

东昆仑巴颜喀拉浊积盆地二叠纪火山岩

朱云海¹, Pan Yuan-ming², 王国灿¹, 林启祥¹, 贾春兴³

1. 中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074

2. 萨斯卡切温大学地质系, 萨斯喀通, S7N5E2, 加拿大

3. 青海省地调院, 青海西宁 810012

摘要: 东昆仑巴颜喀拉浊积盆地内沿扎拉依—哥琼尼洼断裂带及约古宗列断裂带的断夹块内出露有一套二叠纪马尔争组火山岩, 火山岩呈构造岩片形式产出, 扎拉依—哥琼尼洼断裂带火山岩岩石组合主要为玄武岩、玄武安山岩, 少量玄武岩具枕状构造, 岩石 SiO₂ 含量均匀, TiO₂ 的含量较高, ALK 的含量较低, 为拉斑系列的玄武岩, 玄武岩稀土总量较高, 稀土配分曲线为轻稀土富集型, 与洋岛型火山岩的稀土配分曲线相一致, 火山岩大离子亲石元素较富集, 高场强元素及重稀土元素较平坦, 稀土、微量元素特征及构造环境判别显示其形成于较富集的洋岛环境, 少数为洋中脊的构造环境。约古宗列断裂带火山岩岩石组合为玄武岩、玄武安山岩, 岩石 SiO₂ 含量较高, TiO₂ 含量较低, 均 < 1%, 为钙碱性系列火山岩, 玄武安山岩的稀土配分曲线与扎拉依—哥琼尼洼断裂带一致, 而英安岩的轻稀土富集程度高, 与岛弧高钾安山岩的稀土配分曲线相吻合, 构造环境判别显示其形成于岛弧构造环境。根据扎拉依—哥琼尼洼断裂带两侧火山岩成分的差异以及断裂带两侧巴颜喀拉群碎屑物成分的差异, 可以把巴颜喀拉山三叠纪浊积盆地进一步划分为北亚带和南亚带。

关键词: 东昆仑; 巴颜喀拉; 火山岩; 二叠纪。

中图分类号: P58

文章编号: 1000—2383(2004)06—0703—08

收稿日期: 2004—08—28

Permian Volcanic Rocks in the Bayan Hala Turbidite Basin, East Kunlun Area

ZHU Yun-hai¹, Pan Yuan-ming², WANG Guo-can¹, LIN Qi-xiang¹, JIA Chun-xing³

1. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

2. Department of Geological Sciences, University of Saskatchewan, Saskatoon SK S7N5E2, Canada

3. Regional Geological Survey Academy of Qinghai, Xining 810012, China

Abstract: Permian volcanic rocks are developed in fault nip blocks of the Zanayi-Geqiongniwa and Yueguzonglie fault zones in the Bayan Hala turbidite basin, east Kunlun area. Volcanic rocks are output in tectonic slices. The volcanic rock assemblage in the Zanayi-Geqiongniwa fault zone is mainly basalts and basaltic andesites, some with the pillow structure. The SiO₂ content of the volcanic rocks is uniform, the TiO₂ content is higher and the ALK content is lower. The rock type is mainly tholeiitic basalt. REE distribution patterns of which are LREE-rich type and consistent with those of ocean island type volcanic rocks, the large ion lithophile elements of volcanic rocks is more enrichment, HFS elements and HREE of them is flatten. The characteristics of REE, trace elements and tectonic setting distinguishing reveal that the volcanic rocks of the Zanayi-Geqiongniwa fault belt were formed mainly in an ocean island tectonic setting, while some were formed in a middle ocean ridge tectonic setting. The volcanic rock assemblage in the Yueguzonglie fault zone consists of basalt and basaltic andesite. Their SiO₂ content is higher, while TiO₂ content is less than one percent. The rock types are calc-alkaline series. REE distribution patterns of basaltic andesite are consistent with that of the volcanic rocks in the Zanayi-Geqiongniwa fault zones, that of dacite is high rich in LREE and consistent with island arc high-K andesite. Tectonic setting distinguishing reveals that

基金项目: 中国地质调查局 1:25 万阿拉克湖幅区域地质调查项目(19991300004021); 高等学校全国优秀博士学位论文专项资金项目“造山带混杂岩区非史密斯地层研究——以青海东昆仑和拉脊山混杂岩带为例”(No. 200228).

作者简介: 朱云海(1964—), 男, 副教授, 1985年毕业于武汉地质学院, 主要从事造山带蛇绿岩、岩浆岩及造山带填图方法研究及教学工作。

the volcanic rocks of the Yueguzonglie fault belt are formed in island arc tectonic setting. According to the differing contents of the volcanic rocks and clast from the Bayan Hala Group beside the Zanayi-Geqiongniwa fault belt, we can divide the Bayan Hala turbidite basin into north subbelt and south subbelt.

Key words: East Kunlun; Bayan Hala; volcanic rock; Permian.

巴颜喀拉浊积盆地主体由三叠纪巴颜喀拉山群浊积岩系构成,主要岩石构成为岩屑长石砂岩、粉砂质板岩及板岩,但在巴颜喀拉山一带,沿扎拉依—哥琼尼洼断裂带分布许多断夹块(图 1),断夹块内出露一套前三叠纪构造混杂岩系,包括二叠纪生物(礁)灰岩、超镁铁质岩、枕状玄武岩、蚀变基性岩、硅质岩以及尚未取得时代依据的片岩、大理岩等中低级变质岩系,带宽一般 500~1 000 m,最大宽度达 3 000 m.带中不同岩石呈构造岩片状产出,不同岩片边界断裂及内部构造片理倾向沿走向很不稳定,时而北倾时而南倾,与两侧的巴颜喀拉山群总体地层或板理倾向基本一致,倾角一般在 50°以上.构造带经受过长期活动,早期韧性变形见于中部的阿鹏鄂—哥琼尼洼一带,形成各种绿片岩相条件下的构造片岩,该套混杂岩总体可与其北部的马尔争组混杂岩相对比.前人对巴颜喀拉地区大面积出露的巴颜喀拉三叠纪浊积岩进行了长期的研究(江新胜等, 1996;张以蒹, 1995; Gu, 1994; Bruguier *et al.*, 1997),但对巴颜喀拉山一带扎拉依—哥琼尼洼断裂带的性质、断夹块中火山岩以及其对巴颜喀拉浊积

盆地的研究甚少,本文通过对该套火山岩岩石学、地球化学特征的研究,对火山岩形成的构造环境以及对巴颜喀拉浊积盆地的影响进行了探讨.

1 地质学及岩相学特征

巴颜喀拉浊积盆地二叠纪火山岩主要分布于扎拉依—哥琼尼洼断裂带和约古宗列南北两侧断裂带内(图 1),呈构造岩片的形式存在于巴颜喀拉山群砂板岩中.

(1)扎拉依—哥琼尼洼断裂带火山岩.火山岩主要分布于扎拉依—哥琼尼洼断裂带内,延伸方向为北西西—南东东或近东西向,沿该断裂带断续出露,均以构造岩片的形式存在(图 2,3),单个岩片出露宽度一般不大,火山岩岩石组合主要为玄武岩,少量(玄武)安山岩,玄武岩一般均具气孔、杏仁构造,少量具枕状构造.

杏仁状玄武岩:岩石为斑状结构,基质拉斑玄武结构、间片间隐结构,定向构造,斑晶 5%,成分主要为辉石;柱状自形晶,粒径 1~1.5 mm,解理完全,沿

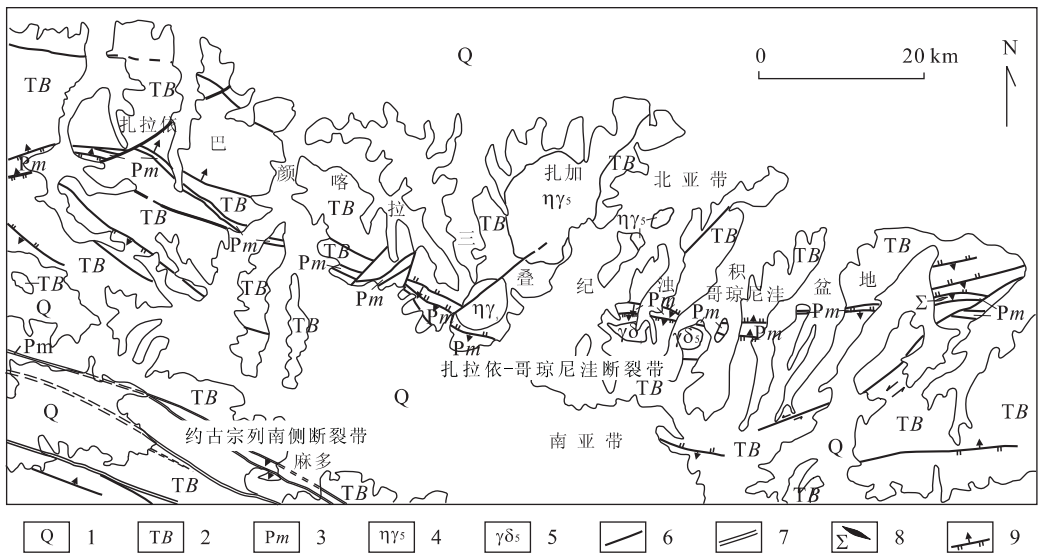


图 1 巴颜喀拉地区构造单元

Fig. 1 Tectonic unit of Bayan Hala area

- 1. 第四系; 2. 三叠纪巴颜喀拉山群; 3. 二叠纪马尔争组; 4. 印支—燕山期二长花岗岩; 5. 印支—燕山期花岗闪长岩; 6. 断层; 7. 活断层;
- 8. 超镁铁质岩; 9. 逆断层

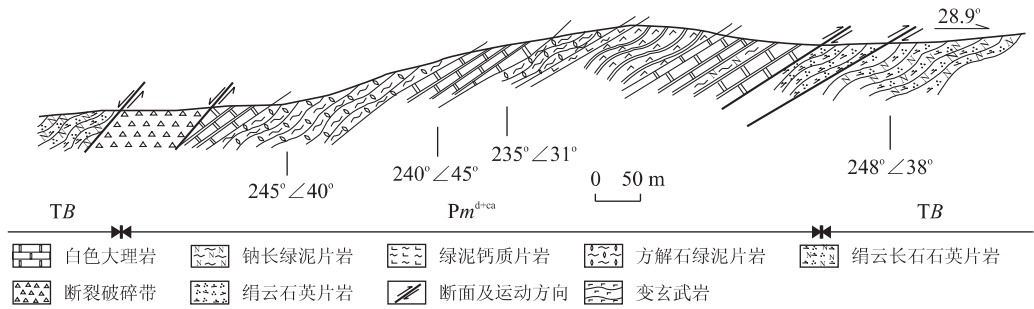


图 2 扎拉依—哥琼尼洼构造带在贡恰陇巴处的构造地层剖面

Fig. 2 Tectonic strata section of Zalayi-Geqiongniwa tectonic belt in Gongchalongba

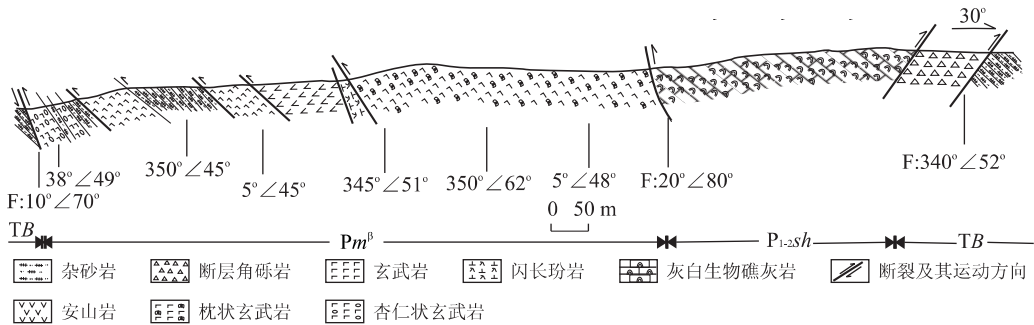


图 3 扎拉依—哥琼尼洼构造带在哥琼尼洼处的构造地层剖面

Fig. 3 Tectonic strata section of Zalayi-Geqiongniwa tectonic belt in Geqiongniwa

解理缝常发生蚀变,蚀变矿物主要为绿泥石,由于蚀变,辉石被切割成碎块状,干涉色 II 级蓝绿。基质由细的长条状斜长石微晶和辉石、绿泥石及隐晶质物质组成。斜长石微晶细小,在岩石中排列大致定向。岩石气孔、杏仁发育,多被压扁、拉长而呈长的椭球状,排列具明显的方向性,气孔中充填物多为绿泥石、方解石、石英。岩石中见碳酸盐细脉。

(玄武)安山岩:岩石为无斑微晶结构、基质交织结构,岩石中基本无斑晶,结晶程度较低,主要由针柱状斜长石微晶和隐晶质、玻璃质物质组成。斜长石微晶呈针状、柱状,正交镜下光性清楚,不见双晶,中间充填有隐晶质、玻璃质,斜长石微晶在岩石中排列大致定向,形成较清楚的交织结构,岩石中见有数条石英、方解石细脉,脉的宽度不大,延伸较长。

枕状玄武岩:少斑结构,基质拉斑玄武结构,气孔杏仁构造。斑晶含量<1%,成分主要为辉石;柱状晶形,略带红色,粒径 1 mm,干涉色 II 级蓝绿。基质由板状斜长石微晶及辉石微晶,绿泥石及不透明矿物组成,斜长石微晶为板条状自形晶,在岩石中排列无明显方向性,辉石多为粒状晶形,少数为柱状,具有浅的红色,干涉色较高,基质中尚有一些绿泥石及不透明的金属矿物。岩石中气孔杏仁构造发育,杏仁

体中充填物主要为方解石、石英,气孔杏仁含量约 10%,多被压扁拉长而呈椭球状,排列具明显的方向性。岩石在野外具明显枕状构造。

(2)约古宗列南侧断裂带。主要分布于约古宗列南侧断裂带郭洋大队一带,出露宽度不大,面积较小,火山岩岩石组合主要为安山岩、玄武岩。

蚀变安山岩:变余斑状结构,基质变余安山结构,块状构造,岩石经强烈的碳酸盐化,蚀变物方解石强烈交代斑晶和某些基质。斑晶斜长石基本被交代完全,暗色矿物斑晶为黑云母及石榴子石。基质斜长石微晶 0.05~0.1 mm,半定向排列于隐晶质之中,具碳酸盐化、泥化、绿泥石化。斑晶 15%(斜长石为主,黑云母少量,石榴子石微量),基质 85%(微晶斜长石 50%,暗色组分及隐晶质 50%)。

玄武岩:斑状结构,基质间粒间隐结构,常见杏仁构造。斑晶斜长石自形柱状,大小在 0.5~0.7 mm,为基性斜长石。辉石:自形,明显有 2 种:①为蚀变,干涉色 II 级底,斜消光,为普通辉石;②全部蛇纹石化为绢石,原生矿物可能为斜方辉石,大小在 0.5~1 mm。基质:板条状斜长石微晶半定向—不定向排列,其间夹有粒状辉石小晶体和显微隐晶质。

表 1 巴颜喀拉地区二叠纪火山岩化学分析结果

Table 1 Chemical analysis results of Permian volcanic rocks in Bayan Hala area

 $w_B/\%$

样品号	岩石名称	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	H ₂ O	CO ₂	总和
AP ₂₉ Bb1-1	杏仁状玄武岩	49.22	3.09	15.70	4.41	9.50	0.15	8.16	4.81	4.44	0.06	0.47	0.00	0.00	100.00
AP ₂₉ Bb3-1	杏仁状玄武岩	51.29	2.80	14.87	2.67	10.64	0.20	8.07	5.44	3.55	0.04	0.44	0.00	0.00	100.00
AP ₂₉ Bb10-1	杏仁状玄武岩	47.65	2.59	13.31	7.53	5.90	0.18	7.85	11.13	2.73	0.61	0.52	0.00	0.00	100.00
AP ₂₉ Bb10-2	玄武岩	45.93	2.30	11.48	4.74	6.70	0.18	8.91	10.74	2.15	1.17	0.46	3.43	1.57	99.76
AP ₃₀ Bb7-1	变玄武岩	47.22	1.61	9.81	1.53	7.60	0.12	9.08	11.25	0.59	1.07	0.15	3.87	5.90	99.80
AP ₃₀ Bb11-1	片理化玄武岩	50.91	1.66	14.25	7.93	7.45	0.16	12.31	4.09	1.01	0.01	0.22	0.00	0.00	100.00
AP ₂₅ Bb1-1	英安岩	67.21	0.26	14.76	0.51	2.08	0.03	0.99	3.61	3.74	1.94	0.14	2.05	2.51	99.83
AP ₂₅ Bb2-1	玄武安山岩	56.80	0.70	15.95	2.09	4.17	0.08	4.82	6.19	2.59	0.37	0.16	3.79	2.09	99.80

测试单位:湖北省武汉市地质实验研究中心.

2 地球化学特征

对扎拉依—哥琼尼洼断裂带及约古宗列断裂带内二叠纪火山岩进行了物质成分的测定,不同断裂带火山岩在物质成分上具有明显的差异,反映了其在形成的构造环境上的差异.

2.1 岩石化学特征

巴颜喀拉浊积盆地内马尔争组火山岩岩石化学分析结果见表 1,由于该套火山岩变质蚀变较强,岩石化学分析中 H₂O、CO₂ 的含量较高,且在扎拉依—哥琼尼洼断裂带玄武岩中见有较多的气孔杏仁构造,致使岩石中 CO₂ 含量偏高,在实际应用前,对化学分析资料进行了适当处理,根据杏仁状玄武岩中方解石的数量,以化学分析中 CO₂ 加上 CaO 形成方解石后,去除方解石和 H₂O 再换算成 100%,其他岩石由于变质蚀变过程中形成了一些变质矿物,如绿泥石、绿帘石、角闪石等,成分的变化不易确定,故保持了原分析结果.

扎拉依—哥琼尼洼断裂带火山岩以构造岩片的形式存在于三叠纪巴颜喀拉群中,岩石类型主要为玄武岩,从成分上看,岩石中 SiO₂ 含量较均匀,从 45.93%~51.29%,平均 48.70%,TiO₂ 的含量较高,从 1.61%~3.09%,平均 2.34%,且西部的含量较低,东部含量较高,均大于 2.30%. ALK 的含量均较低,从 1.02%~4.50%,平均 2.90%,均为亚碱性系列.在 TAS 图(图 4)中所有样品均落在亚碱性的 B 区,为亚碱性玄武岩.在区分拉斑玄武岩系列和钙碱性系列的 AFM 图(图 5)中,均落在 T 区,为拉斑系列的玄武岩.

约古宗列南侧断裂带二叠纪火山岩为巴颜喀拉地区最南侧的火山岩,火山岩出露较少,与三叠纪砂板岩间为断层接触.岩石成分中 SiO₂ 含量较高,为

56.80%~67.21%,平均 62.01%,TiO₂ 含量最低,

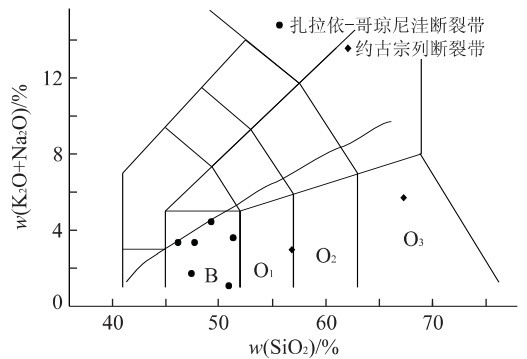


图 4 巴颜喀拉地区二叠纪火山岩 TAS 图(Le Bas, 1986; IUGS, 1989)

Fig. 4 TAS nomination diagram of Permian volcanic rocks in Bayan Hala area

图中碱性亚碱性界线据 Irvine and Baragar, 1971; B. 玄武岩; O₁. 玄武安山岩; O₂. 安山岩; O₃. 英安岩

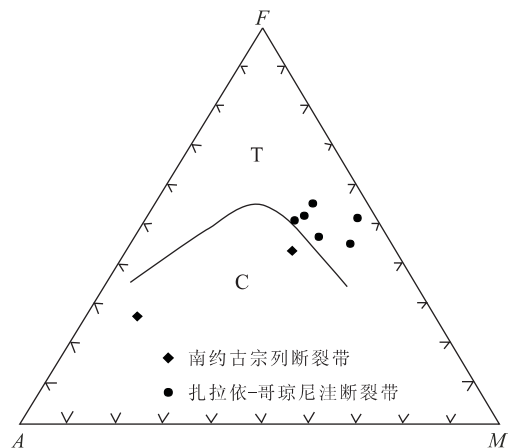


图 5 巴颜喀拉地区二叠纪火山岩 AFM 图(Irvine and Barager, 1971)

Fig. 5 AFM diagram of Permian volcanic rocks in Bayan Hala area

T. 拉斑玄武岩系列; C. 钙碱性系列

表 2 巴颜喀拉地区二叠纪火山岩稀土元素分析结果及球粒陨石标准化值

Table 2 Analysis results of REE and meteorite standardise of Permian volcanic rocks in Bayan Hala area $\omega_B/10^{-6}$

样品号	岩石名称	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
AP ₂₉ Bb1-1	杏仁状玄武岩	23.56	54.20	6.99	28.30	6.81	2.14	6.49	1.03	5.37	0.97	2.62	0.38	2.16	0.29	25.38
AP ₂₉ Bb3-1	杏仁状玄武岩	20.33	44.64	6.07	25.21	6.08	1.91	5.82	0.91	4.89	0.89	2.37	0.34	1.92	0.26	23.78
AP ₂₉ Bb10-1	杏仁状玄武岩	19.71	44.96	6.17	25.06	6.09	2.04	5.94	0.95	4.94	0.87	2.34	0.33	1.84	0.25	23.48
AP ₂₉ Bb10-2	玄武岩	22.69	49.81	6.58	27.85	6.45	2.17	6.38	0.98	5.26	0.90	2.43	0.34	1.93	0.26	24.63
AP ₃₀ Bb7-1	变玄武岩	14.82	36.38	4.30	16.81	3.88	1.24	3.30	0.50	2.46	0.44	1.22	0.19	1.06	0.15	11.42
AP ₃₀ Bb11-1	片理化玄武岩	7.60	17.60	2.51	10.26	2.88	1.10	3.32	0.58	3.27	0.63	1.68	0.25	1.41	0.19	16.61
AP ₂₅ Bb1-1	英安岩	25.99	54.68	5.82	19.86	3.27	0.90	1.76	0.20	0.52	0.09	0.15	0.02	0.10	0.01	1.97
AP ₂₅ Bb2-1	玄武安山岩	17.83	38.78	4.63	17.77	3.80	0.96	3.53	0.56	3.28	0.62	1.82	0.28	1.76	0.26	17.48
样品号	岩石名称	球粒陨石标准化值														
AP ₂₉ Bb1-1	杏仁状玄武岩	64.20	56.64	51.02	39.80	29.48	24.60	21.21	17.76	14.09	11.40	10.52	10.67	8.71	7.61	11.28
AP ₂₉ Bb3-1	杏仁状玄武岩	55.40	46.65	44.31	35.46	26.32	21.95	19.02	15.69	12.83	10.46	9.52	9.55	7.74	6.82	10.57
AP ₂₉ Bb10-1	杏仁状玄武岩	53.71	46.98	45.04	35.25	26.36	23.45	19.41	16.38	12.97	10.22	9.40	9.27	7.42	6.56	10.44
AP ₂₉ Bb10-2	玄武岩	61.83	52.05	48.03	39.17	27.92	24.94	20.85	16.90	13.81	10.58	9.76	9.55	7.78	6.82	10.95
AP ₃₀ Bb7-1	变玄武岩	40.38	38.01	31.39	23.64	16.80	14.25	10.78	8.62	6.46	5.17	4.90	5.34	4.27	3.94	5.08
AP ₃₀ Bb11-1	片理化玄武岩	20.71	18.39	18.32	14.43	12.47	12.64	10.85	10.00	8.58	7.40	6.75	7.02	5.69	4.99	7.38
AP ₂₅ Bb1-1	英安岩	70.82	57.14	42.48	27.93	14.16	10.34	5.75	3.45	1.36	1.06	0.60	0.56	0.40	0.26	0.88
AP ₂₅ Bb2-1	玄武安山岩	48.58	40.52	33.80	24.99	16.45	11.03	11.54	9.66	8.61	7.29	7.31	7.87	7.10	6.82	7.77

测试单位:湖北省武汉市地质实验研究中心,球粒陨石标准化值据 Taylor and McLennan(1985).

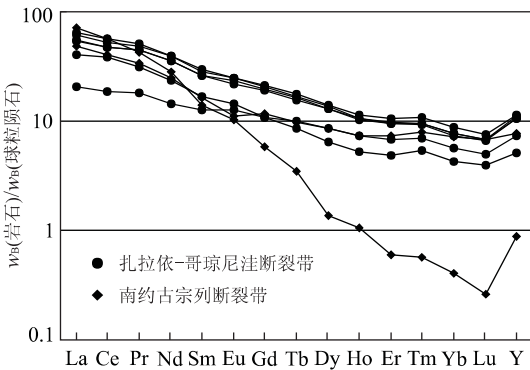


图 6 巴颜喀拉地区二叠纪火山岩稀土配分曲线

Fig. 6 REE distribution patterns of Permian volcanic rocks in Bayan Hala area

为 0.26%~0.70%, 平均 0.48%, 均小于 1%, 与扎拉依-哥琼尼洼断裂带成分差别较大, 反映其形成环境或岩浆来源上的差异. 在火山岩分类命名的 TAS 图(图 4)(Le Bas, 1986)中样品均落在亚碱性的 O₁ 和 O₃ 区, 为亚碱性的玄武安山岩、英安岩. 在区分火山岩系列的 AFM 图(图 5)(Irvine and Barager, 1971)中, 均落在 C 区, 为钙碱性系列的火山岩.

2.2 稀土元素特征

巴颜喀拉油积盆地内二叠纪马尔争组火山岩稀土元素分析结果及球粒陨石标准化值见表 2. 从表中可以看出, 扎拉依-哥琼尼洼断裂带中玄武岩稀土总量较高, $\sum REE = (69.89 \sim 166.69) \times 10^{-6}$, 平均 130.63×10^{-6} , $LREE = (41.95 \sim 122.00) \times 10^{-6}$,

94.20×10^{-6} , $HREE = (20.74 \sim 44.69) \times 10^{-6}$, 平均 36.43×10^{-6} , 轻重稀土分馏明显, $LREE/HREE = 1.50 \sim 3.73$, 平均 2.62, $(La/Lu)_n = 4.15 \sim 10.26$, 平均 8.13, 其稀土配分曲线(图 6)均为轻稀土富集型, 重稀土较平坦, 且在 Y 处形成正异常, 稀土配分曲线为向右倾的形态, 与洋岛型火山岩的稀土配分曲线相一致. 总体轻稀土的富集较马尔争带明显, 曲线向右倾的斜率较大.

约古宗列南侧断裂带火山岩酸度较高, 其玄武安山岩的稀土配分曲线与扎拉依-哥琼尼洼断裂带一致, 而英安岩的轻稀土富集程度高, $LREE/HREE = 22.93$, $(La/Lu)_n = 269.81$, 稀土配分曲线(图 6)显示出明显的轻稀土富集型, 配分曲线向右倾, 且斜率较大. 与岛弧高钾安山岩的稀土配分曲线相吻合.

2.3 微量元素特征

巴颜喀拉地区二叠纪马尔争组火山岩微量元素分析结果及 MORB 标准化值见表 3, 其 MORB 标准化后的比值蛛网图见图 7, 从表和图中可以看出, 扎拉依-哥琼尼洼断裂带火山岩部分样品可能由于蚀变而使 K 的含量降低, 从而使部分样品的分配型式在 K 处形成一个较明显的谷, 总体看该带火山岩大离子亲石元素较富集、轻稀土也较富集, 高场强元素及重稀土元素较平坦, 且接近于 MORB, 整个分配型式为左侧较突起的倒勺状. 与过渡类型玄武岩

表 3 巴颜喀拉地区二叠纪马尔争组火山岩微量元素分析结果及 MORB 标准化值

Table 3 Analysis results of trace elements and MORB standardise of Permian volcanic rocks in Bayan Hala area $w_B/10^{-6}$

样品号	岩石名称	V	Zn	Co	Ni	Cu	Cr	Sr	Rb	Hf	Zr	Th	Ba	Nb	Ta
AP ₂₉ Bb1-1	杏仁状玄武岩	232	142	53.8	209	119	294	386	3	4.1	169	2.8	90	32.20	2.70
AP ₂₉ Bb3-1	杏仁状玄武岩	220	105	42.8	141	51	216	806	3	3.8	153	2	88	24.40	1.90
AP ₂₉ Bb10-1	杏仁状玄武岩	209	122	50.8	219	100	264	596	5.1	3.4	136	2.1	263	29.20	2.10
AP ₂₉ Bb10-2	玄武岩	219	121	51.2	226	121	276	574	22.9	4.1	140	2.4	212	30.20	1.60
AP ₃₀ Bb7-1	变玄武岩	170	93	36.5	219	46	470	247	22.2	2.4	81	1.8	147	20.10	0.90
AP ₃₀ Bb11-1	片理化玄武岩	194	118	62.1	355	89	713	227	3	1.9	62	1	41	10.60	1.10
AP ₂₅ Bb1-1	英安岩	10	104	6.9	8	15	9	213	80.5	3.7	151	9.5	359	8.00	0.50
AP ₂₅ Bb2-1	玄武安山岩	116	89	26.4	65	48	245	235	7.4	3	130	6.4	529	6.10	0.50

微量元素 MORB 标准化值

样品号	岩石名称	Sr	K ₂ O	Rb	Ba	Th	Ta	Nb	Ce	P ₂ O ₅	Zr	Hf	Sm	Y	Yb
AP ₂₉ Bb1-1	杏仁状玄武岩	3.22	0.37	1.50	4.50	14.00	15.00	9.20	5.42	3.92	1.88	1.71	2.06	0.85	0.64
AP ₂₉ Bb3-1	杏仁状玄武岩	6.72	0.25	1.50	4.40	10.00	10.56	6.97	4.46	3.69	1.70	1.58	1.84	0.79	0.56
AP ₂₉ Bb10-1	杏仁状玄武岩	4.97	4.08	2.55	13.15	10.50	11.67	8.34	4.50	4.34	1.51	1.42	1.85	0.78	0.54
AP ₂₉ Bb10-2	玄武岩	4.78	7.80	11.45	10.60	12.00	8.89	8.63	4.98	3.83	1.56	1.71	1.95	0.82	0.57
AP ₃₀ Bb7-1	变玄武岩	2.06	7.13	11.10	7.35	9.00	5.00	5.74	3.64	1.25	0.90	1.00	1.18	0.38	0.31
AP ₃₀ Bb11-1	片理化玄武岩	1.89	0.08	1.50	2.05	5.00	6.11	3.03	1.76	1.82	0.69	0.79	0.87	0.55	0.41
AP ₂₅ Bb1-1	英安岩	1.78	12.93	40.25	17.95	47.50	2.78	2.29	5.47	1.17	1.68	1.54	0.99	0.07	0.03
AP ₂₅ Bb2-1	玄武安山岩	1.96	2.47	3.70	26.45	32.00	2.78	1.74	3.88	1.33	1.44	1.25	1.15	0.58	0.52

测试单位:湖北省武汉市地质实验研究中心, MORB 标准化值据 Pearce(1983).

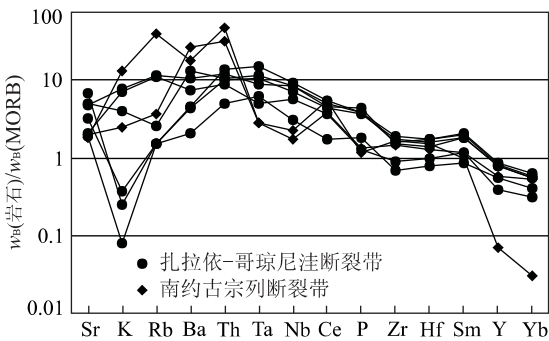


图 7 巴颜喀拉地区二叠纪火山岩微量元素比值蛛网图

Fig. 7 Spider diagram of trace elements of Permian volcanic rocks in Bayan Hala area

中的雷克雅内斯火山岩相近,代表了大洋中脊一板内的拉斑玄武岩。

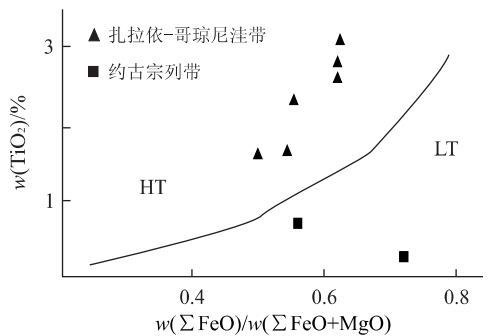
约古宗列南侧断裂带火山岩数据较少,其中一个是大离子亲石元素富集,且 Rb、Th 富集程度较高,形成 2 个明显的峰值;另一个大离子亲石元素中 Ba、Th 较富集, Sr、K、Rb 富集程度不高,分配型式(图 7)类似于火山弧玄武岩中的新赫布里底和智利型火山岩,代表了钙碱性的大陆或大洋构造环境。

3 构造环境分析

从巴颜喀拉地区二叠纪火山岩的物质成分看,

不同断裂带内的火山岩有明显的差别,代表了形成时不同的构造环境,而同一构造带中的火山岩在化学成分、稀土微量元素上也存在一定的差别,表示其形成的环境也有一定的差别。

扎拉依-哥琼尼洼断裂带火山岩主要为拉斑玄武岩,且稀土元素、微量元素反映出较富集的特征,其在化学成分上的最大特点是 TiO_2 的含量高,在 $TiO_2 - \sum FeO / (\sum FeO + MgO)$ 图(图 8)(Serri *et al.*, 1985)中,该带玄武岩均落在 HT 区,为高钛玄武岩,表明其来源于低压岩浆房的产物为拉张构造环境下的产物。在反映玄武岩洋陆构造环境的

图 8 巴颜喀拉地区二叠纪火山岩 $w(\sum FeO)/w(\sum FeO + MgO) - w(TiO_2)$ 图(据 Serri *et al.*, 1985)Fig. 8 $w(\sum FeO)/w(\sum FeO + MgO) - w(TiO_2)$ diagram of Permian volcanic rocks in Bayan Hala area

HT. 高钛玄武岩; LT. 低钛玄武岩

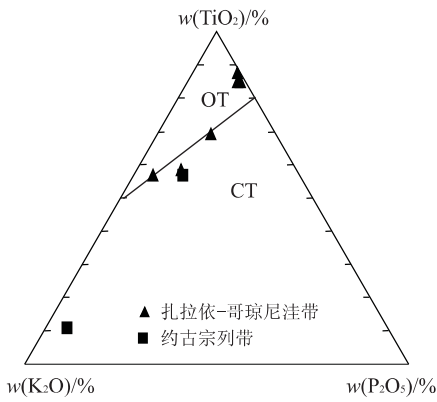


图 9 巴颜喀拉地区二叠纪火山岩 $w(K_2O) - w(TiO_2) - w(P_2O_5)$ 图(Pearce, 1975)

Fig. 9 $w(K_2O) - w(TiO_2) - w(P_2O_5)$ diagram of Permian volcanic rocks in Bayan Hala area
OT. 大洋拉斑玄武岩; CT. 大陆拉斑玄武岩

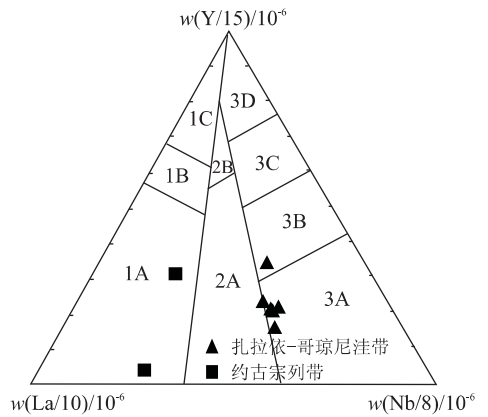


图 11 巴颜喀拉地区二叠纪火山岩 $w(Y/15) - w(La/10) - w(Nb/8)$ 图(Cabanis and Lecolle, 1989)

Fig. 11 $w(Y/15) - w(La/10) - w(Nb/8)$ diagram of Permian volcanic rocks in Bayan Hala area
1. 火山弧; 1A. 钙碱性玄武岩; 3. 大洋玄武岩; 3A. 陆间裂谷碱性玄武岩; 3B. E-型 MORB; 其他区略

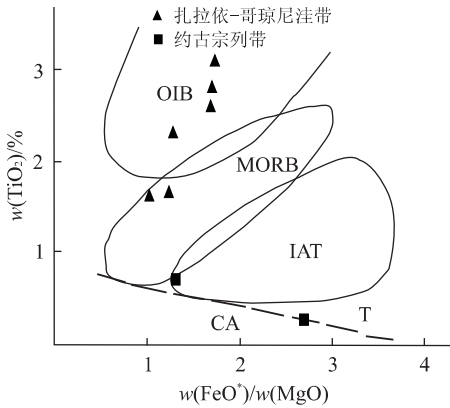


图 10 巴颜喀拉地区二叠纪火山岩 $w(TiO_2) - w(FeO^*)/w(MgO)$ 图(Miyashiro, 1975)

Fig. 10 $w(TiO_2) - w(FeO^*)/w(MgO)$ diagram of Permian volcanic rocks in Bayan Hala area

OIB. 洋岛玄武岩; MORB. 洋中脊玄武岩; IAT. 岛弧拉斑玄武岩; CA. 钙碱性玄武岩; T. 拉斑玄武岩

依一哥琼尼洼断裂带玄武岩主要形成于较富集的洋岛环境,少数可能形成于洋中脊的构造环境,形成的玄武岩稀土元素及微量元素较富集。

约古宗列南侧断裂带火山岩出露较少,在 $TiO_2 - \sum FeO / (\sum FeO + MgO)$ 图(图 8)中,均落在 LT 区,为低钛玄武岩,反映其来源于高压岩浆房,代表了俯冲碰撞的环境,在反映玄武岩洋陆构造环境的 $K_2O - TiO_2 - P_2O_5$ 图(图 9)中,该带火山岩落在 CT 区,为大陆环境,在反映构造环境的 $TiO_2 - FeO^* / MgO$ 图(图 10)和 $La/10 - Y/15 - Nb/8$ 图(图 11)中,该带火山岩均落在岛弧构造环境。约古宗列南侧断裂带火山岩形成于岛弧构造环境。

4 讨论

巴颜喀拉山群是一套岩性十分单调的浊积相陆源碎屑堆积,对该盆地性质有多种不同意见,通过我们的调查研究显示,在阿拉克湖地区巴颜喀拉山群的物质来源于北部,其沉积基底可与马尔争山—布青山构造混杂岩系相对比,巴颜喀拉山群分布区数条可与马尔争山混杂岩带面貌相对比的断夹块的确定反映了测区巴颜喀拉山群下部存在更广义上的马尔争—布青山构造混杂岩系,因此在一定程度上,测区巴颜喀拉山群是在更广义上的马尔争—布青山构造混杂岩系基底的裂解基础上的上叠盆地,与北部东昆仑地区的早中三叠世地层洪水川群和闹仓坚沟

$K_2O - TiO_2 - P_2O_5$ 图(图 9)(Pearce, 1975)中,扎拉依—哥琼尼洼断裂带玄武岩均落在大洋区,反映了其形成于大洋环境,在 $TiO_2 - FeO^* / MgO$ 图(图 10)(Miyashiro, 1975)中,扎拉依—哥琼尼洼断裂带玄武岩绝大部分落在 OIB 区,少数落在 MORB 区,表明其主要形成于较富集的洋岛环境,少数形成于大洋中脊的构造环境。在微量元素与玄武岩构造环境关系的 $La/10 - Y/15 - Nb/8$ 图(图 11)(Cabanis and Lecolle, 1989)中,扎拉依—哥琼尼洼断裂带玄武岩多数落在 3A 区,反映了陆间裂谷的构造环境,少数落在 3B 区,为富集的 E 型 MORB。扎拉

组同属北部大陆边缘的不同沉积相。其中火山岩岩片通过后期的楔冲断层作用而上升,其与北部布青山—马尔争山构造混杂岩带时代相同,岩石组合也极其相似,反映具有北部的沉积基底。

同时,扎拉依—哥琼尼洼断裂带也是巴颜喀拉山群中一条重要的断裂带,断裂带两侧巴颜喀拉山群的碎屑物成分有明显的变化,北部地区相对于南部地区更多的碎屑白云母和沉积岩岩屑、结晶岩岩屑,据此我们将巴颜喀拉山三叠纪浊积盆地进一步划分为北亚带和南亚带。

参加野外工作的还有向树元、安守文、朱耀生、拜永山、王发明、邓中林、张智勇、张克信等,在此表示衷心的感谢。

References

Bruguier, O., Lancelot, J. R., Malavieille, J., 1997. U-Pb dating on single detrital zircon grains from the Triassic Songpan-Ganze flysch (central China); provenance and tectonic correlations. *Earth and Planetary Science Letters*, 152: 1-4, 217-231.

Cabanis, B., Lecolle, M., 1989. Le diagramme La/10-Y/15-Nb/8; Un outil pour la discrimination des series volcaniques et la mise en evidence des processus de melange et/ou de contamination crustale. *C. R. Acad. Sci. (Ser. II)*, 309: 2023-2029.

Gu, X., 1994. Geochemical characteristics of the Triassic Tethys-turbidites in the northwestern Sichuan, China: Implications for provenance and interpretation of the tectonic setting. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 58: 4615-4631.

Irvine, T. N., Barager, W. R. A., 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. J. Earth Sci.*, 523-548.

Jiang, X. S., Pan, G. T., Yan, Y. J., et al., 1996. Triassic sedimentary framework and tecto-paleogeographic evolution of the juncture of the Qinling, Qilian and Kunlun orogenic belts. *Acta Geologica Sichuan*, 16(3): 204-208 (in Chinese with English abstract).

Le Bas, M. J., 1986. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *J. Petrology*, 27: 745-750.

Miyashiro, A., 1975. Classification, characteristics and origin of ophiolites. *J. Geol.*, 83: 249-281.

Pearce, J. A., 1983. Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: Hawkesworth, C. J., Norry, M. J., eds., *Continental basalts and mantle xenoliths*. Shiva, Nantwich, 230-249.

Pearce, T. H., 1975. The TiO₂-K₂O-P₂O₅ diagram: A method of discriminating between oceanic and nonoceanic basalts. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 24: 419-426.

Serri, G., Hebert, R., Hekinian, R., 1985. Chemistry of ultramafic tectonites and ultramafic to gabbroic cumulates from the major oceanic basins and the northern Apennines ophiolites. *Ophioliti*, 10: 63-76.

Taylor, S. R., McLennan, S. M., 1985. *The continental crust: Its composition and evolution*. Blackwell, Oxford.

Zhang, Y. F., 1995. Some opinions about the Triassic stratigraphy in the Bayan Hala area. *Regional Geology of China*, 1: 21-31 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

江新胜, 潘桂棠, 颜仰基, 等, 1996. 秦、祁、昆交接区三叠纪沉积相格架及构造古地理演化. *四川地质学报*, 16(3): 204-208.

张以菲, 1995. 对巴颜喀拉区三叠纪地层系统的认识. *中国区域地质*, 1: 21-31.