

# 确定南澜沧江缝合带的 火山岩地球化学证据

朱勤文 张双全 谭 劲

(中国地质大学, 武汉 430074)

关键词 晚古生代和三叠纪火山岩 构造- 岩浆类型 滇西南

摘要 本文着重根据火山岩的主量元素、稀土元素和微量元素特征厘定了我国西南“三江”地区昌宁- 孟连带  $C_1-P_2$  火山岩和南澜沧江带  $P-T_3$  火山岩的构造- 岩浆类型。昌宁- 孟连火山岩带为洋脊/ 准洋脊型- 洋岛型玄武岩、蛇绿混杂岩带, 代表澜沧江洋或古特提斯的残迹; 南澜沧江火山岩带是一个陆缘火山弧带, 是澜沧江洋盆向东俯冲消减、碰撞以及陆内俯冲过程的产物。两带火山岩是成对分布的古特提斯缝合带的产物。

在西南“三江”地区的特提斯中, 澜沧江洋缝合带在南部(大理以南) 走势如何, 分布在哪里? 是昌宁- 孟连带, 还是南澜沧江带? 到“八五”期间, 这个问题尚有不同的认识<sup>[1-4]</sup>。我们继续对该两带火山岩地层和岩石进行了全面的详细研究, 将火山岩的地球化学特征及其岩石组合、沉积相等特征进行综合分析, 从而厘定了火山岩的三种构造- 岩浆类型, 为确定南澜沧江缝合带的位置提供了火山岩地球化学证据。

## 1 昌宁- 孟连带洋脊/ 准洋脊型玄武岩

在昌宁- 孟连带晚古生代火山- 沉积岩系中, 较下部层位( $C_1-C_2^1$ ) 的火山岩以拉斑玄武系列为主, 具有石英拉斑玄武岩、橄榄拉斑玄武岩、亚碱性苦橄玄武岩的火山岩组合; 曼信有少量碱性玄武岩系列的含紫苏辉石碱性玄武岩。玄武岩以熔岩为主, 发育枕状构造, 夹少量海相基性凝灰岩; 其中的沉积岩夹层为远洋非补偿硅质岩<sup>[5]</sup>, 含深水型放射虫组合。上述玄武岩的稀土元素(表1) 分布型式具有两种特征: ①平坦型(图1a),  $(La/Yb)_n = 0.84 \sim 1.87$ , 无Eu异常, 相当于T- MORB<sup>[6]</sup>; 这类玄武岩的微量元素(表2) Pearce 蛛网图也基本呈平坦型, 丰度略高于N- MORB。②LREE 中等富集型(图1b),  $(La/Yb)_n = 5.18 \sim 9.32$ , 无Eu异常, 相当于E- MORB<sup>[6]</sup>; 其Pearce 蛛网图亦显示大离子亲石元素略富集, 与大西洋中脊玄武岩类似<sup>[7]</sup>。此外, 这两类玄武岩在一些构造环境判别图解上, 也显示出洋脊型玄武岩的属性: 在适用于亚碱性系列玄武岩的  $MgO-FeO^*-Al_2O_3$  图解中, 绝大部分成分点位于洋脊和洋底玄武岩区(图2); 在ATK 图解中的分布区与“三江”地区洋脊- 准洋脊玄武岩分布区基本一致, 即表现出低  $K_2O$ 、中  $TiO_2$  特征(图3); 在Pearce (1982) 的  $Zr-Ti$  判别图中, 集中分布于MORB区内(图4); 在  $Zr-Nb-Y$  图解中, REE 平坦型

第一作者简介 朱勤文, 女, 1957年6月出生, 硕士, 副教授, 从事岩浆岩岩石学专业研究。

收稿日期 1998- 05- 18, 改回日期 1998- 06- 08

表1 昌宁-孟连带晚古生代火山岩、蛇绿岩稀土元素丰度(10<sup>-6</sup>)及参数

Table 1 REE abundances and parameters of Late Paleozoic volcanic rocks and ophiolite in Changning - Menglian belt

采样地点	岩石名称	样品代号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	δEu	(La/Yb) <sub>n</sub>	
曼	Ol-TH	MX-0	3.20	8.90	1.51	8.10	2.76	1.11	3.64	0.71	4.61	0.97	2.71	0.42	2.52	0.38	24.30	65.84	1.08	0.84	
	Q-TH	MX-3	21.10	54.70	8.61	43.90	12.60	4.27	14.60	2.64	15.80	3.17	8.49	1.28	7.62	1.10	79.20	279.08	0.97	1.82	
	Q-TH	M1-2	22.70	53.80	8.71	45.30	12.40	4.39	14.80	2.67	16.02	3.29	8.88	1.31	7.98	1.18	84.70	288.13	1.00	1.87	
	PcB	M2-20	16.60	35.40	4.90	21.10	4.70	1.82	4.77	0.80	4.59	0.86	2.09	0.31	1.65	0.22	21.22	120.89	1.18	6.68	
	Ol-TH	M2-36	15.30	32.60	4.62	20.20	5.00	1.83	5.36	0.92	5.15	0.99	2.51	0.37	1.96	0.28	25.40	122.50	1.08	5.14	
	Ol-TH	M2-7	15.90	29.20	5.10	23.50	5.60	1.80	5.90	0.93	5.57	1.05	2.59	0.36	1.94	0.27	30.20	130.00	0.96	5.40	
	Ol-TH	M2-38	18.56	39.01	5.64	26.68	6.13	2.05	6.15	0.91	5.34	1.03	2.69	0.41	2.36	0.33	27.39	144.66	1.02	5.18	
	Hy-AB	MX-2	29.00	64.90	8.43	35.00	7.43	2.74	7.47	1.20	6.46	1.23	3.03	0.46	2.40	0.34	28.70	198.82	1.12	7.96	
	Hy-AB	M1-12	14.13	30.23	4.07	17.75	4.16	1.35	4.13	0.67	3.76	0.70	1.85	0.26	1.54	0.21	18.10	102.91	0.99	6.05	
	AOB	M1-4	32.20	61.88	8.96	36.91	8.12	2.44	6.93	1.07	5.53	1.03	2.54	0.36	2.04	0.28	24.49	194.78	0.98	10.40	
信	Na-TB	M1-3	34.72	70.85	9.29	37.60	7.82	2.47	7.22	1.17	5.78	1.07	2.69	0.42	2.20	0.30	30.02	213.60	1.00	10.39	
	Pc	M2-12	6.20	14.00	1.89	8.40	1.90	0.69	1.71	0.32	1.79	0.34	0.85	0.13	0.68	0.10	8.10	47.31	1.16	6.01	
	Pc	M2-19	7.50	17.30	2.40	9.50	2.30	0.70	2.30	0.35	2.15	0.41	1.07	0.15	0.92	0.12	10.10	57.00	0.93	5.38	
	Pc	MX-7	1.70	4.40	0.65	3.10	1.04	0.42	1.43	0.26	1.74	0.36	0.99	0.15	0.87	0.13	9.40	26.64	1.06	1.29	
	CLP	M2-4	61.97	22.18	15.44	65.70	15.59	4.82	15.56	2.36	12.69	2.31	6.08	0.81	4.38	0.61	76.19	306.69	0.94	9.32	
	PcB	YL-10-2	94.60	177.00	20.90	74.40	13.60	4.00	10.70	1.53	7.82	1.38	3.38	0.47	2.62	0.34	34.00	447.00	0.99	23.79	
	K-TB	YL-7	109.74	202.51	25.57	89.34	16.73	5.53	12.96	1.89	9.39	1.77	4.31	0.63	3.61	0.51	43.50	527.97	1.12	20.02	
	K-TB	YL-12	84.04	160.55	21.80	91.61	16.91	5.45	15.50	2.21	11.94	2.29	5.28	0.78	4.15	0.58	58.93	482.01	1.02	13.34	
	PcB	LC-26	51.20	100.00	12.10	46.20	8.35	2.80	7.12	1.11	5.28	0.94	2.94	2.22	0.31	1.55	0.21	22.20	261.61	1.09	21.76
	K-TB	LCK-4	96.38	194.00	23.87	82.83	17.49	5.15	14.55	2.37	11.69	2.08	5.33	0.82	4.20	0.58	57.22	518.56	0.97	15.11	
双江	K-TB	LCK-25	79.13	146.20	20.41	78.15	16.39	5.03	14.08	2.16	10.43	1.86	4.50	0.67	3.47	0.47	47.56	430.51	1.00	15.02	
	M-CLP	SJ-1	1.20	3.94	0.44	1.66	0.53	0.20	0.51	0.12	0.61	0.12	0.33	0.05	0.28	0.04	3.27	13.30	1.17	2.83	
	Bas	SJ-2	19.61	47.20	6.14	23.11	5.35	1.84	3.90	0.73	3.32	0.60	1.37	0.20	0.96	0.13	14.94	129.39	1.19	13.44	
	M-CLP	SJ-7	2.74	6.50	0.83	3.49	1.04	0.34	1.09	0.20	1.21	0.23	0.67	0.09	0.56	0.08	5.92	25.00	0.98	3.22	
	M-Per	MH-1	0.76	2.74	0.28	1.02	0.27	0.05	0.25	0.04	0.17	0.04	0.09	0.01	0.08	0.01	0.83	6.63	0.59	6.28	
	Bas	MH-9	34.83	74.43	8.64	27.28	6.05	1.95	5.19	0.93	4.11	0.75	1.88	0.29	1.51	0.21	19.99	188.03	1.05	15.20	
	M-Dia	MH-18	2.00	5.87	0.90	4.50	1.55	0.58	1.95	0.39	2.70	0.55	1.66	0.24	1.43	0.22	15.43	39.97	1.03	0.92	

Ol-TH—橄榄拉斑玄武岩; Q-TH—石英拉斑玄武岩; PcB—苦橄玄武岩; Hy-AB—含黄苏辉石的碱性玄武岩; AOB—碱性橄辉玄武岩;  
 Na-TB—钠质粗面玄武岩; K-TB—钾质粗面玄武岩; Bas—碧玄岩; Pc—苦橄岩; CLP—单辉橄岩; Per—橄辉岩; Dia—辉绿岩; M—变质  
 样品由湖北省地质实验研究所测试(1992, 1993)

表2 昌宁-孟连带晚古生代火山岩、蛇绿岩微量元素丰度( $10^{-6}$ )  
 Table 2 Trace element abundances of Late Paleozoic volcanic rocks and ophiolite in Changning - Menglian belt

采样地点	岩石名称	样品	Rb	Sr	Ba	Nb	Ta	Zr	Hf	Th	Cr	Ni	Co	Cu	Pb	Zn	V
曼	Ol-TH	MX-0	14.9	308.0	104.0	6.30	0.92	97.0	2.55	18.5	257.0	87.0	41.8	223.0	569.0	101.0	294.0
	Q-TH	MX-3	2.4	204.0	82.9	21.0	0.96	333.0	7.42	14.9	<5.0	14.0	24.0	34.0	125.0	173.0	100.0
	Q-TH	M1-2	1.5	111.0	63.6	21.4	1.33	336.0	7.06	11.9	<5.0	13.0	21.2	28.0	77.0	174.0	88.0
	PcB	M2-20	1.5	113.0	117.0	18.7	0.75	164.0	3.71	7.4	600.0	795.0	52.4	100.0	23.0	100.0	258.0
	Ol-TH	M2-36	1.5	198.0	70.0	17.1	0.88	166.0	4.05	11.7	262.0	158.0	38.4	51.0	56.0	54.0	259.0
	Ol-TH	M2-7	2.7	128.0	303.0	13.0	0.77	139.0	4.11	5.7	527.0	280.0	31.3	79.8	1.9	70.0	254.0
	Ol-TH	M2-38	7.8	336.0	216.0	16.8	0.74	183.0	4.70	5.7	562.0	290.0	45.0	135.0	4.7	109.0	274.0
	Hy-AB	MX-2	1.5	286.0	131.0	34.1	1.77	2.83.0	6.60	16.5	156.0	90.0	39.1	136.0	356.0	109.0	258.0
	Hy-AB	M1-12	21.4	143.0	388.0	16.3	0.67	165.0	3.70	9.4	446.0	133.0	36.0	109.0	30.1	124.1	263.0
	AOB	M1-4	34.1	470.0	960.0	41.5	1.84	244.0	5.70	10.7	492.0	135.0	51.0	58.0	4.4	157.0	387.0
	Na-TB	M1-3	4.8	485.0	252.0	38.8	2.96	239.0	5.08	12.0	57.7	76.8	42.4	151.0	64.1	99.0	410.0
	Pc	M2-12	12.3	73.0	59.1	7.6	0.50	82.0	2.10	5.9	1614.0	1524.0	88.8	47.0	28.0	77.0	106.0
信	Pc	M2-19	15.3	70.0	44.0	8.2	0.84	92.0	3.07	5.7	1124.0	1530.0	23.9	58.0	5.6	72.0	123.0
	Pc	MX-7	1.5	75.0	45.1	1.2	0.24	42.0	1.20	6.5	2158.0	1218.0	79.8	70.0	51.0	59.0	108.0
	CLP	M2-4	1.8	46.0	254.0	12.3	0.46	92.0	2.30	5.3	2855.0	1381.0	126.0	182.0	2.3	267.0	148.0
	PcB	YL-10-2	1.5	1627.0	292.0	90.1	3.24	276.0	7.08	18.0	177.0	165.0	55.6	89.4	14.9	112.0	350.0
依柳	K-TB	YL-7	91.4	147.0	377.0	143.1	6.00	696.0	9.89	15.2	19.9	14.0	15.6	17.0	13.2	108.0	179.0
	K-TB	YL-12	51.7	95.0	299.0	91.6	4.89	472.0	7.16	9.9	59.6	46.9	41.2	44.0	2.0	118.0	334.0
老厂	PcB	LC-26	10.8	397.0	314.0	62.6	3.00	228.00	4.80	11.7	413.0	186.0	46.4	246.0	92.0	96.0	266.0
	K-TB	LCK-4	66.5	107.0	587.0	112.6	7.20	599.0	12.16	17.2	37.6	18.6	30.3	44.8	44.6	303.0	303.0
	K-TB	LCK-25	81.2	32.0	201.0	80.5	5.88	417.0	9.12	11.2	148.0	65.9	40.4	22.1	14.8	149.0	288.0
双江	M-CLP	SJ-1	1.6	29.0	36.0	2.8	3.96	35.0	0.71	5.5	1933.6	1259.0	94.8	37.6	10.9	59.0	75.0
	Bas	SJ-2	6.3	210.1	131.0	43.7	1.74	204.0	4.64	8.4	428.7	144.1	43.6	151.3	17.5	101.0	298.0
	M-CLP	SJ-7	3.0	71.0	59.0	5.5	7.98	25.0	1.59	4.0	1350.0	931.8	74.4	51.3	15.0	80.0	144.0
乌屿公路	M-Per	MH-1	1.5	33.0	30.0	1.0	7.14	21.0	0.43	3.8	1617.0	1464.0	70.2	18.3	1.4	54.0	26.0
	Bas	MH-9	5.3	120.0	136.0	55.4	3.16	266.0	5.37	11.5	74.0	222.0	48.0	115.4	11.6	77.0	307.0
	M-Dia	MH-18	2.0	104.0	50.0	4.1	1.34	63.0	1.45	7.11	406.0	86.1	33.1	58.2	10.8	70.0	256.0

石名称同表1, 样品由湖北省地质实验研究所测试(1992, 1993)

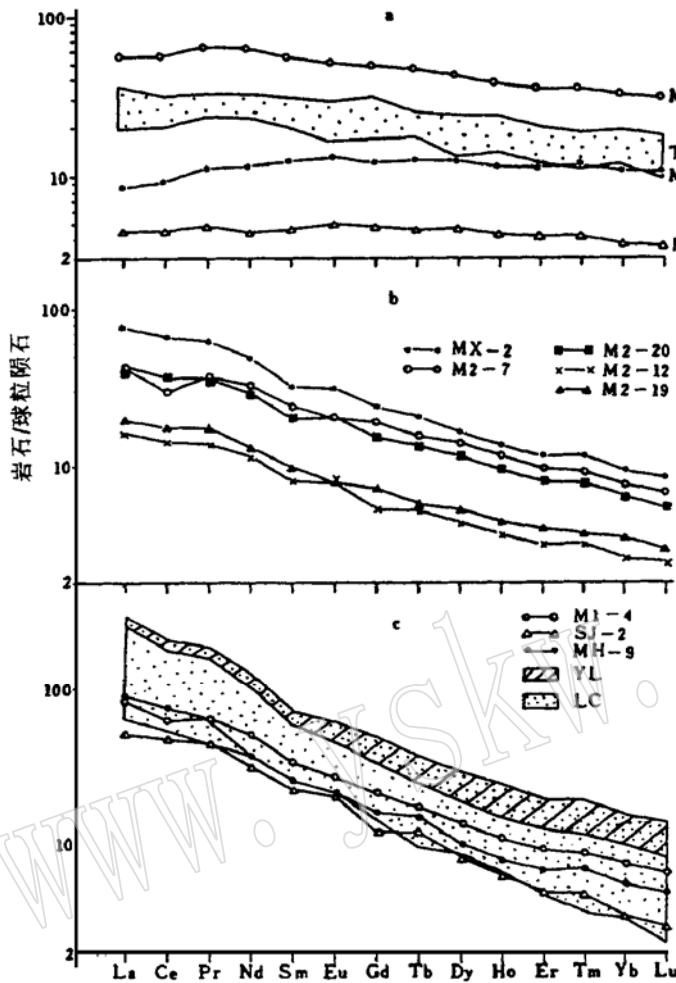


图1 昌宁-孟连带稀土元素分布型式

Fig. 1 Chondrite-normalized REE patterns of Changning-Menglian belt

- a—曼信(MX)、铜厂街(TK)洋脊型玄武岩(MORB);
- b—曼信准洋脊型玄武岩(MORB-like);
- c—洋岛型玄武岩(OIB); 样品见表1

的玄武岩分布在板内拉斑玄武岩区和 MORB 区, LREE 中等富集型玄武岩则主要分布在板内拉斑玄武岩区, 较前者有较高的 Nb(图 5)。

上述二类玄武岩可在空间上共生(如在曼信)。REE 平坦型者在较下部层位, LREE 中等富集者在较上部层位, 两者不具有演化关系, 而是各自构成一个演化系列。但两者在许多地球化学特征方面具相同或相似特征, 故称为洋脊/准洋脊型玄武岩<sup>[8]</sup>。其与硅质岩夹层以及变质橄榄岩(蛇纹岩)、变质堆晶岩——变质辉橄岩、橄辉岩(部分或全部变为蛇纹石)以及变质辉绿岩墙一起, 构成蛇绿混杂岩, 代表澜沧江洋闭合后的残迹。

## 2 昌宁-孟连带洋岛型玄武岩

在昌宁-孟连带还分布着另一类玄武岩, 它分布于 C<sub>1</sub>-P<sub>2</sub> 层位, 属碱性玄武岩系列, 在不同剖面中岩石类型有所不同, 曼信有碱性橄榄玄武岩和钠质粗面玄武岩, 依柳和老厂

为苦橄玄武岩和钾质粗面玄武岩, 双江和乌蚂公路则为碧玄武岩。这些玄武岩的稀土元素(表 1)分布型式呈 LREE 强烈富集型(图 1c), (La/Yb)<sub>n</sub> = 10.39~23.79, 无 Eu 异常, 与印度洋西部的 Reunion 岛相当<sup>[6]</sup>, 微量元素(表 2) Pearce 蛛网图可与洋岛玄武岩相对比, K-Ti 呈上隆的富集型。在图 3 4 5 中分布在板内(碱性)玄武岩区或大陆裂谷玄武岩区。但是, 从下述特征表明不能简单地将这类玄武岩定为大陆裂谷玄武岩:

(1) 火山岩层序及共生岩石。下部以碱性系列玄武岩为主, 夹火山碎屑岩; 上部以火山碎屑岩为主, 夹熔岩; 顶部与上覆台地相碳酸盐岩呈整合过渡关系, 即火山岩顶部夹灰岩, 上覆灰岩底部夹凝灰质泥岩、粉砂岩; 碱性玄武岩之下共生拉斑系列洋脊/准洋脊型玄

武岩, 其中夹远洋非补偿深水型放射虫硅质岩。

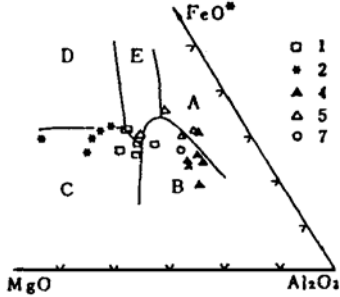


图2 昌宁-孟连带、南澜沧江带玄武岩  $MgO-FeO^*-Al_2O_3$  图  
(据 Pearce, 1977)

Fig. 2  $MgO-FeO^*-Al_2O_3$  diagram of basalt in Changning-Menglian belt and South Lancangjiang belt  
A—扩张中心岛; B—造山带; C—洋脊和洋底; D—洋岛; E—大陆  
1 2—昌宁-孟连带; 4 5 7—南澜沧江带

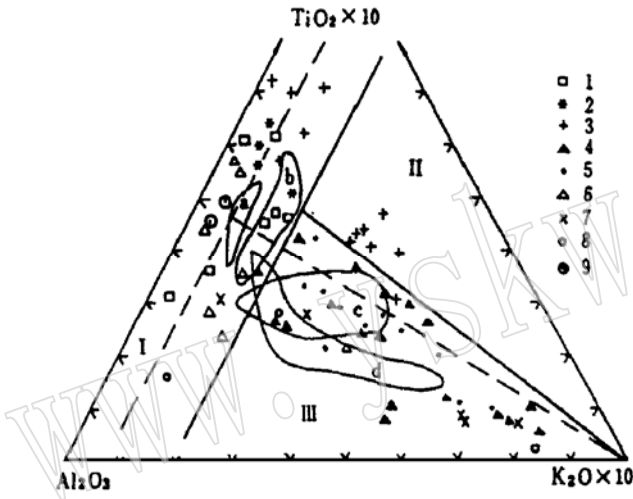


图3 昌宁-孟连、南澜沧江带中-基性火山岩 ATK 图解(据赵崇贺, 1989)<sup>[9]</sup>

Fig. 3 ATK diagram of intermediate-basic volcanic rocks in Changning-Menglian belt and South Lancangjiang belt

I—洋脊玄武岩区; II—大陆裂谷型玄武岩区; III—造山带玄武岩及安山岩区(虚线为赵崇贺划分该三区的界线, 实线为本区划分界线) a—三江各带洋脊型玄武岩平均值; b—三江准洋脊型玄武岩; c—三江弧玄武岩; d—三江滞后型玄武岩(据莫宣学等, 1993)<sup>[10]</sup>; 1~3为昌宁-孟连带(1、2为REE平坦-弱富集型洋脊-准洋脊玄武岩, 3为REE强富集型洋岛型玄武岩); 4~8为南澜沧江带弧火山岩(依次为北段  $T_3^2$  和  $T_3^1$ 、南段  $T_3$ 、 $T_2$ 、P 火山岩); 9—世界洋脊玄武岩平均值

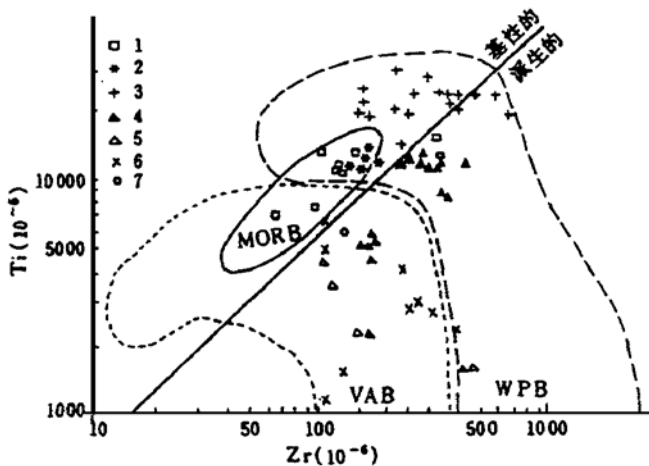


图4 昌宁-孟连带、南澜沧江带火山岩 Zr-Ti 图解(据 Pearce, 1982)

Fig. 4 Zr-Ti diagram of volcanic rocks in Changning-Menglian belt and South Lancangjiang belt

MORB—洋脊玄武岩; WPB—板内玄武岩; VAB—火山弧玄武岩; 1~3为昌宁-孟连带(1为REE平坦型; 2为REE弱富集型; 3为REE强富集型); 4~7为南澜沧江带(4—北段  $T_3$ ; 5—中南段  $T_3$ ; 6— $T_2$ ; 7—P)

(2) 上述火山岩形成于海相环境, 从下到上, 水体由深到浅, 熔岩由多到少, 火山碎屑由少到多。

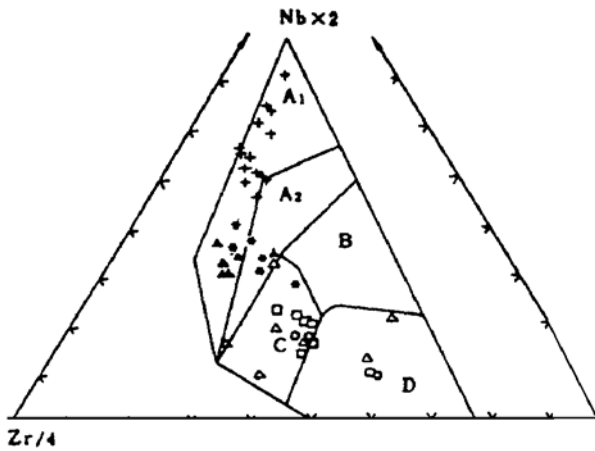


图 5 昌宁-孟连带、南澜沧江带火山岩  
Zr/4-Nb x 2-Y 图解(据 Meschode, 1986)  
Fig. 5 Zr/4-Nb x 2-Y diagram of volcanic  
rocks in Changning-Menglian belt and  
South Lancangliang belt

A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>—板内碱性玄武岩; A<sub>2</sub>、C—板内拉  
斑玄武岩; B—P 型 MORB; D—N 型 MORB;  
C、D—火山弧玄武岩(图例同图 4)

(3)在整个昌宁-孟连带上,碱性系列玄武岩在不同地段具有不同的岩石类型和时代。在南段曼信、依柳一带发育较早,为 C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>;在老厂、双江、乌蚂公路段则形成较晚,为 P<sub>2</sub>。岩石类型多样,有碱性橄榄玄武岩、苦橄玄武岩、碧玄岩、钾质粗面玄武岩、钠质粗面玄武岩。从而表现出热点岩浆作用之特点。

上述三类特征与现代太平洋中广泛发育的洋岛或海山的特征相当<sup>[11]</sup>。现代洋岛的一般层序是:下部以碱性系列玄武岩为主,中部以火山碎屑岩为主,上部为边缘礁或碳酸盐台地。如南太平洋 Pitcairn 岛屿区的热点上的海山,具有大小不等的规模,海山底部水深大于 3000 m,顶部水深 500 m 左右;自下而上火山岩变化为:洋脊型拉斑玄武岩—富碱熔岩—火山碎屑岩;富碱熔岩岩石类型有碱性玄武岩、碧玄岩、粗面安山岩、粗面岩。

综上所述,有理由认为昌宁-孟连带与洋脊/准洋脊玄武岩共生的 C<sub>1</sub>-P<sub>2</sub> 碱性系列火山岩属于洋岛型玄武岩。南澜沧江洋是一个多岛洋<sup>[12]</sup>。

### 3 南澜沧江带弧火山岩

北起云县、南至景洪,沿澜沧江两岸展布,发育于 P<sub>1</sub>-T<sub>3</sub> 的火山岩系,分属于低钾拉斑-钙碱性系列以及高钾钙碱性-钾玄岩系列<sup>[13]</sup>,以中性火山岩为主,其次为酸性火山岩,基性火山岩较少,火山碎屑岩比例较大,从而表现出弧火山岩之特征;在地球化学特征上也具有弧火山岩之属性。

上述火山岩,稀土元素(表 3)分布型式呈 LREE 弱富集—中等富集型,微量元素(表 4) Pearce 蛛网图以亏损高场强元素 Nb、Ta 和 Ti、Cr 等,富集 Th 和大离子亲石元素为特征(图 6);在图 2 和图 3 中分布在造山带区,在图 4 和图 7 中,也表现出弧火山岩属性,具有较高的 Th/Yb 和较低的 Ti 值(TiO<sub>2</sub>< 3%)。但是,分布于不同时间和空间的火山岩又有各自的特点(表 5)。P<sub>1</sub>-P<sub>2</sub> 火山岩与中-南段(民乐以南)T<sub>2</sub>-T<sub>3</sub> 火山岩特征比较接近,属低钾拉斑-中钾钙碱性系列,具有石英拉斑玄武岩-玄武安山岩-安山岩-英安岩-流纹岩的岩石组合;稀土元素分布型式呈 LREE 弱富集—中等富集型;Nb/Y< 0.67。其中, P<sub>1</sub>-P<sub>2</sub> 弧火山岩的(La/Yb)<sub>n</sub> 值最低,为 2.02~2.62,无铕异常,δEu= 0.97~1.13, Pearce 微量元素蛛网图显示亏损 Nb、Ti、Cr,富集 Rb、Ba、Th。中-南段 T<sub>2</sub>-T<sub>3</sub> 弧火山岩(La/Yb)<sub>n</sub> = 3.03~7.32,δEu= 0.75~1.02, Pearce 微量元素蛛网图除亏损 Nb、Ti、Cr 外,还亏损

表3 南澜沧江带 P<sub>1</sub>-T<sub>3</sub> 火山岩稀土元素丰度 (10<sup>-6</sup>) 及参数  
Table 3 REE abundances and parameters of P<sub>1</sub>-T<sub>3</sub> volcanic rocks in South Lancangjiang belt

地点	时代	岩石名称	样品	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	δEu	(La/Yb) <sub>n</sub>	
文玉	T <sub>3</sub>	A La La Sho La Tr	WY-0-2	28.28	60.01	7.54	26.29	5.28	1.39	4.08	0.73	3.55	0.68	1.90	0.28	1.74	0.23	19.06	161.03	0.89	10.70	
			WY-3	20.84	46.72	6.06	22.33	4.91	1.25	3.98	0.69	0.69	3.30	0.65	1.79	0.28	1.62	0.24	18.60	133.27	0.86	8.47
			WY-4	21.32	42.80	5.59	20.72	4.36	1.03	4.49	0.65	0.65	3.22	0.72	1.79	0.28	1.57	0.23	17.67	126.56	0.71	8.94
			WY-10	68.53	106.83	16.31	53.58	12.77	3.45	9.80	1.63	7.28	1.31	3.42	0.55	2.95	0.41	34.26	323.07	0.92	15.30	
			WY2-4	33.30	54.90	6.88	25.30	4.53	1.45	2.84	0.49	2.78	0.55	1.30	0.21	1.28	0.22	13.80	149.75	1.16	15.51	
			WY2-7	31.80	58.40	6.90	25.60	4.53	1.28	3.77	0.64	3.24	0.65	1.74	0.26	1.58	0.24	16.80	157.42	0.93	13.57	
			ML1-0	56.70	94.50	11.90	37.70	6.12	1.45	4.58	0.71	3.76	0.78	2.20	0.36	2.26	0.36	21.20	244.04	0.81	16.13	
民乐	T <sub>2</sub>	HK-R HK-R HK-R BA LK-A	ML4-12	31.73	63.59	7.67	27.80	5.30	1.04	4.07	0.71	3.70	0.80	2.43	0.41	2.76	0.43	22.76	175.18	0.66	7.58	
			V <sub>3</sub>	28.89	66.75	8.69	32.78	6.89	1.50	5.49	1.00	5.43	1.15	3.39	0.55	3.58	0.54	32.02	198.05	0.73	5.32	
			ML2-1	25.90	49.00	6.65	27.60	5.87	1.64	5.00	0.84	4.58	0.93	2.54	0.40	2.33	0.35	22.90	156.62	0.91	7.58	
			ML5-5	21.45	46.83	6.32	25.53	5.42	1.27	4.91	0.69	4.43	0.90	2.39	0.35	2.07	0.31	25.00	147.89	0.75	7.08	
			SL-13	12.32	32.28	4.39	20.30	5.61	1.83	6.89	1.12	7.71	1.61	4.38	0.69	4.22	0.66	42.37	146.38	0.91	1.91	
恩—澜公路	T <sub>3</sub>	LK-D LK-QTB LK-BA Gab R	SL-17	8.44	22.86	2.71	11.52	2.90	0.75	3.03	0.53	3.62	0.82	2.25	0.39	2.44	0.41	21.17	83.84	0.77	2.11	
			SL-23	11.6	25.34	3.63	16.00	3.65	1.24	3.78	0.64	4.03	0.78	2.13	0.31	1.75	0.24	20.09	95.21	1.02	4.37	
			SL-37	16.32	36.52	5.14	21.96	5.49	1.77	5.97	0.99	6.60	1.32	3.67	0.57	3.55	0.53	35.01	145.41	0.95	3.03	
			SL-47	6.24	14.18	2.15	10.16	2.85	1.12	3.10	0.51	3.45	0.68	1.79	0.27	1.46	0.21	17.32	65.49	1.16	2.77	
			SL2-3	11.43	26.37	4.49	21.51	6.45	0.98	6.95	1.27	8.30	1.90	5.31	0.87	5.49	0.84	49.1	151.26	0.45	1.39	
邦沙	P <sub>2</sub>	BA HK-R	SL3-4	8.69	24.41	3.46	15.67	4.09	1.62	4.79	0.85	5.82	1.09	2.94	0.44	2.66	0.4	29.45	105.83	1.13	2.22	
			BS-17	11.90	27.60	3.91	18.2	4.75	1.76	5.58	1.06	6.72	1.42	3.99	0.65	3.89	0.60	35.90	127.82	1.05	2.03	
景哈	P <sub>2</sub>	A	BS-19	23.80	32.60	5.56	25.30	6.11	0.37	6.20	1.26	8.19	1.77	5.46	0.89	5.98	0.90	50.60	182.08	0.18	2.71	
			JH-5	11.7	29.29	3.61	15.1	2.90	1.33	4.55	0.76	5.28	1.18	3.31	0.55	3.41	0.54	33.42	117.93	0.97	2.22	

LK—低钾; HK—高钾; QTB—石英斑玄武岩; BA—玄武安山岩; A—安山岩; La—安山岩; T<sub>1</sub>—粗面岩; Sho—辉长岩; R—辉长岩; Gab—辉长岩  
样品由湖北省地质实验研究所测试(1992, 1993)

Hf、K、Rb, 富集元素只有Th(图6)。北段(民乐、文玉、小定西)T<sub>2</sub>-T<sub>3</sub>火山岩与中南段不同表现为: 火山岩属高钾钙碱系列-钾玄岩系列, 岩石组合为钾质粗面玄武岩-高钾玄武岩-钾玄岩-安粗岩-高钾流纹岩; LREE富集程度相对较高, (La/Yb)<sub>n</sub>=5.32~15.30, 中基性火山岩的 $\delta\text{Eu}$ =0.71~0.92, Pearce微量元素蛛网图除亏损Nb、Ti、Cr外, 还亏损P, 除富集Rb、Ba、Th外, 还富集K(图6); Nb/Y=0.67~1.17, Th/Yb较高(>3), 分布在火山弧的钾玄岩区(图7)。

表4 南澜沧江带P<sub>1</sub>-T<sub>3</sub>火山岩痕量元素丰度(10<sup>-6</sup>)Table 4 Trace element abundances of P<sub>1</sub>-T<sub>3</sub> volcanic rocks in South Lancangjiang belt

样品	Rb	Sr	Ba	Nb	Ta	Zr	Hf	Th	Cr	Ni	Co	Cu	Pb	Zn	V
WY-0-2	77.4	423	346	14.2	1.89	174	0.91	9.3	85.9	25.3	19.6	84.4	21.2	81	157
WY-3	307.7	202	855	15.3	2.07	157	4.08	4.1	48.9	21.9	18.7	226.0	9892.0	1822	127
WY-4	186.0	287	773	13.9	1.32	177	4.39	24.4	62.7	23.0	19.0	1077.0	382.7	682	145
WY-10	354.4	159	1183	23.0	2.70	200	4.18	13.3	83.3	29.4	24.3	1291.0	167.0	271	186
WY2-4	377.1	246	1463	16.1	0.43	161	3.72	15.2	57	30	23.0	21820	9845	924	154
WY2-7	421.6	136	1655	14.8	0.34	171	3.65	19.4	60	31	19.6	2185	268	380	139
ML1-0	90.1	169	2933	14.6	1.16	256	6.50	15.4	13	19	10.3	8568	92	86	37
ML4-12	113.0	617	2550	16.2	1.76	245	5.73	10.3	5.8	5.2	5.8	52.4	28.1	39.0	33.0
V <sub>3</sub>	65.7	312	2896	19.5	1.81	296	6.19	11.4	3	6.5	7.7	4622.0	21.5	64.0	39.0
ML2-1	23.5	469	465	9.5	0.33	114	3.50	9.9	<5	17	24.5	164	69	113	278
ML5-5	12.0	754	103	9.5	0.81	114	2.14	7.4	144.7	40.1	24.0	37	20.9	117	216
SL-13	4.2	279	90	5.2	1.03	109	2.33	6.7	3.7	20.6	84.3	985	13.5	91	106
SL-17	9.4	167	87	2.8	0.56	126	3.21	4.6	3.7	10.7	20.4	62	7.1	241	131
SL-23	1.1	374	63.5	5.6	0.86	107	1.70	7.5	95.3	20.8	27.9	37.4	16.2	120	325
SL-37	1.5	159	70.2	7.1	0.33	149	3.15	5.9	28.9	11.2	24.7	34.2	8.4	124	438
SL-47	9.9	354	148.3	3.5	0.37	34	0.51	7.5	40.2	12.1	25.1	87.2	12.3	74	307
SL2-3	37.9	64	257	14.8	1.17	399	8.12	8.9	3.7	4.2	2.9	20	14.2	36	48
SL3-4	54.5	49	309	17.5	1.14	169	2.65	6.9	89.2	103.3	48.7	209	5.1	864	447
BS-17	11.0	416	275	11.0	0.78	164	4.09	7.9	53	37	37.1	67	51	96	327
BS-19	78.3	31	2063	78.3	1.20	112	4.84	6.8	<5	8	4.2	21	9	17	10
JH-5	41.6	250	155	7	0.86	135	3.37	6.6	10.0	15.4	27.2	53	3.8	130	256

岩石名称、地点、时代同表3, 样品由湖北省地质实验研究所测试(1992, 1993)

上述P、中南段T<sub>2</sub>-T<sub>3</sub>、北段T<sub>2</sub>-T<sub>3</sub>三部分火山岩在岩石组合、岩浆系列和岩石地球化学特征方面的差异, 与火山弧发育的不同阶段以及距离海沟不同位置的弧岩浆作用特点不同有关, 从而表明南澜沧江弧火山岩带是一个复合的陆缘火山弧。参照俯冲碰撞带岩浆作用的特点, 上述二叠纪钙碱性系列火山岩应属俯冲同步型弧火山岩; 早三叠世(T<sub>1</sub>)是澜沧江洋盆与思茅微陆块的主要碰撞时期, 碰撞作用使地壳增厚、缓慢隆起, 导致南澜沧江



表5 昌宁-孟连带及南澜沧江带火山岩构造-岩浆类型地球化学特征综述  
Table 5 Geochemical characteristics of structural - magmatic types of volcanic rocks in Changning - Menglian belt and South Lancangjiang belt

环境 系列	昌宁-孟连带			南澜沧江带		
	洋脊/准洋脊	洋岛	玄武岩-高钾钙碱	玄武岩(T <sub>2</sub> -T <sub>3</sub> , 北段)	玄武岩(T <sub>2</sub> -T <sub>3</sub> , 中-南段)	玄武岩(P)
岩石 类型 及 分布 时代	拉斑 Ol-TH→Q-TH (曼信) TrB→Ol-TH→Hy-AB (曼信) Ol-TH→Q-TH (铜厂街) C <sub>1</sub> -C <sub>2</sub>	碱性 AOB→Na-TB, C <sub>1</sub> PcB→K-TB, C <sub>1</sub> PcB→K-TB, P <sub>2</sub> Ban Ban (乌玛公路)	K-TB→B→HK-λ, T <sub>3</sub> (小定西) SHO→La, T <sub>3</sub> (小定西) HK-λ, T <sub>3</sub> (小定西) SHO→La→T <sub>3</sub> (文玉) HK-λ, T <sub>3</sub> (民乐)	Q-TH→BA→A→D, T <sub>3</sub> (思澜) MK-λ, T <sub>3</sub> (思澜) BA→A, T <sub>2</sub> (民乐)	低钾拉斑-中钾钙碱	低-中钾钙碱 A P <sub>1</sub> (思澜) BA→A→λ, P <sub>2</sub> (邦沙) A→D, P <sub>2</sub> (景哈)
(La/Yb) <sub>n</sub> REE型式	0.84-1.87, 5.18-9.32 平坦, 中等富集	10.39-23.79 强烈富集	5.32-15.30 中等富集	3.03-4.37, 6.83-7.32 弱富集 中等富集	2.02-2.62 弱富集	
Peacock 曲线	亏损 Cr, Y, Yb, 近平坦, K-Ti 略大于 1	亏损 Y, Yb, Sr 低富集 K-Ti	弱亏损 Nb, P, Ti, Cr 富集 K, Rb, Ba, Th	亏损 Nb, Hf, Ti, Cr, K, Rb 富集 Th	亏损 Nb, Ti, Cr 富集 Rb, Ba, Th	
Ti/V	40-65	65-120	20-65	20-40	20-40	
TiO <sub>2</sub> /P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	15-6	15-2, 高 Ti, P	6-2, 中 Ti, P	6-2, 低 Ti, P	6-2, 低 Ti, P	
Ti/Zr	>60, 中 Ti, 低 Zr	>60, 高 Ti, 高 Zr	<60, 中-低 Ti, 高 Zr	<60, 低 Ti, 低 Zr	<60, 低 Ti, 低 Zr	
Ta/K Yb/Yb	<2, 较低	>1.5, 中等	<1.5, 较低	<1.5, 较低	<1.5, 较低	
Nb/Y	<1.2	>1.2	0.67-1.17	<0.67	<0.67	
TiO <sub>2</sub> %	中 TiO <sub>2</sub> , 3-1.3	高 TiO <sub>2</sub> , >3	中-低 TiO <sub>2</sub> , <3	低 TiO <sub>2</sub> , <1.3	中-低 TiO <sub>2</sub> , 3-1.3	
共生岩石	深海含放射虫硅质岩夹层 C <sub>1</sub> - C <sub>2</sub>	浅水碳酸岩盐, 火山碎屑岩, 硅 质岩夹层, C <sub>1</sub> -P <sub>2</sub>	粉砂岩, 泥岩夹层, 火山碎屑 岩, T <sub>2</sub> -T <sub>3</sub>	粉砂岩, 泥岩夹层, 火山碎屑 岩, T <sub>2</sub> -T <sub>3</sub>	粉砂岩, 硅质粉砂岩, 泥 岩, P <sub>1</sub> -P <sub>2</sub>	
矿产	Cu, 铜厂街	Ag-Pb-Zn, 老厂; Au, 曼信 茶场	Cu-Pb, 文玉, 民乐	无矿	无矿	

岩石类型代号见表1和表3

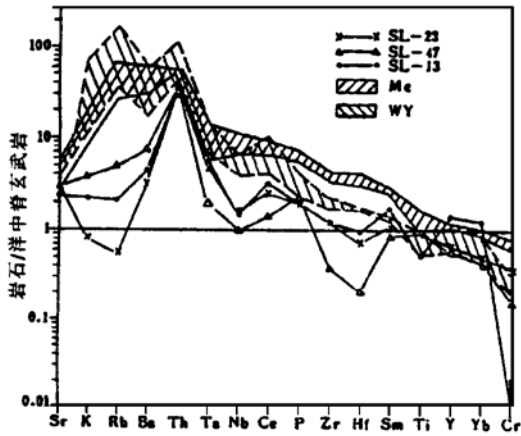


图6 南澜沧江带 T<sub>3</sub> 弧火山岩  
Pearce 微量元素蛛网图

Fig. 6 Pearce minor element web diagram of volcanic rocks in T<sub>3</sub> arc of South Lancangjiang belt

SL—南段思澜公路; MC—北段忙怀—小定西;  
WY—北段文玉。样品名称见表4

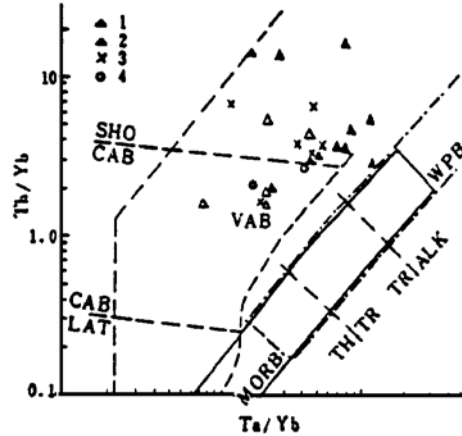


图7 南澜沧江带火山岩 Th/Yb—Ta/Yb  
图 (据 Pearce, 1982)

Fig. 7 Th/Yb—Ta/Yb diagram of volcanic rocks in South Lancangjiang belt

VAB—火山弧玄武岩; LAT—低钾拉斑玄武岩;  
CAB—钙碱性玄武岩; SHO—钾玄岩系列;  
1—北段 T<sub>3</sub>; 2—南段 T<sub>3</sub>; 3—T<sub>2</sub>; 4—P

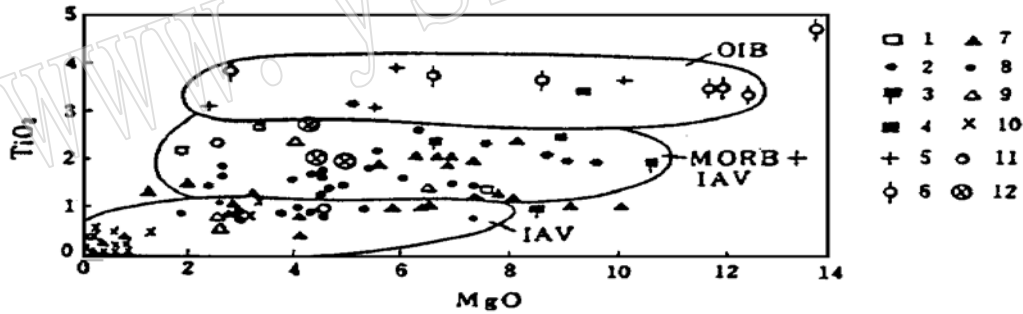


图8 昌宁—孟连带、南澜沧江带火山岩 TiO<sub>2</sub>—MgO 关系图

Fig. 8 TiO<sub>2</sub>—MgO diagram of volcanic rocks in Changning-Menglian belt and South Lancangjiang belt  
昌宁—孟连带: 1—曼信(C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>); 2—曼信(C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>); 3—铜厂街(C<sub>1</sub>); 4—乌蚂公路、双江(P); 5—曼信、依柳(C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>); 6—老厂(P)。  
南澜沧江带: 7—北段 T<sub>3</sub><sup>2</sup>和 T<sub>3</sub><sup>1</sup>; 8—南段(T<sub>3</sub>); 9—南段(T<sub>3</sub>); 10—T<sub>2</sub>; 11—景哈、蛮垒(P); 12—邦沙(P<sub>2</sub>); MORB—洋脊玄武岩;  
OIB—洋岛玄武岩; IAV—岛弧火山岩

带缺失 T<sub>1</sub> 地层的沉积; 该带内中三叠世(T<sub>2</sub>) 的酸性火山岩应属后碰撞型(Late collision) 弧火山岩; 在此之后的晚三叠世(T<sub>3</sub>) 火山岩则应属滞后型弧火山岩, 中南段钠质火山岩可能形成时间较早, 并偏向俯冲带一侧, 北段富钾火山岩形成时间较晚, 并靠近思茅陆块一侧。

#### 4 小 结

上述三类不同构造—岩浆类型的火山岩之岩石学和地球化学特征及其差异综合于表 5

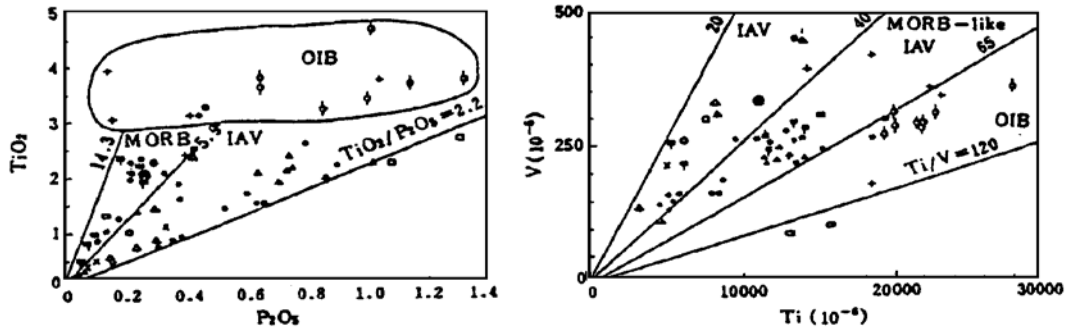


图9 昌宁-孟连带-南澜沧江带火山岩  $\text{TiO}_2$ - $\text{P}_2\text{O}_5$  和  $\text{V}$ - $\text{Ti}$  图解

Fig. 9  $\text{TiO}_2$ - $\text{P}_2\text{O}_5$  and  $\text{V}$ - $\text{Ti}$  diagram of volcanic rocks in Changning-Menglian belt and South Lancangjiang belt

MORB—洋脊玄武岩; OIB—洋岛玄武岩; IAV—岛弧火山岩(图例同图8)

中,图8和图9则直观地表现出它们  $\text{TiO}_2$  含量以及  $\text{TiO}_2/\text{P}_2\text{O}_5$  和  $\text{Ti}/\text{V}$  比值的差异。

昌宁-孟连洋脊/准洋脊型-洋岛型火山岩带与南澜沧江弧火山岩带平行展布,原来为毗邻的直接接触关系,前者分布在西侧。后来,两带之间被主要形成于  $\text{T}_2$ - $\text{J}_1$  的具有弧岩浆岩属性的临沧花岗岩以及少量  $\text{Pt}$  基底岩石后期构造侵位,破坏了两者原来的毗邻关系<sup>[14]</sup>。根据上述两带火山岩的构造-岩浆类型分析以及时空分布特征,结合造山带综合地层学证据<sup>[3,15,16]</sup>,表明昌宁-孟连  $\text{C}_1$ - $\text{P}_2$  洋脊/准洋脊型-洋岛型玄武岩-蛇绿混杂岩带与南澜沧江  $\text{P}_2$ - $\text{T}_3$  弧火山岩带是成对分布的古特提斯缝合带的产物<sup>[17]</sup>,即代表澜沧江古特提斯(澜沧江洋)南延支的位置。

#### 参 考 文 献

- 1 罗君烈. 滇西特提斯造山带的演化及基本特征. 云南地质, 1990, 9(4): 247~290.
- 2 方宗杰, 周志澄, 林敏基. 从地层学的角度探讨昌宁-孟连缝合带的若干问题. 地层学杂志, 1992, 16(4): 292~303.
- 3 刘本培, 冯庆来, 方念乔等. 滇西南昌宁-孟连带和澜沧江带古特提斯多岛洋构造演化. 地球科学, 1993, 18(5): 529~538.
- 4 丛柏林, 吴根耀, 张旗等. 中国滇西地区古特提斯演化的岩石学记录. 见: 亚洲的增生. 北京: 地震出版社, 1993, 65~68.
- 5 He Fuxiang, Zhong Dalai, Liu Benpei. Depositional environments of bedded cherts in Western Yunnan segment of paleo-Tethys, China: a geochemical approach. J. China Uni. Geo., 1994, 5(1): 28~32.
- 6 Henderson P. 稀土元素地球化学. 北京: 地质出版社, 1989, 121~158.
- 7 Pearce J A. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In: Thorpe R S. (ed.) Andesites, John Wiley and Sons, 1982, 525~548.
- 8 Johnson L E, Fryer P. The first evidence for MORB-like lavas from the outer Mariana forearc: geochemistry, petrography and tectonic implications. Earth Planet. Sci. Lett., 1990, 100: 304~316.
- 9 赵崇贺. 中基性火山岩成分的 ATK 图解与构造环境. 地质科技情报, 1989, 8(4): 1~5.
- 10 莫宣学, 路凤香, 沈上越等. 三江特提斯火山作用与成矿. 地质专报, 第20号. 北京: 地质出版社, 1993.
- 11 Binard N, Hekinian R, Stoffers P. Morphostructural study and type of volcanism of submarine volcanoes over the Pitcairn hot spot in the south Pacific. Tectonophysics, 1992, 206: 245~264.
- 12 He Fuxiang, Liu Benpei. Recognition of ancient oceanic island in paleo-Tethys, western Yunnan. J. China Uni. Geo.

- 1993, 4(1): 23~ 29.
- 13 朱勤文. 滇西南澜沧江带云县三叠纪火山岩大地构造环境. 岩石矿物学杂志, 1993, 12(2): 134~ 143.
- 14 莫宣学, 沈上越, 朱勤文等. 三江中南段火山岩蛇绿岩与成矿. 北京: 地质出版社, 1998.
- 15 冯庆来. 放射虫古生态的初步研究. 地质科技情报, 1992, 11(2): 41~ 46.
- 16 冯庆来, 刘本培. 滇西南昌宁- 孟连构造带火山岩地层学研究. 现代地质, 1993, 7(4): 402~ 409.
- 17 莫宣学, 邓晋福. 西藏- "三江"地区几对蛇绿岩- 弧岩浆岩带的构造意义. 见: 亚洲的增生. 北京: 地震出版社, 1993, 61~ 64.

## Geochemical Evidence of Volcanic Rocks for Determining the South Lancangjiang Suture Zone

Zhu Qinwen    Zhang Shuangquan    Tan Jin  
(China University of Geosciences, Wuhan 430074)

**Key words:** late Paleozoic and Triassic volcanic rocks; tectonomagmatic type; Southwestern Yunnan

### Abstract

The present paper deals with volcanic rocks of the Changning- Menglian belt ( $C_1$ -  $P_2$ ) and the south Lancangjiang belt ( $P_1$ -  $T_3$ ) in "Sanjiang" region, Southwest China. Based on geological and petrological characteristics of these volcanic rocks, the authors studied their major elements, REE and trace element and, furthermore, determined their tectonomagmatic types. Volcanic rocks along the Changning- Menglian belt are basalts and ophiolite complex of oceanic ridge paraoceanic ridge type, which represent remnants of the Lancangjiang ocean. The South Lancangjiang volcanic belt is a composite volcanic arc resulting from eastward subducting and collision of the Lancangjiang ocean. The two volcanic belts, distributed in pairs, are products of the Lancangjiang oceanic suture zone.