

东天山中段不同构造环境火山岩 地球化学特征

姬金生 陶洪祥 杨兴科
(西安地质学院, 西安 710054)

主题词 东天山 构造环境 火山岩组合 微量元素 稀土元素配分模式

提要 东天山中段分布有阿齐山岛弧区(II₂)安山岩类和海沟区(II₁)混杂岩带玄武岩类火山岩,不同构造环境形成的火山岩各自具有与其环境相对应的地球化学特征。在常量元素、微量元素及稀土元素特征方面,它们可与世界上典型构造环境区形成的火山岩相对比。从地球化学特征发现,II₂区火山岩主要与早石炭世吐鲁番洋壳向塔里木陆壳俯冲有关,形成了II₂区钙碱性安山质火山岩。II₁区混杂岩带内呈洋壳残片产出的玄武岩类与吐鲁番洋盆的扩张有成因联系,岩石属于大洋拉斑玄武岩类。

1 地质概况

研究区位于东天山中段由阿齐山—雅满苏岛弧和黄山—秋格明塔什海沟组成的沟—弧—

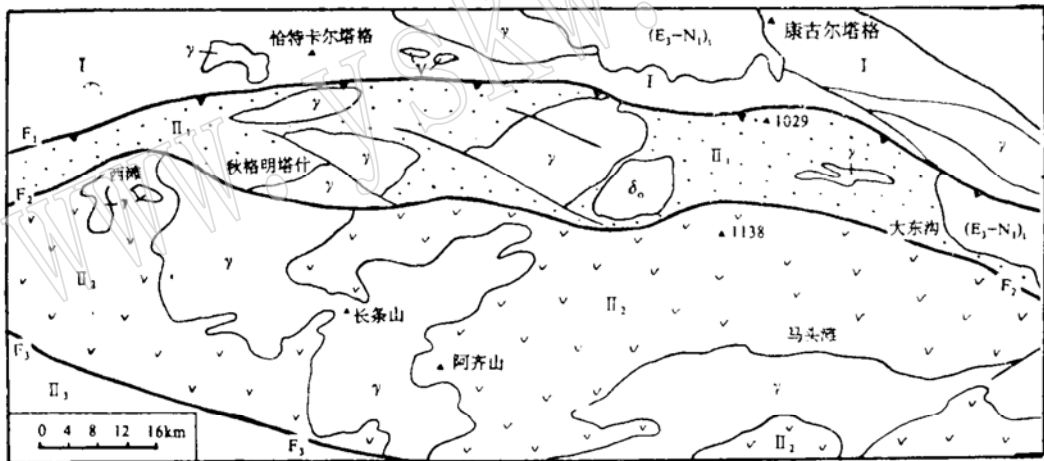


图 1 东天山中段地质构造略图

Fig. 1 Schematic geologic-tectonic map of the central part of east Tianshan Mountains

(E₃-N₁)₁—第三系桃树园组; γ—花岗岩类; δ—闪长岩类; V—基性岩类; I—准噶尔板块南缘康古尔塔格岛弧带; II₁—黄山—秋格明塔什海沟区; II₂—阿齐山—雅满苏岛弧区; II₃—中天山隆起带; F₁—康古尔塔格深断裂(板块地缝合线); F₂—苦水大断裂; F₃—阿克库库都克大断裂;

本课题由国家三〇五项目资助。
本文于1994年4月收到, 1994年7月改回。

盆体系中^[1]。阿齐山—雅满苏石炭纪岛弧带位于研究区南部,其下部为下石炭世阿齐山组海相中性、中酸性及酸性火山岩组合,上部为浅海相雅满苏及白鱼山组碳酸盐岩与火山岩互层。岩层呈东西向展布,延长数百公里,宽10—30km。岛弧带北缘靠近海沟一侧韧性变形较强,远离海沟带的岛弧主体部分则变形较弱,呈开阔平缓褶皱。

黄山—秋格明塔什海沟带呈近东西向展布,北以康古尔塔格超壳断裂为界与准噶尔板块相邻,南以苦水断裂为界与阿齐山—雅满苏岛弧相接,延长数百公里(图1)。海沟区地层可分为两部分,西部为具深水流特征的苦水组浊积杂砂岩;北部为混杂堆积带,主要由干墩组深灰色硅泥质岩及梧桐窝子组的低钾拉斑玄武岩及火山碎屑岩组成,它们属于准噶尔板块上的洋壳残片。本文重点讨论阿齐山岛弧区(II₂)火山岩与海沟区(II₁)内属于洋壳残片的玄武岩的地球化学特征。

2 火山岩岩石组合特征

阿齐山岛弧火山岩,主要分布于阿齐山及其附近,可分为两个大的旋迥,均以中性火山喷发开始,中酸性火山喷发结束。在剖面上,火山熔岩及火山碎屑岩占96%,其余为凝灰质砂岩夹层。爆发指数为66,以火山碎屑岩为主。主要岩石类型有辉石安山岩、安山岩、英安岩、流纹英安岩、凝灰岩及火山角砾岩等。

海沟北部混杂堆积带火山岩主要分布于康古尔塔格超壳断裂带附近,呈构造岩片形式产出,宽几十米至数百米,长数公里或更长,总体延长方向近东西向。岩石主要为变玄武岩夹少量火山碎屑岩、碎屑岩及硅质岩等。

3 地球化学特征

3.1 常量元素

阿齐山岛弧区火山岩常量元素分析结果列于表1。从表1中可知,岩石的SiO₂含量变化较大,从53.02—68.64。里特曼指数 $\delta=1.28$,钙碱指数 $CA=57.8$,岩石属钙碱性系列。安山岩的化学成分平均值与K·C·Condie的岛弧安山岩和D·W·Hyndman的玄武岩—安山岩—流纹岩组合中的安山岩平均成份比较接近,表明其具岛弧火山岩性质。

黄山—秋格明塔什海沟北部混杂岩带火山岩常量元素分析结果见表2。

从表2可知,混杂岩带中玄武岩的显著特点是K₂O含量很低,其它氧化物含量与K·C·Condie的洋脊低钾拉斑玄武岩相似,SiO₂、Na₂O稍偏低,应属于大洋低钾拉斑玄武岩。

利用A—T—K图解(图2),对阿齐山岛弧区及黄山—秋格明塔什海沟北部混杂岩带中火山岩进行成因判别发现,阿齐山岛弧区火山岩中的安山岩均落入岛弧区,海沟北部混杂岩带中玄武岩的投影点均落入大洋玄武岩区。

3.2 微量元素

东天山研究区火山岩微量元素分析结果列于表3,微量元素标准化曲线见图3。

从分析结果和微量元素地球化学型式可知,曲线型式基本上呈负斜率。其中,在阿齐山

表1 阿齐山岛弧区火山岩常量元素(%)

Table 1 Major elements in volcanic rocks of the Aqishan island arc

样品号	岩石名称	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O*	H ₂ O ⁻	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	灼失
Si-20	辉石安山岩	56.04	16.45	1.66	5.91	4.46	8.17	2.50	1.35	2.52	—	0.80	0.17	0.22	—
Si-21	辉石安山岩	58.28	16.65	2.03	4.68	3.79	4.24	4.60	2.10	2.66	—	0.69	0.13	0.36	—
Si-22	安山岩	56.92	16.19	3.61	5.23	7.90	4.50	2.16	0.18	2.00	0.24	1.03	0.16	0.04	—
Si-25	安山岩	61.48	15.18	4.28	3.26	4.49	4.11	3.10	0.18	2.31	0.23	0.73	0.07	0.21	—
G 2*	安山岩	53.02	15.31	3.02	6.61	3.97	4.95	3.80	1.32	—	—	0.90	0.13	0.24	6.68
	平均值	57.15	15.97	2.92	5.14	4.92	5.20	3.24	1.03	2.37	0.24	0.83	0.13	0.22	—
Si-17	流纹英安岩	67.96	14.71	0.53	0.50	1.06	0.66	0.30	12.65	0.87	—	0.05	0.11	0.11	—
Si-18	英安岩	62.02	15.36	2.79	3.75	2.78	2.23	4.27	3.22	2.49	—	1.08	0.32	0.24	—
Si-24	英安质凝灰岩	68.50	14.94	2.56	3.51	2.85	1.99	2.00	0.31	2.61	0.24	0.52	0.05	—	—
Si-26	安山质凝灰岩	60.10	15.66	4.65	3.72	6.22	3.60	3.60	0.18	0.95	0.13	1.08	0.12	0.01	—
G 3*	英安质凝灰岩	68.64	11.36	1.66	4.03	3.64	2.64	3.96	0.07	—	—	0.50	0.20	0.13	2.63
G 4*	英安质凝灰岩	65.63	12.54	1.82	5.50	4.05	0.50	5.31	0.18	—	—	0.70	0.20	0.09	2.57
		TFcO													
	岛弧安山岩△	57.3	17.4	8.1		3.5	8.7	2.63	0.70	—	—	0.58	—	—	—
	低钾安山岩△	59.5	17.2	6.8		3.4	7.0	3.68	1.60	—	—	0.70	—	—	—
	高钾安山岩△	60.8	16.8	5.7		2.2	5.6	4.10	3.25	—	—	0.77	—	—	—
	安山岩▲	58.17	17.26	7.25		3.24	6.93	3.21	1.61	—	—	0.80	0.21	—	—

注: 样品由西安地质学院实验室测定(1990),带*者为新疆地质矿产局第一地质大队资料,带△者引自K. C. Condie (1982)。带▲者引自D. W. Hyndman (1972)的玄武岩—安山岩一流纹岩组合中安山岩的平均成分(1775个样品平均值)。

表2 海沟区北部混杂岩带火山岩常量元素(%)

Table 2 Common elements of volcanic rocks in the melange zone of the northern ocean trench

样品编号	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	SO ₃	灼减	
M-YQ ₁	变玄武岩	44.27	1.73	15.82	7.40	7.05	0.20	6.26	12.55	3.98	0.15	0.12	0.06	0.67	
90110-YQ ₁	变玄武岩	54.80	1.10	10.99	6.90	3.11	0.16	3.61	12.73	1.76	0.13	0.14	0.07	3.68	
90110-YQ ₂	变玄武岩	49.21	1.30	12.63	8.64	2.98	0.17	5.91	13.23	1.84	0.08	0.14	0.17	3.74	
P ₁₀₁ -03 YQ	变玄武岩	48.06	0.90	13.73	11.41	2.25	0.18	5.24	16.50	0.90	0.10	0.27	0.17	0.90	
A ₃ -VII-3*	变玄武岩	48.01	1.24	15.59	4.09	6.30	0.28	6.64	16.25	0.68	0.03	0.21	0.07	0.78	
A ₃ -VII-18*	变玄武岩	50.48	1.50	14.21	2.80	7.99	0.26	6.64	11.13	1.99	0.05	0.23	0.06	1.91	
	平均值	49.14	1.31	13.83	6.87	4.95	0.21	5.72	13.73	1.71	0.09	0.18	0.10	1.95	
		TFcO													
	洋脊低钾拉斑玄武岩△	49.8	1.5	16.00	10.00		—	7.5	11.2	2.75	0.14	—	—	—	

注: 带*者引自1:20万康古尔塔格福地质报告,其余由新疆地质矿产局第一地质大队分析(1990)。带△者引自K. C. Condie (1976)。

岛弧区随着元素不相容程度的增加,元素含量升高,Th、Rb、Nb、Ta含量明显偏高,这可能与地幔的不均一性或者基底岩石的地球化学特征有关(火山岩中常见花岗岩角砾),相容元素Ti、Y、Yb、Sc、Cr有明显亏损,与J·A·Pearce (1982)的岛弧和活动大陆边缘的钙

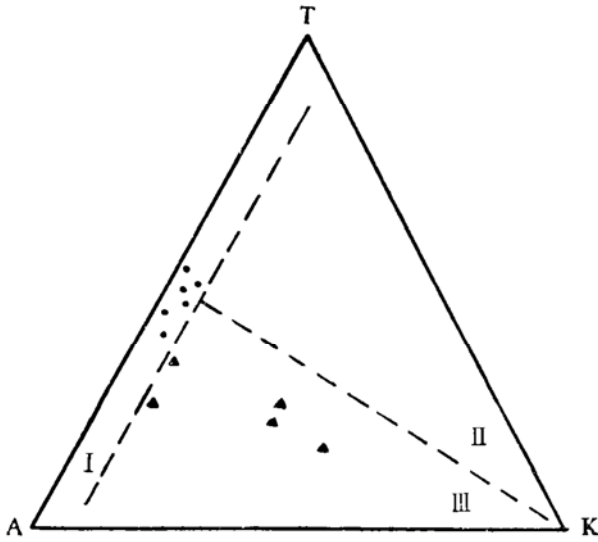


图 2 不同构造环境A—T—K图解

Fig. 2 A—T—K diagram of different tectonic settings

▲—阿齐山岛弧区安山岩 ●—海沟区混杂岩带玄武岩
 I—大洋玄武岩区；II—大陆玄武岩、安山岩区；III—岛弧玄武岩、安山岩区
 (据赵崇贺1989年图解投影)

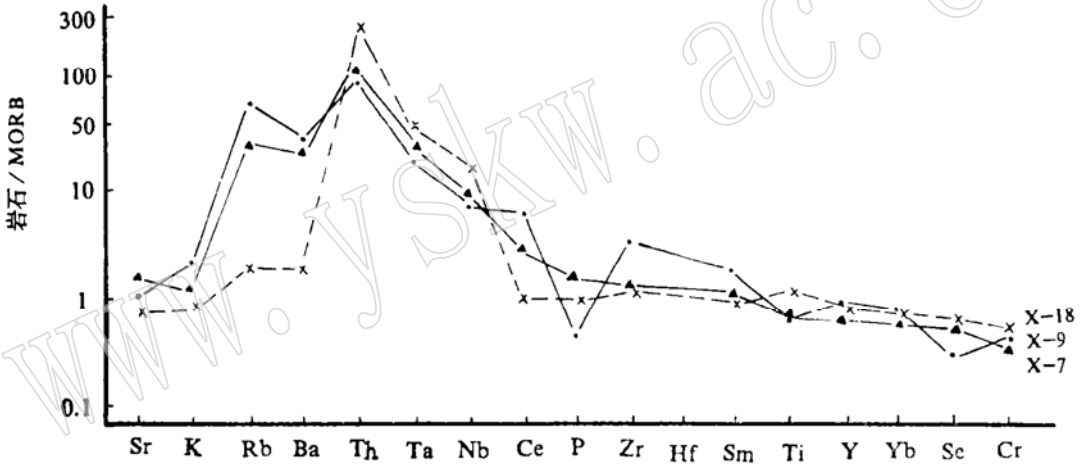


图 3 东天山中段火山岩微量元素地球化学型式

Fig. 3 Geochemical trace element patterns of volcanic rocks in the central part of east Tianshan Mountains

(样品号同表 3)

碱性火山岩地球化学型式相似^①，具有该构造环境的火山岩属性。

而海沟区混杂岩带玄武岩（多已变质）具有其自身特点。从所做海沟区混杂岩带变玄武岩地球化学型式图（图 3）可看出。除Th、Nb、Ta含量偏高（可能与本区地壳背景值偏高

① 李昌年，微量元素及其在岩石中的应用。1986，武汉地质学院岩石教研室内部教材。

表 3 东天山中段火山岩微量元素含量($\times 10^{-5}$)
Table 3 Trace element contents of volcanic rocks in the central part of east Tianshan Mountains

样品号	岩石名称	Rb	Cs	Sr	Ba	Cr	Zr	Ni	Nb	Ta	Th	Co	V	Ti	Y	Sc	构造环境
x-7	安山岩	54	8.8	177	411	68	109	38	25	3.6	23	19	176	4576	18	18.6	阿齐山 岛弧区
x-9	英安质 凝灰岩	111	10	120	446	81	257	35	25	3.1	20	14	109	5114	21.5	10.7	
XW-23	变玄武岩	2	2.6	621.5	24.29	139.5	—	63.67	—	—	—	39.79	359.4	10760	41.65	45.86	海沟带
X-18	变玄武岩	3.8	13	98	36	141	121	73	57	6.4	52	42	399	12024	25.0	27.0	

注: XW-23 由中国地质科学院岩石矿物测试研究所分析, 其余由北京大学地质系测试室分析, 均为1990年。

表 4 东天山中段火山岩稀土元素丰度($\times 10^{-3}$)及标准化值表
Table 4 Abundances and chondrite-normalized REE patterns of volcanic rocks in the central part of east Tianshan Mountains

样品号	岩石名称	代号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
x-7	安山岩	A	13.4	27.3	3.31	13.9	3.27	0.97	4.17	0.64	3.30	0.78	1.92	0.29	1.79	0.26
		B	39.41	30.0	27.36	21.72	16.77	13.29	16.04	13.62	11.0	10.0	9.6	9.05	8.14	7.65
x-9	英安质凝灰岩	A	26.9	55.8	6.40	26.1	5.19	0.80	5.45	0.83	4.14	0.94	2.43	0.36	2.22	0.19
		B	79.12	61.32	52.89	40.78	26.22	10.96	20.96	17.66	13.80	12.05	12.15	11.25	10.09	5.59
XW-23	变玄武岩	A	3.16	10.99	1.55	11.18	4.42	1.50	6.33	1.21	6.82	1.43	4.72	0.72	4.55	0.47
		B	9.29	12.08	12.81	17.47	22.67	20.55	24.35	25.74	22.73	18.33	23.6	22.5	20.68	13.82
x-18	变玄武岩	A	4.25	10.7	1.59	9.67	3.52	1.34	5.76	0.81	4.83	1.14	2.79	0.43	2.50	0.23
		B	12.5	11.76	13.14	15.25	18.05	18.36	22.15	17.23	16.1	14.62	13.95	13.44	11.36	6.76
样品号	岩石名称	代号	Σ REE	δ Eu	(Gd/Yb)N	(La/Sm)N	La/Ce	Sm/Nd	构造区							
x-7	安山岩	A	75.3	0.81	1.97	2.35	0.49	0.24	阿齐山 岛弧区							
		B														
x-9	英安质凝灰岩	A	137.75	0.46	2.08	2.97	0.48	0.20								
		B														
XW-23	变玄武岩	A	59.05	0.87	1.18	0.41	0.29	0.40		海沟区 北带						
		B														
x-18	变玄武岩	A	49.56	0.91	1.95	0.69	0.40	0.36								
		B														

注: 样品由中国地质科学院岩石矿物测试研究所分析(1990)。A—稀土元素丰度($\times 10^{-6}$), B—经球粒陨石标准化后的数值, 球粒陨石标准化值所采用的球粒陨石丰度引自 Wakita 等(1971)资料。

有关,因本区各种岩石的Th、Nb、Ta均高)外,其它元素与洋脊玄武岩的比值接近于1,曲线形态也与洋脊拉斑玄武岩的曲线相似。

3.3 稀土元素

东天山中段两大构造区——阿齐山岛弧区(Ⅱ₂)和秋格明塔什海沟区(Ⅱ₁)内火山岩的稀土元素含量及标准化数值见表4。

阿齐山岛弧区火山岩稀土元素球粒陨石标准化分布型式见图4。从表4和图4可知,其球粒陨石标准化曲线呈轻稀土富集型,曲线向右倾斜,具有较弱的负铕异常, $\delta\text{Eu}=0.46-0.81$ 。稀土元素总量 $\Sigma\text{REE}=75.3-137.75(\times 10^{-6})$ 。这些特征与岛弧安山岩(P·Henderson, 1984)相似。显示出岛弧火山岩的属性。

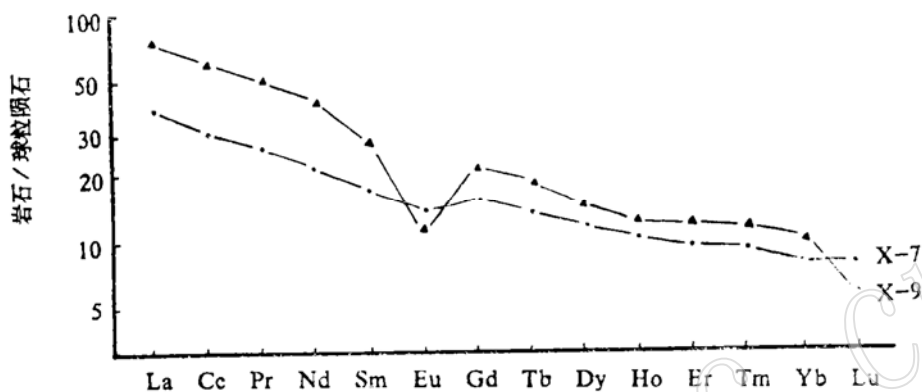


图4 阿齐山岛弧区火山岩稀土元素配分模式

Fig. 4 Chondrite-normalized REE patterns of volcanic rocks in the Aqishan island arc (样号同表4)

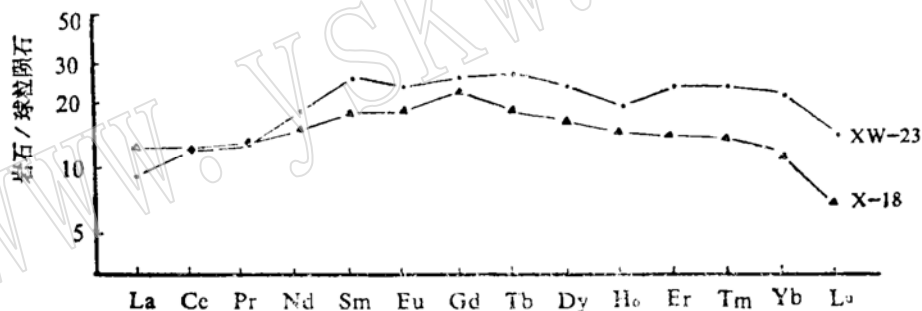


图5 海沟区混杂岩带玄武岩稀土元素配分模式

Fig. 5 Chondrite-normalized REE patterns of basalt in the melange zone of the ocean trench (样号同表4)

黄山—秋格明塔什海沟区混杂岩带玄武岩的稀土元素球粒陨石标准化分布曲线见图5。

从表4和图5可知,海沟区混杂岩带玄武岩稀土元素球粒陨石标准化曲线呈平坦型,而且轻稀土稍有亏损,中稀土稍有富集,曲线形态为中间稍高,两侧稍低。 $\delta\text{Eu}=0.87-0.91$,具很微弱的负铕异常,与中印度洋洋脊玄武岩的稀土配分曲线相近,具有扩张型板块洋脊拉斑玄武岩属性。

4 讨论与结语

不同构造环境形成的火山岩,具有不同的地球化学特征。阿齐山—雅满苏岛弧区安山质火山岩属钙碱性火山岩,常量元素与岛弧火山岩相近,在A—T—K图解中,投影点落入岛弧火山岩区(图2 III区),其微量元素地球化学型式呈负斜率(图3中曲线),与J·A·Pearce(1982)的岛弧和活动大陆边缘钙碱性火山岩地球化学模型相似。其中不相容元素含量偏高,尤其是Th、Rb、Nb、Ta含量明显偏高,暗示着该岛弧可能为陆缘弧。近来作者在该弧区的石英钠长斑岩中发现了U—Pb年龄为593Ma的锆石(将另文讨论),也进一步证明了该岛弧区下面具有陆壳基底。

岛弧区火山岩稀土元素球粒陨石标准化曲线向右倾斜,负斜率式,轻稀土元素富集,具有较弱的负钕异常(图4),稀土元素总量 $\Sigma\text{REE}=75.3-137.75(\times 10^{-6})$ (表4),其特征与岛弧区安山岩特征相似(P·Henderson, 1984),它们有力地证明了阿齐山地区石炭纪火山岩形成于岛弧环境,而且可以基本肯定是陆缘弧环境。

黄山—秋格明塔什海沟区混杂岩带玄武岩常量元素以贫钾为特征,其它常量元素含量与K·C·Condie(1976)的洋脊低钾拉斑玄武岩相似(表2)。在A—T—K图解中,其投影点均落入大洋玄武岩区(图2中I区)。它的微量元素地球化学模型与洋脊拉斑玄武岩相似,元素含量相近,只是Th、Nb、Ta的含量稍高,Th、Nb、Ta偏高可能与地幔的不均一性有关。因本区形成的各种火山岩中Th、Nb、Ta均偏高,混杂岩带中玄武岩的稀土元素模型为平坦曲线型,但轻稀土稍有亏损,中稀土略有富集,表现为曲线中部稍高,两边稍低,有很弱的负钕异常(图5),与中印度洋洋脊玄武岩曲线形态甚为相似,具有扩张型板块拉斑玄武岩的属性。

根据同位素年代学、生物年代学和构造环境与构造演化研究,早古生代晚期,中天山和吐哈地块之间开始分裂拉张,形成吐鲁番扩张洋盆。泥盆纪—早石炭世时分别向南北俯冲,向北俯冲产生了研究区北侧康古尔塔格泥盆—石炭纪岛弧带,向南俯冲形成了阿齐山—雅满苏岛弧带。阿齐山地区的中性、中酸性火山喷发即由此次俯冲作用所引起,这种看法与本文对该区火山岩地球化学特征分析所得结论相吻合。中石炭世吐鲁番洋盆扩张,再次向南沿康古尔塔格超壳断裂俯冲,到中石炭世末,准噶尔板块与塔里木板块对接碰撞。沿碰撞带出现了一些基性火山岩残片,它们应具大洋拉斑玄武岩性质,本文所讨论的混杂岩带玄武岩地球化学特征也证明了这一点。

本文为国家三〇五项目——七五重点科技攻关项目III₁₁课题部分研究成果。参加课题研究的其他成员还有:曾章仁、孙卫上、伍跃中等。新疆地质矿产局第一地质大队为野外调研提供了便利条件,特致谢忱。

参 考 文 献

- 1 姬金生等,东天山康古尔金矿带地质与成矿,地质出版社,1991。
- 2 武汉地质学院岩石教研室,岩浆岩岩石学(下册),地质出版社,1980,126—132。
- 3 亨德森P,编·稀土元素地球化学,田丰等译,地质出版社,1989。
- 4 Dickinson W R et al. Structure and stratigraphy of fore arc regions. AAPG Bull. 1979, 63.

Geochemical Characteristics of Volcanic rocks within Different Tectonic Settings in the Central Part of East Tianshan Mountains

Ji Jinsheng, Tao Hongxiang, Yang Xingke

(Xi'an College of Geology, Xi'an 710054)

Key words: east Tianshan Mountains; Tectonic setting; association of volcanic rocks; trace element; chondrite-normalized REE patterns

Abstract

Two kinds of volcanic rocks have been recognized in the central part of east Tianshan Mountains. One is andesitic volcanic rock along the Aqishan island arc (II_2), and the other is basaltic volcanic rock in the melange zone of the Qiugemintashi trench (II_1). Volcanic rock formed in each tectonic setting has its unique geochemical features that can be matched with the setting. Volcanic rocks in this region are comparable with the volcanic rocks formed in the region of typical tectonic settings in such aspects as major elements, trace elements and REE. Based on the different geochemical features, the authors consider that volcanic rocks in the Aqishan island arc (II_2) were mainly in conjunction with the subduction of Tulufan oceanic crust into Tarim continental crust in early Carboniferous, being mainly calc-alkaline volcanic rocks. Basaltic volcanic rock, which occurred as a piece of oceanic crust in the melange zone of the trench (II_2), was mainly associated with the extension of Tulufan oceanic basin, belonging to oceanic tholeiite.