

西昆仑山阿卡孜岩体锆石 SHRIMP 定年及其地球化学特征*

张传林^{1,2} 王中刚¹ 沈加林² 毕华¹ 郭坤一² 王爱国²

ZHANG ChuanLin^{1,2}, WANG ZhongGang¹, SHEN JiaLin², BI Hua¹, GUO KunYi² and WANG AiGuo²

1. 中国科学院地球化学研究所, 贵阳 550002

2. 南京地质矿产研究所, 南京 210016

1. *Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China*

2. *Nanjing Institute of Geology and Mineral Resource, Nanjing 210016, China*

2002-06-21 收稿, 2003-01-14 改回.

Zhang CL, Wang ZG, Shen JL, Bi H, Guo KY and Wang AG. 2003. Zircon SHRIMP dating and geochemistry characteristics of Akazi rock mass of Western Kunlun. *Acta Petrologica Sinica*, 19(3):523-529

Abstract Akazi pluton, which occurs in Western Kunlun in north of Qinghai-Tibet plateau, is the known oldest pluton in this area. It intrudes into Archean Heluositan Group (TTG). By SHRIMP method, we get 2426 ± 46 Ma age of the zircons from this pluton. Its geochemistry shows that it has high alkaline with K_2O . ΣREE ranges from 409.94×10^{-6} to 787.76×10^{-6} , δEu is between 0.48 and 0.73. As for trace elements, it is riched in large ions. Synthesizing the geochemistry of the pluton, we put forward that Akazi pluton was formed at Late-Archean to Paleo-Proterozoic postcollisional extending environment. This study supplies new geological data for research of the early Precambrian crust growth and tectonic evolution of Western Kunlun.

Key words Western Kunlun, Akazi pluton, Zircon SHRIMP age, Geochemisry

摘要 西昆仑山阿卡孜岩体是该区已知的最古老侵入体。岩体侵入于太古代赫罗斯坦群(TTG 岩系)中。获得最新的单颗粒锆石 SHRIMP 年龄为 2426 ± 46 Ma。岩石地球化学研究表明, 岩石具有高碱度富 K 特征; ΣREE 为 $409.94 \times 10^{-6} \sim 787.76 \times 10^{-6}$, δEu 为 0.48 ~ 0.73; 微量元素显示富集大离子元素。综合分析该岩体地质地球化学特征, 认为该岩体形成于晚太古代 ~ 古元古代初期碰撞后拉张背景, 是 TTG 岩系(赫罗斯坦群)重熔的结果。这对研究西昆仑山早前寒武纪陆壳增生及构造演化提供了重要的地质资料。

关键词 西昆仑; 阿卡孜岩体; 锆石 SHRIMP 定年; 地球化学

中图分类号 P597.3; P588.345

1 引言

西昆仑造山带北与塔里木板块相邻, 是古亚洲构造域与特提斯构造域的结合部位(姜春发等, 2000)。对于该区显生宙侵入岩, 前人做了大量的工作(汪玉珍等, 1987; Xu R H et

al., 1994, 1996; 张玉泉等, 1998; 丁道桂等, 1996), 但对前寒武纪侵入岩的研究比较薄弱。已知西昆仑最古老侵入岩为阿卡孜岩体(Xu R H et al., 1996)。在前人研究基础上, 本文详细报道了阿卡孜岩体最新测年数据及岩石地球化学资料, 对其形成背景做了探讨。这对研究西昆仑造山带及古塔里木早前寒武纪地壳演化提供了新的地质依据。

* 中国地质调查局“中国前寒武纪重大地质问题研究”(200113900070)课题“西昆仑前寒武纪构造事件群研究”专题部分成果。

第一作者简介: 张传林, 男, 1968 年生, 博士, 区域大地构造专业, E-mail: zchuanlin@sina.com

2 岩体及岩石学特征

阿卡孜岩体位于新藏公路阿卡孜达坂。侵入于太古代赫罗斯坦群(TTG 岩系)中,岩体东南部与长城系呈断层接触(图1),出露面积数平方公里。岩石呈致密片麻状构造(图2A),中粒(1~3mm)花岗结构、似斑状结构、交代结构(图2B)。主要矿物组成包括角闪石、斜长石、微斜长石、钾长石、石英、黑云母等,岩石中的角闪石为早期结晶产物,自形,有熔蚀,在边部形成熔蚀的港湾,角闪石在岩石中分布不均,含量2%~5%;斜长石为板状(30%~40%),半自形,聚片双晶发育,牌号30~50,在薄片中还见到典型的中长石环带结构;钾长石(20%~30%)半自形,发育格子双晶。所有长石均发育微弱至中等的绢云母化,形成星点状结构;石英(20%~30%)为晚期结晶产物,晶形差,往往以他形粒状分布在长石之间。岩石的副矿物(<1%)主要为锆石,另有少量磁铁矿。

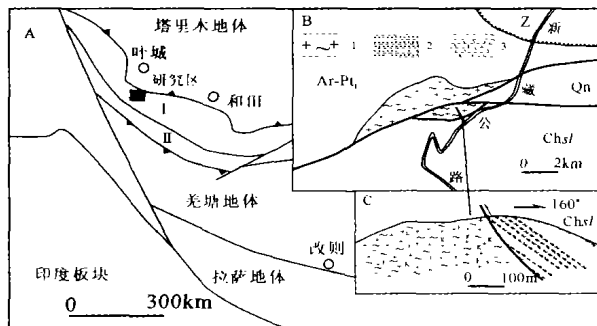


图1 阿卡孜岩体构造位置略图

A-青藏高原构造单元,B-阿卡孜岩体地质略图,C-赛拉加兹塔格群与阿卡孜岩体呈断层接触(剖面); I-北昆仑地体, II-南昆仑地体; Ar-Pt₁-太古代-古元古代赫罗斯坦群, Chsl-长城系赛拉加兹塔格群, Qn-青白口系, Z-震旦系, 1-片麻状花岗岩, 2-碎屑岩, 3-火山岩

Fig. 1 Sketch tectonic location of the Akazi granite

3 岩石地球化学特征

8 件样品的主元素、稀土、微量元素及 2 件样品的 Sr、Nd 同位素组成见表 1。岩石的 SiO₂ 为 63.68%~72.52%, 变化较大。K₂O 为 4.34%~5.63%, Na₂O 为 2.27%~3.75%, Na₂O/K₂O 为 0.40~0.73, 显示明显的富 K 特征。M/F 为 0.26~0.65。经 CIPW 标准矿物计算, Q 为 12.96~33.23, 属于 Si 过饱和。Or 为 26.05~34.22, Ab 为 25.05~32.11, An 为 3.78~10.96, 没有出现 Ne 等碱性矿物。在 Q-A-P 标准矿物分类图解上, 1 件样品位于花岗闪长岩区, 其余 7 件样品位于二长花岗岩区(图 3)。在 SiO₂-AR 图解上(Wright

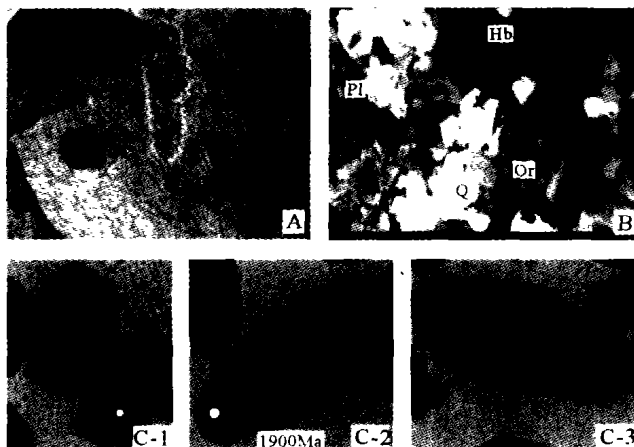


图2 阿卡孜岩体露头、矿物组成及锆石特征

说明:A:阿卡孜岩体的野外露头照片,岩石呈淡肉红色,致密片麻状构造;B:阿卡孜岩体矿物组成及结构照片,矿物粒度不均,呈似斑状结构,Hb-角闪石,Pl-斜长石,Or-微斜长石,Q-石英;C:锆石显微照片,C-1:岩浆锆石中有早期锆石包裹体(黑圈为测点),C-2:示岩浆锆石明显的生长环带,在左下角为次生部分,其颜色与岩浆结晶期形成的锆石也有显著差异,SHRIMP 测试表明,次生部分的年龄为 1900Ma,而岩浆结晶时期的锆石为 2426 ± 46Ma(黑圈为测点),C-3:岩浆锆石,离子探针分析与 C 中的锆石主晶部分分析结果一致(黑圈为测点)。

Fig. 2 Outcrop photo, lamella and zircon micrographs of Akazi granite

J. B, 1969)(图 4), 1 件样品位于碱性区, 其余 7 件样品位于钙碱性区但靠近分界线, 表明岩石的碱度高。在 SiO₂-K₂O 图解上(Peecerillo A et al., 1976), 所有样品位于钾玄岩区, 与薄片中出现大量钾长石的观察结果一致。

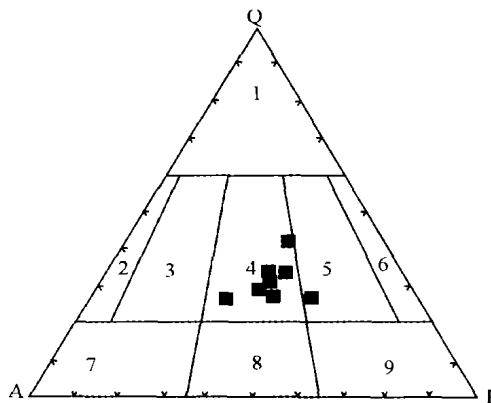


图3 花岗岩 Q-A-P 分类图解

Q-石英,A-碱性长石,P-斜长石; 1-富石英花岗岩,2-碱性长石花岗岩; 3-普通花岗岩,4-二长花岗岩,5-花岗闪长岩6-斜长花岗岩,7-石英正长岩,8-石英二长岩,9-石英闪长岩

Fig. 3 Q-A-P classification diagram of Akazi granite

表1 岩石化学(%), 稀土元素($\times 10^{-6}$), 微量元素($\times 10^{-6}$), Sr-Nd 同位素分析表Table 1 Petrochemical(%), REE, trace elements($\times 10^{-6}$) and Sr-Nd isotopic compositions of Akazi granite

编号	2030yh-1	2030yh-2	2030yh-3	2030yh-4	2030yh-5	2030yh-6	2030yh-7	2030yh-8
SiO ₂	68.32	63.68	66.77	69.30	72.52	68.02	69.98	68.45
TiO ₂	0.50	0.69	0.55	0.46	0.42	0.57	0.42	0.49
Al ₂ O ₃	13.11	15.36	13.68	13.22	13.45	14.69	13.45	13.53
Fe ₂ O ₃	1.71	1.29	1.55	1.17	1.36	1.52	1.27	1.15
FeO	1.96	2.48	2.20	1.87	1.17	1.91	1.63	1.72
MnO	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04
CaO	3.45	3.89	3.31	2.96	1.76	2.10	2.30	3.15
MgO	1.12	2.12	1.71	0.97	0.51	0.96	0.96	0.84
K ₂ O	5.57	4.98	5.42	5.36	4.35	5.70	5.63	5.52
Na ₂ O	3.00	3.65	2.91	2.95	3.20	2.95	2.27	3.75
F	0.07	0.044	0.055	0.038	0.028	0.039	0.036	0.043
Cl	0.16	0.22	0.056	0.23	0.23	0.11	0.11	0.11
LOI	0.92	1.42	1.50	1.33	0.84	1.28	1.19	0.97
Σ	99.75	99.67	99.70	99.68	99.68	99.79	99.70	99.67
La	170.30	83.19	194.01	139.10	113.20	164.30	112.00	132.41
Ce	288.90	169.00	342.10	251.40	186.40	295.80	202.30	236.30
Pr	30.40	21.35	37.95	27.82	18.74	33.00	22.54	25.60
Nd	107.71	89.77	145.11	104.80	64.59	124.51	86.75	92.82
Sm	16.07	16.84	21.11	16.16	8.01	18.47	14.29	13.95
Eu	3.31	2.85	3.01	2.71	2.42	2.98	2.55	3.04
Gd	12.21	12.94	15.75	11.78	6.13	13.42	10.46	10.46
Tb	1.67	1.81	2.17	1.71	0.79	1.89	1.46	1.40
Dy	8.97	10.07	11.89	9.27	4.19	10.04	8.16	8.11
Ho	1.79	1.96	2.30	1.94	0.86	2.13	1.64	1.64
Er	5.07	5.27	6.61	5.09	2.34	5.67	4.35	4.39
Tm	0.62	0.66	0.74	0.64	0.29	0.71	0.53	0.54
Yb	3.59	3.56	4.36	3.33	1.69	4.01	3.07	3.21
Lu	0.52	0.48	0.68	0.50	0.28	0.60	0.43	0.45
ΣREE	651.11	419.75	787.76	576.25	409.93	677.50	470.53	534.3
δEu	0.69	0.56	0.48	0.57	1.01	0.55	0.61	0.73
Rb	165.91	155.90	190.01	150.31	131.42	154.41	174.40	156.62
Sr	307.40	246.11	280.32	254.00	263.01	262.02	231.00	308.52
Ba	2557	2466	2330	2370	1963	2328	2303	2404
Th	28.86	3.77	31.85	24.19	18.21	21.62	15.00	18.07
Ta	0.86	1.07	1.10	0.91	0.98	1.06	0.96	1.06
Nb	20.50	25.25	25.72	20.56	20.30	24.68	19.99	22.21
Zr	462.4	662.2	557.2	450.0	405.2	566.7	369.9	459.1
Hf	11.42	16.40	14.38	11.05	10.34	13.86	9.48	11.71
Y	44.62	48.18	58.44	45.79	21.66	49.92	39.87	40.92
⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	1.587				1.438			
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	0.76100				0.76065			
¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd	0.0873				0.1157			
¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	0.510731				0.511111			

* 样品由中国科学院地球化学研究所(贵阳)彭少松、凌宏文、漆亮等分析,主化学成分采用化学法分析,稀土及微量元素采用 ICP-MS 分析; Sr-Nd 同位素由宜昌地质矿产研究所分析。

表2 阿卡孜岩体单颗粒锆石 SHRIMP 测年数据表
Table 2 Zircon SHRIMP age - dating data of the Akazi granite

点号	U ($\mu\text{g/g}$)	Th ($\mu\text{g/g}$)	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*$ ($\mu\text{g/g}$)	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ Age (Ma)	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ Age (Ma)	Discordant	$^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}^* \pm \%$	$^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^* \pm \%$	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U} \pm \%$	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U} \pm \%$	err. corr
30-1.1	350	145	0.43	137	2421 \pm 25	2394 \pm 13	-1%	2.194 \pm 1.3	0.1543 \pm 0.79	9.69 \pm 1.5	0.4557 \pm 1.3	0.849
30-2.1	212	180	0.88	63.5	1928 \pm 25	1899 \pm 15	-2%	2.867 \pm 1.5	0.11624 \pm 0.81	5.590 \pm 1.7	0.3487 \pm 1.5	0.883
30-2.2	293	176	0.62	101	2167 \pm 24	2295.9 \pm 9.5	6%	2.503 \pm 1.3	0.14568 \pm 0.55	8.03 \pm 1.4	0.3995 \pm 1.3	0.918
30-3.1	186	176	0.98	52.7	1835 \pm 22	1902 \pm 16	4%	3.037 \pm 1.3	0.1164 \pm 0.90	5.287 \pm 1.6	0.3293 \pm 1.3	0.833
30-3.2	540	69	0.13	198	2286 \pm 24	2328.6 \pm 7.4	2%	2.348 \pm 1.2	0.14844 \pm 0.44	8.72 \pm 1.3	0.4257 \pm 1.2	0.943
30-4.1	106	60	0.58	35.9	2132 \pm 27	2339 \pm 20	9%	2.550 \pm 1.5	0.1493 \pm 1.20	8.07 \pm 1.9	0.3920 \pm 1.5	0.791
30-4.2	249	130	0.54	88.0	2221 \pm 27	2375 \pm 11	6%	2.431 \pm 1.4	0.1526 \pm 0.66	8.65 \pm 1.6	0.4114 \pm 1.4	0.910
30-5.1	773	389	0.52	246	2032 \pm 21	2278.4 \pm 6.6	11%	2.699 \pm 1.2	0.14420 \pm 0.38	7.367 \pm 1.3	0.3705 \pm 1.2	0.955
30-5.2	167	133	0.83	57.0	2155 \pm 26	2377 \pm 14	9%	2.519 \pm 1.4	0.1527 \pm 0.84	8.36 \pm 1.7	0.3969 \pm 1.4	0.862
30-6.1	195	142	0.75	53.1	1775 \pm 21	1917 \pm 15	7%	3.154 \pm 1.3	0.1174 \pm 0.86	5.132 \pm 1.6	0.3170 \pm 1.3	0.843
30-7.1	474	234	0.51	177	2327 \pm 24	2321 \pm 10	0%	2.301 \pm 1.2	0.14785 \pm 0.60	8.86 \pm 1.4	0.4347 \pm 1.2	0.900
30-8.1	689	308	0.46	232	2133 \pm 25	2186 \pm 10	2%	2.549 \pm 1.4	0.13670 \pm 0.58	7.39 \pm 1.5	0.3922 \pm 1.4	0.923
30-9.1	296	154	0.54	107	2258 \pm 25	2373.9 \pm 9.1	5%	2.384 \pm 1.3	0.15247 \pm 0.54	8.82 \pm 1.4	0.4194 \pm 1.3	0.925
30-11.1	227	75	0.34	75	2095 \pm 29	2252 \pm 12	7%	2.605 \pm 1.6	0.1420 \pm 0.71	7.52 \pm 1.8	0.3839 \pm 1.6	0.915
30-12.1	657	88	0.14	250	2364 \pm 24	2395.2 \pm 5.6	1%	2.257 \pm 1.2	0.15438 \pm 0.33	9.43 \pm 1.3	0.4431 \pm 1.2	0.965
30-13.1	65	44	0.69	25.9	2454 \pm 33	2427 \pm 25	-1%	2.158 \pm 1.6	0.1574 \pm 1.50	10.05 \pm 2.2	0.4634 \pm 1.6	0.740
30-14.1	132	94	0.74	51.7	2420 \pm 28	2407 \pm 14	-1%	2.195 \pm 1.4	0.1555 \pm 0.84	9.77 \pm 1.6	0.4556 \pm 1.4	0.854
30-15.1	1189	521	0.45	354	1917 \pm 20	2197.4 \pm 5.1	13%	2.887 \pm 1.2	0.13761 \pm 0.29	6.572 \pm 1.2	0.3464 \pm 1.2	0.972
30-14.2	127	98	0.79	52.0	2509 \pm 72	2446 \pm 30	-3%	2.101 \pm 3.4	0.1590 \pm 1.80	10.43 \pm 3.9	0.476 \pm 3.4	0.889
30-1.2	279	204	0.75	111	2443 \pm 26	2374 \pm 8.7	-3%	2.170 \pm 1.3	0.15247 \pm 0.51	9.69 \pm 1.4	0.4607 \pm 1.3	0.928

* 样品在中国地质科学院 SHRIMP II 上测试, Scan 数为 5, $^{206}\text{Pb}^*$ 指放射性成因铅

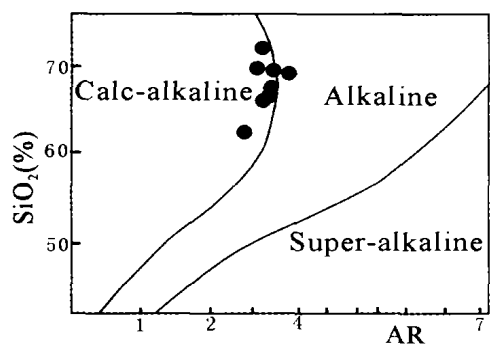


图4 SiO₂ - AR 图解(据 Wright J. B, 1969)
Fig.4 SiO₂ - AR diagram (after Wright J. B, 1969)

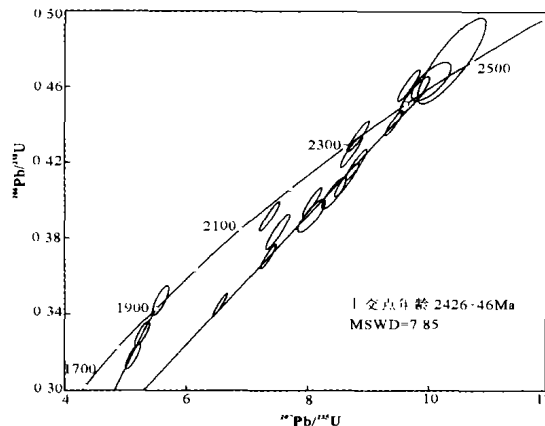


图7 单颗粒锆石 SHRIMP 定年图解
Fig.7 Zircon SHRIMP age-dating diagram of Akazi granite

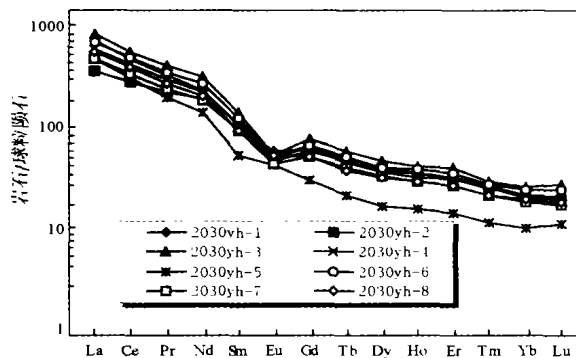


图5 阿卡孜岩体稀土元素球粒陨石标准化配分模式
Fig.5 Chondrite-normalized REE pattern of Akazi granite

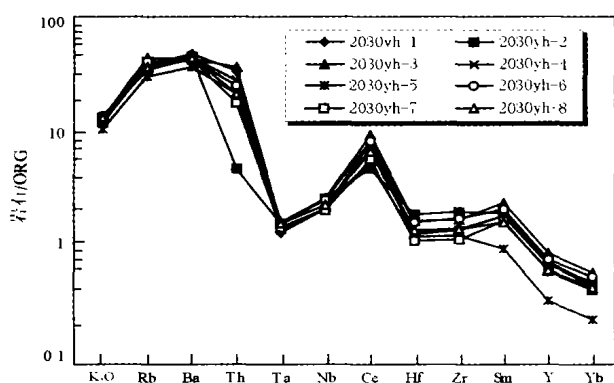


图6 阿卡孜岩体微量元素配分模式图
(洋中脊花岗岩标准)
Fig.6 Ocean-ridge-granite (ORG)-normalized trace elements pattern of Akazi granite

岩石稀土总量高, ΣREE 为 $409.94 \times 10^{-6} \sim 787.76 \times 10^{-6}$, 变化较大, 也高于 TTG 岩系的稀土总量 (Sylvester P. J., 1994)。LREE/HREE 为 10.42 ~ 23.74, $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 为 16.76 ~ 48.05, $(\text{Ce}/\text{Yb})_N$ 为 13.18 ~ 30.63, 表明岩石的轻重稀土强烈分异且分异不均衡。7 件样品的 δEu 为 0.48 ~ 0.73, 显示中等 Eu 负异常, 2030yh-5 号样品没有 Eu 异常, 而这件的样品的 SiO_2 也出现最高值 (72.52%), 这可能暗示了岩浆没有充分均一化而结晶固结 (袁超等, 1999), 与岩石的 ΣREE 大幅度变化及岩石中出现似斑状结构是吻合的。在稀土元素球粒陨石标准化配分模式图上 (球粒陨石值取自 Boynton W V, 1984) (图 5), 除 2030yh-5 号样之外, 其余 7 件样品为右倾平滑曲线, 这与太古代 TTG 岩系中一般不出现 Eu 负异常不一致 (Joseph B W *et al.*, 2002), 表明阿卡孜岩体不属于 TTG 岩系的单元。岩石的高碱度、高钾含量和高稀土总量、负 Eu 异常表明岩浆应来自地壳的部分熔融。岩石具有较高的 Zr/Hf 比值 (38.75 ~ 40.88) 和 Nb/Ta 比值 (20.71 ~ 23.84), 且变化小。Yb 含量均大于 3×10^{-6} , 考虑到多数样品的 Al_2O_3 低于 14.5%, 与早前寒武纪低铝大洋花岗岩相似 (Arth J. G., 1979), 但这一结果与岩石的高碱度、高 K、高稀土总量、强烈的轻重稀土分异及 Eu 负异常相矛盾。采用洋中脊花岗岩标准化后的配分模式图上 (图 6), 具有显著的 Ce、Sm “峰” 和 Ta “谷”。与洋脊花岗岩相比, 大离子元素明显富集, Ba 的含量明显高于火山弧花岗岩。由于 Pearce (1984) 所总结的花岗岩微量元素特征主要是针对显生宙花岗岩, 对早前寒武纪侵入岩仅有参考意义。阿卡孜岩体的微量元素特征可能在后期的构造热事件中发生改变 (尤其是大离子元素), 但总体上显示碰撞后花岗岩的地球化学特征。应用 Zr、Nb、Ce、Y - Ga/Al 图解分析 (Whalen J B *et al.*, 1987), 所有样品均位于后造山碱性花岗岩区 (PA 型, 洪大卫等, 1995)。

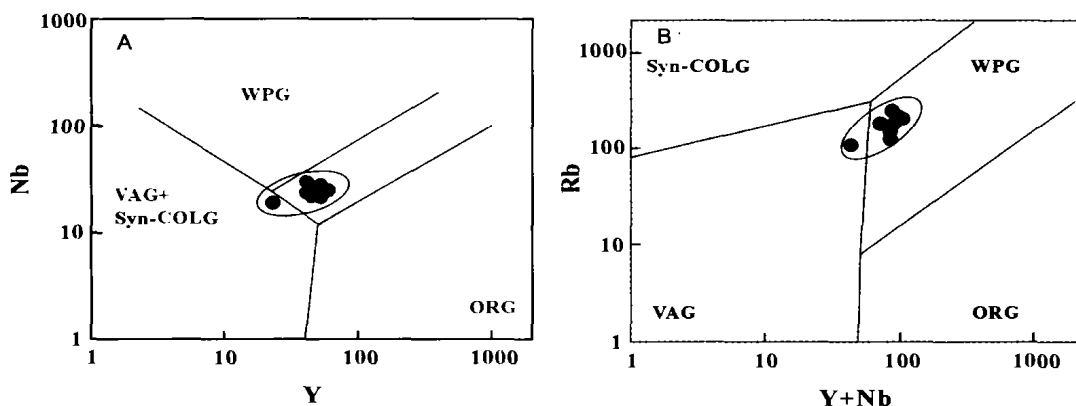


图8 阿卡孜岩体 Nb - Y(A) 和 Rb - (Y + Nb)(B) 图解
Fig.8 Nb vs. Y (A) and Rb vs. (Y + Nb)(B) diagrams of Akazi granite

4 形成时代(锆石 SHRIMP 测年)

在阿卡孜岩体曾获得 1508Ma 的 K-Ar 年龄(汪玉珍等, 1987)和 2261Ma 的锆石不一致曲线上交点年龄(Xu R H *et al.*, 1996)。对该岩体的锆石做镜下观察,发现大多数锆石为岩浆锆石,部分具有明显的生长环带,且有次生现象(图 2.C-2),这表明单颗粒锆石的 TIMS 法测试可能导致混合年龄的出现。对单颗粒锆石进行离子探针分析(样品由沈加林在地质科学院 SHRIMP II 上测试,Scan 数为 5),测试结果见表 2。其中 30-2.1、30-3.1、30-6.1 三个测点位于锆石的次生部分,获得不一致线上交点年龄为 $1900 \pm 12\text{Ma}$,这一年龄与吕梁运动发生的时间十分接近。另外 17 个测点中,30-1.2、30-2.2、30-3.2 等 3 个测点可能由于 ^{207}Pb 漂移造成测试偏差,故未纳入计算。30-7.1、30-11.1 位于协和线附近, $t_{206/238}$ 、 $t_{207/206}$ 年龄一致,但与其他主期锆石的 $t_{206/238}$ 、 $t_{207/206}$ 差异较大,其原因尚不清楚,这 2 个测点也未纳入计算。由其余 12 个测点通过做图,获得不一致线上交点年龄为 $2426 \pm 46\text{Ma}$ (图 7)。参与计算的 12 个测点,3 个测点位于谐和线上,9 个测点位于谐和线下方,表明有部分放射性成因铅的丢失。综上所述, $2426\text{Ma} \pm 46\text{Ma}$ 应代表了阿卡孜岩体的形成年龄,而 $1900 \pm 12\text{Ma}$ 应是古元古代末期一次构造热事件的记录。

5 构造背景、可能的源区及其地质意义

由于阿卡孜岩体具有高碱度、高 K、高 ΣREE 、轻重稀土的强烈分异等特征,表明它是陆壳部分熔融的产物,微量元素配分模式也支持这一点。采用 Nb - Y 和 Rb - Nb + Y 图解(Pearce *et al.*, 1984)分析(图 8),7 件样品位于 WPG 区,1 件样品位于 VAG 区但接近 WPG 区。Eby G. N. (1992)对 A

型花岗岩研究表明,与板内拉张、地幔柱及热点有关的 A₁ 型花岗岩在图 8 中应位于 WPG 区的上部区域,而 A₂ 型花岗岩(postcollisional, postorogenic and anorogenic)位于 WPG 区下部。阿卡孜岩体基本位于 A₂ 型花岗岩区,与 Zr、Nb、Ce、Y - Ga/Al 图解判别结果一致(Whalen J B *et al.*, 1987)。在多阳离子(R1-R2)构造环境判别图解中,位于碰撞后抬升(post-collision uplift)和造山晚期(late orogenic)花岗岩区(Bachelor R A, 1985)。这表明古塔里木在太古代晚期可能存在类似现今的板块构造模式,与华北的演化具有相似性(李江海, 1998)

阿卡孜岩体侵入于赫罗斯坦群中,表明赫罗斯坦群的时代为太古代。我们的野外调查表明,赫罗斯坦群为一套典型的 TTG 岩系,其岩石组合包括片麻状英云闪长质、花岗闪长质岩石、奥长花岗岩等,另有斜长角闪岩及辉长闪长岩包体。Tanja E Z *et al.* (2001)提出在太古代拆沉作用导致 TTG 质岩石的部分熔融可产生类似阿卡孜岩体地球化学特征的花岗闪长质岩浆,同时造成大规模的陆壳增生。笔者推测阿卡孜岩体的岩浆应来自赫罗斯坦群的重熔,2 件全岩样品具有高的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值,表明岩石来自陆壳(表 1),Nd 模式年龄分别为 2.9、3.1Ga,代表了岩浆源区岩石(TTG)从地幔分异的时间。在我国华北地区,太古代末期~古元古代初期的钾质花岗岩侵入在区域上具有普遍性(李永刚等,1994;梅华林,1998;金文山等,2000),代表了一次重要的构造热事件,可能与板块碰撞后(李江海,1996)的板片拆沉有关。另据胡霭琴等(1999)研究,塔北地块在 2400Ma 是一个重要的陆壳生长时期,阿卡孜岩体年龄与这一时间非常相似。这表明本区早前寒武纪构造演化及陆壳增生与塔北、华北地区具有可比性。

致谢 对匿名审稿人细致认真的审阅及启发性修改意见表示衷心谢忱!

References

- Arth J G. 1979. Some trace element in trondhjemites - their implications to magma genesis and Paleotectonic setting; Trondhjemites, dacites, and related rocks. Barker F. (ed.), Elsevier Scientifics Pub. Co. 123 - 132
- Batchelor R A, Bowden P. 1985. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multication parameters. Chem. Geol., 48: 43 - 55
- Boynton W V. 1984. Cosmochemistry of the rare earth elements; Meteorite studies. In: Henderson P (ed.). Rare element geochemistry. Amsterdam: Elsevier Science Publishers. 63 - 114
- Ding Daogui, Wang Daoxuan, Liu Weixin *et al.* 1996. The Western Kunlun orogenic belt and basin. Beijing: Geological Publishing House. 72 - 105 (in Chinese with English abstract)
- G. Nelson Eby. 1992. Chemical subdivision of the A-type granitoids: Petrogenetic and tectonic implications. Geology, 20: 641 - 644
- Hong Dawei, Wang Shikunang, Han Baofu and Le Manyuan. 1995. Tectonic classification and discrimination sign of alkaline granite. Science in China (series D), 25(4): 18 - 426 (in Chinese)
- Hu Aiqin, Zhang Guoxin, Zhang Qianfeng and Cheng Yibing. 1999. The age and crust growth of the base of Tianshan orogen, constraint from Nd isotope. Science in China (Ser. D) 29(2): 104 - 111 (in Chinese)
- Jiang C F, Wang Z Q, Li J Y. 2000. Opening closing tectonics of Central Orogen. Beijing: Geological Publishing House, 7 - 13 (in Chinese)
- Jiang Yaohui, Rui Xingjian and He Jurui. 1999. Tectonic type of Caledonian granitoids and tectonic significance in the Western Kunlun Mts. Acta Petrologica Sinica, 15(1): 105 - 115 (in Chinese with English abstract)
- Li Yonggang, Guo Jinghui and Zhai Mingguo *et al.* 1994. Origin and tectonic significance of late Archean potassic granite from north Shanxi and northwestern Hebei provinces, China. In: Qian Xianglin and Wang Renmin (eds.). Geological evolution of the granulite terrain in north part of the North China Craton. Beijing: Seismological Press. 187 - 198 (in Chinese with English abstract)
- Li Jianghai. 1998. Review of the studies on early Precambrian geology and deep-crustal-level tectonism. Geological Journal of China Universities, 4(3): 303 - 312 (in Chinese with English abstract)
- Peceerillo A, Taylor S R. 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. Contrib. Mineral. Petrol., 58: 68 - 81
- Pearce J A, Harris N B W, Tindle A G. 1984. Trace elements discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. J. Petrol., 25(4), 956 - 983
- Pearce J A. 1982. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In: Thorpe R S (ed.). Andesites. New York: John Wiley & Sons, 525 - 548
- Whalen J B, Currie K L, Chappell B W. 1987. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. Contrib. Mineral. Petrol., 95: 407 - 419
- Whalen J B, John A P, Vicki J M *et al.* 2002. A Mainly Crstal Origin for Tonalitic Granitoid Rocks, Superior Province, Canada; Implications for Late Archean Tectonomagmatic Processes. Journal of Petrology, 43(6): 1551 - 1570.
- Tanja E Z, Peter E van K. 2001. Middle Archean continent formation by crustal delamination. Geology, 29(12): 1083 - 1086
- Wang Yuzhen and Fang Xilian. 1987. Primary study on granite distribution of time and space in the Karakorum-Western Kunlun Mts. Xijinao Geology, 5(1), 10 - 24 (in Chinese with English abstract)
- Wright J B. 1969. A simple alkalinity ratio and its application to questions of non-orogenic granite genesis. Geol. Mag., 106(4): 370 - 384
- Xu Ronghua, Zhang Yuquan and Xie Yingwen. 1994. Discovery of the Paleozoic tectonic-magmatic belt in north of Western Kunlun. Scientia Geologica Sinica, 29(4): 313 - 327 (in Chinese with English abstract)
- Xu Ronghua, Zhang Yuquan. 1996. Isotopic geochemistry of plutonic rocks. In: Pan Yusheng (ed.). Geological evolution of the Karakorum and Kunlun Mountains. Beijing: Seismological Press, 138 - 200
- Yuan Chao, Sun Ming and Li Jiliang *et al.* 1999. Ages and possible source of the two granite plutons in middle of Western Kunlun. Chinese Science Bulletin, 44(5): 534 - 537 (in Chinese)
- Zhang Yuquan, Zhu Binqian, Xie Yinwen, Harrison T M and Kidd W S F. 1998. The uplifting rates for the Western Qinhai-Xizang Plateau: interpretation of ^{40}Ar - ^{39}Ar dating for the granites in the area from Yecheng to Shiquanhe. Acta Petrologica Sinica, 14(1): 11 - 22 (in Chinese with English abstract)

附中文参考文献

- 丁道桂, 王道轩, 刘伟新. 1996. 西昆仑造山带与盆地. 北京: 地质出版社. 72 - 105
- 洪大卫, 王式洸, 韩宝福, 勒满元. 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
- 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. 7 - 13
- 姜耀辉, 芮行健, 贺菊瑞. 1999. 西昆仑山加里东期花岗岩类构造的类型及其大地构造意义. 岩石学报. 15(1): 105 - 115
- 李永刚, 郭敬辉, 翟明国, 张毅刚, 刘文军. 1994. 晋冀交界地区太古宙末钾质花岗岩的成因及构造意义. 见: 钱祥麟, 王仁民主编: 华北北部麻粒岩带地质演化. 北京: 地质出版社. 187 - 198
- 李江海. 1998. 早前寒武纪地质及深成构造作用研究进展. 高校地质学报. 4(3): 303 - 312
- 胡霁琴, 张国新, 张前锋, 陈义兵. 1999. 天山造山带基底时代和地壳增生的 Nd 同位素制约. 中国科学(D)辑. 29(2): 104 - 111
- 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): 10 - 24
- 许荣华, 张玉泉, 谢应雯. 1994. 西昆仑山北部早古生代构造-岩浆带的发现. 地质科学. 29(4): 313 - 327
- 袁超, 孙敏, 李继亮等. 1999. 西昆仑中带两个花岗岩体的年龄及可能的源区. 科学通报. 44(5): 534 - 537
- 张玉泉, 朱炳泉, 谢应雯等. 1998. 青藏高原西部的抬升速率: 叶城-狮泉河花岗岩 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄的地质解释. 岩石学报. 14(1): 11 - 21