

文章编号: 1000- 6524 (2002) 01- 0031- 09

赣东北地区早白垩世火山岩的岩石学 及岩石化学特征

王 勇^{1,2}, 余达淦², 管太阳², 刘平辉², 巫建华²

(1. 中国地质大学 地球科学与资源学院, 北京 100083; 2. 华东地质学院, 江西 抚州 344000)

摘 要: 岩石学及岩石化学特征表明, 赣东北地区早白垩世火山岩及次火山岩主要有: 玄武岩、伊丁石化橄榄玄武岩、橄榄玄武粗安岩、粗面玄武岩、安粗岩、粗面英安岩、粗面岩、流纹岩、凝灰岩及花岗斑岩等, 可划分为高钾钙碱性、橄榄安粗岩和碱性玄武岩 3 个系列。高钾钙碱性系列富 Si、K, 贫 Mg、Fe、Ca、Al; 橄榄安粗岩系列和碱性玄武岩系列富碱, 尤其富 K, 富 Al、Ti, 贫 Si。相比之下, 橄榄安粗岩系列比碱性玄武岩系列更富 K、Al、Ti、Si。本区复杂的火山岩很可能是晚中生代时期古太平洋巨大板块中 Faralong、Jzanagi、Kula 等板块相对亚洲大陆走滑和斜向俯冲及在大陆内产生的 NE- NNE 向平移剪切- 伸展拉张的结果。

关键词: 早白垩世; 火山岩; 岩石学; 岩石化学; 赣东北

中图分类号: P588.14 **文献标识码:** A

Petrological and petrochemical characteristics of Early Cretaceous volcanic rocks in northeast Jiangxi Province

WANG Yong^{1,2}, YU Da_gan², GUAN Tai_yang², LIU Ping_hui² and WU Jian_hua²

(1. Faculty of Earth Sciences and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2. East China Geological Institute, Fuzhou, Jiangxi 344000, China)

Abstract: Petrological and petrochemical characteristics show that there exist such volcanic and subvolcanic rock types as basalt, iddingsite olivine basalt, olivine basaltic trachyandesite, trachybasalt, latite, trachydacite, trachyte, rhyolite, tuff and granite- porphyry in northeast Jiangxi Province. The volcanic rocks can be subdivided into high K calc_alkaline series, shoshonite series and alkaline basalt series. The high K calc_alkaline series is rich in Si, K, and poor in Mg, Fe, Ca, Al. The shoshonite series and alkaline series are rich in K, Al, Ti and poor in Si. It seems that shoshonite is richer in K, Ti, Si and poorer in Mg, Fe, Ca than alkaline basalt series. These complicated volcanic rocks might have resulted from strike- shift and angled subduction of Faralong, Izanagi and Kula plates relative to Asian continent and the NE-

收稿日期: 2001- 06- 07; 修订日期: 2001- 09- 20

基金项目: 核工业科学基金资助项目(Y7196R1802); 核能资源研究开放实验室资助项目(H9508)

作者简介: 王 勇(1962-), 男, 博士研究生, 主要从事岩浆岩岩石学研究。

NNE trending strike- shift shearing and extension generated from the plates movement.

Key words: Early Cretaceous; volcanic rock; petrology; petrochemistry; northeast Jiangxi Province

1 区域地质概况

研究区位于江西省东北部,东至广丰、玉山,西至鹰潭、东乡,大体沿浙赣铁路南侧展布,主体属于华夏地块,位于北东向赣杭构造-火山岩带的近东西向转折部位。赣杭构造-火山岩带在大地构造上属于两个一级大地构造单元的接壤部位,以宜春-绍兴断裂为界,北区属扬子地块,南区属华夏地块。本区中生代火山岩系地层自下而上可分为 4 组:晚侏罗世的打鼓顶组、鹅湖岭组和早白垩世的石溪组、周家店组。打鼓顶组以沉积岩、火山碎屑沉积岩为主,顶部常见安山岩,以喷发灰流相与碎屑沉积岩组成的沉积-火山建造为特征;鹅湖岭组为一套以酸性、中酸偏碱性为主的火山杂岩系。白垩系分布较广,为一套巨厚的陆相红色碎屑岩建造,石溪组为一套杂色正常沉积碎屑岩夹火山岩地层,周家店组不整合于石溪组之上,为砖红色厚层状砾岩、砂砾岩、含砾砂岩、细砂岩,夹玄武岩;晚白垩世南雄组为砖红色的磨拉石建造。酸性岩石的 Rb-Sr 等时线年龄为 $124.51 \text{ Ma} \pm 11.90 \text{ Ma}$ 、 $110.83 \text{ Ma} \pm 3.16 \text{ Ma}$ (余达淦等,1999),玄武质岩石的 $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$ 同位素年龄为 $101.8 \text{ Ma} \pm 3.2 \text{ Ma}$ (李坤英等,1989)、 98.0 Ma 及 91.7 Ma (王勇等,1997),属于早白垩世。本区火山岩构成中生代中国东南大陆火山岩带的北西边界,其特征既不同于典型的陆缘弧型钙碱性火山岩,也不同于长江中下游中生代火山岩,阐明其岩石成因对探讨中国东南大陆边缘中生代火山岩的成因和构造环境具有重要的理论意义。

2 火山岩的岩石学特征

本区早白垩世火山岩及次火山岩主要有:玄武岩、伊丁石化橄榄玄武岩、橄榄玄武粗安岩、粗面玄武岩、安粗岩、粗面英安岩、粗面岩、流纹岩、凝灰岩及花岗斑岩等。

(1) 安粗岩 主要分布于铅山盆地,位于石溪组中下部,多层产出,厚度数米至十余米;深灰色,致密块状,斑状或无斑隐晶结构;斑晶少于 5%,主要为钾长石及斜长石,遭受程度不等的绿泥石与碳酸盐化;基质为隐晶质,主要为钾长石微晶及少量磁铁矿,粗面结构。

(2) 粗面英安岩与粗面岩 主要见于铅山盆地与东乡盆地石溪组中,厚 17.9~30 m,岩石呈深灰色-浅灰红色,致密块状,玻基斑状结构,斑晶以钾长石为主,含量 10%~15%,晶形较完整,但裂纹发育,常遭受溶蚀而呈港湾状。斑晶多已破裂,但仍保持同一光性方位,说明这种碎斑并非爆发的产物。长石斑晶具珠边及刺状增生现象,少数样品含少量斜长石、石英斑晶。基质由细小的钾长石微晶及玻璃组成,具粗面、似粗面结构。在东乡的粗面英安岩中,钾长石骸晶呈炉条状,含大约 5% 的碱性矿物星叶石。部分粗面英安岩、粗面岩具流动构造,由塑性岩屑呈飘带状、火焰状在熔岩中定向排列而显示出流动构造。

(3) 流纹岩 见于广丰下余,浅灰色至浅紫色,斑状结构,流纹构造发育。斑晶主要为石英、钾长石,钾长石斑晶具蠕虫结构,部分石英次生加大,基质由玻璃质组成,因脱玻化产生脱玻结构或隐晶质-霏细质脱玻结构,可分辨出隐晶质-霏细状长英质体。部分长英质

体呈球粒结构,由纤维状长英质微粒自中心向外呈放射状生长而形成。该流纹岩具角砾熔岩特征,角砾粒径 2~40 mm,大小混杂,多呈混圆状,外围有一层烘烤边,角砾成分为凝灰岩与安山岩。

(4) 凝灰岩 分布广泛,呈灰紫色、紫红色、浅灰色,凝灰-弱熔结结构,块状构造。晶屑为石英、钾长石、斜长石,含量 15%~50%,玻屑呈弧面多角形,具球粒脱玻结构,胶结物为火山尘。

(5) 玄武岩 主要分布于广丰、铅山及余江,在早白垩世周家店组中呈夹层产出。岩石呈黑色、灰黑色,致密块状、气孔状或杏仁构造,全晶质斑状结构。基质为间粒结构,主要由斜长石、单斜辉石和橄榄石组成。斜长石号码为 26~69。广丰下余玄武岩中的辉石明显为两个世代,部分辉石呈斑晶产出。橄榄石已伊丁石化、金云母化,镜下可见约 5% 的磁铁矿。下余玄武岩层上部有气孔构造,并为石英、碳酸盐矿物充填构成杏仁体。具气孔构造的玄武岩厚 1~3 m,气孔量可达 30%~50%。

(6) 橄榄玄武粗安岩、粗面玄武岩 见于玉山、广丰,岩石呈黑色、灰黑色致密块状。全晶质斑状结构,基质为交织结构或间粒结构。有趣的是玉山谨山的橄榄玄武粗安岩同时具有这两种结构,在交织结构中有呈团块出现的间粒结构。主要由斜长石、单斜辉石、橄榄石组成,钾质粗面玄武岩中存在成分为 $Or_{56.4}Ab_{39.75}An_{3.84}$ 的钾长石。斜长石为 $An=32$ 的中长石。这与长江中下游庐枞中生代橄榄安粗火山岩系中同时出现透长石与斜长石的现象(于学元等,1981)一致。橄榄石多已伊丁石化与金云母化,尚有少量磁铁矿。

(7) 花岗斑岩 主要见于广丰泉波下白垩统周家店组红色盆地中,呈岩墙产出,穿插于红色砂泥岩建造中,单条宽度几米至二十余米,平行等间距产出,成群出现。肉红色至浅灰色,斑状结构,块状构造,斑晶主要为钾长石、斜长石与石英,基质主要由粗粒石英、长石组成,具花斑结构、球粒结构。

3 火山岩的岩石化学特征

3.1 岩石类型

本区早白垩世火山岩的岩石化学分析数据(表 1)基本上能反映其化学成分特征。采用国际地科联推荐的 TAS 图(Le Maitre *et al.*, 1989),结合岩石的矿物成分、镜下特征,对本区火山岩进行分类命名(图 1),岩石类型主要有:玄武岩、伊丁化橄榄玄武岩、橄榄玄武粗安岩、粗面玄武岩、安粗岩、粗面英安岩、粗面岩、流纹岩、凝灰岩、花岗斑岩等。

3.2 岩石系列

在 Macdonald 的分类图上(1968),本区中基性火山岩主要落入碱性系列,酸性岩大部分落入亚碱性系列,少部分在分界线附近落入碱性系列。在 Rickwood 的硅-钾图(1989)中落入橄榄安粗岩系的中基性火山岩区内(图 2),具有高碱、高钾、高铝的特点,构成本区的橄榄安粗岩系;橄榄安粗岩系之外的落入碱性系列的玄武岩构成本区的碱性玄武岩系列;而酸性火山岩落入高钾钙碱性系列。

3.3 岩石化学特征

(1) 橄榄安粗岩系列

本区的橄榄安粗岩系由橄榄玄武粗安岩、粗面玄武岩、安粗岩构成,其主要氧化物特征

表 1 火山岩岩石化学分析数据

 $w_B/\%$

Table 1 Major petrochemical data of volcanic rocks

样号	地区	岩性	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	MnO	LOI	Total
MW1	铅山	安粗岩	59.82	16.04	1.27	5.02	1.65	2.01	0.71	4.6	3.46	0.31	0.09	3.48	98.46
ZJ1	铅山	安粗岩	59.56	16.06	1.24	2.9	2.49	2.74	0.84	4.29	3.18	0.32	0.124	4.73	98.47
SC1	铅山	粗面英安岩	66.67	15.44	0.52	2.52	0.34	0.73	0.31	7.48	2.78	0.099	0.122	2.02	99.03
WT1	铅山	粗面英安岩	66.37	16.37	0.57	1.9	0.49	0.54	0.28	7.31	2.84	0.099	0.06	2.65	99.48
WS1	铅山	粗面英安岩	70.4	13.74	0.48	2.1	1.07	0.56	0.2	6.85	2.74	0.13	0.06	1.14	99.47
WS2	铅山	粗面英安岩	66.92	15.56	0.51	3.81	0.38	0.42	0.12	7.38	2.62	0.074	0.044	1.9	99.74
JJ1	铅山	粗面英安岩	68.15	14.75	0.48	3.11	0.68	0.69	0.083	6.82	3.14	0.09	0.184	1.47	99.65
BJ1	铅山	粗面英安岩	67.06	15.42	0.55	2.86	0.81	0.58	0.14	7.48	2.5	0.1	0.185	2.16	99.85
WX1-1	东乡	粗面英安岩	67.82	14.9	0.43	3.23	0.8	0.59	0.37	7.28	2.56	0.12	0.08	1.72	99.9
WX2	东乡	粗面英安岩	67.62	15.26	0.43	2.95	0.84	0.35	0.19	7.25	2.3	0.11	0.053	2.14	99.49
WX1-2	东乡	粗面英安岩	69.56	14.64	0.32	2.68	0.47	0.3	0.2	7.27	2.15	0.09	0.072	1.76	99.51
SZ1	铅山	粗面岩	66.91	16.13	0.56	1.35	1.04	1.16	0.2	7	3.52	0.13	0.077	1	99.08
WT2	铅山	粗面岩	65.48	15.99	0.59	3.09	0.53	1.12	0.46	7.01	3.25	0.14	0.1	2.18	99.94
XY2*	广丰	流纹岩	73.92	12.16	0.12	0.31	0.9	0.39	0.35	6.33	3.27	0.013	0.078	0.96	98.80
SF1	铅山	凝灰岩	71.44	13.35	0.23	1.67	0.6	1.55	0.13	6.22	1.18	0.088	0.073	2.64	99.17
JJ2	铅山	凝灰岩	73.11	12.19	0.19	1.71	0.52	1.54	0.24	5.68	0.57	0.052	0.064	3.56	99.43
QB8*	广丰	凝灰岩	67.47	11.71	0.557	2.84	1.54	4.26	1.32	3.72	3.62	0.113	0.135	2.2	99.49
JS1	玉山	橄榄玄武粗安岩	50.87	16.06	1.81	4.8	4.28	6.8	4.16	2.86	3.66	0.66	0.181	2.82	98.96
GS1	玉山	橄榄玄武粗安岩	51.5	16.8	1.94	6.16	2.78	6.88	3.92	2.82	3.56	0.72	0.14	2.88	100.1
XT1	铅山	伊丁石化橄榄玄武岩	49.31	15.05	1.51	8.29	3.33	7.36	6.08	1.17	2.68	0.2	0.124	4.18	99.28
YB1	余江	橄榄玄武岩	48.61	15.05	2.07	2.12	8.76	8	7.78	1.51	3.44	0.45	0.191	1.22	99.20
DS1*	广丰	粗面玄武岩	47.93	15.6	1.665	5.9	3.52	7.76	4.7	2.15	4.41	0.845	0.13	6.1	100.71
XY1*	广丰	玄武岩	47.59	16.73	1.362	4.27	5.71	8.52	8.33	1.39	3.55	0.536	0.179	2.38	100.55
SD1*	广丰	伊丁石化橄榄玄武岩	47.29	16.35	1.372	6.62	4.2	9.03	6.53	1.29	3.49	0.26	0.194	3.05	99.68
QB1*	广丰	花岗斑岩	76.1	12.23	0.111	0.64	0.83	0.08	0.2	5	2.73	0.016	0.073	1.47	99.48
QB3*	广丰	花岗斑岩	76	12.15	0.092	0.42	0.57	0.1	0.47	4.75	3.08	0.018	0.05	1.16	98.86
QB4*	广丰	花岗斑岩	76.11	12.97	0.105	0.29	0.68	0.16	0.36	5.45	2.8	0.023	0.048	1.19	100.19
QB5*	广丰	花岗斑岩	76.75	12.94	0.103	0.08	0.5	0.1	0.2	4.38	3.53	0.032	0.043	1.77	100.43
QB6*	广丰	花岗斑岩	74.44	12.17	0.112	0.17	0.72	0.16	0.48	5.53	3.9	0.036	0.062	1.09	98.87

* 由核工业北京地质研究院测定,其余由国土资源部宜昌地质研究所测定;测试方法: XRF 法;样品 MW1~ QB8* 属石溪旋回, JS1~ QB6* 属周家店旋回。

见表 2。本区 SiO₂ 含量为 50.87% 与 51.5% 的钾质粗面玄武岩、橄榄玄武粗安岩的 K₂O/Na₂O 值分别为 0.78 与 0.79, 而 SiO₂ 含量为 59.56% 与 59.82% 的安粗岩 K₂O/Na₂O 值分别为 1.35 与 1.33, 与典型的橄榄安粗岩系 (Morrison, 1980) 有一定的差异。本区橄榄安粗岩系 TiO₂ 含量为 1.24% ~ 1.94%, 高于典型橄榄安粗岩系的 1.3% (Morrison, 1980)。主要氧化物的这些特征, 尤其是富钾, 导致岩石富集大离子亲石元素 K、Rb、Cs、Sr、Ba 和轻稀土元素, 亏损高场强元素 Hf、Y、Nb、Ti、Cr、Co、Ni 等幔源特征元素含量偏低 (王勇等, 1997)。本区橄榄安粗岩系 (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr)_i 为 0.7087, 典型的橄榄安粗岩系为 0.704~0.708。本区橄榄安粗岩系出现钾长石、富钙单斜辉石和斜长石共生 (安徽庐枞地区安粗岩系) 的典型特征。综上所述, 本区富碱、高钾、高铝的中基性火山岩既不同于碱性岩系列, 也明显有别于岛弧和大陆边缘安山岩系, 而可与橄榄安粗岩系相比较。

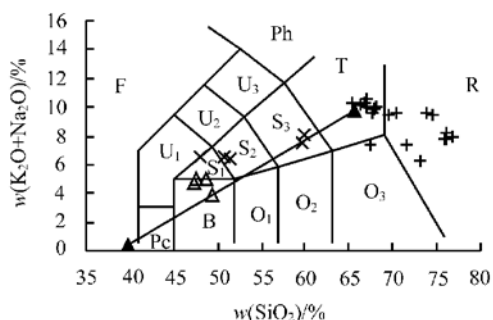


图 1 火山岩的 TAS 图 (据 Le Maitre *et al.*, 1989)

Fig. 1 TAS diagram of volcanic rocks

F—副长石岩; Pc—苦橄玄武岩; U₁—碱玄武岩、碧玄武岩; U₂—响岩质碱玄武岩; U₃—碱玄质响岩; Ph—响岩; S₁—粗面玄武岩; S₂—玄武粗安岩; S₃—粗安岩; T—粗面岩、粗面英安岩; B—玄武岩; O₁—玄武安山岩; O₂—安山岩; O₃—英安岩; R—流纹岩; ▲—碱性亚碱性分界线 (Macdonald, 1967); △—碱性玄武岩系; ×—橄辉安粗岩系; +—高钾钙碱性岩系

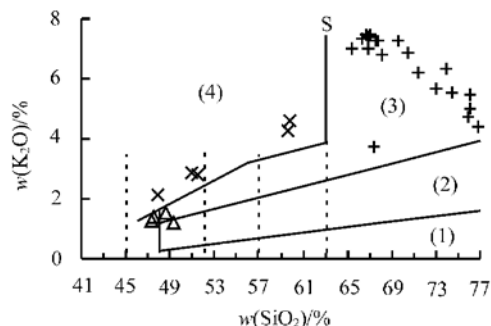


图 2 火山岩 K₂O—SiO₂ 图 (据 Rickwood, 1989)

Fig. 2 K₂O versus SiO₂ diagram

(1) 低钾(拉斑玄武岩)系列; (2) 中钾钙碱性系列; (3) 高钾钙碱性系列; (4) 橄辉安粗岩系列; 线条 S 据 Peccerillo 等(1976) (图例同图 1)

表 2 主要氧化物特征对比

Table 2 Characteristics of major oxides

特征值	本区橄辉安粗岩系	Morrison 的橄辉安粗岩系(1980)
Al ₂ O ₃	15.6% ~ 16.8%	14% ~ 19%
K ₂ O+ Na ₂ O	6.38% ~ 8.06%	> 5%
Fe ₂ O ₃ /FeO	1.12~ 3	> 0.5
K ₂ O/Na ₂ O	0.49~ 1.35	> 0.6
TiO ₂	1.24% ~ 1.94%	1.3%

(2) 碱性玄武岩系列

本区碱性玄武岩系列由玄武岩、橄辉玄武岩构成, SiO₂ 含量为 47.29% ~ 49.31%, 比橄辉安粗岩系略低; Al₂O₃ 较高, 为 15.05% ~ 16.73%; TiO₂ 含量为 1.362% ~ 2.07%, 总体较橄辉安粗岩系略高; 全碱含量为 3.85% ~ 4.95%, K₂O/Na₂O 值为 0.37~ 0.44, 较橄辉安粗岩系低; Fe₂O₃/FeO 值为 0.24~ 2.49, 比橄辉安粗岩系略低; MgO 含量为 6.08% ~ 8.33%, 较橄辉安粗岩系的 0.71% ~ 4.7% 高; CaO 含量为 7.36% ~ 9.03%, 较橄辉安粗岩系的 2.01% ~ 7.76% 高; Cr、Co、Ni 亏损程度比橄辉安粗岩系略低; 亏损 U、Nb、Ti、Hf 等高场强元素; 富集 K、Ba、Cs 等大离子亲石元素; ΣREE 为 115.46 × 10⁻⁶ ~ 231.77 × 10⁻⁶, La_N/Yb_N 为 8.43~ 20.02, 而橄辉安粗岩系分别为 291.5 × 10⁻⁶ ~ 367.7 × 10⁻⁶, La_N/Yb_N 为 23~ 25.9 (王勇等, 1997), 说明该岩系比橄辉安粗岩系贫 REE, 尤其是 LREE; (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr)_i 为 0.7063~ 0.7086, 较橄辉安粗岩系略低。从以上特征可以看出碱性玄武岩系列明显有别于橄辉安粗岩系列。

图 3 为本区早白垩世火山岩的主元素化学成分演化图。从图中可以看出, 本区的中基

性岩随着 SiO_2 含量的增加, Al_2O_3 、 Na_2O 含量总体上保持不变, FeO_T 、 MgO 、 CaO 、 TiO_2 含量总体上呈降低趋势, 全碱与 K_2O 含量呈上升趋势, 全碱含量的变化主要由 K_2O 的变化所引起。

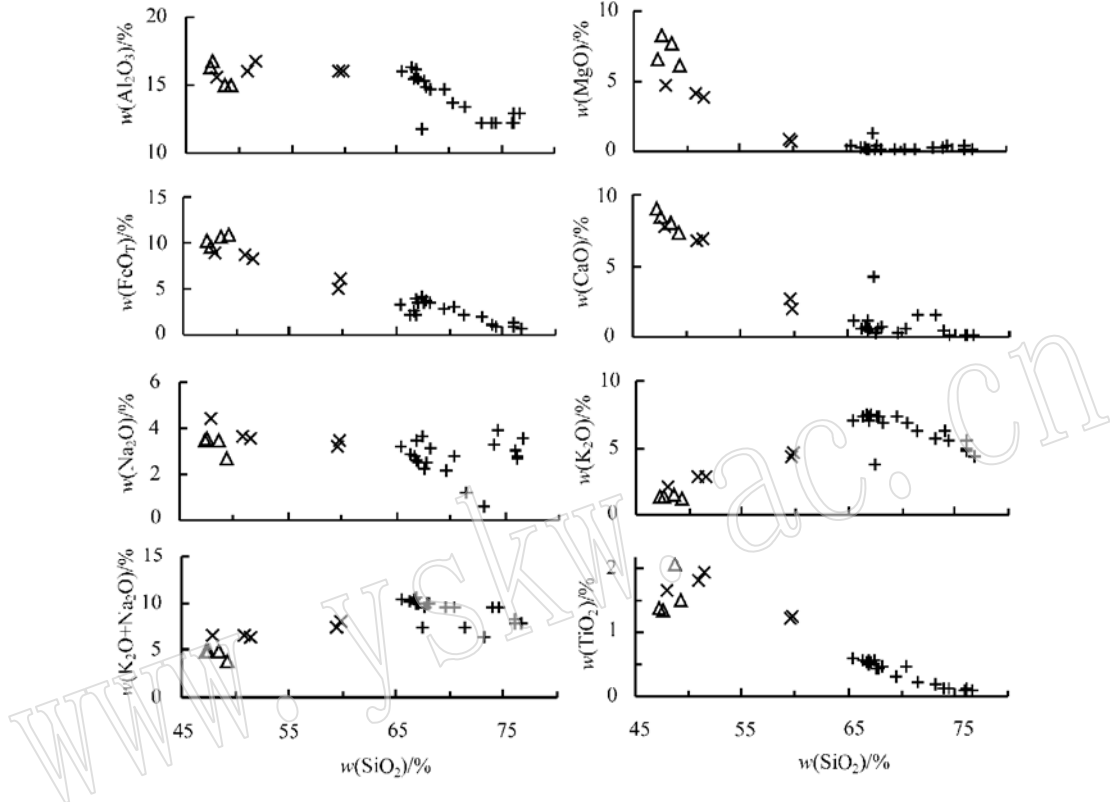


图 3 火山岩主元素- SiO_2 图

Fig. 3 The major elements versus silica diagram

(图例同图 1)

(3) 高钾钙碱性系列

本区的高钾钙碱性系列 SiO_2 含量为 65.48% ~ 76.75%, 全碱含量高, 为 6.25% ~ 10.52%。 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 值为 1.03 ~ 9.96, 平均 2.64; Al_2O_3 变化较大, 为 11.71% ~ 16.37%; TiO_2 含量较低, 为 0.09% ~ 0.59%, 平均 0.34%; $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ 值在粗面英安岩(粗面岩)、凝灰岩中较高, 为 1.3 ~ 10, 平均 4.26, 而在花岗斑岩、流纹岩中较低, 为 0.16 ~ 0.77, 平均 0.53。随着 SiO_2 含量的增加, MgO 、 Na_2O 、 CaO 总体上保持不变(图 3), Al_2O_3 、 FeO_T 、 TiO_2 、 K_2O 呈降低趋势, 全碱含量略微下降, K_2O 下降较快, 这表明全碱含量的变化主要由 K_2O 的变化所引起。本区高钾钙碱性系列富 Si、K, 贫 Mg、Fe、Ca、Al, 这些特点与中国东南部大陆边缘中生代火山岩的高钾钙碱性英安岩-流纹岩组合一致(王中杰等, 1989; 于学元, 1986)。

赣杭构造火山岩带中西段变质基底的全碱含量平均为 3.69% ~ 4.44%, K_2O 含量平均为 1.69% ~ 3.67% (艾桂根, 1995)。本区火山岩富碱, 特别是 K_2O 含量普遍较高, 很难用变质基底的混染作用来解释火山岩中高达 7% ~ 10% 的全碱含量和 5% ~ 7% 的 K_2O 含量, 这

说明本区火山杂岩源区全碱含量, 尤其 K_2O 含量可能偏高。

4 讨论

研究区位于中国东南大陆中生代火山岩带的北西缘, 为区域上北东向赣杭构造- 火山岩带的近东西向转折部位。在广丰, 与大面积分布的浙江沿海中生代火山岩连成一片。中国东南大陆火山岩是环太平洋大陆火山岩带的重要组成部分。

本区的高钾钙碱性系列在 $lgT- lg\sigma$ 图解(图 4a) 中落入造山带及岛弧火山岩区以及由此派生的偏碱性和碱性火山岩区, 基性火山岩在 $lgT- lg\sigma$ 图解(图 4b) 中主要落入造山带及岛弧火山岩派生的偏碱性和碱性火山岩区, 显示本区火山岩系无典型的非造山环境火山岩, 而属于造山带环境及由此派生的偏碱性和碱性火山岩。在 $Ti- Zr- Y$ 构造环境判别图上, 本区中生代玄武质岩石均落入板内玄武岩区(王勇等, 1997), 表明本区早白垩世火山岩可能处于“陆缘板内”(邢光福等, 1999) 由挤压向拉张伸展转化的过渡性构造环境中。

由很多板块和地体拼贴而成的巨大的初始欧亚板块形成于海西末期, 其与东面巨大的古太平洋板块发生强烈的挤压俯冲作用, 这是中生代成为中国东部最主要的花岗岩类、中- 酸性火山岩以及 $W, Sn, Be, Nb, Ta, Cu, Mo, Au, U$ 等矿产形成的“爆炸时期”或“爆炸事件”的最根本原因(胡受奚等, 1999)。古太平洋巨大板块中 *Izanagi, Kula* 板块在俯冲过程中逐渐消亡, 同时为中- 酸性侵入岩、火山岩的强烈岩浆作用和物质来源及大陆增生做出了巨大贡献(胡受奚等, 1999)。太平洋板块从寒武纪开始已经存在, 但它的已知最老年代为晚侏罗世, 因此大洋板块的消亡与环太平洋构造- 岩浆带的形成有着密切关系。由板块俯冲引起的弧后扩张作用, 明显表现为燕山中晚期的拉伸、基底变薄、火山岩盆地、红盆地和碱性玄武岩等的形成和发育(胡受奚等, 1999)。古太平洋巨大板块中 *Faralong, Izanagi* 和 *Kula* 板块相对亚洲大陆运动方向与速度不是单一和均一向西俯冲, 大规模火山活动时期(140~ 80 Ma) 表现为走滑和斜向俯冲, 在大陆内产生了 *NE- NNE* 向平移剪切- 伸展拉张(陶奎元等, 1998)。本区北东向赣杭构造- 火山岩带即与此有关, 形成于晚中生代由挤压向拉张伸展过渡的过渡性构造环境。

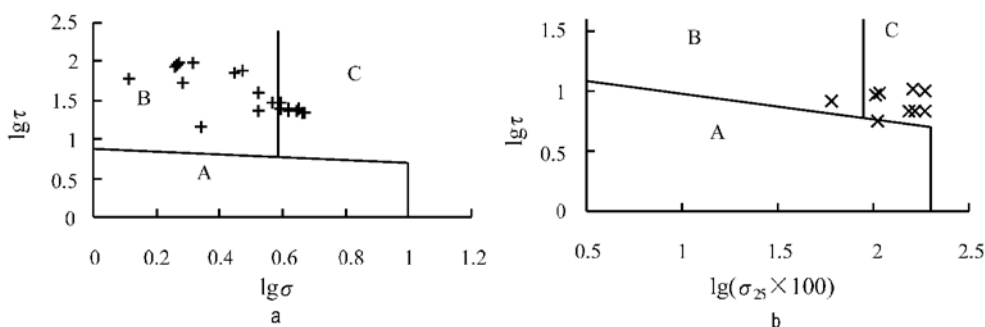


图 4 $lgT- lg\sigma$ 图

Fig. 4 $lgT- lg\sigma$ diagram

A—非造山带地区火山岩; B—造山带及岛弧地区火山岩; C—AB 地区派生的偏碱性和碱性火山岩

a 据 Rittmann, 1970; b 据 Loffler, 1979

橄榄安粗岩系产出的构造位置主要有两种:世界上大多数被研究的橄榄安粗岩系与岛弧及活动大陆边缘的火山作用有关,这种橄榄安粗岩系与岛弧的拉斑玄武岩系、钙碱性岩系、高钾钙碱性岩系密切伴生,产出的位置离海沟较远,位于较深的俯冲带上;另一种类型的橄榄安粗岩系分布于大陆边缘内侧或大陆内部的活动带,如深大断裂带、裂谷带,属于这种类型的有东非大裂谷、中国长江中下游及郯庐断裂带附近的橄榄安粗岩系(王德滋等, 1991)。本区的橄榄安粗岩系形成于中国东南活动大陆边缘火山岩带的北西缘,并与其连为一体,显示出与板块运动有关;另一方面沿赣杭构造-火山岩带分布,又显示出其与深大断裂有关。

于学元认为 Ph (金云母) + En (顽火辉石) 可以生成 Fo (镁橄榄石) + L (富 K 、 Al 的液相),在地幔事件的影响下,由含金云母的石榴石二辉橄榄岩低程度部分熔融(2%~3%)可产生橄榄安粗岩浆,而石榴石二辉橄榄岩低程度部分熔融可产生碱性玄武岩岩浆(于学元, 1986)。王德滋等认为橄榄安粗岩系的形成必须具备这样的条件:①在 35 km 左右的较深部位,在 1 GPa 左右的压力下,玄武岩经长时间高度分离结晶;②存在岩石圈断裂构造导出这种高度演化的岩浆(王德滋等, 1991)。叶发旺等研究了广丰盆地玄武岩中的辉石巨晶,认为其结晶深度约为 48 km(叶发旺, 2001)。本区所处的位置具备了形成橄榄安粗岩岩浆的条件。

这样可以概略地勾画出本区火山岩形成的轮廓。受古太平洋板块俯冲及其弧后扩张作用的影响,早白垩世本区形成了一个由挤压向拉张伸展过渡的过渡性构造环境。在这个过渡性构造环境中,由中下地壳部分熔融产生的可能混有幔源物质(王勇等, 2000)的富碱岩浆喷出地表形成本区高钾钙碱性火山岩;由来自上地幔的含金云母石榴石二辉橄榄岩低程度部分熔融(2%~3%)、经充分分离结晶产生的富钾岩浆(Meen, 1987, 1990)及石榴石二辉橄榄岩低程度部分熔融形成的碱性玄武岩岩浆底侵于壳幔边界,与地壳物质发生同化混染作用,在周家店旋回拉张伸展的构造环境下,沿赣杭构造带溢出地表形成本区的橄榄安粗岩系与碱性玄武岩系。

致谢:莫宣学教授、赵志丹博士在百忙之中审阅了本文,并提出了宝贵的意见,在此深表谢忱。

Reference

- Ai Guigen. 1995. The characteristics of metamorphosed basement of Xiangshan and its neighbouring area and its relation to uranium mineralization[D]. Fuzhou city: East China Geological Institute, 20~ 50(in Chinese).
- Hu Shouxi, Sun Jingui. 1999. On several important geological problems in Jiangsu province[J]. *Geology of Jiangsu*, 23(4): 193~ 196(in Chinese).
- Le Maître R W, Dudek A, Keller J, *et al.* 1989. A classification of igneous rocks and glossary of terms[M]. Blackwell, Oxford.
- Li Kunying, Shen Jialin, Wang Xiaoping. 1989. The isotopic geochronology of Mesozoic volcanics in Zhejiang, Fujian and Jiangxi Provinces[J]. *Bulletin of the Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences* (supplement 5): 87~ 132(in Chinese).
- Loffler H K. 1980. The revising of Rittmann "series index" for rock in which the content of SiO_2 is less than 43%[J]. *Geology - Geochemistry*, (10): 48~ 50 (in Chinese).

- MacDonald G A. 1968. Composition and origin of Hawaiian lavas[A]. Coats R R, Hay R L and Anderson C A. Studies in volcanology: a memoir in honour of Howel Williams[C]. Geol. Soc. Amer. Mem., 116: 477~ 522.
- Meen J K. 1987. Formation of shoshonites from calcalkaline basalt magma: geochemical and experimental constraints from the type locality[J]. Contrib. Mineral. Petrol., 97: 333~ 351.
- Meen J K. 1990. Elevation of potassium content of basaltic magma by fractional crystallization: the effect of pressure[J]. Contrib. Mineral. Petrol., 104: 309~ 331.
- Morrison G W. 1980. Characteristics and tectonic setting of the shoshonite rock association[J]. Lithos, 13: 97~ 108.
- Peccerillo R and Taylor S R. 1976. Geochemistry of Eocene calc_alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey[J]. Contrib. Mineral. Petrol., 58: 63~ 81.
- Rickwood P C. 1989. Boundary lines within petrologic diagrams which use oxides of major and minor elements[J]. Lithos, 22: 247~ 263.
- Rittmann A. 1970. Note to contribution by V. Gottini on the "Serial character of the volcanic rocks of Pantelleria"[J]. Bull. Volcanol., 33: 979~ 981.
- Tao Kuiyuan, Mao Jianren, Yang Zhuliang, *et al.* 1998. Mesozoic petro_tectonic associations and records of the geodynamic processes in southeast China[J]. Earth Science Frontiers, 5(4): 183~ 191 (in Chinese with English abstract).
- Wang Zhongjie, Xie Jiaying, Yin Jiaheng, *et al.* 1989. Volcanic cycles, structures, rock series and magma evolution for the Zhejiang- Fujian- Jiangxi Mesozoic volcanic terrane[J]. Bulletin of the Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences (supplement 6): 110~ 180 (in Chinese).
- Wang Dezi, Zhou Jincheng, Qiu Jiansheng. 1991. Present situation of the study on shoshonite series[J]. Journal of Nanjing University (Earth sciences), (4): 321~ 329 (in Chinese with English abstract).
- Wang Yong, Yu Dagan, Wu Jianhua. 1997. Trace element geochemistry characteristics of Mesozoic basaltic rocks in northeast Jiangxi[J]. Journal of East China Geological Institute, 20(4): 328~ 335 (in Chinese).
- Wang Yong, Yu Dagan. 2000. Study on the trace element characteristics and the genesis of intermediate_acidic volcanic_intrusive complexes in early Cretaceous in northeast Jiangxi[J]. Geology of Jiangxi, 14(4): 251~ 255 (in Chinese).
- Xing Guangfu, Yang Zhuliang, Xue Huaimin, *et al.* 1999. The study progress and orientation of Mesozoic volcanic rock belts in southeast continent, China[J]. Geology of Jiangsu, 23(4): 221~ 224 (in Chinese).
- Ye Fawang. 2001. The characteristics of chronology, petrology, geochemistry of basic rock and its relation to basin evolution in Guangfeng county, Jiangxi Province[D]. Fuzhou city: East China Geological Institute, 25~ 67 (in Chinese with English abstract).
- Yu Dagan, Wang Yong. 1999. Source of the late Mesozoic magmatic rock system and its relation to uranium mineralization in Qianshan- Guangfeng area, Jiangxi Province[J]. Geological Review, 45(Sup.): 768~ 778 (in Chinese with English abstract).
- Yu Xueyuan, Bai Zhenghua. 1981. Latitic series in Lujiang- Zongyang region[J]. Geochimica, (1): 57~ 65 (in Chinese).
- Yu Xueyuan. 1986. Characteristics and origin of Mesozoic volcanic rocks in southeastern China[J]. Acta Petrologica Sinica, 2(1): 15~ 25 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 艾桂根. 1995. 相山与邻区变质基底特征及其与铀矿化的关系[D]. 抚州: 华东地质学院, 20~ 50.
- 胡受奚, 孙景贵. 1999. 涉及江苏省的几个重大地质问题[J]. 江苏地质, 23(4): 193~ 196
- 李坤英, 沈加林, 王小平. 1989. 浙闽赣中生代陆相火山岩同位素年代学[J]. 中国地质科学院南京地质矿产研究所所刊, 增刊(5): 87~ 132.
- Loffler H K. 1980. 含 SiO₂ 低于 43% 的岩石的里特曼“系列指数”的修正[J]. 地质地球化学, 1980, (10): 48~ 50.
- 陶奎元, 毛建仁, 杨祝良, 等. 1998. 中国东部中生代岩石构造组合和复合动力学过程的记录[J]. 地学前缘, 5(4): 183~ 191.
- 王德滋, 周金城, 邱检生. 1991. 橄榄安粗岩系的研究现状[J]. 南京大学学报(地球科学), (4): 321~ 329.

(下转第 48 页)(to be continued on p. 48)

(上接第 39 页) (Continued from p. 39)

- 王 勇, 余达淦, 巫建华. 1997. 赣东北中生代玄武岩微量元素地球化学特征[J]. 华东地质学院学报, 20(4): 328~335.
- 王 勇, 余达淦. 赣东北早白垩世中酸性火山-侵入杂岩微量元素地球化学特征及成因探讨[J]. 江西地质, 2000, 14(4): 251~255.
- 王中杰, 谢家莹, 尹家衡, 等. 1989. 浙闽赣中生代火山岩区火山旋回火山构造岩石系列及演化[J]. 中国地质科学院南京地质矿产研究所刊, 增刊(6): 110~180.
- 邢光福, 杨祝良, 薛怀民, 等. 1999. 中国东南大陆中生代火山岩带研究进展和方向[J]. 江苏地质, 23(4): 221~224.
- 叶发旺. 2001. 江西广丰盆地基性岩年代学、岩石学、地球化学特征与盆地演化关系[D]. 抚州: 华东地质学院, 25~67.
- 余达淦, 王 勇. 1999. 铅山-广丰晚中生代岩浆岩来源及与铀矿化的关系[J]. 地质论评, 45(增刊): 768~778.
- 于学元. 1986. 中国东南部中生代火山岩地球化学及成因[J]. 岩石学报, 2(1): 15~25.
- 于学元, 白正华. 1981. 庐枞地区安粗岩系[J]. 地球化学, (1): 57~65.