新疆西准噶尔地区塔斯特岩体锆石 LA-ICPMS 年龄及其意义*

范裕[1] 周涛发[1,2] 袁峰[1] 谭绿贵[1] David COOKE[2] Sebastien MEFFRE[2] 杨文平[3] 何立新[3]
FAN Yu[1], ZHOU TaoFa[1,2], YUAN Feng[1], TAN LuGui[1], David COOKE[2], Sebastien MEFFRE[2], YANG WenPing[3] and HE LiXin[3]

1. 合肥工业大学资源与环境工程学院, 合肥 230009
2. 澳大利亚塔斯马尼亚大学优秀矿床研究中心(CODES), 霍巴特 79 邮箱
3. 新疆地质勘查局第四地质大队, 阿勒泰 836500
1. *School of Resources and Environmental Engineering*, *Hefei University of Technology*, *Hefei* 230009, *China*
2. *Centre of Excellence in Ore Deposits* (*CODES*), *University of Tasmania*, *Private Bag* 79, *Hobart*, *Australia*
3. *No.* 4 *Geological Party*, *Xinjiang Bureau of Geological Exploration*, *Altay* 836500, *China*
2007-03-20 收稿,2007-05-09 改回.

Fan Y, Zhou TF, Yuan F, Tan LG, Cooke D, Meffre S, Yang WP and He LX. 2007. LA-ICP MS zircon age of Tasite pluton in Sawuer region of west Junggar, Xinjiang. *Acta Petrologica Sinica*, 23(8):1901 – 1908

Abstract Sawuer region is located in west Junggar, Jimunai County of Altay district and Hefeng county of Tacheng district, Xinjiang province. The region is along the north margin of the Kazakstan-Junggar Plate. I- and A-type granites are widespread in Sawuer region. The Tasite pluton is an important multiple granitic intrusion which has close relationship with the Cu and Au mineralization. According to the LA-ICP MS age dating result of zircon, the crystallization age of Tasite intrusion is 337 ±4Ma(1σ), corresponding to the early Carboniferous. The previous study on geological and geochemical characteristics has indicated that the Tasite pluton belongs to post-collisional granite. Therefore the west Junggar was in the post-collisional setting in early Carboniferous. The zircon U-Pb age of the Tasite pluton in this paper is one of the eldest ages of post-collisional granites in Junggar reported so far, providing a new evidence for confining the time framework of post-collisional period in Junggar.
Key words Granite, Tasite pluton, LA-ICPMS, Post-collision, Sawuer region, Junggar, Xinjiang

摘 要 西准噶尔萨吾尔地区地处新疆阿勒泰地区吉木乃县及塔城地区和丰县。酸性侵入岩在区内较发育,其研究对于准噶尔地区后碰撞构造-岩浆演化时限的厘定具有重要的意义。塔斯特岩体是萨吾尔地区重要的复式花岗岩体,与区内铜、金矿化关系密切。塔斯特岩体锆石 LA-ICPMS 年龄为 337 ±4Ma (1σ),形成于早石炭世。结合已有的地球化学特征研究,这一年龄显示西准噶尔地区在早石炭世已处于后碰撞环境。本文获得的塔斯特岩体成岩年龄是目前在准噶尔地区获得的最老的后碰撞花岗岩锆石 U-Pb 年龄之一,为准噶尔地区后碰撞构造-岩浆演化时限的厘定提供了新的证据。
关键词 花岗岩; 塔斯特岩体; LA-ICPMS; 后碰撞; 萨吾尔; 准噶尔; 新疆
中图法分类号 P588.121; P597.3

* 国家重点基础研究发展规划项目(2007CB411304、2001CB409800)、国家自然科学基金项目、安徽省优秀青年科技基金项目资助.
第一作者简介: 范裕, 男, 1982 年生, 助教, 从事矿床学和成岩成矿地球化学研究, E-mail: fan_yu9@hotmail.com

后碰撞构造演化的时限以及古生代地壳双向增生的过程和动力学背景是研究新疆北部后碰撞构造演化与成矿的关键问题(何国琦等,1994,2006; Windley *et al.*,2002; 涂光炽,1999; 涂光炽和李朝阳,2006; Sengör *et al.*, 1993; Brookfield,2000; 王京彬和徐新,2006; Zhu *et al.*, 2007)。王京彬和徐新(2006)依据 Liegeois(1998)对后碰撞的定义,结合地球物理资料(肖序常等,1992; 李锦轶和肖序常,1999.2006)和花岗质岩浆作用特征(Han *et al.*,1999; 韩宝福等,2004; 李锦铁等,2006; Chen *et al.*,2004; 王涛等,2005; 朱永峰等,2006; 朱永峰和宋彪,2006; 童英等,2006a,2006b; 袁峰等,2006; Zhou *et al.*,2006; Zhu *et al.*, 2006),将新疆北部地区后碰撞阶段的主体时限厘定为石炭纪—二叠纪。但是,新疆北部地区后碰撞阶段时限的厘定还需要更广泛的年代学证据。

西准噶尔萨吾尔地区位于新疆维吾尔自治区伊犁哈萨克自治州阿勒泰地区吉木乃县及塔城地区和丰县,属于哈萨克斯坦—准噶尔板块北缘(何国琦等,1995)。萨吾尔地区广泛发育晚古生代酸性侵入岩(图 1),这些酸性侵入岩的地质地球化学特征及年代学研究对于准噶尔地区乃至新疆北部地区后碰撞构造-岩浆演化时限的厘定具有重要的意义。其中,塔斯特岩体是萨吾尔地区重要的复式花岗岩体,与区内铜、金矿化关系密切。前人对该岩体获得的 Rb-Sr 等时线年龄、$^{40}Ar/^{39}Ar$ 年龄范围在 313.6 ~ 320.3Ma(刘伟和赵志忠,1995; 周刚,2000; 袁峰等,2006)。本文基于新近获得的该岩体锆石 LA-ICPMS 年龄,探讨其对准噶尔地区后碰撞构造-岩浆演化时限的意义。

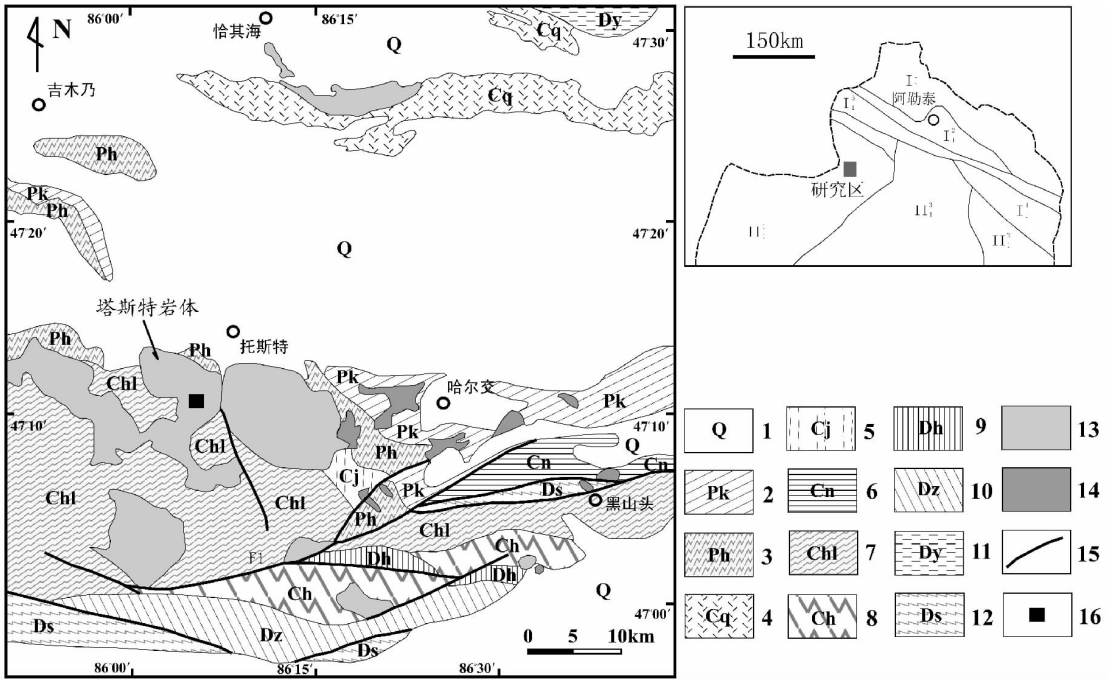

图 1 新疆西准噶尔萨吾尔地区地质图

Ⅰ-西伯利亚板块,$Ⅰ_1$-阿尔泰古生代大陆边缘,$Ⅰ_1^1$-北阿尔泰早古生代非岩浆型被动陆缘,$Ⅰ_1^2$-南阿尔泰泥盆纪岩浆型被动陆缘,$Ⅰ_1^3$-额尔齐斯构造混杂带,$Ⅰ_1^4$-北准噶尔泥盆纪洋内弧; Ⅱ-哈萨克斯坦-准噶尔板块,$Ⅱ_1$-准噶尔地块及大陆边缘,$Ⅱ_1^1$-西准噶尔古生代弧盆系,$Ⅰ_1^2$-东准噶尔古生代弧盆系,$Ⅱ_1^3$-准噶尔坳陷

1-第四系; 2-二叠系卡拉岗组(玄武岩、流纹岩、安山岩、凝灰岩、凝灰质砂岩); 3-二叠系哈尔加乌组(安山岩、玄武岩、凝灰岩、凝灰质砂岩); 4-石炭系恰其海组(粗砂岩、细砂岩、粉砂岩); 5-石炭系吉木乃组(安山岩、玄武岩、凝灰岩、凝灰质粉砂岩); 6-石炭系那林卡拉组(凝灰质砂岩夹安山岩、玄武岩); 7-石炭系哈拉巴依组(凝灰质砂岩夹安山岩); 8-石炭系黑山头组(粉砂岩、泥岩、砂岩); 9-泥盆系洪古勒愣组(泥岩、粉砂岩); 10-泥盆系朱鲁木特组(粗砂岩、粉砂岩、泥岩); 11-泥盆系蕴都卡拉组(砂岩、粉砂岩、泥岩); 12-泥盆系萨吾尔山组(凝灰质细砂岩、泥岩夹安山岩、灰岩); 13-花岗岩; 14-花岗斑岩; 15-断裂; 16-$^{40}Ar/^{39}Ar$ 测年样品采样位置; F1-萨吾尔断裂。研究区地质图据 1∶20 万区域地质图修改①,构造分区图据何国琦等(1995)

Fig. 1 Sketch geologic map of Sawuer region in west Junggar, Xinjiang

① 新疆地质局区域地质调查大队十分队. 1981. 1∶20 万区域地质调查报告,吉木乃幅、布尔津幅.

1 地质背景

研究区的褶皱构造主要为萨吾尔复式向斜和哈拉巴依复式背斜两大褶皱；断裂广泛发育，依据变形特征，空间组合关系及相互切割顺序等可归纳为近东西向逆冲断裂系和走滑剪切断裂系，主要断裂为发育于研究区中部的萨吾尔断裂（图 1）。

区内出露的地层从老到新有：泥盆系萨吾尔山组，蕴都卡拉组，朱鲁木特组及洪古勒愣组，石炭系黑山头组，哈拉巴依组，那林卡拉组，吉木乃组及恰其海组，二叠系哈尔加乌组和卡拉岗组，各地层单元基本呈整合接触，上覆第四系松散堆积层（图 1）。

区内侵入岩较发育，以酸性岩为主。研究区自中泥盆世至早二叠世均有火山活动，其中二叠纪火山岩尤为发育（图 1）。

2 岩石学特征

本文研究的塔斯特岩体分布于研究区西部，呈不规则岩基侵入于下石炭统哈拉巴依组地层中，被下二叠统哈尔加乌组地层覆盖（图 1），同时被阔依塔斯岩体侵入（图 1）。塔斯特岩体出露面积约 77.4km^2。根据岩性特征及野外接触关系，按形成的先后顺序，包括石英闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩、钾长花岗岩等 4 种岩性，其中主要为二长花岗岩和钾长花岗岩。

二长花岗岩，呈岩株及岩瘤产出于岩体中部，多见石英闪长岩包体。岩石中细粒、中粗粒，呈浅肉红色，半自形粒状结构，块状构造。矿物成分主要为斜长石（30%）、钾长石（35%）、石英（30%）、角闪石（<3%）、黑云母（<1%）。斜长石呈半自形板状，粒径 0.5 ~ 4.5mm，环带结构明显，并发育聚片双晶，具轻微绢云母化、粘土化蚀变；钾长石他形粒状、板状，粒径 0.5 ~ 2.5mm，具高龄土化；石英呈他形粒状，粒径 0.5 ~ 5.0mm；角闪石具绿泥石化、碳酸盐化蚀变；黑云母呈片状；副矿物为磁铁矿、磷灰石、绿帘石。

钾长花岗岩，呈岩枝、岩脉产于早期各岩性单元中。岩石呈肉红色，它形粒状结构、显微文象结构，块状构造。矿物成分主要为钾长石（50%）、石英（35%）、斜长石（13%）。钾长石呈他形粒状、板状，部分见格子双晶，粒径 0.2 ~ 2.5mm，与石英相互交生，构成显微文象结构，具高岭土化；斜长石呈他形粒状、板状，见聚片双晶，具高岭土化；石英呈他形粒状，粒径 0.05 ~ 1.50mm；见少量黑云母，多被绿泥石交代；副矿物为磁铁矿、绿帘石等。

3 岩石地球化学特征

塔斯特岩体的岩石化学成分、稀土元素和部分微量元素组成见表 1。侵入岩 QAP 分类图解（图 2）中，塔斯特岩体主要投影于富石英花岗岩、花岗岩、二长花岗岩区域。塔斯特岩体 $K_2O + NaO$ 平均值为 7.15%、K_2O/MaO 值范围在 0.94 ~ 15.21（均值为 7.39），岩体具有偏碱性的特点。K_2O-SiO_2 图解（图 3）显示，塔斯特岩体分布于钙碱性系列和高钾钙碱性系列区域。塔斯特岩体 $\sum$REE 平均值为 88.05×10^{-6}，LREE/HREE 比值平均值为 4.55，δEu 平均值为 0.56，具中等负铕异常；具有轻稀土富集的右倾配分模型（图 4）。Rb-Y + Nb构造判别图解（图 5）显示，塔斯特岩体应属于后碰撞花岗岩。

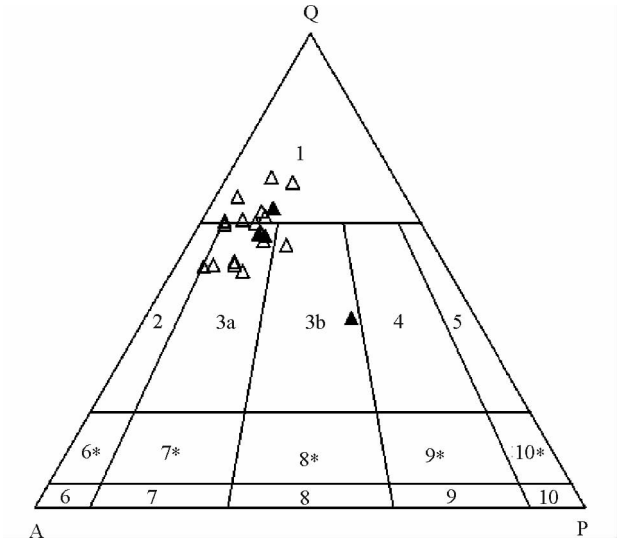

图 2 侵入岩 QAP 分类图解（底图据 Streckeisen *et al.*，1979）

1-富石英花岗岩；2-碱长花岗岩；3a-花岗岩；3b-二长花岗岩；4-花岗闪长岩；5-英云闪长岩、斜长花岗岩；6*-碱长石英正长岩；7*-石英正长岩；8*-石英二长岩；9*-石英二长闪长岩；10*-石英闪长岩；6-碱长正长岩；7-正长岩；8-二长岩；9-二长闪长岩；10-闪长岩

▲为本文数据，△资料据周刚（2000）、刘伟和赵志忠（1995）、刘翔（1994）、吴堑宏和潘传楚（1993）

注：各投影点为岩石化学 CIPW 计算结果

Fig. 2 QAP classification diagram for intrusions (after Streckeisen *et al.*, 1979)

4 锆石 LA-ICPMS 法测年

测年样品为塔斯特岩体中的新鲜二长花岗岩（坐标：N47°8′5.3″，E86°7′45.4″）。样品经重液分离和磁选后，挑选代表性的锆石制作样品靶。对锆石进行透、反射电子像（BSE）及阴极发光（CL）分析，然后进行 LA-ICPMS 测年分析。锆石外形特征主要呈长柱状或短柱状，无色、透明，内见细小的包裹体及裂纹，阴极发光图像（图 6）显示，锆石具有

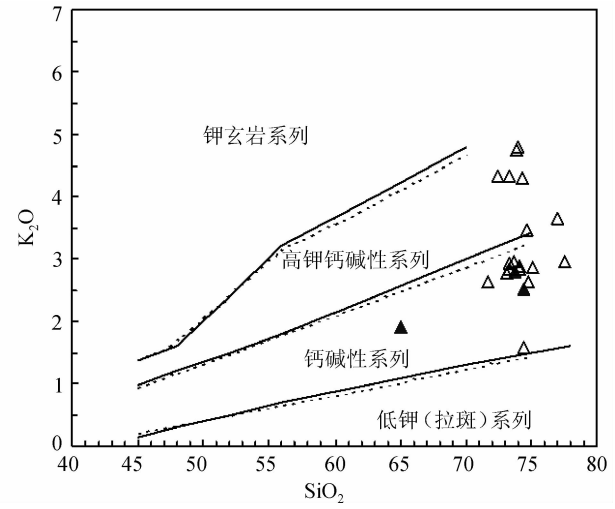

图 3 K_2O-SiO_2 图解(底图据 Ewart,1982)

▲为本文数据,△资料据周刚(2000)、刘伟等(1995)、刘翔(1994)、吴堑宏等(1993)

Fig. 3 K_2O-SiO_2 diagram(after Ewart,1982)

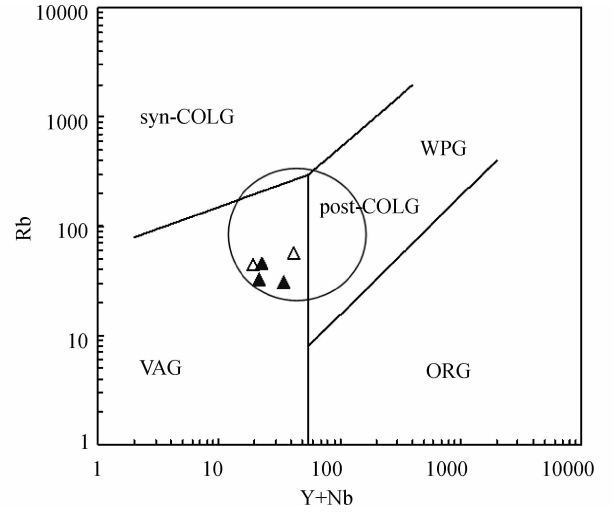

图 5 Rb-Y + Nb 构造判别图(底图据 Pearce,1996)

ORG-大洋脊花岗岩; WPG-板内花岗岩; VAG-火山弧花岗岩; Syn-COLG-同碰撞花岗岩; post-COLG-后碰撞花岗岩

▲为本文数据,△资料据周刚(2000)

Fig. 5 Rb-Y + Nb diagram(after Pearce,1996)

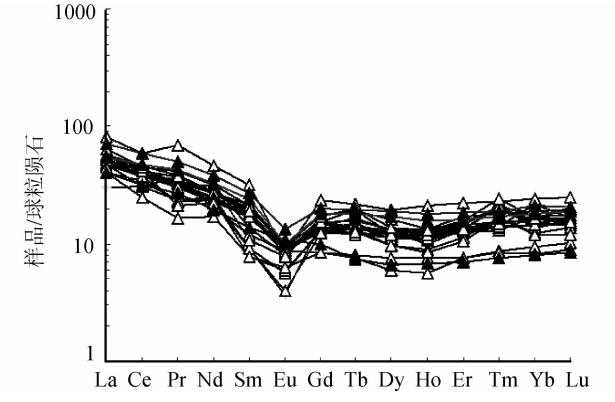

图 4 塔斯特岩体稀土元素配分模型

▲为本文数据,△资料据周刚(2000)、刘伟等(1995)、刘翔(1994)、吴堑宏等(1993)

Fig. 4 Chondrite-normalized REE patterns of Tasite intrusion



图 6 塔斯特岩体二长花岗岩锆石阴极发光(CL)图像

圆圈内数字表示 U-Pb 分析点(编号同表 1)

Fig. 6 CL imaging of zircons from adamellite of Tasite intrusion

较典型的岩浆振荡环带结构(生长环带),应为岩浆成因,为原岩结晶锆石。锆石 LA-ICPMS 测年分析在澳大利亚塔斯马尼亚州立大学矿床研究中心(CODES, University of Tamania)进行,采用 HP4500 四极 ICPMS 和 213 nm 新型激光器进行测定。方法如下:

在每次开机开始测试前和每 12 次测试后(约 1 个小时),采用四种主要基准锆石(Temora 标准锆石,Black *et al.* 2003)和两种辅助基准锆石(91500 标准锆石,Wiendenbeck *et al.*, 1995)进行校正。每次测试开始前先进行 30min 的真空处理,然后进行 30min 余的激光激发照射。锆石测定时使用斑点直径为 35μm、功率 5Hz、强度 12J/cm^2 的激光照射。使用 He 作为剥蚀物质的载气,流速 0.7L/m。测试分析的元素包括^{96}Zr, ^{146}Nd, ^{178}Hf, ^{202}Hg, ^{204}Pb, ^{206}Pb, ^{207}Pb, ^{208}Pb, ^{232}Th 和^{238}U,每种元素测试间隔 0.2s。测试误差根据 Black *et al.* (2004) 和 Harris *et al.* (2004)提出的方法校正,后台平均计算值减去每次测得的 Pb-U 比值得到每 0.2s 的测试值,这些测得的比值除去 1% 的高值区间和 1% 的低值区间,然后进行机械误差、打点熔融误差和整体误差校正。校正后,计算每 0.2s 测试的年龄值并作图。并根据稳定数据区间综合确定时间间隔以消除样品污染带来的误差。标准误差根据测试标准误差和测试标准的误差来制定。元素含量的计算采用 Kosler (2001)的方法,使用 Zr 为内标元素,使用 91500 标准锆石修正整体误差。

表 1 塔斯特岩体岩石化学成分(wt%)、稀土元素和部分微量元素组成(10^{-6})

Table 1 Chemical compositions (%), rare earth elements compositions (10^{-6}) and some trace elements compositions (10^{-6}) of Tasite intrusion

样号	TST-10	TST-15	TST-18
岩性	二长花岗岩	二长花岗岩	二长花岗岩
SiO_2	65.03	73.85	74.47
TiO_2	0.44	0.25	0.24
Al_2O_3	16.21	13.08	12.92
Fe_2O_3	2.15	0.92	1.01
FeO	2.6	1.63	1.24
MnO	0.1	0.06	0.04
MgO	2.04	0.52	0.59
CaO	3.85	1.45	1.46
Na_2O	4.45	4.71	4.01
K_2O	1.91	2.8	2.52
P_2O_5	0.1	0.06	0.06
La	12.64	21.96	16.98
Ce	25.7	47.75	37.96
Pr	3.28	6.14	5.24
Nd	11.78	23.17	19.45
Sm	2.69	5.19	4.67
Eu	0.787	0.99	0.73
Gd	2.59	5.24	4.65
Tb	0.353	0.92	0.84
Dy	2.15	6.05	5.45
Ho	0.491	1.3	1.12
Er	1.45	3.89	3.35
Tm	0.243	0.62	0.54
Yb	1.647	4.43	3.74
Lu	0.272	0.66	0.61
Rb	32.74	46.15	30.39
Nb	7.17	5.24	4.86
Y	14.48	17.81	29.22

常量元素分析者：国家地质实验测试中心，等离子光谱(IRSI)。稀土元素、微量元素分析者：北京大学造山带与地壳演化教育部重点实验室，古丽冰，ICP-MS。

LA-ICPMS 法测年数据见表 2，校正后的有效数据点共 12 个，$^{206}Pb/^{238}U$ 年龄为 337 ± 4Ma，谐和图如图 7 所示，因此，塔斯特岩体成岩时代应为早石炭世。

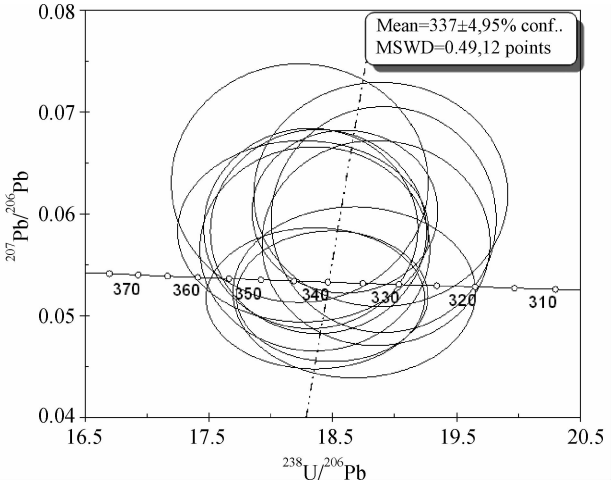

图 7 塔斯特岩体二长花岗岩锆石 U-Pb 一致曲线图

Fig. 7 Pb-U concordia diagram of zircons from adamellite of Tasite intrusion

5 讨论

本次研究的塔斯特岩体锆石 LA-ICPMS 年龄为 337 ± 4Ma (1σ)，时代上属于早石炭世。刘伟和赵志忠(1995)报道了塔斯特岩体中钾长花岗岩全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 316.49Ma，周刚(2000)报道了岩体中二长花岗岩全岩和单矿物长石 Rb-Sr 等时线年龄为 320.3Ma，袁峰等(2006)对岩体中二长花岗岩全岩获得的 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 年龄为 313.6Ma，显示这一时期在西准噶尔地区存在改造 Rb-Sr、$^{40}Ar/^{39}Ar$ 同位素体系的热事件，而这一时期在整个准噶尔地区均存在较广泛的侵入岩浆活动(韩宝福等，2006；Zhou *et al.*，2006；刘家远和袁奎荣，1996；Kwon *et al.*，1989；Hu *et al.*，2000；胡霭琴等，1997)。

已有研究表明，塔斯特岩体为 I 型花岗岩(周涛发等，2006)；岩体的 $\varepsilon_{Nd}(t)$ 均值为 6.83、$\varepsilon_{Sr}(t)$ 均值为-0.48、$(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$ 均值为 0.7041，具有高 $\varepsilon_{Nd}(t)$ 值、低 $\varepsilon_{Sr}(t)$ 值及低 $(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$ 值特征，显示其成岩物质应为地幔来源，而较高的 $\varepsilon_{Nd}(t)$ 值也显示其来源应与亏损地幔有关(袁峰等，2006)。同时，岩石地球化学特征显示塔斯特岩体岩石偏碱性，属于后碰撞花岗岩。因此，本文获得的塔斯特岩体 337 ± 4Ma 的成岩年龄显示，西准噶尔地区在早石炭世已处于后碰撞环境。这也进一步证实了晚古生代后碰撞构造背景下区内地壳的垂向增生作用。

塔斯特岩体 337 ± 4Ma 的成岩年龄是目前在准噶尔地区获得的最老的后碰撞花岗岩锆石 U-Pb 年龄数据之一。韩宝福等(2006)将东准噶尔后碰撞深成岩浆活动的时限厘定为

表 2 塔斯特岩体二长花岗岩锆石 U-Pb 分析结果

Table 2 U-Pb dating for the zircon from adamellite of Tasite intrusion

样点编号	$^{207}Pb/^{206}Pb$, (1s)		$^{207}Pb/^{235}U$, (1s)		$^{206}Pb/^{238}U$, (1s)		$^{208}Pb/^{232}Th$, (1s)		Pb(10^{-6}), (1s)		Th(10^{-6}), (1s)		U(10^{-6}), (1s)		$^{206}Pb/^{238}U$ 年龄(207, Ma), (1s)	
JA24e1. D	0.052	0.003	0.39	0.02	0.054	0.001	0.0181	0.0007	7	1	53	7.0	117	8	343	7
JA24e2. D	0.060	0.003	0.44	0.02	0.054	0.001	0.0173	0.0007	8	1	101	13.4	143	11	335	6
JA24e3. D	0.063	0.005	0.45	0.03	0.055	0.001	0.0162	0.0007	4	0	34	4.6	63	5	340	8
JA24e4. D	0.059	0.005	0.42	0.03	0.053	0.001	0.0170	0.0007	5	0	52	7.0	93	7	330	7
JA24e5. D	0.058	0.004	0.44	0.03	0.054	0.001	0.0181	0.0007	6	1	48	6.4	112	9	339	7
JA24e6. D	0.058	0.004	0.43	0.03	0.055	0.001	0.0170	0.0007	5	0	39	5.1	87	6	342	8
JA24e7. D	0.052	0.003	0.39	0.02	0.054	0.001	0.0175	0.0007	9	1	102	13.4	160	12	340	6
JA24e8. D	0.057	0.004	0.42	0.03	0.053	0.001	0.0169	0.0007	5	0	53	7.0	99	7	332	7
JA24e9. D	0.052	0.003	0.38	0.02	0.054	0.001	0.0168	0.0007	6	1	66	8.7	102	7	337	7
JA24e10. D	0.059	0.004	0.43	0.03	0.055	0.001	0.0182	0.0007	6	1	46	6.0	103	8	340	7
JA24e11. D	0.057	0.004	0.42	0.03	0.054	0.001	0.0185	0.0007	4	0	43	5.7	75	5	341	7
JA24e12. D	0.062	0.005	0.45	0.03	0.053	0.001	0.0179	0.0007	4	0	35	4.7	69	5	329	7

330 ~ 265Ma,将西准噶尔后碰撞深成岩浆活动的时限厘定为 340 ~ 275Ma,其中对西准噶尔后碰撞深成岩浆活动时间的下限厘定的依据是萨吾尔南坡中粗粒黑云母花岗岩的锆石 U-Pb 年龄(338 ± 4Ma, MSWD = 1.09),这与本文的萨吾尔北坡塔斯特岩体的锆石 U-Pb 年龄是一致的。塔斯特岩体的这一锆石 U-Pb 年龄为准噶尔地区后碰撞构造-岩浆演化时间的下限的厘定提供了新的证据。

6 结论

(1) 西准噶尔萨吾尔地区塔斯特岩体锆石 LA-ICPMS 年龄为 337 ± 4Ma,形成于早石炭世。

(2) 塔斯特岩体锆石 U-Pb 年龄显示,西准噶尔地区在早石炭世已处于后碰撞环境。

(3) 本文获得的塔斯特岩体成岩年龄是目前在准噶尔地区获得的最老的后碰撞花岗岩锆石 U-Pb 年龄之一,这为准噶尔地区后碰撞构造-岩浆演化时间的下限的厘定提供了新的证据。

致谢 本文的研究工作得到了新疆"305"项目办公室、新疆第四地质大队的支持,工作得到王京彬研究员、高俊研究员、马映军研究员、王宝林研究员、李锦轶研究员、肖文交研究员、赵振华研究员和王煜研究员等的指导,审稿人提出了建设性修改意见,在此一并表示衷心的感谢。

References

Black LP, Kamos L, Allen CM, Aleinikoff JN, Davis DW, Korsch RJ and Foudoulis C. 2003. TEMORA 1: A new zircon standard for Phanerozoic U-Pb geochronology. Chemical Geology, 200: 155 – 170

Black LP, Kamo SL, Allen CM, Davis DW, Aleninikoff JN, Valley JW, Mundil R, Campbell IH, Korsch RJ, Williams IS and Foudoulis C. 2004. Improved $^{206}Pb/^{238}U$ microprobe geochronology by the monitoring of a trace-element related matrix effect; SHRIMP, ID-TIMS, ELA-ICP-MS, and oxygen isotope documentation for a series of zircon standards. Chemical Geology, 205: 115 – 140

Brookfield ME. 2000. Geological development and Phanerozoic crustal accretion in the western segment of the southern Tien Shan (Kyrgyzstan, Uzbekistan and Tajikistan). Tectonophysics, 328: 1 – 14

Chen B and Jahn B. 2004. Genesis of post-collisional granitoids and basement nature of the Junggar Terrane, NW China: Nd Sr isotope and trace element evidence. Journal of Asian Earth Sciences, 23:691 – 703

Ewart A. 1982. The mineralogy and petrology of Tertiary-Recent orogenic volcanic rocks with special reference to the andesitic-basaltic compositional range. In: Thorpe RS (ed), Andesites. Wiley, Chichester, 25 – 87

Han BF, He GQ and Wang S. 1999. Post collision mantle genesis magma activity, bottom uplifting and character of Zhungeer basin basement. Science in China (Series D), 299(1):16 – 21

Han BF, He GQ, Wu TR and Li HM. 2004. Zircon U-Pb dating and geochemical features of early Paleozoic granites from Tianshan, Xinjiang: Implications for tectonic evolution. Xinjiang Geology, 22 (1): 4 – 11 (in Chinese with English abstract)

Han BF, Ji JQ, Song B, Chen LH and Zhang L. 2006. Late Paleozoic vertical growth of continental crust around the Junggar Basin,

Xinjiang, China (Part I): Timing of post-collisional plutonism. Acta Petrologica Sinica, 22(5): 1077 – 1086 (in Chinese with English abstract)

Harris AC, Allen CM, Bryan SE, Campbell IH, Holcombe RJ and Palin JM. 2004. ELA-ICP-MS U-Pb zircon geochronology of regional volcanism hosting the Bajo de la Alumbrera Cu-Au deposit: Implications for porphyry-related mineralisation. Mineralium Deposita, 39: 46 – 67

He GQ, Liu DQ, Li M *et al*. 1995. Five phases pattern and ore-forming of main orogenic belt crust evolution in Xinjiang. Xinjiang Geology, 13(2): 99 – 194 (in Chinese with English abstract)

He GQ, Li MS, Liu DQ *et al*. 1994. Paleozoic crust evolution and ore-forming in Xinjiang, China. Hongkong: Hongkong Education and Culture Publication House, 1 – 437 (in Chinese)

He GQ and Zhu YF. 2006. Comparative study of the geology and mineral resources in Xinjiang, China, and its adjacent regions. Geologyin China, 33: 451 – 460 (in Chinese with English abstract)

Hu AQ, Jahn BM and Zhang Y. 2000. Crustal evolution and Phanerozoic crustal growth in northern Xinjiang: Nd isotopic evidence, Part I: Isotopic characterization of basement rocks. Tectonophysics, 328: 15 – 52

Hu AQ, Wang ZG and Tu GC. 1997. Geological evolution and diagenisis and mineralization features of northern Xinjiang, China. Beijing: Science Press, 1 – 246 (in Chinese)

Kosler J. 2001. Laser-ablation ICPMS study of metamorphic minerals and processes. In: Sylvester PJ (ed). Laser-ablation-ICPMS in the earth sciences: Principles and applications. Mineralogical Association of Canada Short Course Handbook, 29: 185 – 202

Kwon ST, Tilton GR, Coleman RG and Feng Y. 1989. Isotopic studies bearing on the tectonics of the West Junggar region, Xinjiang, China. Tectonics, 8: 719 – 727

Liegeois LP. 1998. Preface-some words on the post-collisional magmatism. Lithos, 45: 15 – 17

Liu W and Zhao Z. 1995. REE distribution patterns of late Palaeozoic granitoids along Wulungu-Zhaisangbo tectonic belt, northern Xinjiang Uygur Autonomous Region. Geotectonica et Metallogenia, 19(2): 133 – 144 (in Chinese with English abstract)

Li JY and Xiao XC. 1999. Brief review of several questions about crust structure and evolution of Xinjiang. Scientia Geologica Sinica, 34(4): 405 – 419 (in Chinese with English abstract)

Li JY, Wang KZ, Sun GH *et al*. 2006. Paleozoic active margin slices in the southern Turfan-Hami basin: Geological records of subduction of the Paleo-Asian Ocean plate in central Asian regions. Acta Petrologica Sinica, 22(5): 1087 – 1102 (in Chinese with English abstract)

Liu JY and Yuan KR. 1996. A discussion on the genesis and tectonic setting of alkali granites in the Ulungur alkali-rich granite belt, Xinjiang. Geological Journal of China Universities, 2(3): 257 – 272 (in Chinese with English abstract)

Liu X. 1994. The tectono-geochemical characteristics of Tasite NWW-striking metallogenetic fault zone . Uranium Geology, 10(6): 350 – 366 (in Chinese with English abstract)

Pearce JA. 1996. Sources and settings of granitic rocks. Episodes, 19: 120 – 125

Streckeisen A. and Le Maitre RW. 1979a chemical approximation to the model QAPF classification of igneous rocks. Neues Yahrb. Mineral. Abh., 136: 169 – 206

Tong Y, Hong DW, Wang T, Wang SG and Han BF. 2006a. The TIMS U-Pb zircon ages of the Fuyun linear granodiorites in the south of Altai orogen, and its implication. Acta Petrologica et Mineralogica, 25(2): 85 – 89 (in Chinese with English abstract)

Tong Y, Wang T, Kovach VP, Hong DW and Han BF. 2006b. Age and origin of the Takeshiken postorogenic alkali-rich intrusive rocks in southern Altai, near the Mongolian border in China and its implications for continental growth. Acta Petrologica Sinica, 22(5): 1267 – 1278 (in Chinese with English abstract)

Tu GC. 1999. Primary study of central Asia metallogenic province. Scientia Geologica Sinica, 34(1): 397 – 404 (in Chinese with English abstract)

Tu GC and Li CY. 2006. Brief remarks on comparative metallogeny. Geochimica, 35(1): 1 – 5 (in Chinese with English abstract)

Wang JB and Xu X. 2006. Post-collisional tectonic evolution and metallogenesis in Northern Xinjiang, China. Acta Geologica Sinica, 80(1): 23 – 31 (in Chinese with English abstract)

Wang T, Hong DW, Tong Y *et al*. 2005. Zircon U-Pb SHRIMP age and origin of post-orogenic Lamazhao granitic pluton form Altai orogen: Its implications for vertical continental growth. Acta Petrologica Sinica, 21(3): 640 – 650 (in Chinese with English abstract)

Wiedenbeck M, Alle P, Corfu F, Griffin WL, Meier M, Oberli F, Vonquadt A, Roddick JC and Speigel W. 1995. 3 Natural Zircon Standards for U-Th-Pb, Lu-Hf, Trace-Element and REE Analyses. Geostandards Newsletter, 19: 1 – 23

Windley BF, Kroner A, Guo JH *et al*. 2002. Neoproterozoic to Paleozoic Geology of the Altai Orogen, NW China: New zircon age data and tectonic evolution. Journal of Geology, 110: 719 – 737

Wu Q and Pan C. 1993. Alkali metasomatism and its geological signification of Tasite intrusion, Xinjiang. Geotectonica et Metallogenia, 17(4): 345 – 356 (in Chinese with English abstract)

Xiao X, Tang Y, Feng Y *et al*. 1992. Geotectonic of north Xinjiang and adjacent area. Beijing: Geological Publishing House, 1 – 169 (in Chinese)

Yuan F, Zhou T, Tan L, Fan Y, Yang W, He L and Yue S. 2006a. Isotopic ages of the I type granites in west Junggar Sawuer region. Acta Petrologica Sinica, 22(5): 1238 – 1248 (in Chinese with English abstract)

Zhou G. 2000. Geological and geochemical characteristies of Tasite rock body of Jimunai and its ore bearing evalution. Xinjiang Geology, 18(1): 79 – 84 (in Chinese with English abstract)

Zhou TF, Yuan F, Fan Y, Tan L and Yue S. 2006. Geodynamic significance of the A-type granites in the Sawuer region in west Junggar , Xinjiang: Rock geochemistry and SHRIMP zircon age evidence. Science in China (Series D), 49(2): 113 – 123

Zhou TF, Yuan F, Yang TR, Fan Y, Yang WP, He LX and Yue S. 2006. Time limit, geochemical characteristics and tectonic setting of late Paleozoic magmatism in Sawuer region, Xinjiang. Acta Petrologica Sinica, 22(5): 1225 – 1237 (in Chinese with English abstract)

Zhu YF, Zhang LF, Gu LB *et al*. 2005. The zircon SHRIMP chronology and trace element geochemistry of the Carboniferous volcanic rocks in western Tianshan Mountains. Chinese Science Bulletin, 50: 2201 – 2212

Zhu YF and Song B. 2006. Petrology and SHRIMP chronology of mylonitized Tianger granite, Xinjiang: Also about the dating on hydrothermal zircon rim in granite. Acta Petrologica Sinica, 22(1): 135 – 144 (in Chinese with English abstract)

Zhu YF, Guo X and Zhou J. 2006b. Petrology and geochemistry of a + ε_{Nd} gabbro body in Baluntai region, central Tianshan mountains, Xinjiang. Acta Petrologica Sinica, 22(5): 1178 – 1192 (in Chinese with English abstract)

Zhu YF, Zeng YS and Gu LB. 2006. Geochemistry of the rare metal-bearing pegmatite no. 3 vein and related granites in the Keketuohai region, Altay mountains, northwest China. J. Asian Earth Sciences 27, 61 – 77

Zhu YF, Zhou J and Zeng YS. 2007. The Tianger (Bingdaban) shear zone hosted gold deposit, west Tianshan, NW China: Petrographic and geochemical characteristics. Ore Geology Review, doi: 10.1016/j.oregeorev.2006.10.006: 1 – 29

附中文参考文献

韩宝福，何国琦，吴泰然，李惠民. 2004. 天山早古生代花岗岩锆石 U-Pb 定年岩石地球化学特征及其大地构造意义. 新疆地质，22(1)：4 – 11

韩宝福，季建清，宋彪，陈立辉，张磊. 2006. 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. 岩石学报, 22(5): 1077 – 1086

何国琦,刘德权,李茂松等. 1995. 新疆主要造山带地壳发展的五阶段模式及成矿系列. 新疆地质, 13(2): 99 – 194

何国琦,李茂松,刘德权等. 1994. 中国新疆古生代地壳演化及成矿. 香港: 香港文化教育出版社, 1 – 437

何国琦,朱永峰. 2006. 中国新疆及其邻区地质矿产对比研究. 中国地质, 33(3): 451 – 460

胡霭琴,王中刚,涂光炽. 1997. 新疆北部地质演化及成岩成矿规律. 北京: 科学出版社, 1 – 246

李锦轶,肖序常. 1999. 对新疆地壳结构与构造演化几个问题的简要评述. 地质科学, 34(4): 405 – 419

李锦轶,王克卓,孙桂华等. 2006. 东天山吐哈盆地南缘古生代陆缘残片: 中亚地区古亚洲洋板块俯冲的地质记录. 岩石学报, 22(5): 1087 – 1102

刘家远,袁奎荣. 1996. 新疆乌伦古成因及其形成构造环境. 高校地质学报, 2(3): 257 – 272

刘伟,赵志忠. 1995. 新疆乌仑古-斋桑泊构造带晚古生代花岗岩类的稀土元素分布模式. 大地构造与成矿学, 19(2),133 – 144

刘翔. 1994. 塔斯特北西西向金成矿断裂的构造地球化学特征. 铀矿地质, 10(6),350 – 366

童英,洪大卫,王涛,王式洸,韩宝福. 2006a. 阿尔泰造山带南缘富蕴后造山线形花岗岩体锆石 U-Pb 年龄及其地质意义,岩石矿物学杂志,25(2): 85 – 89

童英,王涛,Kovach VP 等. 2006b. 阿尔泰中蒙边界塔克什肯口岸后造山富碱侵入岩体的形成时代、成因及其地壳生长意义,岩石学报,22(5):1267 – 1278

涂光炽. 1999. 初议中亚成矿域. 地质科学, 34(1): 397 – 404

涂光炽,李朝阳. 2006. 浅谈比较矿床学. 地球化学, 35(1): 1 – 5

王京彬,徐新. 2006. 新疆北部后碰撞构造演化与成矿. 地质学报, 80(1): 23 – 31

王涛,洪大卫,童英. 2005. 中国阿尔泰造山带后造山喇嘛昭花岗岩体锆石 SHRIMP 年龄、成因及其陆壳垂向生长意义. 岩石学报, 21(3): 640 – 650

吴堑虹,潘传楚. 1993. 新疆塔斯特花岗岩的碱交代及其地质意义的探讨. 大地构造与成矿学, 17(4): 345 – 356

肖序常,汤耀庆,冯益民等. 1992. 新疆北部及邻区大地构造. 北京: 地质出版社, 1 – 169

袁峰,周涛发,谭绿贵,范裕,杨文平,何立新,岳书仓. 2006. 西准噶尔萨吾尔地区 I 型花岗岩同位素精确定年及其意义. 岩石学报, 22(5): 1238 – 1248

周刚. 2000. 吉木乃县塔斯特岩体地质地球化学特征及含矿性评价. 新疆地质, 18(1):79 – 84

周涛发,袁峰,谭绿贵,范裕,杨文平,何立新,岳书仓. 2006. 新疆萨吾尔地区晚古生代岩浆作用的时限、地球化学特征及地球动力学背景. 岩石学报, 22(5): 1225 – 1237

朱永峰,宋彪. 2006. 新疆天格尔糜棱岩化花岗岩的岩石学及其 SHRIMP 年代学研究: 兼论花岗岩中热液锆石边的定年. 岩石学报, 22(1): 135 – 144

朱永峰,郭璇,周晶. 2006. 新疆中天山巴仑台地区晚石炭世辉长岩体的岩石学和同位素地球化学研究. 岩石学报,22(5): 1178 – 1192