卷(Volume)26,期(Number)2,总(SUM)93
页(Pages)148~155,2002,6(Jun.,2002)

大地构造与成矿学
Geotectonic et Metallogenia

新疆诺尔特地区岩浆岩形成的构造环境及其意义

袁峰,周涛发,岳书仓
(合肥工业大学资源与环境工程学院,安徽 合肥 230009)

摘 要:诺尔特地区位于阿尔泰北部山区,西伯利亚板块西南缘。花岗岩广泛分布,主要为加里东晚期、华力西中、晚期花岗岩,存在燕山期花岗岩。区内火山岩主要是泥盆纪及石炭纪火山岩,泥盆纪火山岩赋存于上泥盆统忙代恰组中,石炭纪火山岩赋存于下石炭统红山嘴组中,主要为中-酸性火山岩,属钙碱性系列。区内岩浆岩构造环境的研究表明,加里东晚期花岗岩形成于汇聚阶段,属挤压环境;华力西中期花岗岩形成于新陆壳阶段弛张期向活化期过渡的时期,应力体制由拉张向挤压过渡;华力西晚期花岗岩形成于新陆壳阶段活化期,属挤压环境;燕山期花岗岩形成于古生代新陆壳在中生代的发展阶段,属挤压环境;泥盆纪火山岩是新陆壳发展阶段固结期的产物,石炭纪火山岩为弛张期及活化期演化过程中的产物。

关键词:花岗岩;火山岩;构造环境;诺尔特地区;新疆
中图分类号:P588.1 文献标识码:A 文章编号:1001-1552(2002)02-148-08

1 引 言

诺尔特地区位于阿尔泰北部山区,西伯利亚板块西南缘[1992,肖序常,等],属阿尔泰造山带。阿尔泰造山带划分为5个构造带:北阿尔泰构造带、南阿尔泰构造带、琼库尔—阿巴宫构造带、额尔齐斯构造带、布尔津—二台构造带[1990,何国琦],诺尔特地区位于北阿尔泰构造带的东部。区内出露有上泥盆统忙代恰组和下石炭统红山嘴组陆相火山岩、火山沉积岩、浅海-滨海相碎屑岩、生物灰岩以及前震旦纪库威群基底岩系。花岗岩广泛分布,主要为加里东晚期、华力西中晚期及燕山期花岗岩。阿尔泰地区火山岩形成的时期可以分为晋宁旋回、加里东旋回、华力西旋回和喜马拉雅旋回,其中华力西旋回火山活动剧烈,持续时间长,分布范围广,量多,岩性复杂,相变大,时间上可分为早、中、晚三期,形成的四个火山岩带分别为:乌伦古河俯冲带及海沟蛇绿-火山岩带,喀拉通克岛弧火山岩带,克兰弧后盆地火山岩带,诺尔特板内断陷火山盆地火山岩带。诺尔特板内火山岩带出露地层为上泥盆统忙代恰组及下石炭统红山嘴组,主要岩石组合类型为英安岩-流纹岩(碎斑熔岩)。区内NW向、NNW向、近EW向和NE向断裂发育,规模最大的断裂是红山嘴断裂(图1),该断裂的活动时间较长,具多阶段性。本文将研究区内广泛分布的岩浆岩形成的构造环境,并从岩浆岩的角度探讨区域构造演化特征。

2 岩浆岩时空分布特征

区内花岗岩主要受红山嘴断裂控制,花岗岩体沿红山嘴断裂及其次级断裂分布。本文在前人资料的基础上,结合最新的同位素年龄结果,认为诺尔特地区花岗岩除主要形成于加里东晚期、华力西中期及华力西晚期外,也存在燕山期花岗岩(表1)。对于是否存在燕山期花岗岩尚有争议,但本文认为在诺

收稿日期:2001-12-17;改回日期:2002-02-28
基金项目:本文为"九五"国家科技攻关项目(96-915-02-04,新疆305)部分成果.
作者简介:袁峰(1971-),男,博士,副教授,主要从事矿床学的研究与教学.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

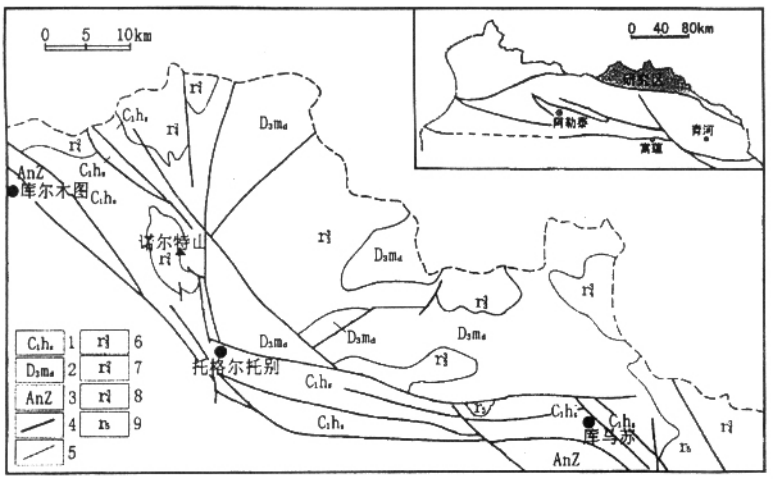


图 1 诺尔特地区地质略图

Fig. 1 Geological sketch of the Nurt area

1 – 下石炭统红山嘴组；2 – 上泥盆统忙代恰组；3 – 前震旦系库威群；4 – 断层；5 – 地质界线；6 – 加里东晚期花岗岩；7 – 华力西中期花岗岩；8 – 华力西晚期花岗岩；9 – 燕山期花岗岩

表 1 诺尔特地区部分花岗岩同位素年龄

Table 1 Isotopic dating of partial granites in the Nurt area

岩体	岩性	测定对象	测试方法	年龄(Ma)	
塔斯比克都尔根	黑云母二长花岗岩	锆石	Pb – Pb	396 ± 12	(1)
				404 ± 9	(1)
				412 ± 12	(1)
塔斯比克	白云母二长花岗岩	锆石	Pb – Pb	440 ± 5	(1)
阔喀亚克达热斯	片麻状黑云母花岗岩	锆石	Pb – Pb	420 ± 5	(1)
哈龙—巴利尔斯	二长花岗岩	全岩	Rb – Sr	401 ± 3	(2)
阿克萨拉沟	花岗斑岩	锆石	Pb – Pb	329 ± 13	(1)
库尔木图	二云母花岗岩	钾长石	K – Ar	292	(1)
海尔特	黑云母花岗岩	黑云母	K – Ar	224	(1)
加勒格孜阿嗄希	二云母花岗岩	黑云母	K – Ar	138	(1)
		黑云母	K – Ar	180	(1)
		钾长石	K – Ar	103	(3)
阿提什	黑云母二长花岗岩	钾长石	K – Ar	133	(3)

资料来源：(1) 新疆地质矿产局①；(2)[1990，刘伟]；(3)本文(测试单位：南京地质矿产研究所)

尔特地区是存在燕山期岩体的，一方面有燕山期同位素年龄数据的支持，另一方面也有地质证据的支持，主要表现为，加勒格孜阿嗄希岩体南部侵入于下石炭统红山嘴组中，亦侵入于华力西晚期斑状黑云母花岗岩中，北界顺层或斜交侵入于下石炭统红山嘴组中，与华力西晚期斑状黑云母花岗岩断层接触，另一岩体阿提什岩体侵入于下石炭统红山嘴组第 2 岩性段中。

加里东晚期花岗岩主要分布于诺尔特地区中部，库尔木图—忙代恰及巴利尔斯—喀依尔提一带，另外在西部西岔河—阿阻拜一带也有分布，岩体展布方向为北西—南东向。华力西中期花岗岩主要分布于西北部库尔木图—诺尔特山—托格尔托别一带，另外在金格—库马苏一带也有出露，岩体展布方向与区域构造线方向一致。华力西晚期花岗岩主要分布于库马苏、库额尔齐斯河上游及中蒙边境一带。燕山期花岗岩出露范围小，分布于库额尔齐斯河上游附近(图 1)。

诺尔特板内火山岩带位于中蒙边境的诺尔特—红山嘴—奎屯峰一带，火山岩主要赋存于上泥盆统忙代恰组及下石炭统红山嘴组。其中石炭纪火山岩赋存于下石炭统红山嘴组中，沿红山嘴—库尔木图—托格尔托别—金格—库马苏一带分布(图 1)，火山岩岩性主要是酸性、中 – 酸性陆相火山岩及火山沉积岩，在红山嘴组三个岩性段中均有出露。第 1 岩性段中局部见晶屑凝灰岩、碎斑熔岩、英安岩；第 2 岩性段中主要为凝灰岩、层凝灰岩；第 3 岩性段中主要有凝灰岩、晶屑凝灰岩、火山角砾岩、流纹岩、碎斑熔岩。由下至上即从第 1 至第 3 岩性段火山岩分布规模变大。泥盆纪火山岩赋存于上泥盆统忙代恰组中，主要分布在北部忙代恰地区(图 1)，火山岩岩性主要是英安质陆相火山岩、火山沉积岩，在忙代恰组四个岩性段中均有分布。第 1 岩性段中火山岩岩性主要为英安岩、英安质熔结凝灰岩；第 2 岩性段中主要为英安质晶屑凝灰岩、岩屑晶屑凝灰岩、层凝灰岩；第 3 岩性段中主要为层凝灰岩；第 4 岩性段中主要为凝灰岩及层凝灰岩，分布较少。由下至上即从第 1 至第 4 岩性段，火山岩分布规模逐渐变小。

3 岩石地球化学特征

3.1 岩石化学特征

诺尔特地区岩浆岩岩石化学成分如表 2、表 3 所示。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 2 诺尔特地区部分花岗岩化学成分(%)

Table 2 Chemical compositions of partial granites in the Nurt area (%)

	岩体	岩性	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	
加里东晚期	塔斯比克都尔根	黑云母花岗岩	70.85	0.34	14.60	0.61	1.68	0.03	0.81	1.77	3.81	3.95	0.24	(1)
	阔喀亚克达热斯	黑云母花岗岩	72.15	0.50	13.76	0.77	1.46	0.04	0.95	1.26	4.09	3.49	0.22	(1)
	正格	二云母花岗岩	71.10	0.18	14.93	0.62	1.06	0.06	0.54	1.03	3.30	5.19	0.36	(1)
华力西中期	大青格里	斜长花岗岩	66.39	0.57	16.23	1.72	2.81	0.10	2.08	4.38	3.06	2.34	0.14	(2)
	协特克库勒	斜长花岗岩	80.44	0.40	8.61	1.26	1.81	0.02	1.52	1.05	1.44	1.76	0.04	(2)
	巴利尔斯	二云母花岗岩	75.71	0.17	13.07	0.61	0.86	0.02	0.45	1.55	3.05	2.93	0.05	(2)
	库尔木图	二云母花岗岩	74.40	0.18	14.20	0.52	1.05	0.06	0.54	0.78	3.48	4.93	0.27	(1)
	西诺尔特山	石英斑岩	70.54	0.41	13.37	1.10	2.28	0.05	1.71	1.25	2.87	3.90	0.14	(1)
	阿克萨拉	花岗斑岩	70.90	0.43	13.19	1.02	2.20	0.06	1.21	1.61	2.55	4.17	0.14	(2)
	2614.5 高点	二长花岗岩	72.69	0.28	13.10	0.83	1.92	0.02	2.45	1.16	1.98	3.94	0.12	(2)
	东岔河	花岗斑岩	70.73	0.56	13.59	2.85	1.36	0.07	0.64	1.86	2.05	3.46	0.26	(2)
	阔克牙克达拉斯	花岗斑岩	70.37	0.49	13.89	0.92	2.64	0.04	1.65	0.30	3.38	3.92	0.14	(1)
华力西晚期	西岔河	花岗斑岩	72.01	0.23	15.01	0.41	1.14	0.03	0.80	1.21	2.96	5.70	0.27	(2)
	海尔特	黑云母花岗岩	69.88	0.37	14.77	0.98	2.06	0.06	1.91	1.66	3.54	3.85	0.16	(1)
	灭日特克	二云母花岗岩	72.76	0.24	14.92	0.94	0.97	0.07	0.38	1.16	3.77	4.59	0.16	(2)
	都年达腊斯	黑云母花岗岩	73.70	0.30	13.45	0.78	0.93	0.06	0.61	1.72	3.38	4.55	0.08	(2)
	阿尔沙特	白云母花岗岩	74.56	0.01	14.18	0.28	0.40	0.02	0.11	0.50	4.56	4.17	0.14	(2)
	库木阿拉散	二云母花岗岩	72.77	0.21	14.41	0.67	0.77	0.02	0.08	1.50	3.40	4.68	0.16	(2)
	库斯特	二长花岗岩	73.25	0.28	13.61	0.86	1.07	0.03	0.42	1.28	3.11	5.24	0.21	(2)
	曲格	黑云母花岗岩	76.43	0.29	13.01	0.02	1.35	0.03	1.01	0.42	5.62	1.00	0.12	(2)
燕山期	加勒格孜阿嘎希	二云母花岗岩	70.83	0.48	14.30	0.72	1.50	0.04	0.17	2.19	3.30	5.63	0.24	(1)
	阿提什	二长花岗岩	71.71	0.39	13.38	0.63	1.68	0.07	0.89	1.60	3.13	4.34	0.20	(1)

资料来源:(1) 本文(测试单位:国家地质实验测试中心);(2) 新疆地质矿产局①

表 3 诺尔特地区火山岩化学成分(%)

Table 3 Chemical compositions of volcanic rocks in the Nurt area (%)

时代	岩性	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5
泥盆纪	碎斑熔岩	75.96	0.21	9.88	2.04	0.93	0.02	0.07	0.08	0.29	8.80	0.16
	碎斑熔岩	72.44	0.25	10.65	2.91	3.04	0.03	0.15	0.18	0.23	8.80	0.23
	英安岩	59.84	1.05	14.21	3.68	5.22	1.15	1.54	5.21	3.27	2.34	0.40
	英安岩	62.26	1.20	14.10	2.27	5.76	0.14	2.12	3.60	3.31	2.81	0.38
	晶屑凝灰岩	61.18	1.20	13.81	2.28	5.78	0.15	2.50	3.90	3.40	2.39	0.53
	晶屑凝灰岩	71.46	1.27	12.68	3.13	0.90	0.08	0.18	1.68	3.55	3.34	0.10
	碎斑熔岩	78.84	0.14	12.30	0.66	0.41	0.05	0.37	0.21	2.71	2.68	0.03
石炭纪	晶屑凝灰岩	72.04	0.51	12.70	0.81	4.08	0.059	2.94	0.43	1.54	2.09	0.22
	晶屑凝灰岩	62.90	0.76	19.62	5.82	2.01	0.046	0.44	0.47	0.63	4.28	0.22
	碎斑熔岩	55.95	0.72	19.13	1.10	6.69	0.09	1.15	0.35	0.30	11.9	0.21
	霏细质碎斑熔岩	75.23	0.13	11.18	0.52	1.06	0.08	0.09	0.64	0.44	8.84	0.03
	似斑状碎斑熔岩	70.60	0.27	12.75	0.66	2.46	0.08	0.24	1.40	0.18	9.28	0.10
	凝灰岩	72.18	0.35	13.25	0.95	1.11	0.03	1.48	1.80	4.90	3.70	0.17
	凝灰岩	71.45	0.34	13.98	1.30	1.12	0.04	1.93	0.85	2.88	3.10	0.22
	凝灰岩	75.48	0.15	11.49	0.78	0.40	0.05	0.90	1.42	2.60	3.90	0.16
	晶屑凝灰岩	72.27	0.19	13.79	1.08	0.80	0.05	0.96	0.38	2.93	5.20	0.10
	凝灰岩	69.04	0.46	13.49	1.16	2.08	0.02	2.16	1.98	0.70	6.14	0.10
	凝灰岩	68.77	0.40	13.68	0.84	1.68	0.05	2.24	1.51	3.26	3.63	0.12
	碎斑熔岩	71.86	0.18	13.08	1.47	2.06	0.05	0.68	0.30	0.10	6.96	0.072
	碎斑熔岩	72.35	0.29	13.84	2.27	0.60	0.04	0.30	1.22	3.58	2.96	0.013
	晶屑凝灰岩	63.36	0.52	13.39	0.84	4.21	0.45	2.07	2.87	2.51	2.41	0.14
	英安岩	68.28	0.41	14.54	0.63	3.46	0.14	1.14	1.28	3.00	4.86	0.10
	晶屑凝灰岩	67.80	0.42	14.73	0.84	3.90	0.17	1.36	1.06	1.49	5.96	0.11
	晶屑凝灰岩	68.30	0.40	15.07	0.53	2.90	0.13	0.98	1.31	4.63	3.67	0.11
	晶屑凝灰岩	62.69	0.64	13.93	0.86	4.92	0.17	3.62	2.94	2.21	2.20	0.18
	英安岩	67.27	0.57	14.63	2.16	2.33	0.12	0.89	1.50	3.19	5.01	0.18
	晶屑凝灰岩	76.19	0.18	11.54	0.80	1.29	0.07	0.58	0.07	0.20	7.77	0.04

测试单位:国家地质实验测试中心

① 1990. 新疆维吾尔自治区地矿局. 1/5 万区域地质调查报告,阿克萨拉达坂幅—诺尔特湖幅—塔勒德萨依幅.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

在花岗岩化学成分分类中(图 2),加里东晚期花岗岩投点于碱长花岗岩、钾长花岗岩及二长花岗岩区域;华力西中期花岗岩分布于碱长花岗岩、钾长花岗岩及二长花岗岩区域,集中于钾长花岗岩和二长花岗岩区域,个别点投影于英云闪长岩区域;华力西晚期花岗岩集中于钾长花岗岩区域;燕山期花岗岩分布于钾长花岗岩和二长花岗岩过渡区域。在 AFM 相关关系中,本区加里东晚期、华力西中期、华力西晚期及燕山期花岗岩均集中于钙碱性演化趋势区域。加里东晚期花岗岩均为铝过饱和类型,即 Al> K + Na + Ca,ANKC 值变化范围为 1.06 ~ 1.16,平均为 1.1,Na/K 比值变化于 0.64 ~ 1.17 间,平均为 0.92。华力西中期花岗岩均为铝过饱和类型,ANKC 值变化范围为 1.05 ~ 1.38,平均为 1.22,Na/K 比值变化于 0.5 ~ 1.31 之间,平均为 0.88。华力西晚期花岗岩也基本上为铝过饱和类型,ANKC 值范围为 0.92 ~ 1.13,平均值为 1.04;Na/K 比值范围在 0.52 ~ 1.09,平均值为 0.74。燕山期花岗岩均为铝过饱和类型,ANKC 值变化范围为 1.04 ~ 1.13,平均值为 1.09;Na/K 比值范围在 0.72 ~ 0.92,平均为 0.82。

在火山岩 R1—R2 多阳离子分类图解[1980,De La Roche]中(图 3),泥盆纪火山岩投影集中于英安岩、碱性流纹岩、流纹岩、英安流纹岩及流纹英安岩区域;石炭纪火山岩投影于流纹岩、英安流纹岩及流纹英安岩区域。可见,区内火山岩主要为中 – 酸性火山岩,泥盆纪火山岩略偏中性,但仍以英安质及流纹质岩石为主,而石炭纪火山岩则以酸性为主,为英安质及流纹质岩石。

诺尔特地区泥盆纪火山岩 SiO_2 含量 59.84% ~ 78.84%,$K_2O + Na_2O$ 含量 5.61% ~ 9.09%,石炭纪火山岩 SiO_2 含量变化范围在 55.95% ~ 76.19%,$K_2O + Na_2O$ 变化范围在 3.63% ~ 12.2%。在 AFM 相关关系中,泥盆纪及石炭纪火山岩绝大部分投影点集中于钙碱性系列区间。区内火山岩 δ 值在 1 ~ 3.3 之间,火山岩碱度变化不大,总体上属钙碱性岩石组合。在 $K_2O—SiO_2$ 相关图解中(图 4),火山岩投影于高钾区(K_2O> 3%)和钙碱区(K_2O = 1.3% ~ 3%),反映了地壳成熟度较高的特点,其中泥盆纪火山岩投影点相对集中于高钾区与钙碱区的过渡区域,而石炭纪火山岩则主要投影于高钾区。

3.2　稀土元素特征

诺尔特地区加里东晚期花岗岩稀土元素总量平均值为 173.88×10^{-6},华力西中期花岗岩为

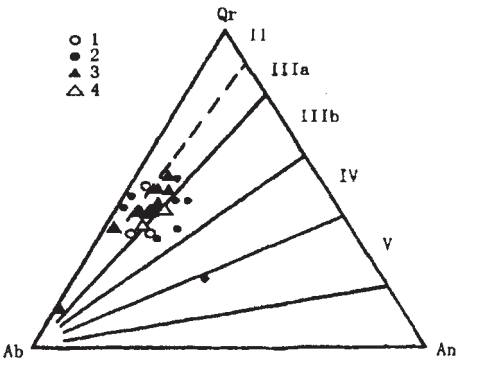


图 2　化学 – 矿物定量岩石分类图解

Fig. 2　Chemistry-mineral classification of the granites

Ⅱ – 碱长花岗岩;Ⅲa – 钾长花岗岩;Ⅲb – 二长花岗岩;Ⅳ – 花岗闪长岩;Ⅴ – 英云闪长岩. 1 – 加里东晚期花岗岩;2 – 华力西中期花岗岩;3 – 华力西晚期花岗岩;4 – 燕山期花岗岩

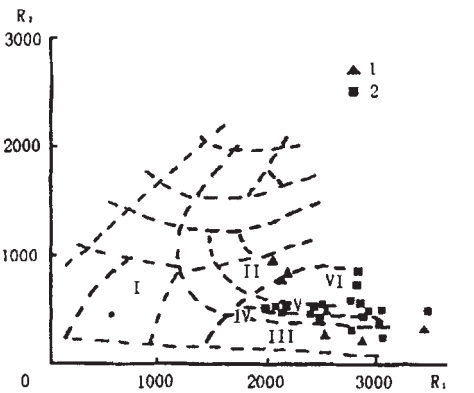


图 3　火山岩 R1—R2 多阳离子分类图解

Fig. 3　R1—R2 diagram of volcanic rocks

Ⅰ – 粗面岩;Ⅱ – 英安岩;Ⅲ – 碱性流纹岩;Ⅳ – 流纹岩;Ⅴ – 英安流纹岩;Ⅵ – 流纹英安岩. 1 – 泥盆纪火山岩;2 – 石炭纪火山岩

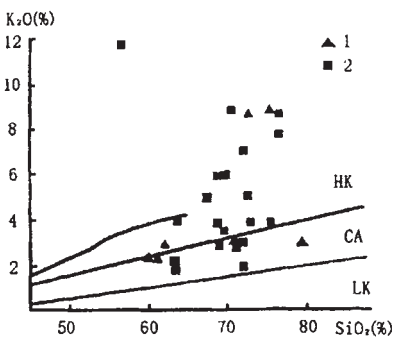


图 4　火山岩 $K_2O—SiO_2$ 图解

Fig. 4　$K_2O—SiO_2$ diagram of volcanic rocks

HK – 高钾区;CA – 钙碱区;LK – 低钾区;1 – 泥盆纪火山岩;2 – 石炭纪火山岩

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

245.42×10⁻⁶，华力西晚期花岗岩为 136.05×10⁻⁶，燕山期花岗岩为 213.09×10⁻⁶。LREE/HREE、δEu 及 $(La/Yb)_N$ 的平均值在本区加里东晚期花岗岩分别为 2.73、0.53 及 10.08；华力西中期花岗岩分别为 3.52、0.47 及 12.33；华力西晚期花岗岩分别为 10.66、0.63 及 10.04；燕山期花岗岩分别为 5.51、0.46 及 18.71。与世界平均花岗岩稀土元素及 LREE/HREE 比值相比较，区内各期花岗岩的 ΣREE 值均偏低，加里东晚期花岗岩的 LREE/HREE 值偏低，而华力西中期、华力西晚期及燕山期花岗岩的 LREE/HREE 值则偏高，表明了加里东晚期花岗岩物质来源可能相对较深。

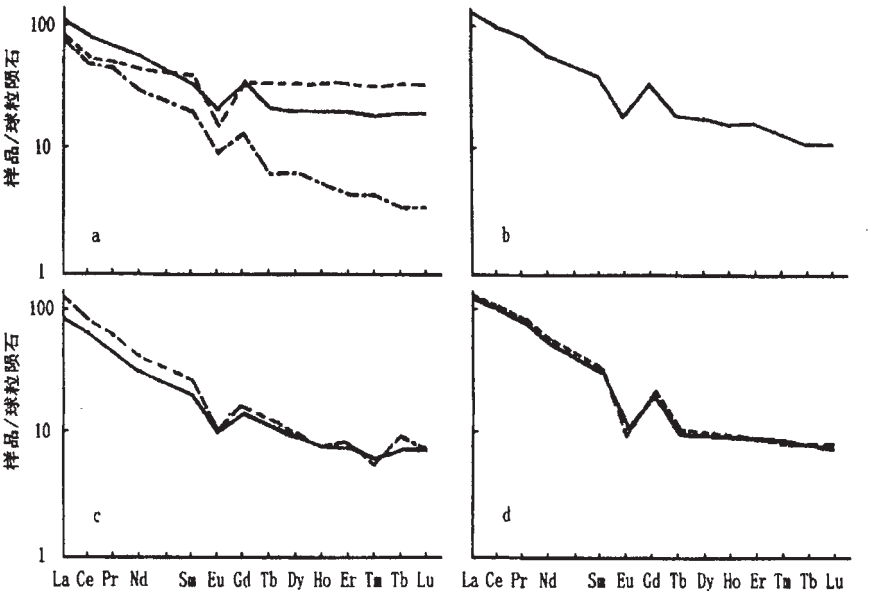


图 5 花岗岩 REE 配分模型

Fig. 5 REE distribution patterns of granites

a－加里东晚期花岗岩；b－华力西中期花岗岩；c－华力西晚期花岗岩；d－燕山期花岗岩

统计资料表明，δEu 和 $(La/Yb)_N$ 对于花岗岩成因有重要鉴定意义，当 δEu 小于 0.7，$(La/Yb)_N$ 值大于 5 时，为 S 型花岗岩，I型花岗岩则相反，特点是 δEu 值大而 $(La/Yb)_N$ 值小。本区各期花岗岩均具有中等的负铕异常，且 δEu 值小于 0.7，而 $(La/Yb)_N$ 值均大于 5，具有 S 型花岗岩的特点。各期花岗岩稀土元素标准化曲线具有向右倾斜的轻稀土富集型特征，轻稀土部分的斜率略大于重稀土部分(图 5)。本区花岗岩具中等负铕异常且 δEu 值偏大，即近于 0.50 或略大于 0.50，这也是 S 型花岗岩的特点。新疆北部花岗岩幔源、壳幔混合源者稀土总量较低、$(La/Yb)_N$ 值较低、标准化曲线较平缓、Eu 亏损不显著甚至是正异常；壳源者稀土总量较高、$(La/Yb)_N$ 值较大、曲线较陡、Eu 亏损较明显[1991，周汝洪]。对比可见，本区各期花岗岩稀土总量偏低，$(La/Yb)_N$ 值较大，标准化曲线较平缓，具中等 Eu 亏损，具有壳源向壳幔混合源过渡的特点，这一特点反映出本区花岗岩与典型的 S 型花岗岩在物质来源上的差异。

诺尔特地区火山岩中，泥盆纪火山岩 ΣREE 范围在(126.02～219.79)×10⁻⁶，均值 176.65×10⁻⁶，δEu 范围在 0.36～0.80，均值 0.60，呈铕亏损，LREE/HREE 比值为 2.89～5.12，均值为 3.99；石炭纪火山岩 ΣREE 范围在(83.29～281.79)×10⁻⁶，均值 183.45×10⁻⁶，δEu 范围在 0.44～0.81，均值 0.54，中等负铕异常，LREE/HREE 比值为 1.98～8.23，均值 4.92。泥盆纪火山岩与石炭纪火山岩 ΣCe/ΣY 值均略大于地壳平均值 (ΣCe/ΣY = 3.74)，表明区内火山岩的成因与壳源物质有关。火山岩稀土元素配分曲线(图 6)可见，无论泥盆纪火山岩还是石炭纪火山岩，均具有向右倾斜的轻稀土富集特征，轻稀土部分的斜率大于重稀土部分。

4 岩浆岩形成的构造环境

关于阿尔泰地区花岗岩的成岩构造环境，目前的观点以邹天人等(1988)所划分的造山花岗岩系列(与造山运动有关)和非造山花岗岩系列(与深断裂带有关)为主，其阿尔泰造山花岗岩和非造山花岗岩的主要判别标志，对于诺尔特地区花岗岩形成构造环境的判别有一定意义。对比可见，区内花岗岩具有阿尔泰造山花岗岩系列的一些特点，主要表现在：岩浆岩组合(黑云母花岗岩、二云母花岗岩、二长花岗岩)、有关的脉岩(伟晶岩脉)、岩石构造(片麻状构造)、造岩矿物(角闪石：普通角闪石，云母：铁质黑云母、白云母，钾长石：微斜长石)和岩石化学特征(Al_2O_3 过饱和，较高的钙碱指数，无过碱性岩石，AFM 图上数据点沿 FM 边分散性小)等方面。另外，区内花岗岩与阿尔泰造山花岗岩系列又有不同之

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

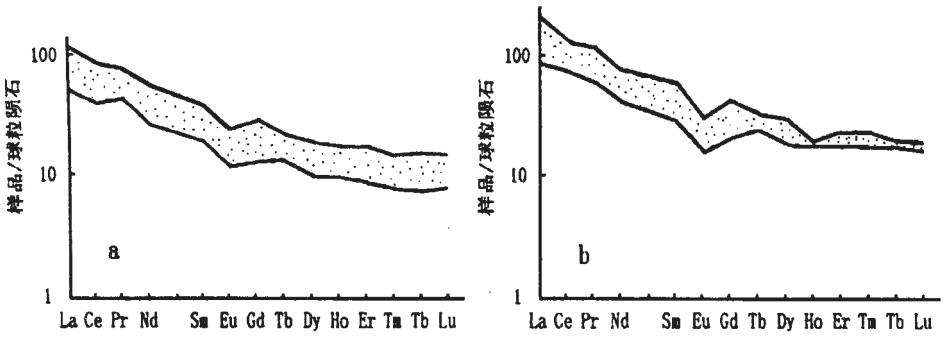


图 6　火山岩 REE 配分模型

Fig. 6　REE distribution patterns of volcanic rocks

a – 石炭纪火山岩 ;b – 泥盆纪火山岩

花岗岩主要属于同碰撞、同造山花岗岩,花岗岩的形成与造山运动有密切关系,另外,在大规模造山活动之后也有岩浆侵入活动发生。诺尔特地区各期花岗岩主要产出于挤压构造环境,包括加里东晚期、华力西晚期及燕山期花岗岩 ;华力西中期花岗岩既有产出于挤压环境,又有产出于非挤压环境。

处,主要表现在 :岩石结构(花岗结构、文象结构、蠕虫结构)和挥发分(H_2O、F、Cl、S)种类有差别,加里东晚期及华力西中期花岗岩 LREE/HREE 比值较低,而华力西晚期及燕山期花岗岩 LREE/HRE 比值则较高,工作中未见有变质成因的交代花岗岩,花岗岩成岩作用为源岩的部分熔融作用,花岗岩的成因类型上具有 S 型花岗岩的特点等。因此,诺尔特地区花岗岩与阿尔泰造山花岗岩系列既有相似的特点,又有不同之处。

本文采用主量元素 R1 — R2 构造判别图解[1986,Batchelor, *et al.*],可见本区花岗岩绝大部分样品点集中于同造山花岗岩区域,另外,华力西晚期花岗岩样品点也有个别落于造山晚期花岗岩区域及造山期后花岗岩区域,华力西中期有部分样品点落于拉张构造区内(图 7)。结果显示诺尔特地区

诺尔特地区火山岩形成的构造环境可以利用岩石化学的方法进行判断,本文采用火山岩 $\log\tau - \log\sigma$ 构造判别图解中(图 8),可见泥盆纪火山岩投影点基本上均位于造山带与非活动带演化的偏碱性火山岩区域,石炭纪火山岩投影点则既有位于造山带火山岩区域的,又有位于造山带与非活动带的演化区域的。

5　讨论与结论

何国琦等(1995)曾提出了北阿尔泰造山带地壳演化的五阶段模式,即基底陆壳、拉张型过渡壳、汇聚型过渡壳、新陆壳及新陆壳在中、新生代的发展阶段,但其工作未涉及诺尔特地区。本文对诺尔特地区岩浆岩形成的构造环境的研究结果,从岩浆岩的角

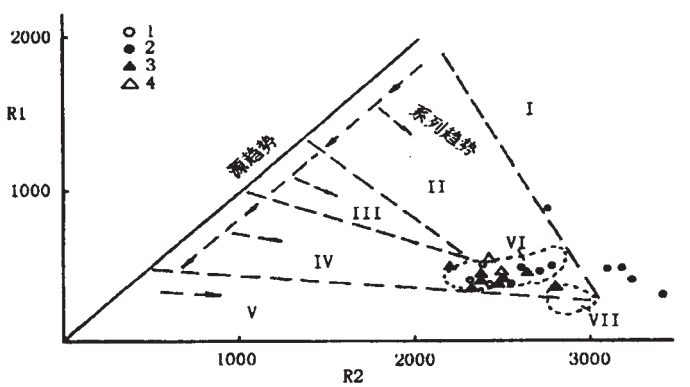


图 7　R1—R2 构造判别图解

Fig. 7　R1—R2 tectonic discrimination diagram

Ⅰ – 幔源花岗岩 ;Ⅱ – 板块碰撞前消减地区花岗岩 ;Ⅲ – 板块碰撞后隆起花岗岩 ;Ⅳ – 造山晚期花岗岩 ;Ⅴ – 非造山区 A 型花岗岩 ;Ⅵ – 同造山花岗岩 ;Ⅶ – 造山期后 A 型花岗岩 . 1 – 加里东晚期花岗岩 ;2 – 华力西中期花岗岩 ;3 – 华力西晚期花岗岩 ;4 – 燕山期花岗岩

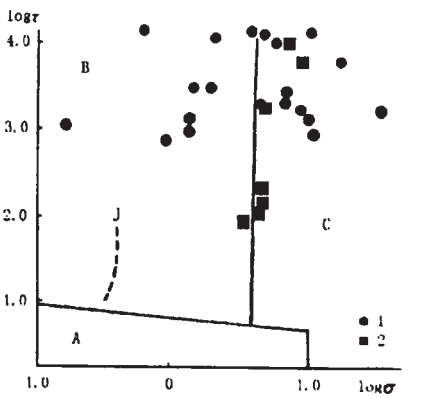


图 8　火山岩 $\log\tau$ 与 $\log\sigma$ 关系图解

Fig. 8　$\log\tau - \log\sigma$ diagram of volcanic rocks

A – 非活动带 稳定区)火山岩 ;B – 造山带 岛弧及活动大陆边缘区)火山岩 ;C – A 和 B 演化的碱性火山岩 ;J – 日本弧火山岩 . 1 – 石炭纪火山岩 ;2 – 泥盆纪火山岩

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

度论证了诺尔特地区地壳演化与整个北阿尔泰造山带地壳演化是一致的。

北阿尔泰在志留纪早 – 中期(即加里东晚期)已经进入汇聚阶段,地球动力环境由拉张转为挤压,原因是哈萨克斯坦板块(准噶尔—北天山洋壳板块)沿北西向斜向向北侧的西伯利亚板块俯冲,此时在诺尔特地区产生了加里东晚期的产于挤压体制下的花岗岩。汇聚阶段结束之后则进入新陆壳阶段,首先是花岗岩的冷却使上地壳固结,为固结期,之后由于碰撞结束,地应力体制由挤压重新转为拉张期间,产生具有反弹性质的弛张应力,这个过程不长,为弛张期。固结期及弛张期对应于华力西早 – 中期,诺尔特地区在华力西中期有非挤压体制下产出的花岗岩,同时,在诺尔特地区还有华力西中期产于挤压环境的花岗岩产出,应为弛张期向活化期过渡时期的产物(华力西中 – 晚期)。新陆壳固结期的沉积 – 火山作用总的特点是分布局限、陆相为主,残余海盆中的沉积与汇聚阶段相比,则厚度小、成熟度高,接近稳定型,固结期火山岩通常为局部火山磨拉石盆地,多为陆相,成分为钙碱性系列流纹岩类,有时略偏碱性,其常量元素、微量元素、稀土元素都接近于皮尔斯的成熟大陆弧火山岩。本区泥盆纪火山岩基本上均位于造山带与非活动带演化的偏碱性火山岩区域,结合岩石化学特点(偏碱性、钙碱性系列等)及其反映出的较高的地壳成熟度,表明其应当属于新陆壳发展阶段固结期的产物。此时,南阿尔泰岩浆型被动陆缘正处于其发展的汇聚阶段,在此阶段对北阿尔泰非岩浆型被动陆缘产生碰撞并俯冲,因此使得北阿尔泰非岩浆型被动陆缘结束短暂的弛张期而进入活化期。相应的在诺尔特地区形成有华力西中期及华力西晚期的挤压环境花岗岩。本区石炭纪火山岩既有位于造山带火山岩区域的,又有位于造山带与非活动带的演化区域的,应为弛张期及活化期演化过程中的产物。活化期结束之后进入稳定期,之后则结束了地壳在古生代的发展。古生代新陆壳在进入中生代、新生代以后的发展中,板内壳下仍有一些热点生成,主要是由于进入中生代之后,由于主干断裂的剪切复活和南北挤压,使构造活动又活跃起来。反映在诺尔特地区,则有挤压应力条件下的燕山期花岗岩产出,但是分布范围小,显示岩浆作用相对较弱。

总之,诺尔特地区岩浆岩的形成与区域构造演化密切相关。加里东晚期,由于哈萨克斯坦板块对西伯利亚大陆板块北西向俯冲,导致诺尔特地区大规模的产于挤压环境下的花岗岩的形成。志留纪后,在诺尔特地区分布有以陆相为主的泥盆纪和石炭纪中 – 酸性火山岩,为钙碱系列的流纹岩、碎斑熔岩、凝灰岩等。泥盆纪末,诺尔特地区地壳演化进入短暂的弛张期,华力西中期花岗岩主要产于挤压体制,但也有部分产于非挤压体制,即为地壳演化的新陆壳阶段短暂弛张期的产物。弛张期过后本区又进入挤压应力体制,早石炭世火山岩形成的构造背景表现出由弛张环境向挤压环境演化的趋势,上泥盆统至下石炭统中、酸性火山岩有的具产于挤压环境的特点,有的则具拉张环境的特点,则反映了挤压与拉张体制转换期间的特点。诺尔特地区分布的一定规模的产于碰撞环境中的华力西晚期钾长花岗岩,也是石炭纪早 – 中期南阿尔泰对北阿尔泰的碰撞作用挤压环境的产物。进入中生代后,由于南北向挤压及深部壳 – 幔作用的影响,北阿尔泰构造活化,在诺尔特地区表现为燕山期花岗岩的形成。可见,从地壳发展演化的角度可以较好的解释诺尔特地区花岗岩的构造成因特点,同时,这些特点又反映了区域构造发展的过程。

参考文献:

1992 肖序常,汤耀庆,冯益民,等. 新疆北部及其邻区大地构造[M]. 北京 地质出版社.

1990 何国琦. 中国阿尔泰造山带的构造分区和地壳演化[A],新疆地质科学第 2 辑[C]. 北京:地质出版社,9 – 21.

1990 刘伟. 中国新疆阿尔泰花岗岩的时代及其成因类型特征[J],大地构造与成矿学,14(1):44 – 56.

1980 De La Roche H. A classification of volcanic and plutonic rocks using R1 R2 – diagram and major element analysis and its relationship with the current nomenclature[J]. Chem Geol, 29: 183 – 210.

1991 周汝洪. 新疆北部花岗岩类的稀土特征 [J],新疆地质,9(2):171 – 180.

1988 邹天人,曹惠志,吴柏青. 新疆阿尔泰造山花岗岩和非造山花岗岩及其判别标志[J],地质学报,34(3):228 – 243.

1986 Batchelor R A,Bowder V P. 用多阳离子参数解释花岗岩类岩石的成因[J]. 地质地球化学,14(8):38 – 43.

1995 何国琦,刘德权,李茂松等. 新疆主要造山带地壳发展的五阶段模式及成矿系列专辑[J]. 新疆地质,13(2):115 – 144.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

TECTONIC SETTING OF MAGMATITE FORMATION IN NURT AREA AND ITS SIGNIFICANCE, XINJIANG

YUAN Feng, ZHOU Tao-fa, YUE Shu-cang

(*School of Resources and Environmental Engineering, Hefei University of Technology, Hefei* 230009, *China*)

Abstract: The Nurt area is located in the north of Altay, at the southwest of the Siberia plate. The granites were formed at late Caledonian epoch, middle Hercynian epoch and late Hercynian epoch are widely exposed and some formed at Yanshanian epoch in the Nurt area. The volcanic rocks are mainly Devonian and Carboniferous volcanic rocks. The Devonian volcanic rocks occur in the Upper Devonian Mangdaiqia Formation and the Carboniferous volcanic rocks occur in Lower Carboniferous Hongshanzui Formation. The volcanic rocks are intermediate and acidic rocks, and belong to calcium-alkalescence series. The study of tectonic setting shows that the granites of late Caledonian epoch were formed at the convergent phase and the compressive setting, the granites of middle Hercynian stage were formed at the stage from the relaxation stage to the mobilization stage of new continental crust phase and the crustal stress was changed from tensile stress to compressive stress, the granites of late Hercynian stage were formed at the mobilization stage of new continental crust phase and the compressive setting, the granites of Yanshanian epoch were formed at the new continental crust of Mesozoic era and the compressive setting. The Devonian volcanic rocks were formed at the consolidation stage of a new continental crust phase, and the Carboniferous volcanic rocks were formed at the stage from the relaxation stage to the mobilization one of a new continental crust phase.

Key words: Granite; volcanic rocks; tectonic setting; Nurt area; Xinjiang

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net