花岗岩，地质特征，褶皱带

第17卷第1期 西安地质学院学报 Vol. 17 No. 1
1995年3月 JOURNAL OF XI'AN COLLEGE OF GEOLOGY Mar. 1995

博罗科努加里东褶皱带海西早期花岗岩地质特征

李伍平 姜常义 谢广成 吴文奎
（西安地质学院 710054）

提 要 本文通过对海西早期花岗岩的地质学、岩石学、岩石化学和地球化学、同位素等方面的详细论述，探讨了花岗岩的成因类型和岩浆起源，在此基础上探讨了该地区花岗岩的形成环境。笔者认为海西早期花岗岩的成因类型以I型花岗岩为主，岩浆起源于上地壳下部；花岗岩是在中泥盆世晚期准噶尔板块向南与伊犁板块挤压碰撞时，在博罗科努加里东褶皱带上形成的同构造碰撞期花岗岩。

关键词 西天山；海西早期；I型花岗岩；地壳

近年来，许多地质学家在以往的地质工作基础上对西天山海西期构造及其演化历史进行了较深入的分析和探讨，都不同程度地涉及到海西期花岗岩，但都缺乏系统地研究资料，因而很大程度上制约了大地构造研究，故对海西期花岗岩的地质特征以及形成的构造环境研究尤为必要。笔者曾对西天山海西期花岗岩的地质特征、成矿地质作用及其构造环境进行了较系统的研究。本文就是其研究成果的一部分。

1 地质概况

海西早期花岗岩分布在传统划分的中天山构造单元内。构造上处于由元古宇结晶基底上发育起来的博罗科努加里东褶皱带北缘，在地理上主要分布在赛里克底达板—绍乌尔可果洛达板、奈楞格勒达板一带。这些花岗岩是西天山北半部唯一出露的海西早期花岗岩。岩体侵入上奥陶统呼克达板组（O_3h）和上志留统库茹尔组（S_3k），被下石炭统阿恰勒河组（C_1a）底砾岩覆盖。全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 311±37Ma，属海西早期的产物。岩体出露面积约 195km²，以岩基、岩株、岩枝群产出。按岩体内部的穿插关系，本期花岗岩可划分为两个侵入次，以第一侵入次为主。本期花岗岩的最大特点是岩石组合范围窄，以花岗闪长岩-二长花岗岩为主，缺乏真正的中性和基性侵入体，未见到同源火山岩。典型岩体为赛里克底达板—绍乌尔可果洛达板岩体和奈楞格勒达板小岩体群（图1）。

1993—10—06 收稿

作者简介：李伍平，男，30岁，讲师，曾发表《贺兰山群早元古代花岗岩的地质特征和岩石谱系单位划分》等论文
（陕西·西安）

维普资讯 http://www.cqvip.com

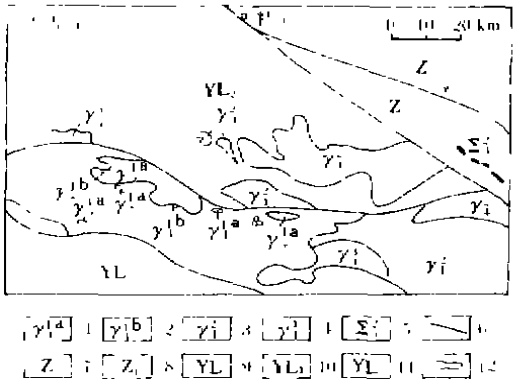

图1 西天山海西早期构造岩浆略图

Fig. 1 simplified tectonic-magma map of the variscian early period in the west Tianshan mountain

1. 海西早期第一侵入次花岗岩；2. 海西早期第二侵入次花岗岩；3. 海西中期花岗岩；4. 海西晚期花岗岩；5. 海西中期超基性岩；6. 区域性断层；7. 准噶尔地块；8. 北天山海西褶皱带；9. 伊犁地块；10. 中天山阿吉尕山晚古生代裂陷槽；11. 中天山博罗科努加里东褶皱带；12. 地质界线

在博罗科努褶皱带出露的主要地层包括中上元古界、下古生界、中上泥盆统和下石炭统。其中中泥盆统主要为海相碎屑岩夹海相玄武岩建造；上泥盆统为一套较完整的沉积岩。在该带还分布着海西中晚期形成的规模巨大的花岗岩基，其成因类型在空间上表现为I型花岗岩在北，S型花岗岩在南的成对分布现象*。在中天山以北海西期形成的北天山海西褶皱带出露的主要地层为中泥盆统和中石炭统。其中中泥盆统为一套厚度巨大的中基性熔岩夹少量中酸性火山碎屑岩的火山复理石建造，中石炭统为火山碎屑岩建造，在二者之间的断裂带上断续分布长达250km的早石炭世形成的蛇绿岩套。

2 岩石地球化学特征

2.1 岩石学

海西早期花岗岩的岩石类型主要有花岗闪长岩和二长花岗岩，局部出露有石英闪长岩、钾长花岗岩及斜长花岗斑岩。

花岗岩的结构有中-细粒花岗结构、中粒似斑状结构、细粒结构和斑状结构等，以前两种结构为主。斜长石多属中更长石（An_{26-31}），呈半自形板状，一般具中一轻度的绢云母化、泥化和碳酸盐化；钾长石，不规则状，以条纹长石为主，常发生高岭土化；黑云母和角闪石较自形些，多色性显著，黑云母发生绿泥石化和白云母化，角闪石多发生绿泥石化和绿帘石化；石英充填在上述矿物之间。副矿物为锆石、榍石、磷灰石和磁铁矿等，其中锆石形态复杂，以晶棱晶角完好的自形晶为主，有少量浑圆形的、变形的或表面有熔坑的锆石，说明源岩以火成岩为主的多样性。

2.2 岩石化学

本区所采47件样品基本包括了海西早期花岗岩的主要岩石类型，花岗岩的平均化学成分及特征参数见表1。

海西早期花岗岩里特曼指数（δ）为0.95～3.26，属钙碱性系列。铝饱和程度［A/CNK＝Al_2O_3/（CaO+Na_2O+K_2O）分子数］，ANKC大于1.05的有17件，占36%，ANKC小于1.05有30件，占64%，说明源岩的物质成分以火成岩为主，沉积岩次之。CIPW标准矿物C、Il、Ap、Mt变化范围比较大，其中Mt含量比较高，绝大多数样品Mt大于1.0；刚玉C在0～5.19，有33件样品C小于1.0，14件样品C大于1.0且有8件C大于2.0。全碱（Σalk＝Na_2O+k_2O）含量5.32%～9.04%，属富碱性，其中29件样品的K_2O大于Na_2O，岩石总体上属富钾弱贫钠型。将47件样品投到图2中，大部分样品（37件）落入Pl+Hb+BiO

* 李伍平 新疆西天山区花岗岩类岩石特征及其成矿作用.（硕士论文）西安地质学院，1990

表 1　西天山海西早期花岗岩的平均化学成分及其特征参数

Table 1　Average compositions and special parameters for granite of the variscian early period in the west Tianshan Mountain

侵入次	样品数	主要氧化物含量(%)													特征参数					
		SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	SO_3	烧失量	总计	Π	Ap	Mt	δ	ΣAl	K A/CNK	C
第一侵入次	45	69.02	0.41	14.20	1.01	2.26	0.09	1.22	2.33	3.40	3.60	0.19	0.05	0.39	98.17	0.83	0.45	1.41	2.06	7.0	1.02	0.28
第二侵入次	2	76.82	0.04	11.91	0.37	0.42	0.02	0.36	0.70	3.36	4.91	0.01	0.07	0.07	99.06	0.08	0.01	0.53	2.03	8.27	0.99	0.12

注：表中资料大多收集 1∶20 万区调报告，7 件为本课题 IV_{7-2}、IV_{7-7} 资料

表 2　西天山海西早期(第一侵入次)花岗岩微量元素和稀土元素含量及主要参数

Table 2　Comparision of trace element and REE parameter of granite of the variscian esrly period in the west Tianshan mowstain

样号	岩性	微量元素($\times10^{-6}$)															
		Cu	Pb	Zn	Cr	Ni	Co	Rb	Sr	Ba	Nb	Ta	Zr	Hf	B	Th	Y
1	黑云角闪花岗闪长岩	69	44	79	5	3	7	171	250	600	14	4	195	4.5	40	14.8	21
2	黑云二长花岗岩	9802	595	975	2	10	6	216	19	820	11	3	141	4.0	32	13.8	14
3	似斑状黑云二长花岗岩	1056	54	109	0	6	6	235	27	540	12	3	130	4.4	17	12.6	14
4	黑云花岗闪长岩	26	2129	50	8	7	8	146	99	465	22	4	204	5.8	26	11.8	17.7
5	斜长花岗斑岩	30	20	60	25	8	5	400	30	830	20	0	20	0	15	11	20
6	似斑状花岗闪长岩	299	42	61	6	6	6	195	98	450	21	4	138	4.5	78	8.0	12.2
7	似斑状花岗闪长岩	28	123	89	0	6	3	280	70	640	18	4	107	4.2	95	9.2	15

样号	稀土元素($\times10^{-6}$)													稀土元素主要参数				
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	ΣREE	$\frac{La}{Sm}$	$\frac{Gd}{Yb}$	δEu	$\frac{\Sigma Ce}{\Sigma Yb}$
1	39	74	7.8	28	5.4	1.00	4.4	0.75	5.3	0.83	2.20	0.34	2.10	0.31	171.43	7.22	2.10	0.61	9.56
2	30	52	6.1	23	4.5	0.57	3.7	0.65	3.7	0.60	1.45	0.23	1.42	0.21	128.13	6.67	2.61	0.42	9.72
3	43	72	8.0	25	4.2	0.58	3.2	0.58	3.9	0.74	1.50	0.20	1.20	0.18	164.28	10.24	2.67	0.45	13.29
4	39	76	8.2	33	6.3	0.90	5.2	0.92	5.5	0.88	2.30	0.36	2.20	0.32	181.08	6.19	2.36	0.47	9.24
5	19	36	4.4	18	3.3	0.83	2.3	0.30	1.9	0.34	0.95	0.15	0.74	0.06	88.29	5.76	3.11	0.88	12.10
6	28	48	5.2	19.5	3.7	0.58	2.8	0.50	2.9	0.49	1.25	0.20	1.20	0.18	114.50	7.57	2.33	0.53	11.05
7	31	62	6.0	22	4.2	0.31	3.1	0.52	3.3	0.67	1.60	0.23	1.60	0.24	136.77	7.38	1.94	0.66	11.15

表中资料除个别为作者分析外，大部分来自 TV_{7-2} 科研报告；1～4 为贾里克底达坂—绍马尔可果洛达坂岩体，5～7 为泰格勒达坂小岩体群

维普资讯 http://www.cqvip.com

维普资讯 http://www.cqvip.com

组合和 Pl+Hb+Di 组合中，有少部分样品（10件）落入 Pl+BiO+Cord 组合和 Pl+Cord+Ms 组合中。大部分样品落入查佩尔等划分的 I 型花岗岩矿物组合中，少部分落入 S 型花岗岩矿物组合中。

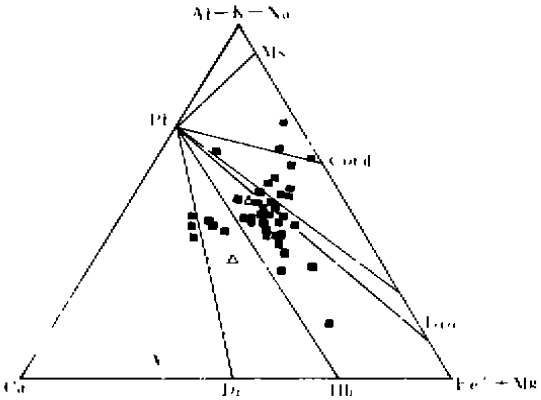

图 2 西天山海西早期花岗岩 (Al-K-Na)-Ca-(Fe^{2+}+Mg)图解

Fig. 2 (Al-K-Na)-Ca-(Fe^{2+}+Mg)diagram for granite of the Variscian early period in the West Tianshan Mountian

1. 第一侵入次花岗岩；2. 第二侵入次花岗岩

2.3 地球化学

7 件稀土元素样品和 7 件微量元素样品均为海西早期第一侵入次花岗岩，稀土元素和微量元素含量及主要参数见表 2。

图 3、4、5 及表 2 反映出海西早期花岗岩稀土元素特征如下：①ΣREE 总量较高，轻重稀土元素分馏明显，δEu 负异常明显，配分曲线向右倾斜的轻稀土富集型；②ΣCe/ΣYb 比值除一件样品介于 S. R. Taylor 等（1985）模拟上下地壳值之间外，其余样品大于 S. R. Taylor 等（1985）模拟上地壳值；③Sm/Nd 比值介于 S. R. Taylor 等（1985）模拟上下地壳值之间；④La/Sm、Gd/Yb 比值均大于 S. R. Taylor 等（1985）下地壳值，部分样品大于上地壳值；⑤ΣREE 总量均大于 S. R. Taylor 等（1985）下地壳值，四种样品介于上下地壳值之间，三件样品大于 S·R·Taylor 等（1985）上地壳值。

表 2 微量元素与上下地壳元素丰度相比（S·R·Taylor 等，1985）：①Cr、Ni、Co、Sr 元素含量均低于上、下地壳值；②Cu、Pb、Zn 元素含量除在部分样品中特别富集外，如 2 号样品 Cu、Pb、Zn 元素分别是上地壳丰度的 392 倍、30 倍和 13.7 倍，大部分样品 Cu 含量介于上、下地壳值之间，Zn 含量低于或近于下地壳值；③Rb、B、Ta、Ba 元素含量大部分介于上、下地壳值之间，部分样品高于上地壳值；④Nb、Hf、Y 元素含量均介于上、下地壳值之间；⑤Zr 元素含量大部分样品介于上、下地壳值之间，个别样品接近于上地壳值；⑥Th 元素含量部分样品介于上下地壳值之间，大部分样品高于上地壳值。

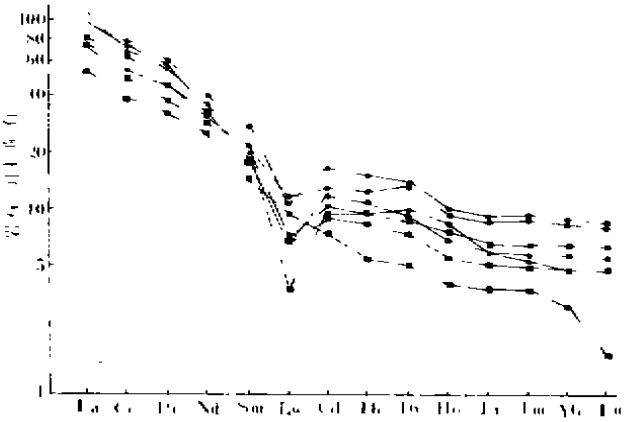

图 3 西天山海西早期花岗岩稀土元素配分曲线型式

Fig. 3 Normalized REE distribution Patter for granite of the variscian early period in the west Tianshan Mountain

从稀土元素和微量元素特征不难看出，海西早期花岗岩具有壳源花岗岩的特点，而且更接近于上地壳下部地球化学成分。

2.4 稳定同位素

利用稳定同位素可以确定花岗岩的成因类型和源岩性质。

前人曾对海西早期花岗岩具代表性的赛里克底达板—绍乌尔可果洛达坂岩体所作的全岩 Rb-Sr 等时线年龄为

维普资讯 http://www.cqvip.com

311±37Ma，获得（Sr^{87}/Sr^{86}）初始值为0.7081，相当于吴利仁等（1985）划分的上部壳源型（C—型Ⅰ）花岗岩[2]，且（Sr^{87}/Sr^{86}）初始值具Ⅰ型花岗岩之特点。王崇礼等（1989）曾对该岩体及其围岩的成矿性进行了稳定同位素研究，对花岗岩中钾长石的铅同位素测定获得 Pb^{206}/Pb^{204}、Pb^{207}/Pb^{204}和 Pb^{208}/Pb^{204}比值分别是19.576、15.673和38.843。由于海西期成矿铅积累有限且距现代时间间隔不长，故可与现代铅不同源区同位素对比，将它们投到现代铅不同源区图解中（B. R. Doe 和 R. E. Zartman，1979），落入上地壳同位素范围。说明钾长石铅来源于上地壳，同时也论证花岗岩是由上地壳物质形成的。另外，还对该岩体北缘花岗岩视蚀变强弱不同采集了4件花岗岩氧同位素样品，经宜昌所五室测定，δO^{18}（SMOW）为＋9.76‰，＋9.86‰，＋9.40‰和＋7.78‰，属于H. P. Taylor（1978）划分的正常 δO^{18}花岗岩，与澳大利亚Berridale岩基和New England岩基的Ⅰ型花岗岩相当（这两个岩基Ⅰ型花岗岩 δO^{18}值小于＋10‰）。

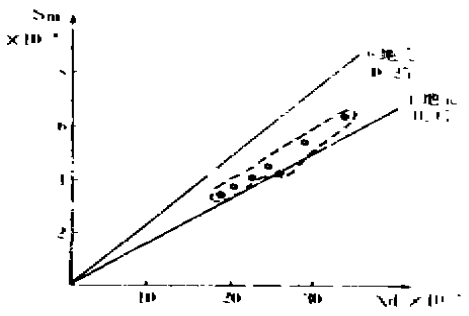

图4　西天山海西早期花岗岩Sm-Nd图解

Fig. 4　Sm-Nd diagram for granite of the variscian early period in the west Tianshan Mountain

从以上四方面综合分析，海西早期花岗岩的成因类型以Ⅰ型花岗岩为主，S型花岗岩次之；花岗岩浆起源于大陆上地壳下部。

3　花岗岩的构造环境

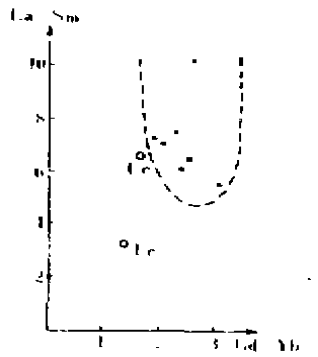

图5　西天山海西早期花岗岩La/Sm—Gd/Yb图解

Fig. 5　La/sm-Gd/yb diagram for granite of the variscian early period in the west Tianshan Mountain

Lc—下地壳；Uc—上地壳

（S·R·Taylor等，1985）

利用花岗岩的微量元素和稀土元素可以判断花岗岩的构造环境。

将海西早期花岗岩7件样品作Nb-Y图解（图6a），全部落入VAG、Syn-COLG区域；对7件样品的Ta-Yb图解（图6b）全部落入VAG、Syn-COLG区域，因此判断海西早期花岗岩为碰撞同期花岗岩。将海西早期花岗岩与世界范围具不同构造环境的代表性花岗岩进行对比，也发现西天山海西早期花岗岩在岩石化学和地球化学方面非常相似，而与Pearce（1984）[4]火山弧花岗岩、板内花岗岩和洋中脊花岗岩相差甚远（图7）。

结合区域地质和岩石特征分析，海西早期（C_1以前）博罗科努加里东褶皱带出露的中上泥盆统以海相碎屑岩和浊积岩为主，火山活动非常微弱，仅在中泥盆统下部夹有极薄的海相玄武岩。岩浆活动主要表现为侵入活动，而且岩浆活动的规模和范围有限，仅局限于西天山博罗科努褶皱带北部。岩石组合范围窄、以花岗闪长岩和二长花岗岩为主，未见到中性、基性和超基性岩浆活动；岩石化学成分为钙碱性系列，未见到碱性系列；地球化学和稳定同位素资料均论证岩浆起源于上地壳

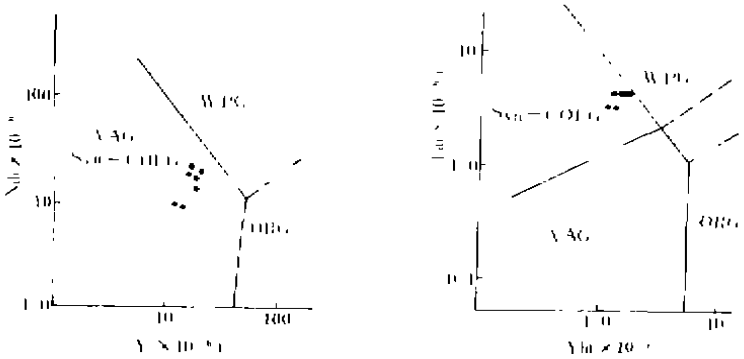

图 6 判断花岗岩形成环境的 Nb-Y 和 Ta-Yb 图解
(据 Pearce, 1984)

Fig. 6 Nb-Y and Ta-Yb diagrams for judging the tectonic environment of granites

Syn-COLG—碰撞同期花岗岩；VAG—火山弧花岗岩；WPG—板内花岗岩；ORG—洋脊花岗岩

下部。因而说明海西早期博罗科努褶皱带北部处于大陆板块活动边缘，并非大陆裂谷或大洋中脊。而海西早期北天山出露的中泥盆统巨厚的类复理石建造，也是以中基性火山熔岩夹中酸性火山碎屑岩为主，未见到有大洋板块向大陆板块俯冲形成的蛇绿岩套，说明海西早期北天山并未向南俯冲而是向南与伊犁地块发生碰撞的。因此海西早期花岗岩是大陆板块碰撞的产物。

综上所述，西天山海西早期花岗岩是大陆板块同碰撞形成的花岗岩。

4 构造环境及其演化

志留纪要末期，由于受博罗科努运动的影响，西天山大面积隆起造山形成了加里东褶皱带，从而使西天山区大面积缺失下泥盆统。从中泥盆世初开始，北天山逐渐拉张，在依连哈比尔一带形成了狭长的陆间裂陷海槽，此时在北天山形成了中泥盆统（D_2t 头苏泉组）一套中基性火山岩夹火山碎屑岩组成的类复理石建造，厚度可达 11 369m；而在伊犁地块和博罗科努加里东褶皱带则大面积隆起，处于剥蚀状态，形成了沉积物源的主要供给区，仅在博罗科努加里东褶皱带北缘精河以南—赛里克底达板一带沉积了汗吉尕组（D_2h）的海相碎屑岩夹海相玄武岩，厚度可达到 3 095m。火山活动主要集中在北天山拉张海槽中，出现了中基性火山岩夹酸性火山岩为主的双峰式组合特征；博罗科努加里东褶皱带北缘也伴随有少量的海相玄武岩溢出。中泥盆世晚期，由于准噶尔板块向南挤压，北天山海槽自东向西逐渐收缩，大面积隆起，沉降范围大大缩小，沉降中心移向温泉以北和博乐以南，因而在五台一带形成了上泥盆统托斯库尔它乌组（D_3t）较完整的鲍马层序。侵入活动不强烈，在博罗科努加里东褶皱带西段地壳发生部分熔融沿断裂上侵形成规模不等的海西早期同碰撞

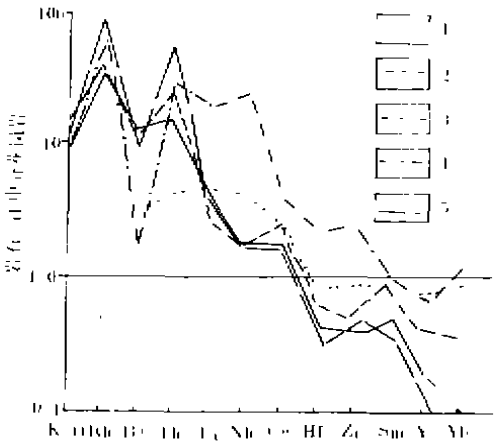

图 7 西天山海西早期花岗岩的标准化地球化学型式
(据 J. A. Pearce, 1984)

Fig. 7 Normalized Geochemical patter for granites of the variscian period in the west Tianshan Mountain

1. 洋脊花岗岩；2. 火山弧花岗岩；3. 板内花岗岩；4. 碰撞带花岗岩；

维普资讯 http://www.cqvip.com

期花岗岩体，伴随的火山活动不强烈。晚泥盆世末的构造运动（沙尔布尔提运动）结束了早海西旋回的发展阶段。

本文在撰写过程中引用了本区1：20万的有关地质资料和岩石化学资料，引用了博罗科努山北坡地物化综合研究及找矿靶区优选科研报告的部分岩石化学、地球化学和稳定同位素的分析数据，深表感谢。此处，由于化学数据多而篇幅有限，文中的岩石化学数据无法列出，谨致歉意。

参 考 文 献

1　林景仟. 花岗岩成因导论. 北京：地质出版社，1987

2　Oneil J R, Chappell B W. 贝里代尔岩基氢氧同位素关系. Jour, Ged, Soc., 1977, 133 (6)

3　Pearce J A. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. Journal of petrology, 1984, 25 (4)

GEOLOGIC FEATURES FOR GRANITES OF THE VARISCIAN EARLY PERIOD ON THE BELUOHONU CALEDONINA FOLDBELT

Li Wuping　Jian Changyi　Xie Guangcheng　Wu Wenkui

(*Xi'an College of Geology*)

Abstract

In this paper, the author discussed the characteristics of granites of the variscian early period in geology, petrology, petrochemistry , geochemistry and isotope etc. , and inquired into its petrogenetic types , magma sources and tectonic environments of granites in this region. The author also considered that the main peteogranitic type is I type granite, granitic magma originated under the upper crust, granites are the same as the teotonic collision period granites that Junggar Plate collided with Yili plate on the Beluohonu caledonina foldbelt in the middle Devonian Epoch later period.

Key words　The west Tianshan, The Variscian Early Period, I Type Granite, The crust