

文章编号: 1006-6616 (2015) 04-0502-15

新疆东准噶尔纸房地区早古生代 花岗岩的确定及其地质意义

徐芹芹, 赵磊, 牛宝贵

(中国地质科学院地质研究所, 北京 100037)

摘要: 纸房花岗岩体位于新疆东准噶尔卡拉麦里构造带北侧。该岩体侵入的最新地层为中—上奥陶统荒草坡群, 并被晚志留世及早泥盆世地层不整合覆盖。对纸房花岗岩进行锆石 SHRIMP U-Pb 定年, 获得的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 $(463 \pm 7) \sim (436 \pm 4) \text{ Ma}$, 表明该岩体形成于晚奥陶世—早志留世, 是早古生代岩浆活动的产物。对已有的区域地质资料、岩体侵位时代及其与围岩接触关系进行综合分析后认为, 纸房花岗岩体的形成时代大致对应于卡拉麦里构造带内区域性角度不整合的形成时间, 推测该岩体为早古生代造山过程中形成的花岗质岩石。高 Sr、低 Yb、弱的 Eu 负异常等地球化学特征也显示其为埃达克型同造山花岗岩。纸房地区早古生代同造山花岗岩的存在为东准噶尔卡拉麦里构造带早古生代造山作用的确认提供了证据。

关键词: 花岗岩; 锆石 SHRIMP U-Pb 定年; 东准噶尔; 早古生代; 造山作用

中图分类号: P597

文献标识码: A

0 引言

新疆准噶尔地区位于中亚造山带的中部, 其古生代以来的构造演化是显生宙亚洲大陆向南增长和古亚洲洋演化的重要阶段, 同时也涉及到新疆北部地区古构造格局的恢复和构造演化模型等重要理论问题^[1-19], 因此, 东准噶尔及其邻区成为近年来地学研究的热点地区之一。然而, 东准噶尔造山带古生代以来的构造演化迄今未形成共识, 尤其是对其中卡拉麦里构造带时代与性质的认识存在着争议^[2-5, 10, 12-14, 16, 21-35]。

关于卡拉麦里构造带的时代与性质, 前人大多围绕带内蛇绿岩的年龄以及蛇绿岩所代表的古洋盆形成和闭合的时限进行解释^[16, 22, 24-32, 36-37]。多数人认为, 卡拉麦里蛇绿岩所代表的洋盆产生于晚古生代早期^[3, 16, 22, 24, 27, 29, 31], 到早石炭世早期^[30, 32, 34, 37]或早石炭世晚期关闭^[22-33, 38]。此类观点, 往往忽视了卡拉麦里构造带早古生代阶段的演化, 从而将其限制于晚古生代的造山带。

收稿日期: 2015-06-14

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41572206); 中国地质调查局地质调查项目 (12120115070301)

作者简介: 徐芹芹 (1984-), 女, 助理研究员, 主要从事大陆变形与构造地貌研究。E-mail: qinqin2002dzl@163.com

通讯作者: 赵磊 (1979-), 男, 副研究员, 主要从事区域大地构造研究。E-mail: jleiz@163.com

实际上,何国琦等^[10,26]曾根据东准噶尔卡拉麦里山-考克塞尔盖山-莫钦乌拉山一带的奥陶系和后奥陶系在区域变质程度上的明显差异和其间区域性角度不整合的发育,提出该区存在早古生代造山作用。然而由于缺乏精确的、同位素年代学方面的定量约束,这一观点并未引起足够重视。近些年,有学者相继报道了卡拉麦里构造带及其邻区存在早古生代的中酸性侵入岩^[19,39~40],并提供了年代学方面的约束,但是没有明确这些中酸性侵入岩与东准噶尔地区早古生代造山作用的关系。

本文选择东准噶尔造山带纸房北部地区出露的被晚志留世以及早泥盆世地层不整合覆盖的花岗岩为研究对象,通过锆石 SHRIMP U-Pb 定年,精确地限定该区花岗岩的侵位时代,并结合区域资料对东准噶尔地区早古生代的构造背景进行初步讨论。

1 研究区地质概况

传统上将准噶尔地区划分为西准噶尔造山带、准噶尔盆地和东准噶尔造山带3个组成部分(见图1a)。东准噶尔造山带位于准噶尔盆地东北缘(见图1a),北以额尔齐斯断裂带为界与中国阿尔泰造山带相邻,南以卡拉麦里断裂带为界与准噶尔盆地和天山造山带毗连。

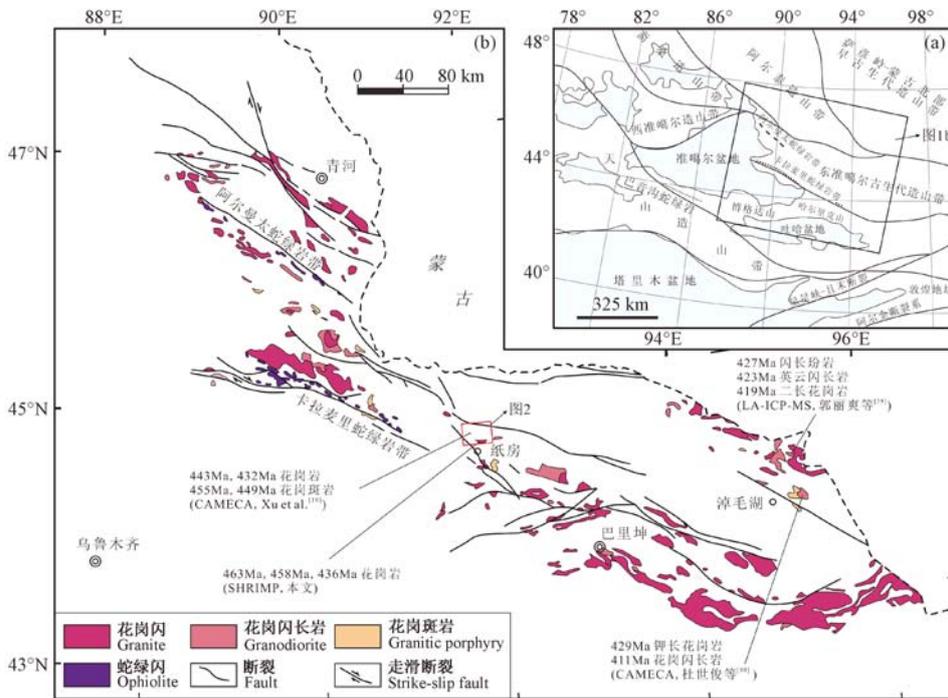


图1 新疆北部地区构造简图及东准噶尔酸性侵入岩分布图(据文献[17,20]修改)

Fig.1 Tectonic sketch of northern Xinjiang and distribution of acidic intrusive rocks in East Junggar

研究区位于东准噶尔造山带中部,靠近卡拉麦里蛇绿岩带(见图1b)。区内出露的地层为奥陶系、志留系、泥盆系、石炭系、新近系和第四系(见图2)。

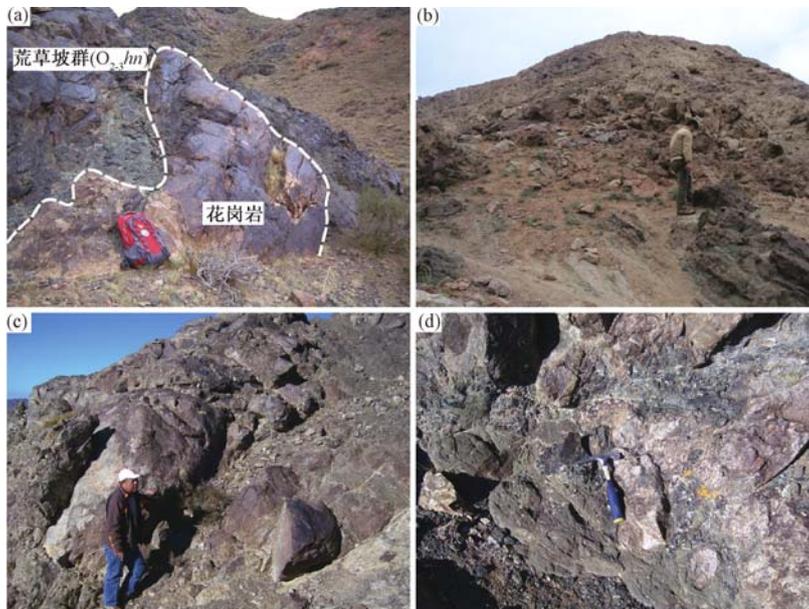
奥陶系中—上统荒草坡群(O₂₋₃hn)是区内目前发现的最老地层。下组主要为片岩、片麻岩,仅出露在塔黑尔巴斯套附近;上组为一套中—酸性火山熔岩,主要由安山玢岩、英安斑岩组成,出露于塔黑尔巴斯套—克西沙尔布拉克一带及考克塞尔盖主峰1759两侧(见图2)。

岩及火山碎屑岩, 岩性为粉砂岩、凝灰砂岩、凝灰岩。上石炭统巴塔玛依内山组 (C_2b) 以明显的角度不整合覆盖在下石炭统姜巴斯套组之上, 岩性主要为玄武玢岩、安山玢岩、凝灰角砾岩以及火山角砾岩; 石钱滩组 (C_2sh) 主要为一套陆相粗碎屑岩及火山碎屑岩夹灰岩。

中生代的地层在区内没有出露, 新生代的地层仅见新近系与第四系 (见图2)。

区内的侵入岩大致分为2期, 即加里东中期和华力西中期 (见图2)。前者主要为深成岩体, 由斑状闪长岩与黑云母花岗岩组成; 后者包括深成与浅成岩体, 其中深成岩体主要由花岗岩、黑云母花岗岩以及辉长岩组成, 浅成岩体主要由石英斑岩、流纹斑岩、霏细斑岩、闪长斑岩与花岗斑岩组成。

本文研究的加里东期花岗岩, 侵入的最新地层是中—上奥陶统荒草坡群 ($O_{2-3}hn$) (见图3a), 并在研究区内多处被上志留统考克塞尔盖组 (S_3k) 或下泥盆统卓木巴斯套组 (D_1zh) 不整合覆盖, 有些接触关系不易辨认, 花岗岩碎屑堆积下来, 经过成岩作用, 形成一种外貌酷似花岗岩的花岗质砂砾岩 (见图3b)。



(a) 花岗岩体侵位于中-上奥陶统荒草坡群 ($O_{2-3}hn$); (b) 花岗岩体被下泥盆统卓木巴斯套组 (D_1zh) 不整合覆盖, 形成花岗质砂砾岩; (c) 采样点处下泥盆统卓木巴斯套组 (D_1zh) 与花岗岩体不整合接触; (d) 花岗岩体之上的砾岩

图3 花岗岩野外照片

Fig. 3 Field photographs of the granite

2 采样位置与样品特征

样品采自巴里坤县红柳峡乡纸房东北约13 km, 考克塞尔盖山南坡的卓木巴斯套 (见图1b、图2), 岩性为灰色、肉红色中—细粒黑云母二长花岗岩。

该岩体呈岩基产出, 出露面积大约7 km², 呈近东西向延展 (见图2), 其上不整合覆盖着上志留统考克塞尔盖组 (S_3k) 或下泥盆统卓木巴斯套组 (D_1zh)。

采样点处加里东期花岗岩和下泥盆统卓木巴斯套组 (D_1zh) 的不整合接触关系比较清楚, 花岗岩之上直接覆盖着厚度数米至50 m的花岗质巨砾岩和砾岩, 大部分为原地风化产

物(见图3c)。胶结物为蓝绿色凝灰质砂岩,为D_{1zh}组分,也可见到附近中—上奥陶统荒草坡群安山岩成分的砾石(见图3d),砾石分选不佳,大小混杂,小者2 cm左右,大者60~80 cm,最大可达2~6 m;磨圆度小者好、大者差。不整合面凹凸不平,不规则(见图3c)。

3 地球化学特征

本文选择新鲜基本无蚀变的5件样品进行主量与微量元素分析(见表1,表2)。分析测试在北京地质研究院分析测试研究中心完成。主量元素含量的检测仪器为PW2404 X射线荧光光谱仪,分析误差小于5%;微量元素(包括稀土元素)含量的检测在Perkin Elmer Elan DCR-e型等离子质谱仪上完成,分析误差小于10%。

表1 东准噶尔纸房地区花岗岩主量元素(%)分析结果

Table 1 Major element concentrations of granites in Zhifang area, East Junggar

样品号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ ^T	FeO	MgO	CaO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI	TOTAL
ZF-2	74.33	0.25	13.35	2.2	0.90	0.62	1.6	0.04	5.4	0.72	0.05	1.38	99.95
ZF-3	73.64	0.24	13.12	2.07	0.88	0.95	1.65	0.05	6.24	0.35	0.05	1.59	99.94
ZF-4	75.38	0.22	12.92	1.91	0.75	0.62	1.26	0.06	5.79	0.47	0.05	1.32	99.99
ZF-5	74.38	0.23	12.49	1.97	0.55	0.64	2.08	0.02	5.56	0.54	0.05	2.01	99.96
ZF-7	73.28	0.24	13.76	2.10	0.68	0.66	1.61	0.06	4.75	2.24	0.06	1.20	99.96

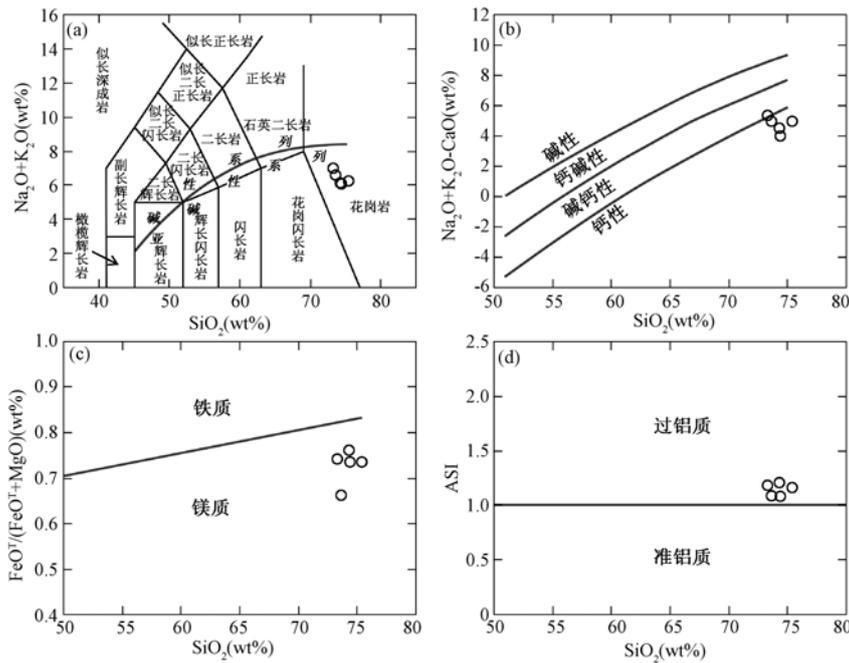
表2 东准噶尔纸房地区花岗岩微量元素($\times 10^{-6}$)分析结果

Table 2 Trace element concentrations of granites in Zhifang area, East Junggar

样品号	Li	Be	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu
ZF-2	5.09	0.72	4.46	20.2	4.39	2.75	0.60	1.36	12.1	11.4	6.8	494	13.4	98.7	3.36	0.09	538	15.7	34.1	3.46	12.3	2.39	0.68
ZF-3	7.50	0.75	4.52	31.6	1.36	3.12	2.46	7.97	19.1	11.0	3.0	506	15.4	102	3.31	0.08	153	16.9	40.5	3.95	14.1	2.87	0.67
ZF-4	5.30	0.63	4.14	20.6	0.86	2.52	0.65	1.21	17.7	10.9	4.3	778	13.7	91.9	3.03	0.08	110	16.1	37.2	3.63	13.0	2.57	0.75
ZF-5	4.65	0.77	4.38	23.3	0.96	2.58	0.65	1.01	9.7	10.1	4.5	790	12.7	86.7	3.04	0.13	113	13.9	32.3	3.18	11.4	2.31	0.63
ZF-7	4.54	0.91	4.93	22.3	0.79	2.82	0.57	1.42	20.4	12.6	17.3	340	15.3	105	3.54	0.11	1005	18.4	42.2	4.06	14.5	2.85	0.73
样品号	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	Tl	Pb	Bi	Th	U	Σ REE	(La/Sm) _N	(Gd/Yb) _N	(La/Yb) _N	Eu/Eu*			
ZF-2	2.17	0.38	2.09	0.48	1.54	0.28	1.84	0.30	3.19	0.31	0.02	2.02	0.02	3.76	1.17	192.66	4.24	0.98	6.12	0.89			
ZF-3	2.52	0.42	2.47	0.53	1.68	0.31	2.02	0.33	3.1	0.29	0.01	2.58	0.02	3.83	1.05	214.99	3.80	1.03	6.00	0.74			
ZF-4	2.30	0.38	2.17	0.46	1.52	0.27	1.79	0.29	2.82	0.28	0.02	2.57	0.04	3.42	0.83	201.87	4.04	1.06	6.45	0.93			
ZF-5	2.05	0.35	2.05	0.45	1.46	0.26	1.72	0.28	2.82	0.27	0.02	1.64	0.03	3.38	0.66	176.97	3.88	0.99	5.80	0.86			
ZF-7	2.55	0.42	2.39	0.53	1.68	0.31	1.98	0.33	3.28	0.33	0.05	3.26	0.01	3.92	1.07	225.80	4.17	1.07	6.67	0.81			

主量元素分析结果(见表1)表明,纸房花岗岩体SiO₂含量较高(平均值74.2%),且变化范围很窄(73.28%~75.38%),K₂O、Na₂O和CaO含量分别为0.35%~2.24%、4.75%~6.24%和1.26%~2.08%。在侵入岩TAS图解(见图4a)中,样品落入花岗岩区域;Na₂O+K₂O-CaO vs. SiO₂图解(见图4b)中,样品位于钙碱性—钙性系列;花岗岩中的Fe₂O₃^T含量(1.91%~2.20%)与MgO含量(0.62%~0.95%)较均匀,并且所有样品具有富镁特点(见图4c);样品的ASI值介于1.08~1.20,所有样品落入弱过铝质区域(见图4d)。

所有样品的稀土配分模式图相似,表现为轻稀土富集、重稀土相对亏损的右倾型(见图5a)。稀土总量 $176.97 \times 10^{-6} \sim 225.80 \times 10^{-6}$,轻稀土内部分馏较弱(La/Sm_N值3.80~4.24),重稀土内部分馏不明显(Gd/Yb_N值0.98~1.06),轻、重稀土分馏明显(La/Yb_N值



(a) TAS 图解^[42]; (b) $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{CaO}$ vs. SiO_2 图解^[43]; (c) $\text{FeO}^T/(\text{FeO}^T + \text{MgO})$ vs. SiO_2 图解^[44]; (d) ASI vs. SiO_2 图解^[44]; $\text{FeO}^T = \text{FeO} + 0.9\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{ASI} = \text{molecular Al}/(\text{Ca} - 1.67\text{P} + \text{Na} + \text{K})$

图 4 花岗岩体主量元素图解

Fig. 4 Selected major element diagrams of the granite

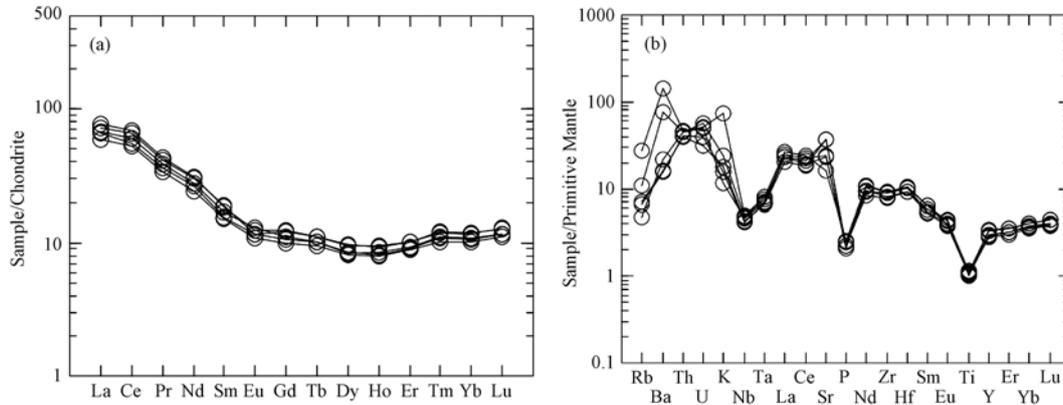


图 5 纸房地区花岗岩稀土元素球粒陨石标准化配分型式图与微量元素原始地幔蛛网图 (标准化数值据文献 [45])

Fig. 5 Chondrite-normalized rare earth element patterns and primitive mantle normalized trace element spider diagram of granites in Zhifang area, East Junggar

5.80 ~ 6.67), 具有微弱的负铕异常 (Eu/Eu^* 值 0.74 ~ 0.93)。

在微量元素原始地幔标准化蛛网图 (见图 5b) 上, 所有样品总体上显示出明显富集 Ba、U、K、Sr 等元素而亏损 Rb、Nb、Ta、P、Ti 等元素的特点。

4 锆石 SHRIMP U-Pb 定年

样品经重液分离和磁选后,在双目镜下手工精选出代表性的锆石,将其与标样一起粘贴制成环氧树脂胶样品靶。将靶上锆石打磨至中心暴露,抛光后进行锆石透射光、反射光、阴极发光 (CL) 的照射和分析。

SHRIMP 定年所用样品靶的制作、锆石阴极发光显微图像 (CL 图像) 照相和锆石 U-Pb 同位素分析在中国地质科学院地质研究所北京离子探针中心进行,按标准测定流程^[46-47]完成。年龄测定选择阴极发光环带明显、晶体干净、内部结构完整、无裂纹、无包裹体、无杂质的锆石,尽量避开锆石中重结晶、重吸收的残留部分,以准确获得锆石的结晶年龄。应用 RSES 参考锆石 TEM (417 Ma) 进行元素分馏校正,SL13 (年龄 572 Ma, U 含量 238×10^{-6}) 标定所测锆石的 U、Th、Pb 含量。数据处理及 U-Pb 谐和图绘制采用 Ludwing 编写的 SQUID 和 ISOPLOT 程序^[48-49],普通铅根据实测²⁰⁴Pb 进行校正。表 3 所列单个数据点的误差为 1σ ,采用²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄,其加权平均值为 95% 的置信度。

表 3 东准噶尔纸房地区花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄分析结果

Table 3 Zircon SHRIMP U-Pb data of the granites in Zhifang area, East Junggar

点号	²⁰⁶ Pb/ %	U/ 10 ⁻⁶	Th/ 10 ⁻⁶	Th/ U	²⁰⁶ Pb*/ 10 ⁻⁶	²⁰⁷ Pb*/ ²⁰⁶ Pb* %	²⁰⁷ Pb*/ ²³⁵ U %	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U 年龄/Ma	1σ		
ZF-2-1.1	0.46	152	85	0.58	9.5	0.05689	2.7	0.57	3.0	0.07253	1.4	451.4	6.0
ZF-2-2.1	0.87	105	42	0.41	6.6	0.05793	4.2	0.58	4.5	0.07222	1.5	449.5	6.5
ZF-2-3.1	0.41	122	56	0.47	7.7	0.05973	2.7	0.60	3.1	0.07323	1.5	455.6	6.6
ZF-2-4.1	2.54	97	43	0.46	6.3	0.05389	12.9	0.54	13.0	0.07328	1.6	455.9	7.2
ZF-2-5.1	0.70	94	40	0.44	5.9	0.05864	6.7	0.59	6.9	0.07270	1.6	452.4	6.9
ZF-2-6.1	0.80	136	85	0.65	8.6	0.05908	5.4	0.60	5.6	0.07329	1.4	456.0	6.3
ZF-2-7.1	1.32	150	83	0.57	9.8	0.05571	5.9	0.58	6.1	0.07496	1.5	465.9	6.6
ZF-2-8.1	1.19	91	41	0.46	6.0	0.05139	8.5	0.53	8.6	0.07523	1.7	467.6	7.5
ZF-2-9.1	0.62	105	50	0.49	6.7	0.05427	4.3	0.56	4.6	0.07420	1.5	461.4	6.6
ZF-2-10.1	1.40	104	46	0.46	6.7	0.05276	9.1	0.54	9.2	0.07405	1.6	460.5	6.9
ZF-2-11.1	0.69	134	78	0.61	8.6	0.05287	5.3	0.54	5.5	0.07463	1.4	464.0	6.3
ZF-2-12.1	0.00	155	97	0.65	9.9	0.05794	3.0	0.59	3.3	0.07436	1.5	462.4	6.7
ZF-3-1.1	0.69	108	53	0.51	6.9	0.05242	5.2	0.5	5.4	0.07401	1.5	460.3	6.6
ZF-3-2.1	0.80	110	62	0.58	7.1	0.05294	6.1	0.5	6.3	0.07444	1.5	462.8	6.7
ZF-3-3.1	0.82	97	43	0.46	6.4	0.05478	4.4	0.6	4.6	0.07617	1.6	473.2	7.3
ZF-3-4.1	0.18	269	180	0.69	17.2	0.05564	1.7	0.6	2.1	0.07412	1.3	461.0	5.7
ZF-3-5.1	1.55	168	102	0.63	10.9	0.05132	6.6	0.5	6.8	0.07424	1.6	461.7	7.1
ZF-3-6.1	1.03	162	134	0.85	10.3	0.05543	6.1	0.6	6.3	0.07316	1.4	455.2	6.2
ZF-3-7.1	0.80	207	174	0.87	13.7	0.05093	4.1	0.5	4.3	0.07667	1.4	476.2	6.2
ZF-3-8.1	0.92	137	74	0.56	9.1	0.05234	7.9	0.6	8.0	0.07624	1.5	473.6	6.8
ZF-3-9.1	1.60	141	76	0.56	8.9	0.04782	9.0	0.5	9.1	0.07201	1.5	448.3	6.5
ZF-7-1.1	0.35	127	67	0.54	7.6	0.05899	3.3	0.57	3.7	0.06973	1.9	434.5	7.8
ZF-7-3.1	0.48	102	54	0.55	6.2	0.05924	4.2	0.58	4.5	0.07049	1.6	439.1	6.6
ZF-7-4.1	0.95	92	39	0.44	5.6	0.05470	4.9	0.53	5.5	0.06995	2.4	435.9	10.2
ZF-7-5.1	1.08	101	50	0.51	6.4	0.05211	9.4	0.52	9.5	0.07263	1.6	452.0	7.2
ZF-7-6.1	0.00	113	49	0.45	6.7	0.06264	4.4	0.60	4.9	0.06896	2.1	429.9	8.9
ZF-7-7.1	1.02	140	66	0.49	8.6	0.05362	2.9	0.52	3.4	0.07055	1.8	439.4	7.5
ZF-7-8.1	0.84	125	61	0.50	7.6	0.05047	6.8	0.49	6.9	0.07041	1.5	438.6	6.4
ZF-7-9.1	0.00	165	107	0.67	9.7	0.05393	2.9	0.51	3.3	0.06859	1.5	427.7	6.2
ZF-7-10.1	0.44	101	45	0.46	6.0	0.05748	4.0	0.54	4.3	0.06847	1.6	426.9	6.4
ZF-7-11.1	0.12	287	171	0.62	17.5	0.05680	1.9	0.56	2.3	0.07091	1.3	441.7	5.5
ZF-7-12.1	0.63	98	50	0.53	5.9	0.05568	5.2	0.53	5.5	0.06942	1.6	432.7	6.9

注: Pb_c和 Pb* 分别表示普通铅和放射性成因铅

从表3可以看出,所测3件样品锆石的普通铅含量较低, $^{206}\text{Pb}_c$ 为0~2.54%,U、Th含量也较低,分别为 91×10^{-6} ~ 287×10^{-6} 、 39×10^{-6} ~ 180×10^{-6} ,Th/U比值为0.41~0.87。锆石的阴极发光结构和特征(见图6)显示:晶体颗粒完整,大部分呈自形长柱状,少数为短柱状;内部均发育清晰规则的韵律生长环带。结合Th/U比值特征,判断所测锆石均具有岩浆成因锆石的特点。

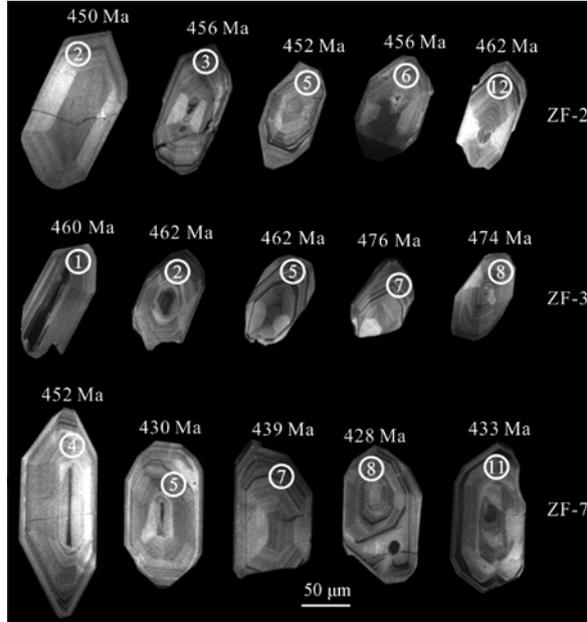


图6 花岗岩样品锆石阴极发光图像

Fig. 6 Cathodoluminescence images of selected zircon from granites

所测3件样品中,每件样品的所有分析点(ZF-2 12个、ZF-3 9个、ZF-7 11个)基本上都落在谐和线上或其附近,呈现较好的谐和性,不存在明显的铅丢失(见图7)。置信度大于95%时,样品ZF-2的 $^{206}\text{P}/^{238}\text{U}$ 年龄加权平均值为 458 ± 4 Ma (MSWD=0.78),样品ZF-3的 $^{206}\text{P}/^{238}\text{U}$ 年龄加权平均值为 463 ± 7 Ma (MSWD=2.0),ZF-7的 $^{206}\text{P}/^{238}\text{U}$ 年龄加权平均值为 436 ± 4 Ma (MSWD=1.1)。由于这些锆石具有明显的岩浆成因振荡环带,所以将年龄 $(463 \pm 7) \sim (436 \pm 4)$ Ma解释为纸房北部黑云母二长花岗岩体的形成年龄,说明该花岗岩体形成于加里东期,是早—中志留世岩浆活动的产物。

5 讨论

东准噶尔地区阿尔曼太和卡拉麦里蛇绿岩带之间分布着大量的花岗岩类(见图1b)。根据现有资料,东准噶尔地区的花岗岩类可划分为早古生代和晚古生代2个旋回^[5,15,17,19,39~40,50~66]。由于晚古生代旋回的花岗岩类岩体数量多、分布广泛,因此相关研究大多集中在晚古生代花岗岩^[15,17,51~66],它们的形成多被认为是东准噶尔晚古生代后碰撞岩浆活动的产物。而早古生代旋回的花岗岩岩体数量少、分布零星,其形成时代与构造背景仅有少数学者进行过论述^[5,19,39]。

虽然前人早在1:200000区域地质填图(红柳峡幅)^[41]以及之后1:250000区域地质填图

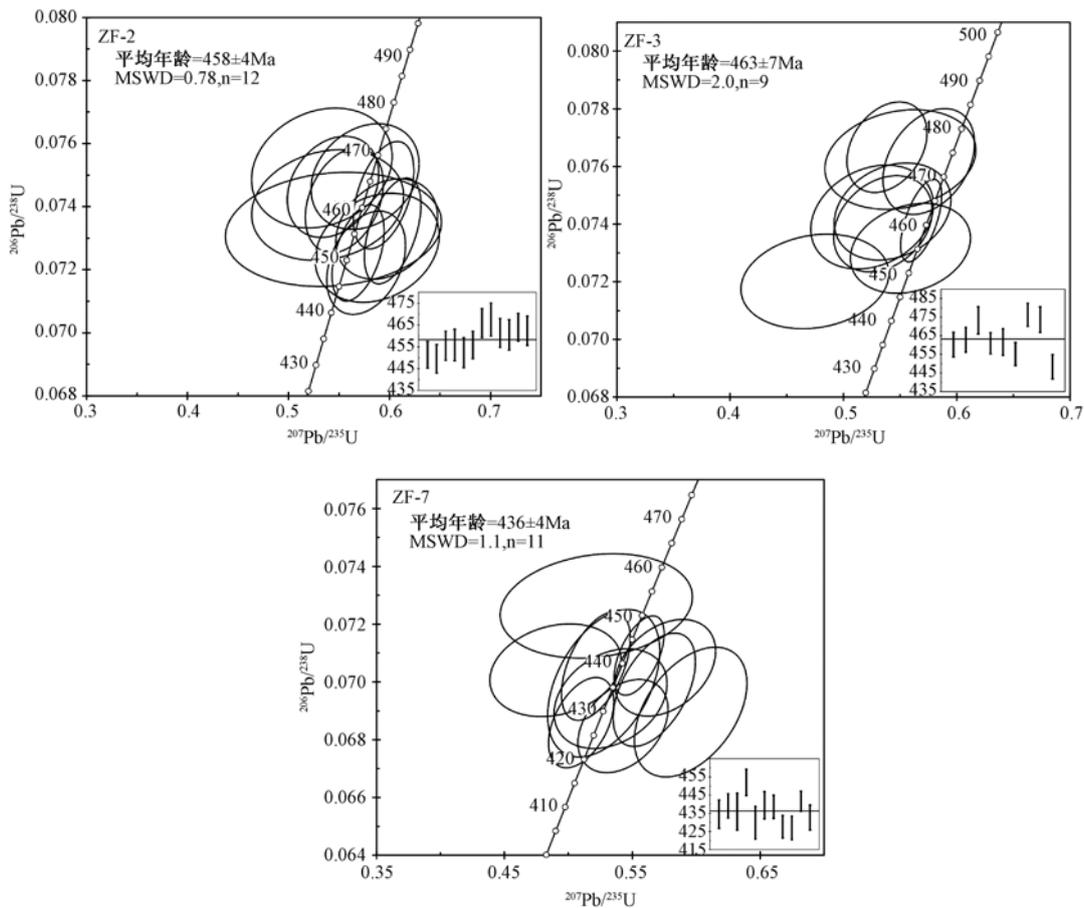


图7 东准噶尔纸房地区花岗岩样品锆石 SHRIMP U-Pb 谐和图

Fig. 7 Concordia plob of zircon SHRIMP U-Pb data of the granites in Zhifang area, East Junggar

(纸房幅)^[67]时,在东准噶尔地区就已经识别出了早古生代(加里东期)花岗岩的存在,但是受到定年手段与技术的限制,他们并没有提供精确年代学方面的约束。郭丽爽等^[39]报道了伊吾县铜华岭斑岩铜矿区存在早古生代中酸性侵入体,岩体时代为中—晚志留世(距今427~419 Ma),但缺少岩体与地层接触关系的证据,而且由于岩体时代与围岩地层时代相矛盾,没有对该岩体形成的构造环境进行详细探讨。杜世俊等^[40]对琼河坝地区和尔赛斑岩铜矿成岩矿体的研究中,揭示出早古生代(距今432~429 Ma)的岩浆活动,但对该期岩浆活动的构造背景也没有给出明确的认识。最近, Xu 等^[19]报道了研究区西北塔黑尔巴斯套地区存在侵位于中—上奥陶统荒草坡群的早—中志留世的花岗斑岩(454~444 Ma)与花岗岩(443~432 Ma)(见图1b),并且认为这些花岗岩类的形成与早古生代古亚洲洋向准噶尔陆块的南向俯冲作用有关。然而,这一观点忽略了一个重要地质事实,即包括塔黑尔巴斯套地区在内的整个卡拉麦里构造带存在上志留统考克塞尔盖组(S_3k)与中—上奥陶统荒草坡群($O_{2-3}hn$)之间明显的区域性角度不整合(另文发表)。

目前获得的资料显示:①卡拉麦里构造带内下志留统普遍缺失;②该间断面为一区域性角度不整合,即区内上志留统考克塞尔盖组(S_3k)与中—上奥陶统荒草坡群($O_{2-3}hn$)之间不整合;③不整合面上、下地层的区域变质程度有明显差异,该面以上的地层(志留系)

变形、变质极轻微,而其下的地层(奥陶系)变形强烈,变质已达绿片岩相以上^[10,26]。这表明卡拉麦里构造带可能存在早古生代造山作用,且造山作用发生在上志留统考克塞尔盖组(S_3k)沉积之前。

本文研究的纸房花岗岩体的锆石年龄为463~436 Ma,而且该岩体侵位于中—上奥陶统,并被上志留统与下泥盆统不整合覆盖。将其侵位年龄与野外产出特征置于上述已有区域地质资料背景下综合分析可以发现,纸房花岗岩体的形成时代大致对应于卡拉麦里构造带内区域性角度不整合所代表的沉积间断记录。因此,本文推测,纸房花岗岩体可能是在早古生代挤压造山抬升环境下侵位所致,属于同造山花岗岩。高Sr(大于 300×10^{-6})、低Yb(小于 2.50×10^{-6})、弱的Eu负异常等地球化学特征表明其属于埃达克型花岗岩^[68],为造山阶段花岗岩的典型代表^[68~71],进一步印证了本文的推测。

纸房地区早古生代同造山花岗岩的确认,证明卡拉麦里构造带存在早古生代造山作用,而且花岗岩的形成时代可以用来限定造山作用的时间,即造山作用发生在晚奥陶世—早志留世(距今463~436 Ma)。

实际上,前人的研究曾揭示出卡拉麦里构造带北侧的阿拉曼太构造带也存在早古生代造山作用^[2,10,17,23,26]。因此,本文推测,在整个东准噶尔地区可能连续分布着早古生代的造山带。

6 结论

东准噶尔纸房地区存在早古生代的花岗岩体,锆石SHRIMP U-Pb测年结果显示,其侵位时代为距今463~436 Ma。

区域地质背景、岩体与围岩的接触关系以及岩体的形成时代与地球化学特征等共同表明,区内的早古生代花岗岩体应该是在造山作用过程中形成的,属于同造山花岗岩。

卡拉麦里构造带存在早古生代的造山作用,造山作用时间为晚奥陶世—早志留世(距今463~436 Ma)。

参 考 文 献

- [1] Coleman R G. Continental growth of Northwest China [J]. *Tectonics*, 1989, 8 (3): 621~635.
- [2] 李锦轶. 试论新疆东准噶尔早古生代岩石圈板块构造演化 [J]. 中国地质科学院院报, 1991, 23: 1~12.
LI Jin-yi. Early Paleozoic evolution of lithosphere plate, east Junggar, Xinjiang [J]. *Bulletin of the Chinese Academy of Geological Sciences*, 1991, 23: 1~12.
- [3] 李锦轶. 新疆东部古元古代晚期和古生代构造格局及其演变 [J]. 地质论评, 2004, 50: 304~322.
LI Jin-yi. Late Neoproterozoic and Paleozoic tectonic framework and evolution of eastern Xinjiang, NW China [J]. *Geological Review*, 2004, 50: 304~322.
- [4] 肖序常, 汤耀庆. 古中亚复合巨型缝合带南缘构造演化 [M]. 北京: 科学出版社, 1991.
XIAO Xu-chang, TANG Yao-qing. *Tectonic Evolution of the Southern Margin of the Paleo-Asian Composite Megasuture* [M]. Beijing: Science Press, 1991.
- [5] 肖序常, 汤耀庆, 冯益民. 新疆北部及其邻区大地构造 [M]. 北京: 地质出版社, 1992.
XIAO Xu-chang, TANG Yao-qing, FENG Yi-min. *Tectonic Evolution of the Northern Xinjiang and its Adjacent Regions* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1992.
- [6] Sengör A M C, Natalin B A, Burtman V S. Evolution of the Altaid tectonic collage and Paleozoic crustal growth in Eurasia [J]. *Nature*, 1993, 364 (6435): 209~304.
- [7] 涂光炽. 新疆北部固体地球科学新进展 [M]. 北京: 科学出版社, 1993.

- TU Guang-zhi. New Improvement of Solid Geosciences in Northern Xinjiang [M]. Beijing: Sciences Press, 1993.
- [8] 何国琦, 李茂松, 刘德权, 等. 中国新疆古生代地壳演化及成矿 [M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1994.
- HE Guo-qi, LI Mao-song, LIU De-quan, et al. Palaeozoic Crustal Evolution and Mineralization in Xinjiang of China [M]. Urumqi: Xinjiang People's Publication House, 1994.
- [9] Jahn B M, Wu F Y, Chen B. Massive granitoid generation in Central Asia: Nd isotope evidence and implication for continental growth in the Phanerozoic [J]. *Episodes*, 2000, 23: 82 ~ 92.
- [10] 何国琦, 李茂松. 中国新疆北部奥陶-志留系岩石组合的古构造、古地理意义 [J]. *北京大学学报: 自然科学版*, 2001, 37 (1): 99 ~ 110.
- HE Guo-qi, LI Mao-song. Significance of paleostructure and paleogeography of Ordovician-Silurian rock associations in Northern Xinjiang, China [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2001, 37 (1): 99 ~ 110.
- [11] 舒良树, 卢华夏, 印栋浩, 等. 新疆北部古生代大陆增生构造 [J]. *新疆地质*, 2001, 19 (1): 59 ~ 63.
- SHU Liang-shu, LU Hua-fu, YIN Dong-hao, et al. Late Paleozoic continental accretionary tectonics in northern Xinjiang [J]. *Xinjiang Geology*, 2001, 19 (1): 59 ~ 63.
- [12] Wang Zhi-hong, Sun Shu, Li Ji-liang, et al. Paleozoic tectonic evolution of the northern Xinjiang, China: geochemical and geochronological constraints from the ophiolites [J]. *Tectonics*, 2003, 22 (2), 1014 ~ 1029.
- [13] Xiao Wen-jiao, Windley B F, Badararch G, et al. Paleozoic accretionary and convergent tectonics of the southern Altai: implications for the growth of central Asia [J]. *Journal of the Geological Society (London)*, 2004, 161: 339 ~ 342.
- [14] Xiao Wen-jiao, Han Chun-ming, Yuan Chao, et al. Middle Cambrian to Permian subduction-related accretionary orogenesis of Northern Xinjiang, NW China: implications for the tectonic evolution of central Asia [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2008, 32 (2 ~ 4): 102 ~ 117.
- [15] 韩宝福, 季建清, 宋彪, 等. 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 [J]. *岩石学报*, 2006, 22 (5): 1077 ~ 1086.
- HAN Bao-fu, JI Jian-qing, SONG Biao, et al. Late Paleozoic vertical growth of continental crust around the Junggar Basin, Xinjiang, China (Part I): timing of post-collisional plutonism [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2006, 22 (5): 1077 ~ 1086.
- [16] 李锦轶, 杨天南, 李亚萍, 等. 东准噶尔卡拉麦里断裂带的地质特征及其对中亚地区晚古生代洋陆格局重建的约束 [J]. *地质通报*, 2009, 28 (12): 1817 ~ 1826.
- LI Jin-yi, YANG Tian-nan, LI Ya-ping, et al. Geological features of the Karamaili faulting belt, eastern Junggar region, Xinjiang, China and its constraints on the reconstruction of Late Paleozoic ocean-continent framework of the Central Asian region [J]. *Geological Bulletin of China*, 2009, 28 (12): 1817 ~ 1826.
- [17] 李亚萍, 李锦轶, 孙桂华, 等. 新疆东准噶尔早泥盆世早期花岗岩的确定及其地质意义 [J]. *地质通报*, 2009, 28 (12): 1885 ~ 1893.
- LI Ya-ping, LI Jin-yi, SUN GUI-hua, et al. Determination of the early Devonian granite in East Junggar, Xinjiang, China and its geological implications [J]. *Geological Bulletin of China*, 2009, 28 (12): 1885 ~ 1893.
- [18] Xu Qin-qin, Ji Jian-qing, Zhao Lei, et al. Tectonic evolution and continental crust growth of Northern Xinjiang in northwestern China: remnant ocean model [J]. *Earth-Science Reviews*, 2013, 126: 178 ~ 205.
- [19] Xu Xing-wang, Jiang Neng, Li Xian-hua, et al. Tectonic evolution of the East Junggar terrane: evidence from the Taheir tectonic window, Xinjiang, China [J]. *Gondwana Research*, 2013, 24: 578 ~ 600.
- [20] 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 新疆维吾尔自治区区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1993.
- Bureau of Geology Mineral Resources of Xinjiang Uygur Autonomous Region. *Regional Geology of Xinjiang Uygur Autonomous Region* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993.
- [21] 李锦轶, 肖序常, 汤耀庆, 等. 新疆东准噶尔卡拉麦里地区晚古生代板块构造的基本特征 [J]. *地质论评*, 1990, 36 (4): 305 ~ 316.
- LI Jin-yi, XIAO Xun-chang, TANG Yao-qing, et al. Main characteristics of Late Paleozoic plate tectonics in the southern part of east Junggar, Xinjiang [J]. *Geological Review*, 1990, 36 (4): 305 ~ 316.
- [22] 李锦轶, 朱宝清, 冯益民. 新疆东准噶尔卡拉麦里地区南明水组研究的新进展 [C] // 305 项目《新疆地质科学》编委会编. 新疆地质科学第 2 辑. 北京: 地质出版社, 1990: 1 ~ 8.
- LI Jin-yi, ZHU Bao-qing, FENG Yi-min. Some new advances in researching the Nanningshui Formation of the Kalameili area, east Junggar, Xinjiang [C] // Editorial board of Geosciences of Xinjiang, 305 Project (ed.) *Geosciences of Xinjiang*, No. 2. Beijing: Science Press, 1990, 1 ~ 8.
- [23] 李锦轶. 试论新疆东准噶尔古生代板块构造演化 [C] // 肖序常, 汤耀庆. 古中亚复合巨型缝合带南缘构造演化. 北京: 科学出版社, 1991: 92 ~ 108.

- LI Jin-yi. Evolution of Paleozoic plate tectonics of east Junggar, Xinjiang, China [C] //XIAO, Xu-chuang, TANG Yao-qing (eds.) Tectonic Evolution of the Southern Margin of the Paleo-Asian Composite Megasuture. Beijing: Science Press, 1991, 92 ~ 108.
- [24] 李锦轶. 新疆东准噶尔蛇绿岩的基本特征和侵位历史 [J]. 岩石学报, 1995, 11 (增刊): 73 ~ 84.
- LI Jin-yi. Main characteristics and emplacement progresses of the east Junggar ophiolites, Xinjiang, China [J]. Acta Petrologica Sinica, 1995, 11 (Suppl.): 73 ~ 84.
- [25] 李嵩龄, 冯新昌, 董富荣, 等. 克拉麦里-塔克札勒-大黑山蛇绿岩建造稀土元素特征 [J]. 新疆地质, 1999, 17 (4): 356 ~ 364.
- LI Song-ling, FENG Xin-chang, DONG Fu-rong, et al. REE features of ophiolitic suite of Kelameili-Takezhale-Daheishan [J]. Xinjiang Geology, 1999, 17 (4): 356 ~ 364.
- [26] 何国琦, 李茂松, 贾进斗, 等. 论新疆东准噶尔蛇绿岩的时代及其意义 [J]. 北京大学学报: 自然科学版, 2001, 37 (6): 852 ~ 858.
- HE Guo-qi, LI Mao-song, JIA Jin-dou, et al. A discussion on age and tectonic significance of ophiolite in eastern Junggar, Xinjiang [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2001, 37 (6): 852 ~ 858.
- [27] 舒良树, 王玉净. 新疆卡拉麦里蛇绿岩带中硅质岩的放射虫化石 [J]. 地质论评, 2003, 49 (4): 408 ~ 412.
- SHU Liang-shu, WANG Yu-jing. Late Devonian-Early Carboniferous radiolarian fossils from siliceous rocks of the Kelameili ophiolite, Xinjiang [J]. Geological Review, 2003, 49 (4): 408 ~ 412.
- [28] 刘希军, 许继峰, 侯青叶, 等. 新疆东准噶尔克拉麦里蛇绿岩地球化学: 洋脊俯冲的产物 [J]. 岩石学报, 2007, 23 (7): 1591 ~ 1602.
- LIU Xi-jun, XU Ji-feng, HOU Qing-ye, et al. Geochemical characteristics of Karamaili ophiolite in east Junggar, Xinjiang: products of ridge subduction [J]. Acta Petrologica Sinica, 23 (7): 1591 ~ 1602.
- [29] 唐红峰, 苏玉平, 刘丛强, 等. 新疆北部卡拉麦里斜长花岗岩的锆石 U-Pb 年龄及其构造意义 [J]. 大地构造与成矿学, 2007, 31 (1): 110 ~ 117.
- TANG Hong-feng, SU Yu-ping, LIU Cong-qiang, et al. Zircon U-Pb age of the plagiogranite in Kalamaili belt, northern Xinjiang and its tectonic implications [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2007, 31 (1): 110 ~ 117.
- [30] 谭佳奕, 吴润江, 张元元, 等. 东准噶尔卡拉麦里地区巴塔玛依内山组火山岩特征和年代确定 [J]. 岩石学报, 2009, 25 (3): 539 ~ 546.
- TAN Jia-yi, WU Run-jiang, ZHANG Yuan-yuan, et al. Characteristics and geochronology of volcanic rocks of Batamayneishan Formation in Kalamaili, Eastern Junggar, Xinjiang [J]. Acta Petrologica Sinica, 2009, 25 (3): 539 ~ 546.
- [31] 汪帮耀, 姜常义, 李永军, 等. 新疆东准噶尔卡拉麦里蛇绿岩的地球化学特征及大地构造意义 [J]. 矿物岩石, 2009, 29 (3): 74 ~ 82.
- WANG Bang-yao, JIANG Chang-yi, LI Yong-jun, et al. Geochemistry and tectonic implications of Karamaili ophiolite in east Junggar of Xinjiang [J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 2009, 29 (3): 74 ~ 82.
- [32] 吴润江, 张元元, 谭佳奕, 等. 新疆卡拉麦里地区晚古生代以来不同构造层特征及大地构造意义 [J]. 地学前缘, 2009, 16 (3): 102 ~ 109.
- WU Run-jiang, ZHANG Yuan-yuan, TAN Jia-yi, et al. The characteristics of different structure layers and tectonic implications since late Paleozoic in Kalamaili Area, Xinjiang [J]. Earth Science Frontiers (China University of Geosciences (Beijing); Peking University), 2009, 16 (3): 102 ~ 109.
- [33] Su Yu-ping, Zheng Jian-ping, Griffin W L, et al. Geochemistry and geochronology of Carboniferous volcanic rocks in the eastern Junggar terrane, NW China: implication for a tectonic transition [J]. Gondwana Research, 2012, 22: 1009 ~ 1029.
- [34] 吴琪, 屈迅, 常国虎, 等. 红柳峡韧性剪切带形成时代及其对准噶尔洋盆闭合时限的约束 [J]. 岩石学报, 2012, 28 (8): 2331 ~ 2339.
- WU Qi, QU Xun, CHANG Guo-hu, et al. Geochronology of the Hongliuxia ductile shear zone and its constraint on the closure time of the Junggar Ocean [J]. Acta Petrologica Sinica, 28 (8): 2331 ~ 2339.
- [35] 赵磊, 季建清, 徐芹芹, 等. 新疆北部卡拉麦里晚古生代走滑构造及其叠加变形序次 [J]. 岩石学报, 2012, 28 (7): 2257 ~ 2268.
- ZHAO Lei, JI Jian-qing, XU Qin-qin, et al. Karamaili strike-slipping fault and deformational sequence since Late Paleozoic in the northern Xinjiang [J]. Acta Petrologica Sinica, 2012, 28 (7): 2257 ~ 2268.
- [36] Jian Ping, Liu Dun-yi, Shi Yu-ruo, et al. SHRIMP dating of SSZ ophiolites from northern Xinjiang Province, China: implications for generation of oceanic crust in the Central Asian Orogenic Belt [C] //Sklyarov E V (ed.). Structural and

Tectonic Correlation across the Central Asia Orogenic Collage: North-Eastern Segment. Irkutsk: Guidebook and abstract volume of the Siberian Workshop IGCP-480, 2005, 246.

- [37] 黄岗, 牛广智, 王新录, 等. 新疆东准噶尔卡拉麦里蛇绿岩的形成和侵位时限——来自辉绿岩和凝灰岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄的证据 [J]. 地质通报, 2012, 31 (8): 1267 ~ 1278.
HUANG Gang, NIU Guang-zhi, WANG Xin-lu, et al. Formation and emplacement age of Karamaili ophiolite: LA-ICP-MS zircon U-Pb age evidence from the diabase and tuff in eastern Junggar, Xinjiang [J]. Geological Bulletin of China, 2012, 31 (8): 1267 ~ 1278.
- [38] 李锦轶, 朱宝清, 冯益民. 南明水组 and 蛇绿岩之间不整合关系的确认及其意义 [J]. 中国区域地质, 1989, (3): 250 ~ 255.
LI Jin-yi, ZHU Bao-qing, FENG Yi-min. Confirmation of the unconformable relationships between the Namingshui Formation and ophiolites and their significance [J]. Regional Geology of China, 1989, (3): 250 ~ 255.
- [39] 郭丽爽, 张锐, 刘玉琳, 等. 新疆东准噶尔铜华岭中酸性侵入体锆石 U-Pb 年代学研究 [J]. 北京大学学报: 自然科学版, 2009, 5 (5): 818 ~ 824.
GUO Li-shuang, ZHANG Rui, LIU Yu-lin, et al. Zircon U-Pb age of Tonghualing intermediate-acid intrusive rocks, eastern Junggar, Xinjiang [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2009, 5 (5): 818 ~ 824.
- [40] 杜世俊, 屈迅, 邓刚, 等. 东准噶尔和尔赛斑岩铜矿成岩成矿时代与形成的构造背景 [J]. 岩石学报, 2010, 26 (10): 2981 ~ 2996.
DU Shi-jun, QU Xun, DENG Gang, et al. Chronology and tectonic setting of the intrusive bodies and associated porphyry copper deposit in Hersai area, eastern Junggar [J]. Acta Petrologica Sinica, 2010, 26 (10): 2981 ~ 2996.
- [41] 新疆地质局区域地质测量大队. 中华人民共和国区域地质调查报告——红柳峡幅 (1:20 万) [R]. 1977.
Regional Geological Survey Group of Xinjiang Geology Bureau. Regional geological surveying report of the People's Republic of China: Hongliuxia (1:200, 000) [R]. 1977.
- [42] Le Bas M J, Le Maitre R W, Streckeisen A, et al. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram [J]. Journal of Petrology, 1986, 27: 745 ~ 750.
- [43] Frost B R, Barnes C G, Collins W J, et al. A geochemical classification for granitic rocks [J]. Journal of Petrology, 2001, 42 (11): 2033 ~ 2048.
- [44] Frost B R, Frost C D. A geochemical classification for feldspathic igneous rocks [J]. Journal of Petrology, 2008, 49 (11): 1955 ~ 1969.
- [45] Sun S S, McDonough W F. Chemical and isotopic systematics of ocean basalts: implications for mantle composition and processes [C] // Saunders A D, Norry M J (eds.). Magmatism in Ocean Basins. London: Geological Society Special Publication, 1989, 42: 313 ~ 345.
- [46] Compston W, Williams I S, Kirschvink J L, et al. Zircon U-Pb ages for the Early Cambrian time scale [J]. Journal of the Geological Society, London, 1992, 149: 171 ~ 184.
- [47] Williams I S. U-Th-Pb geochronology by ion microprobe [J]. Reviews in Economic Geology, 1998, 7: 1 ~ 35.
- [48] Ludwig K R. Squid 1.02: A User's Manual [M]. Berkeley: Berkeley Geochronology Center Special Publication No. 2, 2001.
- [49] Ludwig K R. ISOPLOT 3.0: A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel [M]. Berkeley: Berkeley Geochronology Center Special Publication No. 4, 2003.
- [50] 王中刚, 赵振华, 邹天人, 等. 新疆北部花岗岩类的成因类型及其成矿作用 [C] // 涂光炽. 新疆北部固体地球科学新进展. 北京: 科学出版社, 1993: 127 ~ 136.
WANG Zhong-gang, ZHAO Zhen-hua, ZOU Tian-ren, et al. The genetic types of granitoids and their mineralization in Northern Xinjiang [C] // TU Guang-zhi (ed.). New Improvement of Solid Geosciences in Northern Xinjiang. Beijing: Sciences Press, 1993, 127 ~ 136.
- [51] 韩宝福, 何国琦, 王式洗. 后碰撞幔源岩浆活动、底垫作用及准噶尔盆地基底性质的性质 [J]. 中国科学: D 辑, 1999, 29 (1): 17 ~ 21.
HAN Bao-fu, HE Guo-qi, WANG Shi-guang. Postcollisional mantle-derived magmatism, underplatin and implications for basement of the Junggar Basin [J]. Science in China (Series D), 1999, 29 (1): 17 ~ 21.
- [52] 刘家远, 喻亨祥, 吴郭泉. 新疆东准噶尔两类碱性花岗岩及其地质意义 [J]. 矿物岩石地球化学通报, 1999, 18 (2): 89 ~ 94.
LIU Jia-yuan, YU Heng-xiang, WU Guo-liang. Two kinds of alkaline granites in eastern Junggar, Xinjiang and their geological significance [J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 1999, 18 (2): 89 ~ 94.

- [53] Chen Bin, Jahn B M. Genesis of post collisional granitoids and basement nature of the Junggar Terrane, NW China: Nd-Sr isotope and trace element evidence [J]. *Journal of Asian Earth Science*, 2004, 23: 691 ~ 703.
- [54] 李宗怀, 韩宝福, 宋彪. 新疆东准噶尔二台北花岗岩体和包体的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及其地质意义 [J]. *岩石学报*, 2004, 20 (5): 1263 ~ 1270.
LI Zong-huai, HAN Bao-fu, SONG Biao. SHRIMP U-Pb zircon dating of the Ertaipei granodiorite and its enclaves from eastern Junggar, Xinjiang, and geological implication [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2004, 20 (5): 1263 ~ 1270.
- [55] 苏玉平, 唐红峰, 刘丛强, 等. 新疆东准噶尔苏吉泉铝质 A 型花岗岩的确立及其初步研究 [J]. *岩石矿物学杂志*, 2006, 25 (3): 175 ~ 184.
SU Yu-ping, TANG Hong-feng, LIU Cong-qiang, et al. The determination and a preliminary study of Sujiquan aluminous A-type granites in East Junggar, Xinjiang [J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 2006, 25 (3): 175 ~ 184.
- [56] 苏玉平, 唐红峰, 丛峰. 新疆东准噶尔黄羊山碱性花岗岩体的锆石 U-Pb 年龄和岩石成因 [J]. *矿物学报*, 2008, 28 (2): 117 ~ 126.
SU Yu-ping, TANG Hong-feng, CONG Qiang. Zircon U-Pb age and petrogenesis of the Huangyangshan alkaline granite body in east Junggar, Xinjiang [J]. *Acta Mineralogica Sinica*, 2008, 28 (2): 117 ~ 126.
- [57] 张招崇, 闫升好, 陈柏林, 等. 新疆东准噶尔北部俯冲花岗岩的 SHRIMP U-Pb 锆石定年 [J]. *科学通报*, 2006, 51 (13): 1565 ~ 1574.
ZHANG Zhao-chong, YAN Sheng-hao, CHEN Bo-lin, et al. Zircon SHRIMP U-Pb dating of subduction granites from the East Junggar, Xinjiang [J]. *Science Bulletin*, 2006, 51 (13): 1565 ~ 1574.
- [58] 李月臣, 杨富全, 赵财胜, 等. 新疆贝勒库都克岩体的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其地质意义 [J]. *岩石学报*, 2007, 23 (10): 2483 ~ 2492.
LI Yue-chen, YANG Fu-quan, ZHAO Cai-sheng, et al. SHRIMP U-Pb zircon dating of the Beilekuduk pluton in Xinjiang and its geological implications [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2007, 23 (10): 2483 ~ 2492.
- [59] 林锦富, 喻亨祥, 余心起, 等. 新疆东准噶尔萨北富碱花岗岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 测年及其地质意义 [J]. *岩石学报*, 2007, 23 (8): 1876 ~ 1884.
LIN Jin-fu, YU Heng-xiang, YU Xin-qi, et al. Zircon SHRIMP U-Pb dating and geological implication of the Sabei alkali-rich granite from Eastern Junggar of Xinjiang, NW China [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2007, 23 (8): 1876 ~ 1884.
- [60] 唐红峰, 屈文俊, 苏玉平, 等. 新疆萨惹什克锡矿与萨北碱性 A 型花岗岩成因关系的年代学制约 [J]. *岩石学报*, 2007, 23 (8): 1989 ~ 1997.
TANG Hong-feng, QU Wen-jun, SU Yu-ping, et al. Genetic connection of Sareshike tin deposit with the alkaline A-type granites of Sabei body in Xinjiang: constraint from isotopic ages [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2007, 23 (8): 1989 ~ 1997.
- [61] 闫存兴, 杨高学, 李永军, 等. 东准库布苏南岩体岩石化学特征及其地质意义 [J]. *新疆地质*, 2008, 26 (3): 220 ~ 224.
YAN Cun-xing, YANG Gao-xue, LI Yong-jun, et al. Petrochemistry feature and tectonic significance of the Kubusunan granitic rock mass in east Junggar, Xinjiang [J]. *Xinjiang Geology*, 2008, 26 (3): 220 ~ 224.
- [62] 杨高学, 李永军, 吴宏恩, 等. 东准噶尔卡拉麦里地区黄羊山花岗岩和包体 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年及地质意义 [J]. *岩石学报*, 2009, 25 (12): 3197 ~ 3207.
YANG Gao-xue, LI Yong-jun, WU Hong-en, et al. LA-ICP-MS zircon U-Pb dating of the Huangyangshan pluton and its enclaves from Kalamaili area eastern Junggar, Xinjiang, and geological implications [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2009, 25 (12): 3197 ~ 3207.
- [63] 杨高学, 李永军, 司国辉, 等. 东准库布苏南岩体和包体的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年及地质意义 [J]. *地球科学-中国地质大学学报*, 2010, 35 (4): 597 ~ 610.
YANG Gao-xue, LI Yong-jun, SI Guo-hui, et al. LA-ICP-MS zircon U-Pb dating of Kubusunan granodiorite and the enclaves from Kalamaili area in eastern Junggar, Xinjiang, and its geological implications [J]. *Earth Science-Journal of China University of Geosciences*, 2010, 35 (4): 597 ~ 610.
- [64] 周刚, 张招崇, 吴淦国, 等. 新疆准噶尔北东缘造山后伸展及陆壳生长: 来自哈旦逊杂岩体的岩石学及地球化学的证据 [J]. *地质学报*, 2009, 83 (3): 331 ~ 346.
ZHOU Gang, ZHANG Zhao-chong, WU Gan-guo, et al. Postorogenic extension and continental growth of the Northeastern margin of the Junggar: evidence from petrography and geochemistry of the Hadansun intrusive complex [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2009, 83 (3): 331 ~ 346.
- [65] 甘林, 唐红峰, 韩宇捷. 新疆东准噶尔野马泉花岗岩体的年龄和地球化学特征 [J]. *岩石学报*, 2010, 26 (8):

2374 ~ 2388.

GAN Lin, TANG Hong-feng, HAN Yu-jie. Geochronology and geochemical characteristics of the Yemaquan granitic pluton in East Junggar, Xinjiang [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2010, 26 (8): 2374 ~ 2388.

- [66] 李涂, 何登发, 樊春, 等. 东准噶尔早二叠世后碰撞岩浆活动: 蕴都卡拉流纹岩 SHRIMP U-Pb 年代学、地球化学和 Hf 同位素的制约 [J]. *岩石学报*, 2013, 29 (1): 317 ~ 337.
- LI Di, HE Deng-fa, FAN Chun, et al. Early Permian post-collisional magmatic events, East Junggar: constraints from zircon SHRIMP U-Pb age, geochemistry and Hf isotope of rhyolite in the Yundukala area [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2013, 29 (1): 317 ~ 337.
- [67] 新疆维吾尔自治区地质调查院. 中华人民共和国区域地质调查报告: 纸房幅 (1:25 万) [R]. 2000.
Xinjiang Institute of Geological Survey. Regional geological surveying report of the People's Republic of China: Zhifang (1:250, 000) [R]. 2000.
- [68] 张旗, 金惟俊, 李承东, 等. 再论花岗岩按照 Sr-Yb 的分类: 标志 [J]. *岩石学报*, 2010, 26 (4): 985 ~ 1015.
ZHANG Qi, JIN Wei-jun, LI Cheng-dong, et al. Revisiting the new classification of granitic rocks based on whole-rock Sr and Yb contents: index [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2010, 26 (4): 985 ~ 1015.
- [69] 张旗, 王焰, 熊小林, 等. 埃达克岩和花岗岩: 挑战与机遇 [M]. 北京: 中国大地出版社, 2008.
ZHANG Qi, WANG Yan, XIONG Xiao-lin, et al. Adakite and Granite: Challenge and Opportunity [M]. Beijing: China Land Press, 2008.
- [70] 张旗, 王元龙, 金惟俊, 等. 造山前、造山和造山后花岗岩的识别 [J]. *地质通报*, 2008, 27 (1): 1 ~ 18.
ZHANG Qi, WANG Yuan-long, JIN Wei-jun, et al. Criteria for the recognition of pre-, syn- and post-orogenic granitic rocks [J]. *Geological Bulletin of China*, 2008, 27 (1): 1 ~ 18.
- [71] 张旗. 大陆花岗岩的地球动力学意义 [J]. *岩石矿物学杂志*, 2014, 33 (4): 785 ~ 798.
ZHANG Qi. Geodynamic implications of continental granites [J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 2014, 33 (4): 785 ~ 798.

DETERMINATION OF THE EARLY PALEOZOIC GRANITE IN ZHIFANG AREA, EAST JUNGGAR, XINJIANG AND ITS GEOLOGICAL IMPLICATIONS

XU Qin-qin, ZHAO Lei, NIU Bao-gui

(Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

Abstract: Zhifang granite pluton outcrops in the northern part of Kalamaili tectonic belt, East Junggar Xinjiang. The latest strata intruded by the granite pluton are the Middle-Upper Ordovician Huangcaopo formation and it is unconformably covered by the Upper Silurian and Lower Devonian strata. Zircon SHRIMP U-Pb data showed that the weighted mean $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ age was $(463 \pm 7) \sim (436 \pm 4)$ Ma, which indicated that the granite pluton was emplaced during Late Ordovician and Early Silurian and it was the product of the early Paleozoic magmatic activity. Combining the existing regional geological data, the emplacement age of the granite pluton and the contact relation with the country rocks, it is speculated that the forming time of the granite pluton roughly corresponds to that of the regional angular unconformity in the Kalamaili tectonic belt and the Zhifang granite pluton might be formed during the early Paleozoic orogenic stage. The geochemical characteristics of high Sr, low Yb and weak negative Eu anomalies also suggests that it is the Adak-type syn-orogenic granite. Therefore determination of the syn-orogenic granite in Zhifang defines the presence of early Paleozoic orogenesis in Kalamaili tectonic belt, East Junggar.

Key words: granite; zircon SHRIMP U-Pb data; East Junggar; early Paleozoic; orogenesis