

文章编号:1671-4814(2015)01-010-11

扬子东南缘中生代构造体制转换研究 ——以江西相山火山盆地为例*

唐春花¹, 闫全人², 陈辉明², 向忠金², 张旭³, 张福神¹, 宛胜¹

(1 江西省地质调查研究院, 南昌 330030)(2 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037)

(3 广东省核工业地质局二九二大队, 河源 517000)

摘要:江西相山火山盆地位于中国东南部晚中生代火山-侵入杂岩带的最西端,具有明显的东西向构造域与北东向构造域叠加特征,其在扬子东南缘(浙赣段)中生代构造体制转换研究中具有重要意义。通过测定流纹英安岩和边缘相碎斑熔岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄,研究其岩石地球化学、地质构造特征,认为相山火山盆地东西向构造与北东向构造的强烈转换时间为 133.87 ± 0.76 Ma 至 132.01 ± 0.7 Ma 之间,可代表扬子东南缘(浙赣段)中生代构造体制强烈转换时期。

关键词:火山-侵入杂岩;锆石 LA-ICP-MS 定年;构造体制转换;相山火山盆地;江西

中图分类号:P588.1

文献标识码:A

中生代是中国东南部地区大地构造发生剧烈变动的时期,在此期间发生了重大的构造动力体制转变^[1-7],由以 EW 向为主的构造体系转变为以 NE、NNE 向为主的构造体系。位于我国东南部晚中生代火山-侵入杂岩带最西端的江西相山火山盆地,具明显的东西向构造域与北东向构造域叠加特征,因此,在扬子东南缘浙赣地区中生代构造体制转换研究中具有重要地位^[8-10]。

本文选取相山火山-侵入杂岩中流纹英安岩和边缘相碎斑熔岩中的锆石,利用 LA-ICP-MS 法进行 U-Pb 年龄测定,通过地质构造和岩石地球化学研究,探讨其成因和构造背景,开展扬子东南缘浙赣地区晚中生代构造体制转换研究。

1 地质特征

江西相山火山盆地位于北东向遂川-临川深断裂东侧,东西向构造、北东向构造和南北向断裂构造的交汇处,平面上呈椭圆形,东西长约 26.5 km,南北宽约 15 km,面积约 309 km²,为一破火山口塌陷盆地(图 1)。基底主要为青白口系低绿片岩相-低

角闪岩相的斜长角闪岩、石英角闪片岩和震旦系千枚岩、板岩和变质砂岩等浅变质岩系,其次为下石炭统及上三叠统地层。盆地北西边缘被晚白垩世至第三纪红层覆盖。盆地主体为早白垩世中酸性火山-侵入杂岩,包括三个阶段:

第一阶段打鼓顶组:下部为红色、黄色、紫红色砂岩、泥砂岩、含砾砂岩夹灰白色沉凝灰岩,上部为紫红色流纹质熔结凝灰岩、流纹英安岩夹凝灰质砂岩、砂砾岩、沉凝灰岩。主要为陆相河湖粗碎屑沉积夹火山灰流到火山喷流碎屑沉积夹河湖碎屑沉积,岩相包括有内陆湖盆相、火山空落相、灰流相、溢流相。从下至上,反映火山活动逐渐增强。

第二阶段鹅湖岭组:灰白色、灰红色、紫红色碎斑熔岩,包括中心相粒状碎斑熔岩、过渡相霏细碎斑熔岩、边缘相玻基碎斑熔岩,边缘相含大量基底变质岩角砾,为侵出相,早期为火山熔浆的强烈隐爆,卷入大量的基底变质岩角砾,之后为较长时间的相对平静的熔浆挤出阶段,是相山火山活动最主要的方式。

第三阶段为次火山活动:主要岩性为花岗闪长斑岩、石英二长斑岩。花岗闪长斑岩沿火山口塌陷

* 收稿日期:2014-04-04 改回日期:2014-05-12 责任编辑:谭桂丽

基金项目:国家地质调查项目“扬子东南缘中生代盆地充填序列与构造成矿事件研究”项目(项目编号:1212011085415)资助。

第一作者简介:唐春花,1985年生,女,高级工程师,地质学专业,研究方向为区域地质、矿产调查与勘查。

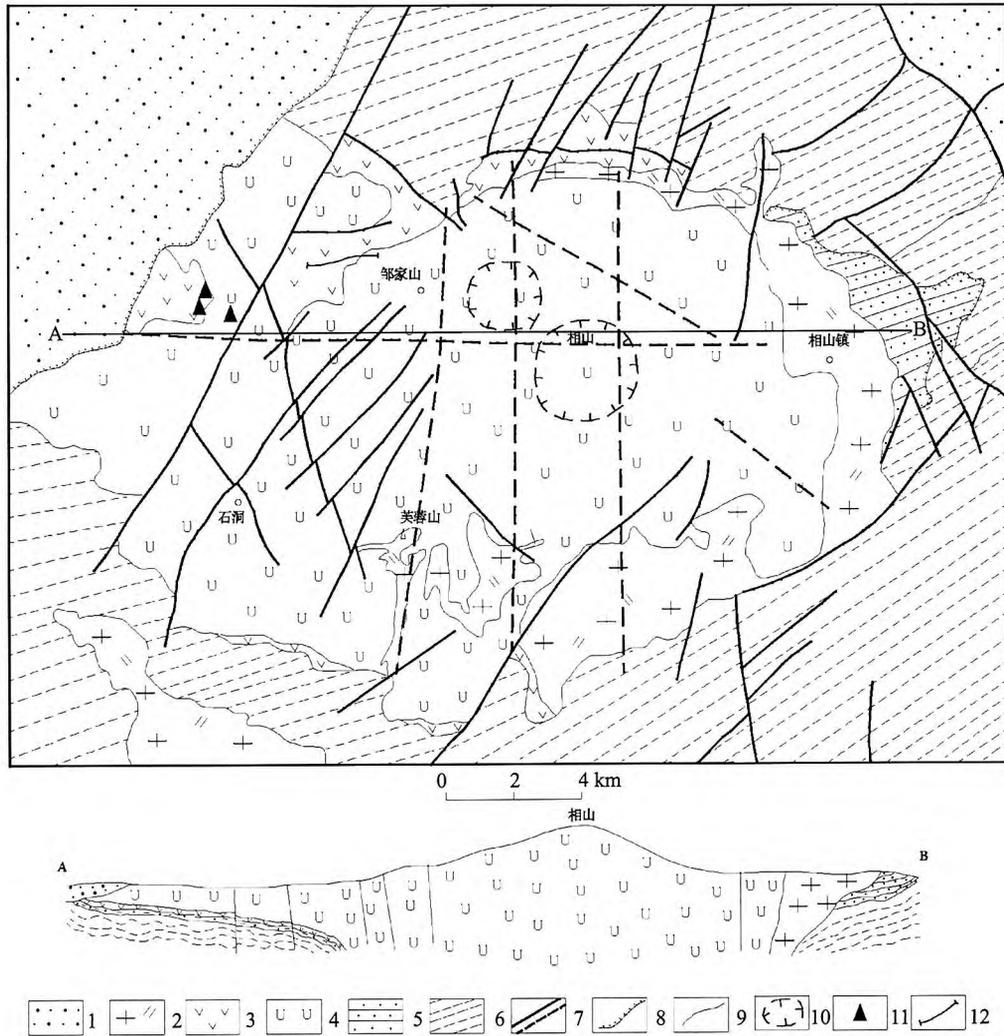


图 1 相山火山盆地岩相构造图(据文献[11]修改)

Fig. 1 Lithofacies tectonic map of Xiangshan volcanic basin

1-上白垩统红色砂砾岩;2-粗粒二长花岗斑岩;3-下白垩统打鼓顶组熔结凝灰岩;4-下白垩统鹅湖岭组碎斑熔岩;5-上三叠统安源群石英砂岩;6-青白口纪谭头群变质岩;7-断层及解译断层;8-角度不整合界线;9-整合界线;10-解译基底相对塌陷区;11-测年采样位置;12-剖面位置

形成的环状断裂侵入,呈岩珠状、岩脉或岩墙状产出。石英二长斑岩,穿切了杂岩体各类岩石,代表最晚一次火山岩浆活动。

在盆地北西边缘,打鼓顶组沉积岩、火山碎屑岩向盆地内倾斜,由盆地边缘向盆地内产状变陡,发育一系列滑塌正断层,断面向盆地内陡倾,与鹅湖岭组为断层接触,鹅湖岭组碎斑熔岩中夹有打鼓顶组下部的砂岩、泥岩夹火山碎屑沉积地层,反映出碎斑熔岩对早期火山地层的吞噬破坏作用(图 2)。在邹家山铀矿南山采场还表现为顶托,这一破坏作用在盆地北部、西部多见,说明第二阶段的碎斑熔岩是冲破了覆盖在火山口上部第一阶段火山岩而侵出,也说明第二阶段与第一阶段火山活动喷出通道不一致。

相山火山盆地具有基底构造控盆和盖层构造次生演化的特征。根据相山铀矿矿田重力资料和

ETM 遥感数据处理^[11],基底构造以 EW 为主,SN 次之。EW 向贯穿整个盆地底部,并外延,延伸长,延深大。SN 向呈等间距分布,基本限制在盆地范围内。盖层构造在基底构造的基础上继承和演化,表现为以 NE 为主,NW 次之,以及火山塌陷环状断裂交织的构造格局。环状断裂基本上限定了破火山口的边界,也是盆地内不同地层单元和岩石组成的边界。NE 向断裂为长期活动的贯通式断裂,切穿基底岩层及火山盖层,延至破火山口外,力学性质多表现为压扭性;NW 向断裂规模较 NE 向断裂小,多被 NE 向断裂所错动,多为张扭性。基底构造控制了盆地的展布方向,平面为 EW 长、SN 短的椭圆形。而 NE 向代表了这一时期区域主构造线方向,在火山喷发、盆地盖层沉积、铀矿成矿过程中,可能发挥了主导作用。

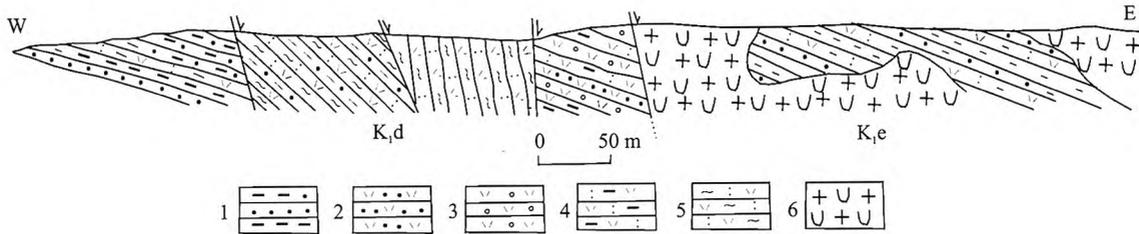


图2 相山火山盆地新建-城上地质剖面图

Fig. 2 Geologic section of Xinjian-Chengshang in Xiangshan volcanic basin

2 样品采集、分析及结果

本次同位素年龄测试样品采自相山火山盆地西北的石宜坑,岩性为打鼓顶组紫红色流纹英安岩(样品 X03)和鹅湖岭组肉红色碎斑熔岩(样品 X01),采集位置距两者接触界线各 100m 内,同时采集岩石地球化学分析样品,分别采自南山、石宜坑、邹家山、新建等地。

样品碎样和锆石挑选工作在中国地质科学院地质研究所实验室完成。锆石样品的制靶工作由中国地质科学院矿产资源研究所电子探针实验室完成。在室内先将岩石样品粉碎至 120 目以下,用常规的人工淘洗和电磁选方法富集锆石,再在双目显微镜下手工逐个精选锆石颗粒。锆石的阴极发光图像在中国地质科学院地质研究所的 HITACHIS3000-N 型扫描电子显微镜并配有 GATAN 公司 Chroma 阴极发光探头分析仪器上完成。LA-MC-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年测试分析在中国地质科学院矿产资源研究所 MC-ICP-MS 实验室完成。锆石定年分析所用仪器为 Finnigan Neptune 型 MC-ICP-MS 及与之配套的 Newwave UP 213 激光剥蚀系统。激光剥蚀所用斑束直径为 $25\ \mu\text{m}$,频率为 10 Hz,能量密度约为 $2.5\ \text{J}\cdot\text{cm}^{-2}$,以 He 为载气。LA-MC-ICP-MS 激光剥蚀采用单点剥蚀的方法,数据分析前用锆石 GJ-1 为外标,U、Th 含量以锆石 M127^[12] 为外标进行校正。数据处理采用 ICPMSDataCal 程序^[13],锆石年龄谐和图使用 Isoplot 3.0 程序完成^[14]。详细实验测试过程可参见侯可军等(2009)^[15]。样品分析过程中,Plesovice 标样作为未知样品的分析结果为 337 Ma,对应的年龄推荐为 $337.12\pm 0.32(2\sigma)$ ^[16],两者在误差范围内一致。

样品锆石颗粒透射光下基本为无色透明的柱状自形晶体,极少部分为黄褐色,粒径 $100\sim 250\ \mu\text{m}$,阴极发光图像均显示有岩浆结晶环带(图 3)。相对应的阴极发光(CL)图像显示振荡环带和均质结构^[17,18],Th/U 比值均大于 0.1,X01 样品 0.1~0.4



图3 相山火山盆地碎斑熔岩(X01)和流纹英安岩(X03)锆石阴极发光(CL)图像及测试位置

Fig. 3 CL images and analyzed spots of zircons from the porphyroclastic lava(X01) and rhyodacite(X03) in Xiangshan volcanic basin

的测点有 12 个,数值范围 0.18~0.39,>0.4 的测点有 8 个,数值范围 0.41~0.63;X03 样品 0.1~0.4 的测点有 6 个,数值范围 0.17~0.36,>0.4 的测点有 14 个,数值范围 0.44~0.94。Th/U 比值 0.1~0.4 的锆石颜色明显偏暗,有的还有黑色的核,个别锆石的震荡环带也相对模糊,说明锆石生长过程中受到了来自变质岩的 Th、U 元素影响,但這些锆石的中部、边部均具有清晰的岩浆环带,说明主要为岩浆成因锆石。

在对锆石 CL 图像分析研究的基础上,选择了

不同形貌、不同发光强度、核边发育锆石的不同部位进行锆石 U-Pb 年龄测试,X01、X03 样品分别测试了 20 个点,均为有效点,测试结果见表 1。X01-9、X03-4 测点年龄明显偏离群值,其余 19 个测点

$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄给出的加权平均年龄为: X01 样品年龄为 $132.01 \pm 0.7\text{Ma}$ (2σ , $\text{MWD}=0.29$)、X03 样品年龄为 $133.87 \pm 0.76\text{Ma}$ (2σ , $\text{MSWD}=1.4$), 锆石的年龄谐和图见图 4。

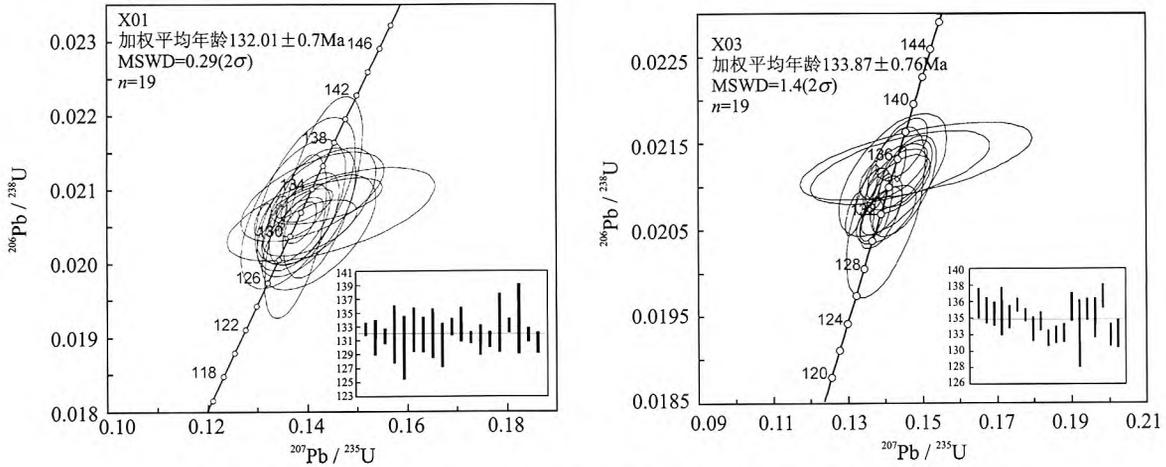


图 4 相山火山盆地碎斑熔岩(X01)和流纹英安岩(X03)锆石 U-Pb 谐和年龄图

Fig. 4 U-Pb concordia age diagrams for zircons of porphyroclastic lava(X01) and rhyodacite(X03) in Xiangshan volcanic basin

3 岩石地球化学特征

相山火山盆地火山岩的岩石化学、稀土元素和微量元素分析结果及其主要参数见表 2 和表 3。

在岩石化学特征上,相山盆地火山岩具有富硅、富碱、过铝的特征,为强酸富碱岩类。富硅, SiO_2 含量为 64.84%~78.78%, 平均 72.74%, 硅酸盐过饱和; 富碱, ALK 4.11%~9.34%, 平均 7.28%, 高钾低钠; 弱铝, Al_2O_3 含量为 11.87~18.85%, 平均 14.81%, 铝饱和指数 A/NKC 值介于 0.97~1.38 之间, 从流纹英安岩到碎斑熔岩到花岗斑岩, 由强过铝质向准铝质演化。里特曼指数 (δ) < 3, 岩石属钙碱性系列。在 TAS 图解上(图 5), 相山火山岩基本落在亚碱性系列流纹岩区域内, 二云片岩(X002)为基底中浅变质岩落在安山岩区域内。在 CIPW 标准矿物含量上, 以石英、钾长石为主, 其次为钠长石, 多出现刚玉, 反应岩石富硅、富钾、过铝。综上, 相山盆地火山岩属于富硅高钾过铝质亚碱性流纹岩。

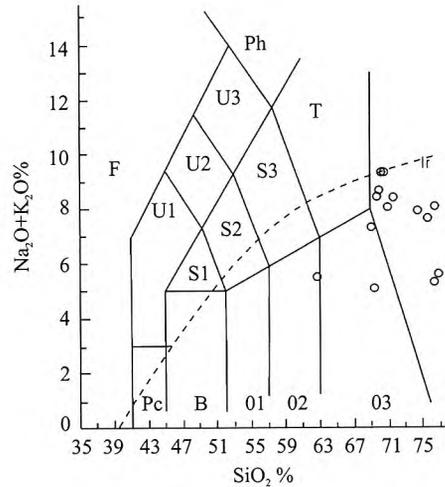


图 5 相山盆地火山岩 TAS 图解

Fig. 5 TAS diagram of volcanic rocks in Xiangshan basin F-似长岩; Ph-响岩; U3-碱玄响岩; U2-响岩质碱玄岩; U1-碱玄岩 (OI<10%)、碧玄岩 (OI>10%); Pc-苦橄玄武岩; T-粗面岩 (Q<20%)、粗面英安岩 (Q>20%); S3-粗面安山岩; S2-玄武粗面安山岩; S1-粗面玄武岩; B-玄武岩; 01-玄武安山岩; 02-安山岩; 03-英安岩; R-流纹岩

稀土元素总量介于 $(142.32 \sim 357.38) \times 10^{-6}$ 之间, 轻重稀土比值 LR/HR 为 4.22~18.57, $n(\text{La})/n(\text{Yb})\text{N}$ 为 3.23~28.78, $n(\text{La})/n(\text{Sm})\text{N}$ 为 2.61~7.59, $n(\text{Gd})/n(\text{Yb})\text{N}$ 为 1.02~2.68, 稀土总量较大, 轻稀土强烈富集, 轻稀土内部分馏程度也较重, 稀土高, 铈重度亏损, $\delta(\text{Eu})$ 为 0.06~0.21, 稀土配分曲线均为向右倾的“海鸥”型, 重稀土一翼平缓(图

6), 表明形成火山岩的岩浆物质主要来源于地壳, 相同的球粒陨石标准化分布模式, 反应了相同的源区和成岩方式。说明流纹英安岩、碎斑熔岩、沉凝灰岩、花岗斑岩等为地壳重熔型同源岩浆演化产物。基底二云母片岩稀土配分曲线形态相似, 火山岩浆为上地壳深部基底变质岩重熔形成。

表 1 相山火山盆地碎斑熔岩(X01)和流纹英安岩(X03)锆石 LA-ICP-MS U-Pb 同位素测年数据

Table 1 Zircon LA-ICP-MS U-Pb isotope analyses for porphyroclastic lava(X01) and rhyodacite(X03) in Xiangshan volcanic basin

测点号	含量($\times 10^{-6}$)			比值								年龄(Ma)							
	Pb	Th	U	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	1 σ	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	1 σ	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	1 σ	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{232}\text{Th}}$	1 σ	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	1 σ	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	1 σ	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	1 σ	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{232}\text{Th}}$	1 σ
样品	鹅湖岭组碎斑熔岩(X01)																		
X01-1	2.9	77.5	122.7	0.0491	0.0014	0.1401	0.0035	0.0208	0.0002	0.0056	0.0007	153.79	64.81	133.09	3.10	132.66	0.95	112.98	14.27
X01-2	14.2	210.0	1157.5	0.0574	0.0057	0.1395	0.0047	0.0206	0.0004	0.0062	0.0022	509.30	224.97	132.64	4.19	131.47	2.61	125.79	44.72
X01-3	2.9	73.9	173.3	0.0486	0.0008	0.1389	0.0030	0.0206	0.0002	0.0094	0.0030	127.87	32.41	132.05	2.70	131.66	1.13	189.53	60.43
X01-4	9.5	142.6	758.9	0.0471	0.0004	0.1373	0.0070	0.0207	0.0007	0.0036	0.0004	53.80	22.22	130.65	6.24	131.91	4.21	73.37	7.84
X01-5	5.8	108.4	386.6	0.0494	0.0018	0.1378	0.0041	0.0204	0.0007	0.0056	0.0008	168.60	85.17	131.06	3.70	130.01	4.62	113.31	17.02
X01-6	3.2	66.0	168.2	0.0488	0.0010	0.1419	0.0079	0.0208	0.0005	0.0085	0.0021	138.98	41.66	134.76	7.02	132.57	3.27	171.17	41.75
X01-7	2.7	59.6	140.1	0.0484	0.0017	0.1448	0.0138	0.0207	0.0004	0.0086	0.0014	116.76	83.33	137.33	12.22	131.89	2.63	173.11	27.11
X01-8	8.3	176.0	552.1	0.0794	0.0254	0.1400	0.0066	0.0207	0.0006	0.0073	0.0029	1183.34	668.65	133.05	5.85	132.05	3.62	147.09	58.46
X01-9	4.9	75.2	316.3	0.0494	0.0004	0.1621	0.0017	0.0238	0.0002	0.0054	0.0008	168.60	18.52	152.54	1.45	151.73	1.19	109.68	15.22
X01-10	9.6	187.0	721.5	0.1032	0.0549	0.1424	0.0075	0.0204	0.0005	0.0179	0.0124	1683.34	1159.37	135.17	6.70	130.34	3.24	359.39	245.31
X01-11	2.0	33.4	77.6	0.0495	0.0021	0.1441	0.0074	0.0208	0.0002	0.0123	0.0019	172.31	127.76	136.65	6.53	133.01	1.30	247.64	38.84
X01-12	3.1	62.0	159.0	0.0804	0.0269	0.1412	0.0095	0.0209	0.0004	0.0105	0.0034	1205.56	701.82	134.07	8.42	133.37	2.52	210.74	67.50
X01-13	9.2	191.3	674.4	0.0462	0.0002	0.1312	0.0011	0.0206	0.0001	0.0024	0.0002	5.66	14.82	125.17	1.00	131.45	0.89	47.71	3.94
X01-14	5.4	125.1	420.2	0.0522	0.0041	0.1379	0.0045	0.0205	0.0004	0.0038	0.0008	294.51	179.61	131.17	4.05	131.08	2.23	76.50	16.72
X01-15	3.7	90.3	219.5	0.0492	0.0008	0.1388	0.0021	0.0206	0.0002	0.0040	0.0005	166.75	38.89	131.94	1.91	131.17	1.18	80.54	10.16
X01-16	5.7	117.3	287.5	0.0478	0.0007	0.1398	0.0067	0.0209	0.0007	0.0066	0.0013	87.13	37.03	132.83	5.93	133.60	4.32	132.25	26.22
X01-17	10.6	215.1	749.6	0.0472	0.0003	0.1359	0.0014	0.0209	0.0002	0.0023	0.0002	57.50	11.11	129.34	1.21	133.22	1.09	47.44	3.51
X01-18	3.6	61.8	151.9	0.0694	0.0195	0.1432	0.0053	0.0210	0.0008	0.0160	0.0052	909.26	612.00	135.91	4.71	134.19	5.12	321.11	103.27
X01-19	9.8	202.6	666.2	0.0471	0.0003	0.1342	0.0013	0.0207	0.0002	0.0024	0.0002	53.80	17.59	127.90	1.16	131.89	1.04	48.39	4.01
X01-20	2.2	49.8	121.8	0.0489	0.0012	0.1406	0.0062	0.0205	0.0003	0.0100	0.0023	146.38	55.55	133.60	5.55	130.71	1.59	200.99	46.24

续表 1

测点号	含量($\times 10^{-6}$)			比值						年龄(Ma)									
	Pb	Th	U	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	1σ	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	1σ	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	1σ	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{232}\text{Th}}$	1σ	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	1σ	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	1σ	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	1σ	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{232}\text{Th}}$	1σ
样品	打鼓顶组流纹英安岩(X03)																		
X03-1	1.9	17.7	34.8	0.0470	0.0027	0.1483	0.0205	0.0213	0.0003	0.0115	0.0014	55.65	127.77	140.40	18.17	135.84	1.85	231.16	27.28
X03-2	6.8	46.5	86.6	0.0502	0.0014	0.1456	0.0047	0.0212	0.0003	0.0169	0.0096	211.19	62.95	137.99	4.16	134.96	1.61	338.29	191.00
X03-3	6.2	69.2	192.1	0.0486	0.0011	0.1431	0.0054	0.0211	0.0002	0.0050	0.0007	127.87	58.33	135.83	4.81	134.55	1.45	100.92	14.56
X03-4	5.7	65.6	69.5	0.0487	0.0010	0.1585	0.0032	0.0237	0.0002	0.0053	0.0007	131.57	50.92	149.41	2.80	151.26	1.22	105.95	13.84
X03-5	3.9	32.3	92.4	0.0464	0.0011	0.1421	0.0095	0.0211	0.0005	0.0280	0.0093	16.77	59.26	134.90	8.49	134.84	2.95	557.40	182.97
X03-6	4.2	11.2	23.5	0.0497	0.0020	0.1434	0.0059	0.0210	0.0002	0.0209	0.0020	183.42	92.58	136.04	5.20	134.17	1.42	419.00	39.52
X03-7	20.6	161.7	563.4	0.0492	0.0002	0.1441	0.0009	0.0213	0.0001	0.0025	0.0002	166.75	12.96	136.71	0.83	135.64	0.85	51.39	4.05
X03-8	15.7	266.5	810.0	0.0471	0.0002	0.1368	0.0010	0.0211	0.0001	0.0022	0.0002	53.80	11.11	130.19	0.88	134.42	0.81	44.58	3.69
X03-9	18.6	201.0	1156.5	0.0487	0.0004	0.1395	0.0017	0.0208	0.0002	0.0026	0.0003	131.57	13.89	132.59	1.54	132.72	1.48	51.99	6.37
X03-10	3.1	98.4	125.0	0.0513	0.0040	0.1367	0.0030	0.0209	0.0002	0.0047	0.0007	253.77	184.24	130.08	2.65	133.64	1.14	94.47	13.09
X03-11	3.7	51.5	105.8	0.0485	0.0008	0.1366	0.0021	0.0206	0.0002	0.0068	0.0008	120.46	40.74	130.01	1.88	131.59	1.03	137.19	16.47
X03-12	3.2	68.2	158.8	0.0464	0.0005	0.1318	0.0016	0.0207	0.0002	0.0045	0.0004	16.77	38.89	125.68	1.45	132.02	1.05	90.92	8.43
X03-13	5.7	73.7	116.2	0.0487	0.0011	0.1392	0.0037	0.0207	0.0002	0.0063	0.0009	131.57	53.70	132.33	3.26	132.23	1.16	127.22	17.21
X03-14	7.8	20.0	32.1	0.0469	0.0024	0.1440	0.0159	0.0212	0.0003	0.0132	0.0014	42.69	118.51	136.60	14.07	135.40	1.75	264.69	28.28
X03-15	2.8	60.1	138.4	0.0558	0.0053	0.1402	0.0070	0.0207	0.0007	0.0088	0.0018	442.64	212.94	133.20	6.23	132.13	4.12	176.71	36.89
X03-16	1.8	11.9	27.0	0.0486	0.0017	0.1423	0.0060	0.0212	0.0002	0.0161	0.0017	127.87	83.32	135.10	5.34	135.10	1.34	323.22	34.22
X03-17	4.2	50.5	109.7	0.0578	0.0080	0.1449	0.0058	0.0210	0.0004	0.0118	0.0044	520.41	307.37	137.40	5.18	134.05	2.43	237.61	87.75
X03-18	4.2	16.3	31.6	0.0490	0.0014	0.1445	0.0046	0.0214	0.0002	0.0183	0.0021	146.38	68.51	137.04	4.04	136.71	1.48	366.93	41.53
X03-19	3.3	31.7	58.6	0.0492	0.0015	0.1404	0.0053	0.0207	0.0002	0.0112	0.0018	166.75	70.36	133.37	4.72	131.98	1.41	224.75	36.98
X03-20	23.1	369.6	1358.8	0.0540	0.0050	0.1389	0.0038	0.0207	0.0003	0.0075	0.0048	372.28	211.09	132.05	3.39	132.13	1.76	150.69	95.90

表 2 相山盆地火山岩岩石化学成分、CIPW 标准矿物和主要岩石化学参数

Table. 2 Chemical composition, CIPW standard mineral and petrochemical parameters of volcanic rocks in Xiangshan volcanic basin

样号	岩性	化学成分(%)													CIPW 标准矿物		
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	烧失量	Σ	Ap	Il	Or
X002	二云片岩	62.71	0.84	18.23	0.78	5.87	0.2	2.28	0.27	0.93	4.46	0.14	3.29	100	0.32	1.65	27.25
1111 *	二长花岗斑岩	69.19	0.32	14.7	0.15	2.44	0.06	0.73	2.35	2.68	5.91	0.06	1.26	99.85	0.13	0.62	35.43
X001	碎斑熔岩	74.69	0.17	13.99	0.5	1.26	0.062	0.2	0.41	6.81	0.76	0.062	1.08	99.99	0.14	0.33	4.54
X003	碎斑熔岩	73.68	0.22	13.43	1.07	1.09	0.058	0.34	0.97	2.7	5.17	0.053	1.22	100.00	0.12	0.42	30.93
X004	黑云母花岗斑岩	69.65	0.32	13.98	0.21	2.22	0.067	0.51	1.98	2.6	5.6	0.085	2.81	100.03	0.19	0.63	34.04
1237 *	碎斑熔岩	68.28	0.6	14.91	0.32	3.41	0.11	1.42	2.48	3.01	4.24	0.23	1.39	100.4	0.51	1.15	25.31
X008	碎斑熔岩	78.17	0.12	11.77	1	0.29	0.035	0.22	0.16	2.51	4.87	0.02	0.83	100.00	0.04	0.23	29.02
X01	碎斑熔岩	76.15	0.12	12.32	0.31	1.3	0.07	0.26	0.82	2.71	5.32	0.03	0.78	100.19	0.07	0.23	31.63
1232 *	熔结凝灰岩	68.37	0.44	14.24	3.15	0.68	0.09	0.81	1.86	3.3	5	0.14	1.51	99.59	0.31	0.85	30.13
X007	沉凝灰岩	66.45	0.65	18.25	3.38	0.77	0.059	1.12	0.23	0.56	4.33	0.021	4.16	99.98	0.05	1.29	26.71
X009	沉凝灰岩	74.83	0.22	14.25	1.32	0.24	0.068	0.48	0.44	1.26	4.2	0.022	2.66	99.99	0.05	0.43	25.50
X02	碎斑熔岩	68.69	0.43	14.33	0.97	1.89	0.04	0.92	1.25	3.88	5.26	0.15	1.74	99.55	0.34	0.83	31.78
X03	流纹质英安岩	69.27	0.43	14.55	2.12	1.35	0.03	0.83	0.47	4.15	5.02	0.15	0.98	99.35	0.33	0.83	30.16
X04	流纹质英安岩	69.38	0.45	14.69	3.18	0.65	0.05	0.92	0.47	2.27	5.62	0.16	1.47	99.31	0.36	0.87	33.95
样号	岩性	CIPW 标准矿物								主要岩石化学参数							
		Ab	An	C	Mt	He	En	Fs	Q	K ₂ O/Na ₂ O	Na ₂ O+K ₂ O	TFeO	氧化系数	A/CNK	A/NK	Mg [#]	σ
X002	二云片岩	8.14	0.53	12.08	1.17	0.00	5.87	9.43	33.56	4.80	5.39	6.57	0.12	2.66	2.87	0.40	1.47
1111 *	二长花岗斑岩	23.00	10.78	0.00	0.22	0.00	1.75	3.87	23.66	2.21	8.59	2.58	0.06	0.97	1.36	0.34	2.82
X001	碎斑熔岩	58.26	1.69	1.37	0.73	0.00	0.50	1.75	30.69	0.11	7.57	1.71	0.29	1.10	1.16	0.20	1.81
X003	碎斑熔岩	23.13	4.56	1.76	1.57	0.00	0.86	0.87	35.78	1.91	7.87	2.05	0.52	1.14	1.34	0.28	2.02
X004	黑云母花岗斑岩	22.63	9.59	0.23	0.31	0.00	1.31	3.60	27.48	2.15	8.2	2.41	0.09	1.00	1.35	0.28	2.52
1237 *	碎斑熔岩	25.72	11.06	1.37	0.47	0.00	3.57	5.26	25.58	1.41	7.25	3.70	0.09	1.06	1.56	0.42	2.08
X008	碎斑熔岩	21.42	0.68	2.14	0.71	0.52	0.55	0.00	44.68	1.94	7.38	1.19	0.84	1.21	1.25	0.36	1.55
X01	碎斑熔岩	23.07	3.91	0.68	0.45	0.00	0.65	2.08	37.24	1.96	8.03	1.58	0.20	1.05	1.21	0.25	1.95
1232 *	熔结凝灰岩	28.47	8.57	0.33	1.23	2.36	2.06	0.00	25.69	1.52	8.3	3.52	0.90	1.00	1.31	0.42	2.72
X007	沉凝灰岩	4.95	1.06	12.80	0.82	2.96	2.91	0.00	46.45	7.73	4.89	3.81	0.89	3.03	3.25	0.48	1.02
X009	沉凝灰岩	10.95	2.11	7.07	0.37	1.10	1.23	0.00	51.19	3.33	5.46	1.43	0.92	1.92	2.15	0.52	0.94
X02	碎斑熔岩	33.57	5.44	0.31	1.44	0.00	2.34	2.08	21.87	1.36	9.14	2.76	0.35	1.00	1.19	0.42	3.25
X03	流纹质英安岩	35.70	1.47	1.79	3.12	0.00	2.10	0.07	24.42	1.21	9.17	3.26	0.65	1.11	1.19	0.40	3.20
X04	流纹质英安岩	19.63	1.42	4.46	0.97	2.58	2.34	0.00	33.42	2.48	7.89	3.51	0.91	1.38	1.50	0.46	2.36

注：“*”引自 1:25 万抚州市幅地质报告。

表 3 相山盆地火山岩稀土元素、微量元素含量及特征参数

Table. 3 Rare earth elements, trace elements and characteristic parameters of volcanic rocks in Xiangshan volcanic basin

样号	X002	1111 *	X004	X001	X003	1237 *	X008	X01	X02	X007	X009	1232 *	X03	X04	
岩性	二云母 片岩	二长花 岗斑岩	黑云花 岗斑岩	碎斑 熔岩	沉凝 灰岩	沉凝 灰岩	熔结 凝灰岩	流纹质 英安岩	流纹质 英安岩						
采样位置	南山		梅峰山	邹家山	南山		新建	石宜坑	石宜坑	新建	新建		石宜坑	石宜坑	
La	36	81.2	79.8	45.7	69.1	66.1	20.5	25.1	46.6	59.8	40.5	60.2	49.9	29.1	
Ce	75.2	152	143	109	98.9	79.3	48.5	51.6	94.4	71.6	57.9	114	85.1	48.4	
Pr	8.98	16.2	12.6	10.3	12.8	13.9	5.4	6.01	10.6	14.9	10.2	13.8	11.2	6.55	
Nd	33.6	56.9	42.6	37.5	44.7	46.1	20.3	21.7	38.4	53.2	34.7	51.9	39.8	25.5	
Sm	6.73	9.72	6.72	8.12	8.37	8.65	5.01	4.99	7.63	10.6	6.74	9.97	8.11	5.38	
Eu	1.35	1.38	1.11	0.56	0.94	0.88	0.3	0.35	0.96	1.03	0.73	1.64	1.05	0.67	
Gd	6.19	6.59	5.54	6.94	7.06	6.69	5.51	4.58	6.57	8.76	5.14	8.59	7.42	5.06	
Tb	1.03	0.92	0.74	1.21	1.16	0.96	1.02	0.78	1.05	1.61	0.93	1.24	1.17	0.85	
Dy	6.51	4.53	3.96	7.51	6.82	5.24	6.31	4.58	5.81	9.24	5.25	7.76	6.55	5.64	
Ho	1.28	0.81	0.7	1.43	1.27	0.93	1.29	0.93	1.08	1.77	0.98	1.49	1.24	1.07	
Er	3.82	2.3	1.95	4.32	3.68	2.48	3.84	3.02	3.44	4.87	2.93	4.54	3.87	3.48	
Tm	0.6	0.33	0.29	0.7	0.59	0.39	0.67	0.41	0.47	0.84	0.55	0.85	0.49	0.5	
Yb	3.91	1.99	1.91	4.71	3.88	2.05	4.37	2.83	3.12	5.26	3.58	4.42	3.32	3.27	
Lu	0.62	0.31	0.3	0.78	0.62	0.31	0.68	0.4	0.46	0.79	0.57	0.68	0.5	0.47	
Y	36.1	22.2	19.9	43.8	38.5	24.2	36.6	28.1	33.3	50.5	27.4	44.5	41	33.3	
ΣREE	221.92	357.38	321.12	282.58	298.39	258.18	160.3	155.38	253.89	294.77	198.1	325.58	260.72	169.24	
LR/HR	6.76	17.85	18.57	7.65	9.36	11.28	4.22	6.26	9.03	6.37	7.56	8.51	7.95	5.68	
La _N /Yb _N	6.34	28.11	28.78	6.68	12.27	22.21	3.23	6.11	10.29	7.83	7.79	9.38	10.35	6.13	
La _N /Sm _N	3.42	5.34	7.59	3.60	5.27	4.88	2.61	3.21	3.90	3.60	3.84	3.86	3.93	3.46	
Gd _N /Yb _N	1.28	2.68	2.35	1.19	1.47	2.64	1.02	1.31	1.71	1.35	1.16	1.58	1.81	1.25	
δEu	0.21	0.17	0.18	0.07	0.12	0.11	0.06	0.07	0.14	0.11	0.12	0.18	0.14	0.13	
Sr	68	190	164	53.4	106	50.6	58.5	49.3	67.6	46.9	81.9	188	48.5	66.7	
K	5.76	4.61	4.91	5.23	4.28	5.99	4.87	5.32	5.26	4.33	4.2	0.77	5.02	5.62	
Rb	196	206	202	57.8	253	279	291	307	304	308	194	258	239	367	
Ba	530	419	889	336	855	87	80.2	—	—	447	544	463	—	—	
U	3.69	—	2.96	24.1	4.41	—	6.87	7.86	6.7	6.26	7.59	—	8.79	4.86	
Th	18.3	23.1	19.5	32.8	28.3	30	32.6	20.5	23.2	32.2	31.4	23.1	21.8	22	
Ta	1.3	3.63	1.15	3.3	1.66	7.54	4.3	1.89	2.08	4.11	3.36	13.3	2.1	2.1	
Nb	18.0	15.8	22.0	33.3	32.0	16.3	30.8	14.0	18.6	17.0	22.0	18.7	18.0	18.4	
Ce	75.2	180	143	109	98.9	114	48.5	51.6	94.4	71.6	57.9	182	85.1	48.4	
P	0.09	0.14	0.02	0.05	0.23	0.06	0.02	0.03	0.15	0.021	0.022	0.06	0.15	0.16	
Zr	216	225	221	163	175	91.9	118	128	194	247	148	193	204	208	
Hf	6.26	6.39	6.35	4.95	5.17	2.93	3.67	4.36	6.56	7.17	4.53	5.61	7.45	6.41	
Sm	6.73	2.69	6.72	8.12	8.37	9.57	5.01	4.99	7.63	10.6	6.74	7.17	8.11	5.38	
Ti	0.33	0.87	0.12	0.22	0.61	0.32	0.12	0.12	0.43	0.65	0.22	0.17	0.43	0.45	
Y	36.1	22.2	19.9	43.8	38.5	24.2	36.6	28.1	33.3	50.5	27.4	44.5	41	33.3	
Yb	3.91	1.99	1.91	4.71	3.88	2.05	4.37	2.83	3.12	5.26	3.58	4.42	3.32	3.27	
n(Rb)/n(Sr)	2.88	1.08	1.23	1.08	2.39	5.51	4.97	6.23	4.50	6.57	2.37	1.37	4.93	5.50	
n(Rb)/n(Ba)	0.37	0.49	0.23	0.17	0.30	3.21	3.63	—	—	0.69	0.36	0.56	—	—	
n(U)/n(Th)	0.20	—	0.15	0.73	0.16	—	0.21	0.38	0.29	0.19	0.24	—	0.40	0.22	
n(Th)/n(Ta)	14.08	6.36	16.96	9.94	17.05	3.98	7.58	10.85	11.15	7.83	9.35	1.74	10.38	10.48	

注：“*”引自 1:25 万抚州市幅地质报告。

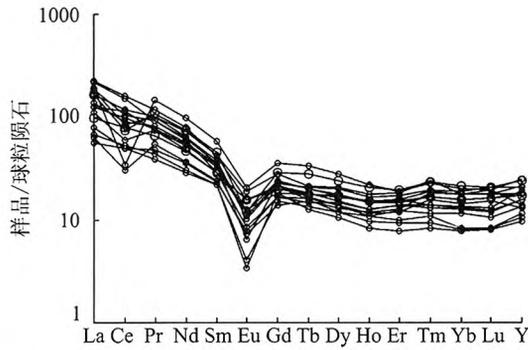


图6 相山盆地火山岩稀土元素球粒陨石标准化配分曲线图

Fig. 6 Chondrite-normalized REE distribution patterns of volcanic rocks in Xiangshan volcanic basin

火山岩微量元素 MORB 标准化蛛网图上(图7), Sr、P、Ti 亏损, 指示地壳物质参与了岩浆过程, 并发生了斜长石、磷灰石和钛铁矿的分离结晶, 岩浆经历了较强的分异作用。

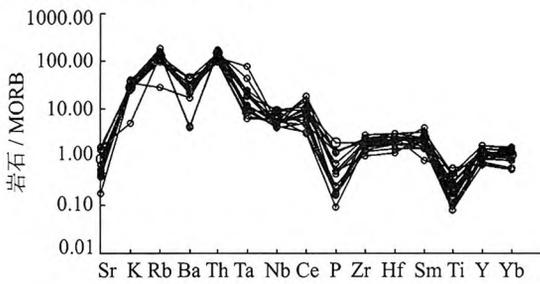


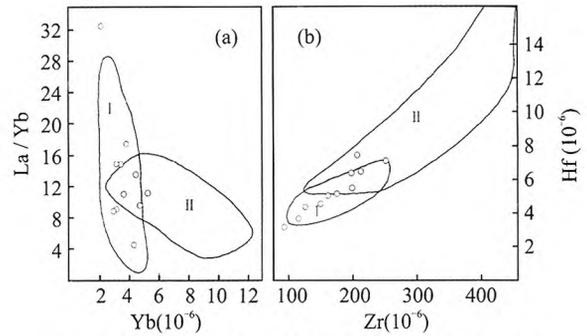
图7 相山盆地火山岩微量元素 MORB 标准化蛛网图
Fig. 7 MORB-normalized trace elements spider diagram of volcanic rocks in Xiangshan volcanic basin

4 火山岩形成的构造环境

相山火山岩 Yb-La/Yb、Zr-Hf 构造环境判别图(图8)显示, 空落相、灰流溢流相、侵出相等火山岩样品共 11 个, 其中 10 个落在弧火山岩和伸展盆地火山岩重叠区及其附近, 具碰撞挤压和拉张减薄环境特征, 反映出不同构造机制的转换叠加效应。研究认为, 相山火山岩形成于太平洋板块俯冲作用下, 玄武岩浆的底侵使地壳物质发生部分熔融, 火山岩浆形成于陆内碰撞挤压环境, 就位于弧后伸展拉张环境。

5 讨论与结论

东南大陆边缘(包括苏、浙、闽、赣、粤、琼诸省)中生代火山岩浆活动强烈, 以其范围广、持续时间长而著称, 形成大面积中生代火山岩带, 构成环(滨)太平洋火成岩带的重要组成部分。历来是学术界关注万方数据



I-弧火山岩; II-伸展盆地(大陆裂谷或弧后盆地)火山岩

图8 相山火山岩 Yb-La/Yb、Zr-Hf 构造环境判别图

Fig. 8 Yb-La/Yb、Zr-Hf structural setting diagrams of Xiangshan volcanic rocks

的热点地区, 近年来, 随着研究的深入和发展, 对发生在中生代的盆-岭构造和火山活动形成的大地构造背景、地球动力学机制等, 提出了许多新的认识^[19-25]。邢光福等(2002)^[22]提出南岭地区早侏罗世双峰式火成岩的形成标志着印支挤压造山的结束, 之后东南大陆进入晚中生代北东向活动大陆边缘俯冲造山阶段, 经历了挤压造山—剪切拉张过程, 并在晚白垩世末期进入新一轮后造山拉张裂解阶段, 即中生代时东南大陆边缘经历了早中生代(三叠纪—早侏罗世)和晚中生代(中侏罗世—晚白垩世)两期造山事件, 其中早侏罗世的区域拉张作用是特提斯构造域向滨太平洋构造域转换的前奏, 构造域转换可能始于中侏罗世。浙赣地区晚于南岭, 从晚侏罗世开始^[26]。

中国东南部的中生代早白垩世火山岩由西向东由老到新, 相山火山盆地处于最西端, 具有明显的东西向构造域与北东向构造域叠加特征, 随着火山活动由西向东迁移, 该盆地应该是早白垩世最早开始火山活动和最早结束火山活动的地区之一。因此, 盆地内东西向构造与北东向构造的转换时间, 或可代表区域上东西向构造域与北东向构造域转换的强烈叠加时间。

相山火山断陷盆地是在类前陆盆地基础上发展起来的, 中、晚侏罗世的挤压抬升剥蚀后, 逐渐转为伸展构造环境, 盆地在原基础上张开, 开始接受陆源碎屑沉积, 并伴随微弱的火山活动, 开始了第一阶段打鼓顶组火山活动。此时东西向基底主构造线控制着盆地的展布, 而火山通道推测为东西向基底断裂。随后, 火山活动逐渐加强, 形成流纹英安岩、角砾熔岩及熔结凝灰岩, 夹间歇沉积。火山活动表现为强

烈的喷发溢流。第一阶段形成的流纹英安岩、熔结凝灰岩、凝灰质砂岩等主要分布于盆地北部、西部,东部缺失,具有明显的不对称性,因此这一阶段的火山喷发不是中心式喷发,而是沿东西向基底断裂的裂隙式喷发。进入第二阶段鹅湖岭组,构造体制发生了重大改变,北东向构造活动取代东西向占据主导,北东向构造叠加于第一阶段打鼓顶组火山岩之上,在盆地西北部发育一系列北东向断裂,而北东向断裂构造对碎斑熔岩(鹅湖岭组)的叠加影响较小,向盆地中部减弱,中心相没有叠加,也即碎斑熔岩部分掩盖了北东向构造形迹,说明北东向构造活动主期形成于第一阶段火山喷发之后,第二阶段火山活动之前。在东西向与北东向构造复合部位,形成中心式火山活动通道,并扩展了火山活动空间,形成的巨量碎斑熔岩蚕食了部分早期形成的火山岩,并夹带大量基底变质岩,整体向东发生了部分迁移,也即第二阶段火山活动为中心式火山喷发,火山通道为北东向与东西向断裂交汇处。

推断,第一阶段火山活动晚期(打鼓顶组流纹英安岩)到第二阶段火山活动早期(鹅湖岭组边缘相碎斑熔岩),也即 133.87 ± 0.76 Ma 至 132.01 ± 0.7 Ma 间,是东西向构造域向北东向构造域转换的强烈时期。而火山岩兼具碰撞挤压和拉张减薄环境特征,也反映出不同构造机制的转换叠加效应。

综合认为,扬子东南缘浙赣地区从晚侏罗世开始的特提斯构造域向太平洋构造域的转换,在早白垩世早期的 133.87 ± 0.76 Ma 至 132.01 ± 0.7 Ma 间经历了强烈转换期,之后进入太平洋构造转换体制。

参考文献

- [1] 许靖华,孙枢,李继亮. 是华南造山带而不是华南地台[J]. 中国科学(B辑),1987,(10):1107-1115.
- [2] 殷鸿福,吴顺宝,杜远生,等. 华南是特提斯多岛洋体系的一部分[J]. 地球科学,1999,24(1):1-11.
- [3] 王德滋,周新民. 中国东南部晚中生代花岗质花岗岩-侵入杂岩成因与地壳演化[M]. 北京:科学出版社,2002:1-21.
- [4] 张岳桥,徐先兵,贾东,等. 华南早中生代从印支期碰撞构造体系向燕山期俯冲构造体系转换的形变记录[J]. 地学前缘,2009,16(1):234-247.
- [5] 徐先兵,张岳桥,贾东,等. 华南早中生代大地构造过程[J]. 中国地质,2009,36(3):576-593.
- [6] 李继亮. 中国东南大陆及相邻海域岩石圈结构、组成与演化[J]. 地球科学进展,1996,11(2):211-222.
- [7] 水涛. 中国东南大陆基底构造格局[J]. 中国科学(B辑),1987,(4):414-422.
- [8] 王德滋,刘昌实,沈谓洲,等. 江西东乡-相山中生代 S 型火山岩带的发现及其地质意义[J]. 科学通报,1991,36(19):1491-1493.
- [9] 陈小明,陆建军,刘昌实,等. 桐庐、相山火山-侵入杂岩单颗粒锆石 U-Pb 年龄[J]. 岩石学报,1999,15(2):272-278.
- [10] 王德滋,周金城,邱检生,等. 中国东南部晚中生代花岗质火山-侵入杂岩特征与成因[J]. 高校地质学报,2000,6(4):487-498.
- [11] 邵飞,徐恒力. 水-岩相互作用及其与铀矿成矿关系研究—以相山矿田为例[M]. 北京:地质出版社,2009:20-24.
- [12] Nasdala L, Hofmeister W, Norberg N, et al. Zircon M257: A homogeneous natural reference material for the ion microprobe U-Pb analysis of zircon [J]. Geostandards and Geoanalytical Research, 2008, 32: 247-265.
- [13] Liu Y S, Gao S, Hu Z C, et al. Continental and oceanic crust recycling-induced melt-peridotite interactions in the Trans-North China Orogen: U-Pb dating, Hf isotopes and trace elements in zircons of mantle xenoliths [J]. Journal of Petrology, 2009, 51(1-2): 537-571.
- [14] Ludwig, K R. User's manual for Isoplot 3.0: Geochronological Toolkit for Microsoft Excel [M]. Berkeley Geochronology Center Special Publication, 2003, 4: 1-70.
- [15] 侯可军,李延河,田有荣. LA-MC-ICP-MS 锆石微区原位 U-Pb 定年技术[J]. 矿床地质,2009,28(4):481-192.
- [16] Sláma J, Kosler J, Condon D J, et al. Plesovice zircon: A new natural reference material for U-Pb and Hf isotopic microanalysis [J]. Chemical Geology, 2008, 249: 1-35.
- [17] Corfu F, Hancher J M, Hoskin P W O et al. Atlas of zircon textures [J]. Reviews in Mineralogy and Geochemistry, 2003,53: 469-500.
- [18] Wu Y B, Zheng Y F. Genesis of zircon and its constraints on interpretation of U-Pb age [J]. Chinese Science Bulletin,2004, 49: 1554-1569.
- [19] 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,2000,10(3):240-247.
- [20] 余心起,吴淦国,张达,等. 中国东南部中生代构造体制转换作用研究进展[J]. 自然科学进展,2005,15(10):1167-1174.
- [21] 唐春花,张福神,张旭,等. 江西广丰岭地早白垩世破火山口地质和地球化学特征及其构造意义[J]. 资源调查与环境,2013,34(2):14-22.
- [22] 邢光福,卢清地,陈荣,等. 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[J]. 地质学报,2008,82(4):451-463.

- [23] 黄志忠,楼法生. 北武夷铜钹山花岗质火山-侵入杂岩岩石地球化学[J]. 资源调查与环境, 2002, 23(2): 140-148.
- [24] 邢光福,杨祝良,毛建仁,等. 东南大陆边缘早侏罗世火成岩特征及其构造意义[J]. 地质通报, 2002, 21(7): 384-391.
- [25] 张岳桥,徐先兵,贾东,等. 华南早中生代从印支期碰撞构造体系向燕山期俯冲构造体系转换的形变记录[J]. 地学前缘, 2009, 16(1): 234-247.
- [25] 唐春花,陈辉明,宛胜,等. 扬子东南缘浙赣地区中生代盆地演化与构造环境研究[J]. 资源调查与环境, 2014, 35(3): 169-177.

Mesozoic tectonic regime transformation in southeastern margin of the Yangtze platform: taking Xiangshan volcanic basin in Jiangxi Province as an example

TANG Chun-hua¹, YAN Quan-ren², CHEN Hui-ming², XIANG Zhong-jin²,
ZHANG Xu³, ZHANG Fu-shen¹, WAN Sheng¹

(1 *Jiangxi Institute of Geological Survey, Nanchang 330030, China*)

(2 *Institute of Geology Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China*)

(3 *Two nine two team of Guangdong Province Nuclear Industry Geological Bureau, Heyuan 517000, China*)

Abstract: Xiangshan volcanic basin in Jiangxi Province is located in the west part of late Mesozoic volcanic-intrusive complexes of southeast China. EW and NE extending structural systems superposition existed in the basin is very important to research Mesozoic tectonic transformation in southeastern margin of the Yangtze platform. The results of LA-ICP-MS U-Pb dating for zircons of rhyolitic dacite and marginal cataclast lava, and research of geochemistry and structural geology show that the EW extending structural system converting NE tectonic framework occurred in 133.87 ± 0.76 Ma to 132.01 ± 0.7 Ma, representing the time of Mesozoic tectonic transformation in southeastern margin of the Yangtze platform.

Key words: volcanic-intrusive complex; zircon LA-ICP-MS dating; tectonic transformation; Xiangshan volcanic basin; Jiangxi Province