

括苍山中生代火山岩的构造环境 及地壳热状态

郑济林*

(南京地质矿产研究所)

内容提要 从晚侏罗世(或早白垩世)到晚白垩世,由于太平洋板块向亚洲大陆的俯冲而对亚洲大陆东部火山活动的影响越来越弱,其大地构造环境相应地从活动大陆边缘(I、II旋回火山活动)而转变为类裂谷大陆边缘(III、IV旋回火山活动),后者可能是正在演化着的中国东部新生代大陆裂谷在中生代时期的雏形。

研究表明,从早到晚,火山岩岩石的碱度, K_2O/Na_2O 比值越来越大,岩浆来源越来越深。火山活动的这种规律性变化与由早期挤压为主转变为晚期拉张为主的区域应力状态变化有关,而区域应力状态变化则又是太平洋板块消减带向东迁移,本区应力松弛和地幔均衡上隆的结果。

关键词 构造地球化学,地壳热状态,中生代火山岩,括苍山

括苍山地区是中国东南沿海中生代中酸性岩浆——火山活动的最强烈区段之一。前人对其火山活动的旋回、火山地层、火山岩相及火山构造已作过大量的研究和讨论(王中杰等,1987;李坤英等,1987;陶奎元等,1988;谢家莹等,1988;阮宏宏等,1988),但对这套中酸性火山碎屑岩的岩石学成因研究还是一个非常薄弱的环节,其中对岩浆来源及形成岩浆时的大地构造环境的讨论仍存在较大的分歧。

不容置疑,中国东南沿海中生代火山活动的大地构造环境及其演化是这个地区目前尚未解决的一个重要的关键问题。作者认为,在讨论和研究这个问题时,必须考虑下面两个事实:

1. 中生代环太平洋火山带的存在,客观上反映出它的形成应当与太平洋板块的构造运动有关,否则,就很难解释为什么中生代火山活动围绕太平洋分布以及为什么在大陆板块内部缺失中酸性火山岩。

2. 第Ⅲ旋回中上部开始出现以碱性玄武岩为标志的双模式火山活动,而在此之前基性岩浆的火山活动基本缺失,这一事实说明,中生代火山活动的构造环境在其后期发生了变化。

我们在详细的野外调查工作的基础上,根据岩石化学、特别是温度、压力条件的估算较为深入地探讨了本区中生代火山岩形成时的大地构造环境,地壳热状态,以及从早到晚,火

* 参加此项工作的还有陶奎元,阮宏宏和谢家莹

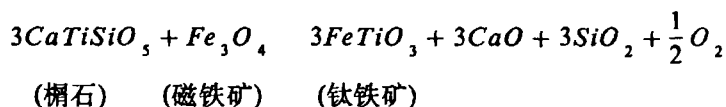
一、火山活动旋回及火山岩系列

中国东南沿海中生代火山活动分为四个旋回,活动时代属白垩纪,历时近 40Ma。其中第 I 旋回是区域主要活动时期;第 II 旋回次之,但它在浙东括苍山地区仍是主要活动时期;而第 III 旋回火山活动范围明显地缩小,并受控于拉张地表沉陷所形成的小型盆地;第四旋回火山活动的规模和范围更小,它仅局限于具陆相红色砂岩建造的拉张盆地内。

火山岩的化学成分(表 1)亦具有某种规律性变化,以晚期富钾或 K_2O/Na_2O 从早到晚逐渐增大为特征。就其岩石系列而言, I 旋回(以黄坦火山喷发——侵入穹隆为例)火山岩属 $Na_2O > K_2O$ 或 $K_2O > Na_2O$ 的钙碱性流纹质岩系; II 旋回(以山头郑破火山口为例)和 IV 旋回(以塘上锥火山为例)火山岩则属 $K_2O > Na_2O$ 高钾钙碱性,部分为高钾偏碱性、碱性流纹质或安山质火山岩系。 III 旋回出现碱性或偏碱性玄武岩与流纹质火山岩共存的双模式岩浆活动,但在本地区由于没有典型的火山机构作代表,故本文有关 III 旋回火山岩的化学成分资料缺失。

二、火山岩的物理化学条件

磁铁矿、钛铁矿和榍石是中酸性岩浆岩中极常见的副矿物,且它们以及其它矿物之间一般存在非平衡反应,因此有,



由该平衡反应所限定的温度、压力与氧逸度的方程式为,

$$T \ln f_{O_2} - 31,83T + 8.05 \times 10^{-3}P + 73221 = 0$$

式中 T 为绝对温度(K), P 为 MPa。结合 Stormer (1975)的二长石地质温压计和 R.O.Sack 等 (1980) 根据 $Fe^{2+}-Fe^{3+}$ 平衡实验建立的 T、P、 f_2 方程,作者计算了该地区 I、II、IV 旋回火山岩岩浆作用过程的温度、压力和氧逸度。计算结果列于表 2。

表 1 火山岩岩石化学成分
Table.1. Chemical composition of volcanic rocks

旋回	样品号	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	H ₂ O	$\frac{K_2O}{Na_2O}$	$\frac{Tn}{u}$
第一旋回	WPI-13	71.92	0.36	14.35	1.02	1.30	0.15	0.60	0.75	4.85	3.88	0.10	0.74	0.80	5.57
	WPI-16	74.40	0.29	13.45	1.33	0.65	0.06	0.39	0.29	3.39	4.05	0.08	1.33	1.19	
	WPI-18	71.59	0.33	14.63	1.43	1.00	0.11	0.56	0.50	3.34	4.96	0.09	1.26	1.49	7.38
	WPI-27	75.57	0.19	13.08	1.07	0.39	0.05	0.30	0.15	3.81	3.24	0.03	2.00	0.85	
第二旋回	SPI-4	64.30	0.64	15.73	1.99	2.34	0.14	1.63	2.44	4.11	4.31	0.24	0.80	1.05	5.45
	SPI-7	96.61	0.39	14.80	1.24	1.50	0.14	0.58	1.43	4.11	5.02	1.10	0.59	1.22	6.35
	SPI-18	63.60	0.60	16.10	1.44	2.33	0.13	1.15	2.44	4.48	4.09	0.17	1.49	0.81	
	SPI-35	70.27	0.36	14.02	0.94	1.10	0.10	0.51	1.31	3.93	5.09	0.08	0.82	1.30	5.71
	SPI-38	71.88	0.33	14.22	1.71	0.41	0.06	0.47	0.69	3.96	4.39	0.08	1.12	1.11	
	SPI-45	73.56	0.36	13.72	1.17	0.67	0.08	0.34	0.20	2.64	5.54	0.06	1.20	2.10	5.96
	SPII-7	68.15	0.53	15.65	2.21	1.04	0.09	0.67	0.81	3.37	5.35	0.20	1.43	1.59	4.99
	SPII-17	67.89	0.58	15.98	2.70	0.45	0.07	0.62	0.61	2.94	6.33	0.14	1.35	2.15	5.91
	S ₇ -1(2)	74.96	0.18	13.44	1.08	0.29	0.12	0.30	0.38	3.12	5.15	0.03	0.93	1.65	6.88
第四旋回	DPI-16	72.87	0.19	14.34	1.05	0.35	0.07	0.33	0.34	4.23	4.90	0.03	0.62	1.16	4.67
	DPI-23	74.26	0.17	13.27	0.99	0.08	0.09	0.25	0.99	4.74	4.49	0.03	0.46	0.95	9.18
	DPI-26	67.45	0.42	14.82	3.74	0.42	0.09	0.38	0.91	3.85	6.35	0.13	0.84	1.65	3.91
	T ₂ -2(10)	74.03	0.18	13.31	0.97	0.12	0.06	0.25	0.73	4.23	4.54	0.03	0.50	1.07	9.95
	T ₃ -1(3)	65.49	0.67	15.91	4.13	0.32	0.16	0.88	1.57	5.44	3.90	0.30	1.01	0.71	4.96

表 2. 温度、压力计算结果

Table 2. Calculated results of temperature and pressure

旋回		温度 T(℃)	压力 P(MPa)	地表条件 T(℃)	温度变化率 ΔT^* (℃ / km)	
I 黄坦	WPI-13	876	280	1022	15.8	
	WPI-16	761	51-	1037	16.7	
	WPI-18	780	430	1053	19.2	
	WPI-27	742	550	1107	20.1	
II 山头郑	II ₁	SPI-4	794	310	1053	25.3
		SPI-7	735	320	976	22.8
		SPI-18	1049	190	1090	6.5
		SPI-35	792	310	943	14.8
	II ₂	SPI-38	843	670	1008	7.5
		SPI-45	690	470	1092	25.9
		SPII-7	875	510	1085	12.5
		SPII-17	840	770	1120	11.0
		S ₇ -1(2)	690	610	951	13.0
IV 塘上	DPI-16	818	570	1105	15.3	
	DPI-23	787	860	847	2.1	
	DPI-26	919	840	1084	6.0	
	T ₂ -2(10)	762	760	906	5.7	
	T ₃ -1(3)	973	950	1107	4.3	

$$* \Delta T = (T_p - T_r = P) / P(kb) \times 3.3$$

上述各旋回火山岩的温度、压力计算结果如下:

I 旋回火山岩的压力为 280–550MPa, 平均 440MPa, 相当于 14km; 温度为 742–876℃, 平均为 790℃。

II 旋回的温压有两个变化区间, II₁ (前破火山口) 的压力为 190–320MPa, 平均为 280MPa, 相当于 9km; 温度为 735–1049℃, 平均为 892℃。II₂ (后破火山口) 的压力为 470–770MPa, 平均为 610MPa, 相当于 20km; 温度为 690–875℃, 平均为 790℃。

IV 旋回火山岩的形成压力为 570–950MPa, 平均为 800MPa, 相当于 26km; 温度为 762–973℃, 平均为 852℃。

从表 2 中可以看出, I 旋回和 II 旋回下段(II₁)的火山岩之温度与压力呈负相关, 随压力增大, 温度降低。根据实验岩石学的研究结论, 上述情况指示其所在岩浆房之岩浆中的水是饱和的。同样道理, II 旋回上段(II₂)和 IV 旋回火山岩的温度与压力之间的正相关关系则反映出其所在岩浆房之岩浆中的水是不饱和的。岩浆房中水的饱和程度的指示意义是, I 旋回火山岩的岩浆房可能是一个高位岩浆房(相对), 由于水已达过饱和, 因此在区域上喷发规模较大; II 旋回先后喷出的下旋回和上旋回火山岩可能分别代表位置不同的岩浆房, 而上旋回火山岩反映出的水不饱和状态则说明它的形成深度可能指示其岩浆源区的位置。

由 IV 旋回塘上锥火山最后侵出的安山粗面岩穹丘计算的最大压力为 950MPa, 即来源深度为 31km。据地球物理资料, 浙东莫霍面深度为 28–32km, 说明上述安山粗面岩岩浆的来源始于下地壳下部或幔壳过渡带。另据杨树峰(1986)对水不饱和条件下的安山岩十少量砂岩或页岩的熔融实验研究, 在 900MPa ($\approx 30\text{km}$) 条件下熔融出的岩浆成分为英安质, 与上述计算结果完全吻合。

由上述亦不难看出, 各旋回火山岩形成深度逐渐加深(从 15km, 20km 到 26km), 显然是与它们各自的喷发规模、强度呈反比的, 这一事实可能反映出它们形成时构造环境的不同和变化。

三、成因分析

谢奎克(1988)在“中国东部岩石圈向东增生的三次大型裂解及地球物理场特征”一文中, 一改过去他自己和众多学者(谢奎克等, 1988; 陶奎元等, 1988; 于学元等, 1980; 邱家骧等, 1981; 上田诚也, 1985)所提出的太平洋板块向欧亚大陆板块俯冲, 从而导致中国东南沿海地区中生代大规模岩浆活动的观点。认为, “分布在浙、闽沿海的磨石山组及南园组(相当于 I、II 旋回)为裂解生长型”火山活动的产物, 火山岩带的向东迁移是由裂解带向东迁移引起的。

众所周知, 浙东磨石山组和闽东南园组特征的岩石组合是英安岩——英安流纹岩——流纹岩, 岩石系列属 $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$ 或 $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ 的钙碱性系列, 非谢文中所称为“碱质岩石的碱性玄武岩系列”。因此, 有关这套火山岩是否属于“裂解生长型”岩浆活动的产物, 或者说中国东南沿海中生代火山活动是否一开始就已处于拉张的构造环境下, 我们认为值得商榷。

1. 构造环境 岩石的化学成分及变化规律决定于原始岩浆的成分及演化过程, 而原始岩浆的形成则又与其大地构造环境密切相关, 因为它是原始岩浆形成时热化学和热动力状

态的制约机制,所以,火山岩形成的大地构造环境就必然会由其地球化学特征反映出来。

由 I、II、IV 旋回火山岩岩石化学成分 $\log \tau$ ($\tau = (\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Na}_2\text{O}) / \text{TiO}_2$) 和 $\log \sigma$ ($\sigma = (\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})^2 / (\text{SiO}_2 - 43)$) 投影 (图 1) 可以看出,几乎所有的岩石成分点都落在 B 区(造山带和岛弧区),仅 IV 旋回个别成分点落在或靠近 C 区 (A、B 区派生的碱性岩区)。

J.A.Pearce 等 (1984) 在对构造环境已知的花岗岩类岩石进行系统研究之后,提出了利用微量元素图解判别构造环境的方法。我们将该类图解引用到对本区中酸性火山岩的环境判别上,其成分点几乎全部都落在靠近同碰撞区一侧的岛弧区,个别点落在同碰撞区 (或造山带), 此结果与上述常量元素的判别基本吻合 (图 2)。

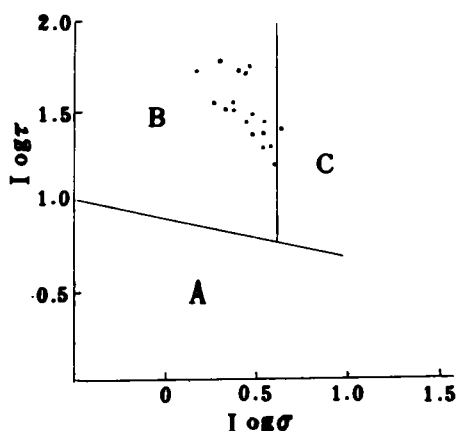


图 1 火山岩成分的 $\log \tau$ - $\log \sigma$ 图 (据 A.Rittmann, 1973)

Fig.1. Diagram of $\log \tau$ vs $\log \sigma$ for volcanic rocks (from A.Rittmann, 1973)

A—非造山带; B—造山带和岛弧区; C—为 A 和 B 区有关的碱性火山岩

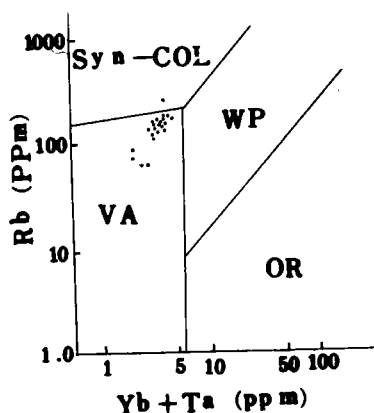


图 2 Rb-(Yb+Ta)构造环境判别图 (据 T.A.Pearce 等, 1984)

Fig.2. Rb-(Yb+Ta) discrimination diagram for tectonic environment of the volcanic rocks (from J.A.Pearce et al, 1984)

应当指出,在图 1 和图 2 的构造环境判别图解上,都没有标出大陆边缘构造环境区,而大陆边缘构造单元在岛弧与造山带过渡地区客观上是存在的,所以,并不能仅以上述图解而简单地括括苍山地区中生代火山岩的构造环境确定为大洋岛弧。

从化学成分上来看,本地区中生代火山岩的 K_2O/Na_2O 比值范围为 0.71—2.10,几乎全部大于 0.80; Th/U 比值范围为 4.60—9.18,其成分特征与新西兰陶波湖新生代火山岩相似,而与日本中生代火山岩低 K_2O/Na_2O (<0.8) 和 Th/U (1—2.86) 的成分特征具明显差异。按照 P. 杰克斯 (1972) 的构造地球化学分类,火山岩的高 K_2O/Na_2O 和 Th/U 是大陆边缘构造环境所特有的,有别于火山岛弧的标志特征。

此外,根据对比研究 (谢芳贵等,1988), 本区火山岩主要化学成分特征与东太平洋沿岸火山岩较为接近,特别是与美国西部及中美洲西部的火山岩非常相似;而与西太平洋 (日本、台湾、千岛、堪察加半岛、印度尼西亚) 和西南太平洋火山岛弧火山岩差别较大,后者更富 CaO 、 Na_2O 而 K_2O 含量偏低,与冰岛火山差别就更大。上述事实说明:

(1) 本地区中生代火山岩的构造环境应属于岛弧与造山带过渡的活动大陆边缘,而非典型的火山岛弧。

(2) 中国东南沿海中生代火山岩除了在纵向上具有从早到晚由相对富 Na_2O 向相对富 K_2O 变化以外,在横向上,亦有从日本大洋岛弧向中国大陆边缘 K_2O 逐渐增加之趋势。火山岩化学成分的这种时空变化,反映其形成的大地构造环境在纵向上和在横向上变化的。

从本区火山岩中有关成分的分析,在相同 SiO_2 含量的情况下比较,第 I 旋回火山岩 $K_2O=3.51\%$,构造闭合度 $Q=43$;第 II 旋回火山岩 $K_2O=4.30\%$, $Q=39$;第 IV 旋回火山岩 $K_2O=6.35\%$, $Q=37$ 。 K_2O 含量和构造闭合度的系统增高和减小,反映出该地区挤压应力逐渐减小,而拉张应力逐渐增大。如果假定太平洋板块对亚洲大陆板块的俯冲作用在中生代晚期仍然存在,那么由此而产生的挤压应力是越来越小的。换句话说,太平洋板块对亚洲东部中生代火山岩岩浆喷发的直接影响越来越弱。影响变弱并不等同于完全不存在,特别是对第 I、II 旋回火山活动,其影响程度可能还相当大。

但是,本区自第 II 旋回火山活动结束后,挤压应力开始发生回返或松弛,继而进入应力缓冲阶段或应力平衡阶段。此时,构造上相对最稳定,岩浆活动强度最弱,因此在第 III 旋回早期 (即馆头组中、下部) 普遍发育内陆湖盆相沉积,而非火山喷发。随着时间的推移,区域增大,应力平衡随之被破坏,从而导致火山作用又从稳定阶段进入活动阶段,形成第 III 旋回上部 (馆头组上部至朝川组) 较强的火山喷发。由于拉张强度的继续增大,岩浆来源越来越深,同时伴随岩石的熔融程度——形成的岩浆量——火山喷发规模越来越小,而且其分布多局限在一些象山居、天台等由于拉张作用而形成的断陷盆地内。

很显然,从第 II 旋回过渡到第 III 旋回火山活动,其构造应力状态有一个明显的变化,即由早期的以挤压为主而转变为晚期的以拉张为主。转变的主要标志是:

a、第 I、II 旋回火山岩岩石化学成分的计算和统计结果表明,岩石分异指数 (DI) 的频率分布为单峰 (图 3), 只是高峰值略偏酸性;在 AFM 图解是 (图 4), 成分点比较集中,而且富铁趋势较为明显。反映出它们的形成环境的应力状态为挤压条件 (Piwinski, 1972; Petro, 1979)。

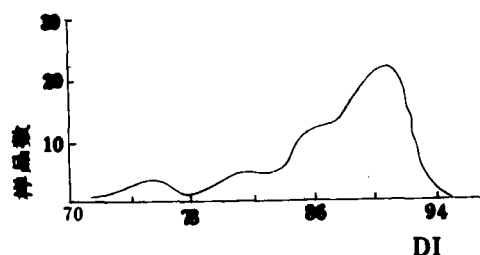


图3 分异指数频率分布图

Fig.3. frequency distribution diagram of differentiation index(DI) for the volcanic rocks

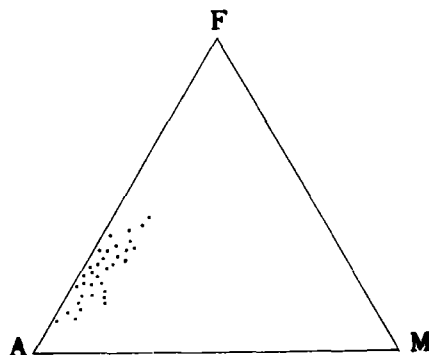


图4 第一、二旋回火山岩 AFM 图

Fig.4. AFM diagram of the Volcanic rocks in cycle I, II

b、第Ⅲ旋回下部普遍发育的一套内陆湖盆相沉积物则是本区应力状态从第Ⅱ旋回的挤压向第Ⅲ旋回拉张过渡的转换标志。

c、第Ⅲ旋回中、上部出现以碱性玄武岩与流纹质火山岩共存为特征的双模式火山活动(如浙东上井、山门盆地;闽东永泰石帽山组;粤东官草湖群),而且第Ⅲ旋回火山活动多局限在火山盆地内。

d、东南沿海地区分布很多年龄为 86—100 百万年,且呈北东向带状分布的 A 型或碱性花岗岩体。如福建魁岐钠闪石晶洞碱性花岗岩体、漳州新村含锰铝榴石晶洞碱长花岗岩体;浙江青田含黑云母晶洞碱长花岗岩体,舟山桃花岛含碱性角闪石晶洞花岗岩体,等等。

上面 a、d 两点显然说明Ⅲ、Ⅳ旋回火山活动所处的大地构造环境之应力状态为拉张条件。

与应力状态变化相对应,本地区的大地构造环境由 I、II 旋回的活动大陆边缘而转变为Ⅲ、Ⅳ旋回的类型裂谷大陆边缘 (like-rifted Continental margin)。后者可能就是演化至新生代的我国东部大陆裂谷 (邓晋福等,1985) 在中生代时期的雏形。

那么,自第Ⅱ旋回火山活动结束以后,是什么原因导致本地区构造应力状态发生了改变? 涂光炽(1980)、王联魁(1984)、陶奎元等 (1988) 在研究西藏及中国东南沿海花岗岩和火山岩的迁移规律时指出,岩浆活动之迁移是由板块消减带的迁移引起的,而板块消减带的向东迁移则是由于软流圈全球性向东回流的速度大于地球岩石圈向西净旋转,从而导致了太平洋板块向东“退却”(上田诚也,1985)。由于消减带的迁移,其主俯冲挤压应力区(由消减作用引起)也相应地向大洋方向迁移,同时在拖曳的弧后和大陆边缘区产生了拉张作用,并伴随地幔的均衡上隆(以第Ⅲ旋回出现碱性玄武岩为标志)。表现在火山活动上,火山喷发高峰期随时间向东迁移(陶奎元等,1988);东南沿海火山喷发高峰期为 120—130Ma 左右,相当于早白垩世;而西南日本内带则为 60—100Ma,相当于晚白垩世。正值西南日本内带处

于火山喷发高峰期时,中国东南沿海地区则进入了由强变弱阶段,构造应力状态变相应地转变为拉张条件。

2、地壳热状态 许多学者 (邓晋福等,1980, 1984, 1985; 刘若新, 1981; 王方正等, 1986) 根据对中国东部上地幔热状态的研究,认为新生代时期中国东部大陆上地幔具大洋地温特征,与美国夏威夷地区大洋下面及美国盆岭省大陆裂谷区的上地幔热状态相符 (Macgregor, 1974; Mercer, 1975, 1980.) 在上面的讨论中我们已经提到,新生代中国东部大陆裂谷是由中生代末期区域拉张继承发展而来,那么,当时的地壳热状态具何种特征,这是前人所未讨论过的问题。

我们根据计算的温度、压力 (近于源区条件) 投在图 5 中,由此可以看出,所有投点都落在由高热流的造山带与岛弧地温曲线所限定的生成最大量岩浆的可能区域内。在 $500 < P < 1000 \text{ MPa}$ 压力范围内,由第 II 旋回所确定的地温梯度为 $31^\circ\text{C} / \text{km}$,第 IV 旋回的地温梯度为 $40^\circ\text{C} / \text{km}$, 后者高于前者,但它们都介于相应压力范围内的大洋地温 ($60^\circ\text{C} / \text{km}$) 与稳定大陆地温 ($28^\circ\text{C} / \text{km}$) 之间。从本区地温偏离且高于稳定大陆地温来看,实际上从另一个侧面反映了本区中生代晚期的构造环境为活动大陆边缘。

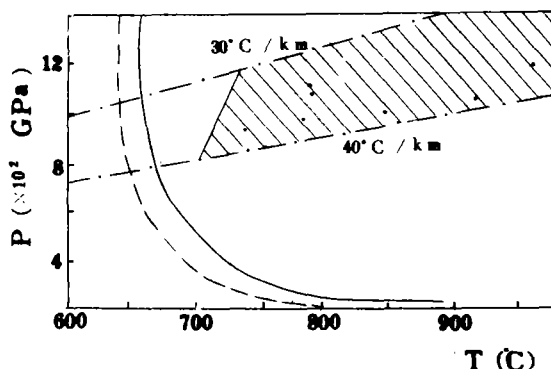


图 5 流纹岩(虚线)与英安岩(实线)熔融曲线阴影区

为中等地温梯度下生成大量岩浆的可能区域 (据 Brown 和 Fyfe, 1970)

Fig. 5. Melted curve of rhyolite (dash line) and dacite (solid line)

shadow area that may generate a large amount of magmas

within medium thermal gradient (from Brown Fyfe, 1970)

此外,由岩浆从其源区域深部岩浆房喷出到地表的温度变化率 (表 2) 也可以看出,第 IV 旋回岩浆上升到地表的温度变化率最小, $\Delta T = 2.0^\circ\text{C} / \text{km}$; 第 I 旋回岩浆上升到地表的温度变化率最大, $\Delta T = 16^\circ\text{C} / \text{km}$; 第 II 旋回居中。温度变化率大小除反映岩浆成分以外,还反映岩浆的上升速度。温度变化率越小,岩浆的上升速度越快,反之,上升的速度就越慢。而岩浆的上升速度显然与区域构造应力状态有一定的关系。本区向晚期的拉张作用应是促使岩浆快速上升的一个重要因素。由于晚白垩世张应力的进一步增强,致使第四旋回的岩浆几乎在等温的条件下快速喷到地表。

四、结束语

综合上述分析可以认为,隶属于中国东南沿海的括苍山地区其中生代火山活动仍然受到了太平洋板块向亚洲大陆板块俯冲的影响,只是影响程度向后期减弱。由于板块消减带向东的迁移,使拖曳的大陆边缘产生了较大的张应力,从而导致大地构造环境发生了显著变化。由 I、II 旋回火山活动以挤压为主的活动大陆边缘而转变为 III、IV 旋回火山活动以拉张为主的类裂谷大陆边缘环境。各旋回火山岩的化学成分是其形成时的大地构造环境及不同来源深度的反映。

主要参考文献

- (1) 陶奎元等, 1988, 中国东南沿海与西南日本内带中生代火山活动时代、旋回与迁移问题的讨论。南京地质矿产研究所所刊, 第九卷第一号。
- (2) 谢襄克等, 1988, 中国东南沿海的地质构造特征。同上。
- (3) 谢襄克, 1988, 中国东部岩石圈向东增生的三次大型裂解及地球物理场特征。南京地质矿产研究所所刊, 第九卷第二号。
- (4) R.B.Hargraves, 1980. Physics of magmatic processes.
- (5) J.A.Pearce, et al, 1984, Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks J.Petrology. Vol.25, Part.4

TECTONIC ENVIRONMENT OF MESOZOIC VOLCANIC ROCKS AND THERMAL REGIMES OF THE EARTH'S CRUST IN KUOCHANGSHAN, ZHEJIANG

Zheng Jilin

(Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources)

Abstract

From Later Jurassic or Early Cretaceous to Later Cretaceous, because of subduction of the Pacific Plate to the Asia continent, the influence of the Pacific Plate on volcanic activities of the eastern Asia continent margin decreased gradually, and the tectonic environment transformed correspondingly from active continental margin (cycle 1,2) into rift-like continental margin (cycle III, IV), the latter might be a Mesozoic embryo of the Cenozoic continental rift in East China. The main marks of such transformation of tectonic environment are that bi-modal volcanic activity occurred in cycle III, distinctive increase of alkalinity and K_2O of volcanic rocks and the depth of magma source in cycle IV comparing with cycle III, especially with cycle I and II. Within 500 to 1000 MPa, the thermal gradient of cycle 1,2 and cycle III, IV are $31^{\circ}\text{C} / \text{km}$ and $40^{\circ}\text{C} / \text{km}$, respectively. Though the thermal gradient of cycle III, IV is higher than that of cycle I, II, they all lie between oceanic thermal gradient ($60^{\circ}\text{C} / \text{km}$) and stable continental thermal gradient ($28^{\circ}\text{C} / \text{km}$).

From early to later, the alkalinity and K_2O / Na_2O in volcanic rocks increased, and the depth of magma source also increased from 15, 20 to 26 km, while eruptive scale decreased with time, which related with change of regional stress that transformed predomination of compression in the early into predomination of extension in the later, and the change of regional stress was resulted from eastwards migrating of subduction zone of the Pacific Plate, regional stress relaxation and balanced uplift of the mantle in this area.

Key words tectonic-geochemistry, thermal regime of the crust, Mesozoic volcanic rock, Kuochangshan

科技消息

“智能化矿物热释光仪”通过技术鉴定

矿物热释光是指矿物晶体加热过程中释放能量而发光的一种效应。苏联已把它列入六大矿物找矿方法之一。由南京地矿所设计研制的“智能化矿物热释光仪”4月28日通过部级鉴定。该机采用单片微电脑技术,自动化程度高,重量轻(15kg)、耗电少(65w)、测样迅速(3分钟可完成测量与绘图)。专家们认为采用微电脑技术控制的机、电、仪一体化智能仪器,技术起点高,具有先进性和新颖性,在国内处领先地位。它测试成本低,易操作,易推广。仪器研制成功半年多来,通过广东、新疆、安徽等地金矿区60多个石英样的含矿性测试。成功地普查金矿特别是石英脉型金矿提供了一种快速有效的新手段。在缩小靶区、减少山地工作量、缩短找矿周期、降低化验费用等方面将起到积极的作用。

目前,南京地矿所已申请技术专利。它在部直管局的领导和支持下,组织力量进行小批量生产,推广使用该仪器,以期在找矿和科学研究中获得明显效果。(蒋永才供稿)