文章编号:1000-8845(2017)01-027-08 中图分类号:P588.12;P597 文献标识码:A

新疆阿尔泰地区卡郎花岗岩体年代学、地球化学特征及构造意义讨论

何峻岭[1],陈有炘[2]
(1.中国人民武装警察部队黄金第八支队,新疆 乌鲁木齐 830057;2长安大学地球科学与资源学院,陕西 西安 710054)

摘 要:中阿勒泰构造带卡郎岩体主要由灰白色粗中粒花岗闪长岩组成,LA-ICP-MS锆石U-Pb年龄(410.5±2.1) Ma (MSWD=0.28),为早泥盆世。岩石具高SiO_2、Al_2O_3、富碱、贫镁特征,轻稀土富集,轻重稀土分馏程度较高,具明显的K,P,Ti,Sr负异常,Th,La,Nd正异常和Eu负异常特征,暗示岩体源区有富钙斜长石、钛铁矿及磷灰石残留,同时幔源物质有一定混入;具负的$\varepsilon_{Nd}(t)$(-4.78~-4.02)和较老的两阶段模式年龄(T_{2DM})(1.1~1.2 Ga),表明其源区可能存在中元古代物质;形成于俯冲环境的卡郎岩体花岗岩,为阿尔泰地区岩体形成环境提供新的依据。

关键词:阿尔泰;卡郎岩体;锆石U-Pb定年;地球化学;构造意义

阿尔泰造山带是中亚造山带的一部分,该造山带地质演化历史复杂,不同构造环境、不同侵入期次的花岗岩广泛分布(图1)。前人研究资料显示,这些花岗岩具多时代、多类型、多成因和多来源的特征,形成于多种构造环境[1-3]。同位素年代学研究表明,阿尔泰地区自前寒武纪以来发生了多次构造-岩浆事件,主要集中在460~408 Ma、375~265 Ma,尤其是460~408 Ma的岩浆活动最为剧烈[1-5],以上成果极大地促进了阿尔泰造山带大地构造环境、构造演化、造山作用和陆壳增生研究工作进展。依托在阿尔泰乌齐里克他乌一带开展的区域地质矿产调查项目,对马米拉喀拉萨孜地区出露的卡郎岩体进行详细的岩相学、年代学和岩石地球化学研究,精确限定卡郎岩体形成时代,并探讨其岩石成因及构造环境,为深入了解阿尔泰造山带造山作用和大陆地壳形成与演化提供详实的年代学和地球化学依据。

1 区域地质背景

中国阿尔泰造山带呈NW向展布,大地构造位置处于西伯利亚板块、哈萨克斯坦-准噶尔板块之间,北至中-蒙、中-俄及中-哈边境,南以额尔齐斯断裂与哈萨克斯坦准噶尔板块北缘相邻[6]。阿尔泰造山带以红嘴山-诺尔特断裂、阿巴宫-库尔提断裂和额尔齐斯断裂带为界,由北向南可简单分为北阿尔

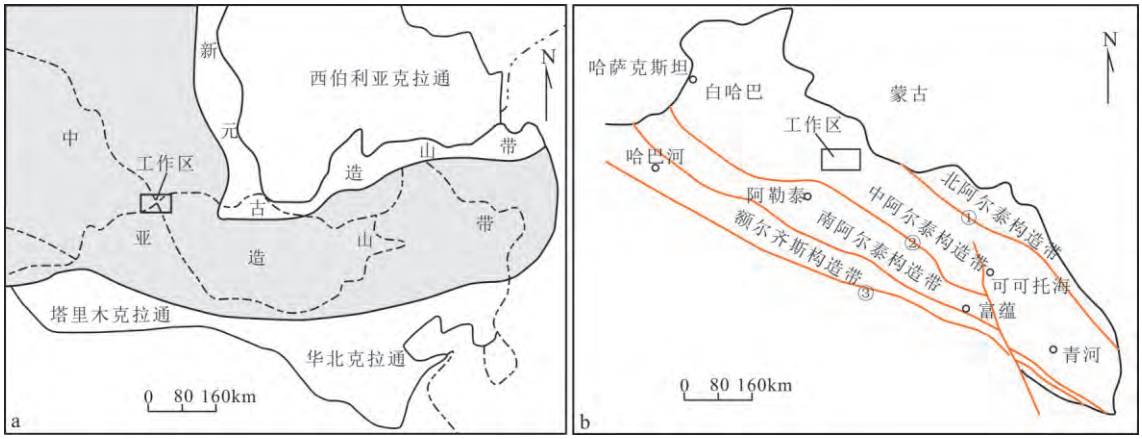

图1 中亚造山带构造位置(a)与阿尔泰造山带构造分区图(b)

Fig.1 Tectonic position of Central Asian Orogenic Belt(a)and tectonic division for Altay Orogenic Belt(b)

(a据何国琦等,1990;b据Windley et al.,2002)

①——红山嘴-诺尔特断裂;②——阿巴宫-库尔提断裂;③——额尔齐斯断裂

项目资助:中国地质调查局地质调查项目(西昆仑与青东基础地质调查项目)(12120113071900)资助
收稿日期:2016-06-27;修订日期:2016-08-22;作者E-mail:whiting0810@163.com
第一作者简介:何峻岭(1986-),男,甘肃民乐人,工程师,2009年毕业于中国地质大学(武汉)地质学专业,主要从事区域地质矿产调查

泰、中阿尔泰、南阿尔泰3个构造带(图1-b)[7]。研究区位于中阿尔泰构造带,即红嘴山-诺尔特断裂与阿巴宫-库尔提断裂之间,该区域主要为震旦纪—早古生代深变质岩系及奥陶—二叠纪侵入岩,并可能有前寒武纪基底[8]。前人综合区域资料研究认为:阿尔泰造山带在晚前寒武纪晚期到早古生代早期为稳定大陆边缘阶段,从晚寒武纪开始发生俯冲、增生,其中早古生代(奥陶—泥盆纪)为洋壳俯冲阶段,之后可能发生碰撞造山作用,于中石炭世基本奠定阿尔泰造山带的构造格架,额尔齐斯以南即准噶尔造山带,在石炭纪可能仍发生有俯冲碰撞作用[6,9-11]。

2 岩体特征

研究成果表明,阿尔泰造山带花岗岩主要由早古时代、晚古生代及少量中生代花岗岩体构成,主要岩石类型为英云闪长岩、花岗闪长岩、黑云母花岗岩、二云母花岗岩、白云母花岗岩等,其成因类型多样,有S,I,A型[11]。

本文以出露于中阿尔泰构造带的卡郎岩体为例,对古生代花岗岩的岩石成因及构造环境进行研究。卡郎岩体位于阿尔泰构造带内,规模较大,出露面积约140 km^2,侵入于震旦系—下寒武统喀纳斯群中(图2)。岩性以灰白色粗中粒花岗闪长岩为主,粗中粒结构,块状构造,岩石由长石、石英、黑云母等组成;钾长石(10%~15%)呈他形粒状-半自形板状,具条纹,粒径小于8.0 mm,均匀分布;斜长石(45%~50%)呈半自形板状,具聚片双晶,粒径小于9.0 mm,具较强绢云母化,均匀分布;石英(25%~30%)呈不规则状,粒径小于6.5 mm,具细粒化、变形纹,均匀分布;黑云母(5%)呈片状,片径小于5.0 mm,具绿泥石化,稀疏分布。

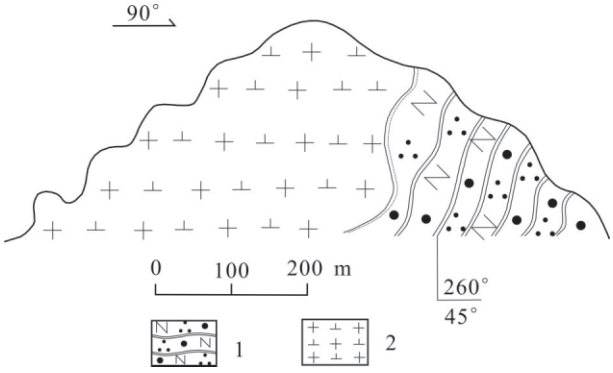

图2 卡郎岩体侵入接触关系图

Fig.2 Intrusive contact relationship of Kalang pluton in Altay

1.长石石英变砂岩;2.花岗闪长岩

3 测试方法

3.1 锆石U-Pb测年

锆石挑选、制靶、阴极发光照相及LA-ICP-MS测试工作均在中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室完成。锆石CL图像分析采用FEI公司XL30型SFEG电子束进行锆石内部结构显微照相分析。样品的同位素比值及元素含量计算采用GLITTER(ver4.0,Macquarie University)程序处理,采用Andersen方法对普通Pb进行校正,加权平均年龄计算及谐和图的绘制采用Isoplot(ver2.49)完成[13-15]。

3.2 岩石地球化学分析

主量元素、稀土及微量元素分析在中国地质调查局西安地质调查中心完成。主量元素除FeO、LOI采用标准分析为湿化学法分析外,均采用PW4400型X荧光光谱仪(XRF)测定;微量元素和稀土元素采用X-Series Ⅱ型电感耦合等离子质谱仪(ICP-MS)测定,检测限优于5×10^{-9},相对标准偏差优于5%。

3.3 Sr-Nd同位素分析

Sr-Nd同位素全岩测试、化学分离和同位素比值测定在中国科学院地质与地球物理所稳定同位素地球化学实验室完成[15]。

4 地球化学

4.1 主量、微量元素地球化学特征

本次研究采集卡郎岩体5件样品(表1)。岩石地球化学分析结果显示,岩石具高硅(SiO_2=70.76%~75.02%,平均73.14%)、高钠低钾(Na_2O/K_2O=1.89~3.31,平均2.84)、低钛(TiO_2=0.25%~0.35%,平均为0.31%)等特征,在TAS图解中样品落入亚碱性花岗岩区。岩石Al_2O_3含量较高(平均13.99%),铝饱和指数(A/CNK)为1.02~1.47,属过铝质花岗岩,这与A/CNK-A/NK图解判别结果一致(图3)。碱度率(AR)平均值为2.18,表明岩石具钙碱性岩石特征,在AR-SiO_2图解中得到相同结论。岩石K_2O含量较高,在SiO_2-K_2O图解中大部分点落入钙碱性系列与低钾系列,说明岩浆源区贫钾。岩石稀土元素含量变化较大,ΣREE为122.21×10^{-6}~176.69×10^{-6},平均值为152.23×10^{-6},轻、重稀土元素分异明显(La_N/Yb_N=6.40~8.19,平均值为7.20)且轻稀土相对富集(ΣLREE/ΣHREE=6.64~8.18,平均值为7.17),轻稀土分异明显,重稀土分异相对较弱,稀土元素球粒陨

表1 卡郎岩体花岗闪长岩岩石化学特征

Table 1 Petrochemical characteristics of granodiorite in Kalang pluton

序号	岩性	样品号	主要氧化物含量/%												
			SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	灼失※	H_2O^+
1	PM16-YQ29-3		74.61	0.25	13.68	0.70	1.18	0.03	1.35	0.52	3.77	1.99	0.09	1.77	0.37
2	PM16-YQ29-4		75.02	0.29	13.45	0.63	1.02	0.04	0.90	0.85	4.42	1.60	0.10	1.62	0.38
3	D3831-YQ1	花岗闪长岩	70.76	0.35	14.89	1.22	1.80	0.07	1.00	2.94	4.64	1.41	0.08	0.75	0.18
4	D3831-YQ2		72.29	0.33	14.19	1.07	1.73	0.06	0.92	2.80	4.41	1.33	0.07	0.74	0.22
5	D3831-YQ3		73.02	0.31	13.74	1.20	1.59	0.06	0.86	2.72	4.23	1.44	0.08	0.70	0.20
	平均		73.14	0.31	13.99	0.96	1.46	0.05	1.01	1.97	4.29	1.55	0.08	1.12	0.27

注:测试单位为西安地质调查中心实验室

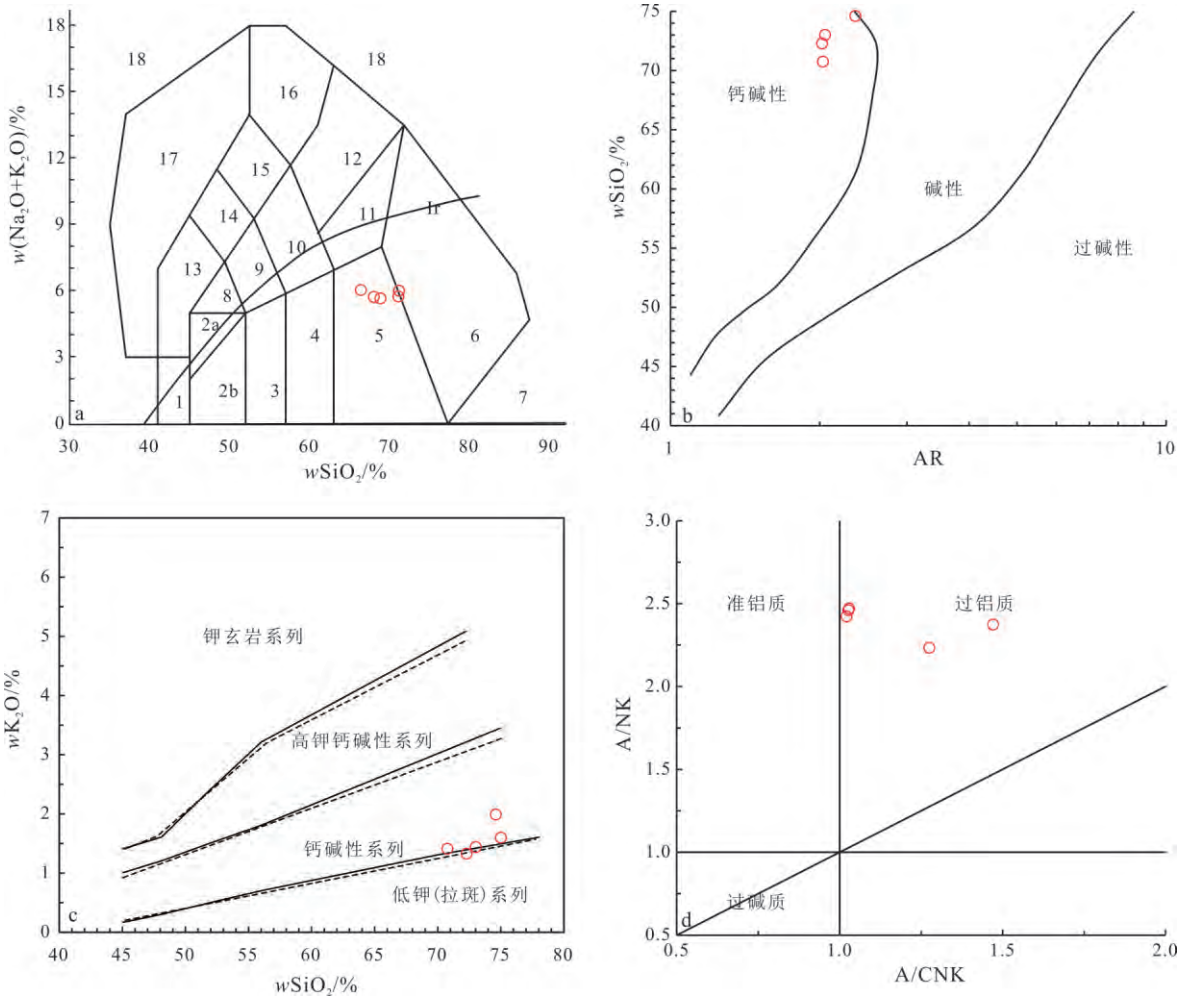

图3 阿尔泰地区卡郎花岗岩体主量元素判别图解

Fig.3 Major element diagram of Kalang granites in Altay area

(a据Wilson,1989; b据Wright J B,1969;c据Peccerillo and Taylor,1976;d据Maniar and Piccoli,1989)

石标准化分布曲线呈右倾(图4-a),具明显Eu负异常(δEu=0.52~0.58,平均值为0.55),指示岩浆在部分熔融过程中源区有斜长石残留或岩浆在结晶过程中存在斜长石的分离结晶作用。在微量元素原始地幔标准化蛛网图中,Rb,Th,La,Ce,Nd等元素相对富集,Ba,Sr,P,Ti等元素相对亏损,总体呈左高右低,与S型花岗岩曲线样式相近(图4-b)[16]。高场强元素Nb,Ti等出现不同程度的亏损,说明该岩体为与俯冲作用相关的岛弧花岗岩,Ba,Ti的强烈亏损指示岩体具有非造山花岗岩特征,Sr的亏损指示岩浆中斜长石为结晶分离相或残留相,即在熔融过程中斜长石未耗尽,具壳源成因特征(表2,3)。

4.2 Sr-Nd同位素分析结果

选取研究区卡郎岩体2件样品进行Sr-Nd同位素测试(表4)。样品的$^{87}Rb/^{86}Sr$比值为0.68~1.99,$^{147}Sm/^{144}Nd$比值为0.12~0.133,变化较大,Sr具低的初始值(0.711 939~0.718 881),说明样品的Rb-Sr同位素体系可能受到一定程度扰动。样品的Nd同位素组成相对均一,$^{147}Sm/^{144}Nd$为0.125 57~0.133 97,$^{143}Nd/^{144}Nd$为0.512 393~0.512 432,$f_{Sm/Nd}$为-0.32~-0.36,说明岩浆可能经历了较轻程度的分异,导致偏离平均地壳(-0.40)的范围,因此,在模式年龄计算中$f_{Sm/Nd}$

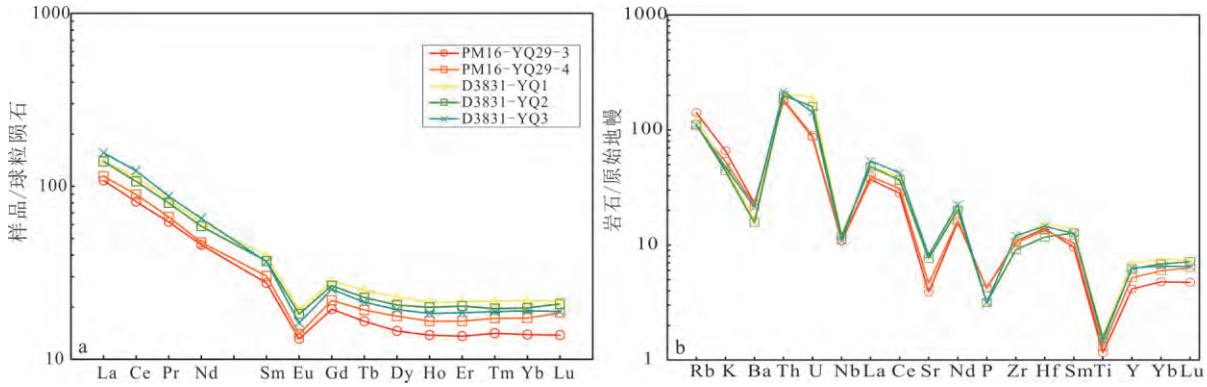

图4 阿尔泰地区卡郎岩体花岗岩稀土分布模式(a)和微量元素原始地幔标准化蛛网图(b)

Fig.4 Chondrite-normalized REE pattern(a) and primitive mantle-normalized trace elements patterns(b) for Kalang granites in Altay area

(球粒陨石标准化值据Boynton et al.,1984;原始地幔标准值据Sun and McDonough,1989)

表2 卡郎岩体花岗闪长岩稀土元素特征

Table 2 REE features of granodiorite in Kalang pluton

序号	样品号	岩性	稀土元素含量/×10⁻⁶														
			La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
1	PM16-YQ29-3	花岗闪长岩	25.60	49.80	5.91	21.40	4.22	0.76	4.00	0.62	3.70	0.78	2.25	0.36	2.36	0.35	18.9
2	PM16-YQ29-4		27.10	54.80	6.32	22.10	4.63	0.81	4.50	0.72	4.51	0.94	2.75	0.44	2.94	0.47	23.6
3	D3831-YQ1		33.10	69.60	7.96	29.00	6.09	1.12	5.80	0.94	5.80	1.21	3.56	0.55	3.71	0.55	31.7
4	D3831-YQ2		33.00	65.20	7.60	27.40	5.65	1.06	5.47	0.85	5.22	1.13	3.36	0.50	3.37	0.53	28.3
5	D3831-YQ3		37.00	75.20	8.31	30.40	5.59	0.94	5.22	0.80	4.92	1.04	3.07	0.48	3.24	0.48	28.7
	平均		31.16	62.92	7.22	26.06	5.24	0.94	4.99	0.79	4.83	1.02	2.99	0.47	3.12	0.48	26.3

序号	样品号	岩性	特征参数						
			ΣREE	LREE	HREE	LREE/HREE	La_N/Yb_N	δEu	δCe
1	PM16-YQ29-3	花岗闪长岩	122.11	107.69	14.420	7.468 1	7.781	0.560 00	0.960
2	PM16-YQ29-4		133.03	115.76	17.270	6.703 0	6.612	0.540 00	0.990
3	D3831-YQ1		168.99	146.87	22.120	6.639 7	6.400	0.570 00	1.020
4	D3831-YQ2		160.34	139.91	20.430	6.848 3	7.024	0.580 00	0.970
5	D3831-YQ3		176.69	157.44	19.250	8.178 7	8.191	0.520 00	1.010
	平均		152.23	133.53	18.698	7.167 5	7.202	0.551 76	0.989

注:样品测试单位为西安地质调查中心实验室

表3 卡郎岩体花岗闪长岩微量元素特征一览表

Table 3 Trace elements features of granodiorite in Kalang pluton

序号	样品号	岩性	微量元素含量/×10⁻⁶												
			Rb	Ba	Th	U	K	Ta	Nb	Sr	Nd	P	Zr	Hf	Ti
1	PM16-YQ29-3	花岗闪长岩	90.00	161.0	15.30	1.820	16 500	0.610	7.70	81.70	21.40	400	121.0	4.31	1 500
2	PM16-YQ29-4		68.50	155.0	15.60	1.880	13 300	0.640	7.90	97.20	22.10	400	116.0	4.15	1 700
3	D3831-YQ1		79.90	116.0	17.50	4.070	11 700	0.650	8.79	171.00	29.00	300	129.0	4.77	2 100
4	D3831-YQ2		70.60	109.0	17.00	3.360	11 000	0.670	8.46	161.00	27.40	300	102.0	3.62	2 000
5	D3831-YQ3		70.40	150.0	18.40	3.000	11 900	0.600	7.80	172.00	30.40	300	135.0	4.50	1 900
	平均		75.88	138.2	16.76	2.826	12 880	0.634	8.13	136.58	26.06	340	120.6	4.27	1 840

注:样品测试单位为西安地质调查中心实验室

值大于-0.30的2件样品选用二阶段模式年龄,结果为1.1~1.2 Ga,表明其源区可能为一套中元古代物质,与区域上早中生代花岗岩特征相似[9]。

5 锆石U-Pb同位素

样品采集于中阿尔泰构造带卡郎岩体的灰白色粗中粒花岗闪长岩(PM15-TW1),采集位置经纬度坐标为N48°03′01″,E88°02′11″。锆石以浅黄色、无色为主,透明-半透明,呈长柱状或短柱状,自形,表面光滑,晶棱晶面界线清晰,发育典型的岩浆锆石生长韵律环带,Th/U多大于0.4,具岩浆成因锆石特征[17]。对于样品PM15-TW1进行了21个分析点测试(表5)。由图5可见,除05、06、13点明显偏离谐和线外,其余18个点在谐和年龄图中呈较好的谐和性,故剔除这3个年龄后对18个谐和性较好的锆石$^{206}Pb/^{238}U$表面年龄进行加权平均计算,获得年龄加权平均年龄为(410.5±2.1) Ma(MSWD=0.28),为早泥盆世,代表卡郎花岗岩体岩浆结晶年龄。

6 讨论

6.1 岩石成因及源区特征

研究区卡郎岩体岩石地球化学特征表现为高SiO_2、Al_2O_3,低TiO_2、P_2O_5,矿物组合上以长石、石英和黑云母等矿物为主,在CIPW标准矿物中出现刚

表4 阿尔泰地区卡郎岩体花岗闪长岩Sr-Nd组成

Table 4 Representative Sr-Nd isotope compositions for Kalang granites in Altay area

样品描述	PM14-GS34	PM15-GS1
岩性	花岗闪长岩	
Rb/×10^{-6}	103.494 900	14.586 100
Sr/×10^{-6}	150.357 400	61.359 500
$^{87}Rb/^{86}Sr$	1.994 500	0.688 340
$^{87}Sr/^{86}Sr$	0.718 881	0.711 939
Error (2σ)	0.000 013	0.000 013
$\varepsilon_{Sr}(0)$	204.100 000	105.600 000
$f_{Rb/Sr}$	23.120 000	7.320 000
Sm/×10^{-6}	4.626 000	2.887 700
Nd/×10^{-6}	20.904 200	13.921 300
$^{147}Sm/^{144}Nd$	0.133 970	0.125 570
$^{143}Nd/^{144}Nd$	0.512 393	0.512 432
Error (2σ)	0.000 013	0.000 011
I_{Nd}	0.512 393	0.512 432
T_{DM}	1 448.000 000	1 244.000 000
T_{2DM}	1 206.000 000	1 145.000 000
T_{chur}	595.000 000	442.000 000
$\varepsilon_{Nd}(0)$	-4.770 000	-4.020 000
$\varepsilon_{Nd}(t)$	-4.780 000	-4.020 000
$f_{Sm/Nd}$	-0.320 000	-0.360 000

注:样品测试单位为中国科学院地质与地球物理所稳定同位素地球化学实验室。球粒陨石均一储库值为:$^{87}Rb/^{86}Sr$=0.082 7,$^{87}Sr/^{86}Sr$=0.704 5,$^{147}Sm/^{144}Nd$=0.196 7,$^{143}Nd/^{144}Nd$=0.512 638,λ_{Rb}=1.39×10^{-11}year^{-1},λ_{Sm}=6.54×10^{-12}year^{-1},t=410.5 Ma

玉(平均1.898),结合K_2O-Na_2O判别图解,指示岩体具I型花岗岩特征,成因上推测为俯冲带中壳幔混源岩浆侵入形成(图6-a)。Rb/Sr比值能较好的记录源区物质的属性,当Rb/Sr小于0.9时,为I型花岗岩,Rb/Sr大于0.9时,为S型花岗岩[18]。卡郎花岗岩Rb/Sr为0.409~1.101,平均0.624,显示出I型花岗岩特征,并与微量元素原始地幔标准化曲线分布模式相印证。样品Rb/Nb比值(8.34~11.68,平均9.36)明显高于全球上地壳的Rb/Nb比值(4.5)[19],这与Nb-Nb/Ta图解判别结果呼应(图6-b)。

前人认为,过铝质花岗岩不可能由基性源岩部分熔融形成,可能为泥砂质沉积岩部分熔融形成,也有研究认为Rb/Sr大于0.1、Rb/Ba大于0.3,源岩为泥质岩[20,21]。卡郎岩体Rb/Sr=0.40~1.10(平均为0.62),Rb/Ba=0.44~0.68(平均0.56),显示该岩体为泥质岩的局部熔融,并含一定程度的杂砂岩。在Rb/Ba-

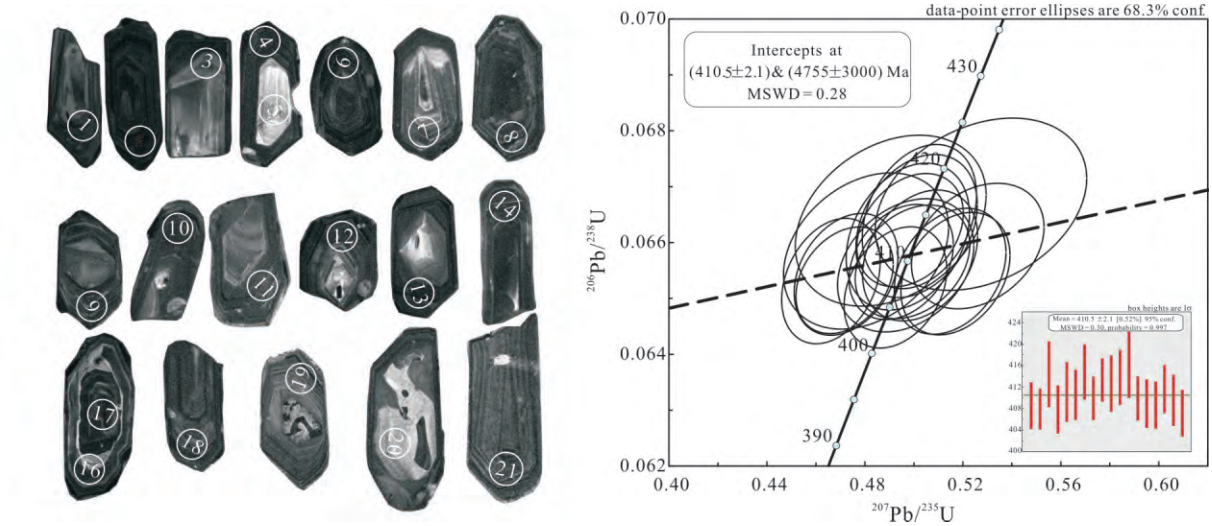

图5 阿尔泰地区卡郎岩体代表性锆石阴极发光图像及锆石U-Pb年龄

Fig.5 Representative CL images and U-Pb age diagram of the analyzed zircon for Kalang granites in Altay area

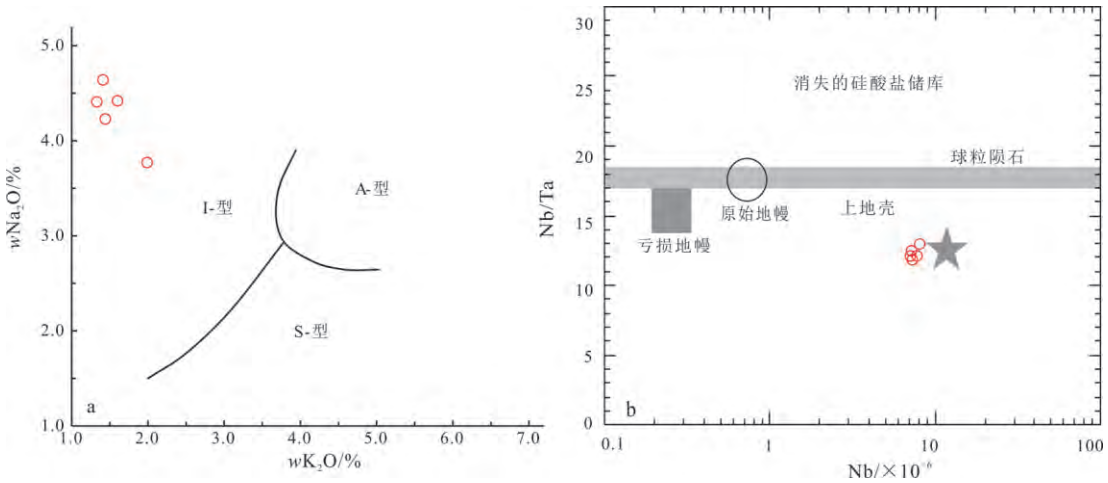

图6 阿尔泰地区卡郎花岗岩Na_2O-K_2O图解(a)和Nb/Ta-Nb图解(b)

Fig.6 Na_2O versus K_2O diagram(a) and Nb/Ta-Nb diagram(b) for Kalang granites in Altay area

(a据Collins et al.,1982;b据Barth et al.,2000)

表5 卡朗岩体花岗闪长岩锆石U-Pb测试结果

Table 5 Zircon U-Pb dating results of granodiorite in Kalang pluton

	Pb /×10^{-6}	^{232}Th /×10^{-6}	^{238}U /×10^{-6}	Common Pb /×10^{-6}	^{207}Pb/^{206}Pb		^{207}Pb/^{235}U		^{206}Pb/^{238}U		^{208}Pb/^{232}Th		^{238}U/^{232}Th		^{207}Pb/^{206}Pb		^{207}Pb/^{235}U		^{206}Pb/^{238}U		^{208}Pb/^{232}Th		
					Ratio	1σ	Ratio	1σ	Ratio	1σ	Ratio	1σ	Ratio	1σ	Age	1σ	Age	1σ	Age	1σ	Age	1σ	谐和度
PM15-TW1-1	408	1 316	2 139	0.00	0.052 0	0.001 6	0.472 3	0.014 0	0.065 4	0.000 7	0.021 4	0.000 6	1.609 9	1.00	287	70	393	10	409	4	427	12	96%
PM15-TW1-2	452	1 386	2 846	24.30	0.051 8	0.001 4	0.471 7	0.013 1	0.065 3	0.000 6	0.020 9	0.000 5	2.013 7	1.00	280	63	392	9	408	4	417	11	96%
PM15-TW1-3	92	230	633	0.00	0.053 5	0.002 7	0.490 5	0.025 7	0.066 4	0.001 0	0.024 4	0.000 9	2.719 1	1.00	350	115	405	18	414	6	487	18	97%
PM15-TW1-4	326	917	2 214	0.00	0.051 5	0.001 5	0.466 1	0.013 3	0.065 3	0.000 7	0.022 2	0.000 6	2.427 6	1.00	265	67	388	9	408	4	444	12	95%
PM15-TW1-5	184	553	696	0.00	0.052 0	0.002 0	0.507 1	0.019 2	0.070 4	0.000 9	0.024 9	0.000 7	1.364 3	1.00	283	87	416	13	439	5	498	14	94%
PM15-TW1-6	304	772	1 818	19.10	0.054 2	0.001 8	0.531 5	0.017 4	0.070 8	0.000 7	0.024 6	0.000 7	2.398 0	1.00	389	74	433	12	441	4	491	13	98%
PM15-TW1-7	164	466	808	0.00	0.053 1	0.002 5	0.480 5	0.022 2	0.065 8	0.000 9	0.024 9	0.000 8	1.753 3	1.00	332	107	398	15	411	6	498	16	96%
PM15-TW1-8	221	567	1 670	35.50	0.055 4	0.001 8	0.502 5	0.015 5	0.065 8	0.000 8	0.022 6	0.000 7	3.001 5	1.00	432	68	413	10	411	5	452	13	99%
PM15-TW1-9	301	756	1 997	0.00	0.054 7	0.001 7	0.502 2	0.015 4	0.066 5	0.000 9	0.025 0	0.000 7	2.674 6	1.00	398	75	413	10	415	5	499	13	99%
PM15-TW1-10	310	863	2 142	0.00	0.054 9	0.001 8	0.499 4	0.015 4	0.065 7	0.000 7	0.022 3	0.000 6	2.513 3	1.00	406	66	411	10	410	4	445	12	99%
PM15-TW1-11	286	775	2 005	6.20	0.054 1	0.001 6	0.498 4	0.014 3	0.066 2	0.000 7	0.0227	0.000 6	2.607 3	1.00	376	65	411	10	413	4	454	11	99%
PM15-TW1-12	205	581	1 373	0.00	0.054 3	0.001 8	0.497 5	0.016 6	0.066 1	0.000 9	0.022 5	0.000 7	2.339 0	1.00	383	74	410	11	413	5	449	13	99%
PM15-TW1-13	224	592	1 603	8.32	0.055 5	0.001 8	0.528 4	0.018 0	0.068 2	0.000 9	0.023 4	0.000 7	2.699 9	1.00	432	68	431	12	426	5	468	14	98%
PM15-TW1-14	313	834	2 319	32.70	0.054 3	0.001 8	0.501 1	0.016 3	0.066 3	0.000 8	0.022 6	0.000 7	2.752 2	1.00	383	72	412	11	414	5	452	14	99%
PM15-TW1-15	88	272	485	0.00	0.057 0	0.003 1	0.527 4	0.028 5	0.066 7	0.001 0	0.022 5	0.000 8	1.784 4	1.00	500	120	430	19	416	6	449	16	96%
PM15-TW1-16	447	1 392	2 656	0.00	0.054 0	0.001 5	0.494 8	0.014 1	0.065 7	0.000 7	0.021 6	0.000 6	1.898 6	1.00	372	65	408	10	410	4	432	11	99%
PM15-TW1-17	302	852	2 122	16.40	0.056 7	0.001 7	0.514 8	0.015 0	0.065 5	0.000 7	0.022 0	0.000 6	2.482 9	1.00	480	67	422	10	409	5	439	12	96%
PM15-TW1-18	302	852	2 122	5.91	0.057 0	0.001 7	0.517 0	0.014 7	0.065 4	0.000 7	0.022 0	0.000 6	2.490 3	1.00	494	67	423	10	409	4	439	11	96%
PM15-TW1-19	196	525	1 539	29.80	0.057 2	0.001 9	0.526 1	0.017 9	0.065 9	0.000 7	0.021 5	0.000 6	2.936 0	1.00	498	69	429	12	412	4	430	13	95%
PM15-TW1-20	216	623	1 500	6.96	0.054 4	0.002 0	0.496 6	0.018 4	0.065 6	0.000 8	0.021 4	0.000 6	2.343 0	1.00	387	86	409	12	410	5	429	12	99%
PM15-TW1-21	376	1 101	2 513	0.00	0.054 4	0.001 5	0.492 5	0.013 8	0.065 2	0.000 7	0.021 8	0.000 5	2.301 9	1.00	387	66	407	9	407	4	436	10	99%

注:样品测试单位为中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室

Rb/Sr判别图解中样品落入贫粘土源岩区至杂砂岩区(图7-a);在A/MF-C/MF图解中,3个样品点落入变泥质岩部分熔融区,2个点落入变质砂岩部分熔融区和基性岩的部分熔融区,产生该结果的原因为受俯冲影响地幔物质混染地壳源岩。前人研究认为,过铝质花岗岩Al_2O_3/TiO_2比值能反映岩浆岩的形成温度,Al_2O_3/TiO_2大于100为低温(小于875℃),Al_2O_3/TiO_2小于100为高温(大于875℃)[22],研究区内岩体Al_2O_3/TiO_2范围为42.54~54.72,平均为46.19,小于100,反映其部分熔融温度为高温。

花岗岩的Nd模式年龄反映了源区物质的平均地壳存留年龄,卡郎岩体两阶段模式年龄(T_{2DM})为1.1~1.2 Ga,表明其源区可能为一套中元古代物质,暗示存在大陆基底。岩石Sr初始值(0.711 939~0.718 881)比壳源花岗岩低,$\varepsilon_{Nd}(t)$(-4.78~-4.02)比壳源花岗岩高,暗示成岩过程有地幔物质加入[19-23]。岩石的低CaO及Sr,Eu,Ti,P的负异常暗示岩体源区有富钙斜长石、钛铁矿及磷灰石残留[24]。

综上所述,卡郎岩体花岗岩可能由富含白云母和黑云母的变泥质岩和少量变杂砂岩在较低压力和较高温度下经历部分熔融形成,其源区有富钙斜长石、钛铁矿和磷灰石残留,同时幔源物质有一定的混入。

6.2 构造环境分析

卡郎岩体为钙碱性I型,在Y-Nb构造环境判别图解中(图8),样品投点落入火山弧+同碰撞构造环境,而在Y+Nb-Rb构造环境判别图解中为火山弧构造环境,在微量元素上并不高的Ta,Y值呈俯冲岛弧花岗岩特点,在该区还发现同时代共生的闪长岩、辉长岩,具钙碱性岛弧岩浆特点,因此,从岩浆组合上分析,岩浆应该形成于俯冲环境。

7 结论

(1) 卡郎岩体花岗岩主要由灰白色粗中粒花岗闪长岩组成。锆石U-Pb年龄为(410.5±2.1) Ma (MSWD=0.28),为早泥盆世。

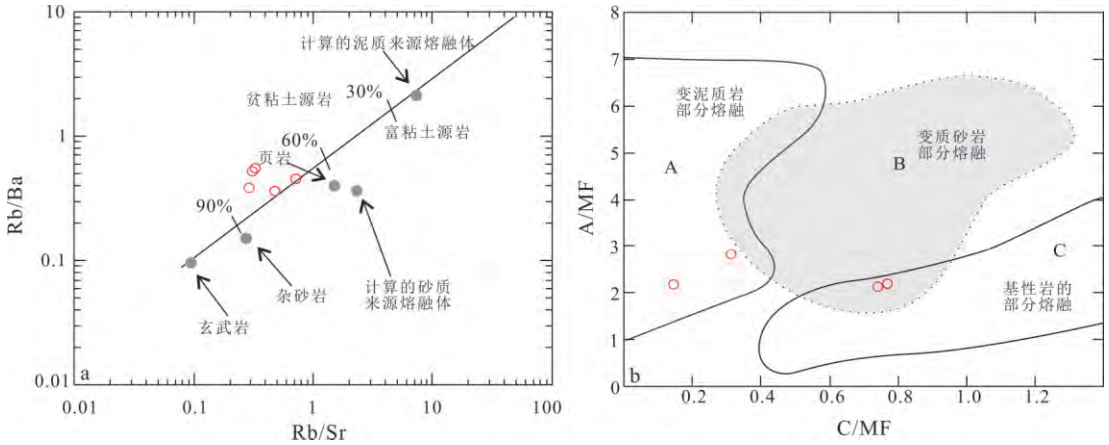

图7 阿尔泰地区卡郎花岗岩Rb/Ba-Rb/Sr图解(a)和A/MF-C/MF图解(b)

Fig.7 Rb/Ba-Rb/Sr diagram(a)and A/MF-C/MF diagram(b)for Kalang granites in Altay area

(a据Chapuis et al.,1998;b据Altherr et al.,2000)

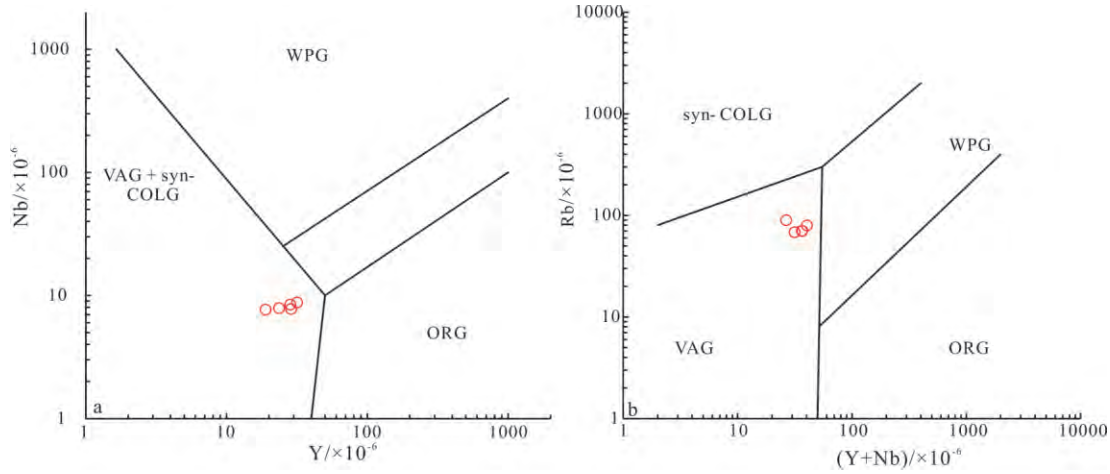

图8 阿尔泰地区卡郎岩体花岗岩构造环境判别图解

Fig.8 Diagrams of the tectonic setting for Kalang granites in Altay area

(a,b据Pearce et al.,1984)

(2) 卡郎岩体高 SiO_2、Al_2O_3，低 TiO_2、MnO、MgO、P_2O_5，轻稀土富集、轻重稀土分馏明显，具Eu的负异常，富集Cs，Rb，Th，La，Ce，Nd等元素，亏损Ba，Sr，P，Ti等元素，呈I型花岗岩特征，具负的$\varepsilon_{Nd}(t)$(-4.78~-4.02)特征和较老的两阶段模式年龄(T_{2DM})(1.1~1.2 Ga)，表明源区可能为一套中元古代物质，为存在大陆古老基底提供重要信息。

(3) 卡郎岩体花岗岩源区有富钙斜长石、钛铁矿和磷灰石残留，幔源物质有一定混入。

(4) 卡郎岩体花岗岩为板块俯冲产物。

参 考 文 献

[1] 王广耀,许培春.新疆阿尔泰地区岩浆岩的特征及其与成矿的关系[J].西北地质,1983,(1):8-21.

[2] 董连慧,屈迅,赵同阳,等.新疆北阿尔泰造山带早古生代花岗岩类侵入序列及其构造意义[J].岩石学报,2012,28(8):2307-2316.

[3] 张亚峰,蔺新望,郭岐明,等.阿尔泰南缘可可托海地区阿拉尔花岗岩体LA-ICP-MS锆石U-Pb定年、岩石地球化学特征及其地质意义[J].地质学报,2015,89(2):339-354.

[4] 王广耀,许培春.阿勒泰地区连环式旋扭构造一例[J].西北地质,1980,(2):11-16.

[5] 曾乔松,陈广浩,王核,等.阿尔泰冲乎尔盆地花岗质岩类的锆石SHRIMP U-Pb定年及其构造意义[J].岩石学报,2007,23(8):1921-1932.

[6] 何国琦,韩宝福,岳永君,等.中国阿尔泰造山带的构造分区和地壳演化[M].新疆地质科学(第1辑),北京:地质出版社,1990,9-18.

[7] Xiao WJ,Windley BF,Badarch G,et al..Palaeozoic accretionary and convergent tectonics of the southern Altaids:implications for the growth of Central Asia[J].Journal of the Geological Society,London,2004,161:339-342.

[8] Wang T,Hong DW,Jahn BM,et al..Timing,Petrogenesis,and Setting of Paleozoic Syn-orogenic intrusions from the Altai Mountains, Northwest China:implications for the tectonic evolution of an accret ionary Orogen[J].Journal of Geology,2006,114:735-751.

[9] Wang T,Jahn BM,Kovachet VP,et al..Mesozoic anorogenic granitic magmatism in the Altai Paleozoic accretionary orogen,NW China,and its Implications for crustal architecture and growth[C].In: Abstract SE53-A010,AOGS 5th Annual General Meeting,Busan, Korea,2008.

[10] Windley BF,Krner A,Guo JH,et al..Neoproterozoic to palaeozoic geology of the Altai orogen,NW China:new zircon age data and tectonic evolution.The Journal of Geology,2002,110:719 – 737.

[11] 王涛,童英,李舢,等.阿尔泰造山带花岗岩时空演变、构造环境及地壳生长意义——以中国阿尔泰为例[J].岩石矿物学杂志,2010,29(6):595-618.

[12] 柳小明,高山,第五春荣,等.单颗粒锆石的20μm小斑束原位微区LA-ICP-MS U-Pb年龄和微量元素的同时测定[J].科学通报,2007,52(2):228-235.

[13] Anderson T.Correction of common Pb in U-Pb analyses that do not report ^{204}Pb[J].Chemical Geology,2002,192(1-2):59-79.

[14] Ludwig KR.Isoplot/Ex version 2.49:A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel[M].Berkeley:Berkeley Geochronology Center Special Publication,2001,No.1a:1-56.

[15] Li JY,Xiao WJ,Wang KZ,et al..Neoproterozoec-Paleozoic tectonostratigraphy,magmatic activities and tectonic evolution of eastern Xinjiang,NW China[C].In:Mao JW,Goldfarb RJ,Seltman R,Wang DH,Xiao WJ,Hart C.Tectonic Evolution and Metallogeny of the Chinese Altay and Tianshan.IAGOD Guidebook Series10 CERCAM/NHM,London,2003,31-74.

[16] Condie K C.Plate tectonics and Crustal evolution.Oxford:Pergamon press,1989,1-476.

[17] 吴元保,郑永飞.锆石成因矿物学研究及其对U-Pb年龄解释的制约[J].科学通报,2004,49(16):589-1604.

[18] 王德滋,刘昌实.桐庐I型和相山S型两类碎斑熔岩对比[J].岩石学报,1993,9(1):44-54.

[19] Taylor SR,Mclenann SM.The continental crust:its composition and evolution.Blackwell:Oxford Press,1985,1-312.

[20] Chappell BW,White AJR.Two contrasting granite types.Pacific Geology,1974,8:173-174.

[21] Chapuis O,Sylvester PJ.Post-collisional strongly per-aluminous granites.Lithos,1998,45:29-44.

[22] Stevens G,Clemens JD,Droop GRT.Melt production during granulite-facies anatexis:experimental data from "primitive" metasedimentary protolith.Contrib.Miner.Petrol.,1997,128:352-370.

[23] Potseluev AA,Babkin DI,Kotegov VI.The Kalguty complex deposit,the Gorny Altai:mineralogical and geochemical characteristics and fluid regime of ore formation.Geologiya Rudnykh Mestorozhdenii,2006,48(5):439-459.

[24] 周刚,张招崇,罗世宾,等.新疆阿尔泰山南缘玛因鄂博高温型强过铝花岗岩:年龄、地球化学特征及其地质意义[J].岩石学报,2007,23(8):1909-1920

Chronology Geochemical Characteristics and Tectonic Significance Discussion of Kalang Granitic Pluton in Altay Region,Xinjiang

He Junling[1],Chen Youxin[2]

(1.No.8 Gold Geological Party of CAPF,Urumqi,XinJiang,830057,China;2.Chang'an University, Xi'an,Shaanxi,710054,China)

Abstract: Kalang rock is mainly composed of gray in the coarse grain of Altay Orogenic Belt.Using LA-ICP-MS U-Pb dating,the age of (410.5±2.1) Ma(MSWD=0.28) represents the crystallized age of the kalang granite are Lower Devonian.The rock is characterized by high contents of SiO_2,Al_2O_3,alkali,low magnesium and it is showing that the kalang rock is rich in light rare earth,but LREE and HREE are high degree of fractionation.Meanwhile,it has obvious negative K,P,Ti, Sr anomalies,positive Th,La,Nd anomalies and Eu negative anomalies,it is Suggested that source area has rich calcic plagioclase,ilmenite and residues of apatite while some mantle substance are mixed in them.The kalang rock exhibits relatively obvious negative Nd anomalies($\varepsilon_{Nd}(t)$=-4.78~-4.02) and Older two-phase model (T_{2DM}) age (1.1~1.2 Ga) which indicate its source area may have material in proterozoic.Kalang granitic pluton formed in the subduction environment provides a new basis for the altay orogenic.

Key words: Altay;Kalang Granitic pluton;Zircon U-Pb dating;Geochemistry;Tectonic significance