

新疆哈密市路白山一带片麻状花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其地质意义

李卫东^{1,2} 涂其军^{1,3} 高永峰⁴ 杨在峰³

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 新疆维吾尔自治区地质勘查基金项目管理中心, 新疆 乌鲁木齐 830000; 3. 新疆维吾尔自治区地质调查院, 新疆 乌鲁木齐 830011; 4. 新疆地矿局第九地质大队, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要: 新疆哈密市路白山一带出露有片麻状花岗岩, 通过对其 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年、主量和微量元素的研究。锆石 $^{207}\text{Pb}/^{238}\text{Pb}$ 比值平均加权年龄为 $(1453 \pm 15)\text{Ma}$, 表明岩石形成于中元古代晚期。岩体的主、微量元素研究表明, 岩石化学成分具有富 MgO、FeO_t、CaO, 贫碱、低 K₂O/Na₂O 比值; 稀土配分曲线表现为明显右倾的轻稀土富集型, 大离子亲石元素相对洋脊花岗岩明显富集, Nb、Ta 相对亏损, 具有岛弧 I 型花岗岩的特征。该花岗岩的时代确定, 对于可能存在的南天山元古宙洋关闭的地质事件首次从岩浆作用上提供了重要信息。

关键词: 锆石; SHRIMP U-Pb 定年; 片麻状花岗岩; 路白山

中图分类号: P597 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2010)05-1273-11

新疆哈密市路白山一带出露的片麻状花岗岩, 总分布面积约 80 km²。20 世纪 60 年代初 1:20 万区域地质调查工作将区内一些花岗岩化作用不太明显的 TTG 岩系划为元古宙侵入岩^①, 对花岗岩化作用较为彻底的重熔型花岗岩划为华力西期侵入体, 而对区内变侵入体(TTG)和重熔岩核、岩席等是划归地层还是划归侵入岩等问题尚未解决。2003 年新疆地质调查院在该区进行 1:5 万和 1:25 万区域地质调查^{②③}对其片麻状花岗岩进行了重新厘定, 将其从变质地层中分解出来, 并认为是太古宙 TTG 组合。研究表明该套片麻岩具明显的侵入岩地质体的产状特征, 与星星峡群变质地层为侵入接触关系, 可识别出变余花岗结构, 岩石化学特征上具花岗质正片麻岩的特点, 应为一套片麻状的花岗岩。据岩相学和岩石地球化学研究, 其岩石组合主要为片麻状闪长岩+

片麻状花岗闪长岩+片麻状二长花岗岩+糜棱岩化钾长花岗岩, 含少量的变基性侵入岩团块和变质岩脉, 具有岛弧 I 型花岗岩组合的特征。区内这套片麻状花岗岩侵入的围岩为仅具低级变质(绿片岩相)的星星峡群变质砂岩、千枚岩、石英片岩地层。因此, 本文应用高精度的 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年确定岩体的形成时代, 研究其主量、微量元素的地球化学和同位素组成特征, 探讨区内片麻状花岗岩形成的大地构造环境, 正确厘定其形成时代, 为研究东天山地区基础地质和构造等方面工作提供证据。

1 区域地质概况

研究区位于天山造山带东段, 北距哈密市约 180 km。大地构造位置处于准噶尔—哈萨克斯坦板块与塔里木板块碰撞带的对接部位, 涉及中天山和

收稿日期: 2010-01-19; 改回日期: 2010-06-20

基金项目: 新疆哈密市路白山一带 1:5 万区域地质矿产调查项目(XJQDW2003-13)资助。

作者简介: 李卫东, 男, 1968 年生, 博士生, 教授级高级工程师, 主要从事区域地质调查和研究工作; E-mail: dz9608@163.com。

①新疆地质局. 区域地质调查报告 1:20 万喀拉塔格幅, 1960.

②新疆地质矿产勘查开发局. 区域地质调查报告 1:5 万黄碱滩幅、红线山幅、路白山幅、乱石条幅, 2005.

③新疆地质矿产勘查开发局. 区域地质调查报告 1:25 万大黑山幅, 2003.

北天山两个重要的大地构造单元。因其特殊的大地构造位置以及对其所处的造山带空间及时间上的演化过程的认识长期存在较大的分歧而备受地质学者的关注^[1,2,3-11]。研究区以近东西向的阿其克库都克断裂带为界,南侧的中天山地块是塔里木板块的组成部分,自早元古代从塔里木板块分离出来,之后经历了与南部的南天山洋和北部的古亚洲洋裂解乃至关闭有关的多期构造事件,多旋回岩浆作用,侵入岩分布面积广,成为中天山地壳的主要组成;北侧的北天山构造单元主要是古亚洲洋构造域的产物,在研究区主要出露有古亚洲洋在晚古生代向南俯冲的岛弧岩浆活动的记录,以火山岩为主,零星分布有少量的华力西期花岗岩(图 1)。

区内出露地层自下而上分别为:长城系星星峡群,分布于阿其克库都克断裂以南的广大区域,由浅变质的碳酸岩和陆源碎屑岩组成,被片麻状的花岗岩侵入,局部受岩体接触变质作用的影响,变质程度达到低角闪岩相。地层褶皱变形强烈,并发育有片理和劈理,但原始层理保存完好;下石炭统雅满苏组,出露于阿其克库都克断裂以北,呈近东西向展布,主要以火山碎屑岩、灰岩、生物碎屑灰岩为主,水平层理较为发育,与上石炭统土古土布拉克组呈断层接触关系;上石炭统土古土布拉克组,包括以安山岩为主的火山岩,包括火山爆发相和溢流相,局部夹有浅海相火山沉积岩,与上部的新近系桃树园组呈角度不整合接触关系;新近系桃树园组,出露于研究区的最北部,呈近东西向展布。该组主要由砾岩及钙质粉砂岩及粉砂质泥岩组成,局部夹有细砂岩透镜体,与下伏地层为角度不整合接触。

研究区火山岩分布面积较广,在阿其克库都克断裂带以北有大面积的出露。火山岩主要产于石炭纪地层中,可分为下石炭统雅满苏旋回(组)和上石炭统土古土布拉克旋回(组)两个喷发旋回;片麻状花岗岩主要由深灰色片麻状闪长岩、灰色片麻状花岗闪长岩、浅灰色片麻状二长花岗岩、灰白色花岗质糜棱岩和变质辉长岩、辉绿岩组成,与长城系星星峡群呈侵入接触,面积大小不一,各侵入体之间的接触界面不规则,具明显的侵入穿插关系。

阿其克库都克断裂带是康—阿碰撞缝合带南缘与塔里木板块的分界断裂^[7,12-16],该断裂带在新疆境内全长达 1400 km,向东延入甘肃北山地区。其性质为陡倾压性断裂。断面主体向南倾,局部北倾,倾角

60°~80°。该断裂带是一条多期活动的断裂,呈东西向贯穿研究区,区内的动力变质作用和动力变质岩的分布主要与该断裂带的活动有关,动力变质岩主要有早期以韧性变形为主的糜棱岩、构造片岩和脆韧性变形的构造角砾岩、碎粒岩、碎斑岩,晚期以脆性变形为主的碎裂岩、构造角砾岩等。

2 片麻状花岗质岩的地质与岩石地球化学特征

2.1 地质特征

研究区内的片麻状花岗岩呈近东西向展布在阿其克库都克断裂带以南的中天山地块内,总面积约 80 km²。岩体与长城系星星峡岩群的一套绿片岩相表壳变质岩呈侵入接触,并被新元古代、早泥盆世花岗质侵入岩分解成大小不一、形态不规则的多个侵入体。其经历了绿片岩相变质作用和较强烈的脆韧性剪切变形,普遍发育片麻状—眼球状构造,在强应变带还发育初糜棱岩和糜棱岩。

片麻状花岗岩主体岩性为片麻状花岗闪长岩和片麻状二长花岗岩,约占分布面积的 90%,呈规模不等的岩株产出。片麻状闪长岩仅以形态不规则、大小不等的岩块产于片麻状花岗闪长岩和二长花岗岩岩体内,出露宽度小于 1000 m,小者直径仅有数十米。糜棱岩化钾长花岗岩岩体规模较小,多呈岩脉产出,切割了花岗闪长岩和二长花岗岩,宽数十米,长数百米,接触边界清楚。变质细—微粒辉长岩和辉绿岩呈不连续的透镜体产于片麻状花岗闪长岩和片麻状二长花岗岩中,规模较小,一般宽度小于 20 m,长度小于 100 m。表现为闪长岩和辉长岩岩块与寄主岩片麻状花岗闪长岩和片麻状二长花岗岩的接触边界不清楚。在片麻状花岗闪长岩和二长花岗岩中常见尺度较小的暗色基性包体。

2.2 岩相学特征

片麻状花岗岩的实际矿物含量和 CIPW 标准矿物在 QAP 图中的投点范围基本一致(图 2),结合岩石的暗色矿物组成和构造特点可划分为深灰色片麻状角闪石闪长岩(石英闪长岩)、灰色片麻状黑云母花岗闪长岩、浅灰色片麻状黑云母二长花岗岩、灰白色片麻状(糜棱岩化)黑云母钾长花岗岩 4 个主要单元,含少量的变基性岩。从岩石组合特点上看,大量出现二长花岗岩,且在晚期出现钾长花岗岩,与太古宙 TTG 组合明显不同。

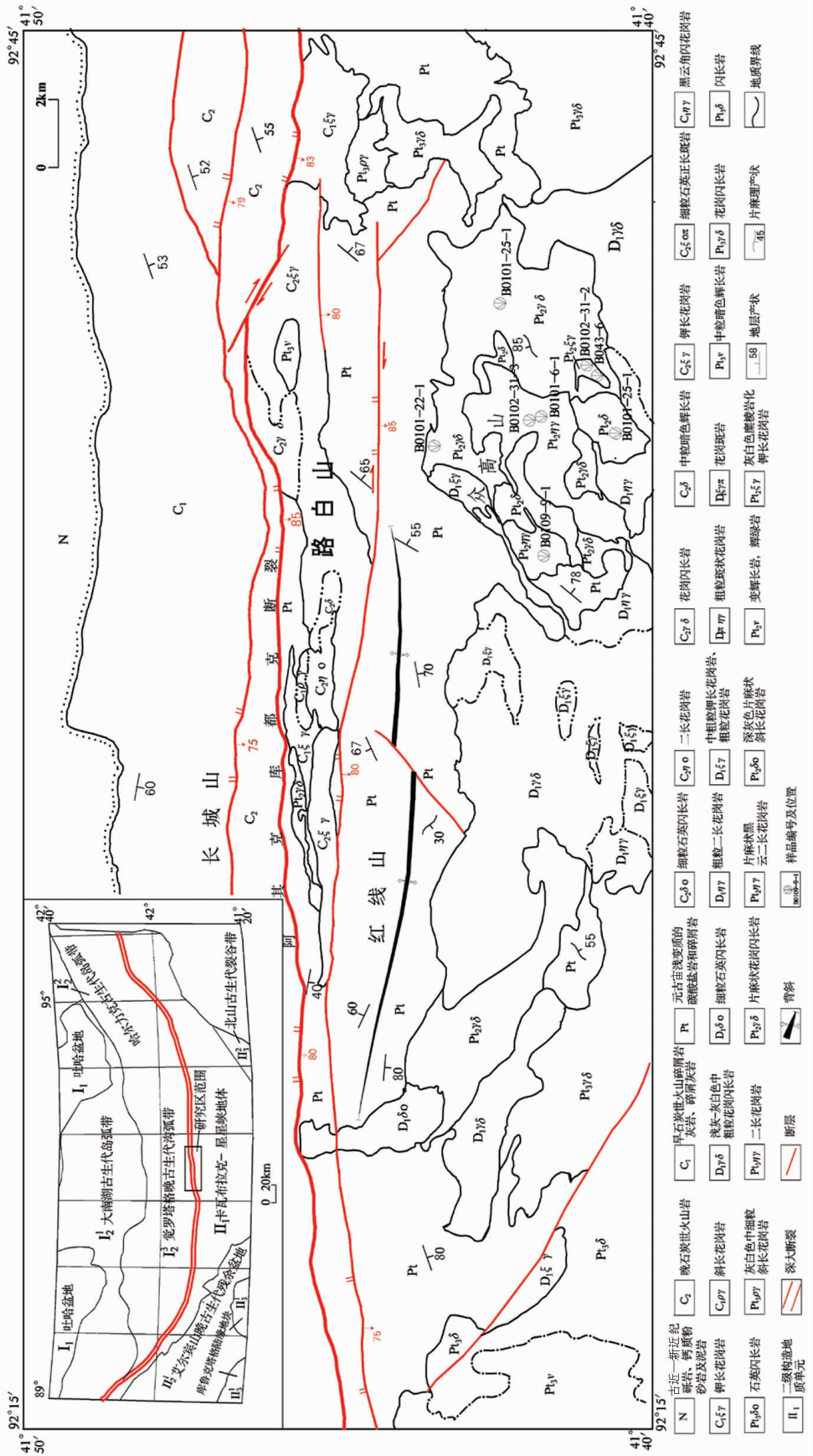


图 1 新疆哈密市路白山一带地质略图

Fig.1 Schematic geological map of Lubai Mountain area in Hami, Xinjiang

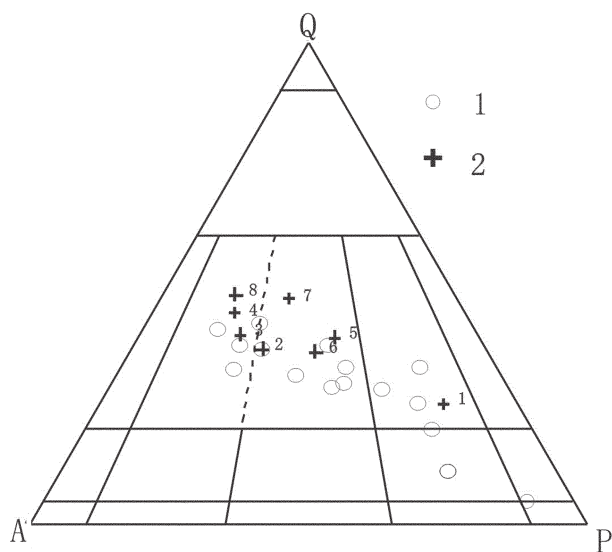


图2 中元古界片麻状花岗岩类 QAP 图解

1—实际矿物含量投点;2—CIPW 标准矿物投点

Fig.2 QAP diagram of middle Proterozoic gneissic granite

1—Real mineral content projection; 2—CIPW normative mineral projection

2.3 岩石地球化学特征

本文对研究区内片麻状花岗岩中 4 个主要单元的 8 个样品进行了系统的主量、微量以及稀土元素测试,均采用 X 射线荧光光谱法分析,测试工作由湖北省地矿局中心实验室完成。

2.3.1 主量元素特征

片麻状花岗岩 SiO_2 含量为 63.11%~79.63% (表 1), SiO_2 含量较低 (63.1%) 的片麻状闪长岩与 SiO_2 含量较高的片麻状花岗质侵入岩 (72.08%~79.63%)

之间存在明显的成分间断。片麻状闪长岩属中钾钙碱性系列 (图 3), 富 MgO (2.12%)、 FeOt (6.33%)、 CaO (5.65%), 贫碱 ($\sigma = 1.83$)、低 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值 (0.41); 而片麻状花岗闪长岩、二长花岗岩和钾长花岗岩则显著高 SiO_2 、低 CaO (0.94%~2.77%) 和 MgO (0.16%~0.79%), 相对富 K_2O (3.76%~5.05%), 高 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值 (1.01~2.21)。结合片麻状闪长岩空间上与变辉长岩紧密共生的地质产出特征, 推测其为幔源岩浆结晶分异的产物。

在主要氧化物变异图中 (图 4), SiO_2 与其他氧化物之间存在较好的线性关系, 反映了两端元岩浆混合作用, 这与片麻状花岗岩中含大量基性岩—中性岩透镜体及包体, 并具有明显的浆混作用的地质现象一致, 表明岩浆混合作用在中元古界片麻状花岗质侵入岩的演化上具有较重要的作用, 混合作用的基性端元应是幔源的辉长岩。

除个别片麻状钾长花岗岩样品 Al_2O_3 过饱和, Al' 值 (1.29) 大于 1.1 外, 绝大部分样品的 Al' 值介于 0.85~0.99, 属铝正常类型。标准矿物中不出现刚玉分子, 所有样品点均落在 ACF 图中的 I 型花岗岩区内 (图 5)。结合岩石中不出现白云母等富铝矿物和副矿物组合的特征, 表明其主要为一套 I 型花岗岩组合。

2.3.2 稀土、微量元素特征

片麻状花岗岩类的稀土配分曲线 (图 6), 除 2 个高硅样品出现异常变化外, 其他样品均表现为明显右倾的轻稀土富集型。稀土分馏程度 ($(\text{La}/\text{Yb})_n = 6.96\sim 61.00$) 较高, 并具有由偏基性端元向酸性单元明显增加的趋势, 与岩浆结晶分异的演化趋势一致,

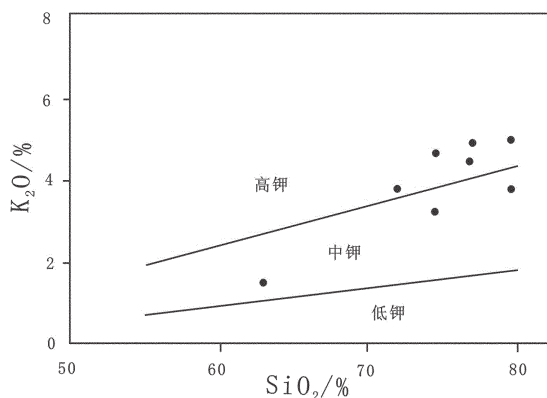
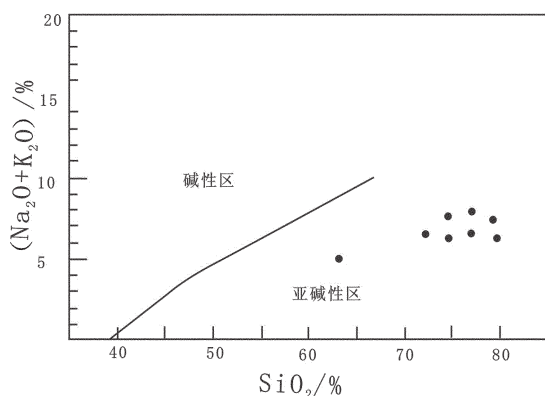


图3 中元古界片麻状花岗岩 SiO_2 -($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$)、 SiO_2 - K_2O 图

Fig.3 SiO_2 -($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) and SiO_2 - K_2O diagram of middle Proterozoic gneissic granite

表 1 中元古界片麻状花岗岩类岩石地球化学分析数据(主量元素 10^{-2} 、微量元素 10^{-6})
**Table 1 Geochemical data of middle Proterozoic gneissic granite (major element 10^{-2} ;
 trace element 10^{-6})**

样品编号	B0101-23-3	B0101-25-1	B0101-22-2	B0109-9-1	B0102-31-3	B0101-6-1	B0102-31-2	B043-6
岩性	片麻状闪长岩		片麻状花岗岩闪长岩		片麻状二长花岗岩		片麻状钾长花岗岩	
SiO ₂	63.11	72.08	74.54	74.44	79.63	76.98	79.11	77.00
TiO ₂	0.76	0.36	0.19	0.28	0.10	0.15	0.07	0.14
Al ₂ O ₃	15.13	13.26	12.94	12.32	11.10	11.71	10.95	12.63
Fe ₂ O ₃	1.42	0.80	0.40	0.81	<0.01	0.44	0.06	0.60
FeO	5.05	2.38	1.37	1.55	0.65	0.87	0.57	0.58
MnO	0.11	0.05	0.03	0.05	0.01	0.02	0.01	0.02
MgO	2.12	0.79	0.57	0.63	0.16	0.24	0.16	0.33
CaO	5.65	2.74	2.77	1.39	1.66	1.15	1.09	0.94
Na ₂ O	3.56	2.77	3.12	2.96	2.50	2.78	2.29	2.12
K ₂ O	1.46	3.76	3.16	4.65	3.77	4.94	5.05	4.46
P ₂ O ₅	0.21	0.09	0.06	0.07	0.01	0.03	0.01	0.09
H ₂ O ⁺	1.14	0.67	0.57	0.63	0.31	0.53	0.43	0.78
CO ₂	0.14	0.05	0.09	0.05	0.07	0.02	0.07	0.09
总和	99.86	99.80	99.81	99.83	99.97	99.86	99.87	99.78
Mg [']	0.37	0.33	0.25	0.31	0.37	0.31	0.30	0.34
Al [']	0.85	0.99	0.97	0.98	0.95	0.97	0.99	1.26
Y	33.00	22.70	17.49	16.60	1.67	6.52	2.1	23.3
Cs	3.44	2.59	1.26	1.62	0.82	1.13	0.62	6.26
Rb	77.1	104	84.0	152	84.9	155	112.00	235.00
Sr	175	99.8	124	124	90.7	59.6	49	105
Ba	257	641	756	571	710	371	437.00	263.00
Nb	15.8	8.93	4.63	8.53	1.41	3.30	2.43	12.9
Ta	0.84	0.60	0.46	0.67	0.13	0.50	0.17	1.12
Zr	266	158	79.9	150	84.7	91.3	81.60	66
Hf	6.80	4.70	2.50	5.70	2.30	3.00	2.60	2.60
Th	11.8	14.1	13.2	46.5	5.8	21.5	11.80	11.40
U	1.21	1.04	0.72	2.11	0.63	1.80	0.9	1.89
V	85.9	31.1	27.5	28.9	7.89	14.7	4.59	10.10
Cr	50.3	17.5	12.9	12.3	3.43	6.27	2.56	6.4
Co	16.8	6.38	6.09	4.90	1.48	2.85	1.75	0.81
Ni	23.2	7.89	8.50	5.32	1.94	3.54	2.06	6.23
Sc	16.2	10.2	5.80	5.12	0.52	2.72	0.98	3.68
Cu	25.20	8.60	7.79	9.22	1.94	5.16	3.1	0.68
Pb	17.20	18.90	18.90	21.80	20.90	35.00	26.9	27.7
Zn	94.20	42.20	32.40	44.90	14.10	28.70	13.4	28.1
La	36.36	34.77	27.43	39.09	7.47	22.64	19.0	7.56
Ce	79.05	75.38	60.22	79.15	12.80	51.92	30.7	19.57
Pr	9.33	7.93	6.29	8.93	1.83	5.87	3.4	2.05
Nd	35.36	27.78	21.82	31.09	5.44	19.63	10.4	7.36
Sm	7.90	5.84	4.28	5.23	0.93	4.05	1.5	2.33
Eu	1.31	0.98	0.93	0.71	0.75	0.42	0.7	0.24
Gd	7.28	5.12	3.09	3.88	0.46	2.97	0.8	2.67
Tb	1.21	0.83	0.47	0.55	0.07	0.36	0.1	0.59
Dy	6.93	4.98	2.77	3.12	0.39	1.73	0.5	4.03
Ho	1.41	0.92	0.56	0.60	0.07	0.28	0.1	0.81
Er	3.80	2.49	1.55	1.61	0.18	0.64	0.2	2.29
Tm	0.57	0.37	0.22	0.25	0.03	0.08	0.0	0.33
Yb	3.52	2.09	1.23	1.59	0.21	0.47	0.2	1.97
Lu	0.53	0.29	0.16	0.24	0.04	0.07	0.0	0.3
SREE	194.56	169.77	131.02	176.04	30.67	111.13	67.59	52.10
(La/Yb) _n	6.96	11.22	15.04	16.57	23.98	32.48	61.00	2.59
dEu	0.52	0.54	0.75	0.46	3.12	0.35	1.68	0.29

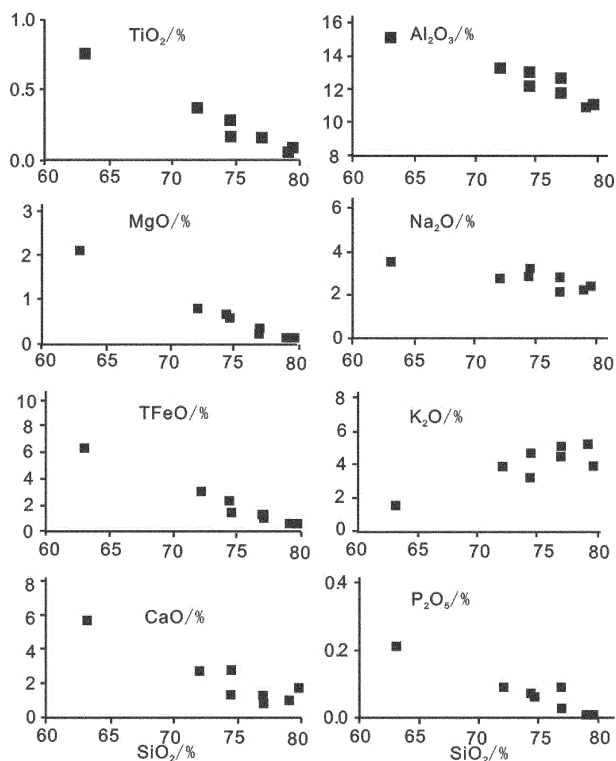


图4 中元界片麻状侵入岩主要氧化物与SiO₂的变异图解
Fig.4 Variations of major oxides and SiO₂ in middle Proterozoic gneissic intrusive rock

但稀土总量($\Sigma REE=194.56\sim 30.67$)随酸性程度的增加而显著降低,并出现异常的低值,可能与副矿物的分离结晶有关。大部分样品具有中等程度的铕负异常($\delta Eu=0.29\sim 0.75$),与I型花岗岩的特征相似,异常值与SiO₂含量无明显的相关关系,表明长石的分离结晶不是主导因素。值得注意的是,2个SiO₂含量较高的样品出现强烈的稀土分馏($(La/Yb)_n=23.98\sim 61.00$),以及明显的正铕异常($\delta Eu=1.68\sim 3.12$)和低 ΣREE 的特征,并伴有重稀土的明显亏损,高Sr/Y值(23.83~54.31),可能是下地壳部分熔融的产物,值得进一步研究。

片麻状花岗岩不同岩石单元之间显示出近于一致的微量元素分布型式(图7),显示出同源岩浆演化的特征。其大离子亲石元素相对于洋脊花岗岩明显富集,Nb、Ta相对亏损,具岛弧花岗岩的特征。相容元素V($4.59\times 10^{-6}\sim 85.9\times 10^{-6}$,平均 26.3×10^{-6})、Cr($2.65\times 10^{-6}\sim 50.3\times 10^{-6}$,平均 14.0×10^{-6})、Ni($2.03\times 10^{-6}\sim$

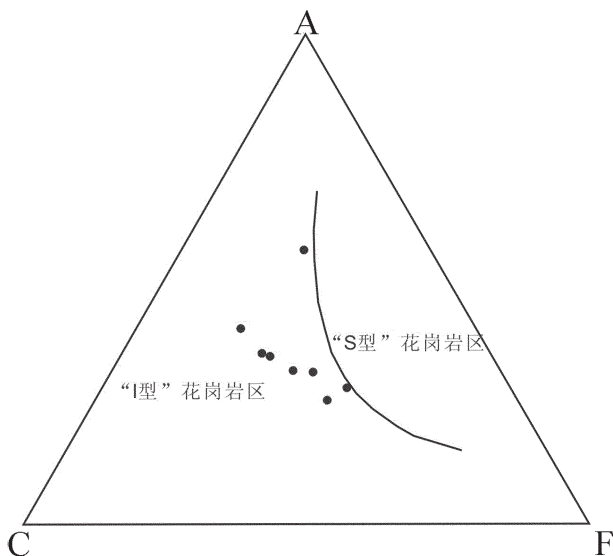


图5 中元古界侵入岩ACF图解
Fig.5 ACF diagram of middle Proterozoic intrusion

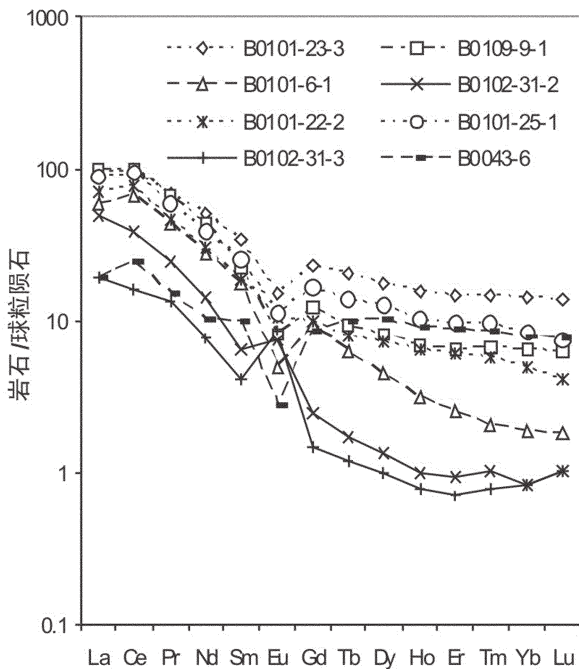


图6 中元古界花岗岩稀土配分型式
Fig.6 REE partition type of middle Proterozoic granite

23.2×10^{-6} ,平均 7.3×10^{-6})含量变化较大,可能与岩浆的高度分异作用有关,但其平均值位于I型花岗岩的范围。

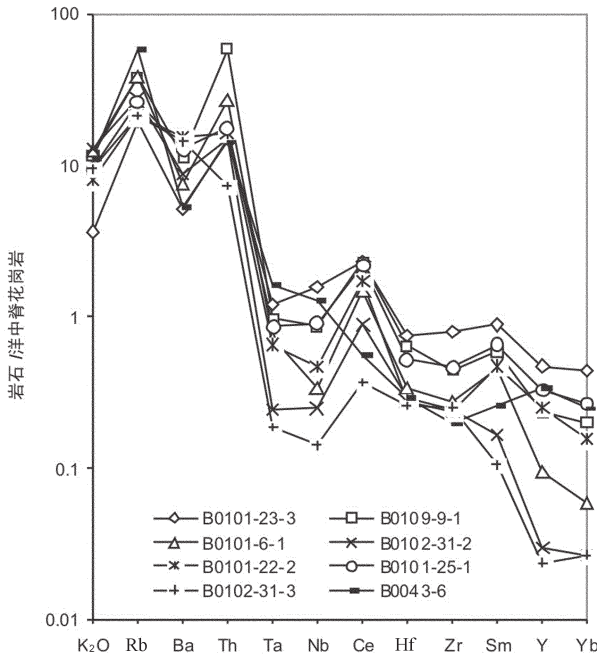


图 7 中元古界花岗岩微量元素蛛网图

Fig.7 Spider diagram of middle Proterozoic granite

3 片麻状花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年

本次研究选择了分布面积最大,具有代表性的片麻状花岗闪长岩进行锆石 SHRIMP 定年,在双目镜下挑选出内部无杂质和裂隙的锆石制靶后,用阴极发光对锆石样品进行了照像。片麻状花岗闪长岩中的锆石自形程度较好,呈柱状自形晶,单偏光镜下

具较好的透明度,杂质含量少(图 8)。锆石的阴极发光图像显示:大部分锆石为单一成因的无核岩浆锆石,但不同程度地发育有环带,部分锆石具有核-边结构,核部为浑圆状一次棱角状的残留锆石,边缘为发育环带的岩浆结晶锆石。本次研究共对 9 颗锆石进行了 12 个点的分析,其中有 3 个点针对残留锆石进行了分析。研究区内的花岗岩体的锆石测年在北京离子探针中心完成,采用的仪器是 SHRIMP II。分析结果用 SQUID 和 ISOPLOT 程序进行数据处理。

测试样品锆石的 Th/U 比值介于 0.17~0.82,均大于 0.1,结合这些锆石晶体的形态和内部结构,可以确定为岩浆成因。其中 9 个点的年龄数据较集中,位于谐和线附近,²⁰⁶Pb/²⁰⁷Pb 加权平均年龄为(1453±15)Ma(图 9),代表岩浆结晶年龄。根据野外接触关系,研究区花岗闪长质片麻岩岩体与一套相当于绿片岩相变质的石英片岩、大理岩和变质砂岩呈侵入接触,后者据区域对比和较低的变质程度等特征,应属长城系星星峡岩群;其还被新元古代花岗岩及早泥盆世花岗岩侵入。由此可见,这套片麻状花岗岩的锆石 SHRIMP 测年结果与野外地质现象是吻合的,可以初步确定为中元古代晚期的侵入岩。

3 个残留锆石核的投点位置与谐和线有一定偏离,推测与岩浆捕获时的铅丢失有关。值得注意的是,其中 1 颗残留锆石的年龄为 3000 Ma 左右,应是岩浆源区的残留锆石,暗示在研究区可能存在太古宙基底,同时这一年龄值也是华北地台的主要分子,支持了中天山及塔里木板块属于华北地台的观点。

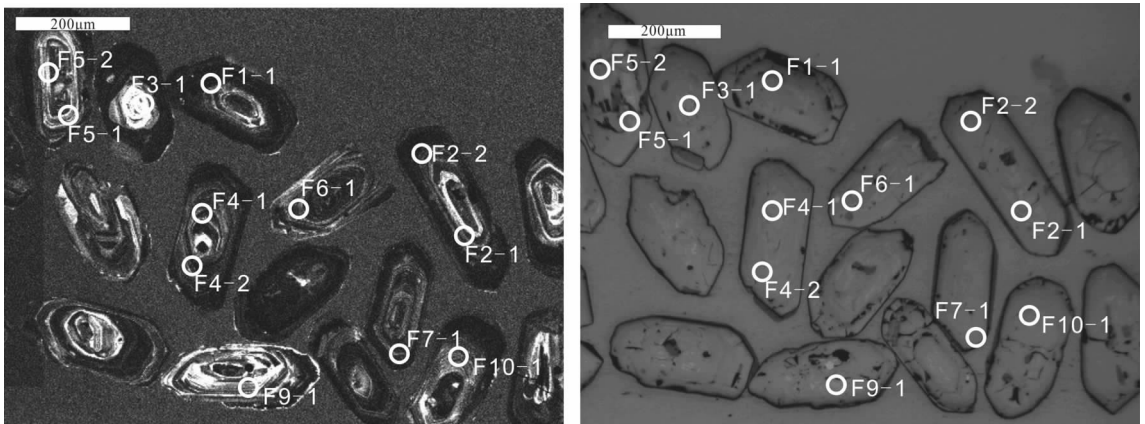


图 8 锆石阴极发光(左)与透射光(右)照片

Fig.8 Zircon CL image (left) and transmission light (right) image of gneissic granite(scale: 200µm)

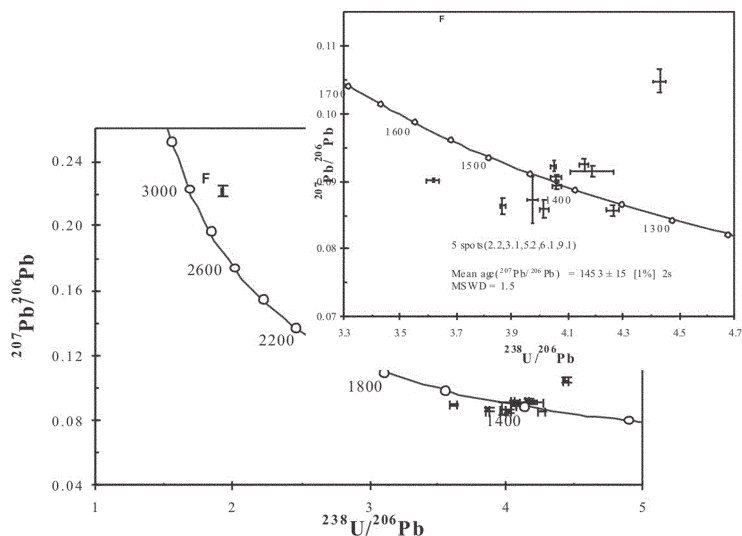


图9 中元古界片麻状花岗闪长岩单颗锆石 U-Pb 谐和图
Fig.9 Concordia diagram of U-Pb isotopes of middle Proterozoic gneissic granite

4 讨论与结论

研究区原星星峡岩群中片麻岩的产出形态具侵入体特征, 岩石学研究表明其在显微镜下保存完好的变余岩浆结构, 如变余花岗结构、变余斑状结构等, 应为一套花岗质的片麻岩。本文从侵入岩的角度对其进行了研究, 可分为片麻状闪长岩、片麻状花岗闪长岩、片麻状二长花岗岩、糜棱岩化钾长花岗岩和变质基性岩(辉长岩、辉绿岩)等岩石单元, 从岩石组合特征上看, 以大量出现二长花岗岩和钾长花岗岩的特点, 明显不同于太古宙的 TTG 组合。这套侵入岩与中元古代星星峡岩群呈侵入接触, 并被新元古代花岗岩侵入破坏, 因此其形成时代应在中元古代晚期, 而非太古宙。

这套片麻状侵入岩的主量元素特征显示其属于中-高钾钙碱性系列, 其较大的 SiO_2 变化范围, 正常的铝饱和度, 不出现刚玉分子和实际铝过饱和矿物等特征表明其为 I 型花岗岩。其中的高硅端元的岩浆可能来自加厚的下地壳, 幔源岩浆的混合作用在岩浆演化中起到了一定的作用。微量元素富集大离子亲石元素和明显的 Nb、Ta 负异常的特征, 少数高硅端元的片麻状花岗岩显示出显著的正锶异常和明显的高 Sr 低 Y 特征, 表明岩浆很可能主要来自经俯冲洋壳脱水流体交代后的下地壳火成岩源区, 有部分

直接来自脱水(榴辉岩变质)后的俯冲洋壳。辉长岩、辉绿岩团块及少量幔源岩浆分异成因的片麻状闪长岩的存在, 可能与幔源岩浆的底侵作用有关。

I-型花岗岩是岛弧花岗岩中的重要成员, 研究区中元古代片麻状 I-型花岗岩的微量元素具有岛弧花岗岩的特征, 在构造环境判别图投点落在火山弧花岗岩区, 部分样品具向碰撞花岗岩演化的趋势。有观点认为^[7]自太古宙至古元古代的早期, 天山与塔里木为统一的整体; 自元古代以来开始分离, 南天山形成元古宙洋; 在中元古代末, 洋盆关闭。研究区中元古代片麻状花岗岩的形成很可能与这一构造事件有关, 与该岩浆事件相伴的可能还有高压变质事件, 如在中天山南缘的红柳河一带发现有 1570 Ma 的高压变质事件^[18], 有可能表明中天山中元古代片麻状花岗岩是南天山元古宙洋向北俯冲消减的火山弧岩浆作用的产物。研究区位于中天山地块北缘, 本研究在中元古代片麻状花岗闪长岩中还获得了 3000 Ma 的残留锆石年龄, 这一年龄值是华北地台下地壳的主要分子, 虽然证据尚不充分, 但有可能表明中天山地块和塔里木板块一样, 是华北地台的组成部分。

锆石 SHRIMP 定年显示, 这套侵入岩的形成年龄为 (1453 ± 15) Ma, 属中元古代, 可能是南天山元古宙洋向北俯冲消减的火山弧岩浆作用的产物。其时

表 2 中元古界片麻状花岗岩闪长岩单颗锆石 SHRIMP 测年结果
Table 2 Zircon SHRIMP U-Pb data of middle Proterozoic gneissic granite

测点	U/ 10^{-6}	Th/ 10^{-6}	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	同位素比值			表面年龄/Ma					
				$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	相对误差/%	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	相对误差/%	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	相对误差/%	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	相对误差/%	
F1-1	1040.5	373.37	0.37	0.0865	1.5	2.949	1.6	0.2491	0.42	1434.1±5.5	1.335±30	1,297±11
F2-1	647.58	395.23	0.63	0.0901	0.55	3.035	0.71	0.24627	0.41	1,419.2±5.2	1,412±11	1,328±31
F2-2	2170.1	757.48	0.36	0.0966	0.79	3.138	0.96	0.24683	0.27	1,422.1±3.4	1,471±18	1,555±27
F3-1	1138.5	545.81	0.49	0.0889	3.9	3.03	4.1	0.2516	0.45	1,446.7±5.8	1,367±78	1,472±33
F4-1	394.26	254.53	0.66	0.2248	1.3	15.87	1.5	0.52	0.56	2,699±12	2,991±22	2,901±33
F4-2	2813.6	558.07	0.204	0.0866	1.4	3.078	1.5	0.25859	0.26	1,482.6±3.5	1,345±28	1,371.4±8.6
F5-1	401.71	68.68	0.17	0.08695	0.74	2.773	0.99	0.2346	0.53	1,358.4±6.5	1,332±16	1,239±29
F5-2	970.31	302.95	0.32	0.09073	0.55	3.077	0.77	0.2465	0.51	1,420.2±6.5	1,437±11	1,374±13
F6-1	657.17	347.92	0.54	0.09323	0.86	3.011	2.1	0.2388	1.9	1,380±23	1,456±19	1,408±31
F7-1	720.45	578.55	0.82	0.1163	0.92	3.262	1.7	0.2258	0.46	1,312.2±5.5	1,711±31	1,286±39
F9-1	1277.1	898.5	0.72	0.09478	0.81	3.064	1	0.2404	0.38	1,388.8±5.5	1,477±18	1,343±40
F10-1	2548.2	1029.6	0.41	0.0915	0.29	3.431	0.69	0.2763	0.59	1572.7±8.3	1,427.0±6.7	1,613±17

代的确定,对于可能存在的南天山元古宙洋关闭的地质事件首次从岩浆作用上提供了重要信息。

致谢:文中引用了新疆地质矿产勘查开发局、新疆地质调查院等多家单位的区调成果,文稿得到了审稿专家的精心审阅并提出了宝贵意见,在此一并表示感谢!

参考文献 (references):

- [1] 张良臣, 吴乃元. 天山地质构造演化史 [J]. 新疆地质, 1985, 3(3): 1-14.
Zhang Liangchen, Wu Naiyuan. The history of Tianshan tectonic evolution [J]. Xinjiang Geology, 1985, 3(3):1-14 (in Chinese with English abstract).
- [2] 成守德, 王元龙. 新疆大地构造演化基本特征 [J]. 新疆地质, 1998, 16(2):97-107.
Cheng Shoude, Wang Yuanlong. Basic characteristics of geotectonic evolution of Xinjiang [J]. Xinjiang Geology, 1998, 16(2):97-107 (in Chinese with English abstract).
- [3] 成守德, 王广瑞, 杨树德, 等. 新疆古板块构造运动 [J]. 新疆地质, 1986, 4(2):1-26.
Cheng Shoude, Wang Guangrui, Yang Shude, et al. Xinjiang ancient plate tectonic movement [J]. Xinjiang Geology, 1986, 4(2): 1-26 (in Chinese with English abstract).
- [4] 陈哲夫, 梁云海. 新疆多旋回构造与板块运动 [J]. 新疆地质, 1991, 9(2):95-107.
Chen Zhefu, Liang Yunhai. Polycyclic tectogenesis and plate movement of Xinjiang [J]. Xinjiang Geology, 1991, 9(2):95-107 (in Chinese with English abstract).
- [5] 陈哲夫, 徐新, 梁云海, 等. 新疆构造手风琴式开合演化的基本特点 [J]. 中国区域地质, 1993, (1):45-58.
Chen Zhefu, Xu Xin, Liang Yunhai, et al. The basic features of the accordion-style opening-closing evolution of structures [J]. Regional Geology of China, 1993, (1):45-58 (in Chinese with English abstract).
- [6] 陈哲夫, 成守德, 梁云海, 等. 新疆开合构造与成矿 [M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1997:1-120.
Chen Zhefu, Chen Shoude, Liang Yunhai, et al. Opening-closing Tectonics and Metallogenesis of Xinjiang [M]. Urumqi: Xinjiang Health Science and Technology Publishing House, 1997:1-120 (in Chinese).
- [7] 李锦轶. 新疆东部新元古代晚期和古生代构造格局及其演变 [J]. 地质论评, 2004, 50(3):304-322.
Li Jinyi. Late Neoproterozoic and Paleozoic tectonic framework and evolution of eastern Xinjiang, NW China [J]. Geological Review, 2004, 50(3):304-322 (in Chinese with English abstract).
- [8] 新疆维吾尔自治区地质局. 新疆维吾尔自治区区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1993:1-782.
Bureau of Geology of Xinjiang Uygur Autonomous Region. Regional Geology Survey in Xinjiang Uygur Autonomous Region [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993:1-782 (in Chinese).
- [9] 何国琦, 李茂松, 刘德权, 等. 中国新疆古生代地壳演化与成矿 [M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1994:1-437.
He Guoqi, Li Maosong, Liu Dequan, et al. The Paleozoic Crustal Evolution and Mineralization in Xinjiang, China [M]. Urumqi: Xinjiang People's Publishing House, 1994, 1-437 (in Chinese).
- [10] 肖序常, 汤耀庆, 李锦轶, 等. 试论新疆北部大地构造演化 [J]. 新疆地质科学, 1990, (1):47-68.
Xiao Xuchang, Tang Yaoqing, Li Jinyi, et al. On the tectonic evolution of the northern Xinjiang, Northwest China [J]. Geoscience of Xinjiang, 1990, (1):47-68 (in Chinese with English abstract).
- [11] 车自成, 刘洪福, 刘良, 等. 中天山造山带的形成与演化 [M]. 北京: 地质出版社, 1994:1-142.
Che Zicheng, Liu Hongfu, Liu Liang, et al. Formation and Evolution of the Middle Tianshan Orogenic Belt [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994:1-142 (in Chinese).
- [12] 李锦轶, 王克卓, 李文铅, 等. 东天山晚古生代以来大地构造与矿产勘查 [J]. 新疆地质, 2002, 20(4):295-301.
Li Jinyi, Wang Kezhao, Li Wenqian, et al. Tectonic evolution since the Late Paleozoic and mineral prospecting in Eastern Tianshan Mountains, NW China [J]. Xinjiang Geology, 2002, 20(4):295-301 (in Chinese with English abstract).
- [13] 王安江, 朱志新, 石莹, 等. 东天山阿其克库都克断裂西段土古土布拉克组锆石 SHRIMP U-Pb 测年 [J]. 地质通报, 2006, 25(8):953-956.
Song Anjiang, Zhu Zhixin, Shi Ying, et al. SHRIMP U-Pb dating of zircons from the Tugutu Bulak Formation in the western segment of the Aqqikkuduk fault in the East Tianshan, Xinjiang, China [J]. Geological Bulletin of China, 2006, 25(8):953-956 (in Chinese with English abstract).
- [14] 孙桂华, 李锦轶, 王德贵, 等. 东天山阿其克库都克断裂南侧花岗岩和花岗闪长岩锆石 SHRIMP U-Pb 测年及其地质意义 [J]. 地质通报, 2006, 25(8):945-952.
Sun Guihua, Li Jinyi, Wang Degui, et al. Zircon SHRIMP U-Pb ages of granite and granodiorite at the south side of the Aqqikkuduk fault, East Tianshan, Xinjiang, China, and its tectonic implications [J]. Geological Bulletin of China, 2006, 25(8):945-952 (in Chinese with English abstract).
- [15] 马瑞士, 王赐银, 叶尚夫, 等. 东天山构造格架及地壳演化 [M]. 南京: 南京大学出版社, 1993:1-225.
Ma Ruishi, Wang Ciyin, Ye Shangfu, et al. Tectonic Framework and Crustal Evolution of Eastern Tianshan Mountains [M]. Nanjing: Publishing House of Nanjing University, 1993:1-225 (in Chinese with English abstract).
- [16] 马瑞士, 舒良树, 孙家齐. 东天山构造演化与成矿 [M]. 北京: 地质出版社, 1997. 1-202.
Ma Ruishi, Shu Liangshu, Sun Jiaqi. Tectonic Evolution and Metallization of Eastern Tianshan [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1997:1-202 (in Chinese with English abstract).

[17]陈哲夫.新疆开合构造与成矿特征的有关问题[J].地质通报,2004, 23(3):214-221.
Chen Zhefu. Problems relating to opening-closing tectonics and metallogenesis in Xinjiang [J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23(3):214-221(in Chinese with English abstract).

[18]成守德,张湘江.新疆大地构造基本格架[J].新疆地质,2000,18(4):293-296.
Chen Shoude, Zhang Xiangjiang. Geotectonic division of Xinjiang[J]. Xinjiang Geology, 2000, 18(4):293-296(in Chinese with English abstract).

Zircon SHRIMP U-Pb dating of gneissic granite bodies in the Lubai Mountain of Hami, Xinjiang, and its geological significance

LI Wei-dong^{1,2}, TU Qi-jun^{1,3}, GAO Yong-feng⁴, YANG Zai-feng³

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Xinjiang Geological Prospecting Fund Management Center, Urumqi 830000, Xinjiang, China; 3. Geological Academy of Xinjiang, Urumqi 830011, Xinjiang China; 4. No. 9 Geological Party, Xinjiang Bureau of Geological Exploration and Development for Mineral Resources, Urumqi 830011, Xinjiang, China)

Abstract: Some gneissic granite bodies are exposed in the Lubai Mountain of Hami area, Xinjiang. Zircons from these rocks were dated at (1453 ± 15) Ma by SHRIMP, suggesting that their intrusion occurred in middle Proterozoic. Data of major elements and trace elements show that the gneissic granite bodies are enriched in MgO, FeO, CaO, depleted in alkaline-earth metals and have low K_2O/Na_2O ratios. REE partition patterns are inclined to the right. The lithophile elements are obviously concentrated whereas Nb and Ta are depleted relative to MOR granite, suggesting characteristics of I type granite. These data provide important information for the possible geological event of the closure of South Tianshan Ocean in Proterozoic.

Key words: zircon SHRIMP U-Pb dating; gneissic granite; Lubai Mountain

About the first author: LI Wei-dong, male, born in 1968, senior engineer, engages in the study of regional geological survey; E-mail: dz9608@163.com.