西昆仑北缘库斯拉甫一带中元古代岩浆活动及地质意义*

黄建国[1,2] 杨瑞东[1] 杨 剑[2] 崔春龙[2] 侯兰杰[2]

(1. 贵州大学资源与环境工程学院 贵阳 550003; 2. 西南科技大学环境与资源学院 四川绵阳 621010)

摘 要 西昆仑北缘库斯拉甫一带侵入前寒武纪结晶基底(C*h*)的中元古代两期岩体,早期以喀特列克岩体为代表,年龄为 1 567 Ma,晚期以阿孜巴勒迪尔岩体为代表,年龄为 1 423 Ma。早期岩体(δoPt)具有贫硅、高钙、中碱和准铝质等特征;岩性主要为钙碱性石英闪长岩,岩石稀土总量为 $168.4\times10^{-6}\sim374.38\times10^{-6}$、轻重稀土比值为 9.3 ~ 18.23,中等负铕异常(δEu = 0.53 ~ 0.82)。晚期岩体($\eta\gamma$Pt)具有富硅、高碱、富钾、强过铝质和全铁含量高等特征;岩性主要为碱性二长花岗岩,岩石具高的 $10^4 * Ga/Al$ 比值(3.01 ~ 3.5),很高的 REE 含量($375.68\times10^{-6}\sim1\ 075.46\times10^{-6}$),高 LREE/HREE(7.07 ~ 16.87)和高(La_N/Yb_N)(8.32 ~ 25.2)及强烈负 Eu 异常(δEu = 0.25 ~ 0.31)。通过对两期岩体(δoPt 和 $\eta\gamma$Pt)同位素年龄、矿物学、岩石化学、微量元素及稀土元素等特征系统地研究,认为西昆仑北缘在中元古代发生两次明显的岩浆—构造事件,早期事件(δoPt 的侵位)与兴地运动(Ⅰ幕)有关;晚期事件($\eta\gamma$Pt 的侵位)在时间及区域上与兴地运动(Ⅱ幕)比较吻合;早期岩浆(δoPt)可能存在部分幔源物质的加入,显示Ⅰ型花岗岩的特征,可能属于造山期后花岗岩类;晚期岩浆($\eta\gamma$Pt)可能经历过下地壳的部分熔融或较高程度的分异演化过程,属于 A2 型花岗岩的范畴。两期岩浆活动可能为古塔里木板块的固结—裂解提供了新的证据及裂解模式的补充。

关键词 西昆仑北缘 中元古代岩浆活动 A 型花岗岩 古塔里木板块 固结—裂解

中图分类号:P534.3, P588.11, P597 **文献标识码**: A **文章编号**: 0563-5020(2012)03-867-19

西昆仑山脉横亘青藏高原西北边缘,东联阿尔金—东昆仑造山带,西接帕米尔构造结,是国内外研究印度—欧亚大陆碰撞构造及大陆动力地质学的最理想地区之一。西昆仑北缘库斯拉甫一带侵入前寒武纪结晶基底(C*h*)的侵入体(喀特列克岩体(δoPt)及阿孜巴勒迪尔岩体($\eta\gamma$Pt))(图 1)在 1∶25 万塔什库尔干幅(J43C003003)中,据角闪石 Rb-Sr 及锆石 U-Pb 年龄测试,δoPt 岩体年龄为 1 567 Ma(汪玉珍等, 1987),$\eta\gamma$Pt 岩体年龄为 1 301±15 Ma①,均厘定为中元古代。由于地域条件所限,区域地质调查研究工作相对薄弱,致使该区中元古代岩浆活动未进行深入系统地研究(陆松年, 2002; 张传林等, 2003a, 2003b)。笔者在 2007 年 ~2010 年开展的新疆阿克陶县库斯拉甫一带 1∶5 万区

* 新疆阿克陶县库斯拉甫及恰尔隆一带 1∶5 万区域地质矿产调查项目(编号:XJZBKD2007-1 和 XJQDZ2006-18)资助。
黄建国,男, 1980 年 9 月生,博士研究生,助理研究员。岩石学和大地构造学专业。E-mail: hjg0816@126.com
2012-04-20 收稿, 2012-05-06 改回。

①王世炎,彭松民,张彦启,吕际根,白国典,谢朝永,高廷臣,任建德. 2004. 克克吐鲁克幅 J43C003002 塔什库尔干塔吉克自治县幅 J43C003003 1∶25 万区域地质调查报告. 郑州:河南省地质调查院. 1-317.

域地质矿产调查中,对两岩体的岩石学、地球化学和年代学等特征进行了详细的研究和论证,发现中元古代阿孜巴勒迪尔岩体($\eta\gamma$Pt)属于 A 型花岗岩的范围,形成于大陆边缘伸展裂解环境,为该区古塔里木板块中元古代裂解提供了早期岩浆活动证据及裂解模式(张传林等, 2003b)的补充。

1 地质背景和岩石学特征

喀特列克(δoPt)及阿孜巴勒迪尔($\eta\gamma$Pt)两岩体均位于西昆仑北缘和塔里木盆地西南缘的结合部位西侧(如图 1)。两者地块以盖孜—库斯拉甫区域性大断裂(又称铁克里克断裂)(肖序常, 2010; 刘栋梁等, 2011)或库地北断裂(李永安等, 1997)或西昆仑北离合带(姜春发等, 2000)(图 1 中 F_1)为界,该断裂对沉积盆地演化、岩浆活动、变质作用及成矿等方面多具控制作用。断裂南西侧(上盘)为多时代中酸性岩浆岩($\eta\gamma$Pt、δoPt、$\delta o\in$、$\gamma\in$、δoP 和 $\eta\gamma$T)、基性脉岩($\beta\mu$N)及前寒武纪(Ch)结晶基底—古生界(O 和 C)海槽型变质岩的分布区; 断裂北东侧(下盘)主要为一套台地型正常沉积的泥盆系(D)、石炭—二叠系(C—P)、侏罗系(J)和白垩系(K)的碎屑岩+碳酸盐岩建造,局部为含煤建造和膏岩层建造。

喀特列克岩体(δoPt),中心位置为东经 76°16′00″,北纬 37°44′45″,面积约为 136 km^2。以岩基状超动侵位于长城纪混合岩(Ch)中(图 1),北西部不整合于奥陶系(O)之下。岩石呈灰白色,具块状—片麻状构造,岩石总体上为石英闪长岩,中粒半自形粒状结构,局部似斑状结构,钾长石斑晶含量为 2% ~ 5%,大小为 7.5 ×4 mm ~ 17×8 mm。斜长石含量为 60% ~ 85%(平均为 68%)。钾长石含量为 3% ~ 20%(平均为 6.5%)。角闪石含量为 1% ~ 25%(平均为 9%),呈绿色柱状,部分已变成绿泥石。石英含量为 10% ~ 15%(平均为 11%)。黑云母含量<5%(平均为 3%),呈片状,大部分已变为绿泥石。

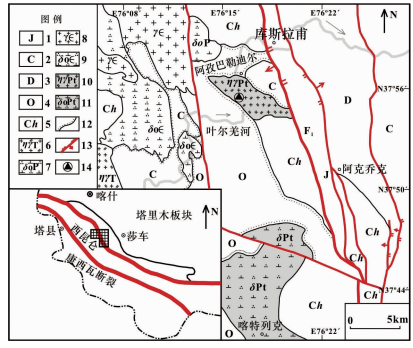

图 1 西昆仑北缘库斯拉甫一带地质简图(实测)

1. 侏罗系; 2. 石炭系; 3. 泥盆系; 4. 奥陶系; 5. 长城系; 6. 三叠纪二长花岗岩; 7. 二叠纪石英闪长岩; 8. 寒武纪花岗岩; 9. 寒武纪石英闪长岩; 10. 阿孜巴勒迪尔岩体($\eta\gamma$Pt); 11. 喀特列克岩体(δoPt); 12. 不整合线; 13. 逆断裂; 14. 采样位置

Fig. 1 Geological sketch map of the Kusilafu area in the northern margin of west Kunlun(surveyed)

阿孜巴勒迪尔岩体($\eta\gamma$Pt)位于喀特列克岩体(δoPt)之北约为 20 ~ 30 km,中心位置为东经 76°15′57″,北纬 37°55′32″,面积约为 12 km^2,以岩株状超动侵位于长城纪混合岩(Ch)中,北侧有奥陶系(O)及石炭系(C)砾岩覆盖其上(图 1)。宏观上岩石呈浅麻灰色,变质作用明显,总体特征属于变质花岗岩。主体岩石为中-粗粒二长花岗岩,普遍因变质作用形成强劈理化花岗质碎斑岩等变质组分,显示变形花岗结构和片状构造特点。矿物成分中的长石含量约为 50% ~ 60%,由钾长石和斜长石组成,钾长石含量为 30% ~ 44%(平均为 36.3%),斜长石含量为 14% ~ 29%(平均为 22.3%)。长石晶体严重扭曲

变形和碎裂,沿边缘及裂隙有钠长石化和绿帘石化等。石英含量为 33% ~41%(平均为 36.7%),原生石英呈不规则它形粒状,后生石英呈微粒及细脉状。暗色矿物有角闪石和黑云母,多帘石化或绿泥石化。碎斑结构在岩石中普遍可见,糜棱岩化在岩石中沿剪切裂隙不均匀分布。本文花岗岩样品采自塔(县)—莎(车)公路旁的阿孜巴勒迪尔岩体($\eta\gamma$Pt)中 (图 1),按 500 m 间距采样。

2　地球化学与同位素地质年代学分析方法

全岩主量元素、微量和稀土元素的分析测试在中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室(GPMR)进行,主元素分析测试采用传统常规湿化学方法分析,并赋之以原子吸收光谱法测定,元素分析误差小于 2%。微量和稀土元素的分析测试利用电感耦合等离子质谱仪(ICP-MS)(设备型号为美国 Agilent 7500a 型)测定,分析精密度和准度详见 Liu et al.(2008b)。

从花岗岩($\eta\gamma$Pt)样品中分选出锆石,在双目镜下挑出无色透明无裂痕的颗粒,用环氧树脂固定并抛光至锆石颗粒一半露出,然后进行阴极发光(CL)内部结构及 LA-ICP-MS 原位微量元素和同位素分析测试。锆石 CL 显微图像分析采用捷克 FEI 公司生产的 FEG quanta 400 热点电场发射环境扫描电子显微镜。锆石的同位素组成利用 GPMR 的 Agilent 7500a 型 ICP-MS 进行测定,激光剥蚀系统为德国 Micro2Las 公司生产的 GeoLas 2005,测试使用的标准锆石是 91500,激光束斑直径为 30 mm,激光剥蚀样品的深度为 20 ~40 mm。分析精密度和准确度详见 Hu et al.(2008)。对分析数据的离线处理采用软件 ICPMSDataCal,详见 Liu et al.(2008a)和 Liu at al.(2010),最后数据处理及成图采用 SQUID 1.0 和 Isoplot 软件(Ludwig, 1999, 2001)。

3　锆石 U-Pb 年龄

选取的锆石为浅黄色—无色透明,多呈长柱状,长宽比为 2:1,自形程度较好,粒度多在 180 ~400 μm。锆石的阴极发光(CL)图像内部结构清楚,生长振荡环带结构、核幔结构较发育 (图 3)。研究表明,一般认为岩浆成因的锆石具有较高的 Th、U 含量,且 Th/U 值通常大于 0.4;变质锆石 Th、U 含量相对较低,且 Th/U 值小于 0.1(Vavra et al., 1999;闫义等, 2003;吴元保等, 2004)。所测锆石的 Th 含量为 42.64×10^{-6} ~$2\ 226.28\times10^{-6}$,平均为 527.82×10^{-6};U 含量为 105.16×10^{-6} ~$4\ 871.19\times10^{-6}$,平均为 $1\ 361.04\times10^{-6}$,Th/U比值为 0.1 ~0.75,平均为 0.4 (表 1)。大多数测点具有一致的 $^{206}Pb/^{238}U$ 和 $^{207}Pb/^{235}U$ 表面年龄,Th、U 具有较为明显的正相关性,表明测年锆石颗粒具有岩浆成因的特征。

本次共计测定 40 个分析点,测定数据见表 1, 21 颗锆石 $^{206}Pb/^{238}U$ 年龄相对集中,范围为 1 501 ~1 318 Ma (图 2),利用 Isoplot 软件进行制作锆石 U-Pb 年龄谐和图 (图 3),大多数测点落在谐和线上或在谐和线附近,谐和线上交点年龄为 1 423±19 Ma(SMWD = 4.1)。而谐和线下交点年龄为 54±95 Ma,无实际年龄意义,故阿孜巴勒迪尔岩体($\eta\gamma$Pt)的侵位成岩年龄为 1 423±19 Ma。

表 1 阿孜巴勒迪尔花岗岩($\eta\gamma$Pt)锆石的 LA-ICM-MS U-Th-Pb 同位素分析结果

Table 1 LA-ICM-MS U-Th-Pb isotopic data of Azibaledier granite's($\eta\gamma$Pt) zircon

测点	*Pb/ $\times10^{-6}$	^{232}Th/ $\times10^{-6}$	^{238}U/ $\times10^{-6}$	^{207}Pb/^{206}Pb		^{207}Pb/^{235}U		^{206}Pb/^{238}U		^{207}Pb/^{206}Pb		^{207}Pb/^{235}U		^{206}Pb/^{238}U	
				Ratio	1σ	Ratio	1σ	Ratio	1σ	Age/Ma	1σ	Age/Ma	1σ	Age/Ma	1σ
01	469.74	1166.64	3565.81	0.0862	0.0012	1.4455	0.0341	0.1207	0.0022	1342.59	25.93	908.02	14.17	734.57	12.65
02	287.08	490.59	1232.90	0.0954	0.0012	2.6965	0.0382	0.2046	0.0021	1536.12	19.45	1327.50	10.49	1199.74	11.19
03	335.65	1086.16	2788.30	0.0924	0.0011	1.4760	0.0188	0.1154	0.0008	1475.93	22.22	920.60	7.70	704.17	4.40
04	329.73	730.36	2144.11	0.0923	0.0012	1.8604	0.0443	0.1463	0.0033	1473.77	24.07	1067.13	15.72	880.25	18.62
05	24.69	358.69	481.27	0.0558	0.0013	0.3458	0.0078	0.0450	0.0004	442.64	54.63	301.56	5.87	283.70	2.25
06	233.43	372.34	2196.82	0.0903	0.0013	1.3134	0.0211	0.1052	0.0010	1431.49	29.17	851.60	9.28	644.80	5.74
07	513.31	1412.05	4092.59	0.0889	0.0011	1.3283	0.0326	0.1158	0.0021	1411.11	18.05	900.86	13.63	706.11	12.36
08	227.63	171.67	897.35	0.0918	0.0011	3.1583	0.0392	0.2484	0.0014	1464.82	22.22	1447.03	9.56	1430.24	7.07
09	177.01	202.70	1118.95	0.0869	0.0011	1.9303	0.0301	0.1604	0.0016	1357.71	-8.33	1091.66	10.44	958.77	8.85
10	262.63	1115.85	2737.56	0.0807	0.0011	1.1311	0.0232	0.1014	0.0016	1212.96	26.70	768.26	11.06	622.33	9.62
11	237.74	593.17	1751.85	0.0877	0.0013	1.6462	0.0295	0.1357	0.0017	1376.86	27.78	988.10	11.30	820.14	9.60
12	588.54	1964.58	4871.19	0.0865	0.0011	1.2410	0.0411	0.1053	0.0036	1349.99	25.93	819.34	18.62	645.13	20.97
13	322.19	1255.20	1895.46	0.0837	0.0010	1.9971	0.0297	0.1727	0.0021	1287.04	22.23	1114.54	10.08	1026.78	11.28
14	323.25	810.83	1731.71	0.0904	0.0011	2.3645	0.0806	0.1854	0.0054	1435.19	23.77	1231.93	24.33	1096.20	29.34
15	66.81	95.94	245.16	0.0890	0.0014	3.1759	0.0507	0.2582	0.0020	1405.56	28.55	1451.32	12.34	1480.35	10.28
16	55.95	75.68	220.83	0.0968	0.0015	3.1585	0.0487	0.2362	0.0017	1562.66	23.30	1447.09	11.90	1366.83	9.09
17	43.01	62.57	148.89	0.0929	0.0014	3.3848	0.0565	0.2637	0.0025	1487.04	29.63	1500.88	13.07	1508.92	12.93
18	91.09	126.44	352.20	0.0895	0.0011	3.0595	0.0400	0.2474	0.0018	1413.89	24.07	1422.62	9.99	1424.80	9.13
19	85.69	142.22	328.15	0.0868	0.0012	2.9247	0.0506	0.2432	0.0025	1366.67	27.01	1388.32	13.09	1403.35	13.06
20	47.60	100.07	178.82	0.0896	0.0015	2.9348	0.0496	0.2372	0.0017	1416.67	33.34	1390.92	12.80	1371.87	8.93
21	27.34	42.64	105.16	0.0914	0.0015	3.0452	0.0540	0.2408	0.0018	1455.25	26.85	1419.03	13.55	1390.80	9.23
22	291.93	150.55	1580.05	0.1100	0.0025	2.6612	0.0787	0.0722	0.0015	1799.69	37.97	1317.74	21.82	1024.41	8.45
23	60.97	86.81	241.08	0.0905	0.0013	2.9819	0.0423	0.2387	0.0016	1435.19	26.39	1403.01	10.76	1379.67	8.05
24	303.61	231.50	1251.01	0.0885	0.0011	2.9760	0.0398	0.2432	0.0017	1391.67	22.99	1401.50	10.16	1403.05	8.70
25	41.43	86.34	157.89	0.0925	0.0017	3.0133	0.0528	0.2361	0.0018	1476.86	33.80	1410.98	13.34	1366.20	9.08
26	157.18	738.32	1155.27	0.0839	0.0013	1.5316	0.0404	0.1311	0.0026	1300.00	28.24	943.16	16.21	794.11	14.03
27	61.64	102.87	232.39	0.0877	0.0013	3.0199	0.0454	0.2490	0.0017	1376.86	27.78	1412.65	11.47	1432.85	8.57
28	32.43	64.65	121.35	0.0884	0.0016	2.9906	0.0543	0.2449	0.0017	1391.67	30.56	1405.24	13.82	1411.88	8.79
29	411.08	1939.97	4854.39	0.1035	0.0030	1.0230	0.0310	0.0711	0.0004	1684.73	51.85	715.44	15.52	442.84	2.62
30	407.08	2226.28	4389.19	0.1220	0.0020	1.2336	0.0361	0.0725	0.0017	1984.88	23.30	815.96	16.40	450.95	10.02
31	52.20	235.21	626.64	0.0574	0.0010	0.6325	0.0108	0.0797	0.0005	509.30	34.24	497.67	6.71	494.07	3.23
32	84.65	114.12	322.01	0.0894	0.0012	3.0993	0.0402	0.2508	0.0016	1412.96	25.93	1432.52	9.96	1442.50	8.21
33	312.84	517.92	1193.09	0.0873	0.0010	2.9465	0.0358	0.2436	0.0015	1368.52	20.84	1393.93	9.20	1405.53	7.97
34	156.07	241.15	594.10	0.0882	0.0011	3.0184	0.0365	0.2473	0.0013	1387.97	24.08	1412.27	9.21	1424.68	6.64
35	39.47	75.76	137.47	0.0894	0.0016	3.2462	0.0582	0.2630	0.0022	1412.96	33.34	1468.26	13.91	1505.13	11.14
36	36.08	58.91	130.50	0.0881	0.0016	3.1246	0.0564	0.2565	0.0018	1384.26	34.11	1438.75	13.88	1471.99	9.36
37	83.61	359.20	882.85	0.0822	0.0021	0.9727	0.0285	0.0845	0.0006	1250.92	17.59	689.87	14.65	523.12	3.44
38	168.05	246.51	653.02	0.0890	0.0010	2.9926	0.0346	0.2429	0.0012	1405.56	22.22	1405.73	8.80	1401.68	6.42
39	602.89	1115.10	2413.02	0.0904	0.0011	2.8676	0.0357	0.0093	0.0014	1433.03	24.07	1373.43	9.37	1330.79	7.25
40	110.48	145.35	421.16	0.0910	0.0012	3.1580	0.0540	0.2509	0.0033	1446.61	25.16	1446.94	13.17	1442.84	16.93

表中 * Pb 表示放射性成因 Pb

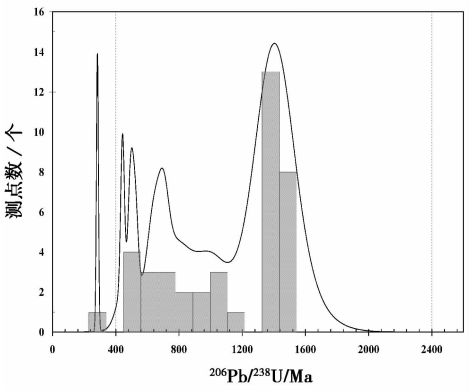

图 2　阿孜巴勒迪尔花岗岩($\eta\gamma$Pt)锆石年龄分布直方图

Fig. 2　Zircon age's distribution histogram of $\eta\gamma$Pt

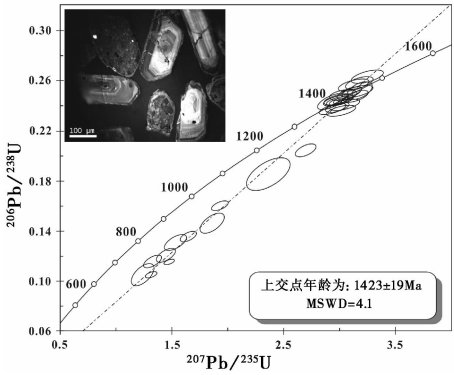

图 3　阿孜巴勒迪尔花岗岩($\eta\gamma$Pt)锆石 U-Pb 年龄谐和图

Fig. 3　U-Pb zircon concordia diagram of $\eta\gamma$Pt

4　地球化学特征

4.1　主量元素

喀特列克岩体(δoPt)及阿孜巴勒迪尔岩体($\eta\gamma$Pt)岩石化学成分分析结果见表 2,喀特列克岩体(δoPt)具有贫硅(SiO_2 为 52.46% ~ 60%)、高钙(CaO 为 4.07% ~ 7.19%)、中碱(K_2O+Na_2O 为 5.2% ~ 6.35%),属 $K_2O \approx Na_2O$ 型和准铝质(A/CNK = 0.88 ~ 1.03)等特征,里特曼指数为 1.81 ~ 3.47(平均为 2.55)。阿孜巴勒迪尔岩体($\eta\gamma$Pt)具有富硅(SiO_2 为 70.70% ~ 74.50%),高碱($K_2O + Na_2O$ 为 6.32% ~ 11.76%)、富钾(K_2O)/(Na_2O) = 1 ~ 4.49、全铁含量高(FeO^T 为 2.04 ~ 2.17)和强过铝质(A/CNK = 0.99 ~ 1.47)等特征,里特曼指数为 1.37 ~ 2.17(平均为 1.88)。

表 2　阿孜巴勒迪尔岩体($\eta\gamma$Pt)和喀特列克岩体(δoPt)主量/wt%、微量/$\times 10^{-6}$分析结果

Table 2　Analytical results of major elements/wt %, trace elements/$\times 10^{-6}$ of $\eta\gamma$Pt and δoPt

样品	Ⅱ85	Ⅱ87	Ⅱ91	1067	62	KG20	KG18	KG13	KG15
	阿孜巴勒迪尔岩体($\eta\gamma$Pt)					喀特列克岩体(δoPt)			
SiO_2	72.24	74.50	70.70	73.78	73.76	52.46	56.47	60.00	57.87
TiO_2	0.31	0.80	0.40	0.33	0.31	0.77	0.69	0.59	0.71
Al_2O_3	12.31	12.28	11.46	12.01	12.41	18.85	17.25	16.20	16.87
Fe_2O_3	0.32	0.18	2.64	0.38	0.55	1.58	1.81	1.51	1.26
FeO	1.89	1.65	1.04	2.15	2.17	6.28	5.12	4.77	5.72
MnO	0.03	0.04	0.10	0.04	0.04	0.09	0.09	0.09	0.08
MgO	0.34	0.77	0.09	0.70	0.27	3.02	2.99	2.71	2.96
CaO	2.96	1.78	3.91	0.86	1.20	7.19	6.24	4.07	5.89
Na_2O	0.33	1.82	1.56	2.82	2.00	2.60	3.69	2.51	2.64
K_2O	7.00	4.76	6.16	5.35	5.60	3.13	2.15	3.84	2.56
P_2O_5	0.33	0.07	0.05	0.04	0.16	0.26	0.19	0.14	0.14

续表 2

样品	Ⅱ85	Ⅱ87	Ⅱ91	1067	62	KG20	KG18	KG13	KG15
	阿孜巴勒迪尔岩体(ηγPt)					喀特列克岩体(δoPt)			
总量	99.59	99.47	100.50	99.50	98.31	96.23	96.69	96.43	96.70
A/CNK	1.2	1.47	0.99	1.33	1.41	0.91	0.88	1.03	0.95
Cs	9.07	11.0	4.89	7.54	8.32	13.36	17.25	18.42	14.83
Rb	359	304	259	227	307	143	132	127	126
Sr	38.9	38.2	44.2	49.0	40.3	294	332	306	287
Ba	1052	749	822	745	874	1192	1243	1176	1039
Ga	22.8	19.6	19.8	21.5	21.2	20.1	19.2	20.8	21.3
Nb	26.7	23.7	25.0	28.1	25.2	17.4	19.2	15.9	18.0
Ta	2.67	2.18	2.29	2.00	2.38	0.92	0.83	0.80	1.14
Zr	327	301	218	335	282	167	153	177	159
Hf	10.40	9.35	7.45	8.60	9.07	4.93	5.22	5.11	4.60
Th	29.7	31.0	49.2	34.0	36.6	2.3	2.2	2.5	2.1
V	14.7	11.0	10.9	17.4	12.2	80.2	95.8	87.4	83.1
Cr	7.51	9.41	7.62	7.90	8.18	21.3	25.1	23.8	22.2
Co	77.5	106	51.6	13.3	78.3	22.9	20.2	25.6	21.1
Ni	4.50	4.28	3.20	5.00	4.10	8.52	8.71	8.77	8.09
Sc	12.1	11.5	19.9	12.0	14.5	13.1	14.9	12.2	12.7
U	5.97	4.93	4.97	5.83	6.02	6.23	6.58	5.81	7.34
La	79.45	101.43	260.09	88.91	146.93	72.88	44.48	91.17	38.09
Ce	155.22	197.10	484.24	174.8	278.82	132.72	85.13	175.11	70.65
Pr	17.87	22.80	54.53	20.79	31.77	13.90	9.71	18.42	8.15
Nd	66.16	82.17	187.20	72.71	111.81	46.9	33.6	59.0	27.9
Sm	12.58	14.76	27.18	12.64	18.23	8.10	6.78	9.80	5.91
Eu	1.24	1.15	2.05	1.13	1.42	1.88	1.44	1.41	1.35
Gd	11.71	13.22	21.69	11.54	15.55	6.05	5.84	6.66	5.17
Tb	1.98	2.13	2.99	1.98	2.38	0.80	0.79	0.95	0.74
Dy	11.73	12.05	15.61	11.49	13.14	4.45	4.58	4.85	4.32
Ho	2.34	2.34	2.80	2.40	2.51	0.90	0.91	0.98	0.9
Er	7.03	6.99	7.95	6.75	7.38	2.43	2.61	2.72	2.45
Tm	1.04	0.99	1.11	1.09	1.06	0.32	0.39	0.40	0.33
Yb	6.43	6.11	6.96	7.18	6.59	2.06	2.44	2.53	2.12
Lu	0.90	0.86	1.06	1.06	0.95	0.31	0.37	0.38	0.32
Y	67.35	70.24	80.97	61.94	73.56	20.75	19.41	21.85	20.66
∑REE(不含 Y)	375.68	464.1	1 075.46	414.47	638.54	293.70	199.07	374.38	168.4
LREE/HREE	7.07	9.38	16.87	8.53	11.88	15.95	10.1	18.23	9.3
Sm/Nd	0.19	0.18	0.15	0.17	0.16	0.17	0.2	0.17	0.21
Eu/Sm	0.1	0.08	0.08	0.09	0.08	0.23	0.21	0.14	0.23
La_N/Yb_N	8.32	11.19	25.2	8.35	15.03	23.86	12.3	24.3	12.12
Ce_N/Yb_N	6.24	8.34	18	6.3	10.94	16.66	9.02	17.9	8.62
δEu	0.31	0.25	0.26	0.28	0.26	0.82	0.69	0.53	0.74

喀特列克岩体(δoPt)(见脚注①);球粒陨石标准化值,据 Boynton, 1984

从 Si、K、Na、Ca、Mg 和 Al 等化学成分、Q-A-P 分类命名图解（图 4）及 A. R-SiO_2 图解（图 5）可以看出,喀特列克岩体(δoPt)主要为钙碱性石英闪长岩,阿孜巴勒迪尔岩体($\eta\gamma$Pt)的主要为碱性二长花岗岩。依据 Petro et al.(1979)的判断指标,阿孜巴勒迪尔岩体($\eta\gamma$Pt)属于张性花岗岩,产于张性深断裂及裂谷区,而与消减带及碰撞带无关(邱家骧等, 1991)。

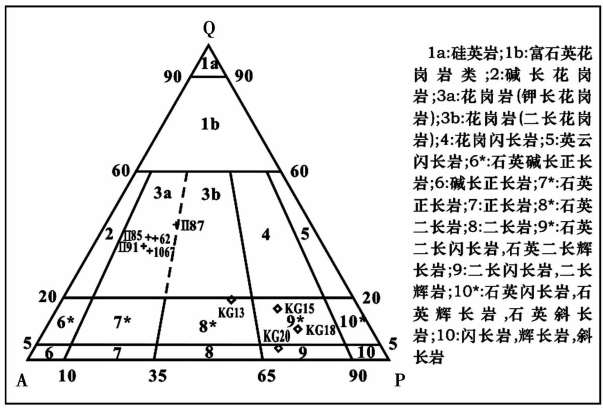

图 4　$\eta\gamma$Pt 和 δoPt 两岩石的 Q-A-P 分类命名图解(据 Streckeisen, 1976; Le Maitre, 1989)

Q. 石英; A. 碱性长石; P. 斜长石

Fig. 4　Q-A-P nomenclature diagram of $\eta\gamma$Pt and δoPt

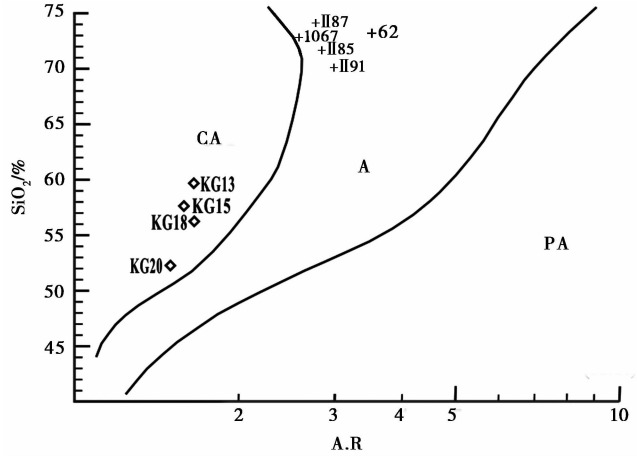

图 5　$\eta\gamma$Pt 和 δoPt 两岩石的 A. R-SiO_2 图解(A. R 为碱度率)(据 Wright, 1969)

CA. 钙碱性; A. 碱性; PA. 过碱性

Fig. 5　SiO_2-alkali diagram of $\eta\gamma$Pt and δoPt

4.2　稀土元素

与阿孜巴勒迪尔岩体($\eta\gamma$Pt)相比,喀特列克岩体(δoPt)具有较低的稀土总量 $\sum$REE $=168.4\times10^{-6}\sim374.38\times10^{-6}$、高的 LREE/HREE(9.3 ~ 18.23)、较高的 Eu/Sm(0.14 ~ 0.23)和 Ce_N/Yb_N(8.62 ~ 17.9)及中等负铕异常(δEu = 0.53 ~ 0.82)特征,稀土配分曲线向右倾斜,属轻稀土富集型,但较平缓（图 6)。

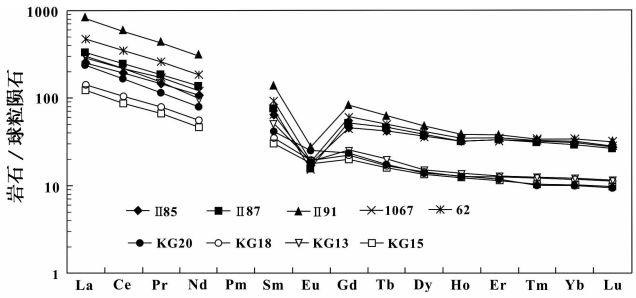

图 6 $\eta\gamma$Pt 和 δoPt 两岩石的 REE 标准化配分模式
(球粒陨石标准化值据 Boynton, 1984)

Fig. 6 REE distribution diagram of $\eta\gamma$Pt and δoPt

阿孜巴勒迪尔岩体($\eta\gamma$Pt)稀土元素总量为 375.68×10^{-6} ~ $1\ 075.46\times10^{-6}$(平均为 593.65×10^{-6}),具有很高的稀土含量(一般为 250×10^{-6}),这种高含量可能是下地壳岩石部分熔融或岩浆强烈分异的结果(陈德潜等, 1990; 李昌年, 1992; Pal et al., 2001; 吴才来等, 2005)。在部分熔融过程中,REE 大量进入熔体,而仅有少量保留在残留体中(陈德潜等, 1990;吴才来等, 2005),这就造成熔体中的 ∑REE 值高于源岩。一般来说,在分异作用晚期,即分异程度愈强,稀土元素愈易保留在熔体中(李昌年, 1992)。La-La/Sm 图解 (图 7)显示了岩石由原岩的部分熔融形成,但也经历了分异结晶作用。轻、重稀土比值 LREE/HREE = 7.07 ~ 16.87(平均为 10.75),属轻稀土富集型(邱家骧, 1985)。δEu = 0.25 ~ 0.31(平均为 0.27),属强烈负铕异常的范畴,而且具有很低的 Eu/Sm(0.08 ~ 0.1),表明岩浆分异程度较高,可能与作为斑晶的斜长石不断从熔体中析出有关(邱家骧, 1985; 陈德潜等, 1990; 李昌年, 1992)。稀土配分模式为向右缓倾斜的轻稀土富集重稀土平缓型,曲线呈明显的"V"字形 (图 6)。这种具有高 REE(∑REE = 375.68×10^{-6} ~ $1\ 075.46\times10^{-6}$)、高 LREE/HREE(7.07 ~ 16.87)和高 La_N/Yb_N(8.32 ~ 25.2)(平均为 13.62)及强烈负 Eu 异常(0.25 ~ 0.31)的花岗岩稀土特征,反映出该岩体的产出环境为大陆边缘裂解环境(陈德潜等, 1990; 郭坤一等, 2004)。

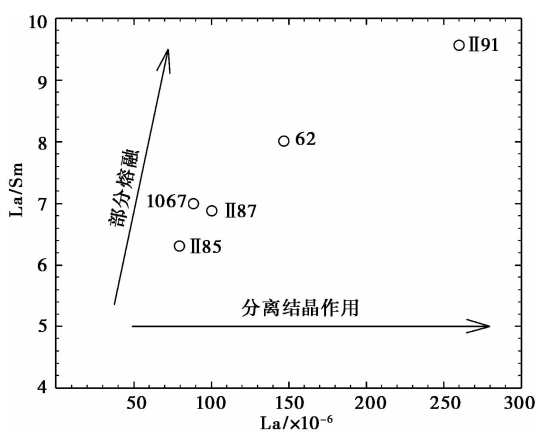

图 7 阿孜巴勒迪尔 La-La/Sm 图解
(底图据 Allègre and Minster, 1978)

Fig. 7 La-La/Sm diagram of Azibaledier granites

4.3 微量元素

从微量元素蜘蛛网图 (图 8a)可以看出,喀特列克岩体(δoPt)所有样品的微量元素丰度均高于原始地幔值,岩石强烈富集 Rb 和 Ba,$Rb_N/Yb_N>1$,显示强不容元素富集型。曲线分别在 K、La、Nd 和 Sm 处出现明显的峰,在 Th、Nb、Sr、P 和 Ti 处出现明显的谷。以上表明喀特列克岩体(δoPt)岩浆源以壳源为主

(李昌年, 1992)。但岩石的 Rb/Sr 和 Rb/Ba 分别为 0.4 ~ 0.49(平均为 0.43)和 0.11 ~ 0.12(平均为 0.11),较少高于原始地幔的相应值(分别为 0.029 和 0.088, Hofmann, 1988),反映出岩浆未经历过较高程度的分异演化。另外岩石 Nd/Th 值为 15.27 ~ 20.8(平均为 18.25)和 Nb/Ta 值为 14.55 ~ 23.75(平均为 19.3)均较高,分别落入幔源岩石的范围(大于 15 和约为 22, Bea et al., 2000),估计有部分幔源物质的加入。

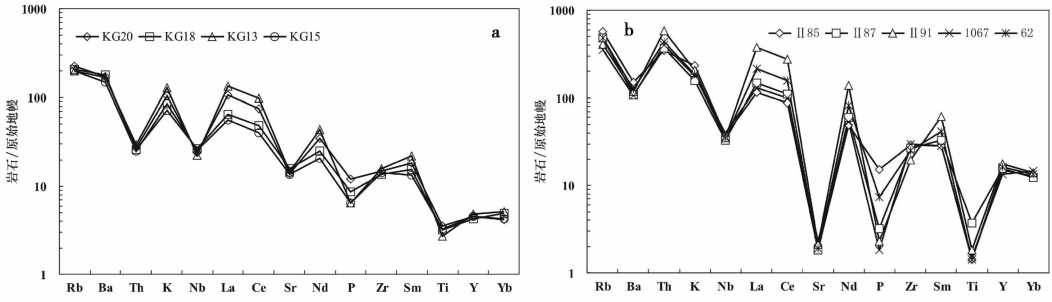

图 8　花岗岩微量元素蜘蛛网图

(按 Thompson, 1982 顺序排列; 原始地幔值据 Sun and McDonough, 1989)

a. 喀特列克岩体(δoPt); b. 阿孜巴勒迪尔岩体($\eta\gamma$Pt)

Fig. 8　Mantle-normalized trace element diagram of granitoid association a and b represent δoPt and $\eta\gamma$Pt of granitoid association respectively

从微量元素蜘蛛网图 (图 8b)可以看出,所有阿孜巴勒迪尔岩体($\eta\gamma$Pt)样品的微量元素丰度均高于原始地幔值,曲线分别在 Th、La、Nd、及 Sm 处形成明显的峰,在 Ba、Nb、Sr、P 及 Ti 处形成明显的谷,特征与喀特列克岩体(δoPt)较类似,说明岩浆源以壳源为主。图中 Ba 和 Sr 强烈负异常,反映了有强烈的岩浆分异作用的存在(李昌年, 1992)。岩石的 Rb/Sr 和 Rb/Ba 分别为 4.62 ~ 9.23(平均为 7.06)和 0.3 ~ 0.41(平均为 0.34),远远高于原始地幔的相应值(分别为 0.029 和 0.088, Hofmann, 1988),反映出岩浆经历了较高程度的分异演化。同时岩石的 Nd/Th 值为 2.14 ~ 3.8(平均为 2.72)和 Nb/Ta 值为 10 ~ 14.05(平均为 11.29)均较低,分别落入壳源岩石的范围(约为 3 和 12, Bea et al., 2000)。

5　讨　论

5.1　两期岩体形成环境及成因分析

喀特列克岩体(δoPt)主体岩石类型为钙碱性石英闪长岩,岩石铝饱和指数(A/CNK)为 0.88 ~ 1.03(平均 0.94),属于准铝质的范畴,含有相对较高的 Na 和 K,(K_2O+Na_2O 为 5.2% ~ 6.35%),属 $K_2O \approx Na_2O$ 型,FeO^T/FeO^T+MgO 为 0.63 ~ 0.68,小于 0.8(张传林等, 2006),Sr/Y 为 13.89 ~ 17.1,以上信息及岩石矿物特征,均反映有 I 型花岗岩的特点。这种类型的岩石经实验岩石学研究,确认主要是地壳来源的(Wyllie, 1977; 吴福元等, 2007),微量元素蜘蛛网图中的元素异常(K 正异常和 Th、Nb、P、Ti 负异常)也反映出同样的信息。岩石具有较高的 Eu/Sm(李昌年, 1992)、中等负 Eu 异常、及较少高于原始

地幔(Hofmann, 1988)的 Rb/Sr 和 Rb/Ba 比值,均反映出该岩浆未经历过较高程度的分异演化过程。据岩石较高的 Ce_N/Yb_N(8.62 ~ 17.9,平均为 13.05)、微量元素蜘蛛网图(图 7a)中 Th 负异常(李昌年, 1992)以及 Nd/Th 值(15.27 ~ 20.8,平均为 18.25)和 Nb/Ta 值(14.55 ~ 23.75,平均为 19.3)分别与幔源值(>15 和约为 22,Bea et al., 2000)较接近等特征,岩石中 Ti/Y 值(161.84 ~ 222.41,平均为 200.82)略高于陆壳岩石(Ti/Y < 200,(Wedepohl, 1995),这些信息显示出岩浆源可能有部分幔源物质的加入,这与Ⅰ型花岗岩以壳幔混合源的成岩物质来源相一致。

在 Rb-Y+Nb、Rb-Yb+Ta、Rb-Yb+Nb 图中投点(图 9),喀特列克岩体(δoPt)样品均落入火山弧花岗岩的顶部。Pearce et al.(1984)认为,一些典型造山期后花岗岩大部分落在 VAG 顶部,例如 Adamello pluton 和 Oman and Masirah Island 的花岗岩,它们也可以跨越区域,投在 VAG 和 COLG 两个区域(图 9)。韩宝福(2007)认为,多数造山期后花岗岩类以中-高钾钙碱性Ⅰ型花岗岩为主,在微量元素构造判别图解上,造山期后花岗岩可以落在多种构造环境的区域,岩石的时空分布特征及区域地质构造的全面分析可能是厘定造山期后花岗岩类的最重要依据。据角闪石 Rb-Sr 年龄测试,喀特列克岩体(δoPt)年龄为 1 567 Ma(汪玉珍等, 1987)。古元古代末期研究区可能发生过一次明显的造山(或升降)运动(方锡廉, 1983; 马世鹏等, 1991; 汪玉珍等, 2000)。而喀特列克岩体(δoPt)的时空分布特征(成岩时间为 1 567 Ma,造山时间可能为古元古代末期)、岩石特征(中钾钙碱性Ⅰ型花岗岩类)及微量元素特征(在微量元素构造判别图中,均分布在 VAG 顶部)均符合造山期后花岗岩类的特点。

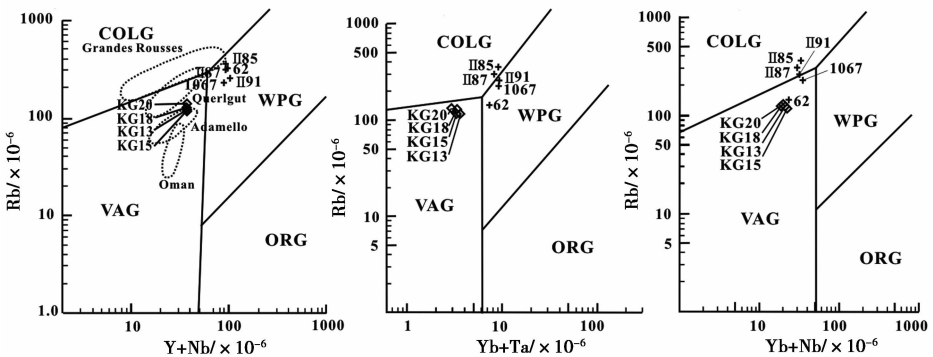

图 9 $\eta\gamma$Pt 和 δoPt 两岩石的 Rb-Y+Nb、Rb-Yb+Ta 和 Rb-Yb+Nb 图解(据 Pearce et al., 1984)

ORG. 洋脊花岗岩; WPG. 板内花岗岩; VAG. 火山弧花岗岩; COLG. 同碰撞花岗岩

Fig. 9 Rb-Y+Nb, Rb-Yb+Ta and Rb-Yb+Nb diagrams of $\eta\gamma$Pt and δoPt

阿孜巴勒迪尔岩体($\eta\gamma$Pt)具有很高的稀土总量和 Rb/Sr 及 Rb/Ba 比值,强烈负 Eu 异常,在微量元素蜘蛛网图中 Ba 和 Sr 强烈负异常,这些均反映出岩浆经历过下地壳岩石的部分熔融或强烈分异演化过程。岩体的 Th/U 值(平均为 6.61)和 Rb/Cs 值(平均为 37.44)分别与下地壳的 Th/U 值(约为 6.00)和 Rb/Cs 值(36.67, Rudnick and Gao, 2003)最接近; K/U 值(平均为 10 343)接近于中地壳的 K/U 值(12 437, Rudnick and Gao, 2003); La/Yb 值(平均为 20.2)与中下地壳的 La/Yb 值(中地壳为 20,下地壳为

19.8; 高山等, 1999)较为接近; Nb/Ta 值(平均为 11.29)接近于地壳平均值(12.4, Rudnick and Gao, 2003); 以上反映出阿孜巴勒迪尔岩体($\eta\gamma$Pt)可能源于中下地壳。

岩石样品在 $10^4 * Ga/Al-Zr$ 分类图解(图 10a)中投点,均落入 A 型花岗岩区。REE 含量均大于 A 型花岗岩的下限值($\Sigma REE>200\times10^{-6}$,不含 Y; $Ce>85\times10^{-6}$, Whalen et al., 1987; Turner et al., 1992; 刘昌实等, 2003),同时岩石全铁含量高(FeO^T 为 2.04%~2.17%,平均为 1.78%),高于 A 型花岗岩下限值(一般为 1%,王强等, 2000; 贾小辉等, 2009),岩石铝饱和指数多大于 1,高钾 $K_2O/Na_2O=1\sim4.49$ 和碱性岩系(K_2O+Na_2O 为 6.32%~11.76%)及其矿物组合石英(33%~41%,平均为 36.7%)、钾长石(30%~44%,平均为 36.3%)、少量斜长石(14%~29%,平均为 22.3%)及暗色矿物(角闪石和黑云母)等特征,属 A 型花岗岩无疑。

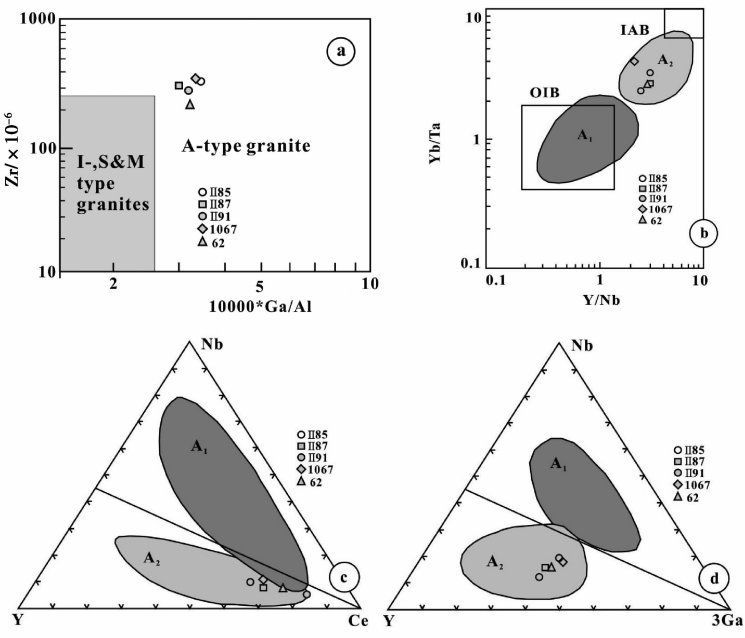

图 10　阿孜巴勒迪尔岩体($\eta\gamma$Pt)的 Zr 与 $10000 * Ga/Al$ 模式图(a)、Yb/Ta-Y/Nb(b)、Nb-Y-Ce(c)和 Nb-Y-3Ga 图解(d)

a. 据 Whalen et al., 1987 和 Zhang et al., 2010; b、c 和 d 据 Sylvester, 1989; Eby, 1992;

Fig. 10　Zr vs $10000 * Ga/Al$ discrimination diagram(a); Yb/Ta-Y/Nb discrimination diagram(b); Nb-Y-Ce discrimination diagram(c); Nb-Y-3Ga discrimination diagram(d)

Eby(1992)、洪大卫(1995)、许保良等(1998)和刘昌实等(2003)将 A 型花岗岩分为 A1 和 A2 两种类型,认为 A1 产于板内构造环境,由底侵的地幔玄武岩浆通过高度结晶分异作用产生,A2 形成于造山期后等构造环境,主要与受到陆—陆碰撞或岛弧岩浆作用影响的大陆地壳(或底侵地壳)有关,并给出一系列的判断指标,如 A2 岩石在原始地幔标准化微量元素蛛网图上普遍具较强的 Nb 亏损,Eu 亏损极为显著($\delta Eu=0.03\sim0.61$),岩石的 R1 较窄(2 300~2 600), $10^4 * Ga/Al$ 一般为 2~4 等等。阿孜巴勒迪尔花岗岩依据以上指标及 Yb/Ta-Y/Nb、Nb-Y-Ce 和 Nb-Y-3Ga 分类图解(分别为图 10b、图 10c 和图

10d)判断,属于 A2 型花岗岩范畴(微量元素蛛网图中 Nb 亏损严重 (图 8b)、δEu = 0.25 ~ 0.31、$10^4 * Ga/Al$ 比值为 3.01 ~ 3.5,R1 = 2 592 ~ 3 002)。

A 型花岗岩类与热点、大陆裂谷或造山后的地壳伸展有关,这一点已经在世界各地得到验证。A2 型花岗岩,主要与大陆边缘地壳伸展作用或与陆内剪切作用产生的拉张环境有关(Eby, 1992; 洪大卫, 1995)。在 Rb - Y + Nb、Rb - Yb + Ta、Rb - Yb + Nb 图解(图 9)上投点,阿孜巴勒迪尔岩体显示造山期后的环境,造山期后岩浆作用与伸展作用关系密切(Hooper et al., 1995; Wenrich et al., 1995; 李晓勇等, 2002),结合稀土特征及配分模式 (图 6),判断其产出主要为大陆边缘伸展裂解环境。此外,据 Maniar and Piccoli. (1989)研究,大陆裂谷型花岗岩中 TiO_2 含量很高,岩石中 TiO_2 含量均较高(0.31% ~ 0.8%,平均为 0.43%),大于边界值 0.3%,表明拉张达到板内裂谷阶段。

实验岩石学研究确认,大陆中花岗岩主要是地壳来源的(Wyllie, 1977; 吴福元等, 2007),阿孜巴勒迪尔岩体出露面积(约为 12 km^2)、微量元素组成及 Ce_N/Yb_N、Sm/Nd、Nd/Th 和 Nb/Ta 等比值均反映此情况。但是 A 型花岗岩的成因复杂、模式繁多,仅仅与地壳岩石或岩浆有关的 A 型花岗岩的成因模式就有 5 种,分别为:1)下地壳岩石经部分熔融抽取了Ⅰ型花岗质岩浆后,富 F 的麻粒岩质残留物再次部分熔融(Clemens et al., 1986; Whalen et al., 1987); 2)地壳火成岩(英云闪长岩和花岗闪长岩)直接熔融(Creaser et al., 1991); 3)地幔岩浆底侵加热下地壳岩石熔融(Wu et al., 2002); 4)受地幔挥发份稀释作用的下地壳岩石熔融(Harris et al., 1986); 5)幔源、壳源岩浆的混合作用(Yang et al., 1996)。任何一种单一的成因模式都不能解决所有问题,而多种因素、多种过程的综合作用更具可能性(Litvinovsky et al., 2002)。

5.2 中元古代西昆仑北缘的构造运动

西昆仑位于青藏高原西北缘和塔里木盆地西南缘的结合部位,昆仑山脉被康西瓦断裂分成了昆仑北带和昆仑南带两部分,康西瓦断裂南北两侧(北侧为塔里木板块,包括昆仑北带; 南侧为羌塘—扬子板块,包括昆仑南带)在古元古代同属一个统一的构造区,中元古代早期两地块开始分离(潘裕生, 1990; 杨克明, 1994; 邓万明, 1995; 李永安等, 1997)。与之相应的是塔里木在古元古代末,经历一次固结并形成地台,也在中元古代也发生裂解(马世鹏等, 1991; 程裕淇, 1994; 刘训等, 1995; 姜春发, 1997; 张传林等, 2003b, 2006, 2007; 郭坤一等, 2004)。崔建堂等(2006)认为,西昆仑北部铁克里克断隆带(本文研究区)在长城纪末发生了伸展裂解和俯冲构造事件。

潘裕生(2000)认为,西昆仑北缘在古-中元古代可能存在两期运动,从构造形态很难分辨,但有相应的岩浆活动,岩浆有年龄值的为 2 261 Ma 的古元古代和 1 700 ~ 1 400 Ma 的中元古代两期。汪玉珍(2000)认为,古元古代末期,兴地运动(Ⅰ幕)褶皱回返,除边缘活动带外,塔里木沉积大区基底基本固结,整个中-新元古代均为稳定盖层沉积,其间有 3 次规模较大的构造运动:1)兴地运动(Ⅱ幕)(1 350 Ma 左右); 2)阿尔金运动(1 050 Ma 左右); 3)塔里木运动(800 Ma 左右)。方锡廉(1983)及马世鹏等(1991)认为,在古元古代末可能还存在 1 次明显的升降运动,他们在叶城县棋盘等地发现长城系布卡吐维组(上部)与卡拉克尔组(下部)之间(缺失拉依勒克组存在平行不整合面。

塔里木沉积区西南缘(古地理位置为本文研究区)在长城纪末为西昆仑岛弧海,以活动型的凝灰质、陆屑质复理石沉积为主,夹中酸性火山喷发岩(汪玉珍等, 2000)。郭坤一等(2004)认为,这套长城纪火山—沉积地层代表了古塔里木板块(在古元古代末期形成的统一大陆)在中元古代早期发生裂解的产物,形成于大陆裂解背景。

通过以上分析可知, 20 世纪 80、90 年代,很多学者主要从沉积环境及岩相古地理的角度,探讨了研究区及其附近古元古代末及中元古代早期的构造运动,认为整个西昆仑在古元古代是一个统一的构造区,而中元古代早期西昆仑沿康西瓦断裂发生裂解。与之相对应的是塔里木在古元古代末期经历一次固结并形成地台(研究区及其附近可能经历过一次升降(或造山)运动),也在中元古代发生裂解。

5.3　中元古代西昆仑北缘的岩浆活动

本文两期岩体侵位成岩的年龄在 1 600 ~ 1 400 Ma 之间,西昆仑及塔里木周缘报道的该时期岩浆活动还有: 1)阿喀孜达坂西侧花岗岩(研究区之南东约 100 km,Rb-Sr 钾长石单矿物年龄, 1 508 Ma; 汪玉珍等, 1987); 2)北阿尔金巴什考供南缘花岗岩(锆石 U-Pb 年龄, 1 463.0±8.5 Ma 和 1 361.5±4.7 Ma; 吴才来等, 2005); 3)阿尔金山南缘蛇绿岩带(蚀变辉长岩,全岩 Sm-Nd 年龄, 1 449±270 Ma; 郭召杰等, 2000)。从以上可以看出,塔里木周缘,特别是西昆仑北缘存在较多与古塔里木板块固结—裂解时间一致的岩浆活动。

近些年,张传林等(2003b)在塔里木南缘铁克里克区(研究区之南东约 150 km)发现了 1 200±82.3 Ma 的双峰式火山岩,从岩浆—构造事件的角度论证了古塔里木板块中元古代的裂解,并给出了可能的模式:在中元古代早期,在古元古末期形成的统一的古中国板块发生裂解,在古塔里木板块南缘发生的裂解首先形成大陆裂谷环境,喷发了大量的陆壳重熔的酸性火山岩及少量的钾玄岩,随着裂解深度的增加,陆壳的拉伸减薄,上地幔部分重熔形成的拉斑质玄武岩浆喷出地表,形成了双峰式火山岩。

本文的中元古代两期岩浆活动(早期为喀特列克岩体 δoPt),晚期为阿孜巴勒迪尔岩体 $\eta\gamma$Pt),在时空分布特征(早期成岩侵位时间为 1 576 Ma,晚期为 1 423 Ma,均位于塔里木板块的西南缘)和成岩构造环境(早期为造山期后花岗岩类,造山期约为 1 600 Ma; 晚期为 A2 型花岗岩)等方面与古塔里木板块的固结和裂解具有较为密切的关系,早期岩浆活动与兴地运动(Ⅰ幕)有关,区域上可能为古塔里木板块固结(或造山期)后的产物。晚期岩浆活动与兴地运动(Ⅱ幕)存在时空关系,区域上可能为古塔里木板块裂解的产物。总之,本文 1 600 ~ 1 400 Ma 中酸性侵入岩的系统研究,可能为古塔里木板块固结—裂解提供了岩浆活动的证据及裂解模式的补充。

6　结　论

通过以上分析,可得出以下结论:

(1)西昆仑北缘在中元古代发生两次明显的岩浆—构造事件,早期以喀特列克岩浆的侵位(δoPt)为代表,时间约为 1 567 Ma 左右,与兴地运动(Ⅰ幕)关系密切。晚期以阿孜巴勒迪尔岩浆的侵位($\eta\gamma$Pt)为代表,时间约为 1 423 Ma,在时间及区域上与兴地运动

(Ⅱ幕)比较吻合。两期岩浆活动可能为古塔里木板块的固结—裂解提供了新的证据及裂解模式的补充。

(2)喀特列克岩体(δoPt)具有贫硅、高钙、中碱和准铝质等特征,主要为钙碱性石英闪长岩;阿孜巴勒迪尔岩体($\eta\gamma$Pt)具有富硅、高碱、富钾、强过铝质和全铁含量高等特征,主要为碱性二长花岗岩。喀特列克岩体(δoPt)稀土总量较高、轻稀土富集和中等负铕异常,显示Ⅰ型花岗岩的特征,可能属于造山期后花岗岩类。阿孜巴勒迪尔岩体($\eta\gamma$Pt),具有很高的 REE 含量,高 LREE/HREE 和(La_N/Yb_N),强烈负 Eu 异常,属于 A2 型花岗岩的范畴。

致谢 新疆阿克陶县库斯拉甫及恰尔隆 1∶5 万区调项目为论文数据分析提供了资金支持;感谢川西北地质大队杨恒书教授级高工、南京地质矿产研究所张传林研究员及中国科学院地球化学研究所黄智龙研究员对本文的悉心指导!同时一并感谢审稿人和编辑部老师的热心帮助和悉心指导!

参 考 文 献

陈德潜,陈 刚. 1990. 实用稀土元素地球化学. 北京:冶金工业出版社. 1—268.

Chen Deqian and Chen Gang. 1990. Practical REE Geochemistry. Beijing: Metallurgical Industry Press. 1—268.

程裕淇. 1994. 中国区域地质概论. 北京:地质出版社. 1—517.

Chen Yuqi. 1994. Introduction to Regional Geology of China. Beijing: Geological Publishing House. 1—517.

崔建堂,边小卫,王根宝. 2006. 西昆仑地质组成与演化. 陕西地质,**24**(1):1—11.

Cui Jiantang, Bian Xiaowei and Wang Genbao. 2006. Geological composition and evolution of the western Kunlun. *Geology of Shanxi*, **24**(1): 1—11.

邓万明. 1995. 喀喇昆仑—西昆仑地区蛇绿岩的地质特征及其大地构造意义. 岩石学报,**11**(增刊):98—111.

Deng Wanming. 1995. Geological features of ophiolite and tectonic significance in the Karakorum-west Kunlun Mts. *Acta Petrologica Sinica*, **11**(suppl.): 98—111.

方锡廉. 1983. 铁克里克台褶带前寒武系中一个平行不整合面. 新疆地质,**1**(1):90—95.

Fang Xilian. 1983. A pre-Cambrian's parallel unconformity in Tiekelike Platform-dold belt. *Xinjiang Geology*, **1**(1): 90—95.

高 山,骆庭川,张本仁,张宏飞,韩吟文,赵志丹,Kern H. 1999. 中国东部地壳的结构和组成. 中国科学(D 辑),**29**(3):204—213.

Gao Shan, Luo Tingchuan, Zhang Benren, Zhang Hongfei, Han Yinwen, Zho Zhidan and Kern H. 1999. Strueture and composition of the continental crust in east China. *Science in China*(Series D), **42**(2): 129—140.

郭坤一,张传林,沈家林,叶海敏,王爱国,李春海. 2004. 西昆仑山中元古代长城系火山岩地球化学. 地质通报,**23**(2):130—135.

Guo Kunyi, Zhang Chuanlin, Shen Jialin, Ye Haimin, Wang Aiguo and Li Chunhai. 2004. Geochemistry of statherian volcanic rocks in the west Kunlun Mountains. *Regional Geology of China*, **23**(2): 130—135.

郭召杰,张志诚,贾承造,魏国齐. 2000. 塔里木克拉通前寒武纪基底构造格架. 中国科学(D 辑),**30**(6):568—575.

Guo Zhaojie, Zhang Zhicheng, Jia Chengzao and Wei Guoqi. 2001. Tectonics of Precambrian basement of the Tarim Craton. *Science in China*(Series D), **44**(3): 229—236.

韩宝福. 2007. 后碰撞花岗岩类的多样性及其构造环境判别的复杂性. 地学前缘,**14**(3):64—72.

Han Baofu. 2007. Diverse post-collisional granitoids and their tectonic setting discrimination. *Earth Science Frontiers*, **14**(3): 64—72.

洪大卫,王式洸,韩宝福,靳满元. 1995. 碱性花岗岩的构造环境分类及其鉴别标志. 中国科学(B 辑),**25**(4):418—426.

Hong Dawei, Wang Shiguang, Han Baofu and Jin Manyuan. 1995. Tectonic environment classification of alkali-granite and its discrimination criteria. *Science in China*(Series B),**25**(4):418—426.

贾小辉,王　强,唐功建.2009. A 型花岗岩的研究进展及意义. 大地构造与成矿学,**33**(3): 465—480.

Jia Xiaohui, Wang Qiang and Tang Gongjian. 2009. A-type granites: Research progress and implications. *Geotectonica et Metallogenia*,**33**(3): 465—480.

姜春发.1997. 塔里木地台开合构造简述. 新疆地质,**15**(3): 193—202.

Jiang Chunfa. 1997. Opening-closing tectonics of Tarim Platform. *Xinjiang Geology*,**15**(3): 193—202.

姜春发,王宗起,李锦轶.2000. 中央造山带开合构造. 北京:地质出版社. 15—107.

Jiang Chunfa, Wang Zongqi and Li Jinyi. 2000. Opening and Closing Tectonics of Central Orogenic Belt. Beijing: Geological Publishing House. 15—107.

李昌年.1992. 火成岩微量元素岩石学. 武汉:中国地质大学出版社. 179—182.

Li Changnian. 1992. Igneous Trace Elements Petrology. Wuhan: China University of Geosciences Press. 179—182.

李晓勇,郭　锋,王岳军.2002. 造山后构造岩浆作用研究评述. 高校地质学报,**8**(1): 68—78.

Li Xiaoyong, Guo Feng and Wang Yuejun. 2002. Post-orogenic tectono-magmatism and its implications for evolution of orogenic belts. *Geological Journal of China Universities*,**8**(1): 68—78.

李永安,曹运功,孙东江.1997. 昆仑山西段中国—巴基斯坦公路沿线构造地质. 新疆地质,**15**(2): 116—133.

Li Yong'an, Cao Yungong and Sun Dongjiang. 1997. Structural geology along the Sino-Pakistan highway in the western Kunlun Mountains. *Xinjiang Geology*,**15**(2): 116—133.

刘昌实,陈小明,陈培荣,王汝成,胡　欢.2003. A 型岩套的分类、判别标志和成因. 高校地质学报,**9**(4): 573—591.

Liu Changshi, Chen Xiaoming, Chen Peirong, Wang Rucheng and Hu Huan. 2003. Subdivision, discrimination criteria and genesis for A-type rock suites. *Geological Journal of China Universities*,**9**(4): 573—591.

刘栋梁,李海兵,潘家伟,Chevalier Marie-Luce,裴军令,孙知明,司家亮,许　伟.2011. 帕米尔东北缘—西昆仑的构造地貌及其构造意义. 岩石学报,**27**(11): 3499—3512.

Liu Dongliang, Li Haibing, Pan Jiawei, Chevalier Marie-Luce, Pei Junling, Sun Zhiming, Si Jialiang and Xu Wei. 2011. Morphotectonic study from the northeastern margin of the Pamir to the west Kunlun range and its tectonic implications. *Acta Petrologica Sinica*,**27**(11): 3499—3512.

刘　训,王　永.1995. 塔里木板块及其周缘地区有关的构造运动简析. 地球学报,(3): 246—258.

Liu Xun and Wang Yong. 1995. A brief analysis of the tectonic movements on the Tarim Plate and its surrounding areas. *Acta Geoscientica Sinica*,(3): 246—258.

陆松年.2002. 青藏高原北部前寒武纪地质初探. 北京:地质出版社. 1—125.

Lu Songnian. 2002. Preliminary Study of Precambrian Geology in the Northern Tibetan Plateau. Beijing: Geological Publishing House. 1—125.

马世鹏,汪玉珍,方锡廉.1991. 西昆仑山北坡陆台盖层型元古宇的基本特征. 新疆地质,**9**(1): 59—71.

Ma Shipeng, Wang Yuzhen and Fang Xilian. 1991. Basic characteristics of Proterozoic eonothem as a table cover on northern slope of western Kunlun Mountain. *Xinjiang Geology*,**9**(1): 59—71.

潘裕生.1990. 西昆仑山构造特征与演化. 地质科学,**25**(3): 224—231.

Pan Yusheng. 1990. Tectonic features and evolution of western Kunlun Mountain region. *Chinese Journal of Geology*(*Scientia Geologica Sinica*),**25**(3): 224—231.

潘裕生.2000. 喀喇昆仑山—昆仑山地区地质演化. 北京:科学出版社. 93—120.

Pan Yusheng. 2000. Geological Evolution of the Karakorum-Kunlun Mountains. Beijing: Science Press. 93—120.

邱家骧.1985. 岩浆岩石学. 北京:地质出版社. 1—336.

Qiu Jiaxiang. 1985. Magmatic Petrology. Beijing: Geological Publishing House. 1—336.

邱家骧,林景阡.1991. 岩石化学. 北京:地质出版社. 1—276.

Qiu Jiaxiang and Lin Jingqian. 1991. Petrochemistry. Beijing: Geological Publishing House. 1—276.

王 强,赵振华,熊小林. 2000. 桐柏—大别造山带燕山晚期 A 型花岗岩的厘定. 岩石矿物学杂志,**19**(4): 297—306.

Wang Qiang, Zhang Zhenhua and Xiong Xiaolin. 2000. The ascertainment of late-Yanshanian A-type granite in Tongbai-Dabie orogenic belt. *Acta Petrrologica et Mineralogica*, **19**(4): 297—306.

汪玉珍,方锡廉. 1987. 西昆仑山、喀喇昆仑山花岗岩类时空分布规律的初步探讨. 新疆地质,**5**(1): 9—24.

Wang Yuzhen and Fang Xilian. 1987. Priliminary study on granite distribution of time and space in west Kunlun Karakorun Mountains. *Xinjiang Geology*, **5**(1): 9—24.

汪玉珍. 2000. 新疆中-新元古代古地理. 新疆地质,**18**(4): 297—301.

Wang Yuzhen. 2000. Palaeogeography of the mesoneoprterozoic in Xinjiang. *Xinjiang Geology*, **18**(4): 297—301.

吴才来,杨经绥,姚尚志,曾令森,陈松永,李海兵,戚学祥,Wooden J L, Mazdab F K. 2005. 北阿尔金巴什考供盆地南缘花岗杂岩体特征及锆石 SHRIMP 定年. 岩石学报,**21**(3): 846—858.

Wu Cailai, Yang Jingsui, Yao Shangzhi, Zeng Lingsen, Chen Songyong, Li Haibing, Qi Xuexiang, Wooden J L and Mazdab F K. 2005. Characteristics of the granitoid complex and its zircon SHRIMP dating at the south margin of the Bashikaogong Basin, north Altun, NW China. *Acta Petrologica Sinica*, **21**(3): 846—858.

吴福元,李献华,杨进辉,郑永飞. 2007. 花岗岩成因研究的若干问题. 岩石学报,**23**(6): 1217—1238.

Wu Fuyuan, Li Xianhua, Yang Jinhui and Zheng Yongfei. 2007. Discussions on the petrogenesis of granites. *Acta Petrologica Sinica*, **23**(6): 1217—1238.

吴元保,郑永飞. 2004. 锆石成因矿物学研究及其对 U-Pb 年龄解释的制约. 科学通报,**49**(16): 1589—1604.

Wu Yuanbao and Zheng Yongfei. 2004. Genesis of zircon and its constraints on interpretation of U-Pb age. *Chinese Science Bulletin*, **49**(15): 1554—1569.

肖序常. 2010. 青藏高原的碰撞造山作用及效应. 北京:地质出版社. 93—658.

Xiao Xuchang. 2010. Collisional Orogenesis and Its Effect of Qinghai-Tibet Plateau. Beijing: Geological Publishing House. 93—658.

许保良,阎国翰,张 臣,李之彤,何中甫. 1998. A 型花岗岩的岩石学亚类及其物质来源. 地学前缘,**5**(3): 113—124.

Xu Baoliang, Yan Guohao, Zhang Chen, Li Zhitong and He Zhongpu. 1998. Petrology subcategories and its material sources of A-type granites. *Earth Science Frontiers*, **5**(3): 113—124.

闫 义,林 舸,李自安. 2003. 利用锆石形态、成分组成及年龄分析进行沉积物源区示踪的综合研究. 大地构造与成矿学,**27**(2): 184—190.

Yan Yi, Lin Ge and Li Zian. 2003. Tracing sediments source through analyzing to the shape, composition and chronology of zircon. *Geotectonica et Metallogenia*, **27**(2): 184—190.

杨克明. 1994. 论西昆仑大陆边缘构造演化及塔里木西南盆地类型. 地质论评,**40**(1): 9—18.

Yang Keming. 1994. The formation and evolution of the western Kunlun continental margin. *Geological Review*, **40**(1): 9—18.

张传林,赵 宇,郭坤一,董永观,王爱国. 2003a. 青藏高原北缘首次获得格林威尔期造山事件同位素年龄值. 地质科学,**38**(4): 535—538.

Zhang Chuanlin, Zhao Yu, Guo Kunyi, Dong Yongguan and Wang Aiguo. 2003a. Grenville orogeny in north of the Qinghai-Tibet Plateau: First evidence from isotopic dating. *Chinese Journal of Geology*, **38**(4): 535—538.

张传林,赵 宇,郭坤一,董永观,王爱国. 2003b. 塔里木南缘元古代变质基性火山岩地球化学特征—古塔里木板块中元古代裂解的证据. 地球科学,**28**(1): 47—53.

Zhang Chuanlin, Zhao Yu, Guo Kunyi, Dong Yongguan and Wang Aiguo. 2003b. Geochemistry characteristics of the Proterozoic meta-basalt in southern Tarim Plate: Evidence for the Meso-Proterozoic breakup of Paleo-Tarim Plate. *Earth Science*, **28**(1): 47—53.

张传林,于海峰,叶海敏,赵 宇,张东生. 2006. 塔里木西部奥依塔克斜长花岗岩:年龄、地球化学特征、成岩作用及其构造意义. 中国科学(D 辑),**36**(10): 881—893.

Zhang Chuanlin, Yu Haifeng, Ye Haimin, Zhao Yu and Zhang Dongsheng. 2006. Aoyitake plagiogranite in western Tarim Block, NW China: Age, geochemistry, petrogenesis and its tectonic implications. *Science in China* (Series D), **49**(11):

1121—1134.

张传林,陆松年,于海锋,叶海敏. 2007. 青藏高原北缘西昆仑造山带构造演化:来自锆石 SHRIMP 及 LA-ICP-MS 测年的证据. 中国科学(D 辑),**37**(2):145—154.

Zhang Chuanlin, Lu Songnian, Yu Haifeng and Ye Haimei. 2007. Tectonic evolution of the western Kunlun orogenic belt in the northern Qinghai-Tibet Plateau: Evidence from zircon SHRIMP and LA-ICP-MS geochronology. *Science in China* (Series D),**50**(6):825—835.

Allègre C J and Minster J F. 1978. Quantitative models of trace element behavior in magmatic process. *Earth and Planetary Science Letters*,**38**(1): 1—25.

Bea F, Arzamastsev A, Montero P and Arzamastseva L. 2000. Aonmalous alkaline rocks of Soustov, Kola: Evidence of mantle-derived matasomatic fluids affecting crustal materials. *Contributions to Mineralogy and Petrology*,**140**(5): 554—566.

Boynton W V. 1984. Cosmochemistry of the rare earth elements: Meteorite studies. In: Henderson P(Ed.). Rare Earth Element Geochemistry. Amsterdam: Elsevier. 63—114.

Clemens J D, Holloway J R and White A J R. 1986. Origin of an A-type granites; experimental constraints. *American Mineralogist*,**71**(3—4): 317—324.

Creaser R A, Price R C and Wormald R J. 1991. A-type granites revisited: Assessment of a residual-source model. *Geology*,**19**(2): 163—166.

Eby G N. 1992. Chemical subdivision of the A-type granitoids: Petrogenetic and tectonic implications. *Geology*,**20**(7): 641—644.

Harris N B W, Marzouki F M H and Ali S. 1986. The Jabel Sayid complex, Arabian Shield: Geochemical constraints on the origin of peralkaline and related granites. *Journal of Geological Society, London*,**143**: 287—295.

Hofmann A W. 1988. Chemical differentiation of the Earth: The relationship between mantle, continental crust, and oceanic crust. *Earth Planetary Science Letters*,**90**(3): 297—314.

Hooper P R, Bailey D G. and Holder G A M. 1995. Tertiary calc-alkaline magmatism associated with lithospheric extension in the Pacific northwest. *Journal of Geophysical Research*,**100**(B6): 10303—10319.

Hu Z C, Gao S, Liu Y S, Hu S H, Chen H H and Yuan H L. 2008. Signal enhancement in laser ablation ICP-MS by addition of nitrogen in the central channel gas. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*,**23**(8): 1093—1101.

Maniar P D and Piccoli P M. 1989. Tectonic discrimination of granitoids. *GSA Buletinl*,**101**(5): 635—643.

Le Maitre R W. 1989. A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 1—193.

Liu Y S, Hu Z C, Gao S, Günther D, Xu J, Gao C G and Chen H H. 2008a. In situ analysis of major and trace elements of anhydrous minerals by LA-ICP-MS without applying an internal standard. *Chemical Geology*,**257**(1—2): 34—43.

Liu Y S, Zong K Q, Kelemen P B and Gao S. 2008b. Geochemistry and magmatic history of eclogites and ultramafic rocks from the Chinese continental scientific drill hole: Subduction and ultrahigh-pressure metamorphism of lower crustal cumulates. *Chemical Geology*,**247**(1): 133—153.

Liu Y, Gao S, Hu Z C, Gao C G, Zong K Q and Wang D B. 2010. Continental and oceanic crust recycling-induced melt-peridotite interactions in the Trans-north China orogen: U-Pb dating, Hf isotopes and trace elements in zircons of mantle xenoliths. *Journal of Petrology*,**51**(1—2): 537—571.

Litvinovsky B A, Jahn B M, Zanvilevich A N, Saunders A, Poulain S, Kuzmin D V, Reichow M K and Titov A V. 2002. Petrogenesis of syenite-granite suites from the Bryansky complex(Transbaikalia, Russia): Implications for the origin of A-type granitoid magmas. *Chemical Geology*,**189**(1—2): 105—133.

Ludwig K R. 1999. Using Isoplot/EX, Version 2, A Geolocronolgical Toolkit for Microsoft Excel. Berkeley: Berkeley Geochronological Center Special Publication. 1—47.

Ludwig K R. 2001. Squid 1.02: A User's Manual. Berkeley: Berkeley Geochronological Center Special Publication. 1—19.

Pal N, Pal D C and Mishra B and Meyer F M. 2001. The evolution of the Palim granite in the Bastar tin province, centra India. *Mineralogy and Petrology*,**72**(4): 281—304.

Pearce J A, Harris N B W and Tindle A G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, **25**(4): 956—983.

Petro W L, Vogel T A and Wilband J T. 1979. Major-element chemistry of plutonic rock suites from ompressional and extensional plate boundaries. *Chemical Geology*, **26**(3—4): 217—235.

Rudnick R L and Gao S. 2003. Composition of the continental crust. In: Rudnick R L (Ed.). The Crust: Treaties on Geochemistry, Vol. 3. Oxford: Elsevier. 1—64.

Streckeisen A L. 1976. Classification of the common igneous rocks by means of their chemical composition: A provisional attempt. *Neues Jahrbuch fur Mineralogie, Monatshefte*, **1**: 1—15.

Sylvester P J. 1989. Post-collisional alkaline granites. *The Journal of Geology*, **97**(3): 261—280.

Sun S S and McDonough W F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalt: Implications for mantle composition and processes. In: Saunders A D and Morry M J(Eds.). Magmatism in the Ocean Basin. Geological Society, London, Special Publications, 42. 528—548.

Thompson R N. 1982. Magmatism of the British Tertiary volcanic province. *Scottish Journal of Geology*, **18**: 49—107.

Turner S P, Foden J D and Morrison R S. 1992. Derivation of some A-type magmas by fractionation of basaltic magma: An example from the Padthaway ridge, south Australia. *Lithos*, **28**(2): 151—179.

Vavra G, Schmid R and Gebauer D. 1999. Internal morphology, habit and U-Th-Pb microanalysis of amphibole to granulite facies zircon: Geochronology of the Ivren zone(southern Alps). *Contribution to Mineralogy Petrology*, **134**(4): 380—404.

Wedepohl K H. 1995. The composition of the continental crust. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **59**(7): 1217—1232.

Wenrich K J, Billingsley G H and Blakerby B A. 1995. Spatial migration and compositional changes of Miocene-Quaternary magmatism in the western Grand Canyon. *Journal of Geophysical Research*, **100**(B6): 10417—10440.

Whalen J B, Currie K L and Chappell B W. 1987. A-type granites: Geochemical characteristics; discrimination and petrogenesis. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **95**(4): 407—419.

Wright J B. 1969. A simple alkalinity ratio and its application to question of non-orogenic granite genesis. *Geological Magazine*, **106**(4): 370—384.

Wu F Y, Sun D Y, Li H M, Jahn B M and Wilde S A. 2002. A-type granites in northeastern China: Age and geochemical constraints on their petrogenesis. *Chemical Geology*, **187**(1—2): 143—173.

Wyllie P J. 1977. Crustal anatexis: An experimental review. *Tectonphysics*, **43**(1—2): 41—71.

Yang J S, Robinson P T, Jiang C F and Xu Z Q. 1996. Ophiolites of the Kunlun Mountains, China and their tectonic implications. *Tectonophysics*, **258**(1—4): 215—213.

Zhang C L, Xu Y G., Li Z X, Wang H Y and Ye H M. 2010. Diverse Permian magmatism in the Tarim Block, NW China: Genetically linked to the Permian Tarim mantle plume? *Lithos*, **119**(3—4): 537—552.

Mesoproterozoic magmatic activities and its geological significance in Kusilafu area of the northern margin of western Kunlun

Huang Jianguo[1,2]　Yang Ruidong[1]　Yang Jian[2]　Cui Chunlong[2]　Hou Lanjie[2]

(1. *College of Resources and Environmental Engineering, Guizhou University, Guiyang* 550003;
2: *College of Environment and Resources, Southwest University of Science and Technology, Mianyang, Sichuan* 621010)

Abstract

There are two period Mesoproterozoic rock-masses intruding in the Precambrian crystalline basement in Kusilafu area of the northern margin of western Kunlun. The early rock-mass is Kateleke, and age is 1 567 Ma. The late is Azibaledier, and age is 1 423 Ma. Kateleke is characterized by SiO_2-poor, Ca-high, alkaline-middle, metaluminous, and generally belongs to calc-alkaline quartz-tonalite. Its REE is high ($\sum REE = 168.4 \times 10^{-6} \sim 374.38 \times 10^{-6}$), enrichment in light rare elements (LREE/HREE = 9.3 ~ 18.23) and moderate negative Eu anomaly ($\delta Eu = 0.53 \sim 0.82$); Azibaledier is characterized by SiO_2-rich, alkaline-high, K-high, strongly peraluminous, FeO^T-rich, and generally belongs to monzonitic granite. Its REE is very high($\sum REE = 375.68 \times 10^{-6} \sim 1\ 075.46 \times 10^{-6}$) and high $10^4 * Ga/Al$ (3.01 ~ 3.5), enrichment in light rare elements (LREE/HREE = 7.07 ~ 16.87) and strong negative Eu anomaly($\delta Eu = 0.25 \sim 0.31$), high La_N/Yb_N (8.32 ~ 25.2). By systematic study of two rock-mass's Isotopic age, Mineralogy, Petrochemistry, Trace elements and REE, we think that there are two obvious Mesoproterozoic magma-tectonic events in northern margin of western Kunlun. The early event (δoPt emplacement) may be associated with the Xindi Movement (the first episode); the late event($\eta\gamma$Pt emplacement) is good agreement with the Xindi Movement (the second episode) in time and regional aspects. The early magma (δoPt) may exist part of the mantle-source substances, shows Ⅰ-type granite's features and may belong to postorogenic granitoids. The late magma ($\eta\gamma$Pt) may be experienced partial melting of the lower crust or higher degree of differentiation-evolution process, belong to the A2-type granite. Two magmatic activities may provide new evidences of the ancient Tarim Plate's consolidation-cracking and its cracking mode's supplementary.

Key Words　The northern margin of western Kunlun, Mesoproterozoic magmatic activities, A-type granite, Ancient Tarim Plate, Consolidation-cracking