

冲绳海槽浮岩研究

刘崇保

(地质矿产部海洋地质综合研究大队)

主题词: 流纹质浮岩; 紫苏辉石; 玻璃质; 中长石; 岛弧火山岩; 冲绳海槽

提 要: 目前国内外对冲绳海槽槽底火山岩的研究尚处在初级阶段。笔者对槽底八个样点的浮岩进行了系统的矿物岩石学研究。本文首次对酸性浮岩的中、基性火山岩包体进行了研究, 揭示了酸性浮岩下部有相当面积的玄武岩及安山岩存在的事实。首次提出海槽浮岩具有由基性→酸性较完整的火山活动旋回的认识。提出酸性浮岩是基性熔浆演化到后期的产物的观点, 从而解释了存在多年的关于冲绳海槽构造问题争议中的焦点问题之一——“冲绳海槽既为弧后盆地, 何以有大量酸性火山岩分布”的质疑。提出冲绳海槽浮岩属于岛弧火山岩的观点, 对冲绳海槽构造的科学认识起了一定的积极作用。

一、浮岩分布与喷发期

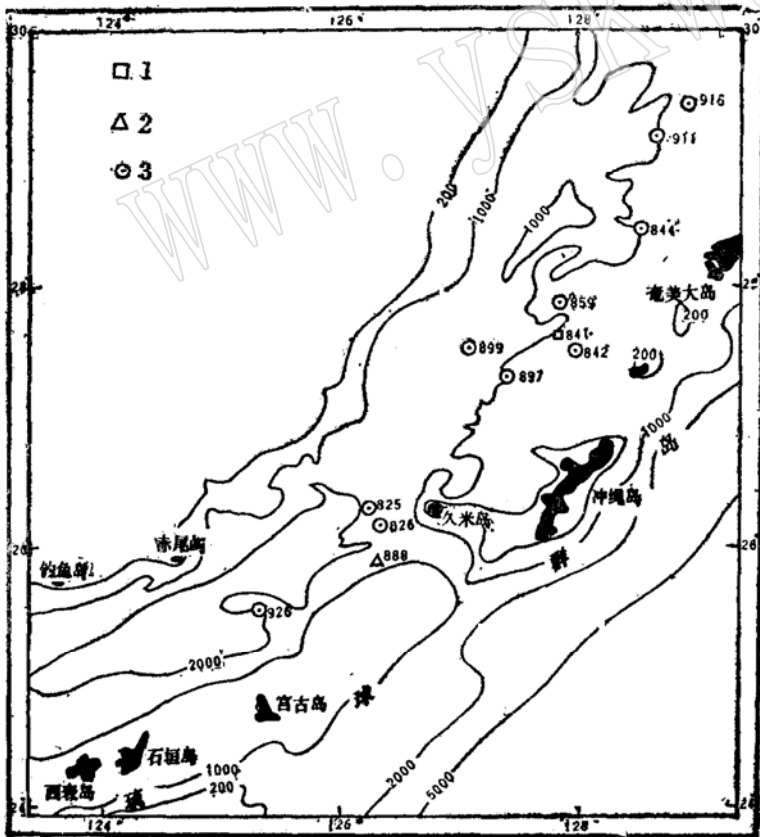


图 1 冲绳海槽浮岩分布图

Eig. 1 The distribution plan of pumice in Okinawa trough
一第一期玄武质浮岩; 2—第二期流纹英安质浮岩; 3—第三期流纹质浮岩

冲绳海槽位于东海大陆架外侧的东及东南部, 日本琉球群岛的西及西北侧, 呈NE—SW向弯曲的条带状。海槽平均宽度为104.2km, 水深约600—2719m。海底地形较平坦, 有NE—SW向分布的海底山, 为海底火山带。

对于冲绳海槽的构造问题, 一般认为其属弧后边缘盆地(琉球群岛为岛弧漂离大陆后张开的弧后盆地)。但对此认识存在着争议, 持有另一种观点的学者质疑的主要问题之一是如何解释海槽具有相当数量酸性火山岩(浮岩)存在。该问题至今尚未得到解释。因此, 对冲绳海槽浮岩的研究实为构造认识的重要问题。

地质矿产部海洋地质调查局与海洋地质研究所于1980、1981年先后两次对冲绳海槽进行了大面积调

查(东经 $123^{\circ}03.73'$ — $129^{\circ}07.25'$, 北纬 $24^{\circ}26.26'$ — $30^{\circ}53.35'$, 约 $14 \times 10^4 \text{km}^2$), 从槽底取得了大量样品, 为浮岩的深入研究提供了宝贵的资料。

浮岩分布在海槽的中部及东北部, 位于海槽的东侧, 呈NE—SW向断续分布, 与盆地主构造线一致, 受构造控制(图1)。

根据浮岩的化学成分及其纵向存在的位置, 初步确定海槽在喜马拉雅运动后期至少有三期浮岩的喷出: 第一期是以841站为代表的玄武质浮岩; 第二期是以888站为代表的流纹英安质浮岩; 第三期则为广泛出露于现今槽底的流纹质浮岩。

二、第三期流纹质浮岩

(一) 岩石矿物学特征

1. 岩石特征: 流纹质浮岩呈灰白—白色, 丝绸光泽, 斑状结构, 泡沫构造。泡沫壁薄而光滑, 性脆易碎。比重差异较大, 入水可浮可沉。根据大小及形状等特点可将气孔分三种类型: 针眼状气孔, 气孔直径一般小于 0.8mm , 比重大于1; 泡沫状气孔, 气孔大小不一 ($1-5 \text{mm}$), 呈泡沫状; 香肠状—管状气孔, 气孔被拉伸呈肠状至细管状, 相互密集平行排列。

在泡沫状玻璃质中, 含有大小及数量不一的斜长石及紫苏辉石斑晶(照片1)。斜长石呈透明板状自形晶(长约由 $0.11-5 \text{mm}$)。紫苏辉石呈柱状自形晶(长约 $0.11-1.5 \text{mm}$)。玻璃质、斜长石、紫苏辉石的相对重量百分比一般为 $70-80:10-20:1-5$ 。

2. 矿物组分及特征:

(1) 玻璃质: 为浮岩的基质成分。呈泡沫状、丝管状产出, 无色透明, 性脆, $N=1.500-1.513$ (照片2)。化学成分列于表1, 其成分显示以下特点: 1) SiO_2 含量甚高, 平均值为 73.58% , 酸性; 2) $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$; 3) 各浮岩点之玻璃质成分基本一致。

(2) 斜长石: 为浮岩中之斑晶。粒径一般为 $0.3 \times 0.5-1.0 \times 2.0 \text{mm}$ 。其外围玻璃质泡沫有二种特殊形态: 一种为扁长的气泡在其周围呈放射状排列; 另一种是管状气泡呈流线状环绕其外(照片3)。斜长石被不同程度熔蚀, 多呈浑圆状, 环带构造发育, 双晶不甚发育, 为纳长石律。有时呈聚斑状, 个别呈晶屑状。

表1 浮岩玻璃质化学成分表

Table 1 Chemical composition of vitreous in pumice

站号	氧 化 物 (%)													烧失量	总计
	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O			
826	73.46	0.21	12.50	2.21	0.12	0.44	2.30	4.26	1.46	0.06	2.08	2.28	99.30		
897	75.01	0.20	11.89	0.61	0.81	0.04	0.15	1.20	3.91	3.07	0.04	3.41	97.34		
899	74.10	0.26	12.26	0.82	1.33	0.08	0.09	0.93	4.81	2.61	0.03	3.18	100.50		
842	70.87	0.29	13.21	0.99	1.97	0.09	0.42	2.27	4.56	2.20	0.08	2.34	99.34		
853	72.46	0.22	12.83	0.81	1.53	0.07	0.28	1.95	4.43	2.25	0.06	2.21	99.23		
916	76.51	0.21	12.33	0.43	0.71	0.05	0.19	1.10	3.75	3.35	0.03	1.92	100.58		

斜长石中含有较多的包裹体，包裹体有二类：微粒包裹体（紫苏辉石、磁铁矿、磷灰石等）及玻璃质+气体二相或玻璃质单相包裹体。玻璃质包裹体多呈浑圆状，大小不一（1—300 μ m），一般为10—70 μ m。浅黄灰色—浅棕色，透明，内部多含单气泡或多气泡（气泡佔包裹体的10—20%）（照片4）。

斜长石环带的弗氏台测定结果表明，由中心向外依次为： $An = 64, 55-52, 55-42, 38, 31, 28-26$ ，即开始形成拉长石，而后随着结晶条件的改变形成中长石，最后终止于更长石，结束了斜长石斑晶的生长期。具正环带构造。有序度 $S = 0-0.2$ 。测温表明其形成温度为1050—1100 $^{\circ}$ C，属高温型斜长石。

斜长石化学成分列于表2。化学式为： $(Na_{0.53}K_{0.02})_{0.55}Ca_{0.34}Fe_{0.014}Al_{1.24}Si_{2.75}O_8$ 。端员分子计算值 $An = 38$ ，属中长石。与弗氏台测量平均值及X-衍射测试结果一致。

(3)紫苏辉石：含量较少(0.11—3%)，以斑晶产出，自形，一般长约0.5—1.5mm。部分颗粒之稜角已受熔蚀。内部常有磁铁矿、磷灰石、玻璃质包裹体。颗粒为绿黑色，薄片呈淡棕红色，多色性明显： N_p —淡红棕色； N_m —淡蓝棕色； N_g —淡绿色，横断面为对称消光，柱面为平行消光，正延性，二轴负晶，(—)2V约50 $^{\circ}$ 左右。X-衍射分析结果列表3。其化学成分： $SiO_2-51.37, TiO_2-0.20, Al_2O_3-0.63, (FeO)-28.26, MgO-16.48, MnO-0.83, CaO-1.58$ （电子探针分析结果）。其晶体化学式： $Ca_{0.06}Fe_{0.91}Mg_{0.95}Mn_{0.03}Ti_{0.01}Al_{0.03}1.99Si_{2.00}O_6$ 。

表2 斜长石化学成分及矿物化学式

Table 2 Chemical composition and mineral chemical formula of plagioclase

站号	氧化物 (%)										总量
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	(FeO)	MgO	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	烧失量	
897	61.73	23.65	0.42	0.04	0.01	7.15	6.10	0.41	0.11	0.45	100.07
916	65.69	21.13	0.54	0.05	0.01	5.68	5.76	0.79	0.12	.042	100.19
842*	60.01	24.30	0.11	0	0	8.72	6.74	0.18			100.06
853*	60.93	24.93	0.18	0.04	0	7.72	6.85	0.17			100.82

站号	晶体化学式	端员分子		名称
		Ab	An	
897	$(Na_{0.53}K_{0.02})_{0.55}Ca_{0.34}Fe_{0.014}Al_{1.24}Si_{2.75}O_8$	62	38	中长石
916	$(Na_{0.49}K_{0.04})_{0.53}Ca_{0.27}Mg_{0.03}Fe_{0.02}Al_{1.09}Si_{2.85}O_8$	66	34	同上
842*	$(Na_{0.58}K_{0.01})_{0.59}Ca_{0.42}Al_{1.28}Si_{2.88}O_8$	58	42	同上
853*	$(Na_{0.60}K_{0.01})_{0.61}Ca_{0.37}Fe_{0.01}Al_{1.22}Si_{2.74}O_8$	62	38	同上

* 为电子探针分析结果。

(4)石英：为浮岩中少见的斑晶矿物(<20%)，自形。为锥面发育的高温型 β -石英。内部往往含有玻璃质包裹体。化学成分： $SiO_2-99.52\%, Al_2O_3-0.03\%, FeO-0.03\%, MnO-0.02\%, K_2O-0.01\%$ （电子探针）。

(5)副矿物：磷灰石呈针状分布于斑晶矿物之中。磁铁矿呈自形柱状，往往与紫苏辉石

表3 紫苏辉石X-粉晶分析结果

Table 3 X-ray powder diffraction data of hypersthene

826(站)		842(站)		853(站)		897(站)		899(站)		916(站)		888(站)		841(站)		
d/nÅ	l/l ₀	d/nÅ	l/l ₀	d/nÅ	l/l ₀	d/nÅ	l/l ₀	d/nÅ	l/l ₀	d/nÅ	l/l ₀	d/nÅ	l/l ₀	d/nÅ	l/l ₀	
3.50	3	3.50	3	3.50	3	3.50	3	1.43	5					3.50	3	
3.19	10	3.19	10	3.35	2	3.32	2	1.40	1					3.35	2	
2.98	4	2.98	4	3.19	9	3.18	10	1.34	2	同897站				3.19	9	
2.89	4	2.89	3	2.98	4	2.97	4	1.315	2						2.98	4
2.72	3	2.72	2	2.89	4	2.88	6	1.30	2						2.89	4
2.56	7	2.55	10	2.73	2	2.72	4	1.275	2						2.73	2
2.50	6	2.12	6	2.55	10	2.55	7	1.260	1						2.55	10
2.21	5	1.97	3	2.49	5	2.48	6								2.49	5
1.97	3	1.72	2	2.31	1	2.40	1								2.31	1
1.62	3	1.62	4	2.26	1	2.25	1								2.26	1
1.495	9	1.495	9	2.12	6	2.11	6								2.12	6
				1.97	3	1.96	3								1.97	3
				1.79	2	1.88	1								1.79	2
				1.75	1	1.85	1								1.75	1
				1.64	2	1.79	2								1.64	2
				1.62	5	1.74	2								1.62	5
				1.60	2	1.62	3								1.60	2
				1.53	2	1.59	2								1.53	2
				1.495	9	1.53	2							1.495	9	
				1.48	9	1.49	6							1.48	9	
				1.40	4	1.48	1							1.40	4	

聚生或以包裹体形式存在于紫苏辉石、斜长石之中。

3.浮岩中之包体：浮岩中时见黑灰色、紫灰色的玄武岩、安山岩包体。大小为0.11—10mm，呈散状分布。镜下可见部分岩屑包体已被浮岩熔浆同化解体，形成残存的长柱状长石微晶并散布在浮岩玻璃质泡沫中。还有部分岩屑包体仍保存有完好的外部轮廓(照片5)。包体能谱分析结果(表4)为玄武岩及安山岩。该事实说明，在浮岩体的下部有玄武岩及安山

表4 浮岩中包体化学成分

Table 4 Chemical composition of enclave enallogene of pumice

站 位	氧 化 物 (%)									
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	<FeO>	MgO	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
853-1	56.38	0.59	20.90	5.13	2.78	0.32	8.46	4.40	0.95	0.14
853-2	58.53	0.38	20.71	4.91	2.15	0.13	8.04	4.24	0.93	—
853-3	57.15	0.46	20.70	5.28	2.84	0.14	7.93	4.27	0.92	0.31
841-1	59.56	1.14	17.25	7.87	1.92	0.16	5.84	5.08	1.05	0.14
841-2	56.90	1.33	17.96	8.04	3.11	0.43	5.92	4.81	1.20	0.30
841-3	51.36	1.31	19.67	9.83	3.47	0.37	9.14	3.96	0.69	0.20

岩的存在，它们应是浮岩之前早期火山活动的产物。

(二) 浮岩化学成分特征

浮岩化学成分及CIPW标准矿物值列于表5。

表5 浮岩化学成分及CIPW标准矿物成分表*

Table 5 Chemical composition and normative mineral (CIPW) composition of pumice

浮岩期	氧化物 (%)												烧失量	总计
	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			
第三期浮岩	71.46	0.28	12.95	1.44	1.24	0.07	0.46	2.04	4.67	2.35	0.10	2.94	100.00	
第二期浮岩	69.79	0.43	13.39	1.79	1.39	0.07	0.60	3.40	3.97	1.44	0.08	4.24	100.59	
第一期浮岩	52.85	1.03	17.40	2.22	6.81	0.20	3.56	9.05	3.41	0.56	0.20	2.43	99.73	

浮岩期	CIPW 标准矿物											斜长石牌号计算值 (An)	
	Ap	Il	Or	Ab	An	Mt	Di			Hy			Q
							Wo	En	Fs	En'	Fs'		
第三期浮岩	0.24	0.53	13.86	39.49	7.46	2.08	0.85	0.48	0.33	0.66	0.44	30.65	26
第二期浮岩	0.20	0.82	8.51	33.61	14.46	2.59	0.77	0.53	0.17	0.96	0.32	33.42	44
第一期浮岩	0.47	1.97	3.28	28.84	30.55	3.22	5.45	2.74	2.62	6.24	6.58	5.34	67

* 第一期浮岩——841站；第二期浮岩——888站；第三期浮岩——842、853、897、899、911、916站浮岩之平均值。

第三期酸性浮岩显示以下特征：1. SiO₂过饱和(平均值：71.46%)；2. (Na₂O + K₂O) 值较高(平均值：7.02%)，Na₂O > K₂O，K₂O/Na₂O = 0.50，与流纹岩平均值(戴里)相比较，Na₂O偏高，K₂O偏低，K₂O/Na₂O值明显偏低；3. MgO、FeO偏低。

各处酸性浮岩之里特曼(Rittmann 1975)组合指数σ⁽¹⁾在组合指数图解中的投影见图2

($\sigma = \frac{(K_2O + Na_2O)^2}{SiO_2 - 43}$)，按其划分标准浮岩之σ < 4应归属钙碱质岩。

在AFM图解中，浮岩基本上位于钙碱性系列(图3)^{(1)、(2)}。在QAPM双三角图解中

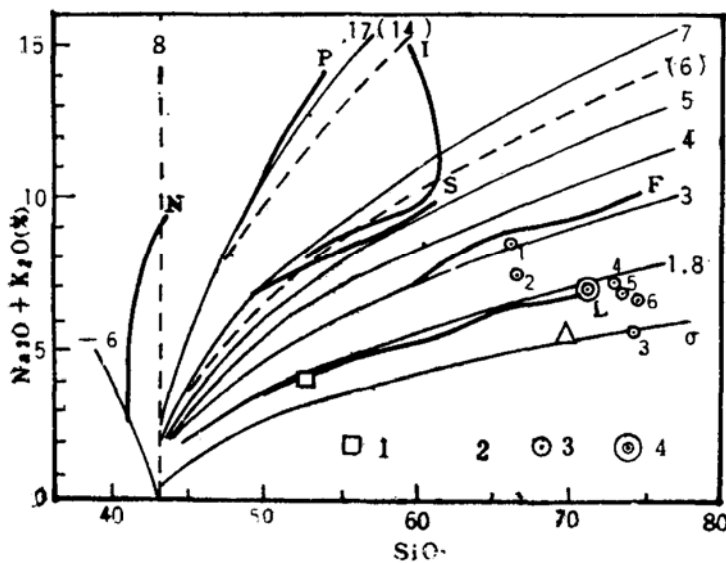


图2 浮岩之里特曼组合指数(σ)图解

Fig.2 Rittmann combination index (σ) diagram of pumice

(据A. Rittmann, 1933)

L—钙质；F—钙碱质；S—弱碱质；I—(钾)弱碱质；P—(钾)碱质；N—(钠)碱质

1—第一期玄武质浮岩；

2—第二期流纹英安质浮岩；

3—第三期流纹质浮岩；

4—第三期流纹质浮岩平均值

1—842站；2—853站；3—897站；4—899站；

5—911站；6—916站

(经对 A_b 进行了Le.Maitre方案的分配: $A = O_r \cdot T$, $P = A_s \cdot T$, $T = \frac{O_r + A_b + A_s}{O_r + A_s}$), 位于流纹岩区(图4)。

综合各图表, 浮岩与酸性、钙碱性系列, 名称为流纹质浮岩。

(三) 酸性浮岩熔浆特征、结晶温度及喷发时期

酸性浮岩熔浆除了在成分上显示的高硅、高碱、低铁镁外, 较突出的特点是富含大量气体。对尚未打开的气泡中的气体分析结果为: CO_2 —2080ml/g、 H_2 —4.10ml/g、 CH_4 —0.60 ml/g。

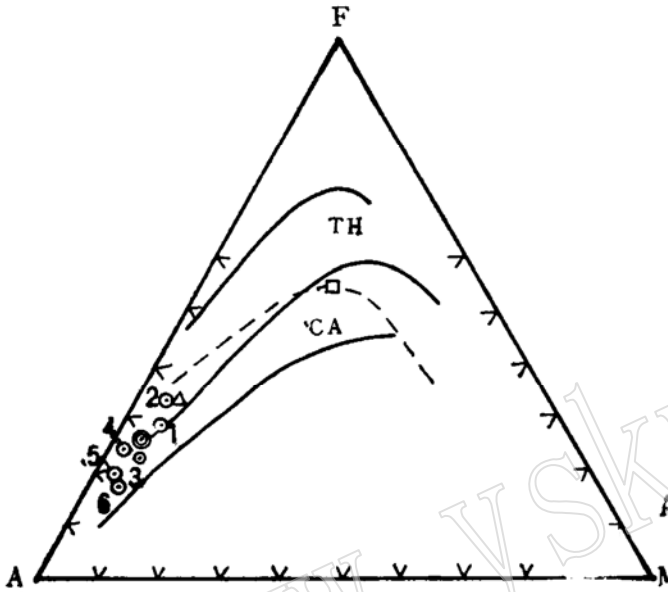


图3 浮岩AFM三角图解

Fig. 3 AFM diagram of the pumice

(据麦克唐纳, 虚线—欧文1971)

TH—拉斑玄武岩; CA—高铝玄武岩

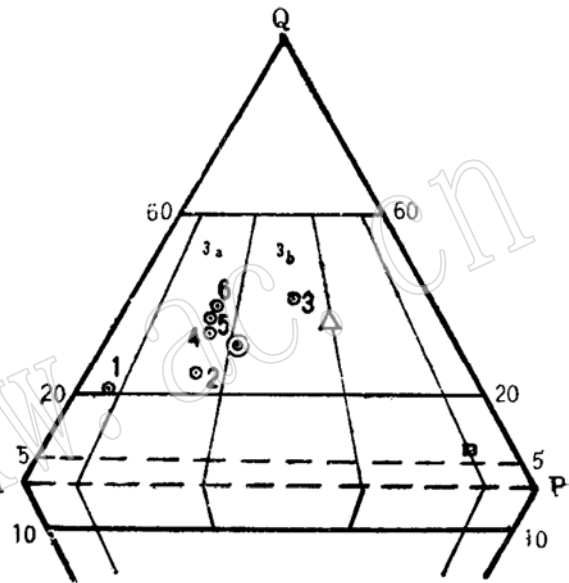


图4 浮岩QAPM图解

Fig. 4 QAPM diagram of the pumice

(据斯特雷凯森, 1967)

3a—流纹岩; 3b—流纹英安岩

(其他图例同图2)

经对斜长石斑晶之玻璃质及玻璃质+气相之包裹体进行均一法测温, 其频次分布曲线呈正态分布。分布曲线的期望值为1050—1100°C。另根据早懒喜太郎提出的方差分析计算法, 均一温度为 $T_z = 1081.4 \pm 177.9^\circ C$, 此值与频次曲线的期望值基本一致, 说明斜长石晶出时温度为1050—1100°C。

表6 浮岩热释光法测年结果

Table 6 Thermoluminescence measuring results of pumice

站号	拉德		ϵ	拉德/年				热释光年代 B. P.
	D_n	Δ		Th+U		K	环境	
				α	β	β	$\gamma+C$	
842	1780		—	—	0.027	0.027	0.039	37100±16700
826	1700		—	—	0.019	0.041	0.035	35400±15800

浮岩年令测定(热释光法)结果为35400—37100年左右(表6)。属更新世晚期岩浆活动产物,表明冲绳海槽最近一期大规模的火山活动距今约四万年左右。

三、第二期流纹英安质浮岩

第二期浮岩见于第三期浮岩带的南端888站柱状样下段。柱状样总长104cm,自上而下可分为四段:0—14cm为棕红色富有孔虫泥;14—42cm为暗褐色有孔虫泥;42—72cm为灰绿色玻屑粉砂泥(含浮石碎块);72—104cm为流纹英安质浮岩(未及底)。

流纹英安质浮岩呈浅灰白色。其结构、构造、矿物成分等特点与第三期流纹质浮岩相同。其与流纹质浮岩的差异除了在纵向上产出位置不同外,主要表现在化学成分上(见表5):1. SiO_2 偏低;2. MgO 、 TiO_2 、 CaO 偏高;3. Na_2O 、 K_2O 偏低。

流纹英安质浮岩之里特曼组合指数 $\sigma = 1.09$,位于钙碱性系列(图2)。在AFM三角图中位于高铝玄武岩系列(图3)。在QAPM双三角图解中,位于流纹英安岩区(图4)。从上述情况可知,第二期浮岩属酸性、钙碱性系列(近过渡型),为流纹英安质浮岩。

四、第一期玄武质浮岩

第一期玄武质浮岩见于浮岩带中部的841站柱状样的中段48cm—76cm处。呈深灰—灰色。其结构构造、矿物成分特点与其后两期浮岩相同,但暗色矿物含量较另二期明显增加。化学成分与另两期浮岩绝然不同(表5),显示以下特点:1. SiO_2 含量为52.85%,明显偏低;2. Al_2O_3 含量为17.40%,明显偏高;3. FeO 、 MgO 、 TiO_2 显著增高;4. Na_2O 、 K_2O 含量偏低。

该期浮岩里特曼组合指数 $\sigma = 1.60$,属钙碱性(图2)。在AFM图解中位于高铝玄武岩系列(近过渡型)。在QAPM双三角图解中,位于安粗玄武岩—拉斑玄武岩过渡带(图4)。

综上所述可知,第一期浮岩为基性、钙碱性系列(近过渡型),属玄武质浮岩。

五、几个问题的认识

1. 流纹质浮岩的同源性问题

我们认为海槽底部广泛出露的流纹质浮岩为同源同期火山作用的产物。主要依据:(1)流纹质浮岩的分布呈NE—SW向断续延伸,与弧盆构造线一致,处在同一构造带,受弧盆NE—SW向断裂构造控制;(2)各处所见之浮岩颜色、结构、构造、矿物成分等特点一致;(3)岩石化学成分一致,里特曼组合指数相近;(4)玻璃质成分基本相同;(5)各处流纹质浮岩的酸碱度、系列及名称亦基本相同。

2. 第三期流纹质浮岩的火山活动

流纹质浮岩的熔浆是一种高硅、低铁、镁、钛和贫钾、钠并溶有大量 CO_2 的酸性熔浆。结晶作用最早析出的是副矿物磷灰石、磁铁矿等。当温度降至 1250°C 以后,特别是 1100 — 1050°C 时,紫苏辉石及斜长石相继析出。在斜长石生长过程中总是伴有熔蚀作用,因此形成了浑圆状的内核及环带。斜长石的六个主要环带(由内核的拉长石经中长石到边缘的更长

石)反映了熔浆在结晶过程中成分的变化。由于斑晶发育速度较快,因此形成了内部含有大量玻璃质及玻璃质+气体的包裹体。

在构造变动控制下,浮岩熔浆沿断裂构造急剧上涌。由于压力的突减溶解在熔浆中的大量 CO_2 及 H_2 迅速析离出来,顿时熔浆变为向上翻滚的泡沫流,以更大的上冲压力突破了上伏的中、基性火山岩的束缚,猛烈喷发于海底。冲出的泡沫流由于压力的突然释放,使内部的气体急剧大量逸出。同时,在爆发与骤冷的条件下,大量熔浆形成破碎状的玻屑及晶屑随着沸腾的水流的翻滚向远处漂散,以致形成了现今可见海槽中分布极广的玻屑、晶屑沉积物。

熔浆喷发之后,内部的能量得到了一定的释放,火山活动得到了一定的缓解,则进入了溢出状态阶段。含有一定量气体的泡沫熔岩涌出火山口向四处流动,在内部气体的“润滑”作用下,具有较大的流动性,使玻璃质及气泡被拉伸成肠状、管状、丝状,并围绕斑晶矿物形成弯曲的流线,即现今所见的具流动泡沫构造的浮岩。在流动性不大的地方形成了具泡沫构造的一般性浮岩。在浮岩熔浆进入半固化状态之后,仍有大量气体沿着裂隙或相连通的气泡通排出,因此在部分气泡壁上留下了泉华状沉淀。

在一次喷溢之后,火山活动进入了宁静阶段。火山口逐渐被冷凝的熔岩流堵塞,此时又蕴育着下一次的喷溢活动。

3. 玄武质浮岩、流纹英安质浮岩、流纹质浮岩的同源性问题

海槽酸性浮岩的来源问题对海槽的成因解释极为重要,某些学者以酸性浮岩的存在,向主张海槽为弧后盆地的板块成因说的学者提出质疑,为时十多年至今悬而未决。因此,搞清酸性浮岩熔浆的来源对该问题的解决可能是有益的。

按目前观点,酸性熔浆的来源主要有二种:或是来自陆壳重熔或是来自基性岩浆的演化。我们认为海槽中的流纹质浮岩与玄武质浮岩是同源的。流纹质浮岩熔浆是基性熔浆分异演化的产物。

据前面论述不难看出,受同一构造控制的三种浮岩在矿物岩石学方面的共性显示了它们之间的亲缘关系。但化学成分上有一定的差异(表5)。这种差异反映了浮岩熔浆的演化趋势。依次的变化规律为:

- (1) SiO_2 含量逐渐增高(52.85%→69.79%→71.46%);
- (2) $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 含量逐渐增高(3.97%→5.41%→7.02%);
- (3) TiO_2 、 Fe_2O_3 、 FeO 、 MgO 含量大幅度由高变低(TiO_2 : 1.04%→0.43%→0.28%; Fe_2O_3 : 2.22%→1.79%→1.44%; FeO : 1.81%→1.39%→1.24%; MgO : 3.56%→0.60%→0.46%);
- (4) CaO 含量由高变低(9.05%→3.40%→2.40%)。

另外,从三期浮岩的酸碱度、系列、名称对比表中也可看出其共性与个性(表7)。

综上所述,三期浮岩明显地显示了它们之间的内在联系,显示了熔浆由基性向酸性方向演化的趋势,有力地证明了它们母源的同源性。下面将从熔浆的固结指数(SI)及分异指数(DI)方面进一步论证。

SI 及 DI 是确定母岩浆分异程度的两个指数⁽¹⁾。同时从分异的规律上也可对同一构造区域内不同岩体的同源性问题进行分析判断。海槽浮岩之 SI 、(DI)值列表8。从表中可知,玄武质浮岩之(SI)值较高, (DI)值较低。说明它们是来自原始岩浆的早期分异产物。随着结

表7 三期浮岩成分、酸度、碱度、系列名称对比表

Table 7 Comparison of composition, acidness, alkalinity, series, names of pumice of three periods

浮岩期	主要氧化物(%)						主要矿物成分	酸度	碱度	系列	岩石名称
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	<FeO>	MgO	CaO					
第三期	71.46	0.28	12.95	2.68	0.46	2.04	玻璃质 斜长石 紫苏辉石	酸性	钙碱质(偏钙)	高铝玄武岩	流纹质浮岩
第二期	69.79	0.43	13.39	3.18	0.60	3.40					钙碱质
第一期	52.85	1.04	17.40	4.01	3.56	9.05		基性	(属钙质)		玄武质浮岩

晶分异作用的进行,残余熔浆的固结指数迅速降低 (SI: 21.5→6.53→4.53),这完全符合正常的结晶分异作用规律,表明海槽浮岩是一个由基性→酸性的完整的火山喷发旋回。根据区域所见岩石类型,形成了以下岩石组合:拉斑玄武岩—安山岩—流纹英安质浮岩—流纹质浮岩。

表8 浮岩之DI及SI表

Table 8 Differentiation index(DI)and consolidation index(SI) of pumice

岩石名称	分异指数(DI)	固结指数(SI)
第三期—流纹质浮岩	84.00	4.53
第二期—流纹英安质浮岩	74.65	6.53
第一期—玄武质浮岩	37.46	21.50

4. 冲绳海槽火山岩形成的构造环境

一般学者认为,火山岩的成分与构造环境有着一定的关系。将海槽浮岩投影在里特曼(1967、1970)——哥提尼(1968、1970)提出的 Logσ—Logτ 图解中⁽²⁾,皆落在B区——造山带火山岩中(图5)。表明冲绳海槽三期浮岩均处于岛弧构造之环境。

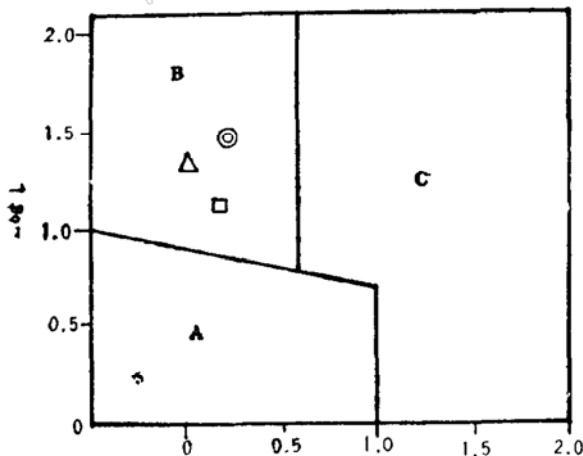


图5 浮岩之里特曼—哥提尼图解
Fig. 5 Rittmann-Gottini diagram of pumice

A—非造山区火山岩;
B—造山带火山岩;
C—两者的碱性分异物;
Logσ—组合指数对数值;
Logτ—哥提尼指数对数值
(图例同图2)

参 考 文 献

[1] 武汉地质学院岩石教研室, 1980, 岩浆岩岩石学, 1981年第二版, 地质出版社, 第126、127、134、140、141页。

- 〔2〕 叶大年、丛柏林, 1981, 岩矿实验室工作方法, 第一版, 地质出版社, 第298、295页。
 〔3〕 李石、王彤, 1981, 火山岩, 第一版, 地质出版社, 第64页。

The Pumice in Okinawa Trough

Liu Chongbao

(Research Party of Marine Geology Ministry of Geology and Mineral Resources)

Key words: liparite-pumice; hypersthene; glass; andesine; arcvolcanic rock; Okinawa Trough

Abstract

Okinawa Trough is tectonically a back-arc basin of a trencharc-basin system. The unceasing extension of the basin has caused intensive and repeated volcanic activities in the bottom of the trough. During the volcanic activities of the latest stage large amounts of intermediate or acid pumice were formed, which constitute the main submarine rocks emerged from the bottom of the trough.

The pumice in Okinawa Trough is distributed in a NE-SW direction and in an intermittent linear way, which is closely related with the submarine mountains. The pumice encountered on the bottom of the through represents the cognate and isogenetic volcanic eruptive material, i. e., the liparite-pumice that is intermediate and acid yet meta-acid in acidity and belongs under the calc-alkaline series. The submarine eruption is of effusivetype.

The pumice is with typical pumiceous structure and porphyritic texture. The phenocryst is usually high-temperature andesine or hypersthene and occasionally quartz. It is characteristic of the phenocryst containing relatively more vitric as well as monocyclic and binary enclosures of vitric and gas. The ground mass is acid volcanic glass ($N = 1.496 - 1.500$). There is a lot of CO_2 in the bubbles. The temperature for crystallization of the phenocryst of high-temperature andesine is $1050-1100^\circ C$.

The pumice contains fine debris enclosures of basalt and andesite, indicating it represents the eruptive material following basalt and andesite. Judged from the rocks, the pumice falls in the following rock assemblages tholeiite, andesite-, liparite-andesite-pumice and liparite-pumice.

The age of the pumice determined by the method of thermoluminescence is 35400-37100yers, which shows the pumice was formed in the late pleistocene. The pumice is arc-volcanic rock.