维普资讯 http://www.cqvip.com

第17卷 第4期 地球科学——中国地质大学学报 Vol. 17 No. 4
1992年 7月 Earth Science—Journal of China University of Geosciences Jul. 1992

云南德钦阿登各火山岩的特征及其构造环境*

张保民 沈上越 刘祥品 魏启荣

(中国地质大学(武汉)测试中心)

摘 要 通过分析和研究早二叠世德钦阿登各的火山岩地质、岩相学、岩石化学和矿物学,以及稀土和微量元素的特征,证明该区火山岩属大陆岛弧构造环境.

关键词 火山岩,大陆岛弧,构造环境,德钦阿登各,云南省.

0 引言

地处横断山脉,位于滇藏交界的德钦西北部的阿登各,发育二叠纪火山岩,属下二叠统吉东龙组.据陈炳蔚等[1]1987年划分的构造单元,阿登各火山岩位于澜沧江断裂系中;夹于北澜沧江断裂带西支即阿保—朵仲断裂带与北澜沧江断裂带东支即昌都—囊谦断裂带之间;金沙江断裂系的字戛寺—德钦断裂带从其东部通过;处于"三江"褶皱系的江达普洱褶皱带的结隆德钦褶皱束中.按莫宣学等人①1990年划分的构造岩浆带,阿登各火山岩属妥坝—盐井—南佐弧火山岩带.由此可见,阿登各火山岩所处构造位置非常重要.但是前人对该区仅作过一般性野外观察,据少量岩石化学分析认为该火山岩属钙碱性岩系列②,未见更详细报道.本文拟从火山岩地质、岩相学、岩石化学和矿物化学、稀土和微量元素特征方面探讨阿登各火山岩的构造环境,为"三江"地区特提斯的构造演化及火山岩与成矿的关系提供重要依据.

1 火山岩地质及岩相学

1.1 火山岩地质

阿登各出露的火山岩,其顶板为P_2的含生物碎屑结晶灰岩,平行整合接触,未见底.火山岩沿澜沧江呈带状展布,如图1所示.阿登各地区为一套中性、中酸性火山碎屑岩和熔岩组成的杂色火山岩系.岩石类型有安山岩、辉石安山岩、安山质火山角砾安山岩、安山质集块岩、安山质凝灰岩、英安岩、英安质凝灰岩.火山岩总厚度1 710.7m,火山碎屑岩占整个火山

1991年8月5日收稿.

* "七五"地矿部科技攻关项目《三江地区滇西北火山岩系及大地构造环境研究》的一部分.

① "七五"地矿部科技攻关项目《三江地区重要火山岩系及有关成矿作用》.

② 云南地矿局区调队.德钦幅(1∶20万)区域地质调查报告.

维普资讯 http://www.cqvip.com

岩的比例为 60.2%，以爆发相为主，溢流相次之. 从下至上，有 4 个喷发旋回. 喷发的特征由中性向中酸性过渡. 结合火山岩夹有硅质岩、板岩、含生物碎屑结晶灰岩、细粉砂质板岩、其色调以绿色为主，间夹紫色、褐色，火山岩的喷发环境似为从浅海逐渐向滨海过渡.

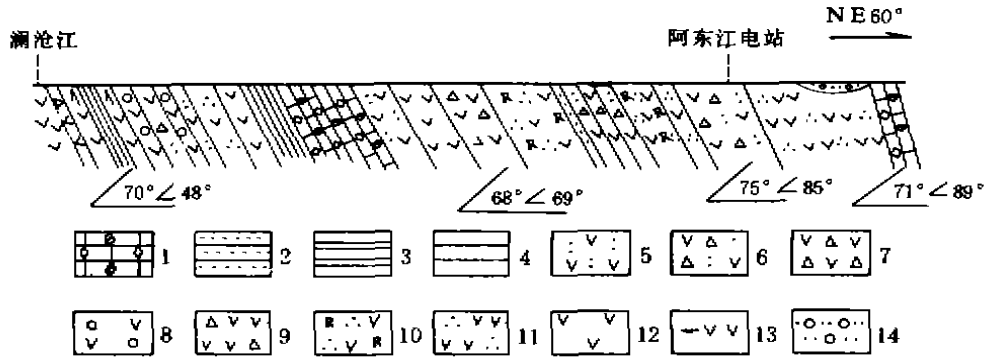


图 1 德钦阿登各早二叠世火山岩剖面示意图

Fig. 1 Schematic profile of Adengge Early Permian volcanic rocks in Deqin

1. 含生物碎屑结晶灰岩；2. 细粉砂质板岩；3. 板岩；4. 硅质岩；5. 安山质凝灰岩；6. 安山质火山角砾凝灰岩；7. 安山质火山角砾岩；8. 安山质集块岩；9. 含安山火山角砾安山岩；10. 英安质凝灰岩；11. 英安岩；12. 安山岩；13. 辉石安山岩；14. 第四纪沉积

1.2 岩相学

在 TAS 图上(图 2)，本区火山岩为安山岩-英安岩组合. 从下至上，该区主要熔岩有杏仁安山岩、辉石安山岩、安山岩及英安岩，普遍为斑状结构，基质为交织结构. 斑晶主要为蚀变的斜长石，个别岩石中有少量单斜辉石，粒径一般 0.1×0.2～0.5×1mm²，含量一般为 45%～50%. 斜长石一般绢云母化. 个别安山岩具杏仁构造，孔径 0.2～0.6mm，充填玉髓及绿泥石，含量为 5%. 基质一般由显微隐晶状斜长石及玻璃质组成，含量 50%～55%. 英安岩中具有显微它形粒状石英. 安山岩中见有少量钛铁副矿物、次生黄铁矿. 英安岩中见有微量榍石-白钛石、黝帘石、绿泥石，稀散分布的黄铁矿，局部见有钠长石细脉穿插. 岩相的主要特征反映该区火山岩富集斜长石斑晶，含量 45%～50%.

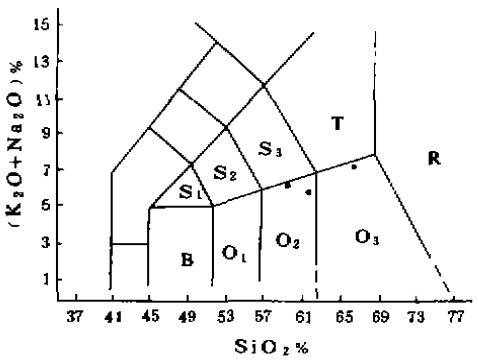


图 2 TAS 图

(据 M. J. Le Bas et al., 1986)

Fig. 2 TAS diagram

S_3 粗面安山岩；S_2 玄武粗安岩；S_1 粗面玄武岩；T 粗面英安岩；B 玄武岩；O_1 玄武安山岩；O_2 安山岩；O_3 英安岩；R 流纹岩. ·阿登各火山岩(下同)

2 岩石化学和矿物化学

有代表性的岩石化学全分析结果及 CIPW 标准矿物分子列于表 1. 表 1 显示，从中性岩

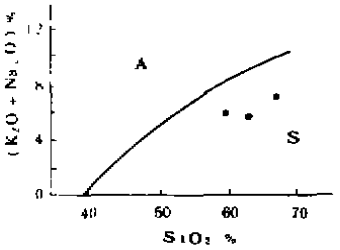


图 3　硅-碱图
（据 T. N. Irvine，1971）
Fig. 3　Si-alkaline diagram
A. 碱性系列；S. 亚碱性系列

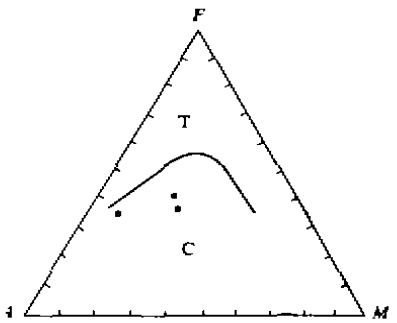


图 4　*AFM* 图
（据 T. N. Irvine，1971）
Fig. 4　*AFM* diagram
T. 拉斑系列；C. 钙碱系列；
$A=K_2O+Na_2O$；
$F=FeO+Fe_2O_3$；$M=MgO$

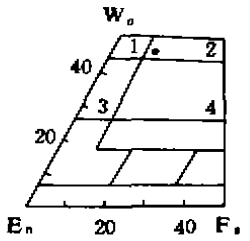


图 5　单斜辉石 Wo-En-Fs 图
Fig. 5　Wo-En-Fs diagram of clinopyroxene
1. 透辉石；2. 次透辉石；
3. 顽透辉石；4. 普通透辉石

→中酸性岩，主要化学成分 SiO_2、Na_2O、K_2O 增加，MgO、FeO 减少，Al_2O_3、CaO 无明显变化. 本区安山岩和表中所列的中钾安山岩、大陆岛弧安山岩比较，都具有 Al_2O_3 高，TiO_2 偏低特点，将阿登各有关火山岩的化学成分投图（图 3、4），该区火山岩属钙碱性系列. 从计算的 CIPW 标准矿物分子来看，都含有石英标准矿物，为硅氧过饱和岩石. 岩石化学特征主要反映本区火山岩属钙碱性系列，含有标准矿物石英分子.

对岩石中单斜辉石和斜长石斑晶进行电子探针分析和有关计算的结果列于表 2. 将计算的单斜辉石成分投入 Wo-En-Fs 图（图 5），为次透辉石. 采用邱家骥等人[2]推导的公式，将安山岩单斜辉石中的 Al 代入其中，求得辉石斑晶结晶时的压力为 0.87GPa，温度为 1130℃. 从表中看出，斜长石为中长石，发生了钠化，蚀变成了钠长石，这和镜下观察到的一致. 红外光谱法也证实其发生了明显的钠长石化.

3　稀土、微量元素特征

该区稀土元素丰度、总量及有关比值和大洋岛弧安山岩、大陆岛弧安山岩相应值列于表 3. 从表中可看到，阿登各稀土元素丰度值、总量 LREE/HREE、δEu、La/Yb、Eu/Sm 等值和大陆岛弧安山岩（均值）相应值非常接近，而与大洋岛弧安山岩（均值）对应值相比，差别较大. 采用李德 1973 年球粒陨石数值③ 对德钦阿登各、大陆、大洋岛弧稀土元素标准化，所得分配模式皆右倾斜（图 6），阿登各模式和大陆岛弧模式更为接近，变化趋势相当一致.

据 Pearce[3] 的方法，选用部分亲石元素，稀土元素和过渡族元素，包括 Sr，K，Pb，Ba，Th，Nb，Ce，P，Zr，Hf，Sm，Ti，Y，Sc 和 Cr（表 4），经 N 型洋中脊玄武岩加以标准化，按相容性大小排列，在对数坐标上作图，大洋、大陆岛弧各元素丰度作同样处理投在同一图上（图 7），和近似为 1 的洋中脊拉斑玄武岩相比，德钦阿登各的 Sr，K，Rb，Ba 和 Th 强烈富集，Ce，P，Zr，Hf，

③　数值转引自王人镜《岩石化学》（试用教材），1984. 162

维普资讯 http://www.cqvip.com

表1 阿登各火山岩岩石化学数值一览表

分析项目	阿登各火山岩*			大陆岛弧安山岩	中钾安山岩
	$Y_{阿-1}$	$Y_{阿-9}$	$Y_{阿-15}$	(均值)**	(均值)***
SiO_2	60.12	56.82	62.51	59.90	60.20
TiO_2	0.65	0.75	0.62	0.69	0.95
Al_2O_3	16.88	18.89	16.54	17.10	16.90
Fe_2O_3	1.42	1.97	3.25	3.60	2.60
FeO	3.54	3.85	0.70	2.70	2.80
MnO	0.08	0.07	0.05	0.14	
MgO	3.49	3.49	0.89	3.30	2.20
CaO	4.29	3.84	4.29	7.20	5.50
Na_2O	4.54	4.29	5.75	3.90	3.70
K_2O	0.97	1.57	1.04	1.30	2.80
P_2O_5	0.15	0.20	0.19	0.20	
H_2O^+	3.44	3.55	1.61	0.72	1.00
H_2O^-	0.08	0.08	0.14		
CO_2	0.50	0.09	1.17		
烧失量	3.61	3.93	3.98		
总和	99.74	99.67	99.61		
	标准矿物				
C	I	P	W		
Ap	0.37	0.49	0.48		
Ilm	1.29	1.48	1.25		
Mt	2.15	2.98	2.34		
C	1.82	3.56	0.96		
Q	15.67	11.22	17.93		
Or	5.99	9.67	6.51		
Ab	40.15	37.86	51.54		
An	18.87	19.14	14.58		
Hy En	9.08	9.07	2.35		
Hy Fs	4.60	4.52	2.06		

* 对阿登各火山岩中 Fe_2O_3、CO_2、烧失量经过处理后，用来计算 CIPW 和投各种图.

** 转引自侯增谦，1988.

*** 引自 K. C. Condie，1981.

Sm 中等富集，而 Ti，Y，Yb，Sc 和 Cr 明显亏损. 其分配模式是一个大隆起之后向右倾斜，和大陆、大洋岛弧的模式基本一致，并与大陆岛弧的趋势更加吻合.

4 大地构造环境探讨

从火山岩地质看，本区火山碎屑岩占整个火山岩的比例为 60.2%. 据 Garcia[4]的统计规律，现代岛弧、大陆边缘弧中火山碎屑岩占 83%～99%. 据岩相学分析认为该区熔岩为安山岩-英安岩组合. W·D·Hyndman[5]把这种组合划为同造山阶段. 都城秋穗等人[6]认为，这种岩石组合应为"发育良好的弧状列岛或大陆边缘的造山带". 从下至上的所有熔岩中普遍含有 45%～50%的斜长石和单斜辉石斑晶，按照 Ewart[7]搜集统计的资料，在岛弧熔岩中 70%的岩石所含斑晶的总含量占岩石体积的 20%以上. 具有这种斑状结构的特点"似乎是

维普资讯 http://www.cqvip.com

表 2　阿登各火山岩辉石和斜长石斑晶探针分析结果

分析项目	单斜辉石斑晶			斜长石斑晶	
	Y_{M-1}	Y_{M-1}	平均	Y_{M-9}	Y_{M-9}
SiO_2	48.881	51.289	50.090	56.267	66.023
TiO_2	0.882	0.459	0.671	0	0
Al_2O_3	4.116	1.644	2.880	27.124	21.236
Cr_2O_3	0.340	0.021	0.181	0	0
FeO	9.324	9.942	9.633	0.653	1.216
MnO	0.317	0.476	0.397	0.061	0.039
MgO	13.517	14.012	13.765	0.022	0.525
CaO	21.543	22.132	21.838	9.941	1.085
Na_2O	0.288	0.192	0.240	5.904	9.570
K_2O				0.061	0.104
总和	99.210	100.177	99.694	100.033	99.998
	以 6 个氧为基准的阳离子系数			以 8 个氧为基准的阳离子系数	
Si	1.852	1.927	1.890	2.535	2.906
Ti	0.025	0.013	0.019	0	0
Al	0.184	0.073	0.129	1.441	1.096
Cr	0.010	0	0.005	0	0
Fe	0.230	0.313	0.272	0.025	0.045
Mn	0.010	0.015	0.013	0.002	0.001
Mg	0.764	0.785	0.775	0.001	0.034
Ca	0.875	0.891	0.883	0.480	0.051
Na	0.021	0.014	0.018	0.516	0.814
K	0	0	0	0.004	0.006
Al^{N}	0.148	0.073	0.111		
Al^{M}	0.036	0	0.018		
Wo	47.16	44.85	46.01	An 48.00	5.86
Fs	12.63	16.25	14.44	Ab 51.60	93.46
En	40.21	38.90	39.56	Or 0.40	0.68

岛弧火山岩的鉴别特征之一”. 火山地质和岩相学特征有力地说明了阿登各火山岩属岛弧或大陆边缘造山带产物. 我们和前人所做的岩石化学分析都说明该区火山岩属钙碱性系列. 都城秋穗等人[6]指出：“多数造山带的火山，即弧状列岛或大陆边缘的火山带的火山，是由次碱性岩构成的”. 将该区有关火山岩的化学成分进行换算并投图(图 8、9)，其均落入造山带环境，即岛弧火山岩环境. 将 SiO_2 含量为 60%的安山岩中的 K_2O 代入公式[8]：$h(km)=89.3(K_2O)-14.3$；$C(km)=18.2(K_2O)+0.45$，求得当时板块俯冲深度为 130.57km，地壳厚

维普资讯 http://www.cqvip.com

表 3 阿登各稀土元素数值一览表($\times 10^{-6}$)

分析项目	德钦阿登各安山岩 Y_{m-9}	大陆岛弧安山岩 (均值)*	大洋岛弧安山岩 (均值)*
La	17.815	17.00	11.70
Ce	33.442	37.00	23.50
Pr	4.311	4.64	2.90
Nd	17.030	18.30	17.00
Sm	3.554	3.87	4.15
Eu	0.944	1.11	1.35
Gd	3.478	3.10	3.40
Tb	0.534	0.57	0.70
Dy	3.480	3.15	3.50
Ho	0.726	0.76	0.86
Er	2.158	2.20	2.50
Tm	0.339	0.28	0.30
Yb	2.260	2.04	1.86
Lu	0.340	0.33	0.44
ΣREE	90.411	94.40	74.20
LREE/HREE	5.79	6.59	4.47
δEu	0.819	0.87	0.98
La/Yb	7.883	8.90	6.40
Eu/Sm	0.266	0.287	0.325

* 引自 V·C·Bailey,1981.

度为29.97km. 这和由单斜辉石成分推算的当时地壳厚度>28.7km 和由 Rb-Sr 获得的地壳厚度25～28km相当一致. 该区火山岩从下至上具有标准矿物石英分子,"造山带火成岩的多数,含有硅氧矿物. 特别多含有石英". "火山弧中大部分火山岩都具有标准矿物成分的石英"[6]. 而从稀土元素、部分亲石元素和过渡族元素的丰度、总量、轻重稀土元素比值,δEu, La/Yb,Eu/Sm 以及稀土配分模式和部分亲石、稀土和过渡族元素配分模式看,该区情况也和大陆岛弧非常一致. 因此,从岩石化学、矿物化学、稀土和微量元素更进一步说明,阿登各火山岩属大陆岛弧环境的产物.

维普资讯 http://www.cqvip.com

表 4　阿登各火山岩部分微量元素数值一览表（$\times 10^{-6}$）

元　素	阿登各安山岩 $Y_{n=9}$	大陆岛弧安山岩（均值）*	大洋岛弧安山岩（均值）*
Sr	275.20	400.00	434.00
K%	1.57	1.37	1.20
Rb	48.30	44.00	28.00
Ba	290.00	395.00	318.00
Th	5.90		
Ta			
Nb	9.50	9.40	5.00
Ce	33.44	37.00	23.00
P	0.20		
Zr	169.00	117.00	111.00
Hf	3.70**	3.44	2.43
Sm	3.56	3.87	4.15
Ti%	0.75		
Y	20.20	22.00	20.00
Yb	2.23	2.04	1.86
Sc	9.80	20.00	17.00
Cr	41.10	37.00	23.00

* 引自 V·C·Bailey，1981.

** 由《玄武岩中锆、铪的相关性及意义》（马昌前，地质科技情报，1984(2)：61～65）一文中的经验公式计算获得.

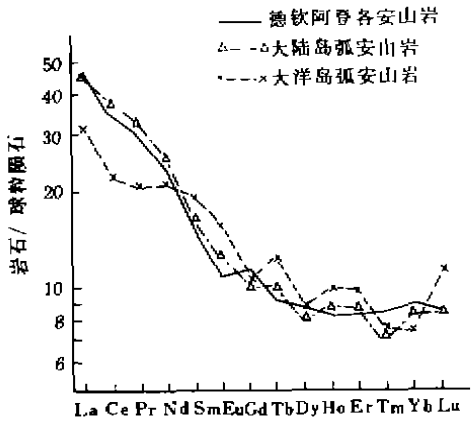


图 6　阿登各火山岩 REE 模式

Fig. 6　REE element pattern of Adengge volcanic rocks

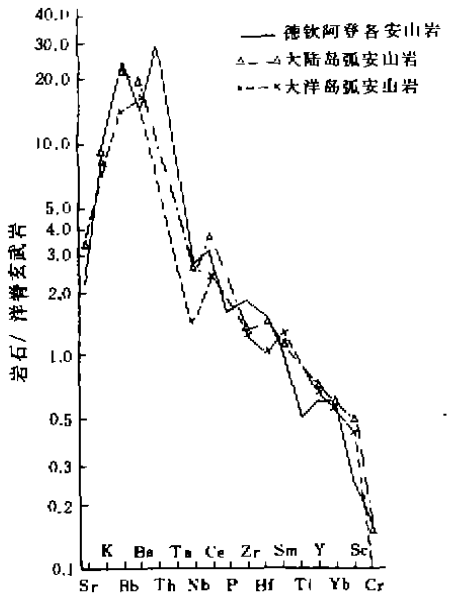


图 7　阿登各火山岩部分微量元素模式

Fig. 7　Trace elment pattern of Adengge volcanic rocks

维普资讯 http://www.cqvip.com

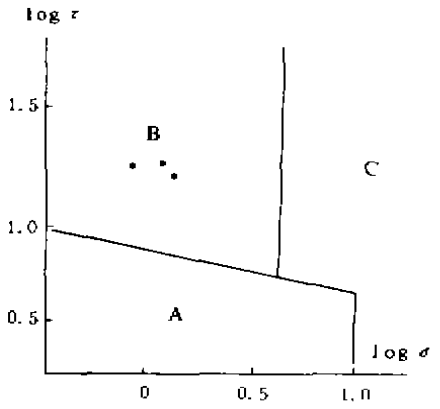


图 8 Logτ-Logσ 图
(据 A·Rittmann,1973)
Fig. 8 Logτ-logσ diragram
A. 非造山带(板内稳定区)火山岩;B. 造山带(岛弧及活动大陆边缘)火山岩;C. A、B 火山岩派生的碱性岩

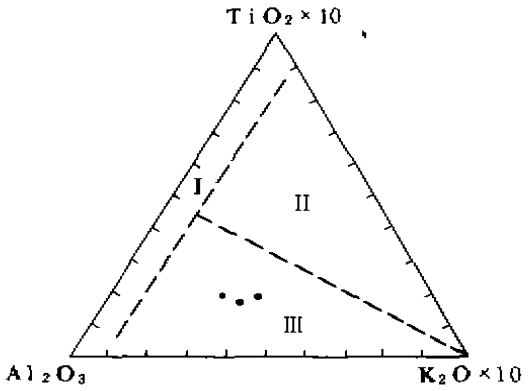


图 9 AL_2O_3-TiO_2-K_2O 图解
(据赵崇贺,1989)
Fig. 9 Al_2O_3-TiO-K_2O diagram
Ⅰ. 大洋玄武岩;Ⅰ. 大陆玄武岩、安山岩;Ⅱ. 岛弧、造山带玄武岩、安山岩

按照莫宣学等人④ 1990 年划分的构造岩浆带来看,其东侧为昌都—思茅陆块,西边为营盘—白济汛洋脊型火山岩-蛇绿岩带,显然阿登各所处的火山岩带应为澜沧江洋向昌都—思茅陆块俯冲过程的产物. 从构造岩浆带的配置上也证明阿登各为大陆岛弧环境.

5 结论

综合上述分析认为,早二叠世阿登各喷发了一套安山岩-英安岩组合的杂色火山岩系,属钙碱性系列. 从下至上,具有 4 个喷发旋回. 火山岩总厚度 1 710.7m,火山碎屑岩占整个火山岩 60.2%. 主要熔岩普遍为斑状结构,蚀变的斑晶斜长石和单斜辉石含量为 45%～50%. 从中性岩→中酸性岩,SiO_2,Na_2O,K_2O 增加,MgO,FeO 减少,Al_2O_3 高而 TiO_2 偏低. 该火山岩系,具有标准矿物石英分子. 稀土总量为 90.411,LREE/HREE 为 5.79,δEu 为 0.819,La/Yb为 7.883,配分模式右倾斜. 其和 N 型洋中脊玄武岩相比,Sr、K、Rb、Ba、Th 强烈富集,Ce、P、Zr、Hf、Sm 中等富集,Ti、Y、Yb、Sc 和 Cr 明显亏损,其配分模式为一大隆起之后右倾斜. 这些特征充分说明德钦阿登各地区的火山岩属大陆岛弧构造环境产物. 结合火山岩所夹硅质岩、板岩、含生物碎屑结晶灰岩、细粉砂质板岩,阿登各火山岩当时似处于从浅海逐渐向滨海过渡的喷发环境. 当时板块俯冲的深度为 130.57km,地壳厚度为 29.97km.

④ "七五"地矿部科技攻关项目《三江地区重要火山岩系及有关成矿作用》.

维普资讯 http://www.cqvip.com

参 考 文 献

1 陈炳蔚等. 怒江—澜沧江—金沙江地区大地构造. 北京：地质出版社，1987.

2 邱家骥等. 中国东部新生代玄武岩中低压单斜辉石的矿物化学及岩石学意义. 岩石学报，1987，4：1～9

3 Pearce J A. Trace Element Characteristics of Lava from Destructive Plate Boundaries. In: R. S. Thorpe(ed). Andesites. Chichester: John Wiley and Sons, 1982

4 Garcia M O. Criteria for the identification of ancient volcanic arcs. Earth Sci. Rev., 1978, 14: 147～165

5 Hyndman D W. Petrology of Igneous and Metamorphic Rocks. New York: McGram-Hill Book, 1972.

6 都城秋穗等著；常子仪等译. 岩石学. 北京：科学出版社，1984. 135, 143, 148

7 Sakuyama M. 岛弧火山岩的岩石学特征及其地幔底辟成因. 国外火山地质，1985，1：58～69

8 Condie K C. Plate Tectonics and Crustal Evolution. New Mexico Institute of Mining and Technology, 1973.

THE CHARACTERISTICS AND TECTONIC ENVIRONMENT ON THE ORIGIN OF ADENGGE VOLCANIC ROCKS IN DEQIN, YUNNAN PROVINCE

Zhang Baomin　Shen Shangyue　Liu Xiangpin　Wei Qirong

(*China University of Geosciences, Wuhan* 430074)

Abstract

From analysing the characteristics of the volcanic geology, petrographical facies, rock chemistry, mineral chemistry, rare earth elements, and the trace elements on the origin of Adengge, Deqin, Yunnan Province, in the Early Permian period, the fact that the Adengge volcanic rocks were the product of the marginal arc tectonic environment is proved.

Key words　volcanic rock, marginal arc, tectonic environment, Adengge in Deqin, Yunnan Province.