

# 新疆东昆仑阿牙克岩体地球化学与<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar年代学研究及其大地构造意义\*

郝杰 刘小汉 桑海清

HAO Jie, LIU XiaoHan and SANG HaiQing

中国科学院地质与地球物理研究所,北京 100029

Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China

2003-02-22 收稿, 2003-07-20 改回.

Hao J, Liu XH and Sang HQ. 2003. Geochemical characteristics and <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar age of the Ayak adamellite and its tectonic significance in the east Kunlun, Xinjiang. *Acta Petrologica Sinica*, 19(3):517-522

**Abstract** The Kunlun mountain is the northern boundary of the Tibet plateau. The Ayak adamellite is a batholite which was intruded into the Qimantage ophiolitic melange of early Palaeozoic era in the East Kunlun of Xinjiang province. It is suggested that the pluton was generated in an extensional tectonic environment by studying on its major and trace element. The plateau age and isotope age of the amphibole are 420 ± 4Ma and 416 ± 21Ma. They indicate that the extensional tectonic regime had been changed in Late Silurian period from the pressed tectonic regime in early Palaeozoic era.

**Key words** Xinjiang province, East Kunlun Mountains, Ayak pluton, Extensional environment, <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar age, Late Silurian Period

**摘要** 阿牙克岩体出露在新疆东昆仑阿牙克库木湖北侧的祁漫塔格山西段,侵入在早古生代低绿片岩相蛇绿混杂岩即“祁漫塔格群”之中。岩体地球化学特征显示其可能形成在伸展构造环境,角闪石的<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar坪年龄为420 ± 4Ma;等时年龄为416 ± 21Ma,证实早古生代末期东昆仑地区已从挤压构造体制转化为伸展构造体制,表明昆仑山具有多期造山作用叠合的大地构造特征。

**关键词** 新疆;东昆仑;阿牙克岩体;伸展构造背景;<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar;晚志留世

**中图法分类号** P597.3;P588.345

## 1 序言

新疆东昆仑地区是一个无人区,野外考察条件十分恶劣,因此区域地质研究较薄弱,特别是同位素年代学研究基本上处于空白,很多重要岩体的形成时代大都采用的是地层接触关系推测的,缺乏定量的同位素年代学数据,因而给地质和构造演化研究带来很多局限性。

阿牙克岩体出露在阿牙克库木湖北侧祁漫塔格山的西

段(88°49′-89°28′E;37°41′-37°51′N)。由于第四系的覆盖,岩体被分隔为几个出露区(图1)。在1/100万阿牙克库木湖地区区域地质调查报告<sup>①</sup>和《新疆维吾尔自治区区域地质志》(新疆维吾尔自治区地质矿产局,1993)中,该岩体没有被命名,只是用编号表示,形成时代被划归为华力西中期或早期。鉴于岩体的一部分出露在阿牙克库木湖畔,所以本文建议将其称之为“阿牙克岩体”。本文主要报道了关于阿牙克岩体的岩石地球化学和<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar年代学研究的初步结果,并就其在昆仑山大地构造演化研究中的地质意义进行了讨论。

\* 中国科学院知识创新项目(KZCX2-SW-119)资助课题研究成果。

第一作者简介:郝杰,男,1957年生,博士,大地构造专业,E-mail:haojie-001@21cn.com

① 新疆地质局区域地质调查大队六分队. 1982. 1/100万阿牙克库木湖地区区域地质调查报告.

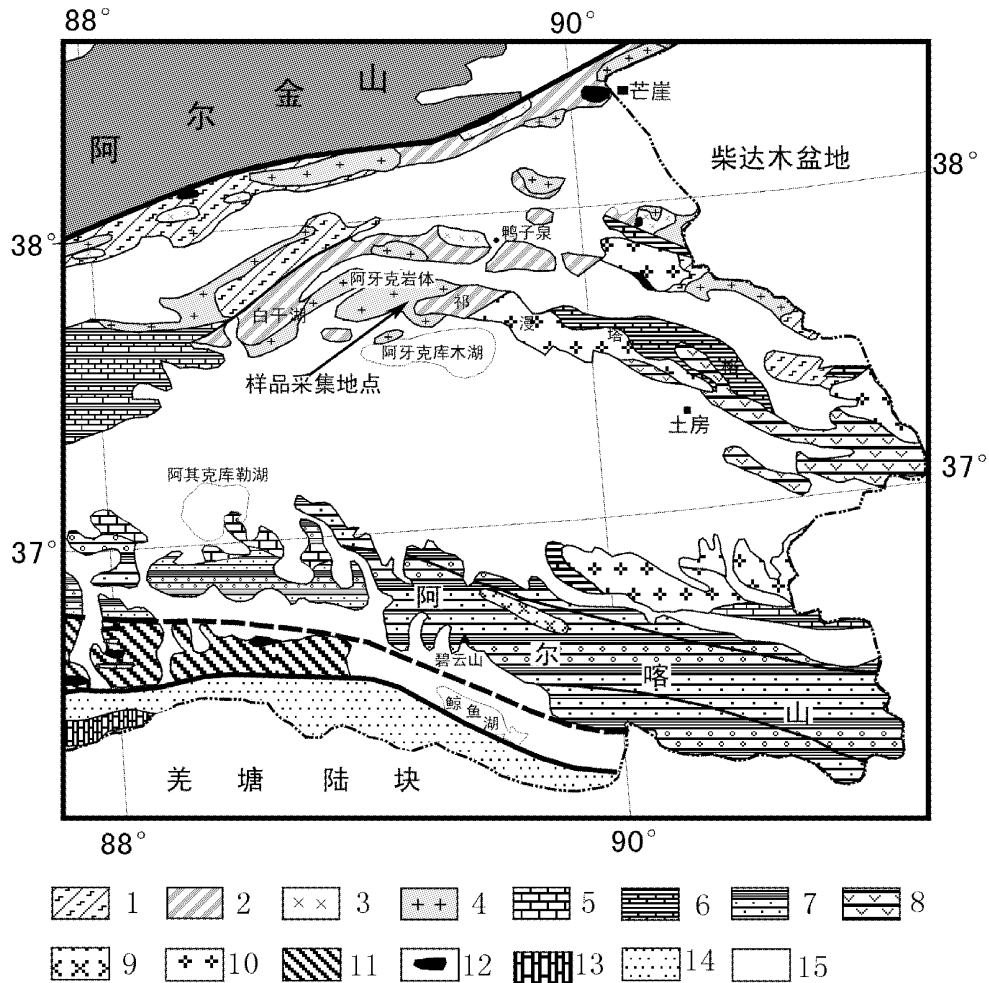


图1 新疆东昆仑地区地质-构造略图

1:新元古代变质杂岩;2:奥陶-早志留世造山杂岩;3:早古生代闪长岩-花岗闪长岩;4:晚志留世花岗岩;5:泥盆纪浅海碎屑-碳酸盐岩沉积;6:石炭纪碳酸盐岩沉积;7:二叠纪泥砂-碳酸盐岩沉积;8:晚三叠世弧火山岩;9:晚三叠世闪长-花岗闪长岩;10:白垩纪花岗岩;11:晚三叠世蛇绿混杂岩;12:蛇绿岩残块;13:二叠纪前陆被动陆缘碎屑-碳酸盐岩沉积;14:三叠纪前陆被动陆缘碎屑-泥质岩沉积;15:新生代沉积

Fig.1 Geological and tectonic sketch map of the East Kunlun in Xinjiang Province

## 2 岩石地质特征

### 2.1 岩体的区域地质特征

阿牙克岩体呈大型岩基侵入在“祁漫塔格群”之中。

“祁漫塔格群”主要由砂泥质复理石和岛弧型火山-碎屑岩以及蛇绿岩残块(杨金中等,1999)等组成,岩石普遍发生了低绿片岩相变质作用和韧性变形作用,构成一套蛇绿混杂岩。其中的大理岩和复理石的板(片)岩中已经发现有奥陶纪化石<sup>1</sup>和早志留世笔石化石(黎敦朋等,2002),表明混杂岩的基质可能主要由奥陶-早志留世沉积构成。另外,在区域上,中泥盆统至二叠系主要为一套含有丰富化石的浅海相碳

酸盐岩(常常形成生物灰岩)-细碎屑岩沉积地层,而且岩石没有发生区域变质。虽然在野外考察中我们没有看到“祁漫塔格群”与中泥盆统至二叠系之间的接触关系,但是根据区域地质可以推测“祁漫塔格杂岩”的变形、变质作用应该发生在中泥盆世之前即中、晚志留世或早泥盆世,两者之间应该为沉积不整合接触关系。其中“祁漫塔格群”代表着早古生代大洋消减的产物,而中泥盆统至二叠系则是在造山带杂岩的基础之上发育的“稳定型”浅海沉积。

在岩体与围岩的接触带上,发育着宽约100~200m的热接触变质带,围岩已变为黑云母石英片岩、黑云母片岩等。在岩体中可以见到一些与围岩一致的绿片岩相变质岩的残留捕虏体,显示着阿牙克岩体是在围岩发生变形和变质作用即蛇绿混杂岩形成之后侵位的。

## 2.2 岩石地球化学特征

阿牙克岩体主体岩相(>85%)为肉红色,具有似斑状或花岗结构、块状构造的粗粒二长花岗岩。其中,斑晶为微斜长石,粒径10~20mm,半自形或他形板状,含量约10%。基质有微斜长石(27%±)斜长石(23%±)、黑云母(6%±)、

角闪石(5%±)、石英(25%±),另有磷灰石、锆石、金红石等副矿物(约4%±)。此外,岩体中还有似斑状中粒黑云母花岗岩、浅灰色中细粒黑云母花岗岩等岩相。

岩石化学分析样品取自似斑状粗粒二长花岗岩和似斑状中粒黑云母花岗岩,主量元素和微量元素由中国科学院地质与地球物理研究所分析(表1、2)。

表1 新疆东昆仑阿牙克岩体主元素(%)分析结果

Table 1 Major element chemical composition (%) of Ayak adamellite in the East Kunlun, Xinjiang

样号	岩性	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	总和
kl-01-01	黑云母花岗岩	72.58	0.13	13.31	0.29	1.71	0.10	0.69	1.69	3.35	5.85	0.08	99.78
Kl-01-02	二长花岗岩	70.46	0.24	14.85	1.14	0.81	0.08	0.41	1.59	3.34	5.72	0.13	98.77
Kl-01-03	二长花岗岩	71.32	0.49	13.36	1.34	0.97	0.13	0.43	1.35	3.16	6.06	0.09	98.70
Kl-01-04	二长花岗岩	71.15	0.33	14.42	0.24	1.77	0.02	0.84	2.15	3.14	5.84		99.90
810D-88	似斑状花岗岩	72.73	0.24	13.70	0.35	1.68	0.03	0.34	0.96	3.20	5.68	0.10	99.01
-1233	黑云母花岗岩	74.52	0.17	13.13	0.54	1.21	0.04	0.42	0.72	3.28	5.58	0.13	99.74
-1248	黑云母花岗岩	70.40	0.39	14.32	0.52	1.36	0.03	1.19	1.20	3.50	6.10	0.20	99.21

注:样品810D-88、-1233、-1248引自《1/100万阿牙克库木湖地区区域地质调查报告》,新疆地质局区域地质调查大队六分队(1982)。

表2 新疆东昆仑阿牙克岩体微量元素(μg/g)分析结果

Table 2 Trace element analysis(μg/g) of Ayak adamellite in the East Kunlun, Xinjiang

样号	Be	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Hf	Ta	Th	U	La	Ce
kl-01-01	5.50	236	184	49.3	450	52.1	8.46	506	11.2	3.10	17.9	4.27	107	156
Kl-01-02	5.70	220	206	51.2	485	59.3	8.97	735	12.0	3.32	30.1	5.32	121	226
Kl-01-03	6.43	259	212	54.4	396	56.9	8.84	821	11.8	2.97	32.4	6.84	114	216
Kl-01-04	7.18	239	154	45.9	436	50.8	8.66	576	10.8	3.12	29.6	6.65	109	197

Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	ΣREE (La/Yb) <sub>N</sub>	δEu	
20.2	75.3	13.9	2.17	11.4	1.47	7.75	1.54	4.40	0.76	4.43	0.67	407	24.15	0.49
25.7	87.1	14.7	2.49	12.6	1.39	6.21	1.63	4.47	0.73	4.76	0.69	510	25.42	0.56
23.9	81.2	10.9	2.09	9.80	1.29	8.27	1.58	3.49	0.72	4.57	0.68	479	24.94	0.60
23.8	76.8	12.7	2.23	10.8	1.54	7.10	1.49	4.18	0.64	4.32	0.64	452	25.23	0.53

主元素: SiO<sub>2</sub>含量为70.40%~74.52%,平均为71.88%;Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量变化较小,为13.13%~14.85%,平均为13.87%;全碱(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)含量明显偏高,平均为9.11%,其中Na<sub>2</sub>O/K<sub>2</sub>O均小于1,K<sub>2</sub>O含量均在5.50%以上;CaO和MgO含量较低。岩石样品在SiO<sub>2</sub>-(K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)图解(图2)中均落在碱性花岗岩区;在AR-SiO<sub>2</sub>图解(图3)中主要落在碱性岩区;在R<sub>1</sub>-R<sub>2</sub>多阳离子图解(图4)上主要位于后造山期花岗岩区,显示了造山期后的碱性花岗岩的特征(Hong D *et al.*, 1996)。

微量元素: 岩石样品的稀土元素含量变化在407~510μg/g之间,在以球粒陨石标准化的稀土分布模式图(图5)上均表现为右倾,明显富集轻稀土;(La/Yb)<sub>N</sub>变化在

24.15~25.42之间,平均比值为24.97;负铕异常中等,δEu介于0.49~0.60之间,平均为0.55;上述特征与典型的后造山花岗岩(Rogers *et al.*, 1990)十分相似。岩石样品在Nb-Y和Rb-(Y+Nb)判别图解(图6)上样品均落在板内花岗岩区,显示着岩体可能形成于伸展构造背景(Eby, 1992; Forster *et al.*, 1997)。

阿牙克岩体的区域地质和岩石地球化学特征显示,其可能是在加里东期蛇绿混杂岩即“祁漫塔格群”形成之后发育的一种非造山型花岗岩,表明加里东期造山作用已经结束,该地区已从造山阶段的挤压构造体制转换为非造山阶段的伸展构造体制。

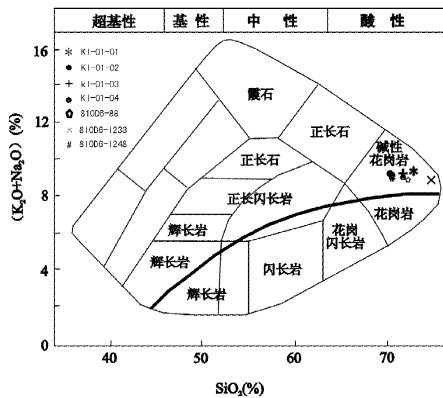


图2 新疆东昆仑阿牙克二长花岗岩化学分类和命名 (Wilson et al., 1989)

Fig. 2 The classification diagram for the Ayak adamellite in the East Kunlun, Xinjiang

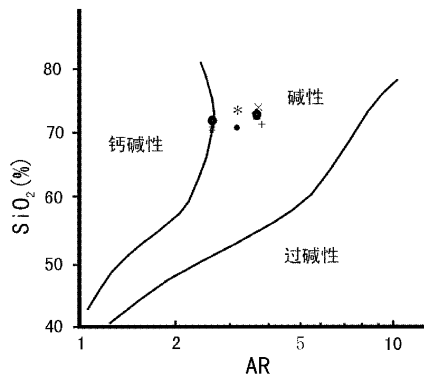


图3 新疆东昆仑阿牙克二长花岗岩 AR-SiO<sub>2</sub> 图解 (Wright, 1969)

AR = lg[ ( Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + CaO ) + ( Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O ) / ( Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + CaO ) - ( Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O ) ]; 样品点图例同图2

Fig. 3 AR-SiO diagram of Ayak adamellite in the East Kunlun, Xinjiang

### 3 <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 年代学

岩石年龄测试样品选自似斑状粗粒二长花岗岩 (hjk12000-01-03), 分选出角闪石单矿物, 纯度在 98% 以上, 粒度为 0.35 ~ 0.50 mm, 实验数据由中国科学院地质与地球物理研究所氩-氩实验室桑海清进行分析、处理。

#### 3.1 实验基本参数

样品在中国科学院原子能研究所 49-2 反应堆 H8 孔道进行快中子照射, 快中子瞬时通量为  $6.63 \times 10^{-12} \text{ n/cm}^2 \cdot \text{s}$ , 照射时间为 60h20min, 积分子通量为  $1.45 \times 10^{18} \text{ n/cm}^2$ 。用

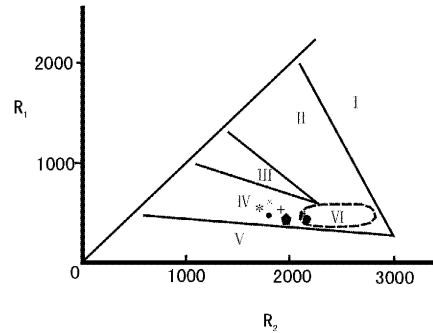


图4 新疆东昆仑阿牙克二长花岗岩 R<sub>1</sub>-R<sub>2</sub> 多阳离子图解 (Batchelor, 1985)

R<sub>1</sub> = [ 4Si - 11 ( K + Na ) - 2 ( Fe + Ti ) ]; R<sub>2</sub> = 6Ca + 2Mg + Al; I-地幔花岗岩区; II-活动板块边缘花岗岩区; III-碰撞后隆起期花岗岩区; IV-后造山期花岗岩区; V-非造山花岗岩区; VI-同碰撞期花岗岩区; 样品点图例同图2。

Fig. 4 R<sub>1</sub> - R<sub>2</sub> multi-cationic diagram of Ayak adamellite in the East Kunlun, Xinjiang

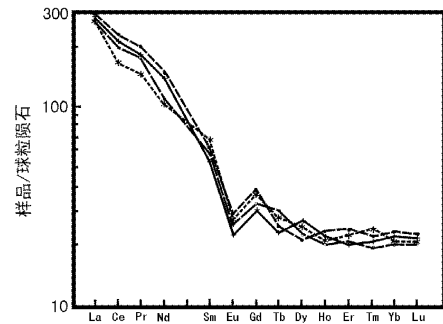


图5 新疆东昆仑阿牙克二长花岗岩稀土分布模式图

Fig. 5 The REE distribution patterns of Ayak adamellite in the East Kunlun, Xinjiang

于中子通量监测的标准样品是澳大利亚 77-600 角闪石和法国 B600 黑云母, 其年龄值为  $414.5 \pm 3.7 \text{ Ma}$  和  $322 \text{ Ma}$ 。为保证测量精度和质量监控, 样品角闪石置于 2 个标准样之间, 经实验测试求得 J 值的平均值为 0.010613。

照射过的样品在中国科学院地质与地球物理研究所氩-氩实验室 RGA10 质谱计中进行 <sup>40</sup>Ar - <sup>39</sup>Ar 阶段加热实验。实验室测定的校正因子为 (<sup>40</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar)<sub>a</sub> = 294.1、(<sup>36</sup>Ar/<sup>37</sup>Ar)<sub>Ca</sub> =  $2.64 \times 10^{-4}$ 、(<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar)<sub>k</sub> =  $3.05 \times 10^{-2}$ 、(<sup>39</sup>Ar/<sup>37</sup>Ar)<sub>Ca</sub> =  $6.87 \times 10^{-4}$ 、(<sup>38</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar)<sub>k</sub> = 0.01、(<sup>37</sup>Ar/<sup>38</sup>Ar)<sub>Ca</sub> =  $3.81 \times 10^{-5}$ 、(<sup>38</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar)<sub>a</sub> = 0.1869; 时间的函数为 (<sup>36</sup>Ar/<sup>38</sup>Ar)<sub>Cl</sub>; 实验采用值为  $4.35 \times 10^{-4}$ ; <sup>37</sup>Ar 半衰期取 35.1d; <sup>40</sup>K 衰变常数为  $5.543 \times 10^{-10} / \text{a}$ ; 年龄误差按 1σ 计。

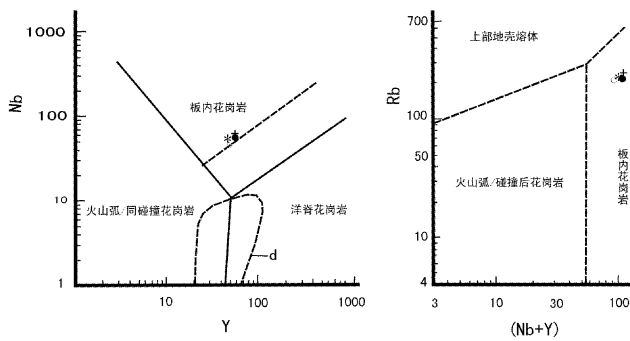


图6 新疆东昆仑阿牙克二长花岗岩 Nb - Y 和 Rb - (Y + Nb) 判别图解 (Pearce *et al.*, 1984) d 为塞浦路斯特罗斯俯冲带上叠型洋脊斜长花岗岩分布区; 样品点图例同图 2.

Fig. 6 Nb - Y and Rb - (Y + Nb) discriminant diagrams of Ayak adamellite in the East Kunlun, Xinjiang

### 3.2 实验结果

样品分 10 个加热点析 Ar, 分析数据见表 3。

在低温阶段,<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 比值和视年龄较小,反映的可能是后期热事件的影响。至高温阶段,<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 比值趋于稳定,年龄谱线较为平坦,<sup>39</sup>Ar 析出量占 90.83%,根据 1100 ~ 1200℃ 的 3 个阶段视年龄数据计算得到的坪年龄为 420 ± 4Ma(图 7a);并以 1000 ~ 1500℃ 的 6 个阶段的视年龄数据计算得到的等时年龄为 416 ± 21Ma(图 7b)。此处需要指出,在一般情况下,坪年龄和等时年龄应以相同阶段的视年龄进行计算,但是为了减小等时年龄的误差,本文在计算坪年龄的 3 个视年龄之外又选取了视年龄相近的 3 个阶段共同计算等时年龄,结果更为理想。计算结果表明,等时年龄与坪年龄数据十分接近,证实坪年龄的可靠。还需要指出的是,<sup>40</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar 初始比为 331(图 7b),略大于尼尔值(295.5),表明样品表面可能含有微量的过剩氩。

表 3 新疆东昆仑阿牙克二长花岗岩角闪石<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 阶段升温测年数据

Table 3 Isotopic data of <sup>40</sup>Ar - <sup>39</sup>Ar step heating analysis of the amphibole of Ayak adamellite in the East Kunlun, Xinjiang

温度(℃)	( <sup>40</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar) <sub>m</sub>	( <sup>36</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar) <sub>m</sub>	( <sup>37</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar) <sub>m</sub>	<sup>40</sup> Ar*/ <sup>39</sup> Ar <sub>k</sub>	<sup>39</sup> Ar(×10 <sup>-8</sup> ccSTP)	<sup>39</sup> Ar(%)	视年龄(Ma)
700	142.6604	0.450881	33.43225	12.1160	0.012	0.45	218 + 218
800	109.0372	0.335181	15.76102	11.2462	0.023	0.85	203 + 81
900	59.2757	0.165212	9.43065	11.2041	0.034	1.25	203 + 52
950	60.4906	0.156825	5.82889	14.6259	0.038	1.42	260 + 94
1000	63.4505	0.131986	5.62644	24.9557	0.019	0.70	424 + 96
1050	48.6292	0.090289	20.63393	23.8039	0.037	1.38	406 + 18
1100	44.7888	0.058728	21.47682	29.4618	0.084	3.12	491 + 7
1150	29.1086	0.016575	11.44285	25.2497	0.474	17.51	428 + 4
1200	26.4067	0.009925	8.62399	24.2488	0.734	27.13	413 + 4
1500	28.0810	0.012525	9.84694	25.2736	1.249	46.19	429 + 4

注:样品重量为 0.2016 g,照射参数 J=0.010613

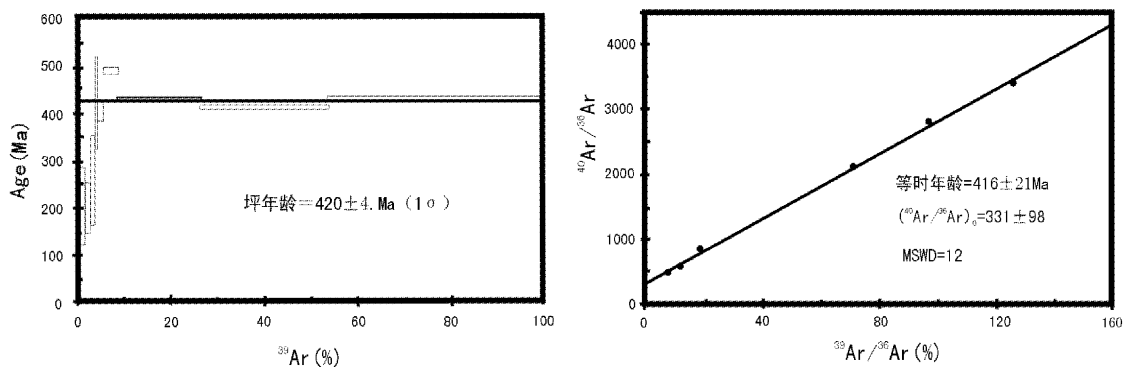


图7 新疆东昆仑阿牙克二长花岗岩角闪石<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 年龄谱和等时线图

Fig. 7 <sup>40</sup>Ar - <sup>39</sup>Ar step heating age spectrum and sochron diagram of the amphibole of Ayak adamellite East Kunlun in Xinjiang

野外地质研究证实阿牙克岩体没有发生变形和变质作用,因此岩体中角闪石的坪年龄  $420 \pm 4\text{Ma}$  基本可以代表岩体的形成时代,即晚志留世。

#### 4 地质意义

目前,关于昆仑大地构造格局及其演化主要有 2 种认识:一是认为,随着冈瓦纳大陆北缘不断地裂解,分离出的地块(或地体)陆续向北漂移,相继拼合在塔里木陆块南缘之上,从而形成从昆仑山至拉萨的由老至新的 5 条缝合带(潘裕生,1990;1994);另一种观点认为,从新元古代至中生代,在塔里木板块西南缘发育着一个不断向南增生的增生弧,最终在乔尔天山-红山湖一线与藏北的羌塘地块碰,形成昆仑“增生型造山带”(Sengör *et al.*, 1991)。虽然 2 种观点在构造格局的认识有所不同,但是两者都认为昆仑山地区一直处于一个持续的挤压造山构造背景。

阿牙克岩体地球化学特征和<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 定年的结果表明,从晚志留世开始,新疆的东昆仑地区已从早古生代造山阶段的挤压构造背景转变为非造山期的伸展构造背景,也就是说,以“祁漫塔格蛇绿混杂岩”形成过程为代表的加里东期造山阶段已经结束,而伸展构造作用可能代表着新一期造山旋回的开始。这一认识与新疆东昆仑地区广泛缺失中、晚志留世-早泥盆世沉积(剥蚀夷平期)和中泥盆世-二叠纪转为稳定的浅海台地相沉积并不整合在元古代变质岩系和加里东期变质岩系(如“祁漫塔格群”)之上的区域地质事实是吻合的,也得到新疆西昆仑地区发育着早古生代末期或晚古生代初期形成的非造山期花岗岩(姜耀辉等,1999;袁超等,2000)和代表拉张构造背景的煌斑岩脉(周辉等,2000)区域地质事实的支持。此外,上述事实给昆仑山“持续造山”和“连续增生”的认识提出了制约,同时表明昆仑山至少经历了 2 期造山作用,是一个叠合型造山带。

**致谢:** 除本文作者外,参加野外考察工作的还有李继亮、肖文交、俞良军、居宜太、陈梦军、李金雁、曹京、周学君等,在此一并表示感谢!

#### References

Bureau of Geology and Mineral Resource of Xingjiang Uygur Autonomous Region. 1993. Regional Geology of Xingjiang Uygur Autonomous Region. Beijing: Geological Publishing House, 418 - 480 (in Chinese with English abstract)

Dodson MH. 1973. Closure temperature in cooling geochronological and petrological system. *Contrib. Min. Petrol.*, 40: 259 - 274

Eby GN. 1992. Chemical subdivision of the A-type granitoids: petrogenetic and tectonic implications. *Geology*, 20: 641 - 644

Forser HJ, Tischendorf G and Trumbull RB. 1997. An evolution of the Rb - (Y + Nb) discrimination diagram to infer tectonic setting of

silicic igneous rocks. *Lithos*, 40: 261 - 293

Jiang YH, Rui XJ, Hou JR, Guo KY and Yang WZ. 1999. Tectonic type of Caledonian granitoids and tectonic significance in the West Kunlun Mts. *Acta Petrologica Sinica*, 15(1): 105 - 115 (in Chinese with English abstract)

Hong DW, Wang SC and Han BF. 1996. Post-orogenic alkaline granites from China and comparisons with anorogenic alkaline granites elsewhere. *J. SE. Asian Earth Sci.*, 13(1): 13 - 27

Li DP, Fan J and Xiao AF. 2000. Discovery of Early Silurian graptolite fossils in the Qimantag Group in the western sector of the East Kunlun. *Geological Bulletin of China*, 21(3): 136 - 139 (in Chinese with English abstract)

Roger JW and Greenberg JK. 1990. Late-orogenic, post-orogenic, and anorogenic granites: Distinction by major-element and trace element chemistry and possible origins. *Geol.*, 98(3): 291 - 309

Pan YS. 1990. Tectonic features and evolution of the western Kunlun Mountain region. *Scientia Geologica Sinica*, 25(3): 224 - 232 (in Chinese with English abstract)

Pan YS. 1994. Geological features and tectonic evolution of geotransverse from Yecheng to Shiquanhe in the Tibetan plateau. *Acta Geologica Sinica*, 68(4): 295 - 307 (in Chinese with English abstract)

Sengör AWC and Okurogullari AH. 1991. The role of accretionary wedges in the growth of continents: Asiatic examples from Argand to Plate tectonics. *Eclogae Geol. Helv.*, 84(3): 535 - 597

Yang JZ, Shen YC, Li GM, Liu TB, Zeng QD. 1999. Basic features and its tectonic significance of Yaziquan ophiolite belt in eastern Kunlun orogenic belt, Xinjiang. *Geoscience*, 13(3): 309 - 314 (in Chinese with English abstract)

Yuan C, Zhou H, Sun Min, Li JL, Hou QL. 2000. Geochemical characteristics and tectonic implications of North Kuda Pluton, West Kunlun Mountains. *Geochimica*, 29(2): 101 - 107 (in Chinese with English abstract)

Zhou H and Li JL. 2000. Age and geochemical features of lamprophyres in Kuda, western Kunlun. *Acta Petrologica Sinica*, 16(3): 380 - 384 (in Chinese with English abstract)

#### 附中文参考文献

姜耀辉, 芮行健, 贺菊瑞, 郭坤一, 杨万志. 1999. 西昆仑山加里东期花岗岩类构造的类型及其大地构造意义. *岩石学报*, 15(1): 105 - 115

黎敦朋, 樊晶, 肖爱芳. 2002. 东昆仑西段祁漫塔格群早志留世笔石化石的发现. *地质通报*, 21(3): 136 - 139

潘裕生. 1990. 西昆仑山构造特征与演化. *地质科学*, 25(3): 224 - 232

潘裕生. 1994. 青藏高原叶城-狮泉河路线地质特征及区域构造演化. *地质学报*, 68(4): 295 - 307

新疆维吾尔自治区地质矿产局. 1993. 《新疆维吾尔自治区区域地质志》. 北京:地质出版社, 418 - 480

杨金中, 沈远超, 李光明, 刘铁兵, 曾庆栋. 1999. 新疆东昆仑鸭子泉蛇绿岩的基本特征及其大地构造意义. *现代地质*, 13(3): 309 - 314

袁超, 周辉, 孙敏, 李继亮, 侯泉林. 2000. 西昆仑山库地北岩体的地球化学特征及构造意义. *地球化学*, 29(2): 101 - 107

周辉, 李继亮. 2000. 西昆仑库地煌斑岩的年代学及地球化学特征. *岩石学报*, 16(3): 380 - 384