

文章编号: 1009-3850(2005)04-0046-09

东昆仑祁漫塔格伊涅克阿干花岗岩特征及构造意义

陆济璞, 李江, 覃小锋, 许华, 周俯生,

李玉坤, 唐专红, 唐娟红

(广西区域地质调查研究院, 广西 桂林 541003)

摘要: 伊涅克阿干花岗岩是含白云母过铝质花岗岩, 由二长花岗岩—钾长花岗岩分3次侵入组成的复式岩体。岩石呈灰白色, 富含钾长石和钠更长石, 普遍含原生白云母, 富含浅源捕虏体和残留体; $A/CNK = 0.99 \sim 1.34$; $ISr = 0.71199$, Rb-Sr全岩等时线年龄为435.7 Ma, 是早古生代柴达木板块与塔里木板块碰撞导致地壳加厚, 并在地幔热流注入参与作用下, 地壳深部发生熔融作用形成花岗岩浆侵位形成的同碰撞花岗岩。

关键词: 过铝质花岗岩; 构造环境; 伊涅克阿干; 阿尔金; 祁漫塔格; 东昆仑

中图分类号: P588.12⁺1

文献标识码: A

伊涅克阿干花岗岩体出露于东昆仑与阿尔金山西段交汇区祁漫塔山北西段。由于自然条件恶劣, 地质研究程度很低。前人的研究大多关注著名的阿尔金断裂带^[1~15], 而对花岗岩, 特别是青藏高原北缘板块强烈俯冲碰撞时期——加里东期的花岗岩研究则显薄弱。伊涅克阿干岩体是该区仅有的少量出露的加里东期花岗岩体之一。本文在传统的花岗岩调查研究的基础上, 结合构造和地球化学方法, 论述伊涅克阿干花岗岩地质特征、形成时间及其大地构造环境, 探索该花岗岩的成因、形成演化及其动力学特征, 讨论岩浆活动与早古生代柴达木板块与塔里木板块碰撞发生之间的关系。

1 区域地质背景

研究区位于塔里木板块与柴达木板块的结合部位^[16](图1), 是一个经历过多期复杂地质演化历史的区域^[1~3]。以阿尔金南缘断裂带为界, 北为塔里木板块, 其内包括(南)阿尔金陆块和长沙沟构造蛇绿混杂岩带; 出露地层主要有古元古界阿尔金岩群、

青白口系索尔里尔群。南为柴达木板块, 其内可进一步划分古尔嘎中新生代断陷盆地、夏勒赛构造蛇绿混杂岩带、祁漫塔格火山-岩浆弧带; 出露地层主要是长城系小庙岩组、奥陶系祁漫塔格群、下志留统白干湖组; 岩浆活动强烈, 发育加里东期、海西—印支期和燕山期中酸性侵入岩(图1), 主要表现为岛弧型和同碰撞型花岗岩。

1.1 构造混杂岩带

1.1.1 长沙沟构造蛇绿混杂岩

长沙沟构造蛇绿混杂岩分布于沿阿尔金南缘断裂两侧, 总体呈北东-南西走向展布。混杂岩的基质为奥陶系复理石建造。外来构造岩片有新太古—古元古界、长城系、蓟县系等岩块和变质结晶基底蓝晶片岩岩块、蛇绿岩岩片。其中蛇绿岩自下往上包括变质超镁铁质堆晶杂岩、变质超镁铁质—镁铁质堆晶杂岩、变质基性火山岩(大洋拉斑玄武岩)和变质基性岩墙群(变辉绿岩)等; 与之伴生的沉积岩组合为变质变形复理石夹少量中基性火山岩建造、碳酸盐岩建造。总而言之, 该混杂岩是一个由陆缘-岛弧

收稿日期: 2005-07-15

第一作者简介: 陆济璞, 1971年生, 高级工程师, 从事区域地质调查工作。

资助项目: 中国地质调查局1:25万阿尔金幅、瓦峡幅区域地质调查(19991300008091)。

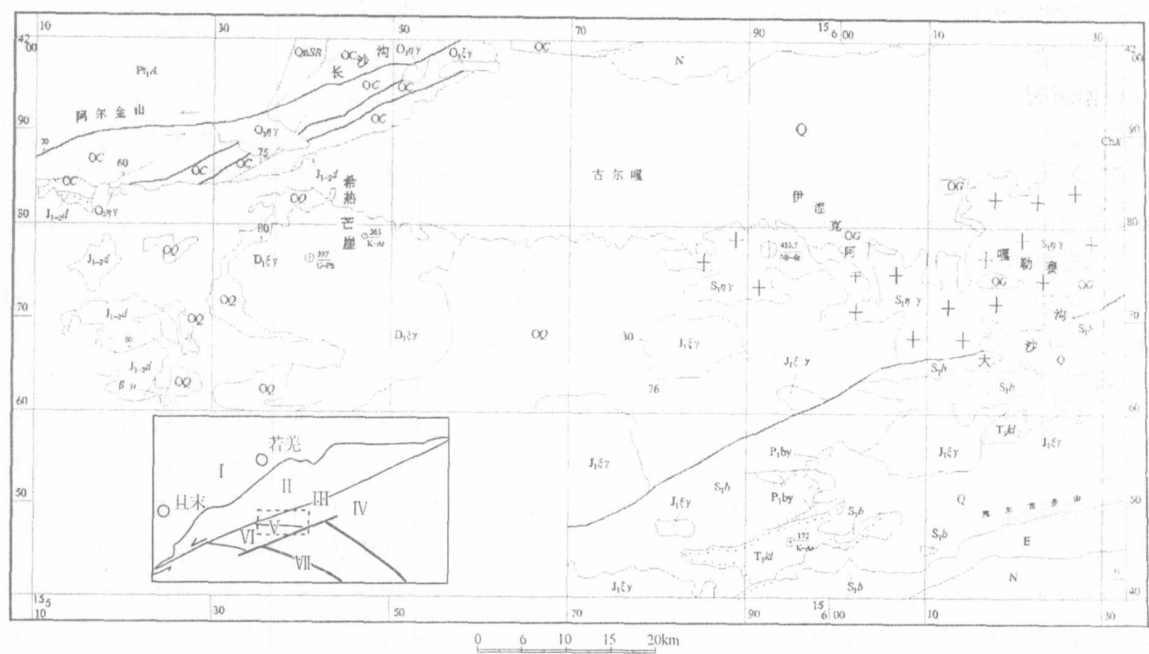


图 1 研究区地质图(据 1:25 万阿尔金山幅地质图,有修改)

Q. 第四系; N. 新近系; J₁₋₂d. 中下侏罗统大煤沟组; T₃kl. 上三叠统喀拉组; P₁by. 下二叠统碧云组; S₁b. 下志留统白干湖组; OQ. 奥陶系祁漫塔格群; QnSR. 青白口系索尔库里群; Chx. 长城系小庙岩组; Pt₁A. 古元古界阿尔金岩群; J₁γ. 大沙沟早侏罗世钾长花岗岩体; D₁γ. 希热芒崖早泥盆世钾长花岗岩体; S₁γ. 伊涅克阿干早志留世二长花岗岩体; O₃γ. 晚奥陶世黄土泉二长花岗岩体。I. 塔里木板块; II. 阿尔金造山带(阿北陆块、阿中陆块、阿南陆块); III. 阿尔金南缘构造蛇绿混杂岩带; IV. 古尔嘎中生代陷陷盆地; V. 夏勒赛构造蛇绿混杂岩带; VI. 祁漫塔格火山岩岩浆带

Fig. 1 Geological map of the study area (modified from 1:250 000 Altun Sheet)

Q=Quaternary; N=Neogene; J₁₋₂d=Lower Middle Jurassic Dameigou Formation; T₃kl=Upper Triassic Kalela Formation; P₁by=Lower Permian Biyun Formation; S₁b=Lower Silurian Baiganhu Formation; OQ=Ordovician Qimantag Group; QnSR=Qingbaikouan Sorkuli Group; Chx=Changchengian Xiaomiaoyan Formation; Pt₁A=Palaeoproterozoic Altun Group; J₁γ=Dashagou Early Jurassic moyite mass; D₁γ=Xiremangya Early Devonian moyite mass; S₁γ=Yinieke 'agan Early Silurian adamellite mass; O₃γ=Late Ordovician Huangtuquan adamellite mass. I=Tanim plate; II=Altun orogenic belt (North Altun block, Central Altun block and South Altun block); III=southern Altun tectonic ophiolitic mélange zone; IV=Gurga Mesozoic-Cenozoic fault basin; V=Galesai tectonic ophiolitic mélange zone; VI=Qimantag volcanic magmatic arc zone

沉积建造、洋壳残片和岛弧型火山岩系等不同构造环境下形成的岩石组合组成的拼合体。

2. 夏勒赛构造蛇绿混杂岩

夏勒赛构造蛇绿混杂岩分布于牙鲁拉克南部至夏勒赛一带,总体呈北西向展布,由于第四系掩盖以及海西期花岗岩的侵入破坏而呈零星分布。其南东段由于受到白干湖左行走滑断裂的切割,已被移置到研究区东侧阿牙克库勒湖北侧(相当于前人所称的鸭子泉构造蛇绿混杂岩带)。混杂岩的基质为奥陶系,由变质细—粉砂岩、粉砂质千枚岩、硅质岩等组成的复理石建造。外来岩片有超镁铁质—镁铁质岩岩片、(中)基性火山岩岩片、硅质岩岩片和变质基底岩片(由含石榴蓝晶黑云石英片岩、石榴十字黑云石英片岩)等。(中)基性火山岩可能形成于板内裂

谷(裂隙槽)或初始洋盆环境。

1.3 主要断裂

1. 阿尔金南缘断裂

阿尔金南缘断裂是区内最重要的一条线性构造带,区域上相当于该断裂带的西段。断裂带影响宽度4~6km,内部由一系列次级断裂组成。主干断裂出露宽度大于700m,断面产状为145°~160°∠58°~75°。其内部又可分糜棱片岩带、挤压片理和挤压扁豆体带、构造透镜体带和硅化破碎带。断层岩有碎裂岩、断层角砾岩、断层泥、构造透镜体、强烈柔皱或劈理化岩石等。断裂切割阿尔金岩群、索尔库里群、长沙沟构造蛇绿混杂岩和加里东期花岗岩等。该断裂具多期活动性质,其中韧性变形阶段可识别出右旋逆冲剪切作用和左行走滑兼具有逆冲剪切性质两

期变形,脆性变形阶段可识别出逆冲、左行走滑、正滑等3期变形。

根据断裂两侧构造块体的构造演化特征并结合前人的研究成果^[2~14]认为:沿阿尔金南缘断裂分布有一条新元古代—早古生代的构造蛇绿混杂岩带,说明阿尔金南缘断裂是在新元古代—早古生代柴达木板块与塔里木板块多次碰撞形成的复合型缝合带基础上转变而来的巨型深断裂^[2,15];逆冲作用是该断裂的早期活动性质,自晚古生代以来逆冲推覆占据主导地位^[3];晚二叠世起以左行走滑活动为主,上新世后主要表现为正滑作用^[12],至第四纪仍有活动,在第四系中发育有一组错动面,其两侧沉积岩层发生错动牵引褶皱,显示出向北正滑性质。

2. 白干湖断裂

从区域上看,白干湖断裂是白干湖—大通沟大断裂的西延部分。断裂呈北东向走向,与阿尔金南缘断裂平行展布。断层切割奥陶系祁漫塔格群、志留系白干湖组、夏勒赛构造蛇绿混杂岩、朝阳沟构造蛇绿混杂岩和海西期、燕山期花岗岩等。断裂带具多期活动特征,脆—韧性变形阶段形成宽达3.5km,具强弱分带性的劈理化带(脆—韧性剪切带),劈理面产状多在 $130^{\circ}\sim 165^{\circ}/45^{\circ}\sim 72^{\circ}$,构造变形以左行走滑为主;脆性变形阶段往往在劈理化带北部形成一条宽达400~600m的硅化破碎带,错动面产状 $160^{\circ}\sim 170^{\circ}/58^{\circ}\sim 75^{\circ}$ 。破碎带内岩性主要为断层角砾岩。剖面上观察,错动面两侧的牵引褶皱显示逆冲性质,而在平面上牵引褶皱往往表现为左行走滑性质。

3 花岗岩特征

伊涅克阿干花岗岩分布于祁漫达格山北东侧伊涅克阿干一带(图1),呈岩基状产出。计有大小侵入体6个,出露面积约370km²。岩体侵入奥陶系祁漫塔格群,二者呈侵入接触关系,接触面呈锯齿状,切断了围岩的面理。外接触带具160~1500m的角岩化带。内接触带具细粒边,常见有花岗岩呈枝状或细脉状侵入于围岩中。

岩体由二长花岗岩—钾长花岗岩3次脉动侵位组成。根据岩石结构、成分演化及接触关系特征,可划分3个填图单元:含斑状细中粒黑云二长花岗岩单元(a)、斑状细中粒黑云二长—钾长花岗岩单元(b)和斑状粗中粒黑云钾长花岗岩单元(c)。岩体受后期构造变形作用改造,具黑云母断续定向分布形成的片麻状构造,局部形成脆韧性剪切带。岩石发生绿泥石化、绿帘石化、斜黝帘石化等次生蚀变现象。

3.1 岩石学特征

a单元分布于复式岩体的边部,岩石类型主要为含斑状细中粒黑云二长花岗岩。岩石呈灰白色,具细中粒花岗结构,似斑状结构,块状构造,局部具片麻状构造。斑晶主要为钾长石,呈自形板状,大小以0.8~1.2cm为主,含量1%~4%。基质主要由钾长石(30%~34%)、斜长石(20%~25%)、石英(24%~28%)、黑云母(10%~15%)等组成。斜长石为更长石(An₂₀~28),呈半自形宽板状,具环带构造。副矿物有磷灰石、锆石、磁铁矿、褐帘石等。

b单元是复式岩体的主体,岩石类型主要为斑状细中粒黑云二长花岗岩,局部过渡为黑云钾长花岗岩。岩石呈灰白色,风化后呈浅肉红色,具细中粒花岗结构,似斑状结构,块状构造,局部具片麻状构造。斑晶主要为钾长石,呈自形板状,大小以(0.8×1.5)~(1.8×3.5)cm²为主,含量5%~15%,局部高达20%;基质由钾长石(29%~41%)、斜长石(15%~32%)、石英(26%~37%)、黑云母(3%~10%)和少量白云母(1%~3%)组成。长英矿物粒度多以2~5mm为主,少数小于2mm;斜长石为钠长石—更长石(An₈~28),呈半自形宽板状,普遍具环带构造,部分去钙化被钠长石取代,个别被钾长石交代形成反条纹;半自形钾长石和它形石英充填于斜长石间,部分颗粒较大、自形程度较好的钾长石形成似斑晶。副矿物有磷灰石、榍石、锆石、钛铁矿、钛磁铁矿、黄铁矿、金红石等。

c单元分布于复式岩体的中部,岩石类型主要为斑状粗—中粒黑云钾长花岗岩。岩石呈灰白色,风化后略显肉红色,具粗—中粒花岗结构,似斑状结构,块状构造,局部具片麻状构造。似斑晶主要为钾长石,呈半自形—自形板状,大小为(0.8×1.5)~(2.0×3.5)cm²,含量5%~25%不等;基质由钾长石(40%~42%)、斜长石(18%~20%)、石英(30%~32%)、黑云母(4%~6%)及少量白云母(1%~3%)等组成。斜长石为钠长石—更长石(An₅~11),呈半自形宽板状,具环带构造,多数去钙化被钠长石取代,个别被钾长石交代形成反条纹。副矿物有磷灰石、榍石、锆石、电气石、钛磁铁矿、白钛石、褐铁矿等。

3.2 包体特征

岩体内的包体主要为浅源捕虏体,多见于岩体边部,呈不规则状或椭圆状、似圆状,大小几厘米至几十厘米不等。岩性主要为黑云母长英质角岩、斑点状黑云长英质角岩、黑云斜长变粒岩及角岩化中

—细砂岩。岩体中尚分布有较多几米—几十米大小不等的地层捕虏体,界限清楚,岩石角岩化明显,局部具贯入式边缘混合岩化现象。

岩体内尚含少量的暗色包体,呈椭圆状、似圆状,大小一般为3~15cm,边界线清楚。岩性主要为细粒英云闪长岩,具细粒它形一半自形晶结构,主要成分为斜长石(34%~57%,为更长石—中长石,An26~35)、石英(22%~32%)、黑云母(20%~30%)和少量钾长石(0~2%)组成。

3.3 岩石化学特征

从表 1 可见, SiO₂ 含量为 67.93%~74.39%, 平均 72.29%; K₂O> Na₂O, K₂O/Na₂O= 1.46~2.27, 平均 1.70, 属富钾型; 全碱为 6.46%~8.34%, 平均 7.61%, 反映岩石富碱; 氧化物含量与中国黑云花岗岩的平均化学成分(黎彤等, 1962) 相当, 仅 K₂O 含量明显较高而 Na₂O 较低。总体显示富碱、高钾、低钠的特点。A/CNK= 0.99~1.34, 平均为 1.1, 属弱—强过铝质岩石; σ 值为 1.74~2.39, 平均 1.99, 属钙碱性序列; DI 值 74.89~88.82, 平均 85.72, 反映岩浆分异程度较高。在 AR-SiO₂ 与碱度关系图, 投影点落在钙碱性岩与碱性岩区的过渡区域; 在 K₂O-Na₂O 关系图上多数投影点落入 A 型花岗岩区, 少量落入 S 型花岗岩区, 个别点落入 I 型花

岗岩区; 在硅-碱图上落于亚碱性岩区; 在亚碱性岩分类图上落于高钾钙碱性岩系列(图 2)。

3.4 稀土元素特征

稀土总量为 (60.78~424.90)×10⁻⁶, 变化幅度较大, 平均值 180.73×10⁻⁶(表 2), 明显低于世界酸性岩平均值 288×10⁻⁶(维诺格拉多夫, 1962), 总体上从早期单元到晚期单元, ΣREE 趋增。ΣCe/ΣY= 2.52~8.39, 平均值 4.62; (La/Yb)_N= 9.64~26.66, 平均值 13.88, 反映轻稀土富集, 轻重稀土分馏明显; δ_{Eu} 值 0.26~0.72, 平均值 0.46, 属中等铕亏损。从早期单元到晚期单元, 铕亏损加强。各单元稀土元素配分曲线为中等右倾斜型(图 3), 中等 V 型谷, 轻稀土较陡, 重稀土较缓, 说明轻稀土分馏程度高, 重稀土分馏较弱。各单元稀土配分曲线相似, 大致平行分布, 反映了它们是同源岩浆演化的产物。

3.5 微量元素特征

岩体的大离子亲石元素除 Rb 相对富集(平均 230.77×10⁻⁶) 外, Ba(509.9×10⁻⁶)、Th(15.64×10⁻⁶)、Sr(120×10⁻⁶)、Nb(19.01×10⁻⁶)、U(2.7×10⁻⁶)、Ta(2.2×10⁻⁶) 等略显亏损(表 2), 可能是由于源岩区发生低程度部分熔融, 岩浆分异程度较低的结果。过渡族元素 Cr(平均值 14.45×

表 1 伊涅克阿干花岗岩体岩石化学特征(ω_B%)

Table 1 Petrochemical compositions in the Yinie'agan granite mass (ω_B%)

单元	样号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅
c 单元	2037-1	73.41	0.23	13.26	0.26	1.27	1.44	0.51	0.03	5.79	2.55	0.11
	3084-3	74.39	0.34	12.16	0.55	1.77	1.60	0.44	0.03	5.05	2.35	0.08
	3032-6	74.20	0.16	14.39	0.10	1.35	0.98	0.43	0.03	4.85	2.53	0.10
b 单元	3087-1	72.31	0.28	13.92	0.19	1.70	1.57	0.68	0.04	4.64	3.17	0.16
	3036-1	72.91	0.29	13.63	0.49	1.37	1.57	0.78	0.04	4.80	2.90	0.15
	3018-1	73.79	0.22	13.55	0.29	1.17	1.20	0.55	0.03	5.17	2.86	0.18
	3033-1	73.20	0.24	14.58	0.18	1.73	1.34	0.65	0.03	3.85	2.61	0.18
	9411-1	71.75	0.11	14.62	0.26	1.03	1.34	0.46	0.05	5.27	2.98	0.40
a 单元	3032-3	69.04	0.45	14.62	0.94	2.13	2.17	0.82	0.05	4.70	3.19	0.23
	8236-1	67.93	0.64	14.43	0.85	2.77	3.02	1.77	0.07	3.76	3.04	0.28
单元	样号	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	CO ₂	总和	NK	σ	AR	A/CNK	DI	R ₁	R ₂
c 单元	2037-1	0.83	0.13	0.11	99.93	8.34	2.29	3.62	1.01	88.82	2613	445
	3084-3	0.86	0.21	0.17	100.00	7.40	1.74	3.33	0.99	87.26	2904	437
	3032-6	0.61	0.32	0.04	100.09	7.38	1.75	2.85	1.29	88.27	2891	412
b 单元	3087-1	1.02	0.21	0.11	100.0	7.81	2.08	3.03	1.06	86.35	2581	481
	3036-1	0.78	0.17	0.08	99.96	7.70	1.98	3.05	1.06	86.56	2675	479
	3018-1	0.70	0.13	0.08	99.92	8.03	2.09	3.39	1.09	89.32	2672	426
	3033-4	1.08	0.32	0.10	100.09	6.46	1.38	2.37	1.34	84.69	3032	468
	9411-1	1.01	0.18	0.46	99.92	8.25	2.37	3.14	1.12	88.86	2494	461
a 单元	3032-3	1.32	0.17	0.08	99.91	7.89	2.39	2.77	1.02	82.19	2311	569
	8236-1	0.92	0.27	0.16	99.91	6.80	1.85	2.28	0.99	74.89	2487	704

10^{-6})、Ni(7.61×10^{-6})、Co(4.59×10^{-6})、V(9.82×10^{-6}) 含量均明显低于维诺格拉多夫酸性花岗岩平均值(分别是 25×10^{-6} 、 8×10^{-6} 、 5×10^{-6} 、 40×10^{-6})，暗示岩浆源区可能与地幔源有关^[17]。以洋脊花岗岩(ORG) 标准化(Pearce 等，

1984) 的蜘蛛网图(图 4) 上可看出，不相容元素分布的模式大致相似，呈左高右低的分布模式。其中，Rb、Th 明显富集，Ce、Sm 弱富集，Ba、Nb、Hf、Zr 有不同程度地亏损。该岩体的不相容元素分布模式与同碰撞花岗岩配分曲线相同。

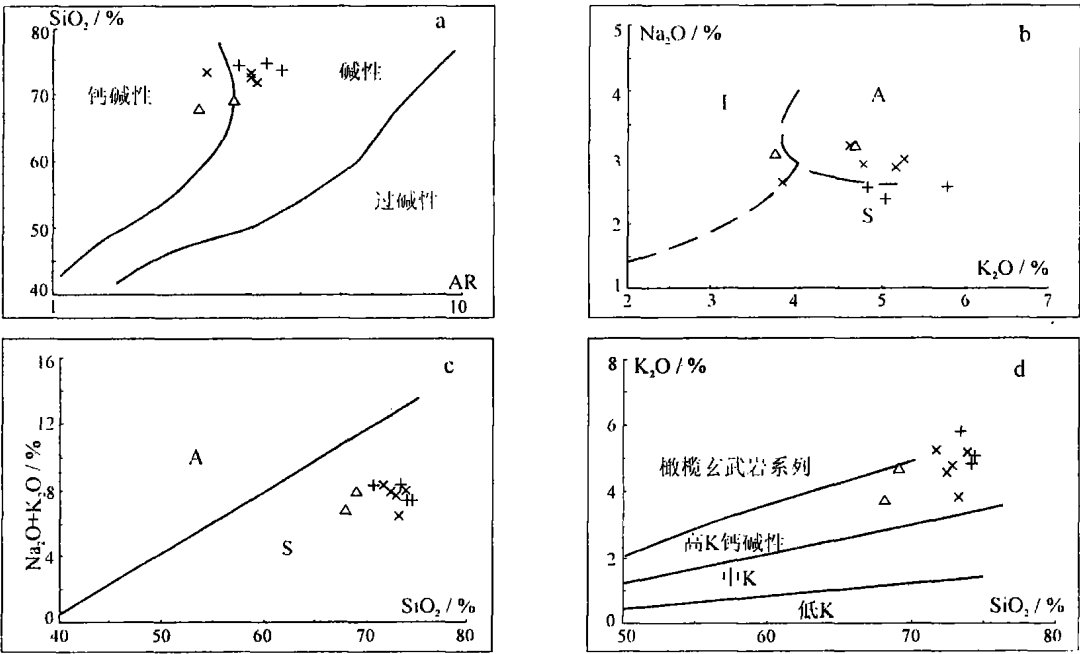


图 2 伊涅克阿干花岗岩岩石化学特征图解

a. AR-SiO₂ 与碱度关系图(J. B. Wright, 1969); b. K₂O-Na₂O 关系图(W. J. Collins 等, 1982); c. 硅-碱图(A-碱性系列 S-亚碱性系列); d. 亚碱性岩分类图解。△ a 单元× b 单元; + c 单元(下同)

Fig. 2 Plots showing the petrochemical compositions in the Yinieke'agan granite mass

a. AR-SiO₂ vs. alkalinity (after J. B. Wright, 1969); b. K₂O vs. Na₂O (after W. J. Collins et al., 1982); c. Silica vs. alkalinity (A. Alkaline series; S. Subalkaline series); d. Division of subalkaline rocks. △ a unit; × b unit; + c unit

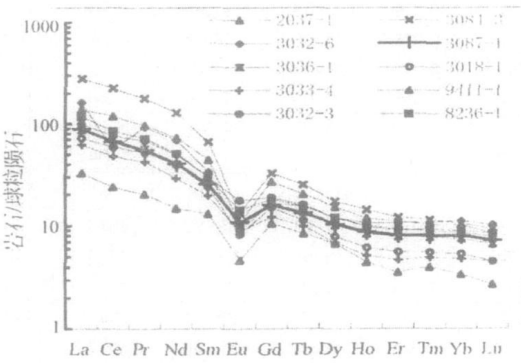


图 3 伊涅克干花岗岩体稀土元素配分曲线图

Fig. 3 Chondrite-normalized REE distribution patterns for the Yinieke'agan granite mass

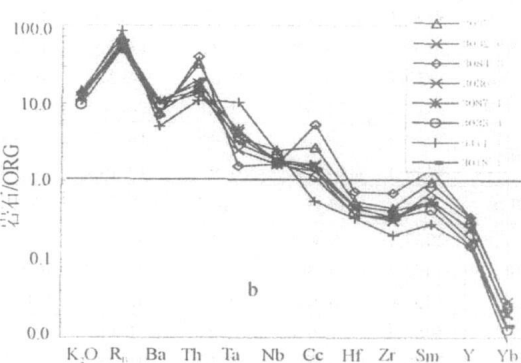


图 4 伊涅克阿干花岗岩体微量元素配分曲线图

Fig. 4 Trace element distribution patterns for the Yinieke'agan granite mass

表 2 伊涅克阿干花岗岩体岩体稀土及微量元素特征($w_B/10^{-6}$, $w(Cl)/\%$, $w(Au)/10^{-9}$)

Table 2 REE and trace element contents in the Yinieke' agan granite mass ($w_B/10^{-6}$, $w(Cl)/\%$, $w(Au)/10^{-9}$)																		
样号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	δEu	
2037-1	42.66	95.72	11.74	43.64	8.63	0.78	6.98	0.96	4.89	0.85	2.29	0.33	2.12	0.28	23.28	245.15	0.30	
3084-3	86.19	180.60	21.71	77.35	12.84	0.96	8.48	1.19	5.52	1.02	2.52	0.37	2.18	0.31	23.66	424.90	0.26	
3032-6	49.89	46.20	11.31	41.59	6.50	0.66	4.28	0.73	3.83	0.76	2.22	0.35	2.30	0.34	21.46	192.42	0.36	
3087-1	27.71	54.35	6.74	24.23	4.95	0.79	4.08	0.63	3.34	0.63	1.70	0.26	1.67	0.24	17.12	148.44	0.52	
3036-1	26.92	56.90	6.91	24.21	5.05	0.73	4.07	0.64	3.23	0.60	1.64	0.25	1.55	0.22	16.62	149.54	0.48	
3018-1	22.36	48.03	6.34	23.51	4.68	0.60	3.85	0.53	2.53	0.44	1.17	0.18	1.11	0.15	12.01	127.49	0.42	
3033-4	19.28	38.45	5.12	17.38	3.78	0.65	3.13	0.47	2.20	0.37	0.98	0.16	1.00	0.15	10.29	103.41	0.56	
9411-1	10.15	19.20	2.47	8.81	2.45	0.34	2.73	0.40	2.17	0.32	0.75	0.13	0.71	0.09	9.97	60.78	0.39	
3032-3	30.58	61.81	8.33	29.63	5.85	1.28	4.83	0.75	3.81	0.72	1.94	0.29	1.78	0.26	18.30	170.16	0.72	
8236-1	36.26	68.89	8.76	30.41	5.84	1.03	4.65	0.73	3.88	0.70	1.90	0.30	1.85	0.28	19.48	184.96	0.59	
样号	(La/Yb) _N	(La/Sm) _N	(Gd/Yb) _N	Li	Be	Nb	Sc	Zr	Th	Sr	Ba	V	Co	Cr	Ni	Cu	Pb	
2037-1	13.57	3.11	2.66	105	2.9	24.6	2.8	149	25.2	65	391	19.8	2.4	7	5.1	2.3	33.4	
3084-1	26.66	4.22	3.14	74.4	2.7	16	3.6	236	31.9	78	360	23.2	3.5	9	6.3	3.5	23.1	
3032-6	14.62	4.83	1.50	89.5	3.9	16.3	3.5	101	12.9	78	391	15.8	3.2	7.1	4.6	19.6	61.6	
3087-1	11.19	3.52	1.97	87.9	5.8	17.2	4	138	11.8	109	543	32.5	4.7	22	7.8	11.8	28	
3036-1	11.71	3.35	2.12	76.5	3.5	18.5	3.9	118	14	138	529	33.9	4.1	19	9.7	9.8	27.1	
3018-1	13.58	3.01	2.80	89.5	3	18.6	3	112	15.9	91	514	24.5	3.8	16	6.8	8.9	22.5	
3033-4	13.00	3.21	2.53	65.7	8.3	17.4	3.7	111	10.7	140	466	26.9	4.8	15.3	6.5	11.6	58.6	
9411-1	9.64	2.51	3.10	121.9	4.7	23.9	2.8	67	8.5	65	248	10.6	3.5	<5.0	5.2	7.1	42.8	
3032-3	11.58	3.29	2.19	44.4	4.3	16.7	6.2	228	13.1	183	1020	44.6	6.8	13	6.4	10.8	26.5	
8236-1	13.21	3.91	2.03	78.9	3	20.9	7.8	229	12.4	256	637	66.4	9.1	36.1	17.7	23.9	30.3	
样号	Hg	Cl	F	Zn	W	Mo	As	Sb	Bi	Rb	Hf	Sn	U	Ta	Au	Ag	Rb/Sr	
2037-1	<0.01	0.004	449	45.2	0.7	0.15	1.21	0.19	0.31	283	4.8	6.7	2.9	2.5	1	0.047	4.35	
3084-3	0.014	0.002	811	50.2	0.11	0.75	1.48	0.23	0.3	192	6.6	3.5	3.7	1.1	1	0.031	2.46	
3032-6	0.009	0.006	386	44	0.8	0.13	0.73	0.13	1.29	235.3	3.4	2.7	2.2	1.7	2.2	0.029	3.02	
3087-1	0.011	0.005	611	44.4	1.89	0.09	0.65	0.3	3.72	215	4.3	5.2	2.5	3.2	2.3	0.040	1.97	
3036-1	0.02	0.002	556	45.4	0.7	0.15	0.64	0.25	0.4	225	4	6.3	1.9	3	1.1	0.025	1.63	
3018-1	0.011	0.002	494	49.9	0.49	0.08	0.42	0.16	0.6	256	4.2	5.4	2.1	2.1	1	0.030	2.81	
3033-4	0.008	0.004	506	41	1.5	0.21	0.57	0.19	1.92	205.2	3.3	2.8	2.4	2.6	2.1	0.183	1.47	
9411-1	<0.005	0.007	678	42	2.5	0.22	1.21	0.9	3.91	341.9	3	1	5.4	7.1	3.8	0.040	5.26	
3032-3	0.009	0.002	660	60.3	0.24	0.11	0.37	0.37	0.64	166	6.9	4.3	1.9	2	1.1	0.031	0.91	
8236-1	<0.005	0.008	989	59	0.4	0.36	0.32	<0.10	0.2	188.3	5.4	3.2	2	2.9	1	0.048	0.74	

测试单位: 武汉综合岩矿测试中心

3.6 同位素地球化学特征及其年代学

研究表明, 大陆地壳的⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 初始比值平均为0.719。初始比值大于0.719的花岗岩是壳源的, 0.706~0.719之间的花岗岩其岩浆来源主要是壳源的, 但受到幔源物质的混染^[8]。据徐克勤等(1989)

对华南不同成因的花岗岩 Sr 同位素研究, 改造型花岗岩⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 初始比值≥0.710, 同熔型花岗岩为0.705~0.709, 幔源型花岗岩≤0.705。

对伊涅克阿干花岗岩体进行全岩 Rb-Sr 同位素测定(表3), 获锶初始比值(ISr)为0.71199。说明

表 3 伊涅克阿干花岗岩体全岩 Rb-Sr 同位素分析结果

Table 3 Whole-rock Rb-Sr isotopic determinations for the Yinieke' agan granite mass							
单元	岩性	样号	$w(Rb)/10^{-6}$	$w(Sr)/10^{-6}$	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(2σ)	图6序号
C 单元	黑云钾长花岗岩	3084-2	233.2	87.34	7.738	0.76234±0.00003	1
	黑云钾长花岗岩	3036-1	189.1	103.3	5.295	0.73987±0.00002	2
b 单元	黑云二长花岗岩	3033-4	180	180.8	2.875	0.72714±0.00005	3
	黑云钾长花岗岩	3085-1	149	94.82	4.549	0.74898±0.00001	4
	黑云二长花岗岩	3032-4	252.1	95.23	7.669	0.75751±0.00004	5
	黑云钾长花岗岩	3087-1	216.5	107.1	5.851	0.74696±0.00005	6

测试单位: 宜昌地质矿产研究所同位素地球化学开放研究实验室

岩浆来源主要为壳源,同时,岩浆演化初期可能有幔源物质参与,花岗岩浆受到了幔源物质的混染,岩体中含少量的暗色闪长质包体为壳-幔相互作用产生岩浆提供了证据。据 Alther 等(2000)提出利用 C/MF 和 A/MF 摩尔比值区分花岗岩的不同地壳源岩^[19](图 5),投点多落于变质杂砂岩部分熔融区,个别落于变质基性火成岩部分熔融区。因此,该岩体属于改造型花岗岩。

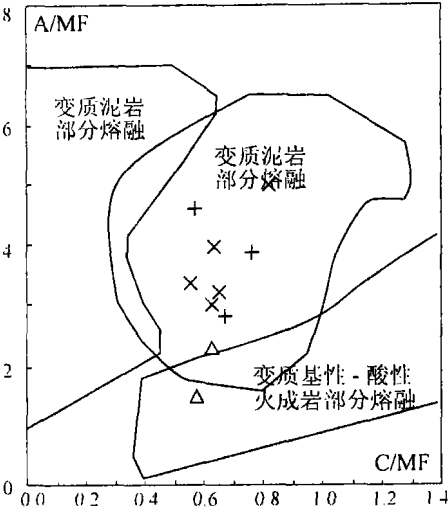


图 5 C/MF 和 A/MF 摩尔比值图解

Fig. 5 Diagram showing C/MF and A/MF molar ratios

将测定数据作 Rb-Sr 等时线图(图 6),获得该岩体 Rb-Sr 全岩等时线年龄为 435.7Ma,各样品点在等时拟合线上基本均匀合理分布,拟合程度较好,是真等时线,该等时线年龄代表了伊涅克阿干岩体的侵入时间。结合岩体侵入奥陶纪地层,推断侵位时代为早志留世。

3.7 岩浆演化特征

伊涅克阿干花岗岩具高钾钙碱性花岗岩演化的普遍特征。从早到晚,在岩石学上,从二长花岗岩→钾长花岗岩;结构上由细到粗、少斑状→斑状;钾长石和钾长石似斑晶由少到多、由小到大;斜长石含量减少,并多去钙钠长石化;暗色矿物由多到少。岩石化学具富碱、相对富钾贫钠的特点。随着岩浆的分异演化,明显向富钾贫钠方向演化,总体显示了高钾钙碱性系列岩浆演化的特征。

4 岩体形成的构造环境

花岗岩形成的构造环境是花岗岩成因分类研究

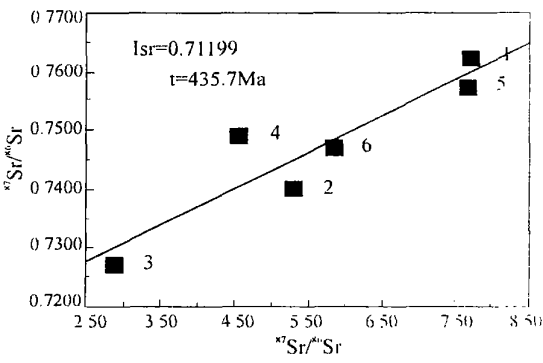


图 6 伊涅克阿干超单元全岩 Rb-Sr 等时线图

Fig. 6 Whole-rock Rb-Sr isochron diagram for the Yinieke 'agan ultraunit

的基础。在其 K₂O-Na₂O 的演化关系图上(图 2b),其投点较分散,分别落于“I”型、“S”型和“A”型花岗岩区;在 Rb-(Yb+Ta) 和 Rb-(Yb+Nb) 判别图(图 7)上,投点均落在同碰撞花岗岩区;在的 R₁-R₂ 多阳离子构造环境判别图上(图 8),多投落于同碰撞的花岗岩(地壳熔融 S 型花岗岩)(VI),a 单元有一个投入板块碰撞前消减地区花岗岩区(II),b 单元有一个点投入地幔分异花岗岩(I),c 单元主要投入造山作用晚期—晚造山期的花岗岩区(IV)。

5 构造演化与岩体侵入机制

综上所述,伊涅克阿干花岗岩体是典型的改造(熔融)型过铝质花岗岩,岩石化学及地球化学特征反映为同碰撞花岗岩。岩体侵入奥陶系, Rb-Sr 全岩等时线年龄为 435.7Ma,与早古生代柴达木板块与塔里木板块碰撞,南阿尔金洋盆消减闭合的时间基本相同。因此,伊涅克阿干花岗岩体可能是早古生代柴达木板块与塔里木板块碰撞的产物。

奥陶纪晚期—志留世早期的加里东运动,塔里木板块与中阿尔金微陆块(古岛弧)是焊接在一起的统一古陆,柴达木板块向北俯冲与塔里木板块发生碰撞,导致南阿尔金洋盆最终闭合,形成南阿尔金长沙沟构造蛇绿混杂岩带。与此同时,柴达木板块内部的(夏勒赛)裂陷槽也发生闭合(图 9)。

两大板块俯冲碰撞导致地壳加厚,并在地幔热流注入参与作用下,地壳深部发生熔融作用形成花岗岩浆。岩浆上侵,在伊涅克阿干一带大致呈现气球膨胀模式分 3 次侵位。第一次是小规模 a 单元含斑状细中粒黑云二长花岗岩侵入,其次 b 单元斑状

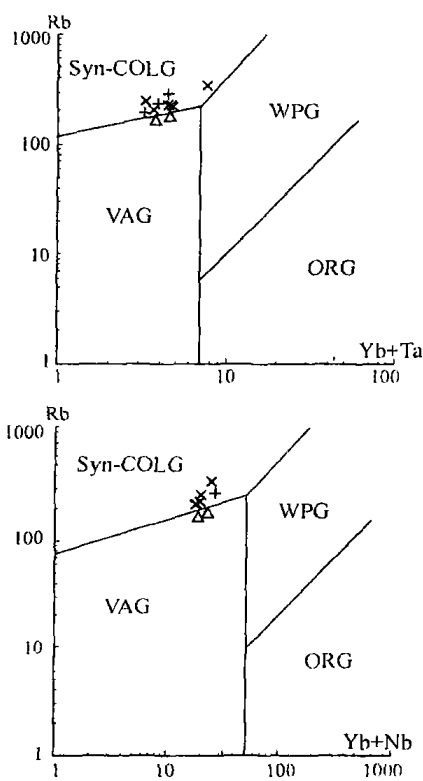


图 7 Rb-(Yb+Ta) 和 Rb-(Yb+Nb) 图解(据 Pearce 等, 1984)
Fig. 7 Rb-(Yb+Ta) and Rb-(Yb+Nb) diagrams (after Pearce et al., 1984)

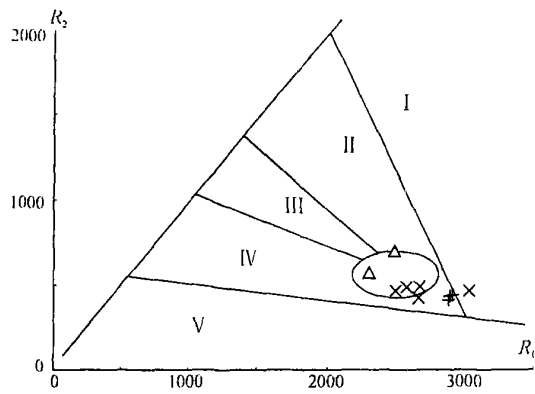


图 8 R₁-R₂ 多阳离子构造环境判别图
Fig. 8 R₁-R₂ multi-cation diagram for tectonic setting discrimination

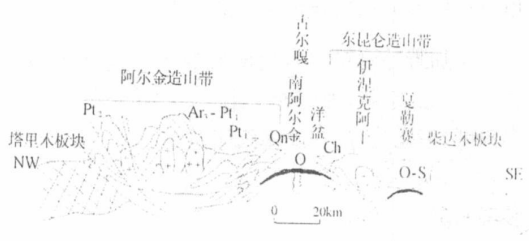


图 9 古尔嘎地区早古生代构造演化(洋陆转换)与伊涅克阿干花岗岩体侵位机制模式图
Fig. 9 Model showing the tectonic evolution (oceanic-continental transition) of the Gurga region during the Early Palaeozoic and the mechanism for the emplacement of the Yiniek Agan granite mass

6 结 论

(1) 伊涅克阿干花岗岩是含白云母过铝质花岗岩。岩体呈岩基产出, 岩石组合为二长花岗岩—钾长花岗岩。岩石呈灰白色, 富含钾长石和钠—更长石, 普遍含铝硅酸盐矿物——原生白云母。包体主要为浅源捕虏体和残留体, 并含少量的暗色闪长质包体。A/CNK=0.99~1.34, 平均1.097, 过铝性随着岩浆分异快速增强。岩浆分异程度较高。

(2) 伊涅克阿干花岗岩体 Sr 同位素初始比值为 0.71199, 说明岩浆来源主要为壳源, 其源区为变质杂砂岩, 少量变质偏基火成岩。同时, 花岗岩浆受到了幔源物质的混染, 岩体的微量元素及其中含有少量的暗色闪长质包体均反映岩浆演化初期可能有幔源物质参与。可以认为, 伊涅克阿干花岗岩体是壳-幔相互作用形成的熔融(改造)型花岗岩。

(3) 伊涅克阿干花岗岩体兼有“S”型花岗岩、“I”型花岗岩的特征, 岩浆演化晚期又具有“A”型花岗岩的特征, 反映出造山带高钾钙碱性花岗岩演化特征。因此, 这 3 种成因类型均不足以说明伊涅克阿干花岗岩的成因。从这个意义上说, 并非所有的 A/CNK>1 的过铝质花岗岩类都是“S”型花岗岩。只有 A/CNK>1.1 的强过铝质花岗岩才是典型的“S”型花岗岩^[18]。

(4) 伊涅克阿干花岗岩属于典型的同碰撞花岗岩, 岩体侵入奥陶系, Rb-Sr 全岩等时线年龄为 435.7Ma, 与早古生代柴达木板块与塔里木板块碰撞时间基本吻合。因此, 伊涅克阿干花岗岩体可能是早古生代柴达木板块与塔里木板块碰撞导致地壳加厚, 并在地幔热流注入参与作用下, 地壳深处发生

细中粒黑云二长花岗岩—钾花岗岩大规模侵入, 第三次是 c 单元斑状粗中粒黑云钾长花岗岩侵入。碰撞造山晚期, 该区处于构造后期的拉张状态, 伴随晚期碱性(相当于 A 型)花岗岩的侵入, 标志着加里东期碰撞造山作用结束。

熔融作用形成花岗岩浆侵位的产物。

参加野外调查和室内研究的还有黄宏伟、蒙有言、韦杏杰、李乾、龙爱林、刘武文、赖润宁、周秋娥、李锦诚、韦盛孔等,在此谨致谢意。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 崔军文, 唐哲明, 邓晋福, 等. 阿尔金断裂系[M]. 北京: 地质出版社, 1999.
- [3] 刘良, 车自成, 王焰, 等. 阿尔金高压变质岩带的特征及其构造意义[J]. 岩石学报, 1999, 15(1): 57—64.
- [4] 许志琴, 杨经绥, 张建新, 等. 阿尔金断裂两侧构造单元的对比及岩石圈剪切机制[J]. 地质学报, 1999, 73(3): 193—204.
- [5] 张建新, 张泽明, 许志琴, 等. 阿尔金构造带西段榴辉岩的 Sm-Nd 及 U-Pb 年龄——阿尔金构造带中加里东期山根存在的证据[J]. 科学通报, 1999, 44(10): 1109—1112.
- [6] 李海兵, 杨经绥, 许志琴, 等. 阿尔金断裂印支期走滑的地质及同位素证据[J]. 科学通报, 2001, 46(16): 1333—1338.
- [7] 李海兵, 杨经绥, 吴才来, 等. 阿尔金断裂剪切过程中定向生长锆石的发现及其意义[J]. 地质通报, 2002, 21(6): 298—303.
- [8] 周勇, 潘裕生. 阿尔金断裂早期走滑运动方向及其活动时间探讨[J]. 地质论评, 1999, 45(1): 1—9.
- [9] 郑剑东. 阿尔金山大地构造及其演化[J]. 现代地质, 1991, 5(4): 347—354.
- [10] 郑剑东. 阿尔金断裂带的几何学研究[J]. 中国区域地质, 1991, (1): 54—59.
- [11] 魏右民, 向宏发. 阿尔金构造系渐新世——中新世以来断裂左旋位错时空分布规律研究[J]. 地震地质, 1998, 20(1): 10—17.
- [12] 车自成, 刘良, 刘洪福, 等. 阿尔金山地区高压变质泥质岩石的发现及其产出环境[J]. 科学通报, 1995, 40(14): 1298—1300.
- [13] 车自成, 刘良, 孙勇. 阿尔金铅、钨、铋、氧同位素研究及其早期演化[J]. 地球学报, 1995, (3): 333—337.
- [14] 刘良, 车自成, 王焰, 等. 阿尔金茫崖地区早古生代蛇绿岩的 Sm-Nd 等时线年龄证据[J]. 科学通报, 1998, 43(8): 880—883.
- [15] 于海峰, 陆松年, 赵凤清, 等. 古阿尔金断裂的岩石构造依据及其意义[J]. 前寒武纪研究进展, 1998, 21(4): 10—14.
- [16] 潘桂棠, 李兴振, 等. 青藏高原及邻区大地构造单元初步划分. 地质通报, 2002, 21(11): 701—707.
- [17] FOLEY S F, VENTURELLI G, GREEN D H et al. The ultrapotassic rocks: characteristics, classification and constraints for petrogenetic models [J]. Earth Sci. Rev. 1987, 24(1): 81—134.
- [18] 肖庆辉, 邓晋福, 马大铨, 等. 花岗岩研究思维与方法[M]. 北京: 地质出版社, 2002.
- [19] ALTHER R, HOLL A, HEGNER E, LANGER C, KREUZER H. High-potassium, calc-alkaline I-type plutonism in the European Variscides: northern Vosges (France) and northern Schwarzwald (Germany) [J]. Lithos, 2000, 50(1): 51—73.

The Yinieke'agan granite mass in Qimantag, eastern Kunlun and its tectonic significance

LU Ji-pu, LI Jiang, QIN Xiao-feng, XU Hua, ZHOU Fu-sheng, LI Yu-kun, TANG Zhuan-hong, TANG Juan-hong

(Guangxi Institute of Geological Survey, Guilin 541003, Guangxi, China)

Abstract: The Yinieke'agan granite mass consists of muscovite-bearing peraluminous granites occurring as a compound mass composed of adamellite and moyite. The mass is grayish white and contains potassic feldspar, albite, oligoclase, primary muscovite, epixenoliths and relicts. $A/CNK=0.99-1.34$, with a mean value of 1.097. $ISr=0.71199$. The whole-rock Rb-Sr isochron age is 435.7 Ma. This granite mass is interpreted as a kind of syncollisional granites resulted from the crustal thickening caused by the collision between the Qaidam plate and Tarim plate during the Early Palaeozoic and melting giving rise to three phases of emplacement of the granitic magmas influenced by the mantle thermal plumes.

Key words: peraluminous granite; tectonic setting; Yinieke'agan; Altun; Qimantag; eastern Kunlun