

新疆西准噶尔拉巴花岗岩地球化学特征及年代学研究

魏荣珠

(山西省地质调查院, 山西 太原 030006)

摘要:新疆西准噶尔玛依勒地区的拉巴岩体侵入于下石炭统包古图组中,由花岗闪长岩、石英闪长岩、英云闪长岩、花岗岩组成,以花岗岩为主。其中花岗岩和花岗闪长岩属钙碱性、高钾钙碱性系列,为偏铝质至过铝质岩石,并具有轻稀土-大离子亲石元素富集、Nb-Ta-Ti 等高场强元素亏损的地球化学特征。该岩体两个代表样品的锆石 La-ICP-MS 法 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄分别为 287 ± 5 Ma 和 295.1 ± 2.3 Ma, 表明岩体的结晶年龄为早二叠世,与西准噶尔地区后碰撞花岗岩的时代(年龄峰值 310~295 Ma)相近。综合岩体的地质、地球化学特征和区域地质特征,认为拉巴花岗岩体为准噶尔地区后碰撞阶段伸展期的岩浆活动产物。

关键词:花岗岩 地球化学 锆石 U-Pb 年龄 后碰撞 拉巴 新疆

中图分类号: P588.12⁺1; P597⁺.3

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2010)06-0663-12

Geochemistry and chronology of the Laba intrusion in western Junggar, Xinjiang

WEI Rong-zhu

(Geological Survey of Shanxi Province, Taiyuan 030006, China)

Abstract: Plenty of granitic rocks are exposed in the western Junggar region which has been regarded as one of the most typical areas in the world where the post-collisional vertical continental growth has been recorded. Previous studies were concentrated on the representative intrusions exposed in the eastern part of this region, such as Miaoergou granite pluton, Akebasitao granite pluton, Kelamayi granite pluton, Hongshan granite pluton, Hatu granite pluton and Baogutu adakitic pluton. However, rather insufficient studies were devoted to the granite pluton exposed in Tangbale-Mayile area in the western part of this region. In this paper, the study was concentrated on the geology, geochemistry and U-Pb chronology of the Laba intrusion in the Mayileshan Mountain in order to provide some new data for the discussion on the post-collisional magmatism along the southwestern margin of the western Junggar accretionary orogenic belt. The Laba pluton intruded into the Lower Carboniferous Baogutu Formation. This intrusion occupies about 23.95 km² in the plan view, with the long axis extending about 8 km in NS direction and an EW width of about 5 km. The pluton is composed of granodiorites, quartz-diorites, tonalites and granites, predominantly of granites. Among them, the granodiorite and the granite belong to calc-alkaline to high-K calc-alkaline series and metaluminous to peraluminous rocks. The σ value of granitic rocks varies from 1.09 to 1.91, averagely 1.48; and the A/CNK value varies from 0.87 to 1.34, averagely 1.07, indicating that these rocks are metaluminous to peraluminous. The A/CNK values of two samples

收稿日期: 2010-08-03; 修订日期: 2010-09-01

基金项目: 新疆维吾尔自治区 1:5 万区域地质矿产调查项目

作者简介: 魏荣珠(1966-), 男, 高级工程师, 多年从事区域地质调查工作, 研究方向为构造地质与找矿, E-mail: jzweirongzhu@126.com

are 1.25 and 1.34 respectively, suggesting that they are peraluminous. The chondrite-normalized patterns of the samples assume LREE-enriched and HREE flat with a $(La/Yb)_N$ value varying from 1.04 to 1.39, 1.19 on average. Relative to the primitive mantle, the trace element spider diagram of the samples indicates that these rocks are enriched in large ion lithophile elements (K, Rb and Ba) and depleted in high strength field elements (Nb, Ta, Ti and P). The Laser-ICP-MS mean $^{206}Pb/^{238}U$ ages of 287 ± 5 Ma and 295.1 ± 2.3 Ma were obtained for two representative samples from this pluton, indicating that the age of this pluton is Early Permian. This age is similar to the age of post-collisional granites in the western Junggar region with a peak of 310~295 Ma. On the basis of an integration of geological and geochemical characteristics of this pluton and regional geology, the Laba pluton is held to be a magmatic product of the post-collisional extension in the western Junggar region. The pluton has similar trace element geochemical characteristics to island-arc granites, implying that its magma source had been metasomatized by previous subduction fluids. The closure of paleo-oceans in western Junggar and the adjacent northern Tianshan region happened earlier than 316 Ma. In other words, these regions were under a post-collisional extension episode during the period of Late Carboniferous to Early Permian. Both the oceanic ridge subduction and the subducted oceanic crust melting models cannot be employed to interpret the formation of the Laba granitic pluton.

Key words: granite; geochemistry; zircon U-Pb age; post-collision; Laba; Xinjiang

中国新疆北部地区目前已成为后碰撞-成矿作用研究的热点地区之一,其中后碰撞阶段的时限、古生代地壳双向增生的过程及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(肖序常等, 1992; 何国琦等, 1994; Groves *et al.*, 1998; 涂光炽, 1999; Windley *et al.*, 2002; 韩宝福等, 2006)。王京彬等(2006)将新疆北部后碰撞阶段的主要时限厘定为石炭纪—二叠纪,同时认为后碰撞阶段的伸展期和挤压—伸展转变期是新疆北部地区大规模成矿的高峰期。包括新疆北部地区在内的中亚造山带是古生代大陆地壳生长的最显著地区之一(Jahn *et al.*, 2000),而后碰撞岩浆活动是导致中亚造山带晚古生代大陆地壳垂向生长的重要机制(Chen and Arakawa, 2005; 韩宝福等, 2006)。西准噶尔地区出露有大量花岗质岩石(图 1a),被认为是后碰撞大陆地壳垂向生长记录最典型的地区之一(Chen and Arakawa, 2005; 韩宝福等, 2006)。前期的研究主要集中于该区东部的庙尔沟花岗岩、阿克巴斯套花岗岩、克拉玛依花岗岩、红山花岗岩、哈图花岗岩和包古图埃达克岩(韩宝福等, 2006; 唐功建等, 2009; 张继恩, 2009; Yin *et al.*, 2010)等代表岩体,而对该区西部唐巴勒—玛依勒一带的花岗岩体的研究相对较少。

研究区大地构造位置位于哈萨克斯坦—准噶尔板块、准噶尔微板块之唐巴勒—卡拉麦里古生代复合沟弧带内,区域上断裂构造十分发育,走向多呈北东

—南西向,拉巴花岗岩体产出于玛依勒大断裂的南东侧(图 1b)。本文旨在通过玛依勒山拉巴花岗岩体的地质、地球化学和锆石 U-Pb 年代学研究,为西准噶尔增生造山带西南缘后碰撞岩浆活动的讨论提供新的基础资料。

1 地质背景

玛依勒地区出露的主体地层为志留系至三叠系,各地层单位基本呈断层接触。区内侵入岩较发育,以酸性岩为主,各岩体与围岩均具侵入接触关系。下志留统为一套深海相中基性火山熔岩—火山碎屑岩,并夹有硅质岩,类似蛇绿岩组合;枕状熔岩为一套碱性玄武岩,源区为富集地幔,构造环境可能为洋盆中海山或洋岛;枕状熔岩 Rb-Sr 同位素等时线年龄为 435.3 ± 6.5 Ma 和 432.5 ± 7.4 Ma(魏荣珠, 2010),中上志留统玛依拉山群为粉砂岩、砂岩和砾岩。中泥盆统库鲁木迪组分为上下两岩性单元:下部主要是一套磨拉石沉积,上部是类复理石沉积,间夹酸性火山碎屑岩。这套沉积在巴尔雷克山出露最好,上部出现的腕足类和封印木化石表明在中泥盆世早期磨拉石沉积之后仍是海相沉积环境(肖序常等, 1991)。石炭系包括包古图组、希贝库拉斯组 and 姜巴斯套组。包古图组岩性为灰—灰黑色薄层状凝灰质粉砂岩、凝灰粉砂质泥岩和灰—灰绿色薄层状细粒凝灰岩不均匀互层,夹火山灰层凝灰岩、凝

灰质砂岩、粉砂岩、细-中粒砂岩、长石砂岩、圆砾岩、硅质岩、凝灰角砾岩、安山玢岩和大理岩化灰岩,属中深海相火山-陆源碎屑沉积,产出芦木、海百合茎、珊瑚化石及腕足类和腹足类化石(李行等,1987);希贝库拉斯组分布较广,与包古图组多整合接触,岩性主要为灰-青灰色厚层块状、细-粗粒凝灰质砂岩与层凝灰岩不均匀互层,夹暗灰-灰黑色凝灰质粉砂泥岩、凝灰质粉砂岩、凝灰角砾岩。局部地段有圆砾岩、硅质岩、生物碎屑灰岩及安山玢岩透镜体夹层,属浅海陆源碎屑及火山沉积组合,产珊瑚、腕足类化石(李行等,1987);姜巴斯套组的岩性主要为一套偏正常的陆源碎屑沉积岩,局部夹火山碎屑岩,主要岩性为灰褐色砂砾岩、褐灰色碳酸盐化中粗粒长石岩屑砂岩,局部夹青灰色碎裂岩化英安质复屑凝灰岩、灰色沉凝灰岩,产似棒珊瑚 *Clavilorma* sp. 及植物类化石。二叠系哈尔加乌组为一套陆相中基性火山熔岩、火山碎屑岩夹少量正常碎屑岩建造,岩性主要为灰紫色、紫红色、灰绿色安山质火山角砾岩、安山质角砾熔岩、安山质集块岩、安山玢岩、安山岩、石英安山岩,夹安山质含角砾晶屑岩屑凝灰岩、橄榄玄武岩、辉石安山玢岩及少量细粒凝灰质砂岩、粉砂岩。三叠系尖山沟组属陆源碎屑-磨拉石建造,岩性主要为紫红色砾岩、角砾状粗砾岩夹含砾粉砂质泥岩。

拉巴岩体分布于玛依勒山一带,岩体长轴呈南北向(图1b),南北长约8 km,东西最宽约5 km,面积约23.95 km²。岩体可分为3套:北部岩性为中粗粒花岗闪长岩,中部岩性为中粒石英闪长岩,南部岩性为中细粒英云闪长岩,呈现出正常岩浆演化序列,且三者呈涌动式接触关系,一般有1~2 m的过渡带。岩体中各类脉岩发育,主要有闪长玢岩、斜长花岗斑岩、英云闪长玢岩、石英闪长玢岩、石英二长斑岩、石英斑岩、花岗岩脉等。脉体走向分为北西向、近南北向及北东向,部分随岩体形状变化而有规律的变化,脉体宽1~20 m,长数十米至数千米不等,以脉状、透镜状、串珠状为主。岩体侵入于石炭系下统包古图组地层中,岩体与围岩的接触界线在地表多呈不规则弯曲状,接触面一般向外陡倾。在侵入接触带上,围岩中广泛发育角岩化带,宽250~1200 m,局部有混染交代现象。内接触带蚀变较强烈,岩石中暗色矿物增多,根据岩体产出形态显示为被动式就位机制。在拉巴岩体西南一带还分布一些规模较小的侵入体,一般长不足1.5 km,宽小于800 m,岩性以花岗闪长岩、石英闪长岩、英云闪长岩为主,岩体产状

多呈不规则小岩株、岩枝状产出,围岩蚀变不强。总体上,该岩体为同岩浆源形成的由中性向酸性演化序列的侵入体。

2 岩石学特征

拉巴岩体主要岩性为花岗岩、花岗闪长斑岩、石英闪长玢岩和英云闪长岩,以花岗岩为主,在边部发育有长英质角岩。

花岗岩:具细微粒花岗结构,块状构造。斜长石(42%):半自形板状,双晶、环带构造发育;钾长石(30%):他形粒状,具条纹结构,为条纹长石;石英(28%):他形粒状,表面干净,波状消光;黑云母(少量):他形片状,浅黄-黄褐色,多色性显著。

花岗闪长斑岩:斑状结构,基质具细微粒花岗结构,块状构造。斑晶42%:斜长石(25%)呈半自形板状,双晶、环带构造发育;钾长石(2%):他形粒状,具条纹结构,为条纹长石;石英(5%):他形粒状,表面干净,波状消光;普通角闪石(3%)为柱状,浅黄褐色,闪石式解理完全;黑云母(7%):他形片状,浅黄~黄褐色,多色性显著。基质58%:具微粒花岗结构,斜长石(20%)双晶发育;钾长石(8%)为条纹长石;石英表面干净,波状消光。

石英闪长玢岩:斑状结构,基质半自型细粒状结构,块状构造。岩石由斑晶和基质组成。斑晶(17%):斜长石(15%)半自形板状,双晶、环带结构发育,具黝帘石化;石英(2%):他形粒状结构,表面干净,波状消光。基质(83%):具半自型细粒状结构,斜长石(58%)半自型板状,双晶发育,具轻微黝帘石化;石英(5%):他形粒状,表面干净,波状消光;黑云母(15%):他形片状,浅黄-棕褐色,多色性显著;角闪石(5%):柱状,浅黄绿色-深绿色,闪石式解理完全,轻微绿帘石化。

石英闪长岩:半自型中细粒状结构,块状构造。岩石由斜长石(83%)、石英(10%)、普通角闪石(2%)、黑云母(5%)和少量钾长石组成。锆石呈正方双锥柱状、针状,晶体长0.51~0.03 mm,宽0.12~0.024 mm,大小不等,长宽比为2:1、3:1、3:2、4:1、4:2、5:2、5:3、6:2、7:3、8:4、12:3。颜色浅褐黄色、黄褐色,透明,金刚光泽,晶面光滑,晶棱平直,少数晶棱、晶面界线清晰,大部分晶棱、晶面界线不清楚,内含暗色矿物包裹体及小锆石。

拉巴岩体西南一带侵入体岩性以花岗岩、斜长

花岗斑岩为主。

花岗岩:肉红色,细粒花岗结构,块状构造。岩石由钾长石、斜长石、石英、黑云母组成。钾长石(30%)呈它形粒状,发育条纹结构,斜长石(42%)半自形板状,双晶发育,发育聚片双晶的环带构造,轻微绢云母化;石英(28%)他形粒矿,发育微裂纹,具波状消光;黑云母(少量)它形粒状,具褐色-浅黄多色性,稀疏分布。

斜长花岗斑岩:呈青灰色,斑状结构、基质具微粒花岗结构,块状构造。岩石由斑晶和基质组成。斑晶(35%):由斜长石组成,半自形板状,双晶发育,轻微黝帘石化、泥化。基质(65%):具微粒花岗结构,斜长石(30%)呈半自形板状,双晶发育;石英(32%)表面干净,波状消光;电气石(3%):柱状,黄褐色-绿色,特征反吸收性。

3 岩石地球化学特征

本文共对拉巴岩体7件样品进行了主量、稀土和微量元素测试,测试结果见表1。用于测试的7件花岗质岩样品的挥发分(LOI)含量均小于5%,表明样品没有经过强烈的蚀变。 SiO_2 含量介于65.94%~72.91%之间,平均68.41%;全碱($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$)含量为5.22%~6.93%, $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 介于0.66~1.97(大部分大于1,平均为1.32),表明岩石富钠。岩石里特曼指数(σ)为1.09~1.91,平均为1.48,为钙碱性。具有较高的 Al_2O_3 含量(17.36%~16.32%,平均15.35%);其铝饱和度 A/CNK 为0.87~1.34,偏铝质至过铝质(图2a),平均为1.07,其中两个样品分别为1.25和1.34(>1.1),为过铝质。 MgO 含量较低(0.28%~1.45%,平均为1.16%), $\text{Mg}^\#$ 值 $[\text{Mg}^\# = 100 \times \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^\text{T})]$,摩尔数为42~79,表明岩浆发生了一定的分异作用。 α (刚玉标准分子)含量为0~4.63%, Q (标准石英)含量为22.99~36.06%。在 $\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ 图解(图2b)中,样品全部落入钙碱性、高钾钙碱性系列岩区。在 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ 岩浆岩分类图中(图2c)中,D7101YQ-1和P17GS-1样品为花岗岩,其他样品为花岗闪长岩。

岩石稀土元素总量较低,平均为 111.41×10^{-6} ,其中轻稀土元素平均含量为 97.10×10^{-6} ,重稀土元素含量平均为 14.31×10^{-6} ,轻、重稀土元素比值 LREE/HREE 值为5.96~7.92,为轻稀土元素富集

型。 δEu 为0.65~1.31,P20YQ-1和P20YQ-2的 δEu 分别为1.03和1.31,具Eu正异常,而其他样品的 δEu 在0.65~0.98,具弱负异常。球粒陨石标准化曲线图(图3a)为右倾斜的轻稀土元素富集、重稀土元素平坦型, $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 在4.42~7.21,平均5.71, $(\text{Gd}/\text{Yb})_N$ 在1.04~1.39,平均1.19。相对于原始地幔的微量元素蜘蛛网图(图3b)表明岩石富集K、Rb、Ba大离子亲石元素,亏损Nb、Ta、Ti和P高场强元素。微量元素洋脊花岗岩岩标准化蛛网图(图4)亦显示富集强相容元素K、Rb、Ba、Th,亏损不相容元素Nb、Ta、Zr、Hf、Sm、Y和Yb。样品曲线形态较为相似,说明所有样品具有相似的地球化学特征和相同的形成环境。

3 同位素测年

选择拉巴岩体的两个代表样品进行了U-Pb年代学研究,测试由中国地质科学院天津地质矿产研究所同位素实验测试室完成。首先对分选出的单颗粒锆石制靶、抛光、照相。将锆石样品用双面胶粘在载玻片上,放上PVC环,然后将环氧树脂和固化剂进行充分混合后注入PVC环中,待树脂充分固化后将样品座从载玻片上剥离,并对其进行抛光,然后对靶上样品照阴极发光照片、反射光和透射光照片。根据锆石阴极发光照片、反射光和透射光照片选择锆石的合适区域,利用193 nm FX激光器对锆石进行剥蚀,激光剥蚀的斑束一般为35或50 μm ,能量密度为13~14 J/cm^2 ,频率为8~10 Hz,激光剥蚀物质以He为载气送入Neptune(MC-ICPMS),利用动态变焦扩大色散使质量数相差很大的U-Pb同位素可以同时接收从而进行U-Pb同位素测定。锆石标样采用TEMORA标准锆石。数据处理采用中国地质大学刘勇胜老师编写的ICPMSDataCal程序和Ludwig的Isplot程序进行分析和作图,采用 ^{208}Pb 对普通铅进行校正。利用NIST612作为外标计算锆石样品的Pb、U、Th含量。

两个代表样品的岩性分别为花岗岩和花岗闪长岩。花岗岩(P20TW1)分析结果见表2,谐和图见图5a,得到锆石 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄结果为 287 ± 5 Ma;其中13、17和18测试点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄为267~268 Ma,比加权平均年龄小,可能是由于锆石经历后期铅丢失所致。花岗闪长岩(P20TW2)分析结果见表3,谐和图见图5b,锆石 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平

表 1 拉巴岩体花岗岩主量($w_B/\%$) 稀土元素和微量元素($w_B/10^{-6}$)化学分析数据表Table 1 Major elements($w_B/\%$), rare earth elements and trace elements($w_B/10^{-6}$) of the Laba granitoids

样品编号	P17GS-1	P4GS-3	P20YQ-1	D7106YQ-1	P20YQ-2	D7101YQ-1	P4GS-2
SiO ₂	72.97	67.22	67.35	70.4	66.76	68.21	65.94
TiO ₂	0.29	0.67	0.49	0.56	0.52	0.51	0.56
Al ₂ O ₃	13.76	15.99	15.21	15.38	16.16	14.62	16.32
Fe ₂ O ₃	1.07	1.78	1.49	0.88	2.04	1.62	1.99
FeO	0.7	0.65	2.3	1.1	1.9	1.6	0.55
MnO	0.04	0.03	0.09	0.05	0.07	0.07	0.03
MgO	0.28	1.37	1.21	0.89	1.77	1.45	1.13
CaO	1.63	2.69	4.32	2.8	4.49	3.87	3.25
Na ₂ O	4.2	2.49	3.87	3.98	3.61	3.73	2.19
K ₂ O	2.55	2.73	2.96	2.95	1.83	2.68	3.3
P ₂ O ₅	0.08	0.16	0.12	0.11	0.12	0.13	0.18
烧失量	2.21	1.33	1	0.66	0.08	0.74	3.74
总量	99.78	97.11	100.41	99.76	99.35	99.23	99.18
A/CNK	1.09	1.34	0.87	1.04	1.00	0.91	1.25
La	28.7	20.5	23.2	17.3	13.8	19.3	26.4
Ce	56.8	48.4	45.7	32.2	25.5	39.6	52.4
Pr	7.37	7.31	5.77	4.4	3.28	5.46	7.22
Nd	26.7	27.9	20.6	16.3	12.1	20.7	26.3
Sm	5.19	5.66	4.28	3.43	2.47	4.5	5.19
Eu	1.01	1.2	1.36	1.04	1	0.93	1.22
Gd	4.34	4.64	3.82	3.08	2.23	3.86	4.38
Tb	0.72	0.8	0.68	0.54	0.37	0.66	0.74
Dy	4.18	4.76	3.94	3.29	1.96	3.89	4.31
Ho	0.81	0.92	0.78	0.66	0.38	0.75	0.83
Er	2.28	2.62	2.32	1.9	1.13	2.13	2.38
Tm	0.41	0.47	0.41	0.35	0.19	0.38	0.43
Yb	2.75	3.1	2.87	2.36	1.28	2.56	2.92
Lu	0.4	0.44	0.42	0.35	0.19	0.38	0.41
Y	22.9	24.9	22.2	19	10.7	20.7	23
P	349	699	524	480	524	568	786
Cr	5.24	29.8	12.3	19.7	28.7		
Ni	3.68						
Co	1.49						
Rb	60.8	43.1		68.8		59.3	52.1
Zr	188	365		213		153	343
Hf	5.61	8.88		5.51		4.6	8.38
Sc	2.42	4.45		5.15		8.85	4.35
Nb	16.2	12.8		5.95		6.96	11.9
Ta	1.38	1		0.59		0.86	0.93
Th	9.3	9.68		6.96		10	9.61
Ba	562	506		850		542	577
Sr	82	292		392		489	91.2
Ti	1 740	4 020	2 940	3 360	3 120	3 060	3 360
K	21 160	22 653	24 562	24 479	15 185	22 238	27 383
∑REE	142	129	116	87	66	105	135
(La/Yb) _N	6.98	4.42	5.41	4.90	7.21	5.04	6.05
(Gd/Yb) _N	1.26	1.19	1.06	1.04	1.39	1.20	1.20
δEu	0.65	0.72	1.03	0.98	1.31	0.69	0.79

主量元素分析由国土资源部中南矿产资源监督检测中心实验室采用 XRF 方法完成,对主要氧化物的分析精度误差 $<2\%$, MnO 和 P₂O₅ 的分析精度误差 $<5\%$,微量元素含量分析由国土资源部中南矿产资源监督检测中心实验室采用 ICP-MS 方法完成,分析精度误差 $<10\%$,其中 P、Ti 和 K 的含量通过主量测试结果计算而来。

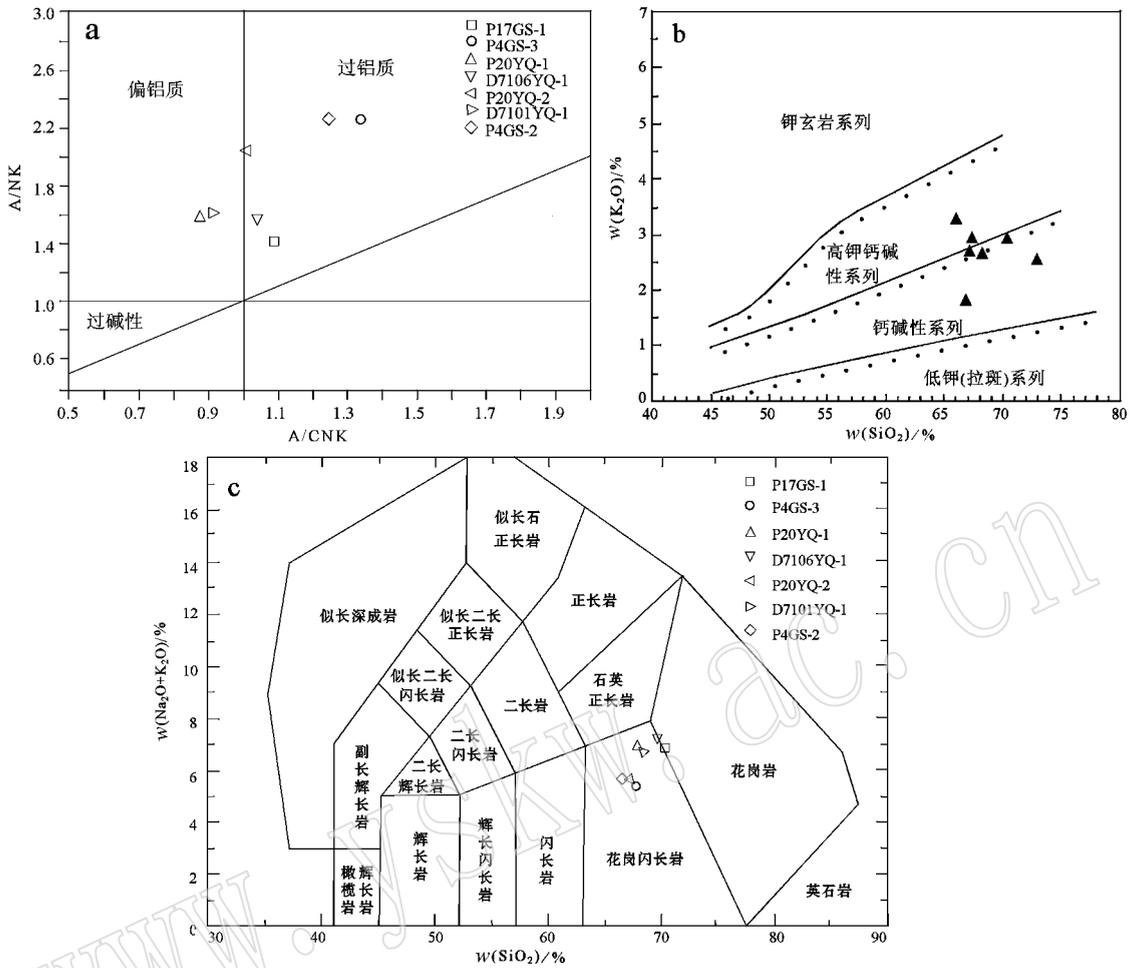


图 2 拉巴岩体的 $Al_2O_3/(Na_2O + K_2O) - Al_2O_3/(CaO + Na_2O + K_2O)$ (a), $K_2O - SiO_2$ (b) 和 $(Na_2O + K_2O) - SiO_2$ (c) 图解
 Fig. 2 $Al_2O_3/(Na_2O + K_2O) - Al_2O_3/(CaO + Na_2O + K_2O)$ (a), $K_2O - SiO_2$ (b) and $(Na_2O + K_2O) - SiO_2$ (c) diagrams of the Laba pluton

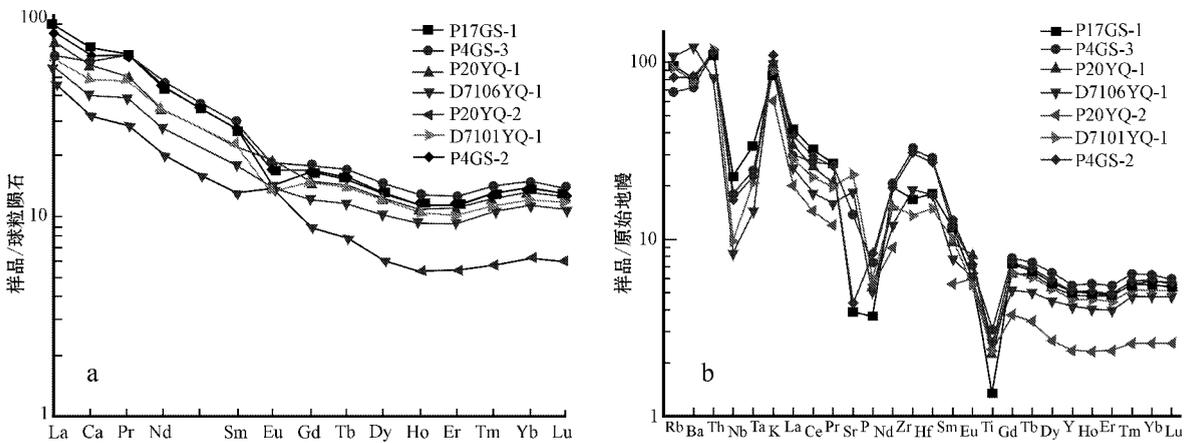


图 3 样品的稀土元素球粒陨石标准化分布型式图 (a) 和微量元素蜘蛛网图 (b) (Sun and McDonough, 1989)
 Fig. 3 Chondrite-normalized REE diagrams (a) and primitive mantle-normalized spidergrams (b) (Sun and McDonough, 1989)

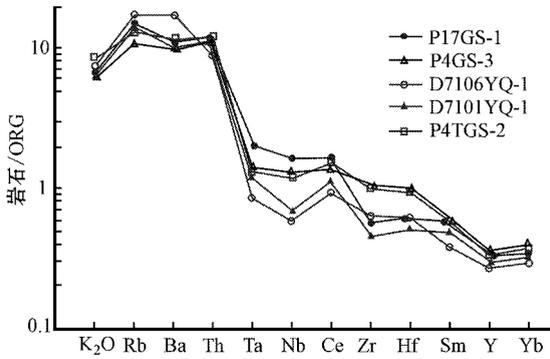


图 4 微量元素 ORG 标准化蛛网图

Fig. 4 ORG-normalized spidergrams

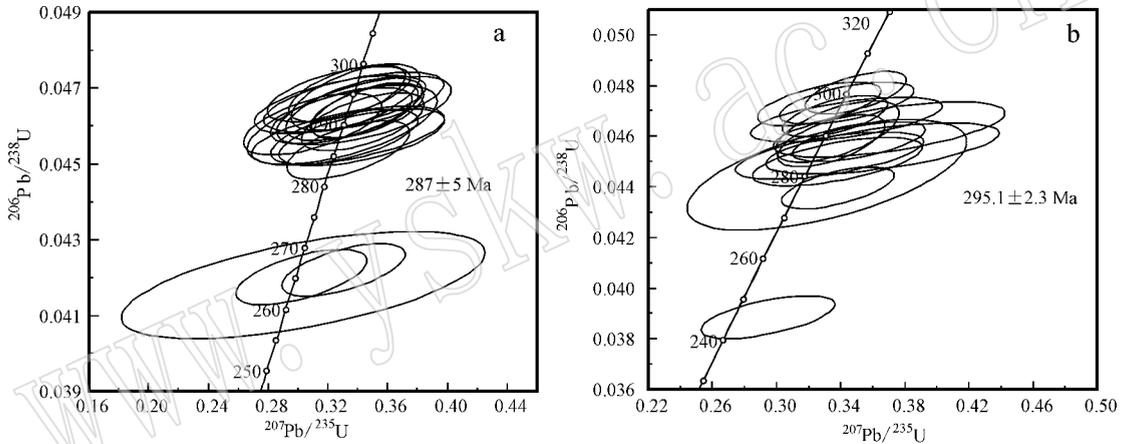


图 5 拉巴岩体花岗岩 (a) 和花岗闪长岩 (b) 的锆石 U-Pb 谐和图

Fig. 5 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U} - ^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ concordia diagram for Laba granite (a) and granodiorite (b)

闪长岩属钙碱性、高钾钙碱性系列,为偏铝质至过铝质岩石(图 2a, 2b),并具有轻稀土元素富集(图 3a) 贫 Nb-Ta-Ti 等高场强元素(图 3b) 的地球化学特征。这些地球化学特征类似于岛弧花岗岩,其相对于洋中脊花岗岩的标准化曲线(图 4) 也显示拉巴岩体的花岗岩岩石类似于智得岛弧花岗岩和牙买加岛弧花岗岩(Pearce *et al.*, 1984)。最近, Geng 等(2009) 曾用洋脊俯冲模型来解释西准噶尔地区晚石炭世(308 ± 6 Ma ~ 296 ± 3 Ma) 的闪长质岩、钙碱性花岗岩、碱长花岗岩的成因,但本文报道的拉巴岩体时代稍晚几个百万年。与包古图铜矿成矿相关的埃达克岩(315 ~ 310 Ma) 成因也被解释为与俯冲洋壳的熔融过程相关(唐功建等, 2009)。

但另外一些学者的研究却表明造山带中后碰撞花岗岩的类型多样,主量元素特征属于中高钾钙碱

均年龄结果为 295.1 ± 2.3 Ma, 其中 16 点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄为 257 Ma, 比加权平均年龄小,也可能是由于锆石经历后期铅丢失所致。结合这些锆石的阴极发光图像均显示典型岩浆成因的震荡环带特征,这两个 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄可以代表岩体的结晶年龄。花岗闪长岩的形成较花岗岩稍早,但二者的形成时代均为早二叠世。

4 讨论

拉巴岩体由花岗闪长岩、石英闪长岩、英云闪长岩、花岗岩组成,以花岗岩为主。其中花岗岩和花岗

性系列和钾玄岩系列,并以钙碱性系列为主,微量元素也可具轻稀土、大离子亲石元素富集、高场强元素亏损的特点,在微量元素的构造环境判别图上可以落在多种构造环境的区域,结合区域地质的高精度年代学研究是讨论限定后碰撞花岗岩活动时间的重要手段(韩宝福, 2007)。根据西准噶尔数十个花岗岩质岩体的 U-Pb 年代学的资料,韩宝福等(2006) 提出该区后碰撞深成岩浆活动时限在 340 ~ 275 Ma, 并主要集中在 310 ~ 295 Ma 之间。拉巴岩体的 287 ± 5 Ma 和 295.1 ± 2.3 Ma 年龄结果可能说明其形成于西准噶尔造山带后碰撞演化过程中。拉巴岩体的 Rb-Y+Nb 图解(图 6) 也证实其类似于前人获得的西准噶尔、东准噶尔和北伊犁地块的后碰撞花岗岩(Han *et al.*, 2010)。

至于拉巴岩体具有的类似于岛弧花岗岩的微量

表 2 拉巴花岗岩锆石 U-Pb 数据表

Table 2 U-Pb data of zircons from Laba granite

$\omega_{\text{U}}/10^{-6}$		同位素比值										同位素年龄/Ma							
Pb	U	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1σ	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	1σ	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	1σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1σ		
P20TW1																			
1	8	93	0.0460	0.0003	0.3095	0.0188	0.0488	0.0030	0.0141	0.0005	0.2927	0.0000	0.0000	290	2	274	17	136	28
2	14	240	0.0464	0.0003	0.3447	0.0146	0.0539	0.0022	0.0089	0.0004	0.4886	0.0003	0.0003	297	2	301	13	366	24
3	8	110	0.0464	0.0003	0.3376	0.0186	0.0527	0.0029	0.0144	0.0004	0.3773	0.0001	0.0001	293	2	295	16	317	33
4	11	133	0.0468	0.0004	0.3384	0.0175	0.0525	0.0027	0.0158	0.0005	0.3449	0.0000	0.0000	295	2	296	15	307	28
5	11	144	0.0469	0.0003	0.3328	0.0159	0.0515	0.0025	0.0148	0.0004	0.3669	0.0001	0.0001	295	2	292	14	264	31
6	10	136	0.0464	0.0003	0.3462	0.0156	0.0541	0.0024	0.0164	0.0005	0.4190	0.0000	0.0000	296	2	302	14	376	30
7	14	134	0.0454	0.0003	0.3336	0.0168	0.0533	0.0027	0.0200	0.0006	0.2637	0.0000	0.0000	290	2	292	15	343	28
8	6	70	0.0464	0.0004	0.3441	0.0239	0.0538	0.0037	0.0179	0.0007	0.3457	0.0000	0.0000	297	2	300	21	362	33
9	9	105	0.0461	0.0003	0.3435	0.0168	0.0540	0.0026	0.0145	0.0005	0.2820	0.0000	0.0000	291	2	300	15	372	26
10	6	66	0.0466	0.0003	0.3375	0.0246	0.0525	0.0038	0.0159	0.0006	0.2620	0.0000	0.0000	294	2	295	22	307	30
11	5	57	0.0460	0.0004	0.3296	0.0260	0.0519	0.0040	0.0157	0.0006	0.3082	0.0001	0.0001	290	3	289	23	283	35
12	8	98	0.0463	0.0003	0.3290	0.0194	0.0516	0.0030	0.0145	0.0005	0.3115	0.0000	0.0000	292	2	289	17	267	31
13	9	136	0.0422	0.0003	0.3305	0.0169	0.0568	0.0029	0.0110	0.0004	0.4010	0.0001	0.0001	268	2	290	15	484	33
14	8	90	0.0457	0.0003	0.3335	0.0264	0.0529	0.0041	0.0123	0.0006	0.2493	0.0000	0.0000	289	2	292	23	324	27
15	6	84	0.0468	0.0003	0.3273	0.0195	0.0507	0.0030	0.0140	0.0004	0.4214	0.0001	0.0001	295	2	287	17	226	27
16	7	85	0.0466	0.0003	0.3283	0.0234	0.0511	0.0036	0.0137	0.0006	0.3017	0.0000	0.0000	292	2	288	21	247	28
17	6	83	0.0420	0.0003	0.3023	0.0180	0.0522	0.0031	0.0124	0.0004	0.3224	0.0000	0.0000	267	2	268	16	293	34
18	2	22	0.0418	0.0006	0.3035	0.0497	0.0527	0.0094	0.0147	0.0010	0.3869	0.0000	0.0000	268	4	269	44	314	29
19	8	112	0.0457	0.0003	0.3310	0.0201	0.0525	0.0031	0.0134	0.0004	0.4172	0.0000	0.0000	289	2	290	18	308	27
20	4	58	0.0457	0.0003	0.3426	0.0226	0.0544	0.0036	0.0171	0.0006	0.4529	0.0001	0.0001	293	2	299	20	386	32

表中所有误差均为 1σ 误差; 1~16、18~20 号点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄加权平均值为 $287 \pm 5 \text{ Ma}$ 。

表 3 拉巴花岗岩闪长岩锆石 U-Pb 数据表

Table 3 U-Pb data of zircons from Laba granodiorite

Pb	U	同位素比值						同位素年龄/Ma										
		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1σ	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	1σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1σ			
P20TW2																		
1	13	172	0.0473	0.0003	0.3437	0.0172	0.0527	0.0026	0.0144	0.0004	0.4103	0.0012	298	2	300	15	316	28
2	8	93	0.0458	0.0003	0.3513	0.0169	0.0556	0.0027	0.0200	0.0006	0.3618	0.0013	296	2	306	15	438	24
3	123	1432	0.0477	0.0003	0.3494	0.0129	0.0531	0.0019	0.0144	0.0004	0.2981	0.0027	301	2	304	11	333	33
4	39	342	0.0458	0.0004	0.3342	0.0137	0.0529	0.0021	0.0173	0.0005	0.2093	0.0014	291	3	293	12	324	28
5	16	87	0.0467	0.0004	0.3435	0.0244	0.0534	0.0037	0.0273	0.0015	0.1737	0.0019	300	2	300	21	346	31
6	5	66	0.0445	0.0009	0.3313	0.0356	0.0541	0.0045	0.0192	0.0021	0.4255	0.0037	288	6	291	31	373	30
7	5	57	0.0450	0.0004	0.3380	0.0216	0.0545	0.0034	0.0175	0.0006	0.3782	0.0006	290	2	296	19	391	28
8	4	48	0.0455	0.0004	0.3660	0.0298	0.0583	0.0047	0.0163	0.0007	0.3630	0.0008	290	3	317	26	542	30
9	3	57	0.0439	0.0010	0.3685	0.0390	0.0608	0.0050	0.0174	0.0020	0.7140	0.0078	293	6	319	34	633	35
10	13	179	0.0462	0.0005	0.3379	0.0157	0.0531	0.0024	0.0148	0.0005	0.4378	0.0051	293	3	296	14	332	31
11	4	69	0.0463	0.0004	0.3702	0.0295	0.0580	0.0045	0.0123	0.0004	0.7702	0.0188	299	3	320	25	531	33
12	10	140	0.0473	0.0004	0.3266	0.0157	0.0501	0.0024	0.0143	0.0004	0.4236	0.0041	298	2	287	14	200	27
13	6	112	0.0440	0.0003	0.3383	0.0143	0.0558	0.0023	0.0114	0.0003	0.7418	0.0084	293	2	296	13	445	27
14	22	315	0.0468	0.0003	0.3366	0.0134	0.0522	0.0021	0.0145	0.0004	0.4699	0.0036	295	2	295	12	294	28
15	6	65	0.0452	0.0004	0.3330	0.0240	0.0534	0.0039	0.0190	0.0007	0.3444	0.0016	289	2	292	21	345	34
16	4	62	0.0389	0.0003	0.2947	0.0171	0.0550	0.0032	0.0180	0.0006	0.4661	0.0030	257	2	262	15	413	29

表中所列误差均为 1σ 误差; 1—15 号点的表面年龄加权平均值为 295.1 ± 2.3 Ma。

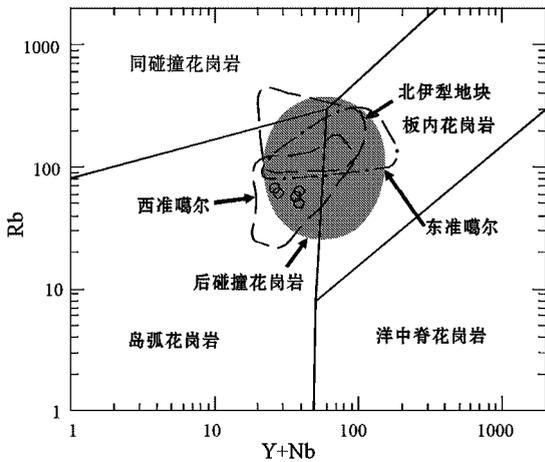


图 6 拉巴岩体的 Rb - Y + Nb 图解

[据 Han 等(2010) 改编]

Fig. 6 Rb - Y + Nb diagram for the Laba pluton
(modified after Han *et al.*, 2010)

元素地球化学特征,很可能是岩浆的源区受到了更早俯冲期的流体交代,后碰撞环境下源区受地幔上涌底侵而部分熔融诱发花岗岩岩浆(赵泽辉等, 2006),前人研究业已证实了石炭世或更早,准噶尔地区存在洋内弧及相关是洋壳俯冲作用(冯益民, 1991)。但西准噶尔及周边的北天山地区,洋壳的消亡时间应该早于 316 Ma (Han *et al.*, 2010),也就是说晚石炭世末—早二叠世初处于后碰撞阶段的伸展期(Zhou *et al.*, 2006)。综合拉巴岩体的地质、地球化学特征和 U-Pb 年代学资料,结合西准噶尔区域地质的新成果,认为拉巴岩体为后碰撞阶段伸展期岩浆活动的产物。

5 结论

(1) 拉巴岩体两个代表样品的锆石 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄分别为 $287 \pm 5 \text{ Ma}$ 和 $295.1 \pm 2.3 \text{ Ma}$, 说明岩体形成时代为早二叠世。

(2) 拉巴岩体的地球化学特征与目前已知准噶尔地区后碰撞花岗岩相似,为后碰撞阶段伸展期岩浆的产物。

致谢 本文工作得到新疆维吾尔自治区项目管理办公室、新疆维吾尔自治区有色地质勘查局 701 队的支持。参加野外工作的还有胡忠德高级工程师、王瑞军工程师、董挨管工程师、郭峰工程师等同

志,研究工作中得到高俊研究员的指导,成文过程中审稿人对本文提出了修改建议和意见,在此一并表示衷心感谢。

References

- Chen B and Arakawa Y. 2005. Elemental and Nd-Sr isotopic geochemistry of granitoids from the West Junggar foldbelt (NW China), with implications for Phanerozoic continental growth [J]. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 69: 1307-1320.
- Feng Yimin. 1991. Tectonic evolution and main metallogenetic periods of east Junggar region, Xinjiang, China [J]. *Northwest Geoscience*, 32: 47-60 (in Chinese with English abstract).
- Geng H Y, Sun M, Yuan C, *et al.* 2009. Geochemical, Sr-Nd and zircon U-Pb-Hf isotopic studies of Late Carboniferous magmatism in the West Junggar, Xinjiang: Implications for ridge subduction [J]. *Chemical Geology*, 266: 364-389.
- Groves D, Goldfarb R, Gebre-Mariam M, *et al.* 1998. Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types [J]. *Ore Geology Reviews*, 13(1-5): 7-27.
- Han Baofu. 2007. Diverse post-collisional granitoids and their tectonic setting discriminate [J]. *Earth Science Frontiers*, 14(3): 64-72 (in Chinese with English abstract).
- Han B F, Guo Z J, Zhang Z C, *et al.* 2010. Age, geochemistry, and tectonic implications of a late Paleozoic stitching pluton in the North Tian Shan suture zone, western China [J]. *Geological Society of American Bulletin*, 122: 627-640.
- Han Baofu, Ji Jianqing, Song Biao, *et al.* 2006. Late Paleozoic vertical growth of continental crust around the Junggar Basin, Xinjiang, China (Part I): Timing of post-collisional plutonism [J]. *Acta Petrologica Sina*, 22(5): 1077-1086 (in Chinese with English abstract).
- He Guoqi, Li Maosong, Liu Dequan, *et al.* 1994. Paleozoic Crustal Evolution and Mineralization in Xinjiang of China [M]. Wulumuqi: Xinjiang Public Publisher (in Chinese).
- Jahn B M, Wu F Y and Chen B. 2000. Massive granitoid generation in Central Asia: Nd isotope evidence and implication for continental growth in the Phanerozoic [J]. *Episode*, 23: 82-92.
- Li Hang, Gong Zhichao, Dong Xianyang, *et al.* 1987. The geological genetic setting and regional metallogenetic characteristics of basic and ultrabasic rocks in the west Junggar of Xinjiang [J]. *Bulletin of Xi'an Institute of Geology and Metallogeny of Chinese Academy of Geological Sciences*, (18): 3-140 (in Chinese with English abstract).
- Pearce J A, Harris N B W and Tindle A G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks [J]. *Journal of Petrology*, 25: 956-983.
- Sun S S and McDonough W F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and process-

- es[A]. Saunders A D and Norry M J. Magmatism in the Ocean Basin[C]. Geological Society Special Publication , 42 : 313~345.
- Tang Gongjian , Wang Qiang , Zhao Zhenhua , *et al.* 2009. Geochronology and geochemistry of the ore-bearing porphyries in the Baogutu area (western Junggar): Petrogenesis and their Implications for tectonics and Cu-Au mineralization[J]. Earth Science , 34(1) : 56~74 (in Chinese with English abstract).
- Tu Guangzhi. 1999. Preliminary remarks on the central Asia metallogenic province[J]. Scientia Geologica Sinica , 34(4) : 397~404 (in Chinese).
- Wang Jingbin and Xu Xin. 2006. Post-collisional tectonic evolution and metallogenesis in Northern Xinjiang , China[J]. Acta Geologica Sinica , 80(1) : 23~31 (in Chinese with English abstract).
- Wei Rongzhu. 2010. The Mayileshang pillow lavas (Western Junggar , Xinjiang) and their tectonic implications : Constraints from the Geological and geochemical characteristics and Rb-Sr isochron ages [J]. Xinjiang Geology , 28(3) : in press (in Chinese with English abstract).
- Windley B , Kroner A , Guo J , *et al.* 2002. Neoproterozoic to Paleozoic geology of the Altai orogen , NW China : New zircon age data and tectonic evolution [J]. The Journal of Geology , 110 : 719~737.
- Xiao Xuchang , Tang Yaoqing , Feng Yimin , *et al.* 1992. Tectonic Evolution of Northern Xinjiang and Its Adjacent Regions[M]. Beijing : Geological Publishing House , 1~169 (in Chinese with English abstract).
- Xiao Xuchang and Tang Yaoqing. 1991. Tectonic Evolution of the Southern Margin of the Paleo-Asian Composite Megasuture[M]. Beijing : Beijing Science and Technology Publisher , 66~91 (in Chinese with English abstract).
- Yin J Y , Yuan C , Sun M , *et al.* 2010. Late Carboniferous high-Mg dioritic dikes in Western Junggar , NW China : Geochemical features , petrogenesis and tectonic implications[J]. Gondwana Research , 17 : 145~152.
- Zhang Ji'en. 2009. Late Paleozoic accretionary tectonics of the eastern part of Western Junggar , Xinjiang : insights from anatomy of the ophiolitic mélangé and accretionary complex[D]. Beijing : The doctoral thesis of Graduate School of Chinese Academy of Science , 1~217 (in Chinese with English abstract).
- Zhou T F , Yuan F , Tan L G , *et al.* 2006. Geodynamic significance of the A-type granites in the Sawuer region in West Junggar , Xinjiang : Rock geochemistry and SHRIMP zircon age evidence[J]. Science in China-Earth Sciences(D) , 49 : 113~123.
- Zhao Zehui , Guo Zhaojie , Han Baofu , *et al.* 2006. Comparative study on Permian basalts from eastern Xinjiang-Beishan area of Gansu province and its tectonic implications[J]. Acta Petrologica Sinica , 22(5) : 1279~1293 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 冯益民. 1991. 新疆东准噶尔地区构造演化及主要成矿区[J]. 西北地质科学 , 32 : 47~60.
- 韩宝福. 2007. 后碰撞花岗岩类的多样性及其构造环境判别的复杂性[J]. 地质学前沿 , 14(3) : 64~72.
- 韩宝福 季建清 宋 彪 等. 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[J]. 岩石学报 , 22(5) : 1077~1086.
- 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[J]. 乌鲁木齐 : 新疆人民出版社.
- 李 行 巩志超 董显扬 等. 1987. 新疆西准噶尔地区基性超基性岩生成地质背景及区域成矿特征[J]. 中国地质科学院西安地质矿产研究所所刊 , (18) : 3~140.
- 唐功建 王 强 赵振华 等. 2009. 西准噶尔包古图成矿斑岩年代学与地球化学 : 岩石成因与构造、铜金成矿意义[J]. 地球科学 , 34(1) : 56~74.
- 涂光炽. 1999. 初议中亚成矿域[J]. 地质科学 , 34(4) : 397~404.
- 王京彬 徐 新. 2006. 新疆北部后碰撞构造演化与成矿[J]. 地质学报 , 80(1) : 23~31.
- 魏荣珠. 2010. 西准噶尔玛依勒山枕状熔岩地质特征及大地构造意义[J]. 新疆地质 , 28(3) (出版中).
- 肖序常 汤耀庆. 1991. 古中亚复合巨型缝合带南缘构造演化[M]. 北京 : 北京科学技术出版社 , 66~91.
- 肖序常 汤耀庆 冯益民. 1992. 新疆北部及其邻区大地构造[M]. 北京 : 地质出版社 , 1~169.
- 张继恩. 2009. 新疆西准噶尔东部晚古生代增生大地构造 : 来自蛇绿混杂带与增生楔的证据[D]. 北京 : 中国科学院研究生院博士学位论文 , 1~217.
- 赵泽辉 郭召杰 韩宝福 等. 2006. 新疆东部-甘肃北山地区二叠纪玄武岩对比研究及其构造意义[J]. 岩石学报 , 22(5) : 1279~1293.