# 青海南部治多一杂多地区中二叠世火山岩 特征及其构造环境

李 莉,白云山,牛志军 (宜昌地质矿产研究所,湖北宜昌 443005)

摘 要:青海南部治多县杂多地区的中二叠世火山岩地质时代为中二叠世孤峰期至冷坞期,岩石类型为安山岩、玄武安山岩,属碱性玄武岩系列,Ti、P较高,A1较低,贫钾富钠,高REE,LREE显著富集,火山岩Zr/Nb比值变化为 6.67 ~ 9.05,Hf/Th比值变化在0.29 ~ 0.35之间,Nb/Zr比值平均0.13,与大陆板内玄武岩一致,富集大离子亲石元素,高场强元素分异。地质及地球化学综合分析研究表明,青海南部治多县杂多地区的中二叠世火山岩形成于板内 伸展拉张构造环境。

关健词:中二叠世;青海;火山岩;构造环境

**中图分类号:** P588.14 **文献标识码:** A

**文章编号:**1672-4135(2010)02-0097-06

青海南部治多-杂多地区大地构造上属东特提斯 构造域,处于金沙江缝合带与龙木错-澜沧江缝合 带之间的昌都地块中部[1.2],地层区划属于华南地层 大区羌北-昌都-思茅地层区<sup>[3]</sup>,二叠纪火山活动强 烈,火山岩分布广,厚度大,相变快,在火山活动间歇 期沉积含蜓类的碳酸盐岩。由于高寒缺氧、交通不 便等自然因素的制约,与昌都地块西部龙木错、茶 布-查桑一带及东部毗邻的三江昌宁-孟连地区相比 [4~12],青海南部的二叠纪火山岩研究显得较为薄弱, 仅见李莉等[13]、马丽艳等[14]、段其发等[15]对早二叠世 火山岩作了初步研究。笔者等在该区新一轮国土资 源大调查1/25万直根尕卡幅区域地质调查(地理坐 标N33°00′~34°00′,E93°00′~94°30′) 工作中,对分布于研究区的中二叠世火山岩的地质 特征、岩石特征及岩石化学特征进行了综合研究(图 1),并对其形成构造环境进行探讨。

## 1 地质及岩石学特征

青海南部中二叠世火山岩主要产于中二叠 世 尕日扎仁组和索加组<sup>[16]</sup>中,分布于青海省治多县 索加乡尕日扎仁山一带,呈夹层状产出,夹于灰岩、 砂岩中,共出露3层,总厚约30 m。在火山活动间歇 期沉积的灰岩中生物化石丰富,在灰岩中发现蜒类 Sumatrina annae动物群,及非蜒有孔虫、腕足类等 化石,地质时代为中二叠世孤峰期至冷坞期。岩性 主要为石英安山岩、杏仁状石英玄武安山岩、安山 岩。主要岩石特征如下:

(1)石英安山岩:岩石呈灰紫色,斑状结构,基质 为间粒间隐结构。岩石由斑晶(3%)和基质(97%)组 成。斑晶为中一更长石,呈柱状,大小2.5~3 mm,具 不明显环带,表面次生方解石、绢云母等。基质由斜 长石(57%)、石英(8%)、钾长石(5%)、铁镁矿物假晶 (25%)、磁铁矿(2%)和磷灰石(<1%)组成,斜长石呈半 自形柱状,柱长多数为0.4~1.2 mm,集合体杂乱分 布;石英、钾长石呈他形粒状,大小约0.2~1 mm充填 于斜长石格架间;铁镁矿物假晶呈他形一半自形柱 状,大小约同斜长石,已全部次生为水云母、方解石 和绿泥石,原矿物难以恢复;磷灰石为短柱一长柱 状,磁铁矿呈近四方粒状,零星分布。

(2)杏仁状石英玄武安山岩:岩石呈灰绿色,斑状结构、基质为间粒间隐结构,杏仁状构造。岩石由斑晶(8%)和基质(92%)组成。斑晶由斜长石(3%)和铁镁矿物假晶(5%)组成。斜长石较自形板柱状,晶粒约1~2.5 mm,已全部被碳酸盐、绢云母、石英、少量

收稿日期: 2009-12-28

基金项目:中国地质调查局1:25万直根尕卡幅区调项目(20001200009121)

作者简介: 李莉(1967—),女,高级工程师,1989年毕业于长春地质学院地质勘查专业,现主要从事地质矿产勘查与地 理信息专业的研究, E-mail:lli@cgs.cn。



Fig. 1 Geological sketch map of the Garizaren area, southern Qinghai Province 1. 逆断层; 2. 飞来峰; 3. 性质不明断层; 4. 推测断层; 5. 角度不整合; 6. 剖面位置; 7. 化石位置; 8. 中 二叠世火山岩; 9. 工作区范围; D<sub>2</sub>s. 碎屑岩组; C<sub>1</sub>Z. 杂多群; P<sub>1</sub>g. 尕笛考组; P<sub>1-2</sub>*j*. 九十道班组; P<sub>2</sub>gr. 尕日扎仁组; P<sub>2</sub>s. 索加组; T<sub>3</sub>*j*. 甲丕拉组; T<sub>3</sub>*b*. 波里拉组; E<sub>2-3</sub>*t*. 沱沱河组; Q. 第四系

绿泥石取代。镁铁矿物假晶呈半自形柱状,大小为 0.5~2.5 mm,被绿泥石或方解石取代。基质由更长 石(49%)、石英(5%)、铁镁矿物假晶(30%)、绿泥石 (5%)、方解石(5%)及磷灰石和金属矿物(3%)组成。更 长石呈柱条状,柱长多数为0.2~0.6 mm,个别达1 mm,集合体杂乱分布;石英呈他形粒状分布于斜长石 格架间;铁镁矿物假晶,可分为两种,一种全被绿泥 石取代,形态类同于斑晶,粒度0.2~0.5 mm,一种呈 短柱状一粒状,大小约0.1~0.4 mm,被褐铁矿、碳酸 盐、少量绿泥石取代;少量绿泥石、方解石充填于斜 长石格架间。约有12%~15%浑圆形杏仁体,成分为 绿泥石和方解石。

(3)安山岩:岩石呈灰紫色,斑状结构,基质为间 粒间隐结构。岩石由斑晶(2%)和基质(95%)和少量 杏仁体(3%)组成。斑晶由斜长石(1%)和铁镁矿物假 晶(1%)组成。斜长石较自形板柱状,晶粒约1~2.5 mm,已全部被碳酸盐、绢云母、石英、少量绿泥石取 代。铁镁矿物假晶呈半自形柱状,大小为0.5~2.5 mm,亦全部被绿泥石或方解石取代。基质由更长石 (55%)、石英(3%)、铁镁矿物假晶(25%)、绿泥石(7%)、 方解石(5%)及磷灰石和金属矿物(3%)组成。斜长石 呈柱条状,柱长多数为0.3~0.8 mm,个别达1 mm,实 测上010晶带最大消光角19°,号26,为更长石,集合 体杂乱分布;石英呈他形粒状分布于斜长石格架间; 铁镁矿物假晶,可分为两种,一种全被绿泥石取代, 形态类同于斑晶,粒度0.2~0.5 mm,一种呈短柱状 一粒状,大小约0.1~0.4 mm,被绿泥石、少量褐铁 矿、碳酸盐等矿物取代;少量绿泥石、方解石充填于 斜长石格架间。见有少量杏仁体呈浑圆状或拉长 状,内多充填石英,少量方解石。

### 2 岩石化学特征

#### 2.1 常量元素地球化学

样品采自尕日扎仁北二叠系尕日扎仁组实测 剖面中(图1),样品岩石主要为石英安山岩、玄武安 山岩及安山岩,岩石较为新鲜,蚀变较弱。岩石化学

	Tuc	10 1	ivia	J01 C	//0////0	int ui	luiyo		uiu	unc				mo	01		ivu		maai	010		
序号	样号	1.	岩性	ŧ	${\rm SiO}_2$	${\rm TiO}_2$	$\mathrm{Al}_2\mathrm{O}_3$	Fe <sub>2</sub>	03 F	FeO	MnO	Mg	0 0	аO	Na	20 K2	0 P	<sub>2</sub> O <sub>5</sub>	灼失量	t し し	量 Na	a <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O
1	GZ-3	3h	石英安	山岩	52.04	1.55	14.89	3.9	1 3	6.48	0.08	3.82	2 5	.24	3.0	55 3.3	38 0	.48	6.52	99.	04	7.03
2	GZ-9	h1	玄武安	山岩	47.32	2.32	14.02	3.1	8 7	.00	0.12	5.79	9 5	.88	3.0	53 0.2	21 0	.91	8.13	98.	51	3.84
3	GZ-9	h2	石英安	山岩	44.44	2.39	14.41	2.7	8 6	6.87	0.12	6.8	5 6	.68	3.6	55 0.	9 0	.86	9.26	98.	49	3.84
4	GZ-11	lh3	石英安	山岩	43.56	1.63	13.02	2.3	2 4	.62	0.10	3.1	7 13	3.20	4.2	25 0.2	22 0	.51	12.36	98.	96	4.47
5	GZ-12	2h2	安山	岩	49.44	2.66	14.30	3.0	04 7	.80	0.14	1.6	1 6	.98	2.7	78 0.4	42 0	.14	9.48	98.	79	3.20
6	GZ-12	2h3	安山	岩	54.18	2.35	15.56	0.5	8 7	.97	0.12	4.5	) 2	.34	5.3	31 0.2	21 0	.95	4.24	98.	31	5.52
序号	样号	Ap	Il	Mt	Or	Ab	A	1	Qz	D	i	Hy	Ol	Ν	le	DI	A/CI	١K	SI	σ43	σ25	AR
1	GZ-3h	1.12	3.18	6.13	21.59	33.3	8 15.4	42 4	4.05	7.5	58	7.55				59.02	0.7	8	20.94	4.36	1.85	2.07
2	GZ-9h1	2.20	4.88	5.10	1.36	33.9	08 23.0	52 4	4.44	2.2	21 2	2.21				39.79	0.8	3	29.23	1.93	0.66	1.48
3	GZ-9h2	2.09	5.09	4.52	1.27	34.6	61 25.0	)7		5.1	18 1	7.45	4.73	3		35.88	0.7	8	33.67	2.73	0.75	1.45
4	GZ-11h3	1.28	3.58	3.88	1.50	27.7	0 18.2	24		36.	33			7.	49	36.69	0.4	2	21.74	3.65	1.05	1.41
5	GZ-12h2	0.35	5.66	4.94	2.77	26.3	4 28.	33 1	4.57	8.0	)3	9.02				43.67	0.8	1	10.29	1.04	0.42	1.35
6	GZ-12h3	2.20	4.75	0.90	1.33	47.7	6.4	3 8	8.92		2	3.07				58.00	1.1	8	24.23	2.36	1.06	1.89

表 1 中二叠世火山岩岩石化学成分及 CIPW 标准分子(%) Table 1 Major element analysis data and CIPW norms of the lava in Middle Permian

注:由宜昌地质矿产研究所实验室分析测定

表 2 中二叠世火山岩稀土元素分析结果(×10<sup>-6</sup>) Table 2 Rare earth element analysis data of the lava in Middle Permian

样品号	La	Се	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	$\Sigma$ REE	LREE	HREE	δEu
GZ-3h	50.20	84.20	8.50	39.80	6.73	1.84	4.97	0.74	4.07	0.73	1.98	0.28	1.61	0.22	14.60	205.87	191.27	14.60	0.94
GZ-9h1	60.90	114.0	12.30	61.10	10.80	2.81	8.12	1.25	6.88	1.18	3.07	0.40	2.23	0.28	26.40	285.32	261.91	23.41	0.89
GZ-11h3	36.30	65.70	7.83	36.70	6.95	1.78	5.69	0.85	5.44	1.01	2.79	0.40	2.12	0.27	20.90	173.83	155.26	18.57	0.85

由宜昌地质矿产研究所实验室分析测定

含量见表1,Si0<sub>2</sub>含量为43.56%~54.18%,平均 48.50%,属基性岩范围,个别属超基性岩范围;Ti0<sub>2</sub>含量为1.55%~2.66%,平均2.15%,低铝,A1<sub>2</sub>0<sub>3</sub>含量为 13.02%~15.56%,平均14.37%,P<sub>2</sub>0<sub>5</sub>含量为0.14%~ 0.95%,平均0.64%,与滇东师宗-弥勒带北段基性火 山岩(Ti0<sub>2</sub>为1.48%~2.46%,A1<sub>2</sub>0<sub>3</sub>为14%~18%,P<sub>2</sub>0<sub>5</sub>为 0.4~0.64%)相似;Mg含量较低,Mg0为1.61%~ 6.85%,平均4.29%,贫钾富钠,K<sub>2</sub>0仅一个样品含量为 3.38%,其余多数样品在0.19%~0.42%之间,Na<sub>2</sub>0含量 为2.78%~5.31%,平均3.88%,K<sub>2</sub>0+Na<sub>2</sub>0平均为4.65%。

#### 2.2 稀土元素特征和微量元素地球化学

2.2.1 稀土元素特征

稀土元素含量见表2,稀土元素总量高,ΣREE为 173.83×10<sup>-6</sup>~285.32×10<sup>-6</sup>,平均221.67×10<sup>-6</sup>。 轻重稀土分异明显,LREE富集,稀土元素为右倾的轻 稀土富集型(图2),轻稀土元素配分曲线与重稀土元 素配分曲线具有相同的斜率,与板内玄武岩相似。 而不是像板块会聚边缘玄武岩那样,轻稀土元素配 分曲线普遍向右陡倾,而重稀土配分曲线相对平 坦。(La/Yb)<sub>N</sub>为11.28~20.56,平均16.60,(Ce/Yb)<sub>N</sub> 为7.91~13.34,平均11.43,属于LREE强烈富集型; HREE 很低,Yb为2.61×10<sup>-6</sup>~2.23×10<sup>-6</sup>,平均 1.99×10<sup>-6</sup>,暗示岩浆源区残留有石榴石。铕弱负异 常(δEu = 0.85~0.94),表明在深部岩浆房中发生 过比较弱的斜长石分离结晶作用与堆晶作用。在 Zr/Ti0<sub>2</sub>—Nb/Y图解(图3)上,样品全落入碱性玄武 岩区内,不同于拉斑玄武岩为主的峨眉山玄武岩<sup>[17]</sup>, 而与以碱性玄武岩为主体的滇东师宗-弥勒北段玄 武岩<sup>[18]</sup>相同。

#### 2.2.2 微量元素特征

微量元素含量见表3。尕日杂扎仁组火山岩的 Zr/Hf值稳定,为31.75~45.96,多数比值在30~40 之间,Zr含量在177×10<sup>-6</sup>~266×10<sup>-6</sup>之间,远大于 MORB和岛弧拉斑玄武岩Zr的丰度;Hf含量变化在 5.53×10<sup>-6</sup>~7.20×10<sup>-6</sup>之间,高于MORB的Hf平均含 量(2.4×10<sup>-6</sup>);Nb含量变化在25.4×10<sup>-6</sup>~37×10<sup>-6</sup> 之间,相当于板内拉斑玄武岩的(Nb>12×10<sup>-6</sup>);Ta含 量变化在2.58×10<sup>-6</sup>~2.94×10<sup>-6</sup>之间,类似于过渡 型、富集型MORB和板内玄武岩(Ta>0.7×10<sup>-6</sup>)。

火山岩 Zr/Nb 比值变化为 6. 67~9. 05; Hf/Th 比

99



茅号	样号	Cu	Pb	Zn	Cr	Ni	Co	Li	Rb	Cs	$\mathbf{Sr}$	Ba	V	$\mathbf{Sc}$	Ga	Be	В	Nb	Та	Zr	Hf	Th
1	GZ-3h	154	67.4	81.8	118	58.9	26.7	49.3	56.1	3.4	703	1180	245	22	22.9	2.05	26.9	29.4	2.84	266	7.16	20.6
2	GZ-9h1	172	98.4	61.8	205	93.5	30.8	55.4	4.3	2.9	148	154	305	26.8	27.3	2.27	16.4	37	2.94	256	7.2	24.7
3	GZ-9h2	186	16	60	209	137	37.2				210	141	320	29.8								
4	GZ-11h3	236	184	71.8	4.57	9.43	23.9	47.6	4.6	2.3	199	45.8	283	25.3	19.4	1.97	17.2	25.4	2.58	177	5.53	16.5
5	GZ-12h2	39	1.6	139	122	47.1	24.2				152	112	326	26.6								
6	GZ-12h3	210	471	4540	90.5	36.1	24.7				371	67.9	294	21.9								

Table 3	Trace element	analysi	s data	of the	lava in	Middle	Permian
1 0010 0	11000 0101110111	analyon	o aata	01 110	iava ili	11110010	1 011110011

注:由宜昌地质矿产研究所实验室分析测定 值变化在 0.29~0.35之间,类似于板内玄武岩<sup>[19]</sup> (Hf/Th < 8 Condie, 1989)。Th/Nb 比值变化在 0.65~0.70之间,平均 0.67, Nb/Zr 比值变化在 0.11~0.14之间,平均 0.13,与大陆板内玄武岩一 致。(大陆板内玄武岩的 Th/Nb>0.11, Nb/Zr>0.04。 孙书勤等,2003)<sup>[20]</sup>。

岩石的MORB标准化微量元素分布图(图4)显示 出隆起的特征,大离子亲石元素Rb、Ba较富集,高场 强元素Th、Nb、Ta、Ti分异,总体类似于板内玄武岩的 微量元素分布形式。

### 3构造环境分析

青海南部治多杂多地区的中二叠世火山岩,岩 石类型为安山岩、玄武安山岩,属碱性玄武岩系列, Ti、P较高,A1较低,高REE,LREE显著富集,富集大离 子亲石元素,高场强元素分异,总体类似于板内玄武 岩的微量元素分布形式。明显地缺乏板块会聚边缘 玄武岩特有的Ta、Nb、Ti显著贫化和Zr、Hf、P适度贫 化<sup>[19]</sup>,如同其他地区的板内玄武岩一样,中二叠世火 山岩的轻稀土配分曲线与重稀土配分曲线具有相同 的斜率;而不是像板块会聚边缘玄武岩那样,轻稀土 配分曲线普遍向右陡倾,而重稀土配分曲线相对平 坦。这些地球化学特征证明,中二叠世火山岩与滇 东师宗 - 弥勒带北段基性火山岩<sup>[18]</sup>相似,处于板内 (陆内)拉张环境。在Ti/100-Zr-3Y图解(图5)、 2Nb-Zr/4-Y图解(图6)及Zr-Zr/Y图解(图略)中,样 品均落入板内玄武岩区,也支持了上述观点。综上 所述,青海南部治多杂多一带的中二叠世火山岩形 成于板内伸展拉张构造环境。重云鹏、朱炳泉等<sup>[17]</sup> 通过对滇东师宗 - 弥勒带北段基性火山岩地球化学 研究,认为该套火山岩形成于晚古生代裂谷构造环 境,说明晚古生代滇西古特提斯与华南海域是相通 的,这与笔者所研究的处于东特提斯构造域的东羌 塘杂多-治多一带的中二叠世火山岩形成于板内伸 展拉张构造环境(裂谷环境)是一致的<sup>[18]</sup>。

### 4 讨论和结论

(1)测区位于东特提斯构造域北部,居拉竹龙-金沙江板块结合带与班公湖-怒江板块结合带之间 的羌塘陆块的中部。20世纪80年代以来,地质矿











图 6 2Nb – Zr/4 – Y 图解 Fig.6 2Nb – Zr/4 – Y diagram

A1. 板内碱性玄武岩区; A2. 板内碱性玄武岩区和板内拉斑 玄武岩区; B. E型MORB; C. 板内拉斑玄武岩和火山弧玄武 岩; D. N型MORB和火山弧玄武岩(Meschede, 1986) 产部高原地质调查大队以及西藏地矿局在测区西 部同一构造带上的茶布-双湖地区进行工作时,首次 提出该区晚古生代发育了一条"陆间裂谷"[20-23].尹 集祥.邓万明等<sup>63</sup>认为该区在中二叠世曾发育了一条 板内初始裂谷,到晚二叠世裂谷已经停止发育。白 云山等[24]在该区发现了早石炭世杂多群板内拉张型 火山岩和中二叠世的裂谷型火山岩,以及晚二叠世 的具裂谷特征的辉长岩带<sup>①</sup>,在该区在西南三江地区 吉义独一带也发现了代表裂谷火山岩的石炭纪玄武 岩[26,27]。昌宁-孟连带火山岩则表明这个带从泥盆 纪开始拉开,一直延续到中二叠世晚期<sup>[28]</sup>,董云鹏, 朱炳泉等[18]在滇东师 - 宗弥带上也发现了形成于晚 古生代裂谷环境的火山岩,并认为华南大陆内部存 在连通滇西特提斯的裂谷型深水海道。测区位于双 湖地区与三江地区之间,本次研究工作发现了早二 叠世裂谷型火岩[13,14]和中二叠世的裂谷型火山岩,说 明在晚古生代在羌塘盆地中部从西端的茶布-双湖 地区到中段的杂多一带再到东端的三江地区存在一 条巨型裂谷带,这条裂谷带一直向东向南连通了华 南大陆,使古特提斯和华南海域相连,形成了贯通东 西的晚古生代初始裂谷。

(2)青海南部治多杂多地区的中二叠世火山岩 岩石类型为安山岩、玄武安山岩,属碱性玄武岩系 列,Ti、P较高,A1较低,高REE,LREE显著富集,富集 大离子亲石元素,高场强元素分异,形成于板内伸展 拉张构造环境。

#### 参考文献:

- [1]任纪舜,王作勋,陈炳蔚,等. 从全球看中国大地构造一 中国及邻区大地构造图简要说明[M]. 北京:地质出版 社,1999,1-50.
- [2]任纪舜,肖黎薇. 1:25万地质填图进一步揭开了青藏高原大地构造的神秘面纱[J]. 地质通报,2004,23(1): 1-11.
- [3] 青海省地质矿产局. 青海省岩石地层[M]. 武汉:中国地 质大学出版社,1997,220-239.
- [4] 李才,程立人,胡克,等. 西藏龙木错 双湖古特提斯缝 合带研究[M]. 北京:地质出版社,1995,1-131.
- [5] 潘桂棠,陈智粱,李兴振,等. 东特提斯地质构造形成演 化[M]. 北京:地质出版社,1997,1-218.
- [6] 尹集祥,邓万明,文世宣,等. 青藏高原及邻区中间过渡 陆块前侏罗纪构造演化[A]. 潘裕生,孔祥儒(主编),青 藏高原岩石圈结构演化和动力学[C]. 广州:广东科学技

<sup>1</sup>段其发,宜昌地质矿研究所1:25万直根尕卡幅区域地质调查报告,2005.

术出版社,1998,217-332.

- [7] 莫宣学,邓晋福,董方浏,等.西南三江造山带火山岩—构 造组合及其意义[J].高校地质学报,2001,7(2):121-138.
- [8] 沈上越,魏启荣,莫宣学. 三江中段地球化学省初探[J]. 岩石矿物学杂志,2001,20(2):171-179.
- [9] 赵政璋,李永铁,叶和飞,等. 青藏高原大地构造特征及 盆地演化[M]. 北京:科学出版社,2001,102-106.
- [10] 王成善, 伊海生, 李勇, 等. 西藏羌塘盆地地质演化与 油气远景评价[M]. 北京: 地质出版社, 2001, 18-59.
- [11]魏启荣,沈上越,莫宣学,等.三江地区古特提斯火山岩 源区物质的 Nd-Sr-Pb 同位素体系特征[J]. 矿物岩石, 2003,23(1):55-60.
- [12]魏启荣,沈上越,莫宣学,等. 三江中段两古陆同位素地
  球化学边界的厘定[J]. 岩石矿物学杂志,2003,22(2):
  143-149.
- [13] 李莉,白云山,马丽艳,牛志军,段其发,等. 羌塘东部 治多县直根尕卡一带二叠纪栖霞期火山岩地球化学特 征及其构造意义[J]. 中国地质,2009,36(6),1289-1301.
- [14]马丽艳,牛志军,白云山,等.青海南部二叠纪火山岩Sr、 Nd、Pb同位素特征及地质意义[J]. 地球科学,2007,32 (1):41-45.
- [15]段其发,杨振强,王建雄,白云山,等. 青藏高原北羌塘 盆地东部二叠纪高Ti玄武岩的地球化学特征[J].地质通 报,2006,25(1-2):156-162.
- [16]牛志军,段其发,王建雄,白云山,等.青海省南部治多 一杂多地区二叠系阳新统上部层位的发现及尕日扎仁 组和索加组的建立[J].地质通报,2006,25(1-2):176-182.
- [17]肖龙,徐义刚,梅厚均等.云南宾川地区峨嵋山玄武岩地 球化学特征:岩石类型及随时间演化规律[J].地质科学,

2003, 38(4): 478-494.

- [18]董云鹏,朱炳泉,向阳常,张国伟. 滇东师宗-弥勒带东 段基性火山岩地球化学及其对华南大陆构造格局的制 约[J]. 岩石学报,2002,18(1):48-45.
- [19] Condie K C. Geochemical changes in basalts and andesites across the Archaean-Proterozoic boundary: identification and significance[J]. Lithos, 1989, 23:1-18.
- [20] 孙书勤,汪云亮,张成江. 玄武岩类岩石大地构造环境的Th、Nb、Zr判别[J]. 地质论评,2003,49(1):41-47.
- [21] 西藏地质矿局.西藏自治区区域地质志[M].北京:地质出版社,1993.
- [22] 张懋功,胡承祖,吴瑞忠,等.藏北香琼-茶桑基性火山岩带的岩石化学特征与构造环境.青藏高原地质文集(9). 北京:地质出版社,1986.57-68.
- [23]胡承祖. 从雅鲁藏布江缝合带和茶布-茶桑裂谷的发育 历史讨论西藏板块的演化.青藏高原地质文集(9).北京: 地质出版社,1986,111-121.
- [24]王成善,胡朝基,吴瑞忠,等,西藏北部查桑-查布裂谷的 发现及地质意义[J].成都地质学院学报,1987,14(2): 33-45.
- [25]白云山,李莉,牛志军,等. 羌塘东部治多县索加一带 早石炭世杂多群火山岩特征及其构造构造环境[J].华南 地质与矿产,2009,(3):8-12.
- [26] 莫宣学,路凤香,沈上越,等.三江特提斯火山作用与成 矿[M].北京:地质出版社,1993,65-104.
- [27] 莫宣学,沈上越,朱勤文,等.三江中南段火山岩-蛇绿 岩与成矿[M].北京:地质出版社,1998,86-107.
- [28]丁林,钟大赉.滇西昌宁一孟连古特提斯洋硅质岩稀土 元素和铈异常特征[J].中国科学(D辑),1995,1-22.

# Geochemical Characteristics and Tectonic Envoriment of the Middle Permian Volcanics in Zhiduo–Zaduo Area, Southern Qinghai Province

#### LI Li, BAI Yun-shan, NIU Zhi-jun

(Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang, Hubei 443005, China)

Abstract: The Middle Permian volcanic rocks in Zaduo area of Zhiduo County, south Qinghai Province formed from Gufeng to Lengwu Period. And they belong to alkalic basalt series, including andesite and basaltic andesite. They are rich in titanium, phosphorus, sodium and poor in aluminum, kalium with high REE and obvious LREE enrichment. The Zr/Nb ratio is in the range of  $6.67 \sim 9.05$ , and Hf/Th ratio is in the range of  $0.29 \sim 0.35$ , the average of Nb/Zr ratio is 0.13. And these rocks, similar to continental intraplate basalt, are rich in lithophile element and high field strength elements differentiate well. Geological and geochemical evidences indicate that the Middle Permian volcanic rocks in Zaduo area of Zhiduo County formed in intraplate extension environment.

Keywords: Middle Permian; Qinghai Province; volcanic rock; tectonic environment