

# 藏南羊卓雍错南部桑秀组火山岩的特征及构造环境

钟华明<sup>1</sup>, 童劲松<sup>1,2</sup>, 夏军<sup>1</sup>, 鲁如魁<sup>1</sup>, 邱军强<sup>1</sup>

ZHONG<sup>1</sup>, Huaming<sup>1,2</sup>, TONG Jinsong<sup>1</sup>, XIA Jun<sup>1</sup>, LU Rukui<sup>1</sup>, QIU Junqiang<sup>1</sup>

1. 安徽省地质调查院, 安徽 合肥 230001;

2. 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083

1. Anhui Academy of Geological Survey, Hefei 230001, Anhui, China;

2. School of Earth Science and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China

**摘要:**羊卓雍错南部桑秀组中分布有由玄武岩-安山岩-英安岩构成的海相火山岩组合, 区域露头上玄武岩占绝对优势, 喷发时代为晚侏罗世晚期—早白垩世早期。区域资料显示, 这一时期该地区处于冈瓦纳大陆的被动陆缘。地球化学特征表明, 本区火山岩与洋脊玄武岩和洋岛型玄武岩有明显区别, 显示大陆拉张带或大陆裂谷亚碱性拉斑玄武岩的特征。

**关键词:**晚侏罗世—早白垩世; 火山岩; 拉斑玄武岩系列; 藏南羊卓雍错

**中图分类号:** P588.14 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-2552(2005)01-0072-08

Zhong HM, Tong JS, Xia J, Lu RK, Qiu JQ. Characteristics and tectonic setting of volcanic rocks of the Sangxiu Formation in the southern part of Yamzho Yumco, southern Tibet. *Geological Bulletin of China*, 2005, 24(1): 72-79

**Abstract:** A marine volcanic rock association composed of basalt, andesite and dacite is distributed in the Sangxiu Formation in the southern part of Yamzho Yumco. It was erupted in the late Late Jurassic to early Early Cretaceous. Regional data indicate that this area was located on the passive continental margin of the supercontinent Gondwana during this period. Geochemical analysis indicates that the volcanic rocks formed in a continental-margin rift environment.

**Key words:** Late Jurassic-Early Cretaceous; volcanic rocks; tholeiite series; Yamzho Yumco, southern Tibet

中生代晚侏罗世—早白垩世, 在冈瓦纳被动大陆边缘发生大规模的岩浆活动, 形成了大量以中基性岩石为主的火山岩和脉状辉绿玢岩<sup>[1-3]</sup>。羊卓雍错南部地区晚侏罗世—早白垩世早期海相玄武岩、安山岩、英安岩等火山岩就是这次岩浆活动的产物。有学者对这套火山岩从地层角度进行过调查研究, 但没有从火山岩岩石学方面进行专门研究<sup>[4]</sup>。2000—2002年安徽省地质调查院在1:25万洛扎幅区调中, 对这一带火山岩的空间分布和岩石类型进行了详细调查, 从岩石学、岩石地球化学等方面进行了分析, 探讨了其形成的构造环境。

## 1 区域地质特征

研究区位于北喜马拉雅被动陆缘褶冲带拉轨岗日构造

带北部中段<sup>[4-5]</sup>(图1), 紧邻雅鲁藏布江结合带。出露的主要为中生代地层, 有三叠纪郎杰学群(北部)、吕村组、涅如组, 侏罗纪日当组、陆热组、维美组、桑秀组和白垩纪甲不拉组、宗卓组。此外, 在浪卡子西部出露少量二叠纪白定浦组。它们为陆缘、陆坡、陆棚、盆地等环境形成的一套砂、泥质沉积物、钙质岩系组合, 火山岩呈层状产于桑秀组泥质碎屑岩中。桑秀组主要分布于羊卓雍错南部, 出露于绒布断裂以北、琼多江断裂以南(图1), 分布总长度在250 km以上。在浪卡子县打隆镇—绒布一带出露厚度较大, 一般有3层以上火山岩, 累计厚度一般大于80 m, 最厚达168.15 m。向东至哲古镇东部、西至江孜一带逐渐消失或变为透镜状夹层<sup>[6]</sup>。本次工作在张达乡日当拉玄武岩夹层中采获丰富的箭石*Hibolithes* sp., *H. jiab-*

收稿日期: 2004-04-01; 修订日期: 2004-11-19

地调项目: 中国地质调查局《1:25万洛扎幅区域地质调查》项目部分成果。

作者简介: 钟华明(1963—), 男, 高级工程师, 从事区域地质调查和岩浆岩研究工作。E-mail: ahgjm2003@126.com

① 安徽省地质调查院, 1:25万洛扎幅区域地质调查报告, 2004。

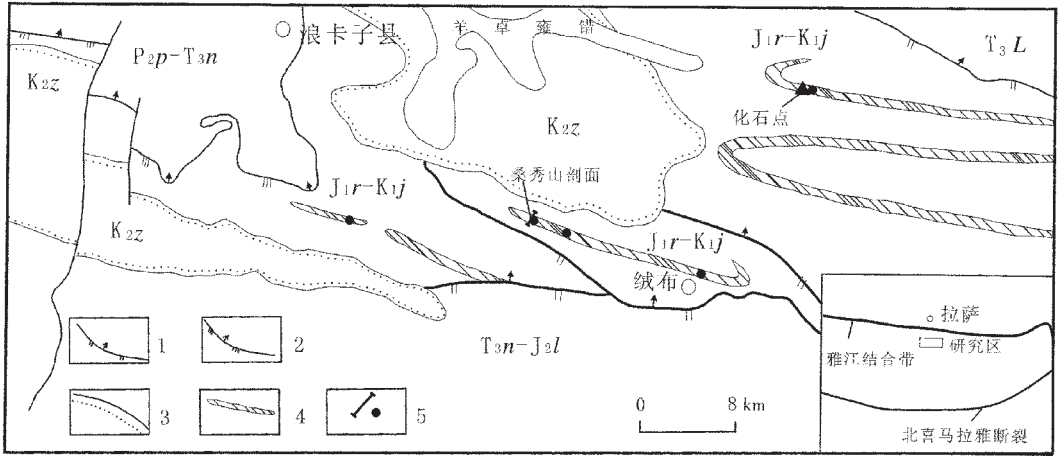


图1 羊卓雍错南部地质略图

Fig.1 Schematic geological map of the southern part of Yamzho Yumco

1—逆断层;2—推覆断层;3—不整合界线;4—桑秀组火山岩;5—剖面及样品位置;K<sub>2z</sub>—宗桌组;  
 J<sub>1r</sub>-K<sub>1j</sub>—日当组—甲不拉组;T<sub>3n</sub>-J<sub>3l</sub>—涅如组—陆热组;T<sub>3L</sub>—朗杰学群;P<sub>2p</sub>-T<sub>3n</sub>—白定浦组—涅如组

*ulensis minor* Chen, H. Yin, *Belemnopsis* sp., *B. extenuatus* Yang et Wu等。其上被最低层凡兰吟期的甲不拉组覆盖,故其时代应为晚侏罗世晚期—早白垩世早期<sup>①</sup>。

## 2 地层剖面描述

本次工作在面上进行了系统的路线调查,从西向东在浪卡子县桑秀山、日莫瓦、西里帮、松拉、日当拉和措美县渣渣等地共测制了6条剖面。结果发现,安山岩和英安岩仅分布于桑秀山以西一带,东部均为玄武岩,其中桑秀山剖面中玄武岩、英安岩和安山岩3种岩石类型均有分布,日莫瓦剖面为英安岩,其他剖面均未见安山岩和英安岩。在区域露头上玄武岩占绝对优势。

现以浪卡子县桑秀山剖面为代表描述如下(图2)。

早白垩世甲不拉组(K<sub>1j</sub>)

(12) 灰色砾岩

—— 整合 ——

晚侏罗世—早白垩世桑秀组(J<sub>3</sub>-K<sub>1s</sub>)

- (11) 深灰色薄层页岩,夹含凝灰质泥质岩薄层或透镜体,发育水平层理,含箭石 6.88 m
- (10) 灰绿色弱变质橄榄玄武岩,局部具枕状构造 67.22 m
- (9) 灰黄、蓝灰色薄层粉砂质沉凝灰岩夹沉凝灰岩薄层或透镜体,发育水平层理 42.96 m
- (8) 蓝灰色薄层粉砂岩与变沉凝灰岩互层,粉砂岩含细砾、钙质结核,发育水平层理 45.26 m
- (7) 灰绿色含杏仁体英安岩 68.41 m
- (6) 灰黄色薄层沉凝灰岩,发育水平层理 0.64 m
- (5) 浅灰绿色含杏仁体英安岩 1.1 m
- (4) 蓝灰色薄层含细砾、岩屑沉凝灰岩 10.27 m
- (3) 灰黄色薄层粉砂质泥岩,发育水平层理 10.41 m
- (2) 灰黄色安山岩 31.32 m

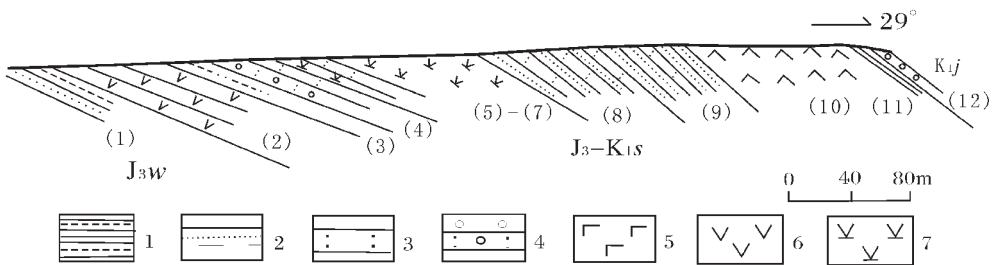


图2 浪卡子县桑秀山桑秀组实测剖面

Fig.2 Stratigraphic section of the Sangxiu Formation, Sangxiu Mountain, Nagarze County

1—页岩;2—泥岩和粉砂岩;3—沉凝灰岩;4—砾岩;5—玄武岩;6—安山岩;7—英安岩;

J<sub>3w</sub>—维美组;J<sub>3</sub>-K<sub>1s</sub>—桑秀组;K<sub>2j</sub>—甲不拉组

① 安徽省地质调查院.1:25万洛扎幅区域地质调查报告.2004.

— 整合 —

晚侏罗世维美组(J<sub>3w</sub>)

(1)黄绿色薄层板状凝灰质含粉砂质泥岩夹薄层泥灰岩条带,发育水平层理 27.00 m

### 3 岩石学特征

通过野外调查和室内鉴定,发现研究区火山岩岩石类型包括熔岩、碎屑熔岩两大类。

#### 3.1 变质熔岩类

包括变质基性熔岩、变质中性熔岩和变质酸性熔岩类,如蚀变杏仁(气孔)状拉斑玄武岩、蚀变杏仁状富玻(或玻质)玄武岩、蚀变杏仁状(玻质)安山岩和蚀变(杏仁状)英安(斑)岩等。

(1)蚀变杏仁(气孔)状玄武岩:呈灰绿—灰黑色,变余斑状结构、拉斑玄武结构,气孔—杏仁状构造(图3-1)。斑晶主要为斜长石(2%~5%)和暗色矿物(5%)。斜长石呈半自形—自形板状。粒径0.8~2.0 mm,具简单双晶或聚片双晶,为拉长石,因后期去钙化影响,牌号较低,An=17~20,为更长石,具轻微的绿泥石化和黝帘石化;暗色矿物为辉石和橄榄石,均发生了绿泥石化、蛇纹石化和方解石化,仅少量呈残留骸晶形式保存。基质主要为斜长石(75%)、辉石(4%)、石英(3%)、玻璃质(2%)和少量蚀变矿物绿泥石、黝帘石等,分布于杂乱排列的斑晶斜长石晶体空隙中。副矿物主要为钛铁矿(4%)和磷灰石。杏仁体含量5%~10%,粒径0.3~10 mm,一般被方解石、绿泥石充填。在浪卡子县桑秀山一带可见枕状构造(图3-2),含5%~10%橄榄石,构成橄辉玄武岩。

(2)蚀变杏仁状富玻(或玻质)玄武岩:呈灰绿—灰黑色,变余间隐—玻璃质结构、变余少斑结构,杏仁状构造。主要矿物成分为斜长石(35%~65%),粒径0.1~0.5 mm,少量斑晶粒径达0.6~2.8 mm,呈半自形板柱状、针状,具简单双晶或聚片双晶,少量具环带构造,原可能为基性斜长石,因后期去钙化作用变为更长石,常蚀变为方解石和黝帘石。玻璃质—隐晶质含量为20%~55%。杏仁体含量1%~10%,粒径0.3~10 mm,一般

被方解石、绿泥石充填。副矿物主要为钛铁矿(4%)、磷灰石和黄铁矿等。

以上2类岩石在区内分布最广,是桑秀组火山岩的主要岩石类型。

(3)蚀变杏仁状(玻质)安山岩:新鲜岩石呈浅灰绿—深灰色,变余少斑—斑状结构,块状构造—变余流纹构造、变余气孔杏仁状构造,基质具变余玻基交织结构、变余隐晶—霏细结构和变余球粒结构,少数因变质重结晶程度较高而呈显微鳞片变晶结构。斑晶含量变化较大,从基本不含斑晶到20%左右不等,粒径0.3~2.0 mm。斑晶以更长石为主(An=24~32),少量石英颗粒,更长石呈半自形—自形板状,具简单或聚片双晶、卡钠复合双晶。基质主要有更长石(30%~35%)、绿泥石(25%~35%)、玻璃质和隐晶质(5%~15%)、石英、绢云母、方解石及暗色蚀变矿物等,斜长石呈柱状、针状杂乱—半定向排列分布,其空隙为玻璃质、长英质隐晶质等充填,含褐铁矿、钛铁矿、白钛矿等副矿物。岩石中含有气孔,大多被后期方解石、石英等充填。此类岩石分布于浪卡子县松拉、多久等地。

(4)蚀变(杏仁状)英安(斑)岩:新鲜岩石呈浅灰绿—深灰色,变余斑状结构,基质为变余隐晶质结构,杏仁状—块状构造。斑晶粒径0.3~5 mm,主要有更长石(An=20~23),含量为5%~20%,呈半自形板状,简单或聚片双晶发育;石英含量3%~4%,呈卵状或熔蚀的港湾状。基质多为隐晶质,长英质含量少于10%,主要为蚀变的绢云母、黝帘石等。副矿物有褐铁矿、钛铁矿、白钛矿和锆石等。此类岩石仅在浪卡子日莫瓦—打隆一带呈点状分布。

英安质熔岩位于火山角砾—集块岩之上或直接覆盖于陆源碎屑岩之上。这些熔岩岩浆具有易流动的特点,自火山口向外溢出后形成岩被或岩流,其厚度一般较为稳定,成分上玻璃质和隐晶质占主导地位,顶部气孔杏仁构造发育,部分发育绳状流动构造和柱状节理。

#### 3.2 变火山碎屑岩类

主要为变火山角砾—集块岩,呈浅灰—灰绿色,角砾—



1.气孔状玄武岩



2.枕状构造玄武岩

图3 羊卓雍错南部玄武岩构造

Fig.3 Basalt structure of the southern part of Yamzho Yumco

集块状构造,变余火山角砾结构。角砾主要为玻基安山质、英安质,部分含少量硅质岩、粉砂质板岩、凝灰质角砾和长英质晶屑等,通常呈不规则棱角状—次棱角状,无定向分布。角砾—集块大小差异悬殊,一般2~10 cm(少量大于10 cm构成集块),含量在50%~90%之间。角砾中的英安岩具玻基斑状结构,有些呈流纹构造及珍珠构造。基质为脱玻化重结晶的微粒绿泥石、绿帘石等。斑晶为自形—半自形板条状斜长石。晶屑为长英质,以棱角—次棱角状散布在火山灰中。填隙物为变质火山灰,含量在10%~40%之间,均已变质重结晶为微粒绿泥石、绿帘石和绢云母等。此类岩石主要在浪卡子日莫瓦、打隆西部等地呈点状产出,没有大面积分布,是火山爆发就地堆积的产物,为近火山口堆积的标志相。

## 4 地球化学特征

### 4.1 岩石化学

火山熔岩类岩石化学成分及部分参数列于表1中。

玄武岩:SiO<sub>2</sub>含量变化于48.46%~51.55%之间,平均49.94%,属基性火山岩范畴,其CIPW标准矿物组合为Q+Or+Hy+En+Fe+Al+An, SiO<sub>2</sub>为过饱和型;里特曼指数(δ)在1.72~3.67之间,平均为2.83;K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O+CaO>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>>K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O,属铝正常类型;Hy值在13.15~16.40之间,为石英拉斑

玄武岩系列。与拉斑玄武岩(R.W.Matre,1976)和洋脊拉斑玄武岩(Hughes,1982)的平均化学成分相比,Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CaO、MgO等含量偏低,而K<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O、TiO<sub>2</sub>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>则明显偏高;在FeO\*/MgO-SiO<sub>2</sub>图解(图4)中,均为拉斑玄武岩系列;在Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub>图解(图5)中,落入亚碱性拉斑玄武岩区。岩石化学特征说明,玄武质火山岩属亚碱性石英拉斑玄武岩系列。

安山岩:仅有1个化学样品, SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CaO、K<sub>2</sub>O等低于安山岩平均化学成分(R.M.Le.Maitre,1976),而TiO<sub>2</sub>、TFeO、Na<sub>2</sub>O、MgO等都高于平均值。CaO+Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>>Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O,属铝正常系列。在FeO\*/MgO-SiO<sub>2</sub>图解(图4)中,基本落入拉斑玄武岩系列;在Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub>图解(图5)中,落入亚碱性玄武岩安山岩区。

英安岩:SiO<sub>2</sub>平均含量69.35%,属酸性岩类。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>>Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O+CaO,为铝过饱和类型;里特曼指数(δ)在1.41~3.23之间;在Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub>图解(图5)中,落入亚碱性英安岩区。

### 4.2 微量元素

岩石微量元素丰度值列入表2。

3类岩石微量元素丰度明显不同,从玄武岩、安山岩到英安岩,丰度总体有增大的趋势。玄武岩的强不相容元素中Rb、Sr、Ba、Th等明显高于MORB型和OIB型拉斑玄武岩,与大陆裂谷型拉斑玄武岩接近,Nb、Zr、Cs也具有相似的特征。但是,

表1 火山岩岩石化学成分和CIPW标准矿物含量

Table 1 Petrochemical composition of volcanic rocks and contents CIPW normative minerals

样号	岩石类型	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	烧矢	Σ
2068Gs	英安岩	68.41	0.81	13.08	3.81	1.63	0.05	0.65	1.66	3.58	2.41	0.29	1.67	2.99	99.37
P39Gs19	英安岩	69.32	0.86	13.28	1.22	3.43	0.05	1.10	1.08	2.76	3.71	0.29	1.82	2.20	98.92
6007Gs1	英安岩	68.02	0.84	13.52	1.14	4.14	0.06	1.15	1.25	3.04	3.93	0.27	1.58	2.18	99.54
P39Gs22	英安岩	71.50	0.88	13.12	2.19	1.90	0.05	0.66	0.50	2.90	3.96	0.28	1.92	1.68	99.62
P39Gs24	英安岩	69.50	0.86	12.91	0.95	3.41	0.10	0.73	1.32	2.84	4.56	0.27	1.80	2.14	99.59
P36Gs24-2	安山岩	55.88	3.64	13.88	2.31	5.18	0.12	3.89	6.35	5.32	0.10	0.47	2.86	3.06	100.20
3087Gs	玄武岩	48.46	3.54	13.91	3.34	8.33	0.17	3.97	6.40	3.97	0.14	0.41	4.52	7.27	99.91
P8-Gs11-1	玄武岩	49.81	3.35	14.26	1.89	8.26	0.07	3.82	5.11	3.24	1.76	0.45	3.76	7.33	99.35
P8Gs15-4	玄武岩	51.55	2.70	14.33	2.68	7.47	0.10	6.04	7.23	2.66	1.17	0.35	2.58	3.40	99.68
样号	岩石类型	Il	Mt	C	Q	Or	Ab	An	Hy	En	Fs	Di			
2068Gs	英安岩	1.54	3.08	2.26	34.66	14.24	30.30	6.34	1.62	1.62					
P39Gs19	英安岩	1.63	1.77	3.45	34.13	21.92	23.36	3.47	6.70	2.74	3.96				
6007Gs1	英安岩	1.60	1.65	2.64	29.21	23.22	25.73	4.44	8.25	2.87	5.39				
P39Gs22	英安岩	1.67	3.18	3.82	38.07	23.40	24.51	0.65	1.96	1.64	0.32				
P39Gs24	英安岩	1.63	1.37	1.55	30.44	26.95	24.03	4.79	6.06	1.82	4.24				
P36Gs24-2	安山岩	6.91	3.35		4.94	0.59	53.76	9.07	6.16	5.19	0.97	11.30			
3087Gs	玄武岩	6.72	4.84		5.18	0.83	33.60	19.72	13.15	7.70	5.45	7.63			
P8-Gs11-1	玄武岩	6.36	2.74		5.82	10.40	27.42	19.17	16.40	8.81	7.60	2.67			
P8Gs15-4	玄武岩	5.13	3.89		6.93	6.91	22.51	23.71	18.41	12.43	5.98	7.99			

注:由安徽省地质实验测试中心用化学法测定;氧化物含量和标准矿物含量为%

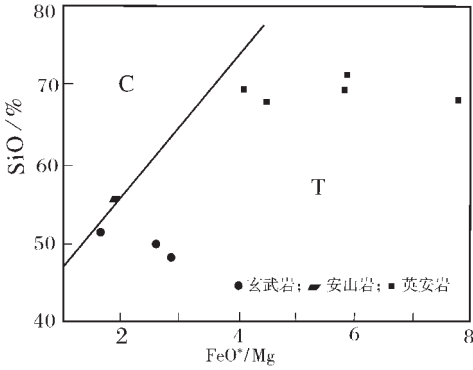


图4 火山岩FeO\*/MgO-SiO<sub>2</sub>图解  
(据A.Miyashiro, 1974)

Fig.4 FeO/MgO-SiO<sub>2</sub> diagram for volcanic rocks

T—拉斑玄武岩系列;C—钙碱性系列

$$FeO^* = FeO + 0.9Fe_2O_3$$

铁族元素Cr、Ni、Co的总量只相当于MORB型拉斑玄武岩的12%和OIB型拉斑玄武岩的38%<sup>[9]</sup>,与大陆裂谷型拉斑玄武岩接近。在MORB标准化蛛网图(图6)中也反映了相同的特征,

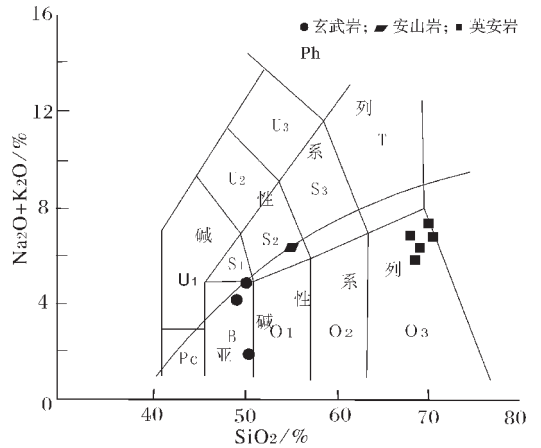


图5 火山岩Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub>图解  
(据Le Maitre, 1989)

Fig.5 Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> diagram for volcanic rocks  
Pc—苦橄玄武岩;B—玄武岩;O<sub>1</sub>—玄武安山岩;O<sub>2</sub>—安山岩;O<sub>3</sub>—英安岩;T—粗面岩/粗面英安岩;S<sub>3</sub>—粗面安山岩;S<sub>2</sub>—玄武质粗面安山岩;S<sub>1</sub>—粗面玄武岩;U<sub>1</sub>—碱玄岩、碧玄岩;U<sub>2</sub>—响岩质碱玄岩;U<sub>3</sub>—碱玄质响岩;Ph—响岩

表2 火山岩微量元素含量

Table 2 Trace element content of volcanic rocks

样号	岩石类型	Ga	Ba	Rb	Sr	As	Zr	Nb	Cu	Pb	Zn	Sn	Ta	U
2068	英安岩	18.30	790.20	110.10	148.30	—	506.10	24.10	9.00	14.60	60.40	3.60	—	—
6007-1	英安岩	20.50	781.10	129.20	114.00	—	507.00	25.40	10.20	22.50	67.40	5.20	—	0.70
P39-19	英安岩	60.00	1240.00	160.00	135.00	2.40	440.00	21.00	13.20	27.50	56.90	2.30	1.70	—
P39-22	英安岩	54.00	1180.00	158.00	130.00	1.80	470.00	23.00	11.60	32.50	66.80	1.50	2.30	2.00
P39-24	英安岩	50.00	1130.00	136.00	160.00	1.60	500.00	25.00	10.20	45.00	61.40	4.10	2.20	2.00
P36-24-2	安山岩	32.00	340.00	8.90	830.00	2.50	320.00	31.00	25.70	0.50	92.40	3.80	2.00	2.00
3087	玄武岩	54.00	140.00	7.80	240.00	3.60	430.00	33.00	17.10	12.50	132.00	2.10	3.00	2.00
P8-11-1	玄武岩	26.40	1060.50	40.80	268.50	—	351.60	31.70	12.00	8.30	116.10	2.80	—	—
P8-15-4	玄武岩	26.90	587.80	32.60	390.90	—	276.50	21.30	13.50	5.10	109.80	4.50	—	—
样号	岩石类型	V	Cr	Hf	Th	Sc	Ni	Co	Li	Be	B	Cs	W	Mo
2068	英安岩	46.90	28.00	—	31.60	7.40	10.40	10.40	32.00	2.60	13.00	3.90	—	1.00
6007-1	英安岩	42.60	1260.00	—	30.60	14.20	18.20	9.60	40.00	1.80	9.10	2.80	—	1.97
P39-19	英安岩	58.00	14.70	12.00	33.10	—	9.25	9.70	42.20	3.00	12.50	—	1.70	—
P39-22	英安岩	57.00	16.50	13.00	33.70	—	7.55	6.40	28.50	3.80	13.00	—	1.70	0.70
P39-24	英安岩	55.00	20.80	13.00	30.30	—	9.45	8.40	22.80	2.40	6.90	—	1.60	0.30
P36-24-2	安山岩	270.00	121.80	7.80	13.10	—	54.00	20.70	27.40	1.85	—	—	0.10	0.10
3087	玄武岩	230.00	44.50	11.00	16.60	—	37.50	27.70	68.40	1.80	—	—	68.40	0.10
P8-11-1	玄武岩	220.90	109.30	—	3.10	10.00	28.40	23.30	73.00	1.70	7.80	1.90	—	1.85
P8-15-4	玄武岩	205.90	148.10	—	3.40	8.40	45.10	30.30	48.00	2.50	6.20	1.60	—	1.85

注:由安徽省地质实验测试中心完成,其中Sc用等离子光谱测定,其余元素用X荧光光谱测定;—表示未测定;元素含量10<sup>-6</sup>

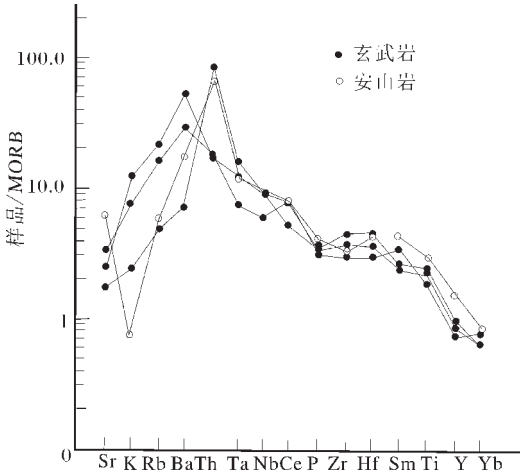


图6 火山岩微量元素MORB标准化蛛网图解  
(据Pearce, 1983)

Fig.6 MORB normalized trace element spidergram for volcanic rocks

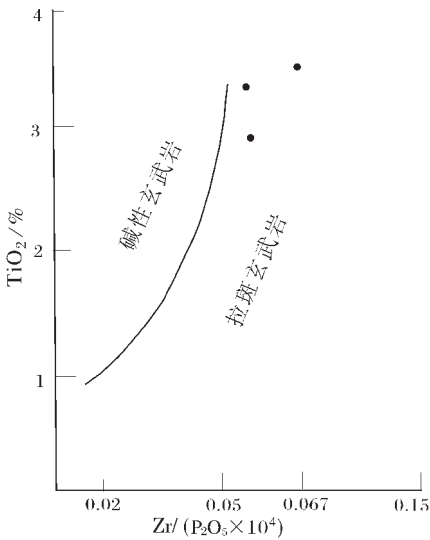


图7 玄武岩TiO<sub>2</sub>-Zr/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>图解  
(据Floyd和Winchester, 1976)

Fig.7 TiO<sub>2</sub>-Zr/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> diagram for basalt

除Y、Yb外,所有大离子亲石元素均富集(与MORB相比), Rb、Ba、Th等构成了高峰区。

利用不活泼元素判别已蚀变的玄武岩岩系类型特别有效<sup>[7]</sup>,TiO<sub>2</sub>-Zr/(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>×10<sup>4</sup>)图解(图7)中,玄武岩均落入拉斑玄武岩区;在Nb/Y-Zr/(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>×10<sup>4</sup>)判别图(图8)中玄武岩和安山岩均落入大陆拉斑玄武岩区。这些结果与主元素特征相吻合。

### 4.3 稀土元素

稀土元素含量及参数见表3。3种岩石类型稀土总量普遍较低,轻稀土富集,LREE和HREE分馏明显。玄武岩的稀土总量为163.71×10<sup>-6</sup>~263.30×10<sup>-6</sup>,平均195.27×10<sup>-6</sup>,轻重稀土比值平均为7.81;安山岩稀土总量为239.10×10<sup>-6</sup>,轻重稀土比值

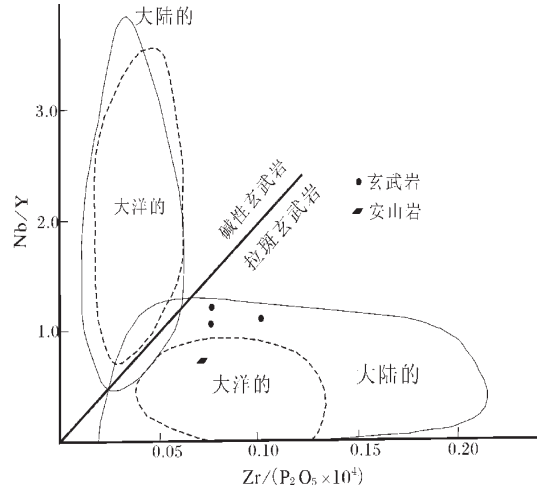


图8 火山岩Nb/Y-Zr/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>图解  
(据Floyd和Winchester, 1975)

Fig.8 Nb/Y-Zr/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> diagram for volcanic rocks

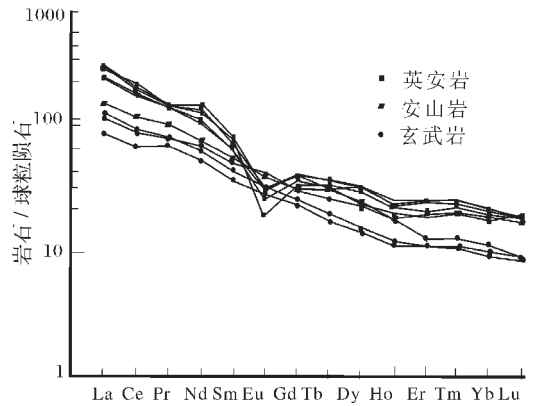


图9 火山岩稀土元素配分模式

Fig.9 REE distribution patterns for volcanic rocks

平均为7.03;英安岩的稀土总量为376.18×10<sup>-6</sup>~444.49×10<sup>-6</sup>,平均368.51×10<sup>-6</sup>,轻重稀土比值平均为10.13。玄武岩几乎没有Eu异常,δEu为0.99~1.02,说明岩浆可能未经历过明显的斜长石结晶分离作用过程,英安岩可能不是玄武岩浆分异形成的;稀土元素配分曲线为平直的右倾型(图9),与洋中脊和洋岛型拉斑玄武岩明显不同。Eu/Sm在0.30~0.31之间,与板内玄武岩相似。而安山岩则表现为弱的Eu负异常,稀土元素配分曲线为右倾型。英安岩具有中等的负Eu异常,δEu值在0.48~0.62之间,稀土元素配分曲线为右倾的“海鸥”型。

## 5 构造环境分析

成因岩石学研究揭示,火山岩组合具有强烈的构造专属性,即一定的构造环境有着相应特殊的火山岩组合。对于同一构造单元来说,其内部不同部位的构造活动性和演化的阶段性在总体上是一致的。因而,尽管区内不同剖面出露的火山岩层的多寡和岩性差异很大,不同火山机构的喷发韵律和

表3 火山岩稀土元素含量  
Table 3 REE element content of volcanic rocks

样号	岩石类型	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy
2068	英安岩	83.40	156.80	18.30	71.20	14.70	2.64	10.70	1.22	8.31
6007-1	英安岩	81.10	156.70	18.10	70.40	14.90	2.68	10.70	1.57	8.37
P39-19	英安岩	100.00	173.00	18.80	93.90	16.80	2.43	11.70	1.99	11.30
P39-22	英安岩	95.40	164.00	17.70	91.40	14.90	2.13	10.90	1.74	10.70
P39-24	英安岩	99.40	174.00	17.90	73.10	15.80	2.52	11.60	1.91	11.30
P36-24-2	安山岩	46.90	79.60	11.80	55.50	12.20	3.31	9.75	1.69	9.02
P8-11-1	玄武岩	37.20	78.50	10.50	42.40	9.40	2.89	7.70	1.08	5.50
P8-15-4	玄武岩	29.30	61.30	8.90	34.40	8.20	2.45	6.83	0.95	5.04
3087	玄武岩	42.80	79.90	10.10	46.50	10.90	3.32	9.11	1.42	8.60
Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	LREE/HREE	Eu/Sm	δEu	
1.68	4.42	0.68	4.07	0.71	45.10	378.83	10.92	0.18	0.62	
1.60	4.42	0.69	4.24	0.71	45.80	376.18	10.65	0.18	0.62	
2.02	5.99	0.84	5.06	0.66	43.60	444.49	10.24	0.15	0.51	
1.93	5.91	0.80	4.87	0.62	41.40	423.00	10.29	0.14	0.49	
1.86	6.00	0.79	5.09	0.66	44.40	421.93	9.76	0.16	0.48	
1.56	4.12	0.47	2.87	0.31	43.60	239.10	7.03	0.27	0.91	
1.00	2.59	0.36	2.18	0.31	29.00	201.61	8.73	0.31	1.02	
0.90	2.56	0.38	2.17	0.33	26.40	163.71	7.54	0.30	0.99	
1.42	3.00	0.42	2.69	0.32	23.20	220.50	7.17	0.31	1.00	

注:由安徽省地质实验测试中心完成,其中Sc用等离子光谱测定,其余元素用X荧光光谱测定;元素含量 $10^{-6}$

岩性也不尽相同,但通过以岩石组合为基础的岩石地球化学特征的研究仍可以有效地判断其构造环境<sup>[7]</sup>。

区内火山岩是正常海相沉积地层中的夹层,区域资料显示<sup>[5,8,9]</sup>,其产出的大地构造位置应为被动大陆边缘。玄武岩在 $F_1$ - $F_2$ 图解(图10)中落入板内玄武岩区内(WPB),在 $Y$ - $La$ - $Nb$ 图解(图11)中均落入大陆玄武岩区。英安岩具有富Al、Th和LREE特征,表明英安岩不是玄武岩浆演化而成的,而是由深熔作用形成的<sup>[10]</sup>,是大陆拉张减薄环境下的产物。

汪云亮等<sup>[11]</sup>的研究表明,玄武岩的 $Th/Ta$ 和 $Ta/Hf$ 值能较好地反映玄武岩形成的构造环境。桑秀组玄武岩 $Th/Ta$ 只有1个分析结果, $Th/Ta$ 为5.53, $Ta/Hf$ 为0.27,与陆缘裂谷拉斑玄武岩相似, $Th/Ta > 4$ ,与初始裂谷的玄武岩相当。在 $Th/Hf$ - $Ta/Hf$ 判别图(图12)中,有2个点落入陆内裂谷和陆缘裂谷拉斑玄武岩区(没有 $Ta$ 和 $Hf$ 测试数据的,按照Rollison的意见<sup>[1]</sup>,用 $Zr/Hf=39$ 和 $Nb/Ta=16$ 计算得到),1个点落入大陆拉张带(或初始裂谷)玄武岩区。

桑秀组玄武岩、安山岩和英安岩的露头比例、碱性岩不发育等特征与典型的陆内裂谷火山岩明显不同。玄武岩没有经历结晶分离作用,但富Ti、LREE和LILE等元素,说明其物质可能主要来源于亏损地幔,但最终结果还有待于进一步研究证实。

综合以上分析,结合火山岩产出的大地构造位置,笔者

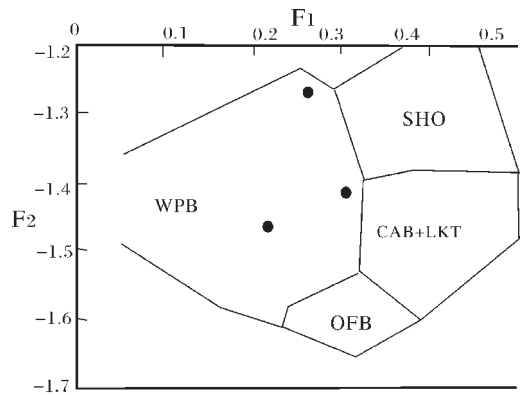


图10 玄武岩 $F_1$ - $F_2$ 图解(据Pearce, 1976)

Fig.10  $F_1$ - $F_2$  diagram for basalt

认为本区火山岩应形成于大陆边缘拉张带(初始裂谷)环境。

## 6 结论和讨论

- (1)桑秀组火山岩赋存于被动大陆边缘泥质碎屑地层中。
- (2)桑秀组玄武岩、安山岩均为亚(钙)碱性石英拉斑玄武岩系列。其主要特征与大陆裂谷型拉斑玄武岩相似。该区的火山岩组合与在西藏仁布地区发现的晚侏罗世晚期—早白垩世早期海底扩张非层序性蛇绿岩组合、萨嘎县一带的蛇

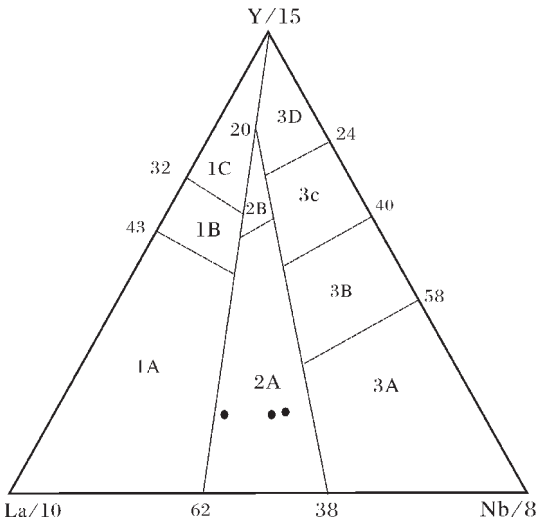


图11 玄武岩Y-La-Nb图解  
(据Cabanis Lecollr, 1989)

Fig.11 Y-La-Nb diagram for basalt

1—火山弧玄武岩;1A—钙碱性玄武岩;1B—1A与1C的重叠区域;1C—拉斑玄武岩;2—大陆玄武岩;  
2A—大陆玄武岩;2B—弧后盆地玄武岩;3—大洋玄武岩;  
3A—陆内裂谷区碱性玄武岩;3B、3C—E型MORB;  
3D—N型MORB

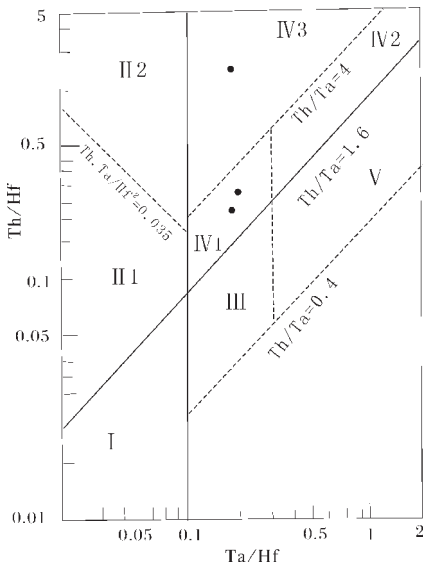


图12 玄武岩Th/Hf-Ta/Hf图解  
(据汪云亮等,2001)

Fig.12 Th/Hf-Ta/Hf diagram for basalt

I—N-MORB; II 1—大洋岛弧; II 2—陆缘岛弧和陆缘火山弧; III—洋岛、海山T-MORB、E-MORB; IV 1—陆内裂谷及陆缘裂谷拉斑玄武岩; IV 2—陆内裂谷碱性玄武岩;  
IV 3—大陆拉张带(或初始裂谷); V—地幔热柱玄武岩

绿岩<sup>[12,13]</sup>具有相似的大地构造背景,只是该区发生的裂谷为一夭折的大陆边缘裂谷,尚未形成真正的洋壳,而在仁布地区已经形成洋壳。在北喜马拉雅色龙地区发现的二叠纪玄武岩形成的大地构造环境也为大陆拉张带(初始裂谷),代表了新特提斯洋开启的序幕<sup>[14]</sup>,桑秀组火山岩与此有近似的构造环境,只是代表的是晚期扩张阶段。

(3)火山岩的岩石学和地球化学特征表明,晚侏罗世晚期—早白垩世早期是新特提斯洋又一个重要的扩张阶段。新特提斯洋盆在晚三叠世基本形成<sup>[5,12]</sup>,已经得到大多数学者的认可。桑秀组具有大陆边缘裂谷型拉斑玄武岩的特征,表明晚侏罗世晚期—早白垩世早期是新特提斯洋的重要扩张阶段。但无论是火山岩的结构、构造,还是地球化学特征,均没有典型洋中脊或洋岛型玄武岩的特征,说明晚侏罗世—早白垩世的扩张并非是早期洋中脊扩张的继续,而是在被动陆缘发生了新的裂解。进而说明,新特提斯洋扩张不仅具有多阶段性,而且空间位置具有迁移性,在雅鲁藏布江结合带南部多处发现新的蛇绿混杂带也证明了这一点<sup>[12,13]</sup>。

本文是1:25万洛扎幅区调成果的一部分,参加工作的还有李运怀、邱军强、余小俭、杨世学、徐生发等,在此表示感谢!

参考文献:

- [1]中国地质调查局.喜马拉雅带区域地质调查成果与进展[J].地质通报,2004,23(1):37.
- [2]王乃文,刘桂芳,陈国铭.青藏高原地质文集[C].北京:地质出版社,1983.1-17.
- [3]钟华明,夏军,童劲松,等.洛扎县幅地质调查新成果及主要进展[J].地质通报,2004,23(5-6):451-457.
- [4]西藏自治区地质矿产局.西藏自治区区域地质志[M].北京:地质出版社,1993.548-551,570.
- [5]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,2001.178.
- [6]李春昱,郭令智,朱夏,等.板块构造基本问题[M].北京:地震出版社,1986.223-226.
- [7]Hugh R. R.岩石地球化学[M].杨学明,杨小勇,陈双喜译.合肥:中国科技大学出版社,2000.134-142.
- [8]潘桂棠,陈智梁,李兴振,等.东特提斯地质构造形成演化[M].北京:地质出版社,1987.174-175.
- [9]梁定益.青藏高原首批1:25万区域地质调查地层工作若干进展点评[J].地质通报,2004,23(1):25.
- [10]王焰,钱青,刘良,等.不同构造环境中双峰式火山岩的主要特征[J].岩石学报,2000,16(2):171.
- [11]汪云亮,张成江,修淑芝.玄武岩类型的大地构造环境的Th/Hf-Ta/Hf图解判别[J].岩石学报,2001,17(3):413-417.
- [12]中国地质调查局.雅鲁藏布江结合带区域地质调查成果与进展[J].地质通报,2004,23(1):43-44.
- [13]任纪舜,肖黎微.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):7-8.
- [14]朱同兴,潘桂棠,冯心涛,等.藏南喜马拉雅北坡色龙地区二叠纪基性火山岩的发现及其构造意义[J].地质通报,2002,21(11):717-722.