

台湾海峡湄洲湾外海域流纹岩 锆石 U-Pb 定年及其地质意义

孙桂华, 黄文凯, 杜文波, 蔡观强

国土资源部广州海洋地质调查局 国土资源部海底矿产资源重点实验室, 广州, 510760

古生代末期古特提斯洋壳消失和中生代时期太平洋板块俯冲都对华南地质产生了较大影响 (Zheng et al., 2013), 造成华南地区发育大规模的中生代岩浆活动。前人对这个地区中生代的构造-岩浆活动开展了大量的研究, 但很少有来自中国东部海域的相关研究报道, 本文通过台湾海峡湄洲湾外海域海底钻探获得流纹岩岩石实物样品, 并对其开展了岩石地球化学和锆石 U-Pb 年代学的研究, 对华南晚中生代构造-岩浆活动研究提供了来自海域的关键证据和约束。

1 地质样品特征

1.1 岩心特征

钻井位置位于台湾海峡湄洲湾外 SE 方向约 20km 处, 水深 25m 左右, 采用海洋钻探船, 在海底以下 73.87 米处钻遇流纹岩, 之上为沉积物覆盖。共取得圆柱状 (直径 68cm) 流纹岩岩心 45cm 长, 灰白色, 顶部的风化蚀变较严重, 呈碎块状, 底部的较新鲜, 较新鲜的岩心长约 18cm。显微镜下为斑状结构, 斑晶主要为长石和石英, 基质为隐晶质或玻璃质。

1.2 锆石阴极发光特征

锆石为短柱状自形晶体, 短轴/长轴为 1/2 左右, 长轴一般为 100-150 μm 。锆石的阴极发光图片显示, 锆石边部生长环带十分发育, 同位素测试结果显示绝大多数锆石 $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ 大于 0.4, 为典型的岩浆成因锆石。

2 测试结果

2.1 岩石地球化学

岩石地球化学分析表明, 该流纹岩 SiO_2 含量为 76.8%, 富 K 和 Na, 为过铝质岩石, 十余高钾钙碱性岩系。微量元素 Rb、Ba 富集特征明显, Sr 含量很低, 仅为 7.65 $\mu\text{g/g}$, 稀土元素富集特征不明显, 轻重稀土元素分异较弱, Eu 呈负异常, 表明岩浆为壳源岩浆。很显然, 这套流纹岩形成于伸展环境。

2.2 年代学

锆石 U-Pb 定年测试采用 LA-MC-ICPMS 锆石 U-Pb 同位素测试的方法, 共分析测试了 49 粒锆石, 获得 50 个锆石 U-Pb 同位素数据点, 其 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 表面年龄加权平均值为 $92.64 \pm 0.42\text{Ma}$, 95% 置信度, $\text{MSWD}=5.4$ 。结合区域资料, 我们将这个年龄解释为流纹岩的喷出年龄, 即晚白垩世早期。

3 讨论

在本文钻孔北侧的平潭岛上, 也发育有流纹岩, 岩石保持新鲜致密块状, 未受任何动力变质和强烈蚀变改造, 在岩石中还有一定数量的石英和碱性长石, 有的含碱性长石远少于斜长石 (为斜长流纹岩), 而有的所含碱性长石与斜长石大致相当 (为二长流纹岩), 属于典型的钙碱性岩系, 黄玉生等 (1992) 根据岩系趋势线和钙碱指数将其解释为挤压地球动力环境下形成的岩浆活动。

根据华南地区岩石地球化学和年代学研究结果, 该地区晚中生代经历了多期伸展作用, 花岗岩的研究表明, 白垩纪伸展作用可以划分为 146~136Ma、129~122 Ma、109~101Ma 以及 97~87Ma

注: 本文为国家自然科学基金资助项目 (40972077, 41006025); 国家海洋地质专项 (GZH201100205, 1212011220118) 的成果。

收稿日期: 2015-03-10; 改回日期: 2015-03-10; 责任编辑: 黄敏。

作者简介: 孙桂华, 男, 1977 年生, 博士, 构造地质学专业, 高级工程师。Email: sunguihua790327@126.com。

共 4 个阶段 (Li, 2000); 双峰式火山岩的研究表明侏罗纪至白垩纪华南地区经历了 209~170Ma 南岭地区局部伸展作用和 154~121Ma 以及 115~85Ma 两阶段广泛伸展作用 (Xing et al., 2004); 基性岩脉统计结果指示白垩纪伸展作用可划分为 145~135Ma、125~115Ma、110~100Ma、95~85Ma 以及 75~70Ma 共 5 个阶段 (胡瑞忠等, 2007)。而构造变形和火山活动的综合研究表明晚中生代华南地区经历了挤压—伸展—挤压—伸展的交替过程 (吴淦国等, 2000; Xu et al., 2011)。在福建泉州地区, 伸展构造变形主要表现为高角度正断层和低角度正断层或拆离断层, 古构造应力场反演指示其形成于 NW—SE 向伸展环境, 其从同造山挤压到后造山伸展的转换发生于~120Ma (徐先兵等, 2014)。

虽然大家对华南地区晚中生代伸展作用阶段的划分和具体每个阶段的具体时限不尽相同, 但来自花岗岩、双峰式岩浆活动和基性岩脉的年代学数据均告诉我们, 华南地区在 95-85Ma 期间处于伸展构造环境, 这与本文研究获得的、来自于海域的 $92.64 \pm 0.42\text{Ma}$ 形成于伸展构造背景的流纹岩所提供的信息是相吻合的, 并且与通过该地区伸展构造变形研究得出的从挤压到伸展的转换发生在~120Ma 的结论是一致的。

参 考 文 献 / References

- 黄玉生, 蔡传荣, 周虹. 1992. 福建平潭岛火山岩及其板块碰撞构造. 福州大学学报 (自然科学版), 20(4):99-105.
- 胡瑞忠, 毕献武, 彭建堂, 等. 2007. 华南地区中生代以来岩石圈伸展及其与铀成矿关系研究的若干问题. 矿床地质, 26(2):139-152.
- 邢永飞. 2008. 超高压变质与大陆碰撞研究进展: 以大别-苏鲁造山带为例. 科学通报, 53: 2129-2152.
- 吴淦国, 张达, 陈柏林, 等. 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.
- 邢光福, 卢清地, 陈荣, 等. 2008. 华南晚中生代构造体制转折结束时限研究——兼与华北燕山地区对比. 地质学报, 82(4):451-463.
- Chen, C. H., Lin, W., Lan, C. Y., et al. 2004. Geochemical, Sr and Nd Isotopic Characteristics and Tectonic Implications for Three Stages of Igneous Rock in the Late Yanshanian (Cretaceous) Orogeny, SE China. Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences, 95:237-248.
- Cui, J. J., Zhang, Y. Q., Dong, S. W., et al. 2013. Zircon U-Pb

有关伸展作用的动力学机制, 目前大家比较趋向一致的认识是由于太平洋板块在向华南大陆的俯冲过程中发生了角度和方向的变化 (Engebretson et al., 1985; Maruyama et al., 1997; Zhou and Li, 2000; Li and Li, 2007; Liu et al., 2012), 导致晚中生代华南地区经历了由挤压到伸展的构造转换过程。根据前人研究表明, 太平洋板块俯冲方向在~125 Ma 发生了反时针约 80° 的转变, 低角度 (小于 30°)、较快速率 (约 20.0 cm/a) 的正向俯冲, 是东亚大陆边缘能形成晚中生代宽广火山-侵入岩带的重要动力学原因 (Engebretson et al., 1985; Nakajima, 1996; Maruyama et al., 1997; Koppers et al., 2001; Sun et al., 2007; 郑永飞, 2008)。但转换的具体时间, 目前还存在分歧, 如 150~143 Ma (Li and Li, 2007; 邢光福等, 2008; Li et al., 2009), ~130 Ma (Cui et al., 2013) 或 ~110 Ma (Chen et al., 2004; He and Xu, 2011; Li et al., 2012)。

太平洋板块向华南大陆俯冲过程中, 由于方向和角度的变化, 引起华南地区在晚中生代期间发生由挤压到伸展的构造转换。本研究提供了在台湾海峡海域存在上述伸展作用所导致的岩浆活动的岩石地球化学和年代学的关键证据, 填补了华南沿海与台湾岛之间海域的空白。

- Geochronology of the Mesozoic Metamorphic Rocks and Granitoids in the Coastal Tectonic Zone of SE China: Constraints on the Timing of Late Mesozoic Orogeny. Journal of Asian Earth Sciences, 62:237-252.
- Engebretson, D., Cox, A., Gordon, R. G. 1985. Relative Motions between Oceanic and Continental Plates in the Pacific Basin. Geological Society of America (Special Paper), 206:1-60.
- He, Z. Y., Xu, X. S. 2011. Petrogenesis of the Late Yanshanian Mantle-Derived Intrusions in Southeastern China: Response to the Geodynamics of Paleo-Pacific Plate Subduction. Chemical Geology, 328:208-221.
- Koppers A A P, Morgan J P, Morgan J W, et al. 2001. Testing the fixed hotspot hypothesis using $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ age progressions along seamount trails. Earth Planet Sci Lett, 185: 237-252.
- Li, X. H. 2000. Cretaceous Magmatism and Lithospheric Extension in Southeast China. Journal of Asian Earth Sciences, 18(3):293-305.
- Li, Z. X., Li, X. H. 2007. Formation of the 1300km wide intracontinental Orogen and Postorogenic Magmatic Province in Mesozoic South China: A Flat-Slab Subduction Model. Geology, 35(2):179-182.

- Li, L. M., Sun, M., Xing, G. F., ET AL. 2009. Two Late Mesozoic Volcanic Events in Fujian Province: Constraints on the Tectonic Evolution of Southeastern China. *International Geology Review*, 51(3):216-251.
- Li, Z., Qiu, J. S., Xu, X. S. 2012. Geochronological, Geochemical and SR-Nd-Hf Isotopic Constrains on Petrogenesis of Late Mesozoic Gabbro-Granite Complexes on the Southeast Coast of Fujian, Southeast China: Insights into a Depleted Mantle Source Region and Crust-Mantle Interactions. *Geological Magazine*, 149(3):459-482.
- Liu, Q., Yu, J. H., Wang, Q., et al. 2012. Ages and Geochemistry of Granites in the Pingtan-Dongshan Metamorphic Belt, Coastal South China: New Constraints on Late Mesozoic Magmatic Evolution. *Lithos*, 150:268-286.
- Maruyama, S., Isozaki, Y., Kimura, G., et al. 1997. Paleogeographic Maps of the Japanese Islands: Plate Tectonic Synthesis from 750 Ma to the Present. *The Island Arc*, 6(1):121-142.
- Nakajima T. 1996. Cretaceous granitoids in SW Japan and their bearing on the crust-forming process in the eastern Eurasian margin. *Trans R Soc Edinb-Earth Sci*, 315: 183-191.
- Sun W D, Ding X, Hu Y H, et al. 2007. The golden transformation of the Cretaceous plate subduction in the west Pacific. *Earth Planet Sci Lett*, 262: 533-542.
- Xing, G. F., Yang, Z. L., Chen, R., et al. 2004. Three Stages of Mesozoic Bimodal Igneous Rocks and Their Tectonic Implications on the Continental Margin of Southeastern China. *Acta Geological Sinica: English Edition*, 78(1):27-39.
- Xu, X. B., Zhang, Y. Q., Jia D., et al. 2011. U-Pb Dating of Volcanic Rocks and Granites along the Wuyishan Belt: Constraints on Timing of Late Mesozoic Tectonic Events in Southeast China. *Acta Geological Sinica: English Edition*, 85(1):130-144.
- Zheng Y F, Xiao W J, Zhao G C, 2013. Introduction to tectonics of China. *Gondwana Res*, 23: 1189-1206.
- Zhou, X. M., Li, W. X. 2000. Origin of Late Mesozoic Igneous Rocks in Southeastern China: Implications for Lithosphere Subduction and Underplating of Mafic Magmas. *Tectonophysics*, 326(3-4):269-287.