

阿尔金北缘喀腊大湾地区火山岩岩石地球化学 特征及环境时代分析*

Geochemical characteristics and formation environment and epoch of volcanic rocks on the northern margin of Altun area, northwestern China

张 峰, 王科强, 喻万强, 杨贵财

(中国人民武装警察部队黄金地质研究所, 河北 廊坊 065000)

ZHANG Feng, WANG KeQiang, YU WanQiang and YANG GuiCai

(Gold Geological Institute, Chinese People's Armed Police Force, Langfang 065000, Hebei, China)

摘 要 喀腊大湾地区火山岩为一套以酸性岩为主的中酸性火山岩系, 属钙碱性岩系列, 明显富钠贫钾, 并随着 SiO_2 含量的增多由贫钠向富钠质演化, 物质来源具多源性, 岩石组合呈双峰式火山岩岩石组合特征; 微量元素上富集大离子亲石元素Sr、Ba, 高场强元素Th, 贫过渡族元素, Ba、Ta随岩石的酸性程度增加而降低, Sr、Th随岩石的酸性程度增加而增高, 微量元素蛛网图谱明显右倾, 为强不相容元素富集型, 岩石从安山岩到酸性流纹岩, Ba、Ta、Sr等元素的亏损和Th、La等元素富集的程度逐渐增强, La/Sm-La图解上显示该区火山岩与拉配泉地区具同源性特点; 稀土元素上稀土总量较高, 具右倾轻稀土富集型特征, 轻微至中等程度的负铈异常。上述特征与拉配泉和祁漫塔格地区火山岩特征相似, 显示它们在形成的大地构造环境上应具有一致性。推测认为喀腊大湾地区火山岩应形成于活动大陆边缘(岛弧)型环境, 形成时代应与拉配泉地区火山岩相同, 为奥陶纪的产物。

关键词 火山岩; 岩石地球化学; 大地构造环境; 活动大陆边缘; 奥陶纪; 喀腊大湾

喀腊大湾地区位于阿尔金北缘红柳沟—拉配泉构造带的中部, 北接塔里木地块南缘, 南邻柴达木盆地, 大地构造上处于塔里木板块—塔里木古陆缘地块与塔里木南缘活动带的接合部位(图1)。20世纪90年代以前, 该区除了1:20万区域地质矿产调查外, 其他地质研究几乎空白。自20世纪90年代中后期, 随着国家305项目和地质大调查项目的实施, 相继发现了一批成型矿床, 如阿北铅银矿、88铁矿、喀腊大湾铜多金属矿等等, 使本区地质矿产研究程度有所提高, 但由于特殊的地理位置和恶劣的气候条件, 该区以至于整个阿尔金地区仍然是中国西部地质矿产研究程度最低的地区之一, 仍有许多基础地质问题尚未解决。

红柳沟—拉配泉构造带火山岩十分发育。拉配泉地区处于红柳沟—拉配泉构造带的东部, 与喀腊大湾地区相邻, 1:20万区域地质调查由于发现了确凿的古生物化石而将该区火山岩定为奥陶纪(青海省地质矿

*本文得到新疆地质勘查专项资金项目“新疆若羌县阿克达坂东一带1:5万区域地质矿产调查”(编号QD200502)的资助

第一作者简介 张 峰, 男, 1977年生, 山东济宁人, 工程师, 博士, 矿产资源评价专业, 长期从事地质找矿工作。

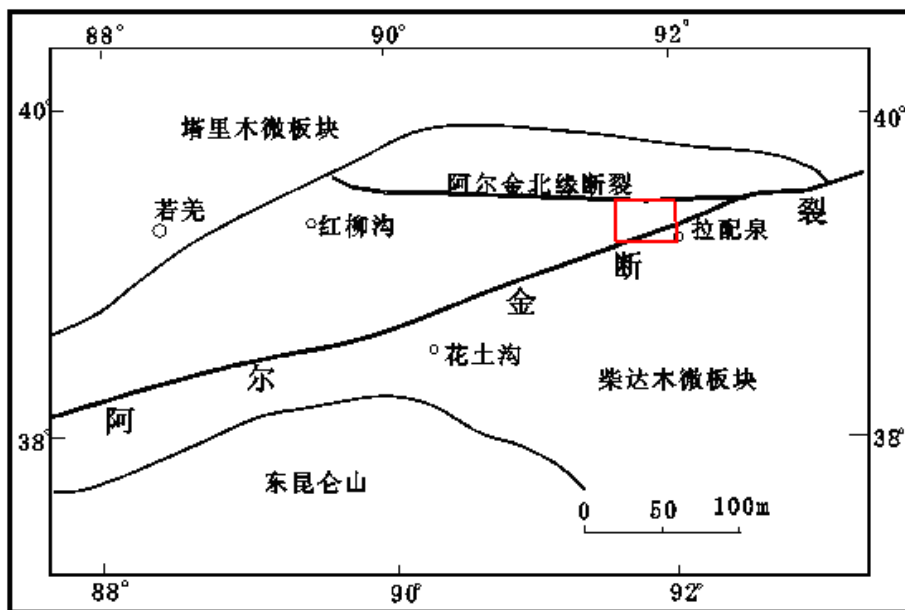


图 1 喀腊大湾地区大地构造位置图

产局区调综合地质大队, 1986); 王小风等学者在 20 世纪 90 年代后期对该区进行了研究, 并厘定为岛弧与板内过渡带, 即活动大陆边缘消减带的产物 (王小风等, 2004)。而喀腊大湾地区发育的火山岩 1:20 区域地质调查上却定为元古界 (新疆地质局区域地质调查大队, 1981), 由于 20 世纪 90 年代以后系统详细的研究工作十分稀少, 以至于对同一构造带上的喀腊大湾地区与拉配泉地区火山岩时代上的分歧, 成为目前 1:5 万区域地质调查亟待解决的首要问题之一。另外祁漫塔格地区与喀腊大湾地区火山岩大地构造位置具有一定的相似性 (刘红涛, 2001)。因此本文在综合喀腊大湾地区周边及 1:5 万区域地质调查部分分析数据的基础上, 通过对比拉配泉和祁漫塔格地区火山岩岩石地球化学特征, 来探讨它们之间形成大地构造环境及成因时代上的联系。

1 区域地质概况

喀腊大湾地区位于红柳沟—拉配泉构造带的中部, 拉配泉的西侧 (图 2)。区内断裂构造十分发育, 近东西向展布的阿尔金北缘断裂及其次级断裂构造控制了本区的整体构造格局。阿尔金北缘断裂带将该区划分为两个截然不同的地质体。构造带以北主要为太古界米兰岩群 ($Ar_{2-3}M$), 岩性以变粒岩、片麻岩、条带状混合岩为主, 变质程度属高角闪岩相-麻粒岩相; 以南主要为元古界蓟县系斯米尔布拉克组 (Jxs)、卓阿布拉克组 ($Jxzh$) 火山岩系, 按岩性可分为变质玄武岩、变质安山岩、变质英安岩、霏细岩、变质流纹岩等, 其中以中酸性火山岩为主, 该套火山岩均不同程度地发生了变质作用, 变质程度多属低绿片岩相, 由于变质作用, 原岩中的气孔和杏仁常被拉长、压平, 部分岩石重结晶现象发育, 并出现一些新生变质矿物, 但原岩结构构造仍可辨认。该套火山岩北部与太古界米兰岩群呈断层接触, 以南被第三纪砂砾岩所覆盖。区内地层相对较为简单。

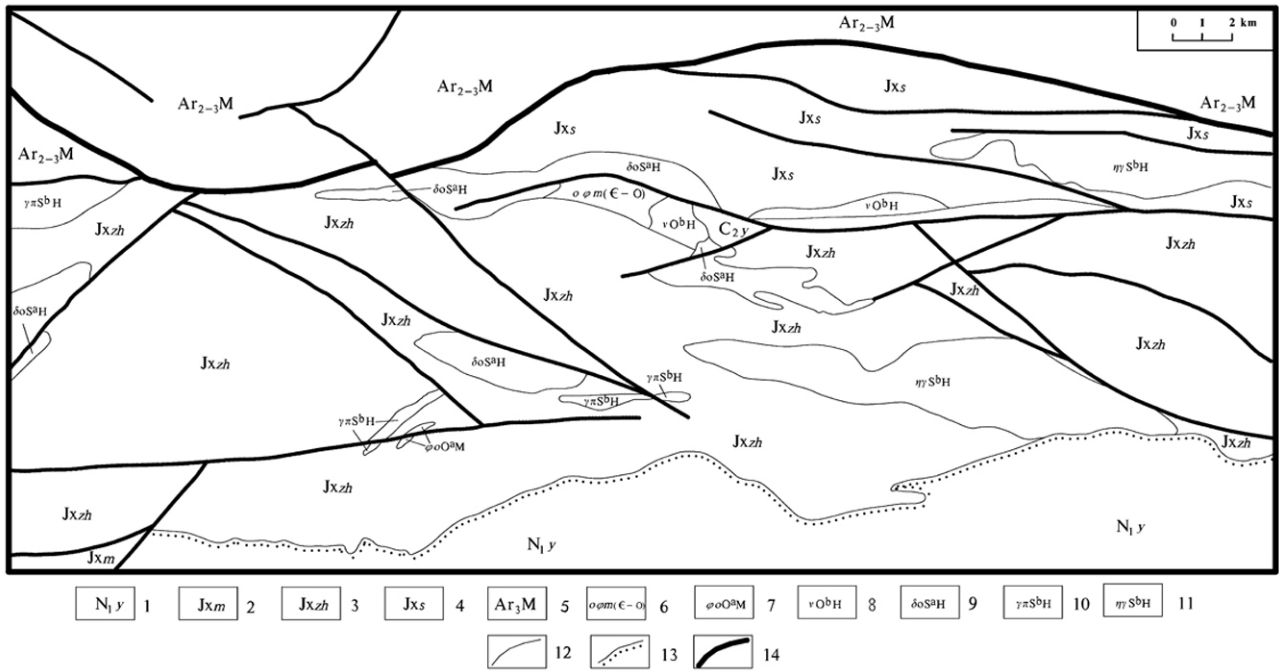


图 2 喀拉大湾地区区域地质简图

1—第三系；2—蓟县系木孜萨依组；3—蓟县系卓阿布拉克组；4—蓟县系斯米尔布拉克组；5—新太古界米兰岩群；6—蛇绿混杂堆积；7—辉石岩；
8—石英闪长岩；9—花岗岩闪长岩；10—花岗岩斑岩；11—二长花岗岩；12—地层界线；13—不整合界线；14—断层

2 喀拉大湾地区火山岩元素地球化学特征

2.1 常量元素地球化学特征

喀拉大湾地区火山岩 SiO_2 含量介于 46.98%~77.75%之间，且绝大多数样品的 SiO_2 含量>70%（表 1），是一套以酸性岩为主的中酸性火山岩系。 Al_2O_3 为 10.22%~16.34%，除 KLDW-2 号样品外均小于 3.3，与拉配泉及祁漫塔格地区火山岩相似，属钙碱性岩系列。将其投于理特曼指数图解（图 3）上显示，本区火山岩与拉配泉及祁漫塔格地区火山岩以 $\text{SiO}_2=60\%$ 为界集中分布于 2 个区，缺少中性成分，具明显双峰式火山岩岩石组合特征，同时显示出多源性特点。将上述样品投于 $\text{Ol}'\text{-Ne}'\text{-Q}'$ 图解、 $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ 图解（图 5、6）上，均落入亚碱性区；在 $\text{An-Ab}'\text{-Or}$ 图解（图 7）则显示出明显的富钠、贫钾的特征，并且可看出随着 SiO_2 含量的增多有由富钠、贫钾向富钾、贫钠质演化的趋势。以火山岩 $\lg SI$ 与 SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 、 MgO 、 $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 作相关图（图 8~12）可知：①本区火山岩 $\lg SI$ 为 0.17~1.8，平均为 1.00，较拉配泉地区平均值 1.14 明显偏低；②除图 12 线性相关较好外，其他基本不呈线性关系。由此表明喀拉大湾地区火山岩较拉配泉地区分异程度好，两者均为原始岩浆熔融部分壳源物质作用的结果，与图 3 分析结果较为一致。

表1 火山岩常量元素含量一览表

序号	编号	岩石名称	产地	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	lgσ	σ	资料来源
1	KLDW	玄武岩	喀喇大湾	46.98	1.75	13.11	4.81	6.88	0.18	6.49	11.41	2.95	0.63	0.15	1.47	3.22	本文
2	KLDW	砂变安山岩	喀喇大湾	50.34	2.23	15.15	4.22	5.60	0.14	5.62	7.54	4.70	0.31	0.80	1.44	3.42	本文
3	KLDW	砂变安山岩	喀喇大湾	51.22	0.12	16.34	0.72	3.92	0.11	10.76	13.32	1.70	0.13	0.01	1.80	0.41	本文
4	KLDW	英安岩	喀喇大湾	64.07	0.77	11.91	1.90	4.84	0.12	4.61	3.02	2.46	1.36	0.12	1.48	0.69	本文
5	KLDW	霏细岩	喀喇大湾	71.88	0.27	12.98	2.75	2.10	0.05	0.95	2.13	5.48	0.37	0.04	0.91	1.18	新编地质后, 1981
6	KLDW	霏细岩	喀喇大湾	71.73	0.30	14.16	0.90	1.36	0.05	0.94	2.43	6.46	0.86	0.07	0.95	1.87	新编地质后, 1981
7	KLDW	砂变流纹岩	喀喇大湾	71.65	0.24	13.35	1.43	2.05	0.10	0.97	0.94	4.80	2.27	0.03	0.93	1.74	本文
8	KLDW	英安岩	喀喇大湾	73.00	0.32	11.72	1.79	3.36	0.06	1.64	0.46	1.60	2.42	0.06	1.18	0.54	新编地质后, 1981
9	KLDW	流纹岩	喀喇大湾	73.16	0.17	13.88	1.52	0.28	0.07	0.29	0.23	3.19	6.12	0.13	0.41	2.87	陈宜华等, 2004
10	KLDW	霏细岩	喀喇大湾	73.45	0.28	10.22	2.50	3.24	0.05	0.49	0.81	2.46	3.30	0.06	0.61	1.02	新编地质后, 1981
11	KLDW	霏细岩	喀喇大湾	76.19	0.25	12.43	1.20	0.56	0.03	0.46	0.39	6.72	0.40	0.05	0.69	1.53	新编地质后, 1981
12	KLDW	霏细岩	喀喇大湾	77.75	0.17	11.01	0.22	0.28	0.16	0.16	0.12	0.24	9.80	0.03	0.17	2.90	新编地质后, 1981
13	KLDW	砂变安山岩	喀喇大湾	53.10	2.14	12.96	4.69	4.35	0.29	2.77	5.64	3.45	1.58	0.72	1.22	2.51	本文
14	KLDW	砂变安山岩	喀喇大湾	54.08	1.83	13.41	11.19	10.33	0.29	3.78	3.56	3.28	3.41	0.72	1.07	4.04	本文
15	LPQ-1	玄武岩	拉配泉	47.14	3.52	13.21	6.79	8.95	0.25	5.24	7.98	2.40	1.20	0.39	1.33	3.13	陈宜华等, 2004
16	LPQ-2	粗安岩	拉配泉	48.75	0.16	16.70	3.86	4.18	0.15	8.83	11.41	2.21	0.81	0.57	1.65	1.59	陈宜华等, 2004
17	LPQ-3	枕状熔岩	拉配泉	50.91	1.20	16.14	2.35	6.48	0.16	6.26	8.55	4.36	0.26	0.13	1.50	2.70	本文
18	LPQ-4	英安岩	拉配泉	64.08	0.76	14.05	2.48	3.25	0.27	2.85	3.40	4.62	0.90	0.19	1.31	1.45	陈宜华等, 2004
19	LPQ-5	流纹岩	拉配泉	69.94	0.26	14.72	1.76	1.15	0.08	0.71	0.79	5.43	3.71	0.15	0.75	3.10	陈宜华等, 2004
20	LPQ-6	酸性熔岩	拉配泉	71.59	0.19	14.83	1.11	1.24	0.05	1.04	1.16	5.28	1.90	0.04	0.99	1.80	本文
21	LPQ-7	流纹岩	拉配泉	73.60	0.13	13.08	1.58	1.05	0.05	0.30	0.40	4.40	4.54	0.13	0.40	2.61	陈宜华等, 2004
22	LPQ-8	流纹岩	拉配泉	79.20	0.16	9.91	0.54	1.68	0.10	1.11	0.84	4.37	0.79	0.11	1.12	0.74	陈宜华等, 2004
23	LPQ-9	流纹岩	拉配泉	79.69	0.23	10.08	0.14	1.55	0.04	1.27	0.25	3.08	2.35	0.10	1.18	0.80	陈宜华等, 2004
24	QMTG	安山岩	祁漫塔格	61.12	0.70	14.76	4.39	2.60	0.11	1.69	3.88	2.96	2.86	0.40	1.07	1.87	刘红霞, 2001
25	QMTG	流纹岩	祁漫塔格	77.36	0.12	11.05	0.68	2.04	0.04	0.30	0.61	2.36	3.47	0.29	0.53	0.99	刘红霞, 2001

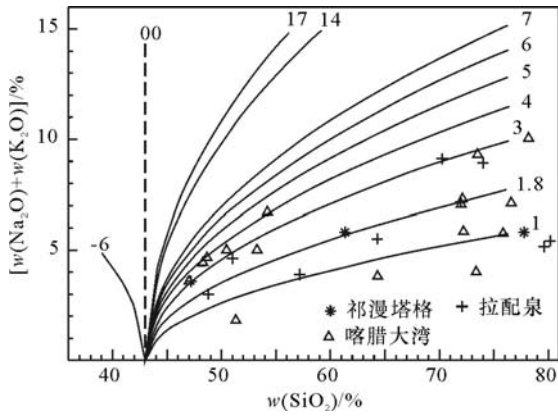


图 3 理特曼指数图

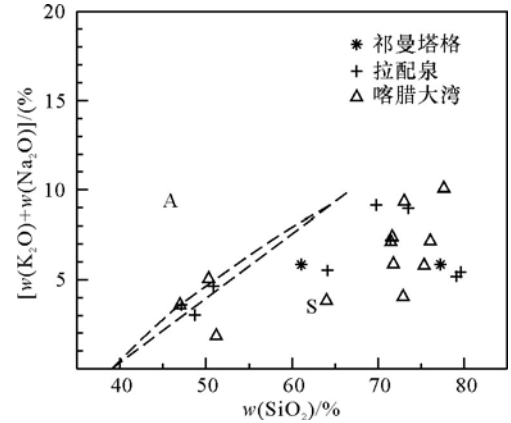


图 6 碱-二氧化硅图解 (据 Irvine et al., 1971)

A—碱性区; S—亚碱性区

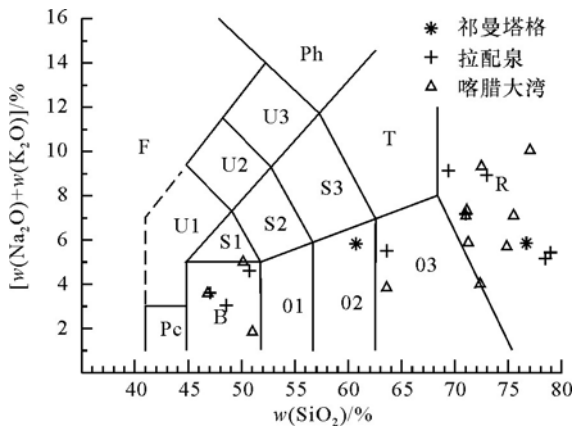


图 4 TAS 图 (据 Le Bas, 1986)

F—副长石岩; Pc—苦橄玄武岩; B—玄武岩; 01—玄武安山岩; 02—安山岩; 03—英安岩; S1—粗面玄武岩; S2—玄武粗安岩; S3—粗安岩; T—粗面岩、粗面英安岩; R—流纹岩; U1—碧玄岩、碱玄岩; U2—响岩质碱玄岩; U3—碱玄质响岩; Ph—响岩

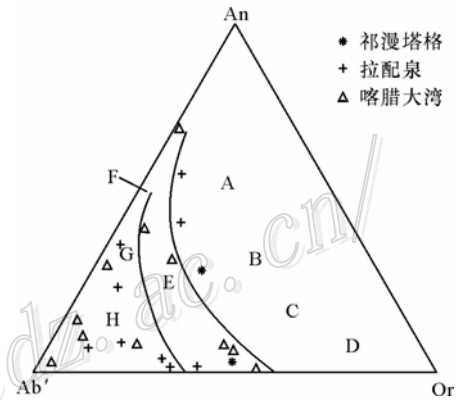


图 7 亚碱性岩 An-Ab'-Or 图解 (据 Irvine, 1971)

钾质系列: A—富钾玄武岩; B—富钾安山岩; C—流纹英安岩; D—钾流纹岩。普通岩石: E—“普通”火山岩区。钠质系列: F—贫钾玄武岩; G—贫钾安山岩; H—钠质英安岩、钠质流纹岩

2.2

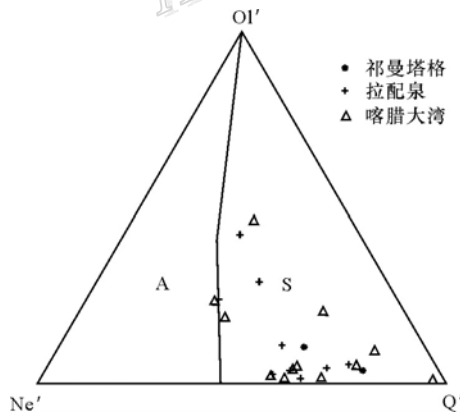


图 5 Ol'-Ne'-Q'图解 (据 Irvine et al., 1971)

A—碱性区; S—亚碱性区

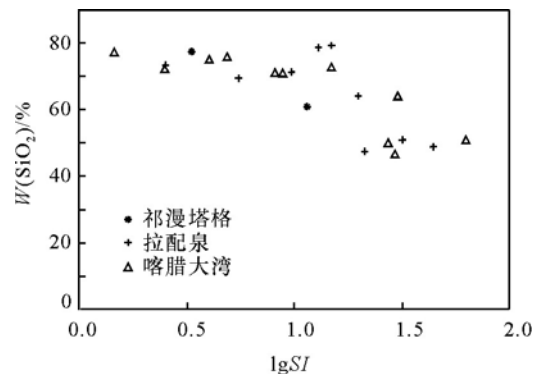
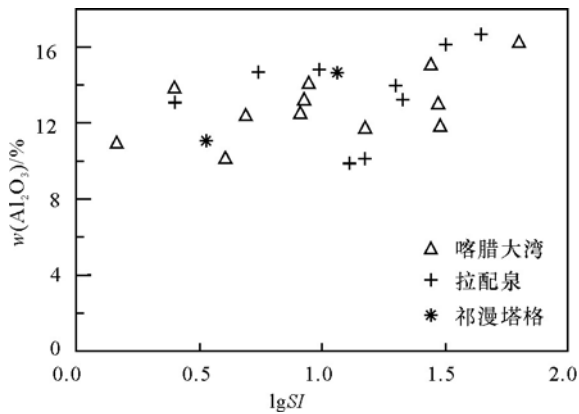
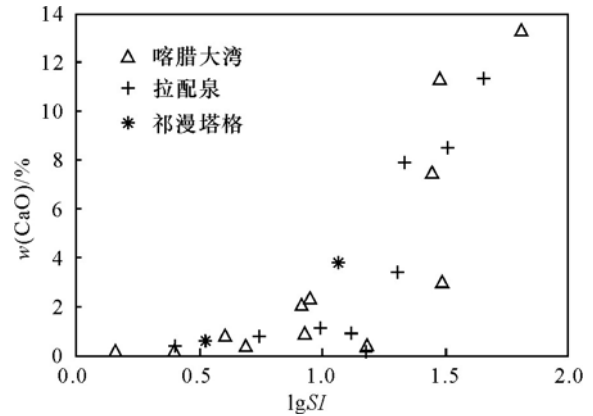
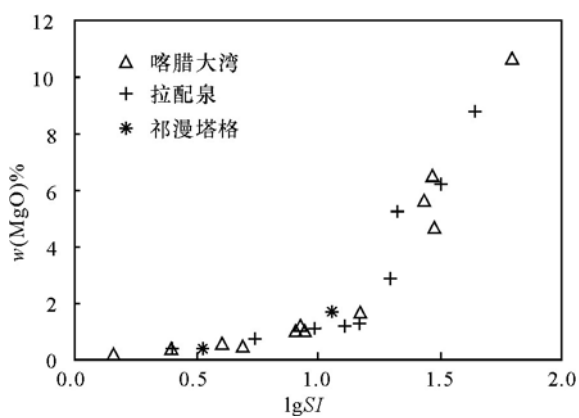
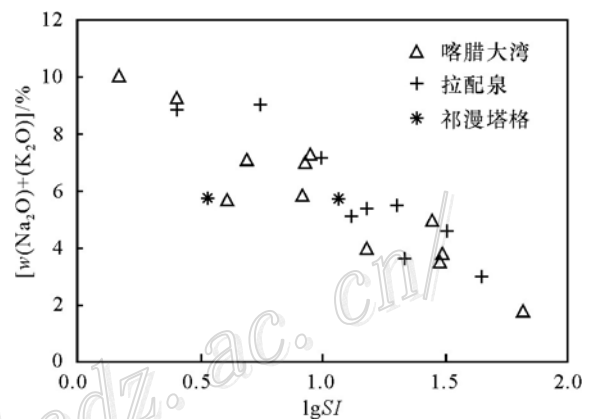


图 8 lgSI-w(SiO₂)相关图

图 9 $\lg SI-w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 相关图图 10 $\lg SI-w(\text{CaO})$ 相关图图 11 $\lg SI-w(\text{MgO})$ 相关图图 12 $\lg SI-w(\text{Na}_2\text{O})+w(\text{K}_2\text{O})$ 相关图

2.2 微量元素地球化学特征

喀腊大湾地区与拉配泉地区火山岩微量元素均以较高的大离子亲石元素Sr、Ba，高场强元素Th含量为特征（表2）。大离子亲石元素中，Ba、Ta随岩石的酸性程度增加而降低，而Sr、Th则正好相反，随岩石的酸性程度增加而增高。微量元素汤氏蛛网图（图13、14）上，该区火山岩以亏损高场强元素Ta和大离子亲石元素Ba、Sr，富集高场强元素Th和大离子亲石元素La为特征，微量元素蛛网图谱明显右倾，为强不相容元素富集型，与拉配泉和祁漫塔格地区十分相似，说明它们在成因和形成的大地构造环境上具有相似性。图14显示，岩石从安山岩到酸性流纹岩，Ba、Ta、Sr等元素的亏损和Th、La等元素富集的程度逐渐增强，使得微量元素蛛网图中“峰”和“谷”显得愈加突出，指示①原始岩浆分异程度越来越强，②在部分熔融作用中残留相中存在大量与Ba、Ta、Sr相容的矿物，或在分离结晶过程中大量与Ba、Ta、Sr相容的矿物析出。Allegre等（1978）研究认为，岩浆在分离结晶作用中随着超亲岩浆元素（Ta、Th、La、Ce等）的富集，亲岩浆元素（HREE、Zr、Hf、Sm等）丰度也几乎同步增长。因此，La/Sm基本上保持为一常数。相反，在平衡部分熔融过程中，因La在矿物相和熔体之间的分配系数比Sm小（ $D_{\text{La}} < D_{\text{Sm}}$ ，即La不相容性更强）而快速进入熔体；Sm也会在熔体中富集，但其增长速度相对较慢。因此，可以用La-La/Sm图示法很容易判别一组相关岩石的成岩作用方式。图15示喀腊大湾和拉配泉地区火山岩La/Sm-La呈现良好的正相关直线分布，这说明它们在成因上具相似性，为同一物质源区的产物。

表 2 火山岩微量元素含量一览表

序号	编号	岩石名称	产地	$w_B/10^{-6}$								
				Ba	Th	Ta	Nb	La	Ce	Sr	Y	Yb
1	KLDW -7	流纹岩	喀腊大湾	940	13.6	1.38	24.2	51.9	102.2	133	66	4.26
2	KLDW -9	蚀变流纹岩	喀腊大湾	913	19.92	1.9	22.1	70.91	135.8	11	23.64	2.37
3	KLDW -13	蚀变安山岩	喀腊大湾	427	13.5	1.31	20.2	35.8	74.4	183	66.8	5.65
4	KLDW -14	蚀变安山岩	喀腊大湾	728	11.2	1.47	24.7	37.9	84.2	116	67.5	5.46
5	LPQ -1	拉配泉	玄武岩	350	4.47	5.08	31.4	27.35	72.47	258	52.41	4.85
6	LPQ -4	拉配泉	英安岩	146	24.5	4.33	36.7	57.76	120.3	247	39.36	4.11
7	LPQ -5	拉配泉	流纹岩	661	27.53	6.55	44.4	66.02	138.8	62	45.28	4.87
8	LPQ -7	拉配泉	流纹岩	230	31.41	5.35	43.5	84.29	169.3	33	50.61	5.15
9	LPQ -8	拉配泉	流纹岩	46	11.14	4.68	36.2	55.65	114.9	80	73.69	8.22
10	LPQ -9	拉配泉	流纹岩	437				86.43	169.7	53	25.83	4.99
11	LPQ -1	祁漫塔格	流纹岩	129	5.87	0.67	4.79	28.59	59.15	164	18.42	2.1
12	LPQ -2	祁漫塔格	安山岩	858	11.15	1.52	6.11	33.51	73.46	279	22.82	2.36

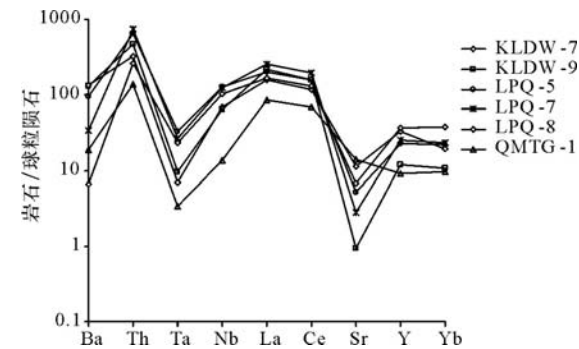


图 13 酸性火山岩微量元素蛛网图

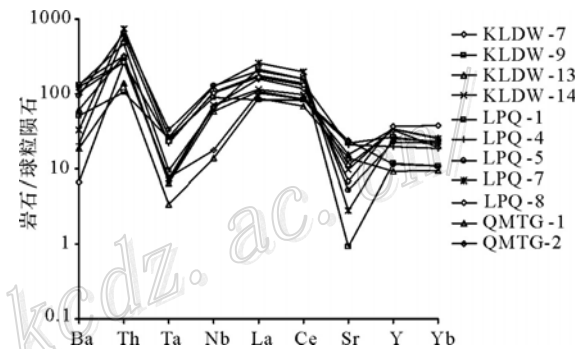


图 14 火山岩微量元素蛛网图

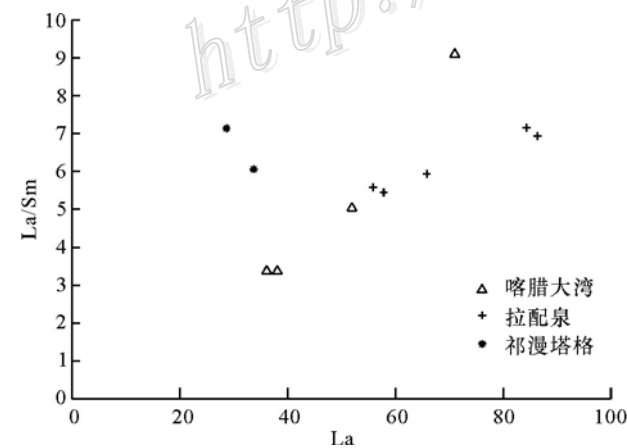


图 15 La-La/Sm 图 (据 Allegre et al., 1978)

2.3 稀土元素地球化学特征

喀腊大湾地区火山岩稀土元素 (表 3) ΣREE 为 219.57~295.35, 平均为 254.02, 轻稀土总量为 177.82~273.58, 平均为 218.66, 重稀土总量为 21.77~41.75, 平均为 35.36, $(\text{La}/\text{Lu})_N$ 为 4.96~18.08, 平均为 9.50。呈现出稀土总量较高和右陡倾轻稀土富集型特征。岩石中稀土元素含量与 SiO_2 之间具的明显的正相关关系。 δEu 为 0.50~0.80, 平均为 0.65, 具弱的 Eu 异常, 且与 CaO 的含量成反比关系。

根据岩石的 ΣREE 、 $(\text{La}/\text{Lu})_N$ 、 δEu 等稀土元素特征

值来看, 这套火山岩与活动大陆边缘的火山岩 (Cullers et al., 1984) 稀土特征颇为相近。在稀土元素球粒陨石配分曲线图 (图 16、图 17) 上, 本区火山岩配分曲线表现出良好的整合性, 属于轻稀土富集型稀土配分型式, 并且具有轻微至中等程度的负铕异常, 也反映出活动大陆边缘火山岩的特征。喀腊大湾地区与

拉配泉和祁漫塔格地区中酸性岩相比，球粒陨石配分曲线统一性好，显示出它们成因和形成大地构造环境的一致性。将不同岩类的稀土配分进行对比可见，从中性的安山岩到酸性的流纹岩，其轻、重稀土元素的分馏程度和负锑异常都有逐渐增大的趋势，推测认为这与原始岩浆在部分熔融作用时固体残留相中含有大量的斜长石有关。

表 3 火山岩稀土元素含量一览表

序号	编号	岩石名称	w _B /10 ⁻⁶								
			La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy
1	KLDW-7	蚀变流纹岩	51.9	102.2	12.54	50.0	10.28	1.57	10.7	1.96	12.19
2	KLDW-9	流纹岩	70.91	135.8	13.5	44.38	7.76	1.23	8.9	1	4.68
3	KLDW-13	蚀变安山岩	35.8	74.4	10.13	44.6	10.35	2.54	11.0	1.98	12.37
4	KLDW-14	蚀变安山岩	37.9	84.2	11.13	47.9	10.95	2.68	11.7	2.05	12.62
5	LPQ-4	英安岩	57.76	120.3	13.3	50.35	10.6	1.78	12.16	1.69	9.15
6	LPQ-5	流纹岩	66.02	138.8	14.76	57.39	11.13	1.97	14.01	1.88	10.33
7	LPQ-7	流纹岩	84.29	169.3	17.32	63.06	11.83	0.45	14.8	1.94	10.03
8	LPQ-8	流纹岩	55.65	114.9	12.44	49.26	10.02	0.57	13.93	2.29	12.79
9	LPQ-9	流纹岩	86.43	169.7	17.9	63.48	12.43	2.18	14.02	1.92	9.88
10	QMTG-1	流纹岩	28.59	59.15	6.29	21.41	4.01	0.54	3.92	0.52	3.01
11	QMTG-2	安山岩	33.51	73.46	7.56	28.57	5.56	1.48	5.4	0.79	4.3

序号	编号	岩石名称	w _B /10 ⁻⁶						ΣREE	LREE	HREE
			Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y			
1	KLDW-7	蚀变流纹岩	2.53	6.18	0.83	4.26	0.52	66.0	267.66	228.49	39.17
2	KLDW-9	流纹岩	1.08	2.93	0.43	2.37	0.38	23.64	295.35	273.58	21.77
3	KLDW-13	蚀变安山岩	2.52	6.50	0.98	5.65	0.75	66.8	219.57	177.82	41.75
4	KLDW-14	蚀变安山岩	2.62	2.68	0.95	5.46	0.65	67.5	233.49	194.76	38.73
5	LPQ-4	英安岩	2	5.15	0.76	4.11	0.66	39.36	289.77	254.09	35.68
6	LPQ-5	流纹岩	2.21	5.76	0.88	4.87	0.78	45.28	330.79	290.07	40.72
7	LPQ-7	流纹岩	2.12	5.82	0.88	5.15	0.83	50.61	387.82	346.25	41.57
8	LPQ-8	流纹岩	2.83	8.37	1.4	8.22	1.21	73.69	293.88	242.84	51.04
9	LPQ-9	流纹岩	2.14	5.77	0.9	4.99	0.8	25.83	392.54	352.12	40.42
10	QMTG-1	流纹岩	0.65	2.02	0.31	2.1	0.32	18.42	132.84	119.99	12.85
11	QMTG-2	安山岩	0.88	2.59	0.38	2.36	0.42	22.82	167.26	150.14	17.12

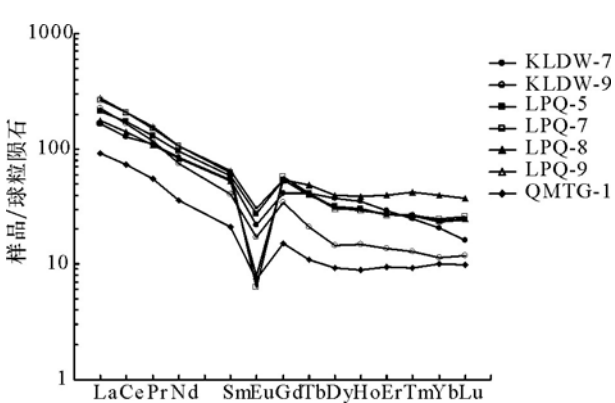


图 16 酸性火山岩球粒岩石标准化稀土元素配分型式图

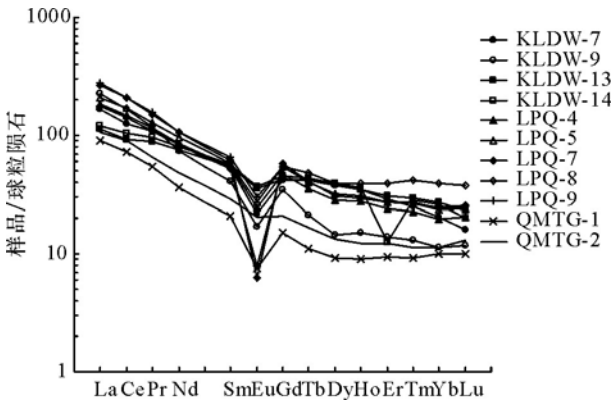


图 17 火山岩球粒岩石标准化稀土元素配分型式图

3 火山岩形成环境及形成时代分析

红柳沟—拉配泉构造带火山岩的形成必然与阿尔金地区古区域大地构造环境存在着联系。依靠各类岩石地球化学数据作图来进行各类岩石的构造环境判别多年以来已被大家所接受,并取得了良好的效果,但是单纯地依靠这种方法往往也会带来错误的判断(刘红涛,2001)。因此,只有在综合地质、岩石学和地球化学资料的基础上的构造环境判断才更加可靠。鉴于上述分析,本文将从喀拉大湾地区火山岩发育的区域地质条件、岩石组合、岩石地球化学特征及图解环境判断方法等通过与邻区和周边地区火山岩进行对比来讨论其形成的构造环境,进而确定其形成时代。

喀拉大湾火山岩主要由中基性-中酸性的火山岩组成,其岩石组合相当与活动大陆边缘消减带之上的玄武岩-安山岩-流纹岩组合。其岩石化学组成和特征指示该地区火山岩为典型的亚碱系列钙碱性岩系,而且具有洋陆壳过渡区富钠贫钾-钾钠混合的特点;岩系的主要氧化物与 SiO_2 之间线性相关不明显,具原始岩浆发生部分熔融作用的特征。

在微量和稀土元素地球化学特征方面,本区火山岩以亏损高场强元素 Ta 和大离子亲石元素 Ba、Sr,富集高场强元素 Th 和大离子亲石元素 La 为特征;轻、重稀土呈现较强的分馏并具有轻微-中等程度的负铕异常。其次,在 $\lg\delta$ - $\lg\sigma$ 大地构造环境判别图解(图 18、图 19)上,本区火山岩所有样品均分布于造山带和非造山带地区,与拉配泉和祁漫塔格地区火山岩基本一致。

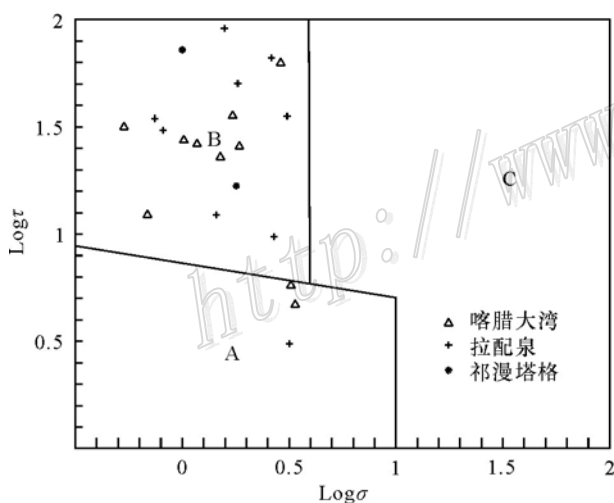


图 18 里特曼-戈蒂里图解

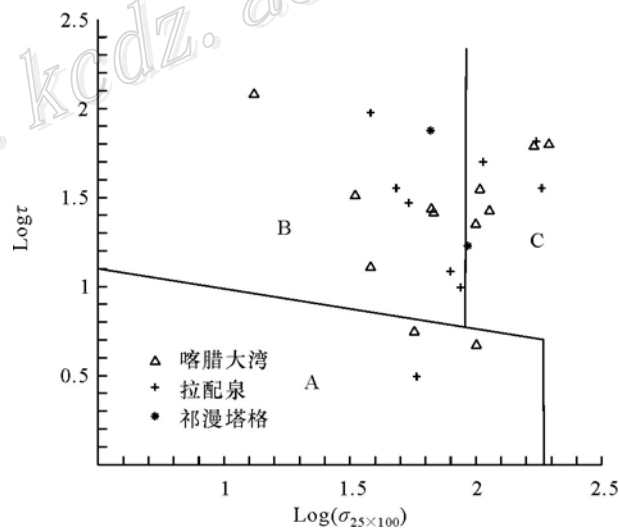


图 19 勒夫勒图解

综上所述,喀拉大湾地区火山岩在空间上与拉配泉地区相邻,与祁漫塔格地区大地构造环境相似,在常量元素、微量元素和稀土元素地球化学特征上非常相近,因此认为上述地区火山岩在形成大地构造环境上应具有一致性。已有研究表明(王小凤等,2004;刘红涛,2001),拉配泉和祁漫塔格地区火山岩均形成于活动大陆边缘环境。由此推测喀拉大湾地区火山岩应形成于活动大陆边缘(岛弧)环境,形成时代应与拉配泉地区火山岩相同。其形成过程可能为:在奥陶纪,在塔里木板块和柴达木板块之间可能存在一有限洋,随着早期柴达木板块向塔里木板块的移动,该区有限洋被迫由南向北向塔里木板块下俯冲,进而引发幔源区原始岩浆的上涌,并在上升过程中熔融部分上地壳物质而形成喀拉大湾和拉配泉地区的火山岩。

参 考 文 献

刘红涛. 2001. 祁漫塔格陆相火山岩:塔里木陆块南缘印支期活动大陆边缘的岩石学证据[J]. 岩石学报, 17(3): 337-351.

青海省地质矿产局区调综合地质大队. 1986. 1:20 万俄博梁幅 (J-46-IX) 区域地质调查报告[R].

王小凤, 陈宣华, 陈正乐, 等. 2004. 阿尔金地区成矿地质条件与远景预测[M]. 北京: 地质出版社. 163-171.

新疆地质局区域地质调查大队. 1981. 1:20 万索里库里幅 (J-46-VIII) 区域地质调查报告[R].

Allegre C J and Minster J F. 1978. Quantitative method of trace element behavior in magmatic processes[J]. Earth Planet. Sci. Lett., (38): 1-25.

Cullers R L and Graf J L. 1984. Rare earth elements in igneous rocks of the continental crust, predominantly basic and ultrabasic rocks[A]. In: Henderson P, ed.

Rare earth geochemistry[C]. Amsterdam: Elsevier Science Publishers. 237-316.

<http://www.kcdz.ac.cn/>