

文章编号: 1000- 6524 (2002) 01- 0001- 10

准噶尔盆地岛弧火山岩地体拼合 基底的地球化学证据

王方正, 杨梅珍, 郑建平
(中国地质大学, 湖北 武汉 430074)

摘 要: 准噶尔盆地基底火山岩主要岩石类型为玄武岩和安山岩, 并有部分英安岩和流纹岩。火山岩的微量元素地幔标准化模式显示 LREE 弱富集, $(La/Yb)_N$ 变化于 1.9~ 5.23 之间, 高场强元素 Nb、Ta 相对于大离子亲石元素的亏损较明显, 具俯冲带火山岩的典型特征。Nd-Sr 同位素分析表明, 3 个火山岩区的火山岩 $\epsilon Nd(0)$ 均为正值, $(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$ 较低, 说明它们主要来源于亏损地幔。Sm-Nd 同位素单阶段模式年龄集中在 400~ 700 Ma 之间, 反映俯冲沉积物的形成时代不早于 700 Ma。玄武质火山岩微量元素和同位素研究表明 3 个火山岩区应分属不同的岛弧增生体系, 原始地幔物质通过岛弧火山作用加入到地壳中, 推测准噶尔盆地的基底由分属于周边的哈萨克斯坦、塔里木和西伯利亚板块的年轻岛弧增生地体拼合而成, 前寒武纪地壳演化历史并不明显。

关键词: 基底火山岩; 岛弧地体; 拼合; 准噶尔盆地

中图分类号: P588.14; P584

文献标识码: A

Geochemical evidence of the basement assembled by island arc volcanics terranes in Junggar Basin

WANG Fang_zheng, YANG Mei_zhen and ZHENG Jian_ping
(China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: The volcanic rocks in Junggar Basin are mainly basaltic and andesitic rocks, and subordinately dacite and rhyolite. Most of the rocks exhibit slight enrichment of LREE and somewhat low HFSE abundances relative to the LIFE. Such features are commonly regarded as characteristics of subduction-related magmatism. The rocks in the three regions have positive $\epsilon Nd(0)$ and relatively low $(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$, suggesting that the basement volcanic rocks were generated in the depleted mantle wedge that had been enriched in incompatible elements by subduction without old continental contamination. In addition, Nd single-stage model ages vary from 400 Ma to 700 Ma. The single-stage model age indicates that the subducted sedimentary rocks

收稿日期: 2000- 12- 04; 修订日期: 2001- 09- 17

基金项目: 新疆石油管理局基础研究项目(49873009)

作者简介: 王方正(1942-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事岩石学教学和科研工作。

are younger than 700 Ma. The isotopic and trace element geochemical characteristics of basaltic volcanic rocks imply that these regions should belong to different arc accretionary systems. On such a basis, it can be inferred that the basement volcanics formed in the environment of arc accretion and the juvenile materials added to the crust through the arc volcanism, which constituted the most important mechanism at that time, and that the basement of Junggar Basin was presumably assembled by the three different arc accretion terrains which belonged to Middle Asian Kazakstan, Tarim, and Siberia Plate respectively.

Key words: basement volcanic rock; island arc terrain; assembly; Junggar Basin

长期以来,由于准噶尔盆地周边地区尚未发现前寒武纪地质体,且盆地内堆积物厚度巨大,对内陆盆地沉积前的构造演化缺乏深入研究,因此,对准噶尔盆地基底属性的认识一直存在分歧。任纪舜(1980)、吴庆福(1987)等认为其属前寒武纪基底或其中有刚性的古老陆块存在;韩宝福等(1999)认为是幔源岩浆在地下壳底垫作用的产物;肖序常等(1992)则认为是古生代褶皱带,不具双层基底。准噶尔盆地地处新疆东北部,是整个中亚构造带的一个重要组成部分,对其进行基底性质和演化的探讨具有重要的意义,而基底火山岩的研究是解决盆地基底演化问题的关键。本文以盆地基底火山岩为研究深部构造的窗口,通过基底火山岩地球化学性质的研究,分析其形成环境,反演基底演化历史,从而厘定其基底性质。

1 区域地质背景

准噶尔盆地位于西北边陲,地处中亚内陆,是一个三山环绕的三角形盆地。它的西北缘以扎伊尔为界与哈萨克斯坦板块相邻,东缘以依连哈比尔山为界与塔里木板块相邻,东北缘以青格里底山为界与西伯利亚板块相邻,是在华力西褶皱基底上发育的侏罗纪断陷和白垩纪凹陷相叠和的缝合带型盆地(罗志力,1998),周缘为古生代褶皱造山带。盆地内是三叠纪至第四纪连续堆积的巨厚沉积盖层(Feng *et al.*, 1989)。

2 样品及测试

由于盆地内取样较困难,主要采用钻井剖面取样,并对样品进行了系统的主、微量元素、稀土元素和同位素分析。岩石的主量、微量和稀土元素分析在湖北省地矿局测试中心完成。主量元素如 SiO_2 和 H_2O^+ 采用重量分析法测试, TiO_2 和 P_2O_5 采用光谱光度计进行分析, Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 FeO 和 CO_2 采用容量分析法测试, MnO 、 MgO 、 CaO 、 Na_2O 和 K_2O 采用原子吸收光谱分析。微量和稀土元素采用电感耦合等离子-原子发射光谱(ICP-AES)分析。除 H_2O^+ 外,主量元素的分析精度(相对标准差)一般小于1%,稀土元素的分析精度小于4%,微量元素的分析精度为5%~10%。主量元素分析结果略,微量及稀土元素分析结果见表1、表2。

Nd和Sr同位素在中国地质大学壳幔开放实验室采用同位素稀释质谱分析方法测试, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 的2倍方差小于 10×10^{-6} , $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 的2倍方差小于 50×10^{-6} ,均符合精度要求,结果见表3。

表 1 准噶尔盆地基底火山岩微量元素分析结果表
Table 1 Trace elements analyses of basement volcanic rocks in Junggar Basin

岩区	样号	岩性	$w_B/\%$													$w_B/10^{-6}$				
			K ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂	Rb	Ba	Th	Nb	Ta	Sr	Zr	Hf	Ba/La	Ba/Nb	Nb/Hf	Nb/Zr			
西北部 火山岩区	K173	玄武岩	0.85	0.10	0.84	28	130	0.20	2.7	0.20	331	59.2	1.5	44.7	48.1	1.8	0.0476			
	K178	玄武安山岩	0.55	0.12	0.94	14	316	0.20	2.0	0.54	484	68.4	1.9	112.8	158	1.05	0.0255			
	K191	粗面玄武岩	1.02	0.12	0.82	24	2230	0.20	2.0	0.20	3386	186	2.1	653.0	1115	1.05	0.0108			
	K204	玄武安山岩	0.81	0.27	1.11	21	522	0.20	1.0	0.56	741	160	3.0	50.4	522	0.333	0.00625			
	K209	玄武岩	0.56	0.31	2.01	10	238	0.20	2.0	0.25	2154	186	4.4	34.2	119	0.45	0.0108			
	K148	玄武安山岩	1.48	0.44	1.89	55	451	0.25	3.9	0.46	280	98.5	4.7	62.5	115	0.83	0.0397			
	K95	粗面岩	1.53	0.26	0.84	19	128	0.58	7.2	0.64	327	213	6.5	8.55	18	1.11	0.0339			
	K91	安山岩	0.18	0.56	1.47	22	106	0.27	3.9	0.39	154	119	4.3	12.9	27	0.91	0.0328			
	K3	安山岩	2.89	0.18	1.04	103	446	0.52	10.7	0.23	135	125	5.4	36.9	94.9	1.98	0.0862			
东北部 火山岩区	K4	玄武安山岩	1.54	0.14	0.97	14	2960	0.36	8.6	0.45	1026	105	3.9	352	344	2.20	0.0820			
	K7	玄武安山岩	1.08	0.42	1.65	23	592	0.52	11.6	0.81	632	340	8.7	30.7	51	1.33	0.0341			
	K8	玄武安山岩	0.96	0.42	2.31	14	297	0.55	15.6	0.76	246	274	9.0	15.2	19.0	1.73	0.0571			
	K10	玄武岩	0.52	0.60	2.25	17	162	0.20	14.0	0.36	279	197	6.3	9.20	11.6	2.22	0.0714			
	K25	玄武岩	0.76	0.38	2.03	20	22	0.20	8.6	0.63	399	165	4.9	2.25	2.55	1.76	0.0526			
	K29	玄武岩	0.87	0.39	2.15	27	159	0.23	9.4	0.49	425	175	5.2	16.3	16.9	1.81	0.0538			
	K46	玄武岩	1.00	0.75	1.48	29	290	0.20	7.6	0.20	518	111	3.9	28	38.1	1.95	0.0684			
	K53	玄武安山岩	1.54	0.82	1.14	36	402	0.75	8.2	0.20	446	131	4.5	35	49	1.82	0.0632			
东南部 火山岩区	K62	玄武安山岩	1.22	0.36	1.32	22	511	0.51	10.1	0.30	730	287	6.2	23	50	1.63	0.0353			
	K128	粗面玄武岩	1.76	0.64	1.59	56	452	0.44	9.80	0.20	364	229	7.3	24	46	1.34	0.0427			

表 2 准噶尔盆地基底火山岩稀土元素分析结果
Table 2 REE analyses of basement volcanic rocks in Junggar Basin

岩区	样号	岩性	$w_B/10^{-6}$														Σ REE	δEu	$(La/Yb)_N$	
			La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu				Y
西北部火山岩区	K173	玄武岩	2.91	7.54	1.20	5.79	1.63	0.59	1.80	0.32	1.97	0.40	1.19	0.18	1.05	0.17	10.82	37.56	1.04	1.98
	K178	玄武安山岩	2.80	7.84	1.29	6.45	1.93	0.66	2.05	0.36	2.26	0.46	1.33	0.20	1.26	0.20	12.43	41.52	1.01	1.59
	K191	粗面玄武岩	3.41	6.65	1.16	5.48	1.58	0.56	1.73	0.29	1.82	0.37	1.02	0.15	0.85	0.13	9.47	34.67	1.03	2.87
	K204	玄武安山岩	10.48	25.02	3.37	16.04	3.81	1.12	3.65	0.54	3.43	0.65	1.86	0.27	1.66	0.25	18.22	90.37	0.91	4.52
	K209	玄武岩	6.96	20.81	3.19	16.43	4.37	1.53	4.82	0.78	5.02	0.99	2.78	0.41	2.46	0.38	22.65	93.58	1.01	2.03
	K148	玄武安山岩	7.22	19.01	2.85	15.32	4.36	1.52	4.85	0.78	4.96	1.01	2.93	0.45	2.59	0.41	28.26	96.52	1.00	1.99
	K95	粗面岩	14.97	37.64	5.42	23.63	5.72	1.62	5.73	0.96	6.28	1.32	3.95	0.60	3.81	0.60	36.06	148.30	0.86	2.82
	K91	安山岩	8.21	22.2	5.22	17.16	4.72	1.50	5.10	0.79	5.18	1.02	2.92	0.42	2.62	0.40	28.50	106.0	0.93	2.24
	K3	安山岩	12.09	28.77	3.76	18.32	4.50	1.14	4.68	0.76	5.23	1.04	3.06	0.51	3.29	0.56	28.23	115.94	1.11	2.64
东北部火山岩区	K4	玄武安山岩	8.4	20.2	2.48	12.09	2.93	1.10	3.06	0.52	3.37	0.64	1.80	0.28	1.65	0.26	18.02	76.8	0.83	3.65
	K7	玄武安山岩	19.03	49.48	6.70	29.97	6.97	1.85	6.39	1.01	6.27	1.22	3.33	0.51	3.21	0.52	33.31	169.8	0.80	4.25
	K8	玄武安山岩	19.06	49.17	6.60	30.65	7.23	1.97	7.71	1.23	7.79	1.54	4.20	0.61	3.71	0.59	41.29	183.35	0.80	3.68
	K10	玄武岩	17.6	42.63	6.16	28.48	6.39	1.92	6.36	0.99	6.23	1.21	3.34	0.49	2.62	0.48	32.96	158.1	0.91	4.47
	K25	玄武岩	9.77	27.55	3.82	19.47	4.64	1.60	4.86	0.80	4.99	0.97	2.59	0.41	2.41	0.39	26.77	111.04	1.02	2.90
	K29	玄武岩	9.72	26.94	3.96	19.21	4.63	1.64	4.92	0.82	5.03	0.98	2.73	0.42	2.46	0.41	26.42	110.29	1.09	2.80
	K46	玄武岩	10.18	25.56	3.19	15.48	3.53	1.19	3.54	0.58	3.57	0.68	1.91	0.29	1.75	0.28	19.00	90.73	1.01	4.17
	K53	玄武安山岩	11.43	26.61	0.57	15.04	3.51	1.10	3.46	0.53	3.90	0.67	1.93	0.29	1.77	0.28	18.45	89.54	0.95	4.63
东南部火山岩区	K62	玄武安山岩	21.96	51.29	6.68	28.36	6.16	1.65	5.79	0.90	5.74	1.14	3.32	0.49	3.01	0.49	32.20	169.2	0.83	5.23
	K128	粗面玄武岩	18.16	45.22	6.26	26.32	5.73	1.71	5.50	0.86	5.20	1.04	2.84	0.42	2.53	0.39	28.17	150.35	0.92	5.14

表 3 准噶尔盆地基底火山岩同位素分析结果
Table 3 Nd-Sr isotope analyses of basement volcanic rocks in Junggar Basin

岩区	样号	岩性	$Sm/10^{-6}Nd/10^{-6}$	$^{143}Nd/^{144}Nd$	$^{147}Sm/^{144}Nd$	$\epsilon Nd(0)$	$f_{Sm/Nd}$	T_{DM}	$Rb/10^{-6}Sr/10^{-6}$	$^{87}Sr/^{86}Sr$	$^{87}Rb/^{86}Sr$	$(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$	Rb-Sr 等时线年龄	
西北部火山岩区	K173	玄武岩	1.717	6.602	0.512967	0.17852	6.4		14.81	341.70	0.704309	0.1222	0.703832	
	K178	玄武安山岩	1.954	6.824	0.512983	0.18045	7.3		4.05	516.40	0.703824	0.0222	0.703737	
	K191	粗面玄武岩	1.647	5.788	0.512973	0.17937	6.5		16.57	3586.00	0.704582	0.013	0.704531	
	K204	玄武安山岩	4.013	16.705	0.512887	0.15141	4.9	-0.23	644	10.68	741.30	0.703919	0.0406	0.703761
	K209	玄武岩	4.702	17.151	0.513075	0.17280	8.5		3.97	1846.00	0.705054	0.0061	0.70503	
	K148	玄武安山岩	4.631	16.453	0.513017	0.17739	7.4		27.68	280.60	0.705058	0.2782	0.703973	
	K95	粗面岩	6.019	25.190	0.512967	0.15059	6.4	-0.23	443	16.87	277.70	0.704695	0.15059	0.704027
	K91	安山岩	5.016	18.160	0.513017	0.17565	7.4		534	1.26	155.40	0.703977	0.0229	0.703888
	K3	安山岩	4.556	18.057	0.51286	0.15901	4.3		74.05	155.50	0.711752	1.344	0.706511	
	K4	玄武安山岩	2.946	11.606	0.512903	0.15998	5.2	-0.187	701	19.28	952.20	0.70496	0.0571	0.704737
东北部火山岩区	K7	玄武安山岩	7.022	30.315	0.51293	0.1466	5.7	-0.25	501	23.25	687.50	0.703673	0.0954	0.703301
	K8	玄武安山岩	7.803	30.684	0.512961	0.16028	6.3	-0.185	540	14.21	286.60	0.704972	0.1398	0.704427
	K10	玄武岩	6.430	26.344	0.512916	0.15384	5.2	-0.21	597	7.75	295.50	0.704742	0.074	0.704453
	K25	玄武岩	5.005	19.650	0.512992	0.16054	6.9	-0.183	454	23.28	858.70	0.703673	0.0954	0.703301
	K29	玄武岩	4.999	19.678	0.51299	0.16013	6.9	-0.186	456	17.06	447.60	0.70553	0.1075	0.70511
	K23	流纹岩										0.723882	7.2926	323 Ma
	K16	流纹岩										0.714046	3.0552	
	K46	玄武岩	3.632	14.738	0.512987	0.1533	6.8	-0.21	426	24.85	531.80	0.704212	0.1318	0.703698
	K53	玄武安山岩	3.691	15.857	0.512846	0.14669	4.1	-0.26	692	27.87	446.70	0.704479	0.1760	0.703793
	东南部火山岩区	K62	玄武安山岩	6.561	29.820	0.512826	0.12867	3.7	-0.35	582	17.68	74.05	0.703969	0.0674
K128		粗面玄武岩	5.919	26.562	0.512833	0.14045	3.8	-0.29	660	22.04	399.05	0.70448	0.1556	0.703875
K32		流纹岩									0.708353	1.1242	295 Ma	

注: $f_{Sm/Nd} = (^{147}Sm/^{144}Nd)_i / (0.1967 - 1)$; $T_{DM} = 1 \times 10^6 / 6.54 \ln |1 + [0.51315 - (^{143}Nd/^{144}Nd)] / [0.2137 - (^{147}Sm/^{144}Nd)]|$; $\epsilon Nd(0) = [(^{143}Nd/^{144}Nd)_i / 0.512638 - 1] \times 10000$ 。

3 基底火山岩时空分布

根据准噶尔盆地区域构造背景、航磁、重力及钻探结果,火山岩的分布主要沿西北缘、东北缘和东南缘三大前陆盆地中的克乌、三个泉、和克拉美丽断裂分布。东南部基底火山岩主要分布于石炭系巴塔玛依内山组(C_{2b})、滴水泉组(C_{2d})和南明水组(C_{1n})中。西北和东北部火山岩主要见于包谷图组(C_{1b})中。目前钻遇南明水组为灰绿色凝灰岩、褐灰色安山岩、深灰色玄武岩及灰色、紫褐色砂泥岩;滴水泉组为玄武岩、安山岩、凝灰岩、粗面岩夹暗色泥岩、泥灰岩及碳质泥岩,暗色泥岩中含有孢子花粉;巴塔玛依内山组为棕色中-基性火山岩夹少量正常沉积岩薄层;广布于东北和西北准噶尔的包谷图组是一套火山碎屑岩和以火山碎屑为主的砂岩及基性-酸性火山熔岩。本研究对火山岩 Rb-Sr 同位素测定(表 3)获得基底火山岩 Rb-Sr 等时线年龄为 323 Ma 和 295 Ma,胡霁琴等(1997)对准噶尔盆地彩参 1 井和 2 320 m 处的玄武安山岩所做的 K-Ar 稀释法分析获得 294.5 Ma 同位素年龄,均说明准噶尔盆地火山岩主要为海西期火山喷发产物。

4 岩石类型和岩浆系列

对采自西北缘的中拐、车排子、克夏和东北缘的乌伦古、陆梁及老山沟和东南部的南部、东部的 109 口井 45 件样品进行了岩石化学分析。3 个火山岩区的岩石组合和岩浆系列特征基本相似,但也有一定的差别。在 TAS 图解(Le Bas *et al.*, 1986)中(图略),西北部火山岩成分点落在玄武岩(粗面玄武岩)-安山岩-粗面岩区域,东北部火山岩成分点落在粗面玄武岩-玄武安山岩-流纹岩区域,东南部火山岩集中在玄武岩和玄武粗安岩区域。东北部火山岩主要为偏碱性系列,西北和东南部火山岩则属碱性与亚碱性的过渡系列(图 1)。根据钻孔岩性统计,西北以安山岩为主,占 59%,基性岩占 32%;东北以基性岩为主,占 36%,中性岩占 25%;东南部的基性岩与中性岩比例相当,分别为 37% 和 40%。东北部陆梁地区的玄武岩斑晶和基质矿物除斜长石和辉石外普遍含有橄榄石,西北部克夏地区的玄武岩和东南部的南部玄武岩斑晶和基质矿物主要为斜长石和辉石,不含橄榄石。

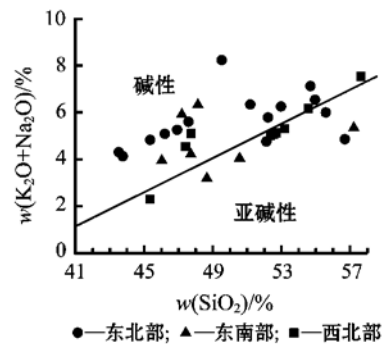


图 1 准噶尔盆地基底火山岩硅-碱图解
Fig. 1 Si-Alkaline diagram

5 微量元素特征

样品主要为玄武岩、玄武安山岩和安山岩类岩石。根据原始地幔标准化(Hofman, 1998)蛛网图解,3 个火山岩区的样品均具有相似的模式:富集大离子亲石元素和轻稀土元素,亏损高场强元素 Nb、Ta,微量元素蛛网图(图 2)与消减带火山岩的微量元素模式图(Sun *et al.*, 1977)极为相似。除东北部几个玄武岩样品表现出较低的 Ba/La、Ba/Nb 和 Ba/Zr 值

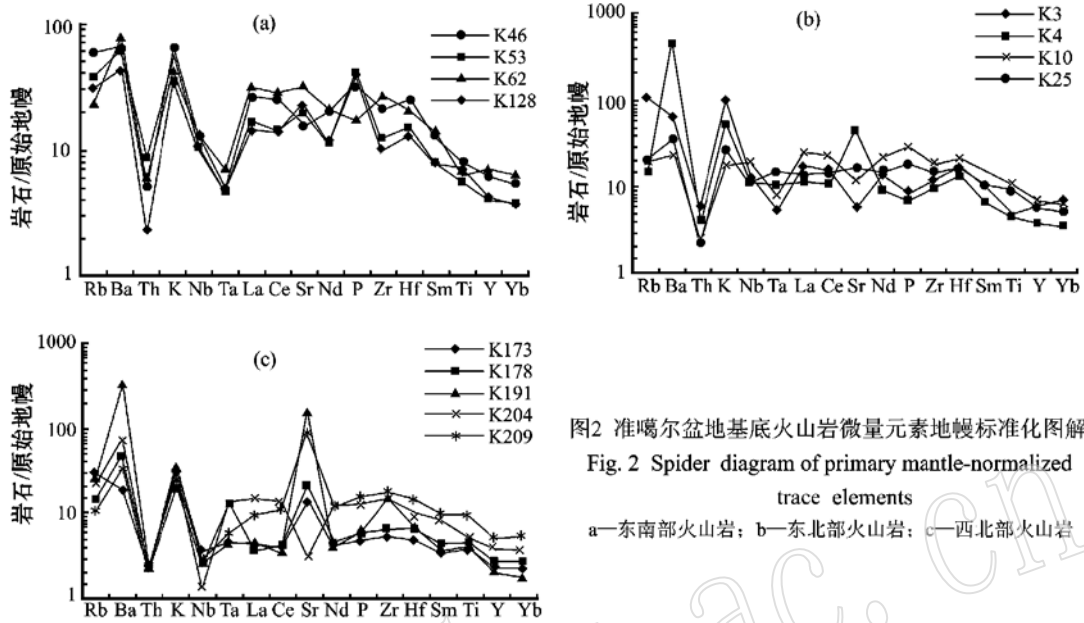


图2 准噶尔盆地基底火山岩微量元素地幔标准化图解
Fig. 2 Spider diagram of primary mantle-normalized trace elements
a—东南部火山岩; b—东北部火山岩; c—西北部火山岩

外, 均具有 $Ba/La > 30$ 和较高的 Ba/Nb 、 Ba/Zr 值, 这种大离子亲石元素与高场强元素的分离是俯冲消减带火山岩的典型特征 (Ajaji, 1998)。3 个火山岩区均表现出明显的 Th 亏损, Nb、Ta 亏损较明显。火山岩的稀土元素配分模式为轻稀土元素弱富集型: 西北部玄武岩的 $(La/Yb)_N$ 集中在 1.59~2.87 之间; 东北部玄武岩 $(La/Yb)_N$ 为 2.64~4.25; 东南部火山岩 $(La/Yb)_N$ 为 4.17~5.23。东北部、东南部和西北部火山岩的稀土元素总量分别为球粒陨石的 30 倍、25 倍和 10 倍。总体上, 西北部火山岩具有低的稀土元素总量和低的分异度。3 个火山岩区火山岩的 Eu 异常不明显, δEu 变化于 0.80~1.11 之间。 δEu 的变化与 Sr 含量有一定的关系, Sr 含量高则 Eu 正异常较明显, 这些特点是由于相对封闭体系中斜长石的结晶分异造成的, 与玄武岩主要由斜长石组成相一致。3 个火山岩区玄武岩微量元素特征的相似意味它们形成于相似的构造环境, 即汇聚板块岛弧环境。

6 Nd-Sr 同位素

Nd-Sr 同位素分析表明, 3 个地区火山岩的 $\epsilon Nd(0)$ 均大于 0, 东北部火山岩 $\epsilon Nd(0)$ 变化于 +4.3~+6.9 之间, 平均值为 +5.8; 东南部火山岩 $\epsilon Nd(0)$ 变化于 +3.7~+6.8 之间, 平均值为 +4.6; 西北部火山岩 $\epsilon Nd(0)$ 变化于 +4.9~+8.5 之间, 平均值为 +6.7。通过 Sr 同位素初始值 (290 Ma) 计算, 东北部火山岩 $(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$ 为 0.704427~0.706511, 东南部火山岩的 $(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$ 多集中在 0.703698~0.703969, 西北部火山岩 $(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$ 则集中在 0.703737~0.705030, 处于地幔范围内 (赵伦山等, 1988), 反映火山岩主要来自原始亏损地幔。研究认为, 样品的 $f_{Sm/Nd} > -0.2$, 则其稀土元素为非大陆稀土成因, 样品的 $f_{Sm/Nd} < -0.6$ 则显示其稀土元素经过高度分异作用, 只有 $f_{Sm/Nd}$ 为 -0.4 ± 0.2 的样品其稀土元素在成岩过程中未发生明显的分异, 因而以亏损地幔线性演化为假设前提而计算 Nd 模式年龄是有意义的 (Jahn, 2000)。本区的火山岩单阶段模式年龄的计算结果多集中在 400~700

Ma 之间。

7 讨论

7.1 火山岩的形成环境和源岩

火山岩具有 LREE 富集、Eu 弱异常或无异常的 REE 配分模式, 具较明显的 LIL 富集和 Ta-Nb 相对于 LIL 的亏损, 这是与俯冲带有关的火山岩的特征。火山岩较高的 Ba/Nb、Ba/La 和 Ba/Zr 比值是俯冲沉积物的熔融体和俯冲板片流体叠加于上覆楔形岩石圈地幔的结果 (MüNker *et al.*, 2000), 火山岩是楔形岩石圈地幔熔融形成的。原始地幔物质通过岛弧火山作用加入到地壳中, 这也是整个中亚造山带地壳增生的重要机制之一 (Kenneth, 2000)。岛弧火山岩地体的增生拼合, 导致古老的准噶尔洋的最终消亡及准噶尔盆地岛弧火山岩型基底形成 (Feng *et al.*, 1989)。

7.2 基底性质

对分布于盆地基底的火山岩的微量元素及同位素的研究表明, 它们均为汇聚板块环境岛弧火山作用的产物。火山岩作为岩石探针, 在一定程度上可以反映其深部组成的信息。俯冲作用期间不易迁移的微量元素 (高场强元素 Nb、Zr、Hf 及 REE) 地幔标准化值与俯冲组分加入前未交代地幔的成分接近, 可以近似地反映原始地幔的性质 (Scarrow, 2000)。一般来说, 基性火山岩的 Nb/Ta、Nb/Zr、Nb/Hf 与地幔的亏损程度具有一定的相关关系, 这 3 个比值愈低, 地幔源的亏损程度愈强 (Dosso *et al.*, 2000; Zhang Hongxiang *et al.*, 2000)。西北部火山岩具有最低的 Nb/Ta、Nb/Zr、Nb/Hf 比值和最低的 REE 含量; 东北部与东南部火山岩具有相似特征, 具较高的 REE 含量和较高的 Nb/Ta、Nb/Zr、Nb/Hf 比值。推测西北部的地幔源亏损程度高于东南部和东北部。3 个火山岩源区亏损程度的差异反映了俯冲汇聚前地幔经受熔体抽取 (melt extraction) 的程度不同 (Scarrow, 2000)。火山岩地球化学性质的差异反映其深部地幔源区的地球化学性质不同, 说明它们处于不同的构造单元。鉴于 3 个火山岩区处于塔里木、哈萨克斯坦和西伯利亚三大板块之间这一特殊的构造位置, 推测东南、西北和东北三个岛弧火山岩带分别为三大板块的新的增生带, 准噶尔盆地的基底很可能就是由 3 个岛弧增生地体拼合而成。这一结论和前人的观点是一致的 (Feng *et al.*, 1989)。

火山岩具有年轻的 Sm-Nd 模式年龄 (400~700 Ma), 且变化范围较小, 与具有古老的前寒武纪基底的火山岩较宽的模式年龄变化范围明显不同。另外, 岛弧火山岩的 Sm-Nd 单阶段模式年龄一般反映的是俯冲沉积物的时代 (MüNker *et al.*, 2000), 而俯冲沉积物最可能是陆源沉积物 (Ajaji, 2000), 由此可以推断, 俯冲沉积物的时代不超过 700 Ma, 因此, 岛弧火山岩的 Sm-Nd 模式年龄并未显示前寒武纪基底的年代信息, 却与准噶尔周边发现的残余洋壳的时代接近 (胡霏琴等, 1999)。

近年来, 岛弧火山岩成岩作用中的地壳混染作用, 尤其是下地壳的时代和成分对玄武质火山岩成分的影响越来越被人们所重视。Kersting 等 (1996) 及 Hildreth 等 (1988) 分别对日本的 Honshu 和中安第斯岛弧火山岩区的研究已证实这一影响, 并认为, 若下伏为年轻的地壳地体, 玄武质火山岩 Nd-Sr 同位素对壳幔相互作用不敏感, 一般具有地幔 Nd-Sr 同位素的特征, ϵ_{Nd} 为正值; 若下伏为古老的前寒武纪的地壳地体, 则 Nd-Sr 同位素的变化范围较大, ϵ_{Nd} 值为负值。研究区玄武质火山岩 Nd-Sr 同位素组成具有有限的变化范围:

$\epsilon Nd(0)$ 为 $+3.7 \sim +8.5$; $(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$ 为 $0.703698 \sim 0.706511$ 。据此可以推断, 准噶尔盆地存在前寒武纪古老陆壳基底的可能性不大, 对准噶尔盆地古生代花岗岩的研究也得出同样的结论(Coleman *et al.*, 1989)。以上分析说明准噶尔盆地的基底为岛弧火山岩地体拼合基底。

8 结 论

通过对准噶尔盆地基底火山岩的微量元素和 Nd-Sr 同位素的研究, 得出以下认识:

(1) 准噶尔盆地基底火山岩形成于岛弧增生环境, 原始的地幔物质通过岛弧火山作用加入到地壳中, 这是中亚造山带地壳增生的重要机制之一。古生代准噶尔地区处在板块汇聚岛弧增生拼合时期, 与整个中亚造山带古生代的大陆增生幕是一致的。

(2) 准噶尔盆地的基底由分属于周边的哈萨克斯坦、塔里木和西伯利亚板块的年轻的岛弧增生地体拼合而成, 前寒武纪地壳演化历史并不明显, 存在古老的前寒武纪基底的可能性不大。

References

- Ajaji T, Weis D, Giret A, *et al.* 1998. Coeval potassic and Sodic Calc_alkaline series in the post_collisional Hercynian Tancherfi intrusive complex, northeastern Morocco: geochemical, isotopic and geochronological evidence[J]. *Lithos*, 45: 371~393.
- Coleman R G, Feng Y. 1989. Isotopic studies bearing on the tectonics of the west Junggar region, Xinjiang, China [J]. *Tectonics*, 8(4): 719~727.
- Dosso L, Bougault H, Vlastelic I, *et al.* 2000. Heterogeneity of the sub_oceanic depleted mantle[A]. Abstracts of 31th International Geological Congress[C].
- Feng Y, Coleman R G, Tilton G, *et al.* 1989. Tectonic evolution of the west Junggar region, Xinjiang, China[J]. *Tectonics*, 8(4): 729~752.
- Han Baofu, He Guoqi, Wang Shiguang. 1999. Post_collision mantle_derived magmatism, underplating and the nature of basement of Junggar basin[J]. *Science in China series D*. 29(1): 16~20 (in Chinese).
- Hildreth W, Moorbath S. 1988. Crustal contributions to arc magmatism in Andes of central Chile[J]. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 98: 455~489.
- Hofmann A W. 1988. Chemical differentiation of the earth: the relationship between mantle, continental crust, and oceanic crust[J]. *Earth and Planetary Science Letter*, 90: 297~314.
- Hu Aiqin, Wang Zhonggang, Tu Guangzhi, *et al.* 1997. Geological Evolution and Diagenesis and Mineralization in Northern Xinjiang[M]. Beijing: Science Publishing House, 81~89 (in Chinese).
- Jahn Bor_ming. 2000. Granitoids of the CAOB and continental growth in the Phanerozoic[A]. Abstracts of 31th International Geological Congress[C].
- Kenneth H. 2000. Growth of Asia during the Phanerozoic[A]. Abstracts of 31th International Geological Congress[C].
- Kersting A B, Arculus R J, Gust D A. 1996. Lithospheric contributions to arc magmatism: isotopic variation along strike in volcanoes of Honshu, Japan[J]. *Science*, 272: 1464~1468.
- Luo Zhili. 1998. Distribution and outlook for oil/gas exploration of petroliferous basin in China[J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 19(6): 441~449 (in Chinese).
- Münker C. 2000. The isotope and trace element budget of the Cambrian Devil River arc system, New Zealand: identification of four source components [J]. *Journal of Petrology.*, 41(6): 759~788.

- Ren Jishun, Jiang Chunfa. 1980. Geotectonic and Its Evolution of China[M]. Beijing: Science Publishing House (in Chinese).
- Righter K. 2000. A comparison of basaltic volcanism in the Cascades and western Mexico: compositional diversity in continental arcs[J]. Tectonophysics, 318: 99~ 117.
- Scarrow J H, Bea F, Montero P, *et al.* 2000. Preservation of atypical arc rocks in sutures[A]. Abstracts of 31th International Geological Congress[C].
- Sun S S, Neshitt R W. 1977. Chemical heterogeneity of the Archaean mantle, composition of earth and mantle evolution[J]. Earth and Planetary Science Letter, 35: 429~ 448.
- Wu Qingfu. 1987. Evidence for Junggar massif and its position in the evolution of Kazakhstan plate[A]. Symposium of Plate of Northern China[C]. Beijing: Geological Publishing House, 29~ 38 (in Chinese).
- Xiao Xuchang, Tang Yaoqing, Feng Yimin, *et al.* 1992. Tectonic Evolution of Northern Xinjiang and Its Adjacent Regions [M]. Beijing: Geological Publishing House, 121~ 124 (in Chinese).
- Zhang Hongxiang, Liu Congqiang, Xu Zhifang, *et al.* 2000. Characteristics of Paleoproterozoic subduction system in western margin of Yangtze plate[J]. Journal of China University of Geosciences, 11(1): 56~ 65.
- Zhao Lunshan, Zhang Benren. 1988. Geochemistry[M]. Beijing: Geological Publishing House, 172~ 176 (in Chinese).

附中文参考文献

- 胡霁琴, 王中刚, 涂光炽, 等. 1997. 新疆北部地质演化及成岩成矿规律[M]. 北京: 科学出版社, 81~ 89.
- 韩宝福, 何国琦, 王式光. 1999. 后碰撞幔源岩浆活动 底垫作用及准噶尔盆地基底性质[J]. 中国科学(D辑), 29(1): 16~ 20.
- 罗志力. 1998. 中国含油气盆地分布规律及油气勘探展望[J]. 新疆石油地质, 19(6): 441~ 449.
- 任纪舜, 姜春发. 1980. 中国大地构造及其演化[M]. 北京: 科学出版社.
- 吴庆福. 1987. 论准噶尔中间地块的存在及其在哈萨克斯坦板块构造演化中的位置[A]. 中国北方板块论文集[C]. 北京: 地质出版社, 29~ 38
- 肖序常, 汤耀庆, 冯益民, 等. 1992. 新疆北部及邻区大地构造[M]. 北京: 地质出版社, 121~ 124.
- 赵伦山, 张本仁. 1988. 地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 172~ 176.

“全国火山岩油气藏勘探开发技术研讨会”即将召开

由中国石油学会石油地质专业委员会 辽河油田分公司勘探开发研究院等单位联合主办、《特种油气藏》编辑部协办的“全国火山岩油气藏勘探开发技术研讨会”将于 2002 年 4 月 ~ 5 月召开。此次会议针对目前火山岩油气藏日益受到重视但勘探难度逐渐增大的现状, 将对火山岩形成条件、火山岩岩相特征、火山岩储层的形成规律、裂缝形成机理、裂缝发育带展布特征、火山岩油气藏形成条件、火山岩油气藏地震解释及测井评价等问题进行广泛交流, 系统总结多年来勘探开发技术经验。会议除学术交流外, 拟请有关专家作学术报告。会议征文截止日期为 2002 年 4 月 10 日, 优秀论文将在国家级科技期刊《特种油气藏》上发表。会议具体时间和地址请咨询《特种油气藏》编辑部, 地址: 辽宁省盘锦市辽河油田分公司勘探开发研究院《特种油气藏》编辑部, 邮编: 124010, 电话: 0427- 7823579, E-mail: tzyqc@etang.com。

(中国石油学会石油地质专业委员会 王 霞 供稿)