

西天山阿吾拉勒一带大哈拉军山组火山岩 地球化学特征及构造环境分析

李注苍^{1,2},李永军²,李景宏³,栾新东³,郭文杰³

(1.甘肃省地矿局第三地质矿产勘查院,甘肃 兰州 730000;2.长安大学地球科学与国土资源学院,陕西 西安 710054;
3.新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局,新疆 乌鲁木齐 830000)

摘 要:新疆阿吾拉勒山一带大哈拉军山组火山岩是陆缘弧构造环境。通过研究,测区火山岩具高 K、高 Al 和低碱、低 Ti 的特点;微量元素地球化学组成与典型火山(岛)弧环境玄武岩的地球化学组成一致;稀土总量 $97.89 \times 10^{-6} \sim 222.87 \times 10^{-6}$,平均含量为 140.71×10^{-6} ,具轻稀土亏损,重稀土富集特点;各种构造环境判别图解表明,大哈拉军山组火山岩位于靠大陆边缘的岛弧区。大哈拉军山组火山岩记录了西天山阿吾拉勒地区在早石炭世处于板块俯冲碰撞环境的重要信息。

关键词:西天山;阿吾拉勒;大陆边缘弧;大哈拉军山组火山岩;地球化学

新疆伊犁盆地内阿吾拉勒山地区早石炭世大哈拉军山组是一套火山喷发岩系,具有厚度大、分布广、岩性和岩相复杂等特点。长期以来,关于新疆西天山地区大哈拉军山组火山岩形成的构造环境,地质工作者们存在较多的争议,不少学者认为属大陆裂谷环境^[1-3]。最近几年,随着研究程度的加深,特别是1:5万区域地质矿产调查和专题研究的开展,越来越多的学者提出岛弧火山岩带的观点^[4-9]。

1 地质概况

研究区大哈拉军山组火山岩主要出露于阿吾拉勒山两侧,呈 NWW 向展布,向东西两侧延伸出工作区(图 1)。大哈拉军山组与其上覆下石炭统阿克沙克组碳酸盐岩-碎屑岩呈不整合接触。大哈拉军山组分上段(C_1d^2)和下段(C_1d^1),上段主要出露于赛肯都鲁-阔尔库一带,其下部岩性以紫红色流纹质安山岩、安山岩为主,上部岩性以凝灰岩和火山角砾岩为主。下段主要出露于塔尔塔夏-拉斯台一带,岩性以紫红色、灰色凝灰岩、凝灰质砂岩、含砾凝灰岩和灰白色、紫红色英安斑岩为主。上覆阿克沙克组富含早石炭世腕足、珊瑚、苔藓、菊石等化石。侵入于大哈拉军山组中的花岗岩全岩 Rb-Sr 年龄为 328 Ma,本组火山岩的全岩 Rb-Sr 年龄为 337 Ma,故其时代为早石炭世。

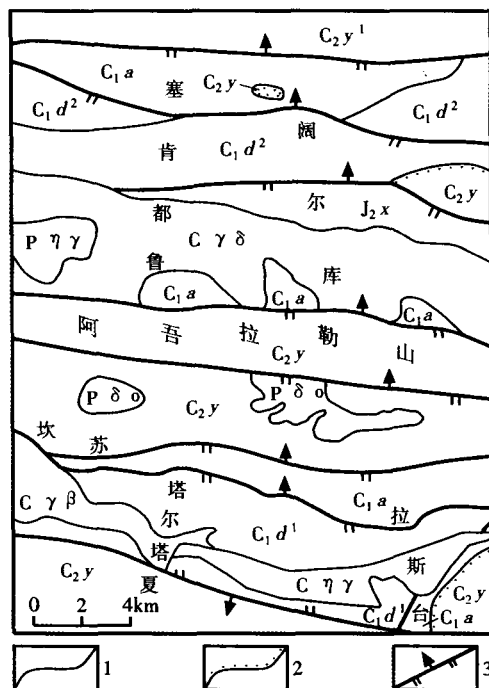


图 1 新源阿吾拉勒一带地质略图

Fig. 1 Geological sketch map of the Awulale area
(引自 1:5 万新疆新源县托库孜库拉克一带地质简图)

1.地质界线;2.不整合界线;3.逆断层

J₂x——下侏罗统西山窑组;C₂y——上石炭统伊基里克;C₁a——下石炭统阿克沙克组;C₁d²——下石炭统大哈拉军山组二段;C₁d¹——下石炭统大哈拉军山组一段;P₁r——阿吾拉勒山达坂岩体;P₁o——坎苏岩体;C₁rδ——赛肯都鲁岩体;C₁r——拉斯台岩体;C₁β——塔尔塔夏岩体

2 火山岩系列和类型

在硅碱图解上(图 2)^[10],有 10 个样品投点于亚碱性系列区,只有 10、12 号 2 个样品投点在碱性系列区。经查这 2 个样品的野外取样位置靠近岩体边部,可能是由于后期岩浆热液富碱发生交代作用造成。因此测区大哈拉军山组火山岩系列整体为亚碱性系列。

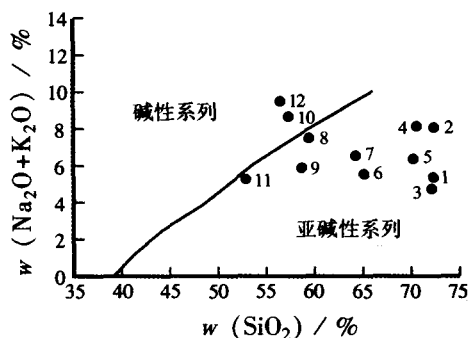


图 2 大哈拉军山组 $\text{SiO}_2\text{-Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 图解
Fig.2 $\text{SiO}_2\text{-Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ diagram of the Dahalajunshan formation
(底图据 Irvine T N, 1971)

洪大卫标准: $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3 < 0.9$ 为钙碱性岩石,经计算大哈拉军山组火山岩的比值为 $0.28\sim 0.62 < 0.9$,为钙碱性岩石。

3 岩石地球化学特征

3.1 主量元素化学成分特征

从岩石化学成分可以看出(表 1),大哈拉军山组火山岩的 SiO_2 含量为 $48.78\%\sim 68.42\%$; Al_2O_3 含量高,且变化大,在 $13.77\%\sim 19.42\%$ 之间变化。 K_2O 的含量为 $0.42\%\sim 4.18\%$,平均含量为 2.30% ,高于岛弧环境火山岩 K_2O 的含量(K_2O 平均 1.60%),而与活动陆缘 K_2O 含量接近(K_2O 平均 3.25%)^[10]。全碱含量高, $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ 均大于 5% ,大多在 $4.7\%\sim 9.2\%$ 之间变化; TiO_2 含量较低,变化范围为 $0.357\%\sim 1.2\%$,平均值为 0.69% ,明显不同于洋岛玄武岩的 TiO_2 含量($>2.0\%$)和大洋中脊火山岩(TiO_2 平均含量 1.5%),与岛弧火山岩 TiO_2 含量(TiO_2 平均含量 0.8%)相近^[10]。 MgO 含量中等,其值范围为 $0.399\%\sim 4.67\%$ 。总体上看,区内火山岩具高 K、高 Al 和低碱、低 Ti 的特点,具活动陆缘的特征。

3.2 微量元素地球化学特征

微量元素分析数据见表 2。在岩石微量元素蛛网图(图 3)上与典型火山(岛)弧玄武岩的分布形式一致^[12,13],微量元素的分布特点是为“先隆后凹”型式,

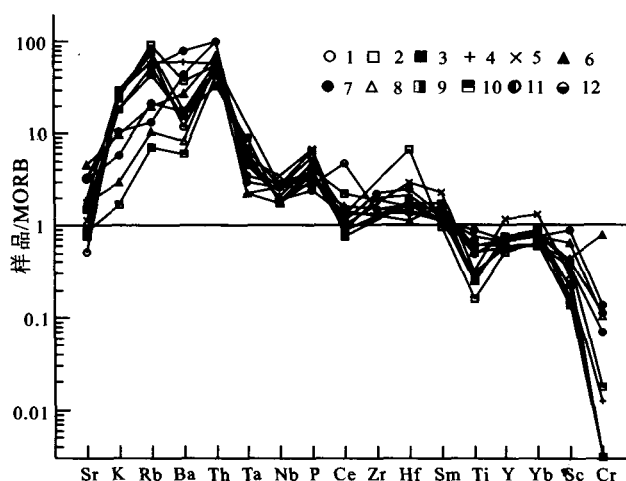


图 3 大哈拉军山组火山岩微量元素蛛网图
Fig.3 Trace element distribution patterns of Dahalajunshan formation
1~12——样品编号

表现为 Sr、K、Rb、Ba、Th、Ta、Nb、P、Ce、Hf 和 Sm 的选择性富集,丰度较高,明显高于大洋中脊玄武岩,尤其是大离子元素 K、Rb、Ba、Th、Ta、Nb 和 P,高出大洋中脊玄武岩 2~80 倍, Ti、Y、Yb、Sc 和 Cr 丰度值低于大洋中脊玄武岩,明显亏损,但起伏较大,特别是 Cr 几乎低 1~2 个数量级,这些特点在微量元素地球化学蛛网图上表现得尤为明显。

火山岩微量元素蛛网图表现为从 Sr 到 Th 的不断升高和从 Th 到 Ce 的持续降低,而 Hf 又略有富集。从 Ti 到 Cr 均为贫化,尤以 Ti、Cr 的贫化为最。除 Nb、Ta 未贫化外,其余特征均与大洋型岛弧火山岩特征相似。在大陆型岛弧和活动陆缘区,由于岩浆活动受陆壳影响,一般不显示 Nb、Ta 的贫化。 $(\text{Rb}/\text{Yb})_N$ 比值介于 $8.79\sim 92.41$,这一分布型式明显区别于不相容元素强亏损($\text{Rb}/\text{Yb})_N < 1$ 的洋中脊玄武岩,也不同于 Nb、Ta 富集的板内玄武岩的特征。大部分 Th/Ta 大于 4,类似于岛弧钙碱性玄武岩,不同于 E-MORB(平均 $\text{Th}/\text{Ta}=1.64$)或板内玄武岩的特征。 Ta/Yb 主要与地幔性质有关,与消减组分的加入关系不大,大哈拉军山组火山岩 Ta/Yb 小于 0.40,低于来自富集源区的板内拉斑玄武岩。 Th/Ta 变化较大,可从 $4.09\sim 24.6$,指示 Ta 从弱亏损到强亏损,岛弧环境大离子亲石元素丰度高 $(\text{Rb}/\text{Yb})_N=8.79\sim 92.41$,相容元素丰度高。此外,它们又显示了 Nb、P、Ti 明显富集的特征, Th 远大于 Ta, Th/Ta 为 $7.83\sim 24.6$, TiO_2 小于 2% ,但 K_2O 与 Na_2O 均高,都为高 Al 型,可排除板内环境。

3.3 稀土元素地球化学特征

大哈拉军山组稀土元素含量见表 3。在稀土元素分布曲线图(图 4)上表现为向右倾斜的轻稀土明显富

表1 阿吾拉勒大哈拉军山组火山岩岩石地球化学数据表

Table 1 Chemical composition of the Dahalajun volcanic rock from the Dahalajunshan area															%	
序号	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 ⁺	H ₂ O ⁻	C ₂ O	Total
1	流纹质凝灰岩	68.42	0.38	14.02	1.44	1.14	0.09	0.46	3.47	1.26	3.66	0.10	1.71	0.52	2.29	98.97
2	安山岩	72.78	0.24	13.24	2.16	1.03	0.04	0.14	2.62	4.64	3.60	0.16	1.12		0.15	101.92
3	流纹质凝灰岩	67.2	0.36	13.77	1.60	0.93	0.12	0.40	4.51	0.29	4.18	0.08	1.92	0.46	3.06	98.88
4	英安玢岩	67.94	0.36	14.23	1.59	1.74	0.08	0.63	2.19	3.77	4.05	0.10	1.30	0.44		98.42
5	岩屑玻屑凝灰岩	67.60	0.47	14.39	3.51	1.62	0.09	0.72	1.86	3.50	2.68	0.12	2.04	0.55	1.23	100.38
6	岩屑凝灰岩	61.64	0.72	14.31	0.72	4.58	0.11	4.13	3.20	3.99	1.40	0.17	2.64	0.48	1.64	99.73
7	英安岩	62.56	0.71	15.3	2.22	3.43	0.28	3.28	2.89	5.05	1.53	0.13	2.41	0.29		100.08
8	角砾岩屑凝灰岩	56.34	1.09	16.67	3.78	3.64	0.15	2.29	3.77	7.07	0.42	0.19	1.86	0.13	2.07	99.47
9	岩屑玻屑凝灰岩	52.3	0.41	14.26	1.63	2.94	0.22	1.58	10.44	2.8	2.45	0.10	2.50	0.58	6.65	98.86
10	玄武安山岩	55.32	0.85	18.38	3.91	4.05	0.25	2.98	1.84	8.04	0.24	0.25	2.20	0.36	1.16	99.83
11	蚀变玄武岩	48.78	1.23	18.06	3.63	5.35	0.25	4.67	5.40	4.22	0.79	0.15	3.20	0.30	2.84	98.87
12	安山玢岩	54.56	0.90	19.42	4.47	1.16	0.70	2.74	3.04	6.56	2.63	0.54	2.34	0.51		99.57

注:样品由宜昌地质矿产研究所采用湿法分析,2004.其中1~10号样品为C₁d²,11~12号样品为C₁d¹.

表2 阿吾拉勒一带大哈拉军山组火山岩微量元素含量

Table2 Trace element data of the Dahalajun Mountain formation volcanic rock																	×10 ⁶	
序号	Ba	Rb	Sr	Y	Nb	Th	Ni	Cr	Hf	Sc	Ta	Co	Li	Be	V	Zr		
1	239	145	62.2	20.6	9.08	10.4	<1	<1	4.11	6.82	0.86	5.4	4.7	1.99	35.4			
2	753	189.5	101.5	15.1	9.5	1133	3.5		16	5.5		4	18.13		30.5			
3	347	162	92.4	22.5	9.54	12.1	2.25	<1	4.17	6.02	1.22	1.6	4.4	0.98	27.9			
4	1200	119	228	20.9	9.16	11.8		3.2	5.11	8.61	0.5		12		38.5	175		
5	305	108	137	34.7	11.9	9.93	6.05	<1	7.19	11.8	0.96	5.4	12.3	1.12	38.9			
6	541	39.9	545	17.4	7.25	14	66.8	199	2.67	17.5	0.82	19.7	30.2	0.95	133			
7	891	26.6	405	22	9.96	20.2		27.8	6	17	0.61		33.6		131	200		
8	163	20.9	212	20.1	6.12	12.3	6.05	26.5	3.48	26.2	0.5	15.7	16.8	1.28	197			
9	311	89.5	179	17.4	6.18	6.67	<1	<1	4.31	9.28	1.63	8.5	16.5	0.62	47.4			
10	121	14.2	103	21.5	6.35	8.74	1.25	4.6	3.88	15.6	1.11	14.8	29	0.8	87.7			
11	354	42.8	385	20.7	6.76	9.81	2.45	34.3	3.32	36	1.02	23.3	54.7	1.17	229			
12	1600	108	389	18	9.27	20.3		17.7	4.01	14.1	0.52		59.8		315	132		

注:样品编号同岩石化学一览表序号,样品由宜昌地质矿产研究所采用ICP-MS分析,2004

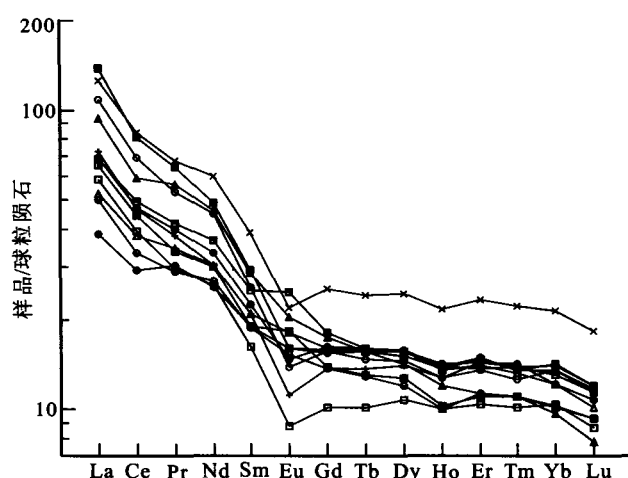


图4 大哈拉军山组稀土元素分布曲线

Fig.4 REE distribution patterns of Dahalajunshan formation (图例同图3)

集、重稀土较为亏损型^[13].稀土总量 $97.89 \times 10^6 \sim 222.87 \times 10^6$, 平均含量 140.71×10^6 .轻稀土 $59.60 \times 10^6 \sim 160.31 \times 10^6$, 平均含量 101.8×10^6 ,重稀

土 $59.60 \times 10^6 \sim 160.31 \times 10^6$, 平均含量为 31.28×10^6 , LREE/HREE 为 1.57~3.79, 平均值为 2.61, 其比值较小, 表示岩浆分异程度较强.

δEu 是指示岩浆分异程度的重要参数, δEu 值愈小则岩浆分异程度愈高.本区 δEu 值为 0.64~1.15, 平均为 0.86.其值较大, 说明岩浆分异程度不高, 有弱或微弱的负 Eu 异常, 证明它们是经过少量分离结晶作用演化的岩浆.

这些火山岩具高稀土值, LREE 富集、HREE 亏损和弱或微弱的负 Eu 异常, 均显示为中酸性钙碱性大陆边缘岛弧火山岩的特性.

4 火山岩形成的构造环境分析

利用 Pearce 的有关图解进行火山岩形成的构造环境判别, 在图 5 中投影点位于大陆边缘区、弧后盆地, 其余区段没有投影点. 因此从这些图解中可以判别大哈拉军山组火山岩形成的构造环境位于靠大陆边缘的岛弧区.

表 3 测区大哈拉军山组火山岩稀土元素丰度值

Table 3 REE of the Dahalajun Mountain volcanic rocks of the Dahalajunshan formation														$\times 10^{-6}$	
序号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
1	33.5	56.4	6.54	27	5.03	1.02	4.04	0.7	4.68	0.92	2.85	0.41	2.84	0.39	
2	18.3	32.1	3.6	15.5	3.17	0.65	2.65	0.48	3.48	0.72	2.19	0.33	2.18	0.29	
3	42.7	65.5	7.85	29.3	5.7	1.18	4.13	0.74	4.87	0.99	3.09	0.44	2.98	0.4	
4	22.5	37.9	4.65	18.2	4.1	0.82	3.56	0.65	4.54	0.92	3.03	0.45	2.93	0.4	
5	38.6	68.2	8.26	36	7.64	1.61	6.55	1.15	7.9	1.56	4.88	0.72	4.49	0.61	
6	29.1	48.2	6.87	27.8	5.57	1.5	4.51	0.74	4.56	0.86	2.37	0.36	2.03	0.26	
7	21.6	38.2	4.9	20.1	4.4	1.09	4.21	0.76	5.1	1	3.14	0.44	2.85	0.38	
8	16.3	30.8	4.21	18.2	4.1	1.33	4.16	0.74	5.06	0.97	2.94	0.43	2.54	0.34	
9	20.3	36.2	4.1	17.9	3.69	1.34	3.59	0.62	4.12	0.74	2.33	0.36	2.14	0.31	
10	21.4	40	5.11	22	4.9	1.82	4.67	0.76	5.02	1	2.89	0.45	2.75	0.38	
11	12	23.7	3.71	15.3	3.71	1.18	4.02	0.74	5.03	1.02	3.01	0.46	2.55	0.36	
12	15.5	27	3.52	16.2	3.65	1.13	3.57	0.61	3.88	0.72	2.38	0.36	2.15	0.31	

注:样品编号同岩石化学一览表序号,样品由宜昌地质矿产研究所采用 ICP-MS 分析,2004

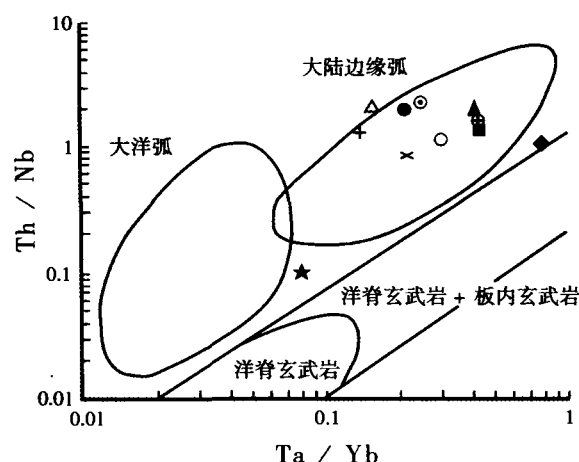


图 5 Th/Nb-Ta/Yb 构造环境图解

Fig.5 Th/Nb-Ta/Yb tectonic environments discrimination diagram

(底图据 Pearce,1984)

综上所述,结合本区大构造背景及前人研究成果^[4-9],中泥盆世末—早石炭世,依连哈比尔尕一带拉张形成有限洋盆,在巴音沟地区出露完整的蛇绿岩,其中硅质岩中发现晚泥盆—早石炭世放射虫化石^[5,6],刘斌等(2003)在中天山北缘乌斯特沟—米什沟高压变质带中发现了青铝闪石,测定同一阶段生成的多硅白云母形成年龄为 345 Ma,认为该年龄代表北天山洋盆闭合时的年龄,可以确定北天山洋于晚石炭世关闭,形成沟弧盆体系。其中西段博罗科努一带,在早石炭世,与南天山洋相向俯冲,造成博罗科努山和伊犁盆地出现岛弧,形成 C_1d 岛弧型沉积,与其相伴的中酸性“ I ”型花岗岩广布博罗科努山和那拉提山^[7]。早石炭世末伊犁运动,结束了原来的岛弧环境,并造成阿克沙克组残余海沉积不整合于 C_1d 之上或 C_1d 与伊什基里克组(C_2y)的直接不整合关系。早石炭纪末,发生的鄯善运动标志着依连哈比尔尕小洋盆的残余海发

展阶段告终,即有限洋盆的最终封闭。因此,晚古生代是天山造山带形成演化历史中一个非常关键的时期,天山地区完成了从大洋向大陆的转化,经历了晚古生代初期古生代洋盆的消减、闭合以及早古生代洋盆关闭后的大规模石炭—二叠纪裂谷拉伸事件,在二叠纪晚期真正进入到陆内演化阶段^[8,9],与这一洋陆转化过程相伴的是天山及邻区十分醒目的高峰期岩浆活动和大规模成矿事件。笔者对大哈拉军山组火山岩地球化学特征及构造环境分析研究表明,早石炭世大哈拉军山组中酸性钙碱性大陆边缘岛弧火山岩,为板块俯冲造山带构造环境。这一结论,将为重建西天山地质构造演化史提供了重要信息和佐证。

参 考 文 献

- [1] 夏林圻,张国伟,夏祖春,等.天山古生代洋盆开启、闭合时限的岩石学约束——来自震旦纪、石炭纪火山岩的证据[J].地质通报,2002,21(2):55-62.
- [2] 车自成,刘良,刘洪福,等.论伊犁古裂谷[J].岩石学报,1996,12(3):478-490.
- [3] 陈哲夫.关于多旋回开合构造及区域成矿若干观点的认识[J].新疆地质,1995,13(1):1-12.
- [4] 张良臣,吴乃元.天山地质构造及演化史[J].新疆地质,1985,3(3):1-14.
- [5] 王作勋,郭继易.天山多旋回构造演化及成矿[M].北京:科学出版社,1990.
- [6] 肖序常,汤跃庆,冯益民,等.新疆北部及其邻区大地构造[M].北京:地质出版社,1992.
- [7] 方国庆.博格达晚古生代岛弧的沉积岩石学证据[J].沉积学报,1993,11(3):31-3.
- [8] 姜常义,吴文奎,谢广成,等.西天山北部石炭纪火山岩特征与沟弧盆体系[J].岩石矿物学杂志,1993,12(3):2-31.
- [9] 姜常义,吴文全,金学仁,等.从岛弧向裂谷的变迁——来自阿吾拉勒地区火山岩的证据[J].岩石矿物学杂志,1995,14(4):289-300.
- [10] 邱家骥,林景任.岩石化学[M].地质出版社,1991,88-132.
- [11] Irvine T.N. and Baragar W R A A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks[J]. Can. J. Earth Sci., 1971, (8): 523-548.
- [12] Peccerillo R. and Taylor S. R. Geochemistry of Eocene cala-alkaline volcanic rocks from the kastamonu area, northern Turkey[J]. Contrib. Mineral. Petrol, 1976, 58, 63-81.

GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE DAHALAJUNSHAN FORMATION VOLCANIC ROCKS AND THEIR IMPLICATIONS ON THE TECTONIC SETTING IN AWULALE AREA

LI Zhu-cang^{1,2}, LI Yong-jun², LI Jing-hong³, LUAN Xin-dong³, GUO Wen-jie³

(1. School of Earth Science and Resources Management, Chang'an University, Xi'an, Shanxi, 710054, China; 2. Gansu Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Gansu, Lanzhou, 730000, China; 3. Bureau of Geology and Mineral Resource Exploration and Development of Xinjiang, Urumqi, Xinjiang, 830000, China)

Abstract: Lower Carboniferous Dahalajunshan formation volcanic rocks are found at the continental margin arc zone in the Awulale area. The volcanic rocks have high CaO and Al₂O₃ and low aluminum and TiO₂. Geochemical modeling of trace element shows patterns in accordance with the basaltic geochemistry pattern of the typical model environment volcano arc. The total amount of REE is 97.89~222.87×10⁻⁶ with an average value of 140.71×10⁻⁶. The REE values show the light REE are depleted and the heavy REE are enriched. It is shown that the tectonic setting of Dahalajunshan formation volcanic rocks lies in the continental margin arc zone. The Dahalajunshan formation volcanic rocks record important information on subduction and collision of the plate in early Carboniferous in the Awulaleshan area of Western Tianshan.

Key words: continental margin arc; Dahalajunshan formation volcanic rocks; geochemistry; tectonic setting; Awulale area; Western Tianshan.

下期要目预告

- | | |
|--|----------|
| 南安集海—南玛纳斯背斜的构造分析及其构造的横向转换研究..... | 简高明等 |
| 伊犁盆地水西沟群冲积扇—扇三角洲沉积体系研究..... | 李盛富等 |
| 西天山阿吾拉勒一带阿克沙克组的厘定..... | 高永利等 |
| 新疆云雾岭花岗岩的形成时代、岩石学、地球化学与构造背景..... | 刘荣等 |
| 新疆察布查尔山早石炭世火山岩构造环境判别..... | 阿种明等 |
| 基于 GIS 空间分析进行多源信息成矿预测——以东天山土屋—延东铜矿床预测为例..... | 木合塔尔·扎日等 |
| 川西乡城-稻城-得荣中带地区浅成花岗岩岩石化学特征及成矿潜力探讨..... | 费光春等 |
| 强振幅地震属性分析技术在车排子地区油气检测中的应用..... | 王离迟等 |
| 新疆东昆仑黄羊岭锑矿床地质特征及成矿规律..... | 杨屹等 |
| 长江源各拉丹冬地区上三叠统结扎群双壳类组合与古环境..... | 汤朝阳等 |
| 塔中地区寒武、奥陶系层序地层格架与沉积演化特征..... | 陈新军等 |
| 新疆主要铅锌矿床类型及成矿规律..... | 韩颐 |
| 准噶尔盆地腹部地区侏罗系三工河组沉积相..... | 由伟丰 |