新疆东准噶尔贝勒库都克锡矿带锡成矿的^{40}Ar-^{39}Ar年龄*

唐红峰[1] 苏玉平[1,2] 邱华宁[3] 韩宇捷[1,2]

TANG HongFeng[1], SU YuPing[1,2], QIU HuaNing[3] and HAN YuJie[1,2]

1. 中国科学院地球化学研究所,地球深部物质与流体作用地球化学研究室,贵阳 550002
2. 中国科学院研究生院,北京 100049
3. 中国科学院广州地球化学研究所,同位素年代学和地球化学重点实验室,广州 510640

1. *Laboratory for Study of the Earth's Interior and Geofluids, Institute of Geochemistry, CAS, Guiyang* 550002, *China*
2. *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100049, *China*
3. *Key Laboratory of Isotope Geochronology and Geochemistry, Guangzhou Institute of Geochemistry, CAS, Guangzhou* 510640, *China*

2008-11-10 收稿, 2009-03-18 改回.

Tang HF, Su YP, Qiu HN and Han YJ. 2009. ^{40}Ar-^{39}Ar age of tin mineralization in the Beilekuduk tin metallogenic belt, East Junggar, Xinjiang (NW China). *Acta Petrologica Sinica*, 25(6):1303-1309

Abstract The Beilekuduk tin metallogenic belt in the eastern Junggar of Xinjiang is the first one discovered in northern China with four independent tin deposits, from east to west, named Sareshik, Beilekuduk, Ganliangzi, and Kamst, respectively. These tin deposits can be divided into two groups in terms of their ore type and gangue mineral compositions. The ores in Sareshik tin deposit are quartz type, and the gangue minerals are predominately composed of quartz, with minor feldspar, but almost no muscovite. Whereas the other three tin deposits are greisen type, and mainly composed of quartz and feldspar, with minor muscovite. In this paper, the ^{40}Ar-^{39}Ar dating results are reported for muscovites from Kamst, Ganliangzi, Beilekuduk tin deposits. The three samples of muscovite in equilibrium with cassiterite yield very flat age spectra. The ^{40}Ar/^{36}Ar-^{39}Ar/^{36}Ar normal isochron ages are well concordant with their corresponding plateau ages, ranging from 305 to 315Ma. These results, together with the Re-Os isochron age of the Sareshik tin deposit we previously reported well constrain the mineralization ages for the four tin deposits, and hence confirm that they certainly belong to the same tin metallogenic belt. Moreover, the coincident ages of the tin ores and their granite wallrocks indicate the most likely genetic relationship between tin mineralization and granitic magmatism in the studied region.

Key words ^{40}Ar-^{39}Ar age; Tin mineralization; Beilekuduk tin metallogenic belt; East Junggar; Xinjiang

摘 要 位于新疆东准噶尔的贝勒库都克锡矿带是我国北方地区首次发现具独立锡矿床的锡成矿带。该成矿带自东向西发育萨惹什克、贝勒库都克、干梁子、卡姆斯特4个独立锡矿床。它们在主要矿石类型、脉石矿物组成上表现为两类。萨惹什克锡矿属于石英型,占优势的脉石矿物是石英,其次有长石,而白云母很不发育。其它3个锡矿则以云英岩型为特征,主要脉石矿物是石英和长石,次要矿物有白云母。本文报道了我们对发育白云母的卡姆斯特、干梁子、贝勒库都克锡矿床开展矿石^{40}Ar-^{39}Ar同位素定年的结果。3件与锡石平衡共生的白云母有很平坦的年龄谱,其^{40}Ar/^{36}Ar-^{39}Ar/^{36}Ar正等时线年龄与各自的坪年龄很一致,年龄值范围是305~315Ma。这些结果和我们已报道的萨惹什克锡矿的Re-Os等时线年龄一起,确定了全部4个锡矿床的成矿年龄,并证实它们构成一个锡成矿带。此外,锡矿石与花岗岩围岩年龄的一致性表明了研究区锡成矿与花岗岩浆作用间很可能存在成因关系。

关键词 ^{40}Ar-^{39}Ar年龄;锡成矿;贝勒库都克锡矿带;东准噶尔;新疆

中图法分类号 P618.44;P597.3

---

* 国家自然科学基金项目(40772044)资助.

第一作者简介: 唐红峰, 男, 1963年生, 研究员, 岩石学和地球化学专业, E-mail: tanghongfeng@vip.gyig.ac.cn

Acta Petrologica Sinica

1 引言

新疆东准噶尔的贝勒库都克锡矿带是我国北方地区首次发现具独立锡矿床的锡成矿带(毕承思等,1991, 1993)。根据萨惹什克锡矿的围岩属性,毕承思等(1992)确定了该矿床是我国最早发现的与 A 型花岗岩有关的独立锡矿床。此外,新的研究表明,被前人认为属于 S 型的黑云母碱长花岗岩(毕承思等,1993;刘家远等,1996),实际上也是 A 型花岗岩(苏玉平等,2006)。因此,发育锡矿床的花岗岩体全部属于 A 型花岗岩,这是该锡矿带的一个显著特征,在矿床类型和成因两方面有重要的地质意义。

已有的地质调查表明,该矿带内的锡矿体主要是受断裂控制而呈脉状产出(毕承思等,1994;刘家远等,1996)。对于这种发育于花岗岩体内的脉状矿床,矿石和岩石的高精度同位素年龄是揭示两者时间关系、研究矿床成因必须首先解决的问题。然而,早期因为分析技术和样品选择上的制约,前人尽管开展了一定的同位素定年工作,但获得的结果存在明显的歧义。如同一含锡花岗岩体不同方法的同位素年龄值差别很大,萨惹什克锡矿与卡姆斯特锡矿矿脉的锆石 U-Pb 年龄值有很大差异(刘家远等,1996),因此这两个锡矿床是否属于同一个锡矿带在时间上缺乏依据。目前,随着测试技术特别是微区原位技术(离子探针、激光熔样)的发展和完善,对于贝勒库都克锡矿带的花岗岩围岩已获得了较多的高精度同位素年龄数据(如 Su *et al.*, 2007;韩宝福等,2006;唐红峰等,2007a;林锦富等,2007;苏玉平等,2006, 2008),而对于锡矿石的年龄研究则明显不足。本文报道了该矿带内贝勒库都克、干梁子和卡姆斯特 3 个锡矿床的白云母的 ^{40}Ar-^{39}Ar 年龄,其结果与我们已获得的萨惹什克锡矿的 Re-Os 等时线年龄(唐红峰等,2007a)一起,为阐明上述 4 个锡矿床属于同一矿带及锡矿床与花岗岩围岩有成因联系提供了关键的年代学制约。

2 地质背景

贝勒库都克锡矿带在大地构造位置上属于西伯利亚板块与哈萨克斯坦板块接合部的东准噶尔古生代造山带,具体在卡拉麦里深断裂带以北的、呈北西西向展布的狭长地带。西起富蕴县西南的喀拉萨依和卡姆斯特,经青河县的贝勒库都克,向东至奇台县的黄羊山(即萨惹什克)和苏吉泉,全长约 90km,宽 10 ~ 20km。自东向西依次发育萨惹什克、贝勒库都克、干梁子、卡姆斯特 4 个独立锡矿床。它们所在的花岗岩围岩分别是萨北、贝勒库都克、干梁子、喀拉萨依岩体。这些岩体与区内的苏吉泉、黄羊山、巴勒巴朵依、老鸦泉-红土井子、卡姆斯特等碱长或碱性花岗岩体和两个尚未命名的(岩性分别是二长花岗岩、花岗闪长岩)岩体一起构成了花岗岩杂岩带,上述花岗岩均侵入于区内发育的泥盆系和石炭系地层(图 1)。

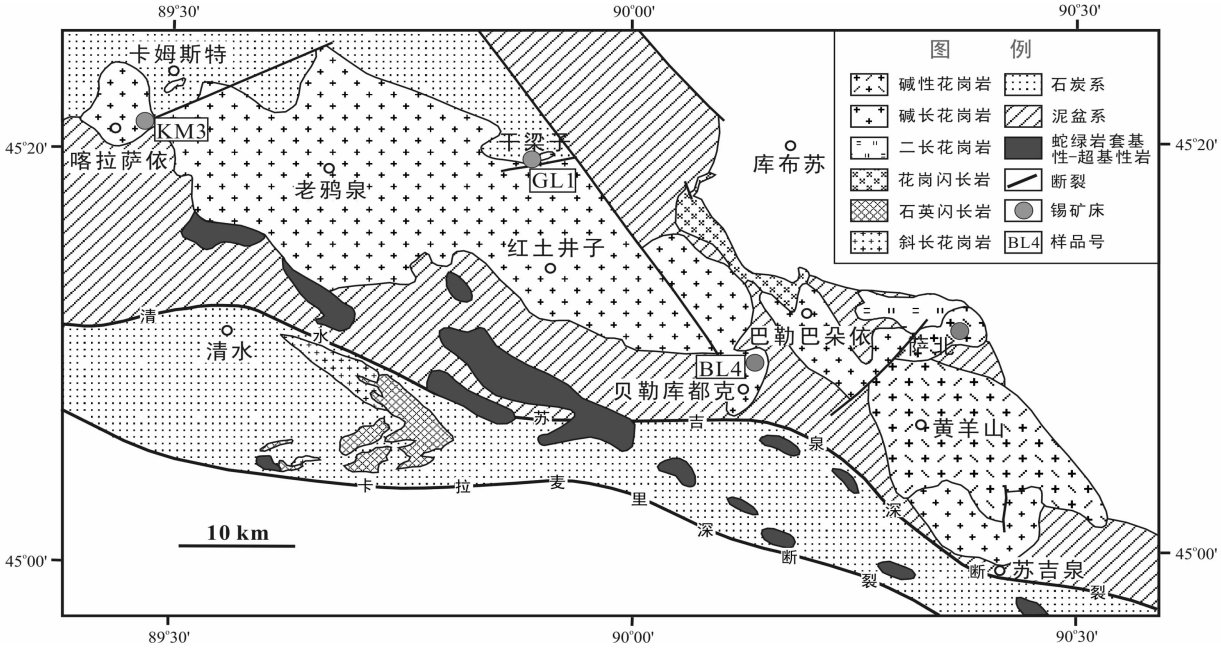


图 1 新疆东准噶尔贝勒库都克锡矿带地质简图(据 1∶20 万地质图①、李锦轶等(1990)、毕承思等(1993)和刘家远等(1996)资料简化)

Fig. 1 Geological map of the Beilekuduk tin metallogenic belt, East Junggar, Xinjiang (after Li *et al.*, 1990; Bi *et al.*, 1993; Liu *et al.*, 1996)

① 新疆地质局区域地质测量大队. 1∶20 地质图卡拉麦里山幅(1965 年)和库普幅(1966 年)

在卡拉麦里深断裂与花岗岩杂岩带之间并与后者平行发育的是卡拉麦里缝合带，主要由蛇绿岩、下-中泥盆统钙碱性火山岩、火山-沉积岩和下石炭统的沉积岩组成(图1)。已有研究表明，卡拉麦里蛇绿岩的时代是泥盆纪(舒良树和王玉净，2003；唐红峰等，2007b)。研究区上石炭统很不发育，而且在其下部见具磨拉石特征的粗碎屑岩，不同构造单元上的晚石炭世地层一致地属于陆相火山-沉积岩(李锦轶，2004)。综合各方面资料，前人对东准噶尔造山带的认识基本达成了共识，认为它是在晚泥盆世-早石炭世的碰撞造山带，在晚石炭世则进入了后碰撞阶段(李锦轶等，1990；李锦轶，2004)。系统的高精度同位素年代学、元素地球化学研究和构造背景判别结果表明，上述花岗岩杂岩带花岗质岩石的成岩时代是晚石炭世(年龄范围主要在300～315Ma之间)，它们是该区后碰撞阶段的岩浆活动产物(Chen and Jahn，2004；Su *et al.*，2007；韩宝福等，2006；唐红峰等，2007a；林锦富等，2007；苏玉平等，2006，2008)。

贝勒库都克锡矿带4个锡矿床的矿体主要分布于花岗岩体内部或岩体与地层的内接触带，受断裂控制明显而以脉状产出为特征。控矿构造为张性或压扭性断裂，其方向主要是北东向，其次有北西或近东西向。除砂锡矿外，4个锡矿床的矿石类型有云英岩型、石英型和蚀变花岗岩型。其中，萨惹什克锡矿以石英型占绝对优势，而其它3个锡矿则以云英岩型为主体(毕承思等，1994)。锡石是4个锡矿床共同并占绝对优势的矿石矿物，而主要脉石矿物组成和含量可像矿石类型那样分成两类，其中萨惹什克锡矿90%以上的脉石矿物是石英，其次有长石，而其它3个锡矿的主要脉石矿物是石英和长石，次要的有白云母，该矿物的发育为矿石的^{40}Ar-^{39}Ar同位素定年提供了充分的保障。

3 样品和分析方法

本次研究的锡矿石样品分别采自贝勒库都克锡矿(BL4)、干梁子锡矿(GL1)和卡姆斯特锡矿(KM3)(图1)，它们属于云英岩型矿石。萨惹什克锡矿因为白云母极不发育，难以选出满足^{40}Ar-^{39}Ar定年要求的颗粒和重量。图2是所研究的3件样品的显微照片，岩相特征显示样品新鲜，矿物组合为锡石+白云母+石英，都发育与锡石平衡共生且没有蚀变的原生白云母，其中样品GL1局部发育萤石(图2)。

样品经过手工破碎、掏洗和双目镜下挑选，得到20～40目的纯白云母颗粒，然后用去离子水对它们进行超声清洗。白云母在北京49-2反应堆照射，快中子通量为$6.0\sim6.5\times10^{12}$ n. cm^{-2}. s^{-1}。Ar同位素分析是在中国科学院广州地球化学研究所的GV-5400气体质谱仪上完成的，采用激光阶段加热技术释出气体。干扰Ar同位素校正因子$(^{39}Ar/^{37}Ar)_{Ca}=8.984\times10^{-4}$，$(^{36}Ar/^{37}Ar)_{Ca}=2.673\times10^{-4}$，$(^{40}Ar/^{39}Ar)_{K}=5.97\times10^{-3}$。电子倍增器的灵敏度为$1.64\times10^{-15}$ mol/mV。同位素数据处理和年龄计算采用Koppers(2002)的ArArCALC软件。详细的分析流程见邱华宁(2006)和Qiu and Jiang(2007)。

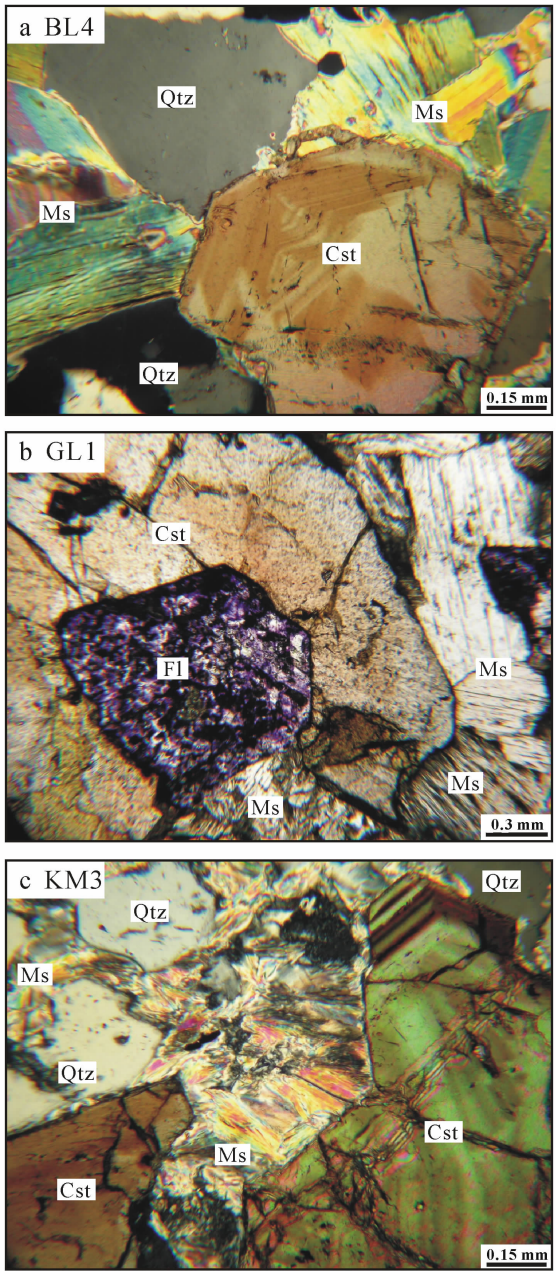


图2 新疆东准噶尔贝勒库都克锡矿带锡矿石的岩相学特征

a-贝勒库都克锡矿，正交偏光；b-干梁子锡矿，单偏光；c-卡姆斯特锡矿，正交偏光。矿物代号：Qtz-石英；Ms-白云母；Cst-锡石；Fl-萤石

Fig. 2 Petrographic features for the ores from the Beilekuduk tin metallogenic belt, East Junggar, Xinjiang

a-The Beilekuduk tin deposit, cross-polarized light; b-The Ganliangzi tin deposit, plane-polarized light; c-The Kamst tin deposit, cross-polarized light. Mineral abbreviations: Qtz-quartz; Ms-muscovite; Cst-cassiterite; Fl-fluorite

4 ^{40}Ar-^{39}Ar 年龄

锡矿石中白云母的激光阶段加热^{40}Ar-^{39}Ar分析结果列于表1,其坪年龄图谱和正等时线图如图3。由于白云母为富K矿物,其$^{40}Ar^{*}$含量很高(表1),在反等时线图上数据点集中在$^{39}Ar/^{40}Ar$轴一端,不能很好地反映数据点的分布情况,因此本文采用正等时线图表示分析结果。

对样品BL4(贝勒库都克锡矿)进行了14个激光阶段加热分析,获得了平坦的^{40}Ar-^{39}Ar年龄谱,视年龄变化范围是301~308Ma(表1),整个谱线的坪年龄为305±1Ma(图3a)。在$^{40}Ar/^{36}Ar$-$^{39}Ar/^{36}Ar$正等时线图上,全部数据点构成很好的等时线,其年龄是304±1Ma,$^{40}Ar/^{36}Ar$初始比值为326±16,MSWD=1.61(图3b)。样品GL1(干梁子锡矿)13个激光阶段加热分析的^{40}Ar-^{39}Ar年龄谱也较为平坦,除第1阶段视年龄值偏小外,其它阶段的视年龄值变化范围是309~316Ma(表1),12个阶段的坪年龄是314±1 Ma(图3c)(^{39}Ar占97.4%)。在$^{40}Ar/^{36}Ar$-$^{39}Ar/^{36}Ar$正等时线图上,12个数据点构成年龄是315±1Ma的等时线,其$^{40}Ar/^{36}Ar$初始比值为280±7, MSWD=1.26(图3d)。样品KM3(卡姆斯

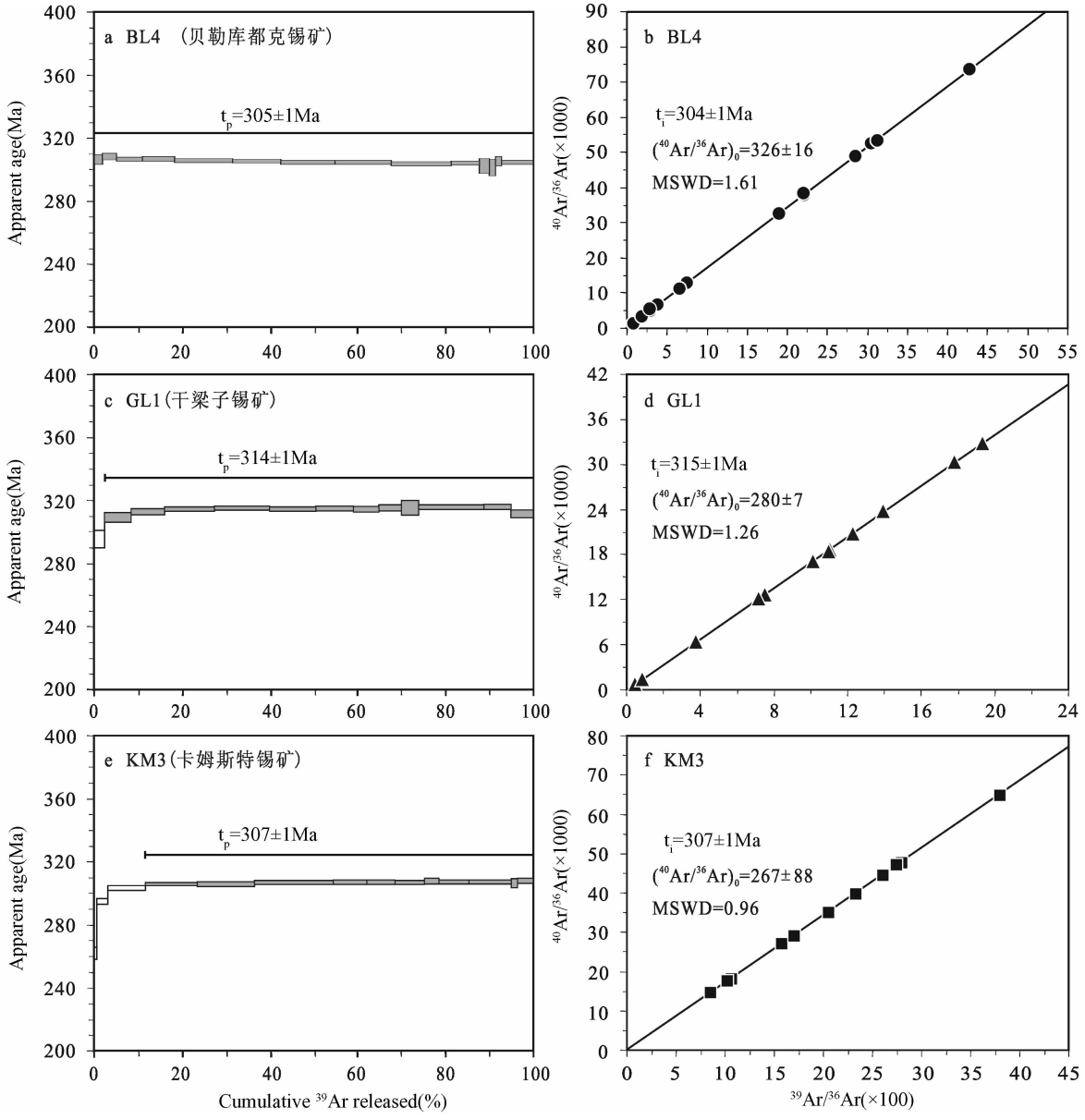


图3 贝勒库都克锡矿带锡矿石白云母激光阶段加热^{40}Ar-^{39}Ar年龄谱和正等时线图

t_p-坪年龄;t_i-等时线年龄

Fig. 3 Plots of ^{40}Ar-^{39}Ar age spectra and normal isochrons of muscovites in tin ores from the Beilekuduk tin metallogenic belt by laser stepwise heating

表 1 ^{40}Ar-^{39}Ar 定年结果

Table 1 ^{40}Ar-^{39}Ar dating results

Step	Laser Power (W)	$^{36}Ar_{air}$ (mV)	$^{37}Ar_{Ca}$ (mV)	$^{38}Ar_{Cl}$ (mV)	$^{39}Ar_{K}$ (mV)	$^{40}Ar^{*}$ (mV)	Age ±2σ (Ma)	$^{40}Ar^{*}$ (%)	$^{39}Ar_{K}$ (%)
(a) BL4 (Muscovite), $J=0.010671$									
1	0.23	0.050	0.010	0.001	4.256	73.87	306.6 ±3.0	83.2	1.93
2	0.46	0.038	0.031	0.004	7.077	123.60	308.3 ±2.0	91.7	3.20
3	0.69	0.044	0.041	0.004	12.802	222.29	306.7 ±1.3	94.5	5.79
4	0.92	0.042	0.057	0.004	16.150	280.50	306.8 ±1.4	95.7	7.31
5	1.14	0.039	0.040	0.011	29.126	504.07	305.7 ±1.2	97.7	13.18
6	1.41	0.013	0.041	0.008	24.286	419.92	305.5 ±1.4	99.1	10.99
7	1.73	0.012	0.067	0.009	27.418	472.48	304.5 ±1.2	99.2	12.40
8	2.17	0.009	0.066	0.009	27.987	482.83	304.9 ±1.2	99.4	12.66
9	2.69	0.010	0.177	0.008	31.003	532.81	303.8 ±1.2	99.4	14.02
10	3.34	0.005	0.057	0.004	13.313	229.18	304.2 ±1.3	99.4	6.02
11	4.58	0.003	0.002	0.002	5.575	95.32	302.4 ±4.6	99.2	2.52
12	6.92	0.005	0.000	0.001	3.055	52.08	301.5 ±5.2	97.4	1.38
13	10.36	0.009	0.000	0.001	2.770	47.91	305.5 ± 2.8	94.5	1.25
14	15.14	0.004	0.018	0.004	16.245	279.96	304.6 ±1.2	99.6	7.35
(b) GL1 (Muscovite), $J=0.011228$									
1	0.23	0.207	0.039	0.003	3.798	60.16	295.3 ±5.3	49.6	2.60
2	0.46	0.200	0.071	0.004	8.845	147.20	309.0 ±2.9	71.4	6.05
3	0.69	0.131	0.113	0.007	11.262	189.75	312.6 ±1.8	83.0	7.70
4	0.92	0.044	0.306	0.008	16.501	279.62	314.2 ±1.3	95.5	11.28
5	1.14	0.024	0.553	0.009	18.266	310.24	314.9 ±1.3	97.7	12.48
6	1.37	0.022	0.486	0.008	15.423	261.39	314.2 ±1.4	97.6	10.54
7	1.59	0.012	0.194	0.007	12.438	210.98	314.5 ±1.4	98.3	8.50
8	1.91	0.008	0.456	0.005	8.493	143.94	314.2 ±1.7	98.4	5.80
9	2.35	0.006	0.349	0.003	7.600	129.17	315.1 ±1.8	98.6	5.19
10	2.91	0.003	0.053	0.003	5.587	94.97	315.1 ±4.5	99.1	3.82
11	4.58	0.012	0.109	0.011	21.798	370.96	315.4 ±1.2	99.0	14.90
12	6.55	0.006	0.056	0.005	8.992	153.10	315.6 ±1.5	98.7	6.15
13	15.14	0.007	0.051	0.002	7.313	122.69	311.3 ±2.3	98.4	5.00
(c) KM3 (Muscovite), $J=0.010864$									
1	0.23	0.041	0.023	0.002	2.133	30.75	262.5 ±3.7	71.9	0.84
2	0.46	0.044	0.052	0.004	6.257	102.52	295.5 ±1.8	88.6	2.46
3	0.69	0.061	0.133	0.013	21.578	364.35	303.9 ±1.3	95.2	8.47
4	0.92	0.036	0.135	0.015	30.394	517.54	306.2 ±1.2	98.0	11.93
5	1.14	0.031	0.124	0.013	33.082	563.31	306.2 ±1.2	98.4	12.98
6	1.46	0.029	0.148	0.024	45.419	776.01	307.2 ±1.2	98.9	17.82
7	1.82	0.011	0.042	0.009	19.269	329.48	307.4 ±1.4	99.0	7.56
8	2.13	0.006	0.046	0.007	16.413	280.66	307.4 ±1.4	99.4	6.44
9	2.43	0.007	0.035	0.010	16.989	290.39	307.3 ±1.3	99.2	6.67
10	2.91	0.003	0.026	0.005	8.604	147.60	308.3 ±1.8	99.3	3.38
11	4.58	0.008	0.040	0.007	17.142	293.37	307.6 ±1.3	99.1	6.73
12	6.55	0.009	0.050	0.010	24.487	418.84	307.5 ±1.2	99.3	9.61
13	9.60	0.001	0.011	0.002	3.762	64.19	306.8 ±2.9	99.5	1.48
14	15.14	0.009	0.022	0.003	9.317	159.96	308.5 ±1.6	98.3	3.66

特锡矿)的14个激光阶段加热分析的^{40}Ar-^{39}Ar年龄谱如图3e,除前3个阶段视年龄值明显偏小外,后面11个阶段的谱线非常平坦,其视年龄值变化范围很窄(306~308Ma,表1),11个阶段的坪年龄是307±1Ma(图3e)(^{39}Ar占88.2%)。在$^{40}Ar/^{36}Ar$-$^{39}Ar/^{36}Ar$正等时线图上,11个数据点构成的等时线年龄与坪年龄完全一致,其$^{40}Ar/^{36}Ar$初始比值为267±88,MSWD=0.96(图3f)。

5 讨论与结论

上述结果显示,3件锡矿石中白云母的$^{40}Ar/^{36}Ar$-$^{39}Ar/^{36}Ar$正等时线年龄与各自的坪年龄在误差范围内完全一致,因此这些白云母的^{40}Ar-^{39}Ar年龄测定结果是可信的,它们代表了白云母的形成时间。从图2的矿石岩相学特征可以看到,3件样品都显示了锡石与白云母的平衡共生关系,这样白云母的结晶年龄间接地给出了锡石的形成时间。已有的流体包裹体研究查明,贝勒库都克锡矿带的成矿热液温度在200~350℃之间(刘家远等,1996),考虑到白云母在Ar同位素体系的封闭温度是350℃(McDougall and Harrison, 1999)。因此,本文报道的3件白云母的^{40}Ar-^{39}Ar年龄分别代表了各自锡矿床的成矿时间。为了克服系统误差和测试方法、测定对象不同可能导致的误差,在研究贝勒库都克锡矿带成矿时代时,最好选择同种对象,进行相同方法和批次的同位素分析。但是,由于萨惹什克锡矿矿石类型和矿物组合及含量的限制,很难开展白云母的^{40}Ar-^{39}Ar定年。幸运的是,我们通过其中发育的辉钼矿,获得了307Ma这一能代表锡成矿时间的Re-Os等时线年龄(唐红峰等,2007a)。此外,陈富文等(1999)对干梁子锡矿的石英流体包裹体的Rb-Sr同位素分析,得到了305±25Ma(MSWD=40.3)的等时线年龄,该年龄值与前述干梁子锡矿的白云母^{40}Ar-^{39}Ar年龄在误差范围内基本一致。以上同位素定年结果的综合表明,萨惹什克、贝勒库都克、干梁子、卡姆斯特4个锡矿床是在305~315Ma之间即晚石炭世形成的,其成矿的同时性为它们构成一个锡成矿带提供了重要的时间制约。

前已述及,贝勒库都克锡矿带所在花岗岩的成岩时代属于晚石炭世(年龄集中在300~315Ma之间)。因此,考虑到不同同位素定年方法的制约和精度的差别,贝勒库都克锡矿带的成岩与成矿的时间是完全一致的,从而在时间上证明了锡成矿与花岗岩成岩可能有的密切关系。大量研究表明,包括天山-准噶尔-阿尔泰的新疆北部地区,在晚石炭世已进入了以发育强烈的后碰撞构造/岩浆活动和大规模成矿作用为特征的"后碰撞"构造演化阶段(如Zhu *et al.*, 2006, 2007;朱永峰等,2005, 2006;王京彬和徐新,2006)。本文报道的锡矿石的^{40}Ar-^{39}Ar年龄,进一步阐明了贝勒库都克锡矿带及其花岗岩围岩是北疆后碰撞阶段构造-热事件的产物,属于该区大规模成岩成矿作用的一部分。

References

Bi CS, Shen XY and Xu QS. 1991. Prospecting and assessment criteria of quartz-vein type of tin deposits in northern Xinjiang. Geoscience of Xinjiang, (2): 134-141 (in Chinese with English abstract)

Bi CS, Shen XY and Xu QS. 1992. The first discovery of a tin deposit related to Hercynian A-type granites in China. Science in China (Series B), (6): 632-638 (in Chinese)

Bi CS, Shen XY, Xu QS, Ming KH, Sun HL and Zhang CS. 1993. Geological characteristics of stanniferous granites in the Beilekuduk tin metallogenic belt, Xinjiang. Acta Petrologica Mineralogica, 12(3): 213-223 (in Chinese with English abstract)

Bi CS, Shen XY, Xu QS, Ming KH, Sun HL and Zhang CS. 1994. The geological features and origin of the Beilekuduk tin metallogenic belt. Bulletin of the Chinese Academy of Geological Sciences, No. 29: 51-66 (in Chinese with English abstract)

Chen B and Jahn BM. 2004. Genesis of post-collisional granitoids and basement nature of the Junggar Terrane, NW China: Nd-Sr isotope and trace element evidence. Journal of Asian Earth Sciences, 23: 691-703

Chen FW, Li HQ, Cai H, Liu Q and Chang HL. 1999. Chronology and origin of the Gangliangzi tin ore field, Xinjang. Mineral deposits, 18(1): 91-97 (in Chinese with English abstract)

Han BF, Ji JQ, Song B, Chen LH and Zhang L. 2006. Late Paleozoic vertical growth of continental crust around the Junggar Basin, Xinjiang, China (Part I): Timing of post-collisional plutonism. Acta Petrologica Sinica, 22(5): 1077-1086 (in Chinese with English abstract)

Koppers AAP. 2002. ArArCALC-software for $^{40}Ar/^{39}Ar$ age calculations. Computers and Geosciences, 28(5): 605-619

Li JY, Xiao XC, Tang YQ, Zhao M, Zhu BQ and Feng YM. 1990. Main characteristics of Late Paleozoic plate tectonics in the southern part of East Junggar, Xinjiang. Geological Review, 36(4): 305-316 (in Chinese with English abstract)

Li JY. 2004. Late Neoproterozoic and Paleozoic tectonic framework and evolution of eastern Xinjiang, NW China. Geological Review, 50(3): 304-322 (in Chinese with English abstract)

Lin JF, Yu HX, Yu XQ, Di YJ and Tian JT. 2007. Zircon SHRIMP U-Pb dating and geological implication of the Sabei alkali-rich granite from eastern Junggar of Xinjiang, NW China. Acta Petrologica Sinica, 23(8): 1876-1884 (in Chinese with English abstract)

Liu JY, Yuan KR, Wu GQ, Xin JG and Liu S. 1996. A study on Alkali-Rich Granitoids and Related Mineralization in Eastern Junggar, Xinjiang, China. Changsha: Central South University of Technology Press (in Chinese with English abstract)

McDougall I and Harrison TM. 1999. Geochronology and Thermochronology by the $^{40}Ar/^{39}Ar$ Method. 2nd edition. Oxford: Oxford University Press, 269

Qiu HN and Jiang YD. 2007. Sphalerite $^{40}Ar/^{39}Ar$ progressive crushing and stepwise heating techniques. Earth Planet. Sci. Lett., 256: 224-232

Qiu HN. 2006. Construction and development of new Ar-Ar laboratories in China: Insight from GV-5400 Ar-Ar laboratory in Guangzhou Insitute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences. Geochimica, 35(2): 133-140 (in Chinese with English abstract)

Shu LS and Wang YJ. 2003. Late Devonian-Early Carboniferous radiolarian fossils from siliceous rocks of the Kelameili ophiolite, Xinjiang. Geological Review, 49(4): 408-413 (in Chinese with English abstract)

Su YP, Tang HF and Cong F. 2008. Zircon U-Pb age and petrogenesis of the Huangyangshan alkaline granite body in East Junggar, Xinjiang. Acta Mineralogica Sinica, 28(2): 117-126 (in Chinese with English abstract)

Su YP, Tang HF, Liu CQ, Hou GS and Liang LL. 2006. The determination and a preliminary study of Sujiquan aluminous A-type

granites in East Junggar, Xinjiang. Acta Petrologica Mineralogia, 25(3): 175 – 184 (in Chinese with English abstract)

Su YP, Tang HF, Sylvester PJ, Liu CQ, Qu WJ, Hou GS and Cong F. 2007. Petrogenesis of Karamaili alkaline A-type granites from East Junggar, Xinjiang (NW China) and their relationship with tin mineralization. Geochem. J., 41: 341 – 357

Tang HF, Qu WJ, Su YP, Hou GS, Du AD and Cong F. 2007a. Genetic connection of Sareshike tin deposit with the alkaline A-type granites of Sabei body in Xinjiang: Constraint from isotopic ages. Acta Petrologica Sinica, 23(8): 1989 – 1997 (in Chinese with English abstract)

Tang HF, Su YP, Liu CQ, Hou GS and Wang YB. 2007b. Zircon U-Pb age of the plagiogranite in Kalamaili belt, northern Xinjiang and its tectonic implications. Geotectonica et Metallogenia, 31(1): 110 – 117 (in Chinese with English abstract)

Wang JB and Xu X. 2006. Post-collisional tectonic evolution and metallogenesis in northern Xinjiang, China. Acta Geologica Sinica, 80(1): 23 – 31 (in Chinese with English abstract)

Zhu YF, Zhang LF, Gu LB, Guo X and Zhou J. 2005. The zircon SHRIMP chronology and trace element geochemistry of the Carboniferous volcanic rocks in western Tianshan Mountains. Chinese Science Bulletin, 50: 2201 – 2212

Zhu YF, Zeng YS and Gu LB. 2006. Geochemistry of the rare metal-bearing pegmatite no. 3 vein and related granites in the Keketuohai region, Altay Mountains, northwest China. Journal of Asian Earth Sciences, 27: 61 – 77

Zhu YF, Zhou J and Guo X. 2006. Petrology and Sr-Nd isotopic geochemistry of the Carboniferous volcanic rocks in the western Tianshan Mountains, NW China. Acta Petrologica Sinica, 22(5): 1341 – 1350 (in Chinese with English abstract)

Zhu YF, Zhou J and Zeng YS. 2007. The Tianger (Bingdaban) shear zone hosted gold deposit, West Tianshan, NW China: Petrographic and geochemical characteristics. Ore Geology Reviews, 32: 337 – 365

附中文参考文献

毕承思，沈湘元，徐庆生，明奎海，孙惠礼，张春生. 1993. 新疆贝勒库都克锡矿带含锡花岗岩地质特征. 岩石矿物学杂志，12(3)：213 – 223

毕承思，沈湘元，徐庆生，明奎海，孙惠礼，张春生. 1994. 贝勒库都克锡矿带地质特征与成因. 中国地质科学院院报，No. 29：51 – 66

毕承思，沈湘元，徐庆生. 1991. 北疆石英脉型锡矿的找矿评价及标志. 新疆地质科学，(2)：134 – 141

毕承思，沈湘元，徐庆生. 1992. 我国与海西期A型花岗岩有关锡矿床的新发现. 中国科学(B辑)，(6)：632 – 638

陈富文，李华芹，蔡红，刘群，常海亮. 1999. 新疆干梁子锡矿田成岩成矿作用同位素年代学研究及矿床成因探讨. 矿床地质，18(1)：91 – 97

韩宝福，季建清，宋彪，陈立辉，张磊. 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. 岩石学报，22(5)：1077 – 1086

李锦轶，肖序常，汤耀庆，赵民，朱宝清，冯益民. 1990. 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. 地质论评，36(4)：305 – 316

李锦轶. 2004. 新疆东准噶尔新元古代晚期和古生代构造格局及其演变. 地质论评，50(3)：304 – 322

林锦富，喻亨祥，余心起，狄永军，田建涛. 2007. 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. 岩石学报，23(8)：1876 – 1884

刘家远，袁奎荣，吴郭泉，忻建刚，刘生. 1996. 新疆东准噶尔富碱花岗岩及其成矿作用. 长沙：中南工业大学出版社

邱华宁. 2006. 新一代Ar-Ar实验室建设与发展趋势：以中国科学院广州地球化学研究所Ar-Ar实验室为例. 地球化学，35(2)：133 – 140

舒良树，王玉净. 2003. 新疆卡拉麦里蛇绿岩带中硅质岩的放射虫化石. 地质论评，49(4)：408 – 413

苏玉平，唐红峰，丛峰. 2008. 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. 矿物学报，28(2)：117 – 126

苏玉平，唐红峰，刘丛强，侯广顺，梁莉莉. 2006. 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. 岩石矿物学杂志，25(3)：175 – 184

唐红峰，屈文俊，苏玉平，侯广顺，杜安道，丛峰. 2007a. 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. 岩石学报，23(8)：1989 – 1997

唐红峰，苏玉平，刘丛强，侯广顺，王彦斌. 2007b. 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. 大地构造与成矿学，31(1)：110 – 117

王京彬，徐新. 2006. 新疆北部后碰撞构造演化与成矿. 地质学报，80(1)：23 – 31

朱永峰，张立飞，古丽冰，郭璇，周晶. 2005. 西天山石炭纪火山岩SHRIMP年代学及其微量元素地球化学研究. 科学通报，50：2004 – 2014

朱永峰，周晶，郭璇. 2006. 西天山石炭纪火山岩岩石学及Sr-Nd同位素地球化学研究. 岩石学报，22(5)：1341 – 1350