点是针对东南沿海东西向火山带和北北东向火山岩带及典型矿床, 探讨不同类型岩浆岩的空间分布规律, 剖析其源区特征及岩浆演化过程, 阐述古特提斯-太平洋构造域转换、太平洋板块正向俯冲及新特提斯洋闭合对燕山期大规模岩浆活动的制约, 反演其深部过程。基于典型矿床的研究精确厘定不同类型成矿作用的时限, 阐明该区燕山期各类矿床的时空分布特征, 揭示巨量金属聚集的关键控制因素, 探讨它们与相关岩浆活动的时空耦合关系。

本课题聚焦太平洋与特提斯构造域转换期岩浆-成矿作用的成因及形成的深部动力学过程, 拟开展的研究有: ①特提斯-太平洋构造域转换期不同类型岩浆岩的空间分布规律、岩浆源区特征及演化过程; ②东南沿海燕山晚期大规模岩浆作用的期次、时空规律及岩浆源区特征、演化过程; ③燕山早期火山-沉积型矿床的成矿时限与构造域转换期金属矿床的时空分布规律及成矿作用的关键控制因素; ④东南沿海燕山晚期不同类型成矿作用的时限、时空分布特征及巨量金属聚集的关键控制因素; ⑤特提斯-太平洋构造域转换、太平洋俯冲及深部过程对东南沿海大规模岩浆-成矿作用的制约关系。

## 3 拟解决的关键科学问题及预期目标

本研究拟解决的关键科学问题为: (1) 探讨东

南沿海及邻区中生代岩浆活动与金属成矿的时空演化规律和关键控制因素; (2) 刻画燕山早期和晚期各类金属元素巨量聚集的过程和机制; (3) 剖析古特提斯与太平洋构造域转换、太平洋俯冲/新特提斯洋闭合和深部过程对东南沿海燕山期岩浆-成矿作用的制约机制。

本课题将基于对中国东南沿海地区不同构造背景下形成的中生代岩浆岩及相关典型矿床的地质学、岩石学、矿床学、地球化学的系统研究, 并结合构造学、地球物理学研究成果, 揭示该区岩浆活动与金属成矿的时空演化规律和关键控制因素, 精细刻画燕山早期和晚期不同类型矿床的元素聚集过程和机制, 阐明不同构造域叠合/转换、太平洋俯冲和深部过程对东南沿海燕山期岩浆-成矿作用的制约机制。课题拟在铜、金、铀等国家紧缺和重大战略矿产资源以及钨、锡、稀有金属等特色 and 优势矿产资源的成矿理论研究上有新突破。相关研究成果将为中国东南沿海地区接替矿产资源的寻找提供理论支撑。

## 参考文献 (References):

- Guo F, Fan W M, Li C W, Zhao L, Li H X, Yang J H. 2012. Multi-stage crust-mantle interaction in SE China: Temporal, thermal and compositional constraints from the Mesozoic felsic volcanic rocks in eastern Guangdong-Fujian provinces. *Lithos*, 150: 62-84
- Sun W D. 2016. Initiation and evolution of the South China Sea: An overview. *Acta Geochimica*, 35(3): 215-225
- Zhou X M, Li W X. 2000. Origin of late Mesozoic igneous rocks in South-eastern China: Implications for lithosphere subduction and underplating of mafic magmas. *Tectonophysics*, 326(3-4): 269-287
- 华仁民, 陈培荣, 张文兰, 陆建军. 2005. 论华南地区中生代 3 次大规模成矿作用. *矿床地质*, 24(2): 99-107
- 刘莎, 王春龙, 黄文婷, 伍静, 梁华英, 高志辉, 林锦富. 2012. 粤北大宝山斑岩钨矿床赋矿岩体锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄与矿床形成动力学背景分析. *大地构造与成矿学*, 36(3): 440-449
- 毛建仁, 厉子龙, 叶海敏. 2014. 华南中生代构造-岩浆活动研究: 现状与前景. *中国科学(D 辑)*, 44(12): 2593-2617
- 毛景文, 华仁民, 李晓波. 1999. 浅议大规模成矿作用与大型矿集区. *矿床地质*, 18(4): 291-299
- 吴淦国, 张达, 陈柏林, 吴建设. 2000. 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. *地球科学(中国地质大学学报)*, 25(4): 390-396
- 徐夕生, 谢昕. 2005. 中国东南部晚中生代-新生代玄武岩与壳幔作用. *高校地质学报*, 11(3): 318-334
- 余心起, 吴淦国, 张达, 狄永军, 臧文拴, 张祥信, 汪群峰. 2005. 中国东南部中生代构造体制转换作用研究进展. *自然科学进展*, 15(10): 1167-1174

(本文责任编辑: 龚超颖)

## 作者简介



**黄方**, 1978年生, 中国科学技术大学教授、博士生导师。2011年入选首批中组部“青年千人计划”, 2012年获得“孙贤铄”奖, 2013年获得国家杰出青年科学基金资助, 2013年获得第13届中国青年科技奖, 2016年获教育部青年科学奖。目前在 Nature, EPSL, GCA, Geology, Chemical Geology, 《科学通报》等国内外一流期刊上发表20多篇第一作者或者通讯作者文章。主要从事非传统稳定同位素、实验岩石学和铀系不平衡的研究。在金属稳定同位素的测量、分馏机制和应用, 微量元素在矿物-熔体间分配系数的实验测定, 俯冲带岩浆作用的过程和时间尺度等方面取得一系列原创的成果。



**郑建平**, 1964年生, 中国地质大学(武汉)教授、博士生导师、长江学者特聘教授、国家杰出青年科学基金获得者, 围绕大陆岩石圈演化研究方向, 在地幔置换作用、下地壳增生再造及壳-幔相互作用过程研究等方面取得了系统性创新成果。发表SCI论文140余篇, SCI论文引用3750多次。获国家自然科学二等奖(排名第2)、湖北省自然科学一等奖(排名第1)、侯德封青年科学家奖、黄汲清青年科学技术奖等, 入选国家百千万人才工程并获“有突出贡献中青年专家”荣誉等称号。



**王强**, 1971年生, 中国科学院广州地球化学研究所研究员、博士生导师、国家杰出青年科学基金获得者、中国科学院大学“岗位教授”, 现任同位素地球化学国家重点实验室常务副主任, 入选“万人计划”创新领军人才。主要从事岩浆岩岩石学、地球化学和地球动力学的研究, 在埃达克质岩成因及成矿、大陆地壳生长、青藏高原隆升等方面取得了一些重要成果。共发表论文135篇, 其中SCI论文94篇(第一和通讯作者论文56篇)。入选ESI全球地学和爱思唯尔2016年高被引用率科学家榜单。曾经先后获得了

广东省科学技术一等奖(2项)、孙贤铄奖、“中国科学院杰出青年”称号、侯德封奖、青藏高原青年科技奖、黄汲清青年地质科技奖等, 并获聘为《Mineralogy and Petrology》、《岩石学报》、《Solid Earth Sciences》副主编和《Lithos》、《Tectonophysics》、《JES》、《地球科学》等刊物编委等。



**钟宏**, 1971年生, 中国科学院地球化学研究所研究员、博士生导师, 2003年入选中国科学院“百人计划”, 2014年获国家杰出青年基金。主要从事镁铁-超镁铁质岩相关的成岩成矿作用研究, 在国内外刊物发表论文100余篇, 其中SCI论文70余篇。先后承担国家杰出青年基金项目、国家重点研发计划项目课题、973项目课题、中科院百人计划项目、中科院重要方向项目等10余项科研课题。现任 Journal of Earth Science 和 Acta Geochimica 编委。



**孟庆任**, 1957年生, 中国科学院地质与地球物理研究所研究员, 博士生导师, 中国科学院大学岗位教授。主要从事盆地构造和大陆变形方面研究。主持完成基金委重大计划重点项目、中国科学院战略先导专项项目、国家重点基础研究发展计划、国家自然科学基金等项目。在国际著名刊物外发表SCI论文40余篇。在华北克拉通破坏研究集体中作为重要贡献, 获得2014年度“中国科学院杰出科技成就奖”。



**陈贇**, 1974年生, 中国科学院地质与地球物理研究所副研究员。主要从事地球壳幔结构成像与动力学研究, 在青藏高原及邻区壳幔结构探测和深部过程重建等方面取得了系列重要进展。在国内外学术刊物发表论文60余篇(SCI论文30余篇), 引用逾千次。曾获“第八届青藏高原青年科技奖”(2011年)、中国地质学会“十大地质科技进展”(2010年度, 2015年度)、教育部“高等学校科学研究优秀成果”二等奖等科技奖励。兼任中国大陆动力学专业委员会副秘书长。