

大兴安岭北部砂宝斯金矿床含金石英脉 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄及其构造意义

刘军¹⁾, 武广¹⁾, 邱华宁²⁾, 高德柱³⁾, 杨鑫生⁴⁾

1) 中国地质科学院矿产资源研究所, 国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 北京, 100037; 2) 中国科学院广州地球化学研究所同位素地球化学国家重点实验室, 广州, 510640; 3) 内蒙古自治区第十地质矿产勘查开发院, 内蒙古赤峰, 024000; 4) 河南省灵宝市金源矿业有限责任公司, 河南灵宝, 472500

内容提要:砂宝斯金矿床是大兴安岭北部唯一一个大型岩金矿床。本文应用石英真空击碎和阶段加热 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年技术, 首次获得了砂宝斯金矿床的成矿年龄。石英真空击碎 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年方法获得了石英脉中原生包裹体等时线年龄为 $130.1 \pm 1.3 \text{ Ma}$; 石英粉末阶段加热 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年方法获得石英脉中钾长石微晶的等时线年龄为 $133.1 \pm 3.5 \text{ Ma}$ 。石英脉中原生包裹体和钾长石微晶的年龄较吻合, $\sim 130 \text{ Ma}$ 代表了含金石英脉的形成年龄。砂宝斯金矿床的成矿时代为早白垩世, 形成于蒙古-鄂霍茨克造山带后碰撞阶段的挤压向伸展转换期。

关键词: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年; 真空击碎; 阶段加热; 砂宝斯金矿; 蒙古-鄂霍茨克造山带

大兴安岭北部是我国著名的砂金产地之一(吕英杰等, 1992), 但是该区富砂金贫岩金的现象一直困扰着许多地质工作者。砂宝斯金矿床是大兴安岭北部唯一一个大型岩金矿床, 该矿床与大兴安岭北部中生代陆相火山岩中的四五牧场、莫尔道嘎、奥拉齐等浅成低温热液金矿床(赵财胜等, 2002; 王晓勇等, 2008; 余宏全等, 2009)有着完全不同的地质特征, 而与蒙古-鄂霍茨克造山带的达拉松、卡里、克留切夫、基洛夫和小伊诺盖沟等金矿床(段瑞焱等, 1990; 沈存利, 1998; Zorin et al., 2001; 武广等, 2008a)具有明显的相似性。前人对砂宝斯金矿床的矿床地质特征(权恒等, 1998; 齐金忠等, 2000; 赵春荣等, 2000)、成矿流体及同位素地球化学(贾伟光等, 2004; 王晓勇等, 2005; 武广等, 2006, 2008b)等方面做了较多研究工作, 并对矿床成因进行了讨论, 先后有蚀变砂岩型金矿(齐金忠等, 2000; 赵春荣等, 2000)、中低温热液矿床(贾伟光等, 2004; 王晓勇等, 2005)和造山型金矿床(武广等, 2006, 2008b)等认识。

砂宝斯矿床由于缺乏合适的供常规同位素定年的矿物, 导致其成矿时代一直处于空白状态, 这严重

制约了大兴安岭北部金矿床成矿机制多样性的研究。近年来, 真空击碎和阶段加热 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年技术已经成功地应用在石英、石榴石、角闪石和闪锌矿等矿物上, 获得了可靠的流体包裹体形成年龄(Kendrick et al., 2001; Qiu Huaning et al., 2006, 2007, 2008)。我们利用该技术对砂宝斯金矿床中含金石英脉进行了 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年, 其结果不仅准确地确定了砂宝斯金矿床的成矿时代, 而且对认识蒙古-鄂霍茨克造山带内同类型金矿床的成矿背景有重要的指示意义。

1 区域地质与矿床地质特征

砂宝斯金矿床位于黑龙江省漠河县西北 45 km 处, 大地构造位置属于蒙古-鄂霍茨克造山带东南缘的上黑龙江前陆盆地。蒙古-鄂霍茨克造山带西起蒙古西部的杭爱山, 向北东延伸经俄罗斯后贝加尔、中国漠河, 东达太平洋沿岸的乌达海湾(图 1)。上黑龙江盆地位于额尔古纳地块北部, 呈近东西向展布于中、俄边界地区(李锦轶等, 2004)。上黑龙江盆地南缘受控于西吉林-塔河断裂, 东侧受得尔布干断裂控制。盆地基底主要为新元古界兴华渡口群片

注: 本文为国家自然科学基金项目(41202058 和 41172081)、云南驰宏资源勘查开发有限公司科研项目(201107ZKJS-01)和中国地质调查局地质调查项目(1212011085260)共同资助的成果。

收稿日期: 2012-03-31; 改回日期: 2012-05-29; 责任编辑: 郝梓国, 黄敏。

作者简介: 刘军, 男, 1983 年。博士, 矿床学专业。通讯地址: 100036, 中国地质科学院矿产资源研究所国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室; Email: junliu@yeah.net。通讯作者: 武广, 男, 1965 年生。博士, 研究员, 矿床学和地球化学专业。通讯地址: 100036, 中国地质科学院矿产资源研究所国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室; Email: wuguang65@163.com。

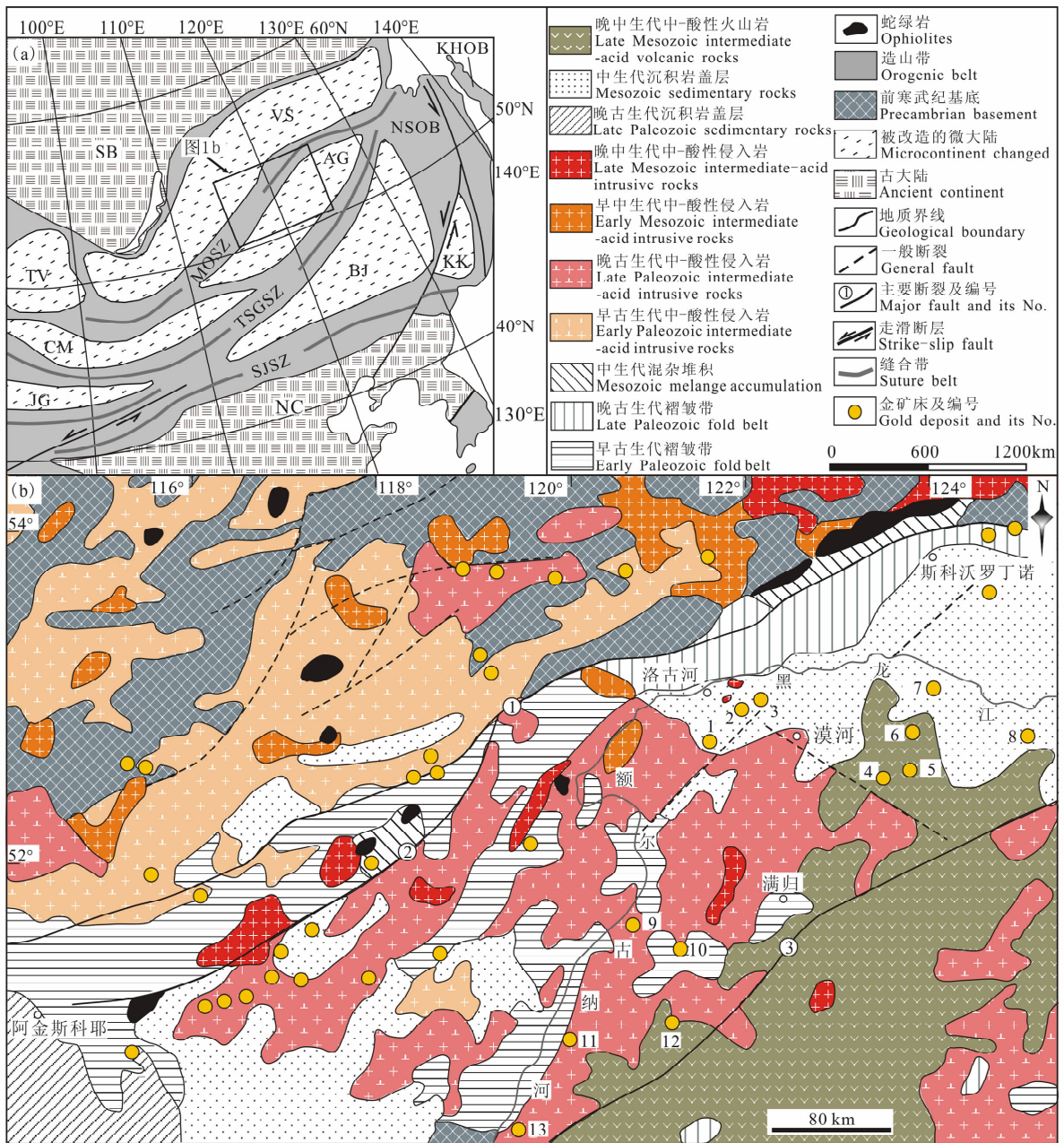


图 1 蒙古-鄂霍茨克成矿带及邻区地质和金矿床分布图(图 1a 据李锦轶等,2004 修改;图 1b 据武广,2006 等资料修改)

Fig. 1 Geological sketch map showing distribution of gold deposits in the Mongolia-Okhotsk metallogenic belt and its adjacent region (fig. 1a modified from Li Jinyi et al. , 2004; fig. 1b modified from Wu Guang, 2006)

主要断裂名称:①—蒙古-鄂霍茨克断裂带主支;②—蒙古-鄂霍茨克断裂带分支;③—得尔布干断裂带;SB—西伯利亚板块;VS—维吉姆-斯坦诺夫地块;KHOB—库页岛-北海道造山带;AG—额尔古纳地块;BJ—布列亚-佳木斯复合地块;MOSZ—蒙古-鄂霍茨克造山带;TV—图瓦地块;CM—中蒙地块;JG—准格尔-吐哈-戈壁天山地块;SJSZ—索伦山-吉林缝合带;NC—华北板块;KK—兴凯地块;TSGSZ—天山-南蒙古-大兴安岭缝合带;NSOB—那丹哈达-锡霍特造山带;金矿床(点)名称:1—虎拉林;2—砂宝斯;3—老沟;4—奥拉齐;5—马达尔;6—页索库;7—二根河;8—二十一站;9—西牛耳河;10—佳疙瘩;11—下吉宝沟;12—莫尔道嘎;13—小伊诺盖沟

Major faults: ①—main branch of the Mongolia-Okhotsk Fault Zone; ②—a branch of the Mongolia-Okhotsk Fault Zone; ③—Derbugan Fault Zone; SB—Siberian Plate; VS—Vygur Jim-Stan Knoff Block; KHOB—Sakhalin Island-Hokkaido Orogen; AG—Argun Block; BJ—Bureya-Jiamusi Composit Block; MOSZ—Mongolia-Okhotsk Orogen; TV—Tuva Block; CM—Sino-Mongolia Block; JG—Zhungeer-Turpan-Hami-Gobi Tianshan Block; SJSZ—Soren Hill-Jilin Suture Zone; NC—North China Plate; KK—Xingkai Block; TSGSZ—Tianshan-south Mongolia-Great Xing'an Suture Zone; NSOB—Nadanhada-Sikhote Orogen; major gold deposits (ore spots): 1—Hulalin; 2—Shabaosi; 3—Laogou; 4—Aolaqi; 5—Madaer; 6—Yesuoku; 7—Ergenhe; 8—Ershiyizhan; 9—Xiniuherhe; 10—Jiageda; 11—Xiajibaogou; 12—Moerdaoga; 13—Xiaoyinuogaigou

岩、片麻岩、斜长角闪岩、变粒岩、混合岩、大理岩和下寒武统额尔古纳河组大理岩、板岩及兴凯-萨拉伊尔期花岗岩类(武广等,2005;表尚虎等,2012;Wu Guang et al., 2012)。中生界构成盆地盖层,自下而上划分为下一中侏罗统绣峰组、中侏罗统二十二站组和漠河组,为一套陆相砾岩、砂岩、粉砂岩和泥岩等组成的陆源湖、沼相碎屑岩沉积建造。中生代火山岩形成于晚侏罗世—早白垩世,为一套火山熔岩、火山碎屑岩,从下至上为塔木兰沟组、上库力组和伊列克得组。泥盆系结晶灰岩和泥灰岩以飞来峰形式覆盖在中生代碎屑岩之上(武广等,2008b)(图 2)。

区域上岩浆岩出露较少,主要为兴凯-萨拉伊尔期的二长花岗岩和石英闪长岩(SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄:504 ~ 517 Ma,武广等,2005)及中生代的正长花岗岩和石英闪长岩(SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄:129.8 Ma,武广等,2009)。漠河逆冲-推覆构造带是盆地内主要的断裂构造,该构造带呈北东东向

展布,其推覆作用方向自北向南,在中生代碎屑岩中形成多条韧性-脆性剪切带(武广等,2006, 2008c)。

砂宝斯金矿床赋矿围岩为中侏罗统二十二站组砂岩—粉砂岩,矿区内除少量花岗闪长斑岩外,还见有石英斑岩、闪长玢岩及霏细岩等岩脉,矿体主要受 SN、NNW 向断裂控制(图 3a)。容矿构造为近 SN 向的构造破碎带。蚀变带主要有 3 条(齐金忠等, 2000),I 号蚀变带长约 750 m,宽约 200 m,其内分布两个工业矿体:I-1 号矿体呈板状,长 137.5 m,宽 15.0 ~ 34.2 m,平均厚 11.4 m,最高品位 13.06×10^{-6} ,平均品位 4.06×10^{-6} ;I-2 号矿体呈板状,长 75 m,宽 5.7 ~ 16.8 m,最高品位 8.63×10^{-6} ,平均品位 4.03×10^{-6} 。II 号蚀变带长 950 m,宽 350 m,其内含有一个工业矿体,呈鞍形,似层状,长 262.5 m,厚 3.0 ~ 28.38 m,延深约 60 m,走向近南北,西倾,倾角 30° ,最高品位 13.0×10^{-6} ,平均品位

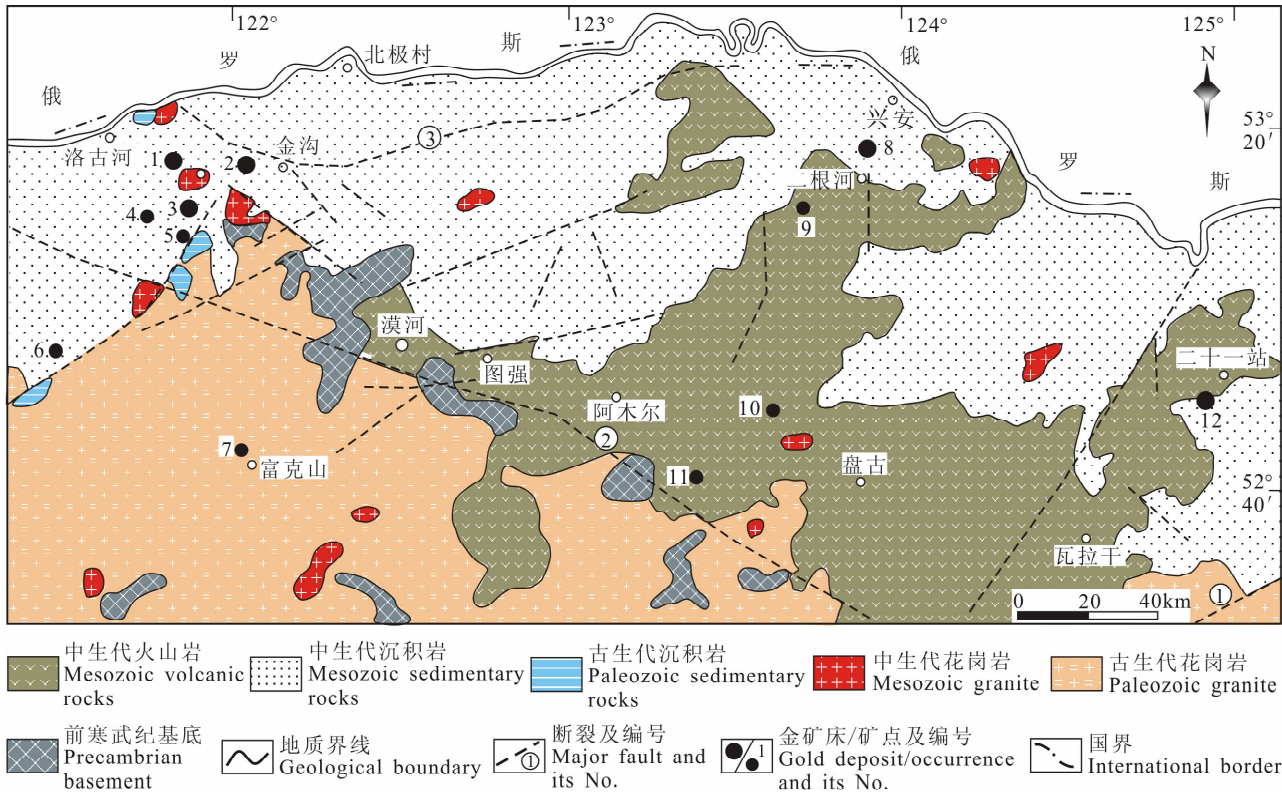


图 2 上黑龙江盆地地质和岩金矿床(点)分布简图(据武广等,2006 修改)

Fig. 2 Geological sketch map showing distribution of gold deposits in Upper Heilongjiang

Basin (after Wu Guang et al., 2006)

主要金矿床(点): 1—砂宝斯林场; 2—老沟; 3—砂宝斯; 4—三十二站; 5—东马扎尔; 6—虎拉林; 7—富克山; 8—二根河; 9—页索库;

10—马大尔; 11—奥拉齐; 12—二十一站; 断裂: ①—得尔布干断裂; ②—西林吉-塔河断裂; ③—漠河韧性剪切带

Major gold deposits (occurrence): 1—Shabaosilinchang; 2—Laogou; 3—Shabaosi; 4—Sanshierzhan; 5—Dongmazhaer; 6—Hulalin; 7—Fukeshan; 8—Ergenhe; 9—Yesuoku; 10—Madaer; 11—Aolaiqi; 12—Ershiyizhan; major faults: ①—Derbugan Fault; ②—Xilinji-Tahe Fault; ③—Mohe Ductile Shear Zone

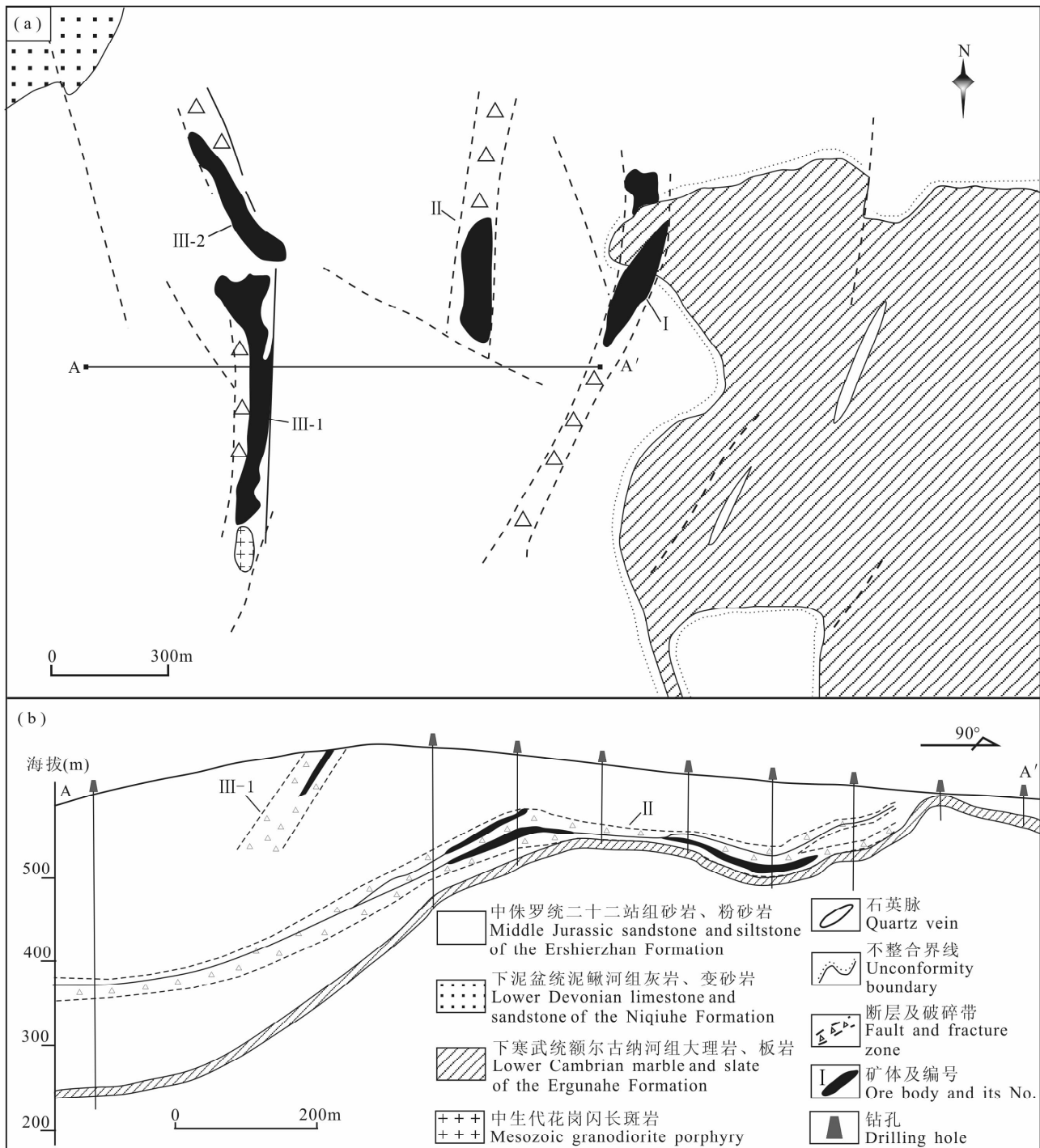


图 3 大兴安岭北部砂宝斯金矿床地质图(a)及 II、III 号矿体剖面图(b)(图 3a 据武广等, 2008b 修改)

Fig. 3 Geological map of the Shabaosi gold deposit (a) (modified from Wu Guang et al., 2008b) and geological cross section of ore bodies II and III (b) at the northern end of the Great Xing'an Range

4.09×10^{-6} 。III 号蚀变带长 1400 m, 宽 200 m, 其内见两个工业矿体, 矿体陡倾、脉状, 长 170 ~ 560 m, 厚 2.4 ~ 5.0 m, 产状 $270^\circ \angle 60^\circ \sim 81^\circ$, 延深 50 ~ 60 m, 品位为 $3.90 \times 10^{-6} \sim 5.05 \times 10^{-6}$ (图 3b)。围岩蚀变发育, 主要有硅化、碳酸盐化、绢云母化等。

矿石中金属硫化物含量少, 占矿石总量的 1.4% ~ 2.0%。主要金属矿物有黄铁矿、毒砂、辉锑矿、辰砂、闪锌矿、黄铜矿、方铅矿、辉钼矿、磁黄铁矿、磁铁矿、辉铋矿和纤锌矿。脉石矿物以石英为主, 其次为长石、绿泥石、粘土矿物、方解石和石墨等 (齐金忠

等,2000;武广等,2008b)。

2 样品特征及分析方法

本次研究的含金石英脉采自砂宝斯金矿床 II 号矿体,将样品分别磨制成薄片和包裹体片。包裹体显微测温工作在中国科学院广州地球化学研究所流体包裹体实验室完成,流体包裹体研究方法参考卢焕章等(2004)。测试仪器为 Linkam MDS 600 型冷热台,仪器测定温度范围为 $-196 \sim 550^{\circ}\text{C}$,测量精度在 $-100 \sim 25^{\circ}\text{C}$ 之间为 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$, $25 \sim 400^{\circ}\text{C}$ 之间为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$, 400°C 以上为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。测试升温速率一般为 $0.2 \sim 5^{\circ}\text{C}/\text{min}$,含 CO_2 三相包裹体在其相转变温度(如固态 CO_2 和笼合物熔化温度)附近升温速率降低为 $0.2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

样品经磨碎、分选和清洗后,在双目镜下挑选出石英单矿物,纯度达到 99%。实验样品与标准样品分别用铝箔和铜箔包装成小圆饼状(直径约为 $5 \sim 7 \text{ mm}$),密封在玻璃管内。为了准确获得样品的 J 值,玻璃管两端装标样,且每 5 个样品中间插放一个标样,准确记录每个标样和样品在玻璃管中的位置,以便确定样品管 J 值变化曲线和样品的 J 值。密封的玻璃管再用 0.5 mm 厚的 Cd 皮包裹,以屏蔽热中子,减少同位素干扰反应。样品罐送中国原子能科学研究院 49-2 反应堆照射 54h。

测试工作在中国科学院广州地球化学研究所⁴⁰Ar/³⁹Ar 年代学实验室 GV-5400[®] 质谱计上完成,该仪器的质量分辨率为 $450 \sim 470$ 。电子倍增器的灵敏度为 $1.64 \times 10^{-15} \text{ mol/mV}$,⁴⁰Ar 上升率为 $1.866 \times 10^{-17} \text{ mol/min}$ 。流体包裹体⁴⁰Ar/³⁹Ar 定年实验是在特别设计的超真空碎样装置中进行的,碎样管采用 316L 不锈钢材制作。该装置直接与质谱计纯化系统连接,作为与激光熔样系统并列的另一套进样系统。当外置线圈通电时,碎样管中的磁性不锈钢杆被吸起,断电时钢杆自由落下敲击样品。实验流程详见 Qiu Huaning 等(2007)。

流体包裹体提取实验前,整个提取系统用加热带缠绕烘烤,以降低系统本底。样品在碎样管中用温控电炉在 170°C 下加热去气 10h 左右,以除去样品表面吸附的气体。真空击碎释出的气体经 2 个 Sorb-AC[®] NP10 锆铝吸气泵纯化后进行质谱测定。为了准确扣除系统本底对样品的贡献,实验以本底分析开始和结束,并且每做 6 个阶段样品分析后,插做一个本底分析。然后用每个本底实验的分析值来准确扣除其前后各 3 个阶段样品分析中本底的贡

献。本底分析的实验流程与样品分析完全一致。

提取流体包裹体实验后,将碎样管水平放置,用磁铁把碎样杆移到碎样管靠近法兰一端,然后用外置筒状电炉直接加热碎样管,对击碎后的固体粉末进行阶段加热分析。阶段加热实验从 250°C 开始,以 30°C 递增,每个阶段恒温加热约 20 min,分析流程与真空击碎相同。

中子通量监测标准样品为北京房山花岗闪长岩黑云母 ZBH-2506,年龄为 132.5 Ma。标样用激光加热全熔进行质谱 Ar 同位素组成分析,求得 J 值。然后根据 J 值变化曲线的函数关系和样品的位置计算出每个样品的 J 值。⁴⁰Ar/³⁹Ar 定年数据进行本底、大气及 K、Ca、Cl 诱发同位素校正,其中干扰氩同位素校正因子为 $(^{39}\text{Ar}/^{37}\text{Ar})_{\text{Ca}} = 8.984 \times 10^{-4}$, $(^{36}\text{Ar}/^{37}\text{Ar})_{\text{Ca}} = 2.673 \times 10^{-4}$, $(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{K}} = 5.97 \times 10^{-3}$ 。⁴⁰Ar/³⁹Ar 定年数据采用软件 ArArCALC (ver. 2.2c)(Koppers, 2002)进行计算和制图。

3 实验结果

石英⁴⁰Ar/³⁹Ar 定年结果列于表 1。

3.1 石英真空击碎⁴⁰Ar/³⁹Ar 定年

石英样品 W116 真空击碎提取流体包裹体共做了 33 个阶段,累计敲击样品 25547 次,实验获得了逐渐下降的阶梯型年龄谱图(图 4)。开始阶段的表观年龄明显偏老,随实验进程的继续,表观年龄值快速下降,从第 1 阶段的 437.7 Ma 降至第 6 阶段的 145.3 Ma,随后的 7 ~ 10 阶段表观年龄缓慢下降($136.0 \sim 131.2 \text{ Ma}$),在第 11 ~ 33 阶段,表观年龄值变化较小,且形成了年龄坪(图 4a),坪年龄为 $130.0 \pm 1.3 \text{ Ma}$,MSWD=1.8,³⁹Ar 占 80.4%。年龄坪数据点在³⁶Ar/⁴⁰Ar-³⁹Ar/⁴⁰Ar(反等时线)图解上构成了很好的等时线(图 4b),等时线年龄为 $130.1 \pm 1.3 \text{ Ma}$,MSWD=1.8,对应的⁴⁰Ar/³⁶Ar 初始比值为 294.2 ± 12.2 ,这与现代大气 Ar 比值 295.5 一致,表明第 11 ~ 33 阶段所提取的气体成分中不含过剩 Ar。

3.2 石英粉末阶段加热⁴⁰Ar/³⁹Ar 定年

阶段加热分析获得了很好的年龄坪(图 4a)。在中高温阶段($280 \sim 520^{\circ}\text{C}$)形成了很好的年龄坪,坪年龄为 $129.7 \pm 1.5 \text{ Ma}$,MSWD=1.3,³⁹Ar 占 91.2%,年龄坪数据点在反等时线图解上构成了很好的等时线(图 4b),等时线年龄为 $133.1 \pm 3.5 \text{ Ma}$,MSWD=0.8,对应的⁴⁰Ar/³⁶Ar 初始比值为 284.6 ± 10.0 ,不含过剩氩。

表 1 大兴安岭北部砂宝斯金矿床含金石英脉⁴⁰Ar/³⁹Ar 定年结果
Table 1 ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating results of gold-bearing quartz vein from the Shabaosi gold deposit at the northern end of the Great Xing'an Range

阶段	击碎次数	³⁶ Ar _{air}	³⁷ Ar _{Ca}	³⁸ Ar _{Cl}	³⁹ Ar _K	⁴⁰ Ar	表观年龄 (Ma, ±2σ)	⁴⁰ Ar (%)	³⁹ Ar _K (%)	K/Ca(±2σ)
真空击碎提取流体包裹体 ⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar 定年, J=0.0031221 ± 0.0000156										
1	10	0.000754	0.000000	0.000005	0.000430	0.037795	437.7±37.8	14.50	0.06	——
2	20	0.000816	0.000012	0.000007	0.000955	0.069294	368.5±19.5	22.33	0.14	34.03±102.80
3	40	0.000727	0.000008	0.000009	0.002017	0.108314	279.6±9.0	33.52	0.30	114.66±606.82
4	80	0.000746	0.000047	0.000009	0.004438	0.167208	200.6±4.3	43.13	0.67	40.65± 40.50
5	120	0.000524	0.000030	0.000012	0.007261	0.218437	162.0±2.0	58.50	1.09	102.62±98.00
6	180	0.000415	0.000020	0.000016	0.011805	0.317221	145.3±1.1	72.11	1.77	254.67±418.65
7	240	0.000290	0.000041	0.000018	0.015114	0.378952	136.0±0.8	81.56	2.27	158.71±110.07
8	300	0.000256	0.000037	0.000018	0.018301	0.449004	133.2±0.7	85.59	2.75	212.87±168.67
9	400	0.000352	0.000103	0.000031	0.031798	0.774370	132.2±0.6	88.16	4.77	133.19±43.77
10	500	0.000319	0.000132	0.000035	0.038216	0.922968	131.2±0.6	90.72	5.74	124.53±28.01
11	600	0.000253	0.000125	0.000037	0.039673	0.949414	130.0±0.5	92.71	5.96	137.02±18.42
12	700	0.000214	0.000112	0.000042	0.042111	1.006289	129.8±0.5	94.09	6.32	161.68±33.60
13	750	0.000175	0.000162	0.000042	0.041137	0.980628	129.5±0.5	94.98	6.18	109.16±24.67
14	885	0.000180	0.000110	0.000047	0.046333	1.106762	129.8±0.5	95.41	6.96	181.42±48.92
15	1022	0.000181	0.000108	0.000048	0.047503	1.138461	130.2±0.6	95.51	7.13	189.86±59.19
16	1000	0.000171	0.000147	0.000041	0.041825	1.003050	130.3±0.5	95.19	6.28	122.41±22.11
17	1000	0.000178	0.000160	0.000034	0.036002	0.861220	130.0±0.5	94.25	5.40	96.66±25.06
18	1100	0.000156	0.000178	0.000035	0.034158	0.820931	130.5±0.6	94.68	5.13	82.52±19.14
19	1200	0.000157	0.000071	0.000028	0.027351	0.657469	130.6±0.6	93.41	4.11	166.07±63.24
20	1100	0.000146	0.000160	0.000024	0.024178	0.579447	130.2±0.6	93.07	3.63	65.07±11.00
21	1100	0.000229	0.000153	0.000023	0.022019	0.531062	131.0±1.1	88.69	3.31	61.75±10.28
22	1100	0.000147	0.000037	0.000021	0.019415	0.466816	130.6±0.8	91.49	2.91	225.38±222.30
23	1100	0.000138	0.000022	0.000017	0.017906	0.428328	129.9±0.6	91.31	2.69	351.86±581.38
24	1100	0.000138	0.000090	0.000013	0.016071	0.384974	130.1±0.6	90.41	2.41	76.93±43.66
25	1100	0.000092	0.000058	0.000012	0.011521	0.274994	129.7±0.6	90.98	1.73	85.39±62.49
26	1100	0.000108	0.000064	0.000010	0.011765	0.280279	129.4±0.6	89.76	1.77	79.63±49.16
27	1100	0.000110	0.000071	0.000009	0.010792	0.256854	129.3±0.6	88.79	1.62	65.20± 38.69
28	1100	0.000098	0.000077	0.000012	0.009859	0.236857	130.5±1.1	89.07	1.48	55.12±30.13
29	1100	0.000104	0.000114	0.000009	0.008147	0.196620	131.1±1.3	86.51	1.22	30.77±8.83
30	1100	0.000116	0.000137	0.000009	0.009291	0.224484	131.2±1.3	86.73	1.39	29.15±6.35
31	1100	0.000089	0.000108	0.000008	0.006967	0.167588	130.6±1.4	86.48	1.05	27.84±6.52
32	1100	0.000086	0.000098	0.000006	0.005286	0.125880	129.4±0.8	83.14	0.79	23.26±8.48
33	1100	0.000104	0.000108	0.000009	0.006453	0.154685	130.2±2.0	83.37	0.97	25.80±12.67
阶段	t(℃)	³⁶ Ar _{air}	³⁷ Ar _{Ca}	³⁸ Ar _{Cl}	³⁹ Ar _K	⁴⁰ Ar	表观年龄 (Ma, ±2σ)	⁴⁰ Ar (%)	³⁹ Ar _K (%)	K/Ca (±2σ)
石英粉末阶段加热 ⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar 定年, J=0.0031221±0.0000156										
1	250℃	0.000007	0.000000	0.000000	0.000099	0.002308	126.6±7.2	52.91	0.08	——
2	280℃	0.000521	0.000000	0.000007	0.005381	0.127574	128.8±2.7	45.30	4.53	——
3	310℃	0.000690	0.000069	0.000013	0.010138	0.241827	129.6±1.9	54.27	8.53	62.76±53.06
4	340℃	0.000632	0.000030	0.000014	0.012282	0.294692	130.3±1.5	61.20	10.33	173.87±333.71
5	370℃	0.000894	0.000972	0.000029	0.018945	0.455568	130.6±4.4	63.29	15.94	8.38±1.39
6	400℃	0.000662	0.000543	0.000021	0.014628	0.353156	131.1±2.8	64.35	12.31	11.59±3.70
7	430℃	0.001019	0.000191	0.000022	0.019256	0.461562	130.2±1.5	60.51	16.20	43.39±14.65
8	460℃	0.001036	0.000946	0.000016	0.016869	0.410913	132.2±7.1	57.30	14.19	7.67±1.50
9	490℃	0.000422	0.000371	0.000009	0.006271	0.148926	129.0±2.2	54.44	5.28	7.28±1.36
10	520℃	0.000333	0.000347	0.000007	0.004580	0.106869	126.9±2.2	52.09	3.85	5.68±1.26
11	550℃	0.000391	0.000266	0.000008	0.004819	0.108355	122.4±2.2	48.41	4.05	7.79±1.91
12	600℃	0.000477	0.000827	0.000013	0.005600	0.127166	123.6±4.9	47.44	4.71	2.91±0.39

注： Ar 同位素单位以毫伏“mV”表示,质谱计电子倍增器灵敏度为 1.64×10⁻¹⁵ mol/mV。Ar 同位素下标说明:air 表示大气 Ar;Ca、Cl 和 K 表示这些元素在中子活化过程中产生的 Ar 同位素。³⁶Ar_{air}经本底、Ca 诱发同位素校正;³⁷Ar_{Ca}经本底及³⁷Ar 放射性衰变校正。³⁸Ar_{Cl}经本底、大气校正;³⁹Ar_K 经本底、Ca 诱发同位素校正。⁴⁰Ar 经本底、大气及 K 诱发同位素校正。K/Ca 比值计算沿用了荷兰自由大学 Ar-Ar 实验室的转化系数 2.32,北京 49-2 反应堆的转化系数为 1.78。

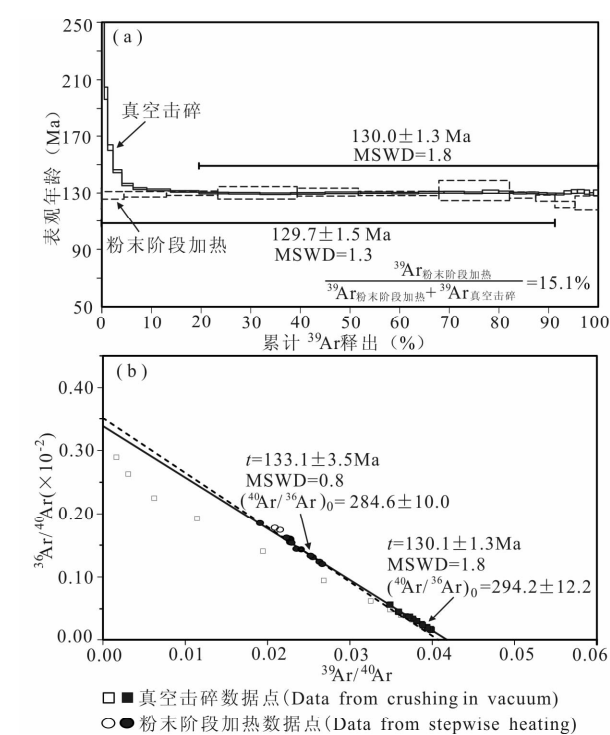


图 4 大兴安岭北部砂宝斯金矿床含金石英脉⁴⁰Ar/³⁹Ar 分析年龄谱(a)和反等时线(b)(空心数据点未参加等时线计算)

Fig. 4 Diagrams of ⁴⁰Ar/³⁹Ar age spectrum (a) and inverse isochron (b) of gold-bearing quartz vein from the Shabaosi gold deposit at the northern end of the Great Xing'an Range

4 讨论

4.1 真空击碎提取流体包裹体⁴⁰Ar/³⁹Ar 定年

在包裹体的形成过程中,古流体可能捕获了云母等矿物或被其他矿物混染,而真空击碎技术仅仅提取了包裹体中的氩同位素进行分析(Turner et al., 1992; Kendrick et al., 2001, 2006; Qiu Huaning et al., 2007)。黑云母的击碎实验表明,矿物固相中的氩不会因为机械破碎而释出(Dunlap et al., 2001)。样品中的原生和次生包裹体由于性质不同,其在真空击碎过程中亦具有不同的释出特征(邱华宁等,2000, 2004,2005; Qiu Huaning et al., 2007)。研究表明(Qiu Huaning, 1996; 李大明等, 2001; Kuiper, 2002),等时线分析法不但可以确定实验结果的可靠性,并检验样品中是否含有过剩氩,而且能够消除过剩氩的影响并得到样品的“真实”年龄。

本次研究中,真空击碎开始的 10 个阶段,沿石英裂隙分布的次生包裹体易于被提取出来,为气体的主要贡献,这 10 个阶段表观年龄明显偏老,其等

时线对应的⁴⁰Ar/³⁶Ar 初始比值为 384.4,表明次生包裹体中明显含有过剩氩,所以前 10 个阶段得到的表观年龄是不可靠的。随着实验的进行,次生包裹体逐步被破碎,其释出气量相对于总气体量的百分比逐步减少,原生包裹体逐渐占优势。第 11 ~ 33 阶段表观年龄变化很小,形成平坦的年龄坪。由年龄坪数据点构成的等时线年龄为 130.1 ± 1.3 Ma,这与坪年龄 130.0 ± 1.3 Ma 非常一致,对应的⁴⁰Ar/³⁶Ar 初始比值为 294.2 ± 12.2,这与现代大气 Ar 比值 295.5 很接近,表明年龄坪对应释出的原生包裹体不含过剩氩,所获得的等时线年龄和坪年龄是可靠的,代表了含金石英脉的形成年龄。

4.2 石英粉末阶段加热⁴⁰Ar/³⁹Ar 定年

对样品粉末阶段加热到 600 °C 时,石英中的氩绝大部分释放出来,³⁹Ar 基本释出完毕。在第 2 ~ 10 阶段(280 ~ 520 °C)的表观年龄保持一致,形成了平坦的“年龄坪”,“年龄坪”所对应的数据点在反等时线图解上构成了线性关系很好的等时线,其⁴⁰Ar/³⁶Ar 初始比值与现代大气空气的⁴⁰Ar/³⁶Ar 初始比值接近,表明分析成分中不含有过剩氩,坪年龄和等时线年龄真实可靠。

包裹体片观察发现,含金石英脉中含有丰富的流体包裹体(图 5a),主要为气液两相包裹体和少量含 CO₂ 三相包裹体,包裹体大多 < 10 μm,一般为椭圆形、多边形或不规则形,多成群或孤立分布,少数沿裂隙定向分布。本研究中,石英样品经过钢杵敲击 25547 次,矿物中绝大部分的流体包裹体被击碎释气。砂宝斯金矿床流体包裹体的完全均一温度介于 140 ~ 357 °C 之间,平均为 250 °C;包裹体的盐度低,介于 0.83% ~ 8.28% NaCl. eqv 之间(表 2)。剩余未被击碎的微小包裹体可能在加热分析的早阶段已经释放出来。然而,粉末加热实验仍有较高量的³⁹Ar(15.1%)释出,这可能代表着石英中包裹的含钾矿物晶格中的氩并没有在真空击碎过程中显著地释放出来。粉末阶段加热分析所提取的气体主要来自石英晶体或流体包裹体中捕获的含钾矿物(Turner et al., 1992; Kendrick et al., 2001, 2006; Qiu Huaning et al., 2007)。电子探针分析结果表明,部分石英颗粒中包含钾长石矿物微晶(图 5b),其组成为 SiO₂ (63.35%)、K₂O (17.88%)、Al₂O₃ (18.07%)、Na₂O (0.14%)、FeO (0.20%)、CaO (0.02%)、Cr₂O₃ (0.02%) (5 个电子探针分析点的平均值)。粉末阶段加热分析等时线年龄为 133.1 ± 3.5 Ma,坪年龄为 129.7 ± 1.5 Ma,代表了

表 2 大兴安岭北部砂宝斯金矿包裹体显微测温结果

Table 2 Microthermometric data of the fluid inclusions from the Shabaosi gold deposit at the northern end of the Great Xing'an Range

包裹体类型	测试数量(个)	大小(m)	气液比(%)	$\varphi(\text{CO}_2)$ (%)	$\varphi(\text{CO}_2)_{\text{气}}$ (%)	$T_{\text{m}}(\text{CO}_2)$ ($^{\circ}\text{C}$)	$T_{\text{m}}(\text{ice})$ ($^{\circ}\text{C}$)	$T_{\text{m}}(\text{cla})$ ($^{\circ}\text{C}$)	$T_{\text{h}}(\text{CO}_2)$ ($^{\circ}\text{C}$)	T_{h} ($^{\circ}\text{C}$)	盐度(%)
气液两相包裹体	71	5~13	10~70				-5.3~-1.5			140~357	2.57~8.28
含 CO_2 三相包裹体	15	7~20		15~60	10~40	-59.1~-57.3		8.7~9.6	18.6~31.1	198~284	0.83~2.58

注： $\varphi(\text{CO}_2)$ 为 CO_2 相占包裹体总体积的百分数； $\varphi(\text{CO}_2)_{\text{气}}$ 为气相 CO_2 占 CO_2 相总体积的百分数； $T_{\text{m}}(\text{CO}_2)$ 为固态 CO_2 初熔温度； $T_{\text{m}}(\text{ice})$ 为冰点； $T_{\text{m}}(\text{cla})$ 为笼合物熔化温度； $T_{\text{h}}(\text{CO}_2)$ 为 CO_2 部分均一温度； T_{h} 为完全均一温度。

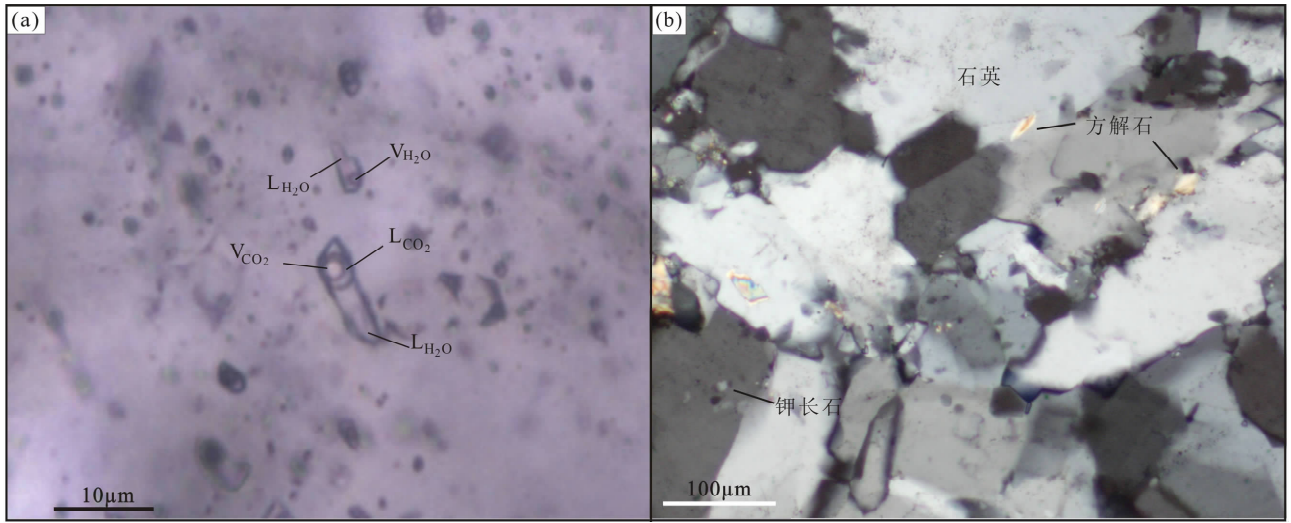


图 5 大兴安岭北部砂宝斯金矿床流体包裹体(a)及含金石英脉(b)显微照片

Fig. 5 Photomicrographs fluid inclusions of (a) and gold-bearing quartz vein (b) from the Shabaosi gold deposit at the northern end of the Great Xing'an Range

石英中含钾矿物的年龄信息。

4.3 成矿构造背景分析

砂宝斯金矿床位于蒙古-鄂霍茨克造山带内,该造山带的前身为杭爱-肯特洋(李锦轶等,2004)。杭爱-肯特洋自二叠纪开始自西向东呈剪刀式闭合,西段杭爱、肯特地区在二叠纪开始碰撞,中段俄罗斯后贝加尔地区碰撞造山时间在三叠纪一早侏罗世,而中国漠河地区的碰撞时间为中一晚侏罗世(Li Jinyi et al. , 1999; Zorin, 1999; Parfenov et al. , 2001; Sorokin et al. , 2004)。余宏全等(2012)对大兴安岭中北段不同来源岩石的年龄进行了统计,认为蒙古-鄂霍茨克洋在额尔古纳-后贝加尔地段可能在中三叠世末期一晚三叠世早期已经发生碰撞造山作用。中侏罗世一晚侏罗世早期,在上黑龙江盆地形成了漠河逆冲推覆构造带和大量倾向北的逆冲断层;早白垩世早期,研究区的早期断裂活化,发生了左行韧性走滑剪切作用,使处于蒙古-鄂霍茨克造山

带南侧的微陆块向东逃逸,表明构造体制由挤压作用向伸展作用的转折,动力学过程由不同陆块间的拼合为主转变为陆内构造过程为主(Li Jinyi et al. , 1999; Meng Qingren, 2003; 李锦轶等,2004;武广等,2008c)。李锦轶等(2004)通过漠河韧性剪切带内的黑云母⁴⁰Ar/³⁹Ar年代学研究证实,大兴安岭北段韧性走滑构造变形的峰期时间为127~130 Ma,属早白垩世。鉴于古亚洲洋在二叠纪已经闭合(Pruner, 1987; Shao Ji'an et al. , 1997),而且砂宝斯矿床所处的漠河逆冲推覆构造带在时间上无法与古亚洲洋的俯冲、碰撞过程联系,该推覆构造带为蒙古-鄂霍茨克造山带演化晚期的产物(李锦轶等, 2004)。武广等(2009)研究证实漠河推覆构造带内的洛古河东花岗岩体为蒙古-鄂霍茨克造山带后碰撞期间地壳物质部分熔融作用的产物,该区在早白垩世处于挤压向伸展转换阶段。

毗邻我国的俄罗斯后贝加尔地区产出达拉松、卡

里、克留切夫和基洛夫等大型金矿床(段瑞焱等, 1990;沈存利,1998;Zorin et al., 2001),这些金矿床均沿蒙古-鄂霍茨克缝合带分布(图 1b),虽然这些金矿床的容矿围岩迥异,但成矿时代均集中在中一晚侏罗世,与蒙古-鄂霍茨克造山带的构造演化密切相关。砂宝斯金矿床形成于早白垩世,与漠河韧性剪切带左行走滑构造活动的峰期年龄一致,该矿床形成于蒙古-鄂霍茨克造山带挤压向伸展转换阶段,并与造山带后碰撞期间的大规模走滑剪切作用有关。

5 结论

(1)石英样品真空击碎⁴⁰Ar/³⁹Ar 定年方法获得含金石英脉中原生包裹体的等时线年龄为 130.1±1.3 Ma,MSWD=1.8,⁴⁰Ar/³⁶Ar 初始比值为 294.2±12.2。石英粉末阶段加热⁴⁰Ar/³⁹Ar 定年获得了钾长石微晶的年龄信息,其等时线年龄为 133.1±3.5 Ma,MSWD=0.8,⁴⁰Ar/³⁶Ar 初始比值为 284.6±10.0。石英脉中原生包裹体与钾长石微晶的年龄较吻合,~130 Ma 代表了石英脉的形成年龄。

(2)砂宝斯金矿床的成矿时代为早白垩世,形成于蒙古-鄂霍茨克造山带后碰撞阶段的挤压向伸展转换期。

致谢:野外工作得到了中国科学院广州地球化学研究所李朝阳研究员、武警黄金第一总队王献忠副总工程师、沈阳地质矿产研究所李之彤研究员的热情帮助;室内测试过程中得到中国科学院广州地球化学研究所蒲志平高级工程师、杨艳博士和王敏博士生的帮助。在此一并致以诚挚的感谢。

参 考 文 献

表尚虎,郑卫政,周兴福. 2012. 大兴安岭北部锆石 U-Pb 年龄对额尔古纳地块构造归属的制约. 地质学报, 86(8):1262~1272.

段瑞焱,杨方,李兰英,崔惠文. 1990. 周边国家金矿地质与我国金矿展望. 北京:地质出版社,41~81.

贾伟光,王晓勇,张春辉,胡海军,王恩德. 2004. 黑龙江砂宝斯金矿成矿流体性质研究. 地质与资源, 13(3):148~151.

李大明,李齐,王瑜. 2001. 一种新的 K-Ar 和 ⁴⁰Ar-³⁹Ar 等时线⁴⁰Ar/⁴⁰K-³⁶Ar/⁴⁰K 和 ⁴⁰Ar/³⁹K-³⁶Ar/³⁹Ar 等时线. 地震地质, 23(1): 79~85.

李锦轶,莫申国,和政军,孙桂华,陈文. 2004. 大兴安岭北段地壳左行走滑运动的时代及其对中国东北及邻区中生代以来地壳构造演化重建的制约. 地学前缘, 11(3):157~167.

卢焕章,范宏瑞,倪培,欧光习,沈昆,张文淮. 2004. 流体包裹体. 北京:科学出版社,1~444.

吕英杰,马大明,金洪涛. 1992. 中国砂金矿的分布规律及其找矿方向. 北京:地质出版社,1~6.

齐金忠,李莉,郭晓东. 2000. 大兴安岭北部砂宝斯蚀变岩型金矿地质特征. 矿床地质, 19(2): 116~125.

邱华宁,朱炳泉,孙大中. 2000. 东川铜矿硅质角砾⁴⁰Ar-³⁹Ar 定年探讨. 地球化学, 29:21~27.

邱华宁,Wijbrans J R,施和生,李发麟. 2004. 大别山碧溪榴辉岩 450 Ma 年龄信息:石榴子石流体包裹体⁴⁰Ar-³⁹Ar 定年初步结果. 地球化学, 33(4):325~333.

邱华宁,Wijbrans J R. 2005. 南大别碧溪岭榴辉岩加里东期 Ar-Ar 年代学信息. 地球化学, 34(5):417~427.

权恒,武广,张炯飞. 1998. 得尔布干成矿带新类型金矿及资源潜力. 贵金属地质, 7(4): 302~303.

余宏全,李红红,李进文,赵士宝,谭刚,张德全,金俊,董英君,丰成友. 2009. 内蒙古大兴安岭中北段铜铅锌金银多金属矿床成矿规律与找矿方向. 地质学报, 83(10):1456~1472.

余宏全,李进文,向平安,关继东,杨勋城,张德全,谭刚,张斌. 2012. 大兴安岭中北段原岩锆石 U-Pb 测年及其与区域构造演化关系. 岩石学报, 28(2):571~594.

沈存利. 1998. 赴俄罗斯赤塔州矿山考察报告. 内蒙古地质, 88(3):32~37.

王晓勇,贾伟光,张春辉,谢菊梅,胡海军. 2005. 黑龙江砂宝斯金矿床成矿物理化学环境研究. 黄金, 26(2):8~11.

王晓勇,梁海军,金同和,杨吉波,怀宝峰. 2008. 黑龙江省漠河推覆构造特征及其与金成矿的关系. 大地构造与成矿学, 32(2):218~225.

武广,孙丰月,赵财胜,李之彤,赵爱琳,庞庆帮,李广远. 2005. 额尔古纳地块北缘早古生代后碰撞花岗岩的发现及其地质意义. 科学通报, 50(20):2278~2288.

武广. 2006. 大兴安岭北部区域成矿背景与有色、贵金属矿床成矿作用. 长春:吉林大学博士学位论文,1~206.

武广,孙丰月,朱群,李之彤,丁清峰,李广远,庞庆帮,王宏博. 2006. 上黑龙江盆地金矿床地质特征及成因探讨. 矿床地质, 25(3): 215~230.

武广,陈衍景,糜梅,朱明田,刘军. 2008a. 大兴安岭北部小伊诺盖沟金矿床流体包裹体特征及地质意义. 大地构造与成矿学, 32(2): 185~194.

武广,李忠权,糜梅,刘军,朱明田. 2008b. 大兴安岭北部砂宝斯金矿床成矿流体特征及矿床成因. 矿物岩石, 28(1):31~38.

武广,范传闻,李忠权,糜梅,刘军,朱明田. 2008c. 大兴安岭北部漠河韧性剪切带白云母⁴⁰Ar-³⁹Ar 年龄及地质意义. 成都:成都理工大学学报(自然科学版), 35(3):297~302.

武广,陈衍景,赵振华,赵太平,李之彤,张哲. 2009. 大兴安岭北端洛古河东花岗岩的地球化学、SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄和岩石成因. 岩石学报, 25(2):233~247.

赵财胜,武广. 2002. 满洲里地区的浅成低温热液矿床. 地质与资源, 1(2):96~103.

赵春荣,赵淑华,梁海军. 2000. 黑龙江砂宝斯金矿地质特征及找矿方向. 黄金地质, 6(4):28~32.

Dunlap W J, Kronenberg A K. 2001. Argon loss during deformation of micas: constraints from laboratory deformation experiments. Contrib Mineral Petrol, 141(2): 174~185.

Kendrick M A, Burgess R, Pattick R A D, Turner G. 2001. Halogen and Ar-Ar age determinations of inclusions within quartz veins from porphyry copper deposits using complementary noble gas extraction techniques. Chemical Geology, 177: 351~370.

Kendrick M A, Miller J M L, Phillips D. 2006. Part II. Evaluation of ⁴⁰Ar-³⁹Ar quartz ages: Implications for fluid inclusion retentivity and determination of initial ⁴⁰Ar/³⁶Ar values in Proterozoic samples. Geochimica et Cosmochimica Acta, 70: 2562~2576.

Koppers A A P. 2002. ArArCALC: Software for ⁴⁰Ar/³⁹Ar age calculations. Computers Geosciences, 28(5): 605~619.

Kuiper Y D. 2002. The interpretation of inverse isochron diagrams in $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology. *Earth and Planetary Science Letters*, 203 (1): 499~506.

Li Jinyi, He Zhengjun, Mo Shengguo, Zheng Qingdao. 1999. The Late Mesozoic orogenic processes of Mongolia-Okhotsk or evidence from field investigations into deformation of the Mohe area, NE China. *J. Geosci. Res. NE Asia*, 2(2): 172~178.

Meng Qingren. 2003. What drove Late Mesozoic extension of the northern China-Mongolia tract? *Tectonophysics*, 369: 155~174.

Parfenov L M, Popeko L I, Tomurtogoo O. 2001. Problems of tectonics of the Mongolia-Okhotsk orogenic belt. *Geol. Pac. Ocean*, 16: 797~830.

Pruner P. 1987. Palaeomagnetism and palaeogeography of Mongolia in the Cretaceous, Permian and Carboniferous preliminary data. *Tectonophysics*, 139: 155~167.

Qiu Huaning. 1996. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of the quartz samples from two mineral deposits in western Yunnan (SW China) by crushing in vacuum. *Chemical Geology*, 127: 211~222.

Qiu Huaning, Wijbrans J R. 2006. Paleozoic ages and excess ^{40}Ar in garnets from the Bixiling eclogite in Dabieshan, China: New insights from $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating by stepwise crushing. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 70: 2354~2370.

Qiu Huaning, Jiang Yingde. 2007. Sphalerite $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ progressive crushing and stepwise heating techniques. *Earth and Planetary Science Letters*, 256: 224~232.

Qiu Huaning, Wijbrans J R. 2008. The Paleozoic metamorphic history of the Central Orogenic Belt of China from $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of

eclogite garnet fluid inclusions. *Earth and Planetary Science Letters*, 268: 501~514.

Shao Ji'an, Mu Baolei, He Guoqi, Zhang Lùqiao. 1997. Geological effects in tectonic superposition of Paleo-Pacific domain and Paleo-Asian domain in northern part of North China. *Science in China (Series D)*, 40(6): 634~640.

Sorokin A A, Yarmolyuk V V, Kotov A B, Sorokin A P, Kudryashov N M, Li Jinyi. 2004. Geochronology of Triassic-Jurassic granitoids in the southern framing of the Mongolia-Okhotsk foldbelt and the problem of early Mesozoic granite formation in central and eastern Asia. *Doklady Earth Sciences*, 399: 1091~1094.

Turner G, Bannan M P. 1992. Argon isotope geochemistry of inclusion fluids from granite-associated mineral veins in southwest and northeast England. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 56: 227~243.

Wu Guang, Chen Yuchuan, Chen Yanjing, Zeng Qingtao. 2012. Zircon U-Pb ages of the metamorphic supracrustal rocks of the Xinghuadukou Group and granitic complexes in the Argun massif of the northern Great Hinggan Range, NE China, and their tectonic implications. *Journal of Asian Earth Sciences*, 49: 214~233.

Zorin Y A. 1999. Geodynamics of the western part of the Mongolia-Okhotsk collisional belt, Trans-Baikal region (Russia) and Mongolia. *Tectonophysics*, 306: 33~56.

Zorin Y A, Zorina L D, Spiridonov A M, Rutshtein I G. 2001. Geodynamic setting of gold deposits in Eastern and Central Trans-Baikal (Chita Region, Russia). *Ore Geology Review*, 17: 215~232.

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Dating of Gold-Bearing Quartz Vein from the Shabaosi Gold Deposit at the Northern End of the Great Xing'an Range and Its Tectonic Significance

LIU Jun¹⁾, WU Guang¹⁾, QIU Huaning²⁾, GAO Dezhu³⁾, YANG Xinsheng⁴⁾

1) *MLR Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment, Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037*; 2) *State Key Laboratory of Isotope Geochemistry, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, 510640*; 3) *The Tenth Geology, Mineral Exploration and Development Institute of Inner Mongolia, Chifeng, Inner Mongolia, 024000*; 4) *Lingbao Jinyuan Mining Limited Liability Company, Henan Province, Lingbao, Henan, 472500*

Abstract

The Shabaosi gold deposit is only a large gold deposit in the northern Great Xing'an Range. Basing on quartz $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating (crushing in vacuum and stepwise heating on crushed powders), we firstly obtained the ore-forming age of the Shabaosi gold deposit. The crushing experiment yielded an isochron age of 130.1 ± 1.3 Ma for primary fluid inclusions of quartz veins. The $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating by heating quartz power yielded an isochron age of 133.1 ± 3.5 Ma for the microcrystal potash feldspars in quartz veins. The age of primary fluid inclusions in the quartz veins is coupled with that of the microcrystal potash feldspars and ~130 Ma may represent the forming age of Au-bearing quartz veins. The Shabaosi deposit was formed in the Early Cretaceous in a tectonic transition setting of the post-collisional regime of the Mongolia-Okhotsk orogeny from compression to extension.

Key words: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating; crushing in vacuum; stepwise heating; shabaosi gold deposit; Mongolia-Okhotsk Orogeny

