文章编号:1000-8845(2015)02-181-09 中图分类号:P588.12+1 文献标识码:A

新疆东准噶尔红山口钾长花岗岩形成时代、成因及地质意义

吴功成,张宏远
(中国地质大学(北京)地球科学与资源学院,北京 100083)

摘 要:东准噶尔地区晚古生代构造环境一直存在争议,但该地区发育的大量晚古生代岩浆岩可作为约束。本文报道了新疆东准噶尔巴里坤县红山口钾长花岗岩及其中发育的黑云母花岗闪长质包体的LA-ICPMS锆石U-Pb年代学和地球化学分析结果。钾长花岗岩的$^{206}Pb/^{238}U$加权平均年龄为(295.2±3.6) Ma(MSWD=0.74),黑云母花岗闪长质包体的$^{206}Pb/^{238}U$加权平均年龄为(296.8±3.4) Ma(MSWD=0.81),二者在误差范围内一致。地球化学研究表明,红山口钾长花岗岩具高硅、高钾、弱过铝、富集轻稀土、Eu负异常特征,微量元素蛛网图上整体表现出Br,Sr,P,Ti负异常,Ba,Sr含量较高。钾长花岗岩中包体的化学成分与钾长花岗岩差别不明显,特别是稀土和微量元素组成基本一致。包体主要沿岩浆流动方向展布,与钾长花岗岩接触边界模糊,部分包体呈弥散状;包体中常见石英和钾长石大斑晶,薄片下可见针状磷灰石。因此,认为红山口钾长花岗岩应为早二叠世后造山伸展环境下岩浆混合产物。

关键词:东准噶尔;锆石U-Pb年龄;包体;后造山;岩浆混合

准噶尔盆地位于中亚造山带南缘[1],夹持于北部阿尔泰造山带和南部天山造山带之间。关于准噶尔盆地基底性质,因盆内沉积厚度大,钻探未能揭露,一直存在争论,制约了对整个中亚造山带演化的认识。然而准噶尔盆地以东地区(东准噶尔)相对露头较好,显著特点是自北向南发育多条蛇绿岩带和碱性岩带[2-7]。前人对这些碱性岩进行了较深入研究,但对东准噶尔东南部地区发育的大量非碱性花岗岩研究较少。本文对巴里坤县红山口钾长花岗岩及发育的包体进行了研究,确定其时代为早二叠世,属后造山环境下产物,为进一步限定东准噶尔演化提供了新依据。

1 区域构造背景及岩体地质

研究区位于东准噶尔东南部巴里坤县境内(图1),区内主要地层为中奥陶—下志留统荒草坡群和下石炭统雅满苏组。荒草坡群主要为一套含大理岩、火山岩、砂岩、粉砂岩的片岩,包括黑云母片岩、绿泥石石英片岩、阳起石黑云母片岩等。雅满苏组主要为一套沉积-火山岩系,包括灰黑色、暗绿色薄层凝碳质砂岩、碳质页岩、凝灰角砾岩夹安山玢岩、凝灰岩、生物灰岩、钙质砂岩、砾岩,凝灰砂岩

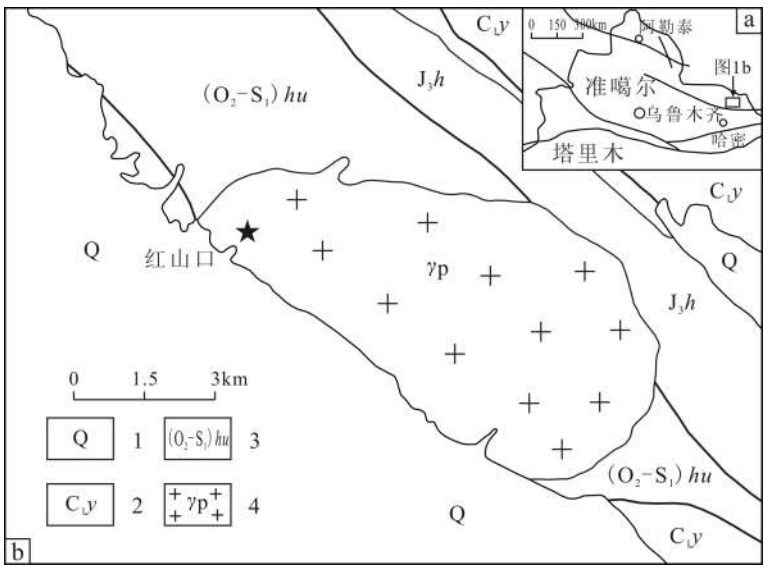


图1 新疆东准噶尔巴里坤红山口花岗岩体地质简图

Fig.1 Simplified geological map of the Hongshankou granite from the Balikun, Eastern Junggar, Xinjiang

1.第四系;2.早石炭统雅满苏组;3.中奥陶—早志留统荒草坡群;4.二叠纪花岗岩

项目资助:中国地质大学(北京)个人科研发展基金(F02018)和国土资源部公益项目(201211024)资助
收稿日期:2015-05-04;修订日期:2015-05-11;作者E-mail:526511949@qq.com
第一作者简介:吴功成(1992-),男,新疆哈密人,中国地质大学(北京)地质学专业在读本科
通讯作者:张宏远(1977-),男,构造地质学专业博士,讲师,E-mail: zhang-hong-yuan@263.net

等。红山口岩体位于巴里坤县以东前山哈萨克族乡红山口一带,近NW向展布,呈显眼的红色山头立于巴里坤盆地东北侧。岩体向东北侵入奥陶到志留系的荒草坡群中,南西部被第四系覆盖,未发生显著构造变形,主要岩性为一套中-中粗粒肉红色钾长花岗岩,似斑状结构,块状构造,斑晶为钾长石,长0.5~1cm(图2-a),局部显示岩浆流动面理(图2-b)。钾长花岗岩中可见大量大小不等的呈长椭球状的黑云母花岗闪长岩包体,有的个体较大(图2-c),椭球体长轴方向与岩浆流动方向相一致(图2-d),个别包体形态完整(图2-e)。多数包体边界不清楚(图2-e,f),有些钾长石晶体直接长在二者接触面上,伸向包体之中(图2-g),有些包体难以看出轮廓,仅局部黑云母明显增多(图2-h)。局部还可见二长花岗岩,无明显过渡。

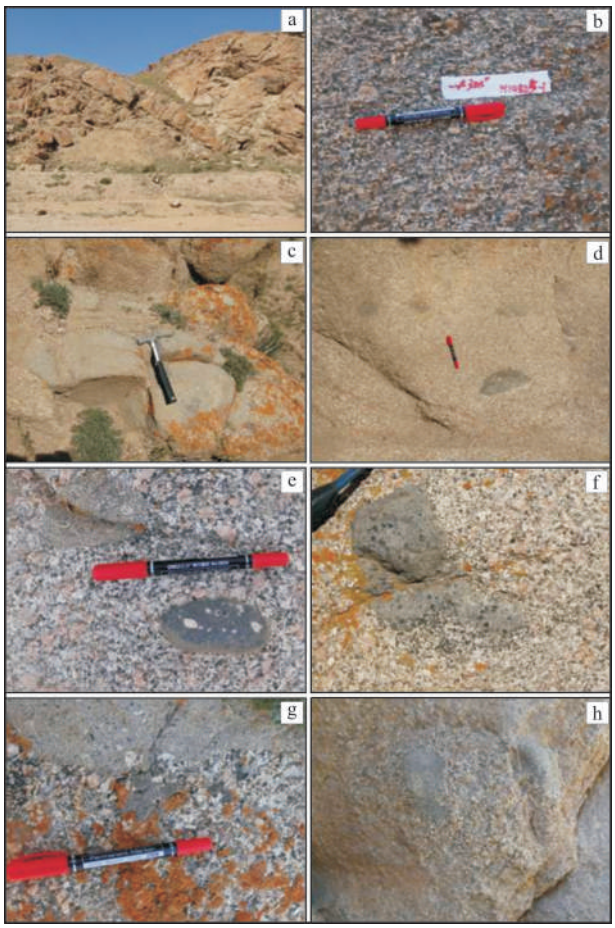


图2 红山口花岗岩及包体野外特征
Fig.2 Field occurrence of the Hongshankou granite and the inclusions

2 样品概况及测试方法

2.1 样品概况

样品采自红山口岩体西南部,大柳树沟东沟和西沟,岩性为肉红色似斑状钾长花岗岩,主要矿物为碱性长石(35%~40%)、斜长石(20%~25%)、石英(20%~25%)、黑云母(5%~10%)及少量角闪石。碱性长石主要为微斜长石、正长石,晶形多为自形。斜长石镜下表面较脏,石英一般呈它形充填于长石空隙中,黑云母解理发育(图3-a,b)。副矿物主要有榍石、锆石和磁铁矿。黑云母花岗闪长岩包体虽色度有所变化,局部出现黑云母聚集,但总体上成分变化不大,主要矿物为斜长石(35%~40%)、碱性长石(25%~30%)、石英(15%~20%)、黑云母(20%~25%),见少量角闪石(图3-c, d)。石英颗粒较小,黑云母颗粒细小,含量较高,解理发育,呈细片状散布。副矿物主要有磷灰石、锆石和磁铁矿,磷灰石呈细小针状,长短不一(图3-d)。

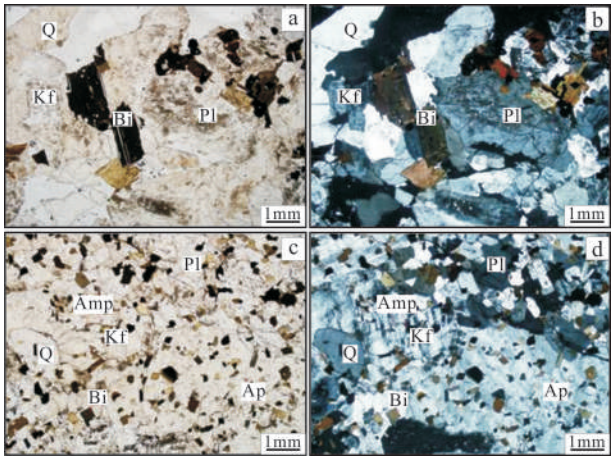


图3 红山口花岗岩及包体显微特征
Fig.3 Microscope petrography of the Hongshankou granite and the inclusions
Q——石英; Pl——斜长石;Kf——钾长石;Bi——黑云母;
Ap——磷灰石;Amp——角闪石

2.2 测试方法

锆石挑选在河北省廊坊区域地质调查研究所完成,经双目镜下挑纯。将晶形相对完好的锆石固定在DEVCON环氧树脂靶上,打磨抛光,使锆石内部充分暴露,进行锆石显微(反射光和透射光)照相和锆石的阴极发光(CL)照相,阴极发光照相在中国地质科学院矿产资源所完成。

La-ICPMS锆石U-Pb年龄测定在中国地质科学院国家地质实验测试中心完成。锆石数据分析采用Thermo Element II及配套的New Wave UP213激光剥蚀系统,激光斑束直径为30 μm,脉冲频率10 Hz,采用高纯度He气作为剥蚀物载体。测试过程中,每测定10个样品,重复测定1个锆石91500对样品进行校正,并测量1个锆石Plesovice,观察仪器状态保证

测试精度。数据处理采用Glitter及ISPLOT程序[8-9],并进行普通铅校正。详细实验原理和流程见文献[10]。年龄结果采用$^{206}Pb/^{238}U$加权平均值,误差为95%置信度。

样品主量、微量和稀土元素分析在加拿大温哥华Acme实验室完成。首先精确选取0.2 g样品粉末进行偏硼酸锂-硼砂融合和硝酸稀释溶解,将样品与助溶剂的融合物于马弗炉上在1 050°C的温度下加热15分钟。提取熔融物,倒入100 ml由去离子水和ACS级纯度硝酸配置的5%浓度的HNO_3中。将溶液摇晃2小时使其充分溶解,取一部分置于聚丙分析管内。通过电感耦合等离子光谱分析(ICP-AES)进行主要氧化物和Ba,Sc,Cu,Zn,和Ni含量分析。在ICP-MS上进行其它微量元素及稀土元素含量分析。贵金属的分析,先称取0.5 g样品,置于3 ml高温的(95°C)王水中进行溶解,通过ICP-MS进行分析。所有分析以OS-18为标准样,精度优于±3%。

3 测试结果

3.1 锆石U-Pb年龄

钾长花岗岩样品(H14825-1.1)中锆石晶形较完整,透明长柱状,长轴长100~300 μm,发育明显震荡环带,呈典型岩浆锆石特征。测试时依透射光、反射光和CL图像,选择无裂隙、无包裹体的锆石进行。锆石分析结果见表1和图4-a,除点5,10,11,18严重偏离谐和线外,其余26个点均集中于谐和线附近,$^{206}Pb/^{238}U$年龄为(280±9.6)Ma~(307±10.0)Ma(表1),给出的$^{206}Pb/^{238}U$加权年龄为(295.2±3.6)Ma(MSWD=0.74)(图4-a),可代表样品形成年龄。包体黑云母花岗闪长岩样品(H14825-1.7)中锆石晶形完整,多为无色透明长柱状,长轴长100~300 μm,发育明显震荡环带,呈典型岩浆锆石特征。测试时选择无裂隙、无包裹体的锆石进行测试。锆石分析结果见表1和图4-b,8号点给出一个稍小年龄(265±7.7)Ma,偏离谐和线较远,23号点偏离谐和线较多,给出一个较老的年龄(663±41.6)Ma,其余28个测点结果很集中,$^{206}Pb/^{238}U$年龄为(289±9.1)Ma~(318Ma±10.1)Ma(表1),给出的$^{206}Pb/^{238}U$加权年龄为(296.8±3.4)Ma(MSWD=0.81)(图4-b),可代表包体形成时代。

3.2 主量、微量元素地球化学

红山口钾长花岗岩和黑云母花岗岩闪长岩包体的地球化学分析结果及有关参数见表2。从表中可看出,钾长花岗岩富硅(67.05%~70.08%)、富钾(3.95%~4.87%),显示高钾钙碱性特点(图5-a,表2)。Al_2O_3含量中等(14.55%~16.14%),铝饱和指数ACNK

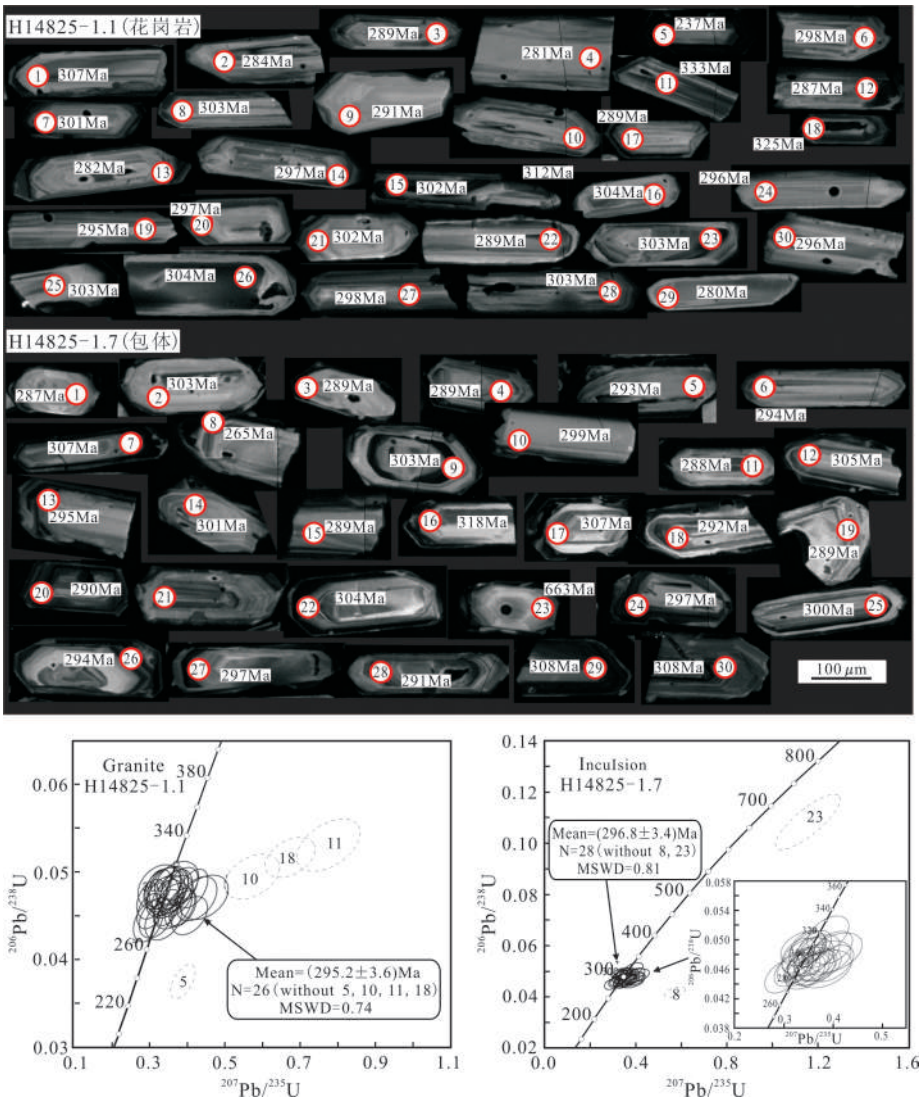


图4 红山口花岗岩及包体LA-ICPMS锆石CL照片及U-Pb年龄谐和图
Fig.4 Zircon CL photos and their LA-ICP MS U-Pb concordia diagram of the Hongshankou granite and the inclusions

表1 新疆东准噶尔红山口花岗岩及包体LA–ICPMS锆石U–Pb测年结果

Table 1 LA–ICP MS zircon U–Pb dating results of granite and inclusion from Eastern Junggar, Xinjiang

点号	Th/×10⁻⁶	U/×10⁻⁶	Pb/×10⁻⁶	同位素比值						年龄/Ma					
				$^{207}Pb/^{206}Pb$	1σ	$^{207}Pb/^{235}U$	1σ	$^{206}Pb/^{238}U$	1σ	$^{207}Pb/^{206}Pb$	1σ	$^{207}Pb/^{235}U$	1σ	$^{206}Pb/^{238}U$	1σ
	花岗岩(H14825-1.1)														
1	114.0	128.0	1.22	0.057 1	0.006 0	0.372 4	0.038 1	0.048 7	0.001 6	494	233	321	28.2	307	10.0
2	134.0	188.0	0.71	0.066 0	0.005 3	0.406 6	0.031 4	0.045 0	0.001 4	806	169	346	22.7	284	8.9
3	220.0	337.0	1.50	0.061 5	0.003 9	0.388 5	0.023 7	0.045 9	0.001 3	657	135	333	17.4	289	8.3
4	60.7	98.2	1.90	0.055 3	0.006 3	0.336 8	0.032 1	0.044 6	0.001 5	433	256	295	24.4	281	9.5
5	328.0	358.0	1.29	0.078 0	0.004 6	0.389 4	0.021 3	0.037 5	0.001 2	1 146	114	334	15.6	237	7.8
6	79.5	142.0	0.00	0.058 8	0.005 4	0.369 4	0.030 6	0.047 3	0.001 5	561	202	319	22.7	298	9.5
7	49.2	108.0	3.32	0.054 4	0.005 2	0.366 4	0.031 0	0.047 8	0.001 6	387	210	317	23.1	301	10.1
8	81.4	124.0	0.19	0.052 6	0.004 9	0.339 8	0.029 9	0.048 1	0.001 6	309	213	297	22.6	303	9.6
9	35.6	60.5	0.46	0.058 6	0.006 2	0.361 7	0.033 7	0.046 1	0.001 7	554	234	314	25.1	291	10.6
10	33.5	106.0	2.68	0.085 3	0.007 4	0.572 6	0.048 2	0.049 6	0.001 7	1 321	169	460	31.1	312	10.3
11	168.0	169.0	3.20	0.111 8	0.009 1	0.773 9	0.057 0	0.053 0	0.001 9	1 829	148	582	32.6	333	11.9
12	161.0	244.0	2.80	0.048 9	0.004 0	0.302 0	0.023 2	0.045 5	0.001 3	143	181	268	18.1	287	8.2
13	68.7	102.0	1.59	0.046 8	0.004 8	0.316 7	0.029 2	0.044 8	0.001 5	42.7	291	279	22.5	282	9.4
14	86.9	146.0	0.07	0.052 3	0.004 8	0.334 2	0.028 5	0.047 2	0.001 5	298	213	293	21.7	297	9.2
15	135.0	506.0	0.00	0.053 3	0.003 2	0.359 9	0.021 6	0.047 9	0.001 4	343	139	312	16.1	302	8.8
16	54.3	94.8	0.85	0.051 9	0.006 6	0.325 9	0.037 3	0.048 3	0.001 7	280	267	286	28.6	304	10.3
17	142.0	189.0	2.28	0.061 5	0.004 4	0.380 8	0.026 3	0.045 9	0.001 5	655	350	328	19.3	289	9.1
18	462.0	540.0	6.96	0.095 0	0.006 4	0.673 5	0.045 7	0.051 7	0.001 5	1528	128	523	27.7	325	9.0
19	139	133	0.47	0.048 0	0.004 2	0.305 6	0.026 1	0.046 9	0.001 5	101.9	196	271	20.3	295	9.2
20	51.5	81.2	0.00	0.072 9	0.007 6	0.445 2	0.042 4	0.047 1	0.001 7	1013	215	374	29.8	297	10.3
21	53.6	91.0	1.39	0.055 2	0.006 7	0.343 6	0.038 9	0.048 0	0.001 7	420	274	300	29.4	302	10.4
22	197.0	244.0	1.56	0.055 1	0.003 7	0.347 8	0.022 9	0.045 9	0.001 4	417	153	303	17.3	289	8.4
23	103.0	326.0	0.00	0.048 9	0.003 4	0.322 7	0.022 9	0.048 2	0.001 4	143	156	284	17.6	303	8.6
24	82.5	92.6	0.00	0.069 0	0.006 8	0.425 3	0.035 6	0.046 9	0.001 7	902	208	360	25.3	296	10.3
25	75.8	130.0	0.00	0.052 6	0.005 2	0.351 5	0.034 3	0.048 2	0.001 6	322	221	306	25.8	303	10.1
26	421.0	357.0	0.00	0.057 7	0.004 0	0.387 0	0.027 5	0.048 4	0.001 4	520	152	332	20.2	304	8.7
27	91.4	92.8	0.00	0.053 0	0.005 8	0.345 3	0.033 9	0.047 3	0.001 5	332	252	301	25.6	298	9.2
28	102.0	193.0	0.29	0.063 0	0.004 0	0.415 0	0.026 4	0.048 1	0.001 4	709	137	352	18.9	303	8.9
29	92.8	117.0	1.21	0.051 9	0.005 6	0.296 7	0.026 0	0.044 4	0.001 5	283	253	264	20.3	280	9.6
30	71.1	128.0	0.14	0.054 0	0.004 9	0.346 8	0.027 2	0.046 9	0.001 4	372	197	302	20.5	296	8.9

续表

	花岗岩(H14825-1.7)														
1	62.8	98.5	1.850 0	0.054 7	0.004 8	0.341 6	0.027 0	0.045 5	0.001 6	467	198	298	20.5	287.0	9.7
2	67.9	80.8	0.000 0	0.063 5	0.006 6	0.402 2	0.036 1	0.048 1	0.001 8	724	222	343	26.2	303.0	10.9
3	71.8	88.2	0.000 0	0.063 7	0.006 9	0.379 1	0.037 1	0.045 9	0.001 7	731	231	326	27.3	289.0	10.4
4	106.0	239.0	0.121 1	0.053 2	0.004 1	0.335 3	0.024 2	0.045 9	0.001 5	339	176	294	18.4	289.0	9.1
5	144.0	241.0	5.770 0	0.059 3	0.005 5	0.370 2	0.029 3	0.046 5	0.001 5	576	202	320	21.7	293.0	9.1
6	112.0	157.0	0.000 0	0.062 1	0.005 0	0.395 6	0.029 2	0.046 7	0.001 6	676	173	338	21.2	294.0	10.0
7	121.0	330.0	0.000 0	0.058 9	0.004 1	0.397 2	0.026 4	0.048 8	0.001 5	561	119	340	19.2	307.0	9.0
8*	143.0	368.0	3.860 0	0.098 9	0.005 4	0.574 0	0.031 2	0.042 0	0.001 2	1603	101	461	20.1	265.0	7.7
9	159.0	609.0	1.690 0	0.052 1	0.002 9	0.347 8	0.019 2	0.048 1	0.001 4	287	121	303	14.5	303.0	8.6
10	108.0	137.0	0.760 0	0.059 5	0.005 4	0.384 1	0.033 1	0.047 4	0.001 5	587	198	330	24.3	299.0	9.4
11	171.0	218.0	0.000 0	0.050 5	0.003 8	0.312 7	0.022 7	0.045 7	0.001 4	217	176	276	17.6	288.0	8.8
12	78.5	123.0	0.980 0	0.053 9	0.004 4	0.345 6	0.024 5	0.048 5	0.001 6	365	183	301	18.5	305.0	10.0
13	239.0	456.0	0.420 0	0.051 5	0.002 7	0.331 7	0.017 4	0.046 8	0.001 3	265	122	291	13.3	295.0	8.2
14	120.0	162.0	0.000 0	0.050 4	0.003 7	0.326 7	0.022 3	0.047 8	0.001 6	213	172	287	17.1	301.0	9.6
15	246.0	221.0	1.340 0	0.055 4	0.004 4	0.353 5	0.024 6	0.045 8	0.001 4	428	178	307	18.5	289.0	8.9
16	104.0	174.0	0.000 0	0.057 5	0.004 6	0.387 5	0.028 0	0.050 6	0.001 6	522	174	333	20.5	318.3	10.1
17	105.0	181.0	2.500 0	0.050 1	0.004 3	0.338 0	0.030 7	0.048 7	0.001 5	211	180	296	23.3	307.0	9.5
18	155.0	273.0	2.230 0	0.056 2	0.003 8	0.367 9	0.025 3	0.046 4	0.001 4	461	152	318	18.8	292.0	8.4
19	76.0	135	0.064 0	0.057 7	0.004 8	0.360 6	0.027 3	0.045 9	0.001 5	520	188	313	20.4	289	9.0
20	219.0	605	0.740 0	0.051 7	0.003 1	0.328 3	0.019 2	0.046 1	0.001 3	276	137	288	14.7	290	8.3
21	101.0	133	0.920 0	0.047 4	0.004 0	0.292 9	0.022 3	0.044 8	0.001 4	77.9	180	261	17.5	283	8.9
22	123.0	265	0.160 0	0.055 2	0.004 3	0.369 1	0.028 0	0.048 3	0.001 5	417	174	319	20.7	304	9.1
23*	65.0	104	0.690 0	0.076 1	0.006 1	1.157 2	0.094 2	0.108 3	0.007 1	1098	161	781	44.4	663	41.6
24	255.0	625	0.220 0	0.051 7	0.002 7	0.344 6	0.017 2	0.047 2	0.001 3	333	120	301	13.0	297	8.1
25	83.8	112	0.000 0	0.054 2	0.005 7	0.346 9	0.034 4	0.047 6	0.001 7	389	245	302	25.9	300	10.5
26	71.6	181	0.190 0	0.057 4	0.005 6	0.353 1	0.030 8	0.046 6	0.001 5	506	217	307	23.1	294	9.2
27	89.9	182	4.670 0	0.053 4	0.004 0	0.354 5	0.023 6	0.047 1	0.001 4	346	170	308	17.7	297	8.8
28	168.0	328	0.000 0	0.048 2	0.002 7	0.310 0	0.016 8	0.046 2	0.001 3	109	130	274	13.1	291	8.1
29	125.0	363	0.000 0	0.052 6	0.003 4	0.360 1	0.022 6	0.048 9	0.001 4	309	148	312	16.9	308	8.9
30	120.0	211	0.000 0	0.050 8	0.003 6	0.344 9	0.023 3	0.049 0	0.001 4	232	163	301	17.6	308	8.8

表2 新疆东准噶尔红山口花岗岩及包体地球化学分析结果

Table 2 Geochemistry analysis results of granite and inclusion from Eastern Junggar, Xinjiang

单位:%

H14825-	1.1	1.2	1.3	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10
岩石类型	钾长花岗岩			黑云母花岗闪长岩(包体)				
SiO_2	69.59	70.08	67.05	67.16	66.90	66.07	64.20	67.08
Al_2O_3	14.55	14.45	16.14	15.72	15.69	16.12	16.65	15.84
Fe_2O_3	3.51	3.30	3.29	3.91	3.78	4.12	5.19	4.03
MgO	0.76	0.71	0.69	0.90	0.88	0.89	1.36	1.00
CaO	1.72	1.89	1.91	1.84	1.85	1.70	2.46	2.41
Na_2O	3.79	3.93	4.18	4.05	4.12	4.17	4.48	4.52
K_2O	4.32	3.95	4.87	4.63	4.83	5.10	3.75	3.29
TiO_2	0.49	0.48	0.45	0.61	0.61	0.59	0.77	0.65
P_2O_5	0.18	0.18	0.17	0.20	0.20	0.22	0.21	0.19
MnO	0.09	0.08	0.09	0.10	0.09	0.09	0.12	0.10
LOI	0.80	0.70	0.90	0.70	0.90	0.70	0.50	0.70
Total	99.79	99.78	99.75	99.81	99.82	99.76	99.72	99.79
La	52.80	51.50	52.20	55.20	50.00	67.20	58.50	50.90
Ce	110.30	100.90	105.50	117.40	105.50	137.70	115.90	97.80
Pr	12.90	11.75	12.44	13.55	12.70	16.18	13.69	11.51
Nd	49.40	45.90	45.80	52.50	49.70	62.2	52.80	45.4
Sm	9.38	8.62	9.18	10.55	10.22	11.49	10.28	8.87
Eu	1.91	1.91	2.15	1.22	1.18	1.79	1.86	1.64
Gd	9.31	7.71	7.85	10.08	9.68	10.77	10.14	8.54
Tb	1.49	1.19	1.21	1.66	1.59	1.72	1.64	1.37
Dy	8.88	6.61	6.64	9.64	9.22	10.31	9.73	7.84
Ho	1.91	1.40	1.43	1.97	1.95	2.13	2.10	1.68
Er	5.68	3.99	4.28	5.95	5.53	6.21	5.95	4.96
Tm	0.85	0.60	0.61	0.88	0.89	0.91	0.87	0.69
Yb	5.36	3.77	3.91	5.92	5.62	6.00	5.47	4.51
Lu	0.82	0.59	0.59	0.90	0.85	0.91	0.86	0.71
Y	50.90	36.90	37.80	52.00	51.30	57.00	51.10	40.10
Ba	803.00	794.00	1 122.00	460.00	468.00	975.00	752.00	600.00
Cs	4.00	3.10	3.90	3.40	3.70	7.40	5.60	4.40
Ga	20.00	19.30	19.60	19.40	19.60	20.90	21.80	19.70
Hf	9.20	9.30	9.10	10.30	11.00	9.30	16.50	11.20
Nb	12.30	10.70	10.60	18.10	18.00	14.60	18.60	15.70
Rb	132.00	114.00	137.20	147.80	152.70	186.20	168.80	130.30
Sr	202.90	203.00	237.20	139.90	134.60	163.80	225.40	197.50
Ta	0.70	0.80	0.80	1.30	1.30	1.10	1.20	1.10
Th	16.10	13.20	14.50	17.30	16.20	20.10	14.20	13.80
U	1.90	1.30	1.40	2.10	3.00	2.70	1.70	1.60
V	35.00	38.00	30.00	43.00	41.00	38.00	47.00	44.00
Zr	379.70	405.30	384.70	447.50	453.60	381.50	714.90	460.00
Cu	5.30	5.20	6.30	6.70	6.10	4.80	11.60	6.10
Pb	7.00	6.80	6.90	8.20	8.00	6.00	5.80	5.70
Zn	59.00	55.00	55.00	67.00	65.00	66.00	92.00	67.00
Ni	4.80	4.50	4.80	3.30	3.10	3.00	8.50	4.30
Sc	8.00	8.00	8.00	10.00	10.00	10.00	12.00	10.00
K_2O/Na_2O	1.14	1.01	1.17	1.14	1.17	1.22	0.84	0.73
ACNK	1.01	1.01	1.00	1.02	0.99	1.00	1.08	1.07
ANK	1.20	1.23	1.20	1.22	1.18	1.16	1.37	1.38
∑REE	271.00	246.40	253.80	287.40	264.60	335.50	289.80	246.40
Eu/*Eu	0.20	0.23	0.25	0.12	0.12	0.16	0.18	0.19

注:Eu/*Eu根据Eu/[(Sm*Gd)1/2]公式计算,是铕标准化值与其序数相邻的钐与钆标准化值之积平方根的比值;微量元素单位为$\times10^{-6}$

集中于1.00~1.03,ANK为1.20~1.23,在ACNK-ANK图解中,位于弱过铝质区(图5-b)。黑云母花岗闪长岩包体地球化学成分变化较大,硅含量总体低于钾长花岗岩(64.20%~67.16%),钾含量波动较大(3.29%~5.10%),从中钾变化到钾玄系列。钠含量有所变化,含量较高(3.78%~5.19%)。Al_2O_3含量较高(15.69%~16.65%),铝饱和指数ACNK集中于0.99~1.08,ANK为1.16~1.38,在ACNK-ANK图解中,位于弱过铝质区(图5-b)。

无论是钾长花岗岩还是黑云母花岗闪长岩包体,稀土元素总量较高,ΣREE=246.4×10⁻⁶~335.5×10⁻⁶。在球粒陨石标准化稀土分布图解中(图6-a),轻稀土富集,重稀土平坦,明显右倾,具显著负铕异常(Eu/Eu* =0.12~0.25)。在原始地幔标准化蛛网图解中(图6-b),所有样品表现出富集大离子亲石元素(LIEs,Rb,Th和K),亏损高场强元素(HFSEs,Nb,Ta,P,Ti),Ba,Sr表现出明显负异常。

4 讨论

红山口岩体相对孤立,除1:20万地质填图确定为海西期产物外,尚未报道过精确年龄。本次LA-ICPMS锆石U-Pb测年,给出该钾长花岗岩(295.2±3.6)Ma的成岩年龄,表明红山口岩体形成于早二叠世,其中发育花岗闪长质包体的测年结果((296.8±3.4)Ma)与钾长花岗岩形成时代在误差范围内相一致,表明它们为同期产物。

红山口钾长花岗岩具高钾、弱过铝,富集轻稀土元素和大离子亲石元素,亏损高场强元素,Eu负异常显著,在微量元素蛛网图上整体表现出的Br,Sr,P,Ti负异常,表明岩浆经明显分离结晶作用,斜长石在源区残留。同时,钾长花岗岩表现出较高的Ba,Sr含量和Sr/Y比值,并具明显的Nb,Ta亏损,显示出类似Adakite的特征[14],但其较高的Y(36.9×10⁻⁶~50.9×10⁻⁶)和Yb(3.77×10⁻⁶~5.36×10⁻⁶)含量则与Adakite有

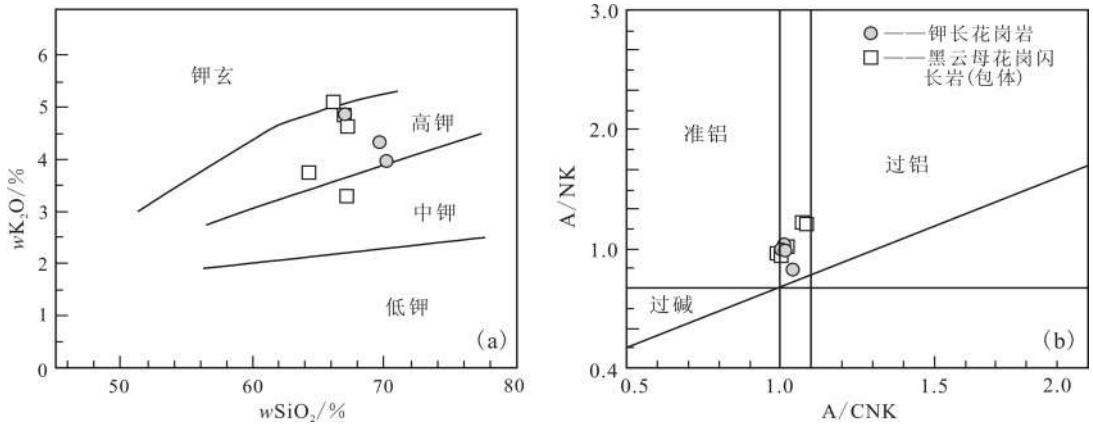


图5 红山口花岗岩及包体SiO_2-K_2O和ACNK-ANK图解

Fig.5 SiO_2-K_2O and ACNK-ANK diagrams of the Hongshankou granites and the inclusions

(a图据[11]; b图据[12])

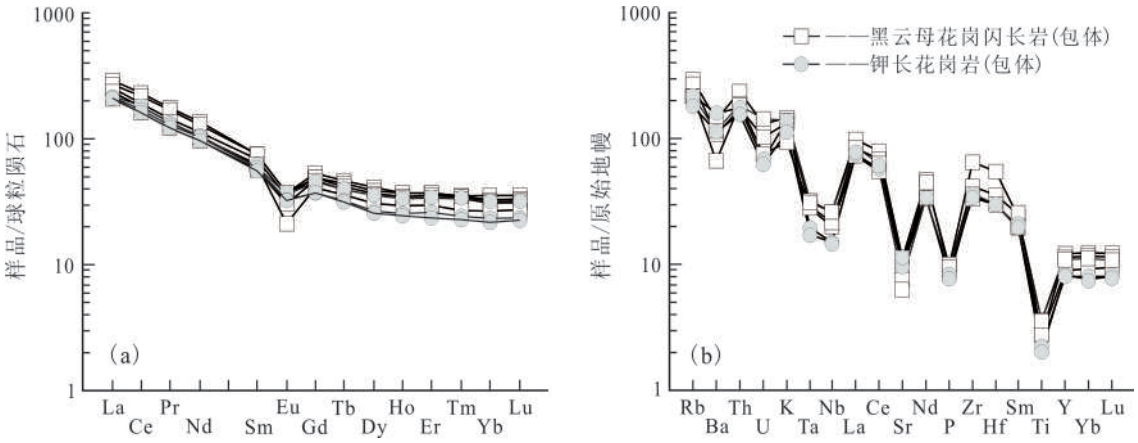


图6 红山口花岗岩及包体稀土分布曲线(a)和微量元素蛛网图(b)

Fig.6 Chondrite-normalized REE patterns (a) and primitive-mantle normalized trace element patterns for the Hongshankou granites and the inclusions (b)

(标准化数据引自文献[13])

明显差别。幔源基性岩浆与地壳酸性岩浆混合也可形成这种高Ba-Sr花岗岩[15-16]。红山口钾长花岗岩中发育大量包体为此提供了佐证:①围岩和包体时代一致,为同期形成;②包体沿岩浆流动方向展布,与围岩接触边界模糊(图2),表明它们是在熔体-塑性状态下进行定位的;③钾长花岗岩中部分包体呈

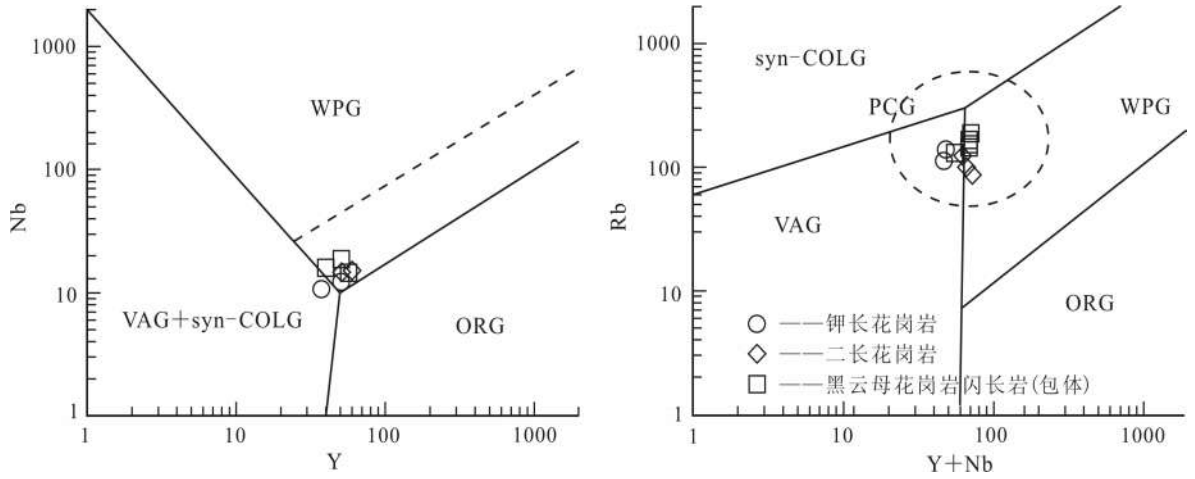


图7 红山口花岗岩及包体Nb-Yb和Rb-(Yb+Nb)构造判别图

Fig.7 Discrimination diagrams of Nb vs. Y and Rb vs. Yb+Nb of the Hongshankou granites and the inclusions

(据文献[17])

WPG——板内花岗岩;VAG——火山弧花岗岩;ORG——洋中脊花岗岩;Syn-COLG——同造山花岗岩;PCG——后碰撞花岗岩

弥散状,形成暗色矿物增多的"混杂带",包体中常见石英或钾长石大斑晶(图2),这些现象可能反映发生过岩浆混合(机械混合)的矿物交换;④不平衡的矿物结构,如包体中可见针状磷灰石;⑤围岩和包体在成分上差别不明显,特别是稀土和微量元素组成基本一致,表明钾长花岗岩为岩浆混合产物。

东准噶尔地区发育大量晚古生代碱性花岗岩及A型花岗岩[5,18-22],形成时代从320 Ma一直延续到270 Ma[6],不存在自北向南逐渐变年轻的趋势。尤其在早二叠世显示出同步性,这种碱性岩及A型花岗岩大规模侵位,表明区域处于大规模伸展状态,红山口岩体形成于(295.2±3.6)Ma,也应是这种伸展背景下的产物。据Pearce et al.构造环境判别图解[17],红山口钾长花岗岩及黑云母花岗闪长岩包体都落在后碰撞花岗区(图7)。综上所述,东准噶尔地区在二叠纪已转入后造山伸展背景,进一步证实新疆准噶尔晚古生代存在陆壳垂向生长规律[23-25]。

5 结论

新疆东准噶尔红山口钾长花岗岩的LA-ICP-MS锆石U-Pb定年给出$^{206}Pb/^{238}U$加权平均年龄为(295.2±3.6)Ma(MSWD=0.74),表明该岩体形成于早二叠世。其中发育的黑云母花岗闪长岩包体$^{206}Pb/^{238}U$加权平均年龄为(296.8±3.4)Ma(MSWD=0.81),二者在误差范围内一致,应属同期产物。结合岩石学、地球化学和区域地质研究表明,东准噶尔在二叠纪应转入后造山伸展背景,钾长花岗岩是在后造山伸展背景下岩浆混合产物。

致谢:感谢匿名审稿人的宝贵建议!

参 考 文 献

[1] Jahn Borming,Wu Fuyuan,Hong Dawei.Important crustal growth in the Phanerozoic: Isotopic evidence of granitoids from east-central Asia[J].Journal of Earth System Science,2000,109(1): 5-20.

[2] 简平,刘敦一,张旗,等.蛇绿岩及蛇绿岩中浅色岩的SHRIMP U-Pb测年[J]. 地学前缘,2003,10(4):440-456.

[3] 肖文交,韩春明,袁超,等. 新疆北部石炭—二叠纪独特的构造-成矿作用:对古亚洲洋构造域南部大地构造演化的制约[J]. 岩石学报,2006,22(5):1062-1076.

[4] 张元元,郭召杰.准噶尔北部蛇绿岩形成时限新证据及其东、西准噶尔蛇绿岩的对比研究[J].岩石学报,2010,26(2):422-430.

[5] 刘家远,袁奎荣,吴郭泉,等. 新疆准噶尔富碱花岗岩类及其成矿作用[M].长沙:中南工业大学出版社,1996,13-170.

[6] 童英,王涛,洪大卫,等.北疆及邻区石炭—二叠纪花岗岩时空分布特征及其构造意义[J].岩石矿物学杂志, 2010,29(006): 619-641.

[7] Tong Ying, Wang Tao, Siebel Wolfgang, et al. Recognition of early Carboniferous alkaline granite in the southern Altai orogen: post-orogenic processes constrained by U-Pb zircon ages, Hf and Nd isotopes, and geochemical data. International Journal of Earth Sciences, 2012,101(4): 937-950.

[8] Jackson S E,Pearson N J,Griffin W L ,et al. The Application of Laser Ablation- Inductively Coupled Plasma- Mass Spec- Trometry (LA- ICP- MS)to in Situ U- Pb Zircon Geochronology[J].Chem Geol, 2004,211:47-69.

[9] Ludwig K R. User's manual for Isoplot/Ex version 2. 2: A geochronological toolkit for Microsoft Excel[M]. Berkeley Geochronology Center Special Publication No. 1a,2000,1-50.

[10] Yuan Honglin,Gao Shan,Liu Xiaoming,et al. Accurate U-Pb Age

and Trace Element Determinations of Zircon by Laser Blation In ductively Coupled Plasma Mass Spectrometry[J].Geostandard Newsletter:The Journal of Geostandards and Geoanalysis,2004, 28: 353-370.
[11] Le Maitre RW, Bateman P, Dudek A, et al.Igneous rocks: A classification of and glossary of terms[M], Cambridge University Press, Oxford. 1989.
[12] Maniar P D, Piccoli P M. Tectonic discrimination of granitoids[J]. Geological Society of America Bulletin, 1989,101: 635-643.
[13] Sun S S, McDonough W F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes[J]. Geological Society, 1989,42: 313-345.
[14] 张旗,王焰,刘红涛,等.中国埃达克岩的时空分布及其形成背景:国内关于埃达克岩的争论[J]. 地学前缘, 2003,10(4): 385-400.
[15] Fowler, M. B. and P. J. Henney. Mixed Caledonian appinite magmas: implications for lamprophyre fractionation and high Ba-Sr granite genesis. Contributions to Mineralogy and Petrology,1996, 126 (1-2): 199-215.
[16] Ajaji T, Weis D, Giret A, et al. Coeval potassic and sodic calc-alkaline series in the post-collisional Hercynian Tanncherfi intrusive complex, northeastern Morocco: geochemical, isotopic and geochronological evidence[J]. Lithos,1998,45(1): 371-393.
[17] Pearce J A, Harris B W, Tindle A G.Trace element discrimination diagrams for the tectonicinterpretation of granitic rocks[J]. Journal ofPetrology,1984,25 (4): 956-983.
[18] 苏玉平, 唐红峰, 刘丛强,等.新疆东准噶尔苏吉泉铝质A型花岗岩的确立及其初步研究[J]. 岩石矿物学杂志, 2006,25(03): 175-184.
[19] 苏玉平, 唐红峰, 丛峰.新疆东准噶尔黄羊山碱性花岗岩体的锆石U-Pb年龄和岩石成因[J]. 矿物学报, 2008,28(2): 117-126.
[20] 唐红峰, 屈文俊, 苏玉平,等. 新疆萨惹什克锡矿与萨北碱性A型花岗岩成因关系的年代学制约[J]. 岩石学报,2007,23(08): 1989-1997.
[21] 唐红峰, 赵志琦, 黄荣生,等. 新疆东准噶尔A型花岗岩的锆石Hf同位素初步研究[J]. 矿物学报, 2008,28(04): 335-342.
[22] 毛启贵, 肖文交, 韩春明, 等.东准噶尔地区晚古生代向南增生:来自A型花岗岩的启示[J]. 岩石学报, 2008,24(4): 733-742.
[23] Xiao Wenjiao, Windley F Brian, Hao Jie, *et al.* Accretion leading to collision and the Permian Solonker suture, Inner Mongolia, China: Termination of the Central Asian Orogenic Belt[J]. Tectonics, 2003,22(6): 8-1-8-20.
[24] 韩宝福, 季建清, 宋彪, 等.新疆准噶尔晚古生代陆壳垂向生长(I)——后碰撞深成岩浆活动的时限[J]. 岩石学报, 2006,22(5): 1077-1086.
[25] 杨高学, 李永军, 吴宏恩, 等. 东准噶尔卡拉麦里地区黄羊山花岗岩和包体LA-ICP-MS锆石U-Pb测年及地质意义[J]. 岩石学报, 2009,25(12): 3197-3207.

Age and Origin of the Hongshankou Granite from the Balikun, Eastern Junggar, Xinjiang, and its Implication

Wu Gongcheng,Zhang Hongyuan
(School of Earth Sciences and Resources,China University of Geosciences,Beijing,100083,China)

Abstract: The late Paleozoic tectonic setting of Eastern Junggar has been a highly debated issue,and many late Paleozoic magmatite can provide good constraint to the environment. The Hongshankou pluton locates in the south of the Eastern Junggar and is composed mainly of K-spar granite with biotite granodioritic inclusions. LA-ICPMS zircon U-Pb dating yielded $^{206}Pb/^{238}U$ age of 295.2±3.6 Ma (MSWD=0.74) and 296.8±3.4 Ma (MSWD=0.81) for the granite and inclusion, respectively,which are interpreted as their formation age.All granites from the pluton are characterized by high values of SiO_2,K_2O,belonging to weakly peraluminous,showing a relative enrichment of LREE as well as negative anomalies of Eu.In the trace element spider diagram,elements such as Br, Sr, P and Ti are shown to be negative anomalies,however,contents of Ba and Sr are much higher.On the other hand,the granodioritic inclusions have the similar geochemical compositions with the granites,especially the basically consistent features of rare earth elements and trace elements in between them.These inclusions distribute along the magma flow direction.Most of them have fuzzy contact boundary with the granite and some of them are ispersive.Quartz and/or potassium feldspar phenocrysts can be found in the inclusions. Apatites are found from the granodioritic inclusion thin sections through microscope instrument.These characters suggest that the Hongshankou pluton was generated by the magma mixing process in an Early Permian post-collisional setting.

Key words: Eastern Junggar;Zircon U-Pb age;Inclusion;Post-collisional;Magma mixing

新疆东准噶尔红山口钾长花岗岩形成时代、成因及地质意义

万方数据 WANFANG DATA 文献链接

作者： 吴功成， 张宏远， Wu Gongcheng， Zhang Hongyuan
作者单位： 中国地质大学 北京 地球科学与资源学院,北京,100083
刊名： 新疆地质 ISTIC PKU
英文刊名： Xinjiang Geology
年，卷(期)： 2015(2)

引用本文格式： 吴功成.张宏远.Wu Gongcheng.Zhang Hongyuan 新疆东准噶尔红山口钾长花岗岩形成时代、成因及地质意义[期刊论文]-新疆地质 2015(2)