新疆西准噶尔业姆奇花岗岩体形成时代 及其构造意义

温志刚¹,王洪强¹,杜 尧²,刘松柏³,王嘉伟¹ WEN Zhigang¹, WANG Hongqiang¹, DU Yao², LIU Songbai³, WANG Jiawei¹

陕西地矿区研院有限公司,陕西 咸阳 712000;
西安科技大学,陕西 西安 710054;
陕西地矿第三地质队有限公司,陕西 宝鸡 721300
Shaanxi Geology and Mineral Research Institute Co., Ltd., Xianyang 712000, Shaanxi, China;
Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, Shaanxi, China;

3. Shaanxi Geological and Mineral Third Party Co., Ltd., Baoji 721300, Shaanxi, China

摘要:对新疆西准噶尔南部地区与早古生代蛇绿岩紧密伴生的业姆奇花岗岩体岩石学、岩石地球化学、同位素年代学进行研究,认为业姆奇花岗岩为低钾(拉斑)系列,岩石地球化学特征具板内靠近岛弧区域特征。通过对二长花岗岩LA-ICP-MS 锆石U-Pb测年,获得比较准确的年龄数据539.7±2.6Ma,表明其形成时代为早寒武世,该侵入岩作为西准噶尔地区最老的岩浆活动产物,代表了在诺丁尼亚统一大陆形成之后早期裂解阶段古洋盆初期的地质记录。 关键词:西准噶尔;花岗岩;LA-ICP-MS 锆石U-Pb 年龄;构造意义 中图分类号:P588.12*1;P534.41 文献标志码:A 文章编号: 1671-2552(2019)08-1297-09

Wen Z G, Wang H Q, Du Y, Liu S B, Wang J W. The formation age and tectonic significance of Yemuqi granite in West Junggar, Xinjiang. *Geological Bulletin of China*, 2019, 38(8):1297–1305

Abstract: In this paper, the petrology, lithogeochemistry, and isotope chronology of Yemuqi granite closely associated with Early Paleozoic granite in the southern part of West Junggar, Xinjiang, were studied in detail. It is considered that the granite belongs to low potassium (tholeiitic) series. The rock geochemistry shows the characteristics of the intraplate close to island arc region. The authors obtained accurate age data of 539.7 ± 2.6 Ma by LA-ICP-MS zircon U-Pb dating of the monzonite granite. It is shown that the age of its formation was Early Cambrian. The intrusive rock is the oldest product of magmatic activity in the West Junggar area, which represents the geological record of the early stage of the splitting in the Early Paleoceanic Basin after the formation of the united continent of Nodingnia.

Key words: West Junggar; granite; LA-CP-MS zircon U-Pb age; tectonic significance

新疆北部是中亚造山带的重要组成部分,主要 表现为增生杂岩、岩浆弧等地体之间的拼贴碰撞^[1] 留下以蛇绿混杂岩为标志的缝合带,是中亚造山带 陆壳增生过程中俯冲洋壳的残留片段^[2],巴尔喀什-准噶尔晚古生代残余洋盆^[3]消亡和向大陆壳转化的 过程对应该地区岩浆活动最频繁剧烈的时期^[4]。准 噶尔造山带主要由奥陶纪、志留纪、泥盆纪、石炭纪 和二叠纪的火山-沉积岩系组成,其间发育大量的 侵入岩,以华力西中期"I"型花岗岩为主,石炭纪末 出现张裂环境的"A"型花岗岩^[5],少见有更老的深成

收稿日期:2018-01-13;修订日期:2018-04-04

资助项目:中国地质调查局项目《新疆1:25万捷尔任斯克幅、托里县幅区调修测》(编号:1212010911056)和《新疆1:5万老裕民等七幅区 调》(编号:1212011120507)

作者简介:温志刚(1984-),男,硕士,高级工程师,从事区域地质调查工作。E-mail:wenzhigang2006@163.com

岩⁶⁶。本文对业姆奇一带花岗岩体的地质、岩石地 球化学和锆石U-Pb同位素年龄进行研究,探讨其 形成的大地构造环境,为准噶尔造山带早古生代岩 浆活动研究提供基础资料。

1 地质背景

研究区位于巴尔鲁克山南坡裕民县向阳南业 姆奇一带,大地构造位置位于哈萨克斯坦-准噶尔 板块南部准噶尔微板块中的谢米斯台-库兰卡兹干 古生代复合岛弧带,出露地层主要有下志留统玛依 勒山岩群下亚群火山岩-硅质岩建造;中一下泥盆 统库鲁木迪组、中泥盆统巴尔鲁克组、上泥盆统铁 列克提组,铁列克提组为一套由冲积扇、扇三角洲 及滨-浅海相组成的复理石建造。侵入岩有寒武纪 中细粒石英闪长岩、黑云母二长花岗岩。侵入岩沿 北东向的蒙格尔-托里断裂两侧呈构造岩片出露, 与蛇绿岩及古生代地层多呈断层接触(图1)。

2 岩体特征

业姆奇花岗岩体呈构造岩块出露于巴尔鲁克

蛇绿构造混杂带中,与蛇绿混杂岩块一起沿蒙格 尔-托里断裂出露,同时出露的还有志留系玛依勒 岩群的岩块。多见于与中一下泥盆统库鲁木迪组 断层接触,断层性质表现为角度极小的由北西向南 东的推覆断裂,在向阳西一带可见中一下泥盆统库 鲁木迪组角度不整合覆盖在侵入杂岩之上(图2)。 侵入岩成分从中性-酸性均有出露,岩石受后期构 造作用具碎裂化。

业姆奇花岗岩体主要岩性为闪长岩、石英闪长 岩、英云闪长岩、花岗闪长岩和二长花岗岩。

细粒闪长岩(图3-a):半自形粒状结构,块状构 造,颗粒大小1~2mm;主要矿物为斜长石45%~50%、 角闪石(35%~40%)、辉石(3%~5%)、石英(2%~3%)、 钾长石少量;副矿物为磁铁矿、榍石、磷灰石、绢云 母、锆石、高岭土。斜长石呈自形-半自形柱状,大 部分有绢云母、高岭土化,聚片双晶发育,初步测An 在30号左右,属中长石,粒度为1~2mm;角闪石呈 柱状或长柱状,N'g绿色,N'm黄绿色,N'g淡黄色, C/N'g=16°~26°,个别晶体含锆石包体,晶粒大小在 1~2mm;辉石呈粒状,大部分变角闪石,晶体周边大



1—地质体界线;2—角度不整合界线;3—平行不整合界线;4—中-基性岩脉/酸性岩脉;5—压性断层及产状;6—压扭性断层及产状; 7—正断层/逆断层;8—火山口;9—业姆奇侵入岩位置;Q—第四系;P₄Kj—上二叠统库吉尔台组;P₁₋k—中下二叠统卡拉岗组; P₁h—下二叠统哈尔加乌组;C₁j—下石炭统姜巴斯套组;C₁h—下石炭统黑山头组;C₂k—下石炭统希贝库拉斯组;C₁b—下石炭统包古头组; C₁d—下石炭统太勒古拉组;D₂d—上泥盆统铁列克提组;D₂b—中泥盆统巴尔鲁克组;D₁₋k—中下泥盆统库鲁木迪组;S₂₋₄M—中顶志留统玛依 拉群;Pζγ—二叠纪正长花岗岩;Pγδ—二叠纪花岗闪长岩;Pδo—二叠纪石英闪长岩;Cγ—石炭纪花岗岩;Cδo—石炭纪石英闪长岩; OΦmB—巴尔鲁克蛇绿混杂岩带;OΦmM—玛依勒蛇绿混杂岩带;F1—巴尔鲁克断裂;F2—蒙格尔-托里断裂



图2 新疆西准噶尔业姆奇一带地质图²

Fig. 2 Geological map of Yemuqi area in West Junggar, Xinjiang

1-铁列克提组第一段;2-巴尔鲁克组第二段;3-巴尔鲁克组第一段;4-库鲁木迪组第二段;5-库鲁木迪组第一段; 6-玛依勒山岩群b岩组;7--玛依勒山岩群a岩组;8-黑云二长花岗岩;9-英云闪长岩;10-石英闪长岩;11-闪长岩;12-辉长岩; 13-辉石岩;14-蛇纹岩;15-超基性岩(未分);16-铁热克火拉蛇绿岩;17-硅质岩;18-辉长岩;19-灰岩;20-闪长岩脉;21-地质界线; 22-脉动界线;23-超动界线;24-角度不整合界线;25-实测逆断层;26-同位素采样位置

现,粒度为0.1~0.5mm。

细粒黑云母英云闪长岩(图3-b):花岗粒状结构,块状构造,颗粒大小0.5~2mm;主要矿物为斜长

部分形成角闪石反应边,仅成残留晶粒,粒度为 0.05~0.1mm;钾长石呈半自形粒状,个别出现,属条 纹长石,粒度为0.5~1mm;石英呈他形粒状,少量出



图 3 典型岩石镜下照片(正交偏光) Fig. 3 Typical rock photos (crossed nicols) a—闪长岩微观照片;b—黑云母英云闪长岩微观照片;c—黑云母二长花岗岩微观照片;PI—斜长石;Q—石英; Bi—黑云母;Kf—钾长石;Am—角闪石 石(40%~50%)、石英(40%~50%)、黑云母(10%~ 15%);副矿物为锆石、磁铁矿、磷灰石;蚀变矿物有 绿泥石、高岭土、绢云母及褐帘石。斜长石呈半自 形柱状,具不明显双晶,部分出现净边,晶体中心部 分绢云母和高岭土化较严重,显环状构造,粒度为 0.5~1mm,部分1~2mm;石英呈他形粒状,晶体洁 净,常成堆出现,粒度为0.05~0.5mm,部分0.5~ 1mm;黑云母呈片状、褐色,晶体较洁净,少量包有 锆石、褐帘石、磷灰石包体,少量绿泥石化。

中细粒黑云母二长花岗岩(图 3-c):半自形粒 状结构,碎裂结构,主要矿物为斜长石(25%~35%)、 钾长石(30%~35%)、石英(30%~40%)、黑云母(3%~ 5%)及少量白云母;副矿物为磁铁矿、磷灰石、锆石; 其他蚀变矿物有绢云母、高岭土、方解石及绿泥 石。斜长石呈自形-半自形柱状、板柱状,一般有高 岭石化和绢云母化,粒度为0.5~1mm,少量1~2mm; 钾长石呈半自形柱状,属正常交代形成的条纹长石 和部分正长石,一般有泥化,含斜长石和黑云母包 体,粒度多为0.5~1mm,少部分大于2mm;石英呈他 形粒状,成堆出现,晶体洁净,粒度为0.5~1mm;黑、 白云母呈片状,黑云母为褐色,部分沿解理有绿泥 石化,晶片大小为0.5~1mm;受构造作用影响,岩石 被压碎,形成较多碎块,有的斜长石、钾长石、石英 被压碎,形成细粒状,后有碳酸盐(方解石)化作用 形成不规则的方解石细脉。

3 岩石地球化学特征

业姆奇侵入岩体的岩石化学成分含量见表1。

a **O**D0209/1 **∆**D0222/1 **♦**D1013/1 D0209/2 XD3047/6 +D3047/10 ◆D3047/11 ▲D1333/1 5 钾玄岩系列 K 20/% 高钾钙碱 钙碱性系 **十** 任 钾 ▲ (拉斑) SiO2/%

从岩体主量元素分析结果看,SiO₂总体含量中 等,个别较高,为71.96%,最低为56.10%,岩石以中 酸性为主;Al₂O₃含量较高;贫钠、钾而富镁铁, Na₂O、K₂O含量极低,且二者含量相当,A/CNK> 1。岩体在SiO₂-K₂O图解及SiO₂-(K₂O+Na₂O)图 解(图4)中,样品点靠近横坐标线上方不远处,多投 于低钾(拉斑)系列区域。岩石分类图解显示岩性 多为闪长岩或花岗闪长岩,说明该岩体属于洋壳板 内环境。

微量元素蛛网图(图 5-a)显示,岩体较富集 Rb、Ba、Th、U、Pb等大离子亲石元素,明显亏损 Nb、Ta、Sr、Ti等元素。岩体稀土元素含量及特征参 数见表1,稀土元素总量(ΣREE)中等,为73.9× 10⁻⁶~139.43×10⁻⁶,总体变化稍大。LREE/HREE值 一般为6.41~19.00,说明总体为轻稀土元素富集 型。从稀土元素配分曲线图(图5-b)可见,Eu异常 不明显;重稀土元素曲线部分平缓,分异不明显。 这些特征亦显示出洋壳板内环境特征。其稀土及 微量元素曲线的一致性说明这些杂岩具有相同的 岩浆来源。

4 同位素测年

本次在业姆奇侵入岩体中细粒黑云母二长花 岗岩中采集了1个样品进行U-Pb同位素测年,样 品在核工业二〇三所进行粉碎,锆石分选在陕西区 域地质矿产研究院进行。粉碎后的样品经过淘洗, 采用磁法和重液分选,最后在双目镜下挑选出形态 较完整、无裂痕、无包裹体的锆石作为测定对象。



图 4 SiO₂-K₂O(a)^{|7-8|}和SiO₂-(K₂O+NaO)(b)^{|9|}岩石分类图解 Fig. 4 SiO₂-K₂O (a) and SiO₂-(K₂O+NaO) (b) diagrams

1	3	\cap	1
1	Э	υ	T

1 able 1 Major, trace element and KEE content of Yemuqi granite										
样号	D0209/1	D0209/2	D0222/1	D1013/1	D3047/1	D3047/6	D3047/10	D1333/1		
SiO ₂	56.1	71.74	73.17	66.41	48.59	66.9	57.5	62.31		
TiO_2	0.45	0.23	0.2	0.37	0.68	0.35	0.57	0.45		
Al_2O_3	11.69	13.45	12.57	14.77	16.28	13.67	14.51	15.52		
Fe_2O_3	8.45	3.07	2.48	4.59	11.05	4.63	8.56	3.06		
FeO	5.36	2.17	1.91	2.52	6.84	3.06	5.2	3.88		
MnO	6.49	1.83	3.27	2.61	5.31	3.12	4.78	0.15		
MgO	7.11	1.12	0.82	1.88	5.77	2.1	3.75	3.1		
CaO	0.18	0.08	0.08	0.1	0.19	0.11	0.17	6.48		
Na ₂ O	0.15	0.07	0.09	0.16	0.32	0.18	0.24	4.35		
K_2O	0.5	1.46	0.65	1.38	0.52	0.71	0.62	0.56		
P_2O_5	3.51	4.79	4.75	5.2	4.45	5.15	4.12	0.17		
Pb	2.9	3.5	2	2.6	/	0.9	4.5	4.3		
Со	33	5.58	4.24	8.41	/	8.16	19.5	24.3		
Ni	43.6	11	4.19	5.03	/	5.17	13.1	14		
Cr	235	7	4.8	4.3	/	3.2	16.1	9.1		
Ga	13.7	12.5	11.9	15.7	/	14.5	16.1	18		
Sc	31.9	7	3.3	10.9	/	9.7	27.8	30.5		
Sr	285	255	187	203	/	284	303	544		
Ba	255	657	297	368	/	468	521	407		
Rb	8.98	13.8	13.1	17.4	/	10.7	11.7	7.2		
Cs	0.54	0.46	0.8	0.87	/	0.77	0.98	0.79		
Nb	2.75	2.93	10.6	9.26	/	4.64	11.6	3.49		
Та	0.25	0.22	0.45	0.86	/	0.46	0.39	0.24		
Zr	26.4	33.3	36.4	21.4	/	22.8	13.2	11		
Hf	2.2	2.38	2.31	1.68	/	1.82	1.31	1.06		
U	1.72	1.06	1.16	1.62	/	1.77	1.23	1.25		
Th	11.1	9.06	8.74	6.27	/	4.45	4.37	3.87		
Ti	2491	1067	1162	2005	/	2030	3219	3460		
La	14	34.4	30.2	23.1	15.7	/	/	/		
Ce	28.1	65	53.8	46.2	38.1	/	/	/		
Pr	3.42	6.53	5.6	5.37	5.14	/	/	/		
Nd	14.4	22.4	19.6	21.3	23.4	/	/	/		
Sm	3.05	3.24	3.13	4.05	5.22	/	/	/		
Eu	0.96	0.89	0.84	1.15	1.49	/	/	/		
Gd	2.92	2.84	2.73	3.47	4.49	/	/	/		
Tb	0.42	0.29	0.3	0.46	0.61	/	/	/		
Dy	2.62	1.4	1.67	2.58	3.58	/	/	/		
Но	0.51	0.28	0.33	0.52	0.69	/	/	/		
Er	1.56	0.87	1.08	1.56	2	/	/	/		
Tm	0.23	0.14	0.17	0.23	0.28	/	/	/		
Yb	1.47	0.98	1.12	1.59	1.82	/	/	/		
Lu	0.24	0.17	0.2	0.27	0.27	/	/	/		
Y	13.3	7.68	9.28	13.4	16.5	/	/	/		
Σ REE	73.9	139.43	120.77	111.85	102.79	/	/	/		
LREE/HREE	E 6.41	19	14.89	9.47	6.48	/	/	/		
La _N /Yb _N	6.83	25.18	19.34	10.42	6.19	/	/	/		

表1 业姆奇侵入岩主量、微量和稀土元素分析结果 Table 1 Major, trace element and REE content of Yemuqi granite



图 5 业姆奇侵入体微量元素原始地幔蛛网图(a)和稀土元素球粒陨石配分型式图(b)^[10] Fig. 5 Primitive mantle-normalized trace element spidergrams (a) and chondrite-normalized REE patterns (b) of Yemuqi granite

锆石制靶、阴极发光照相及激光测年在西北大学大陆动力学开放实验室进行。首先将分选出来的锆石样品置于载玻片上,然后用无色透明的环氧树脂固定,待其固化后抛光,之后对样品进行阴极发光照相,选取品形较完整具有环带的柱状锆石进行LA-ICP-MS分析。激光剥蚀系统为GeoLas2005,ICP-MS为Agilent7500a。激光剥蚀过程中采用氦气作载气、氩气为补偿气以调节灵敏度,二者在进入ICP之前通过一个T型接头混合。在等离子体中心气流(氩+氦)中加入少量氮气,以提高仪器灵敏度、降低检出限和改善分析精密度^[11]。每个时间分辨分析数据包括20~30s的空白信号和50s的样品信号。对分析数据的离线处理(包括对样品和空白信号的选择、仪器灵敏度漂移校正、元素含量及U-Th-Pb 同位素比值和年龄计算)采用软件

ICPMSDataCal^[12-13]完成。分析结果见表2。

中细粒黑云母二长花岗岩的锆石干净、透明、 以短柱状为主,粒径多在70~110µm之间。阴极发 光图像显示,锆石韵律环带清晰,为典型的岩浆锆 石(图6)。在U-Pb谐和图(图7-a)上,黑云母二长 花岗岩样品中8个数据分析点基本位于谐和线上一 个较小的区域,²⁰⁶Pb/²³⁸U表面年龄变化于531~ 550Ma之间,上交点年龄为539.7±2.6Ma,年龄加权 平均值为539.6±2.7Ma,表明其形成于早寒武世。

5 构造环境讨论

通过岩石地球化学构造环境图解,根据Pearce 等不同构造环境非活动元素判别图解(图8),绝大 部分样品投影在火山岛弧花岗岩区(VAG)环境,极 个别样品投影在板内环境。在Rb/30-Hf-Ta(图



图6 二长花岗岩锆石阴极发光图像

Fig. 6 Cathodoluminescence images of zircon from the monzonite granite

1303

	Tuble a list fer this zheon e in i beomposition of remulti grunte (board i)														
测	测 含量/10-6		同位素比值				年龄/Ma								
点	Pb	Th	U	207Pb/206Pb	1σ	207Pb/235U	1σ	206Pb/238U	1σ	207Pb/206Pb	lσ	$^{206}Pb/^{238}U$	lσ	$^{207}Pb/^{235}U$	1σ
1	4.63	58.7	52.3	0.05861	0.0024	0.7079	0.0280	0.08760	0.00105	553	87	541	6	543	17
2	0.80	4.75	12.0	0.05753	0.0009	0.6922	0.0092	0.08726	0.00052	512	35	539	3	534	6
3	2.73	49.2	43.6	0.05919	0.0013	0.7119	0.0135	0.08722	0.00061	574	45	539	4	546	8
4	1.55	20.5	22.2	0.0578	0.0011	0.6967	0.0112	0.08741	0.00056	522	41	540.	3	537	7
5	0.45	7.44	7.15	0.05846	0.0013	0.7041	0.0139	0.08733	0.00062	547	47	539	4	541	8
6	0.64	2.73	6.19	0.05809	0.0010	0.6997	0.0101	0.08735	0.00053	533	38	539	3	539	6
7	9.04	42.8	47.7	0.05858	0.0014	0.7035	0.0147	0.08709	0.00064	552	49	538	4	541	9
8	2.19	25.8	30.0	0.06026	0.0011	0.7273	0.0119	0.08752	0.00057	613	40	540	3	555	7

表2 业姆奇侵入岩样品(D0222-1) LA-ICP-MS 锆石 U-Th-Pb 同位素分析结果 Table 2 LA-ICP-MS zircon U-Th-Pb composition of Yemugi granite (D0222-1)

9-a)和Rb/10-Hf-Ta(图9-b)构造环境判别图上, 大部分样品投影在板内环境,少部分投在岛弧环 境。通过构造环境可知,业姆奇侵入岩岩石成因主 体属于俯冲期岛弧花岗岩,但不排除后造山期板内 花岗岩的存在。

业姆奇花岗岩岩石地球化学特征显示出板内 靠近岛弧的特征,说明其可能形成于寒武纪古洋盆 的洋岛构造环境。业姆奇寒武纪侵入杂岩作为该 地区最老的岩浆活动产物,是西准噶尔地区早期地 质构造演化中岩浆事件的产物,结合唐巴勒及向阳 一带出露寒武纪的蛇绿岩^[15-17],它们可能代表在诺 丁尼亚统一大陆形成之后的早期裂解阶段古洋盆 初期的地质记录^[18-19],寒武纪侵入杂岩是这一洋盆 演化过程的产物。同位素年龄表明,蛇绿构造混杂 岩带中的侵入体形成时代应在晚寒武世,属早古生 代古亚洲洋俯冲形成的岛弧型花岗岩。与哈萨克 斯坦具地壳伸展期及洋壳俯冲期特征的寒武纪— 泥盆纪橄榄岩和辉长岩、斜长花岗岩^[20]具有相似性, 进一步说明准噶尔盆地以早古生代形成的洋壳和 岛弧建造组成的年轻地壳为主^[21]。

6 结 论

(1)业姆奇侵入岩的锆石 U-Pb 年龄为 539.7±2.6Ma,其形成时代为早寒武世。

(2)业姆奇侵入体岩石地球化学特征显示其具 板内靠近岛弧区域特征,说明其可能形成于寒武纪 古洋盆中的洋岛构造环境。



(3)业姆奇侵入岩为西准地区最老的岩浆活动



图7 二长花岗岩LA-ICP-MS锆石U-Pb谐和图(a)和²⁰⁶Pb/²³⁸U年龄加权平均值(b) Fig. 7 Zircon LA-ICP-MS U-Pb concordia diagram (a) and weighted mean ²⁰⁶Pb/²³⁸U age (b) of the monzonite granite



图 8 (Y+Nb)-Rb(a)和Yb-Ta图解(b)[14]

Fig. 8 (Y+Nb)-Rb (a) and Yb-Ta diagrams (b)

WPG-板内花岗岩;VAG-火山弧花岗岩;Syn-COLG-同碰撞花岗岩;ORG-大洋中脊斜长花岗岩



图 9 Rb/30-Hf-3*Ta(a)和Rb/10-Hf-3*Ta图解(b) Fig. 9 Rb/30-Hf-3*Ta*(a) and Rb/10-Hf-3*Ta diagrams (b)

的产物,是该地区早期地质构造演化重要的岩浆事 件产物,它们代表了在诺丁尼亚统一大陆形成之 后,早期裂解阶段古洋盆初期的地质记录,寒武纪 花岗岩很可能是这一洋盆演化过程的产物。

致谢:野外地质工作及成文过程中得到陕西区 域地质矿产研究院韩湘涛、陈榕高级工程师的悉心 指导,同时参加项目野外工作的还有赵文平、李育 敬、张练练、冯晓强、贾振奎、彭志军、李鹏等同志, 在此一并表示感谢。

参考文献

[1]韩宝福,郭召杰,何国琦."钉合岩体"与新疆北部主要缝合带的形

成时限[J]. 岩石学报,2010,26(8):2233-2246.

- [2]吴楚,董连慧,周刚,等.西准噶尔古生代构造单元划分与构造演化[J].新疆地质,2016,34(3):302-311.
- [3]何国琦,成守德,徐新,等. 新疆及邻区大地构造图及说明书 1:1500000[M]. 北京:地质出版社,2004:2-4.
- [4]徐新,周可法,王煜,等.西准噶尔晚古生代残余洋盆消亡时间与构造背景研究[J]. 岩石学报,2010,26(11):3206-3214.
- [5]董连慧,屈迅,朱志新,等.新疆大地构造演化与成矿[J].新疆地质,2010,28(4):351-357.
- [6]王金荣,谢荣,王怀涛,等.新疆西准噶尔阿克乔克花岗岩年代学 地球化学及构造意义[J]. 兰州大学学报(自然科学版),2011,47 (1):127-128.
- [7]Peccerillo R, Taylor S R. Geochemistry of Eocene calc- alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey[J].

Contrib. Mineral Petrol., 1976, 58:63-81.

- [8]Middlemost E A K. Magmas and Magmatic Rocks[M]. London: Longman, 1985:1-266.
- [9]Middlemost E A K. Naming materials in the magma/igneous rock system[J]. Earth Science Reviews, 1994, 37(3/4):215–224.
- [10]Sun S S, McDonough W F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes [C]//Saunders A D, Norry M J. Magmatism in the Ocean Basins. Geological Society, London, Special Publications, 1989, 42:313– 345.
- [11]Hu Z C, Gao S, Liu Y S, et al. Signal enhancement in laser ablation ICP–MS by addition of nitrogen in the central channel gas[J]. Journal of Analytical Atomic Spectrometry, 2008,23:1093–1101.
- [12]Liu Y S, Hu Z C, Gao S, et al. In situ analysis of major and trace elements of anhydrous minerals by LA-ICP-MS without applying an internal standard[J]. Chemical Geology,2008, 257:34-43.
- [13]Liu Y, Gao S, Hu Z, et al. Continental and oceanic crust recyclinginduced 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,2010,51:537-571.
- [14]Pearce J A, Harris N B W, Tindle A G. Trace element

discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks[J]. Journal of Petrology, 1984, 25:956–983.

- [15]肖序常,汤耀庆,冯益民,等. 新疆北部及其邻区大地构造[M]. 北京:地质出版社,1992:1-169.
- [16]温志刚,赵文平,刘团峰,等. 新疆西准噶尔巴尔鲁克蛇绿岩形成时代及大地构造意义[J].地质通报,2016,35(9):1401-1410.
- [17]赵文平,贾振奎,温志刚,等. 新疆西准噶尔巴尔鲁克蛇绿混杂 岩带发现蓝闪片岩[J].西北地质,2012,45(2):136-138.
- [18]张驰,黄萱. 新疆西准噶尔形成时代和环境的探讨[J]. 地质论 评,1992,38(6):509-524.
- [19]夏林圻,张国伟,夏祖春,等. 天山古生代洋盆开启、闭合时限的 岩石学约束——来自震旦纪、石炭纪火山岩的证据[J]. 地质通 报,2002,21(2):56-62.
- [20]高鹏,成守德,王德林,等.巴尔喀什一准噶尔地区地层及岩浆 岩概述[J].新疆地质,2009,27(增刊):1-13.
- [21]苏玉平,唐红峰,侯广顺,等. 新疆西准噶尔达拉布特构造带铅 质A型花岗岩的地球化学研究[]].地球化学,2006,35(1):55-67.
- ①新疆自治区地质调查院.新疆1:25万捷尔任斯克、托里县幅区域 地质图(修编).2011.
- ②陕西省地质调查院.新疆1:5万老裕民等7幅区域地质调查报告.2013.