

# 东天山红石金矿床石英 Rb-Sr 同位素定年

孙敬博<sup>1)</sup>, 张立明<sup>2)</sup>, 陈文<sup>1)</sup>, 李华芹<sup>3)</sup>, 张彦<sup>1)</sup>, 刘新宇<sup>1)</sup>, 李洁<sup>1)</sup>, 张斌<sup>1)</sup>

- 1) 同位素热年代学实验室, 大陆构造与动力学国家重点实验室, 中国地质科学院地质研究所, 北京, 100037;
- 2) 安徽省地质矿产勘查局 312 地质队, 安徽蚌埠, 233040;
- 3) 中国地质调查局武汉地质调查中心, 武汉, 430205

**内容提要:**红石金矿床产于东天山秋格明塔什—黄山韧性剪切带中,其成矿作用主要受韧性剪切带控制。前人通过金矿石绢云母 Ar-Ar 法将该矿床主成矿时代限定在 254 ~ 259Ma 之间,本文从讨论 Rb-Sr 法测年在韧性剪切带型金矿成矿时代研究中的可行性角度出发,对红石金矿主成矿期形成的金矿石进行石英流体包裹体 Rb-Sr 法测年。Rb-Sr 法测年得到等时线年龄为  $257 \pm 4\text{Ma}$ ,  $n(^{87}\text{Sr})/n(^{86}\text{Sr}) = 0.70997 \pm 0.00016$ 。该年龄位于红石金矿床 254 ~ 259Ma 的主成矿时代范围内,说明石英流体包裹体 Rb-Sr 测年对于解决韧性剪切带型金矿床成矿时代具有很好的可行性。另外,红石金矿床与同一剪切带内的康古尔金矿在成矿时代、空间位置关系以及成矿物质来源等方面均具有一致性,认为红石金矿与康古尔金矿属相同成矿事件的产物。通过分析红石金矿床成矿时代、韧性剪切带作用时代、右行走滑以及后期的冷却降温作用时代的关系,推测红石金矿床及其剪切带内所在的康古尔等金矿床成矿作用主因是秋格明塔什—黄山韧性剪切带内晚期的右行走滑剪切变形及走滑作用后的快速抬升和缓慢冷却作用。从韧性剪切带型金矿成矿类型来看,属于早期韧性剪切变形,后期脆—韧性变形、成矿作用叠加这一类型。

**关键词:**东天山;红石金矿;Rb-Sr 测年;成矿时代;韧性剪切带

矿床的成矿时代对研究矿床的成因和成矿地质环境以及为区域找矿提供线索等具有重要意义。然而,由于成矿作用常具有复杂性和多期性的特点,加之现有的同位素定年方法在运用时常受到适用对象的限制,亦或是针对不同的测年对象选用不同的测年方法获得的结果常出现较大差异,这都给矿床成矿时代的研究带来困难,进而有可能导致研究者采用不同的定年方法建立的成矿模式差别很大。因此,对于不同类型的矿床,选择何种测年方法进行研究,并对所测结果进行客观的评价就显得尤为重要。对于金矿床的成矿时代研究,如何准确测定各种类型的金矿床的形成年龄一直是非常棘手的问题,主要原因是没有合适的直接测年对象。上世纪 60 年代开始出现并在 80 年代发展起来的流体包裹体同位素分析技术为研究金属矿床的形成时代开辟了新的途径(李献华等,1992)。Rb-Sr 法同位素测年技

术以石英流体包裹体为载体,在矿床年代学研究中发挥了重要的作用。Rossman 等(1987)用同位素稀释法和红外光谱法研究 Rb、Sr 在石英中的赋存状态,显示 Rb、Sr 主要赋存于包裹体中而非矿物晶格内;前人研究不同地区不同类型矿床的石英流体包裹体中 Rb、Sr 含量,如英国 Carrock Fell 钨矿床(Shepherd et al., 1981),胶东地区金矿床、广州云开隆起金矿带、江西锡钨铋钼矿床和大宝山铜铅锌矿床(陈好寿等,1991;李华芹等,1992,1993,2008;陈光远等,1989)等均显示热液金属矿床中常见的脉石矿物中含有可供准确测定 Rb-Sr 计时体系的母子体元素的量,从而为流体包裹体的年龄测定开辟了广阔的应用前景;热液矿床中相同时代形成或形成于一个相对短的时间间隔内的包裹体通常可作为单一事件对待,可获得与原生包裹体形成时间大致相同的年龄即矿床形成时代(李华芹等,1993),另

注:本文为国土资源部公益性行业科研专项经费课题(编号 200911043-13,201211074-02)和地质矿产调查评价项目(编号 1212011120293,1212011120294)的成果。

收稿日期:2012-03-23;改回日期:2013-01-16;责任编辑:章雨旭。

作者简介:孙敬博,男,1987年生。硕士研究生,地球化学专业。Email: jingbo95003@126.com。通讯作者:陈文,男,1962年生。研究员,博士生导师。主要从事同位素地质年代学研究。通讯地址:100037,北京市西城区百万庄大街26号。Email: chenwenf@vip.sina.com。

外,石英中流体包裹体可以认为是保存的小液滴,与外部环境完全隔离(Shepherd et al., 1981),满足了放射性年代学计时要求母子体同位素是封闭体系的条件。以上说明石英流体包裹体 Rb-Sr 测年在理论上的可行性。但在实际应用和实验操作过程中,还需要注意几个问题,如包裹体须是相同成因,即保证所测的流体包裹体样品具有相同的初始 Sr 同位素比值(姚海涛等,2001);包裹体的提取过程中要尽可能排除操作方法上的影响,压碎法易造成污染,而高温爆破法效率较低,有时还可能是错误的(Petke et al., 1995);并且由于 Rb 的流动性较强,极易形成开放系统,从而得不到正确的年龄,在样品少的情况下表现更为明显;Rb-Sr 法同位素定年还可能会受到假等时线的困扰(Brooks, 1976; Dickinson et al., 1969; 陈文等,2011)。本文以红石金矿床为研究对象,选取主成矿期金矿石进行石英流体包裹体 Rb-Sr 等时线测年,将其结果与已确定的矿床时代进行对比,讨论该定年方法在韧性剪切带型金矿床成矿时代研究中是否具有可行性,能否获得较为可靠的成矿时代信息。另外,本文从年代学角度出发,将红石金矿床 Rb-Sr 年龄与前人对该地区构造事件

的时间进行结合,更深入的探讨该矿床的成因类型。

### 1 区域地质背景

红石金矿所在的东天山分布于准噶尔盆地和塔里木盆地之间(图 1),区内主要构造单元被四条近东西向的大型断裂带分隔开来,自北向南依次为大草滩断裂带、康古尔塔格断裂带、雅满苏—苦水断裂带和阿齐克库都克断裂带。断裂带两侧相应的岩性单元分别是大南湖—头苏泉火山岩带、秋格明塔什—黄山复理石带、阿奇山—雅满苏火山岩带。

大南湖—头苏泉火山岩带出露地层主要包括下泥盆统大南湖组和图拉尔根组,以及中—上泥盆统头苏泉组和康古尔塔格组,分布位置主要在吐哈盆地东南缘大南湖—梧桐窝子泉以北(冯益民等,2002),并出露有泥盆纪和石炭纪的火山—沉积岩系及中酸性侵入岩(李锦轶等,2002;杨兴科等,1996,1998)。

秋格明塔什—黄山复理石带出露的地层主要包括石炭系干墩组和苦水组,以及新近系桃树园组。西部的干墩组以深海细碎屑岩(沉凝灰岩、含炭硅质岩、硅质凝灰岩、粉砂岩)为主,并夹双峰式火山

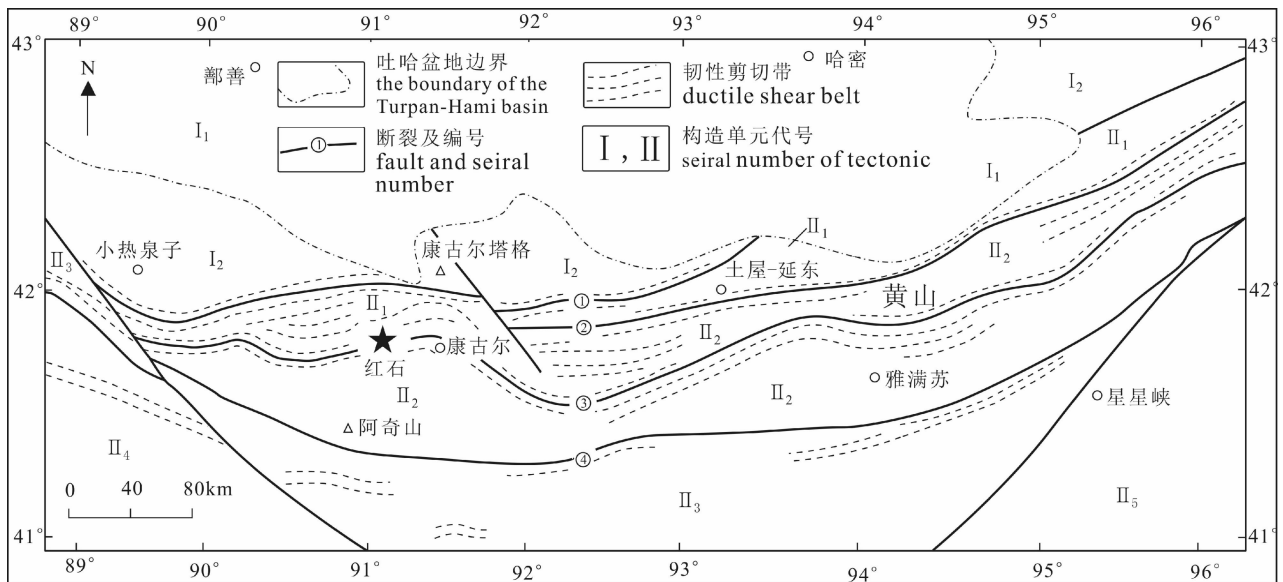


图 1 东天山地区地质简图及采样位置[据杨兴科等(1998)修改]

Fig. 1 Geological sketch map of Eastern Tianshan and sampling location for age dating (modified from Yang Xingke et al., 1998)

I<sub>1</sub>—吐哈盆地; I<sub>2</sub>—哈尔里克—大南湖岛弧系; II<sub>1</sub>—康古尔晚古生代构造带; II<sub>2</sub>—阿奇山—雅满苏岛弧系; II<sub>3</sub>—中天山地块; II<sub>4</sub>—南天山晚古生代构造带; II<sub>5</sub>—北山裂谷系; ①—大草滩断裂带; ②—康古尔大断裂; ③—雅满苏—苦水大断裂; ④—阿齐克库都克大断裂; △—重要居民地; ★—采样位置  
 I<sub>1</sub>—Turpan—Hami basin; I<sub>2</sub>—Harlik—Dananhu arc; II<sub>1</sub>—Late Paleozoic tectonic unit of Kanggurtag; II<sub>2</sub>—Aqishan—Yamansu arc; II<sub>3</sub>—Central Tianshan block; II<sub>4</sub>—Late paleozoic tectonic unit of Southern Tianshan; II<sub>5</sub>—Beishan tectonic unit; ①—Dacaotan fault; ②—Kanggur fault; ③—Yamansu—Kushui fault; ④—Aqikekuduk fault; △—important settlement place; ★—sampling location

岩(陈富文等,2003),东部的苦水组主要为黄褐色灰紫色杂砂岩和粉砂质千枚岩。秋格明塔什—黄山地区存在明显的中深层次的构造变形,普遍发育片理化和糜棱岩化作用,变质相普遍达绿片岩相,甚至到角闪岩相(王赐银等,1992),形成目前区内普遍发育的灰绿色砂质千糜岩、片理化灰绿色沉凝灰岩、浅灰色片理化长石岩屑细砂岩等,构成了大型的秋格明塔什—黄山韧性剪切带的主体。研究表明该区经历了早期的挤压推覆剪切作用和晚期的右行走滑剪切变形作用(陈文等,2005;姬金生等,1994;李锦轶等,2002;王瑜等,2002)。

阿奇山—雅满苏火山岩带内地层以下石炭统雅满苏组出露最为广泛(丁天府等,1990),岩性为浅海相中—酸性、基性熔岩、火山碎屑岩、陆源碎屑和碳酸盐岩等一套相变比较复杂的沉积物。在阿奇山西部,雅满苏组不整合于下石炭统小热泉子组之上,后者主要为中性火山熔岩、火山碎屑岩夹陆源碎屑岩,底部为少量玄武岩熔岩(周济元等,1994),在阿奇山北部及东南部的局部地段,中石炭统白鱼山组及底格尔组均不整合于雅满苏组之上(吴昌志等,2006)。

东天山地区岩浆岩较发育,华力西旋回和印支旋回侵入活动较强烈,岩石类型复杂,从超基性、基性到中酸性等各类岩体均有发育,如辉长岩、辉绿岩、石英闪长岩、斜长花岗岩、二长花岗岩等,以深成岩为主,浅成岩次之。岩脉有基性岩脉和中酸性岩脉,多呈近东西向分布,部分为北西向、北东向和近南北向。

## 2 矿床地质特征

红石金矿床产于康古尔塔格金矿带内,构造位置处于秋格明塔什—黄山韧性剪切带的南缘、阿奇山—雅满苏火山岩带的北缘(图2,曹洁等,2010),东距康古尔金矿约30km,地理坐标为N:42°04',E:90°50',H:1139m。赋矿地层为干墩组,发育一套深一半深海相以类复理石杂砂岩建造为主的岩石组合,岩性以正常碎屑岩为主,夹少量流纹岩及薄层灰岩,岩石发生强烈变形和糜棱岩化,普遍片理化,原生层理均被后期构造片理、面理及透入性轴面劈理取代。地层总体走向近东西,片理产状普遍北倾,倾角60°~80°。矿区构造以近东西向断裂为主,北西向断裂发育、强烈构造变形。以糜棱岩和千糜岩为组合的高强度低温脆—脆性剪切带横跨矿区中央,后期脆性断裂的叠加作用使矿区构造面貌变得越加

复杂,矿区构造变形及岩石变质已达中深层次。矿区内岩浆侵入作用强烈,出露有华力西晚期花岗闪长岩,分布在矿区东北部。区内变质作用以区域变质和动力变质为主,接触变质作用微弱。

红石金矿床矿体分布于大致平行、呈雁列式展布的两条金矿带中(L<sub>1</sub>和L<sub>2</sub>),间距约300m。含金矿带在地表北倾,局部直立,倾角80°~90°。L<sub>1</sub>矿带长约1100m,宽5~30m,走向105°,倾向北,倾角80°~90°,延伸大于240m,地表探槽控制圈出两个矿体,自西向东编号分别为L<sub>1-1</sub>和L<sub>1-2</sub>,矿体呈脉状,平均厚度4m,平均品位为6g/t。L<sub>2</sub>矿带长大于700m,宽5~30m,走向近东西,倾向北,倾角60°~80°,延伸大于160m。地表探槽圈出两个工业矿体,自西向东编号分别为L<sub>2-1</sub>、L<sub>2-2</sub>,矿体呈透镜状,平均厚度3m,平均品位4g/t。矿石类型主要以蚀变岩石英脉型矿石为主,为先期形成的黄铁绢英岩化千糜岩经后期硅化及绢云母交代作用而成。氧化矿石为地表和近地表矿石,属次要矿石类型。矿石中金属矿物有自然金、黄铁矿、黄铜矿、菱铁矿、褐铁矿、斑铜矿、铜蓝;脉石矿物有绢云母、石英、斜长石、钾长石、绿泥石等。根据矿物组合和生成顺序,可以划分出三个成矿阶段:阶段I为石英—黄铁矿阶段;阶段II为石英—多金属硫化物阶段;阶段III为石英—碳酸盐脉阶段。矿石中常见的结构为自形—半自形粒状结构、他形—半自形粒状结构、残余结构、胶状结构等;矿石构造主要为浸染状构造、团块状构造、脉状网脉状构造、角砾状构造等。近矿围岩蚀变主要有硅化、绢云母化、绿泥石化、绿帘石化、碳酸盐化、黄铁矿化和黄铜矿化。围岩蚀变具有一定的分带性,靠近矿体以硅化、绿泥石化、黄铁矿化、黄铜矿化和绢云母化为主,远离矿体的蚀变主要为绢云母化、碳酸盐化、钾长石化和绿帘石化等。

王义天等(2007)曾对红石金矿床的金矿石中石英的流体包裹体进行过研究,岩相学特征显示石英中原生流体包裹体普遍发育,但一般较小,大小在2~5μm者居多,形态多呈浑圆状、长条状和不规则状等;包裹体类型主要为气液两相包裹体,以及少量富CO<sub>2</sub>包裹体。石英中气液两相包裹体均一温度范围为219~247℃,富CO<sub>2</sub>的包裹体均一温度为250~257℃;气液两相包裹体盐度范围为1.05%~10.73%(NaCl<sub>eq</sub>),平均值为6.18%(NaCl<sub>eq</sub>),富CO<sub>2</sub>包裹体盐度范围为3.94%~8.61%(NaCl<sub>eq</sub>),平均值为5.79%(NaCl<sub>eq</sub>),盐度数据显示红石金矿床的成矿流体属低盐度;流体的密度范围为0.72~

0.97g/cm<sup>3</sup>,属于中低密度。流体包裹体的研究表明,红石金矿床的成矿流体属于 H<sub>2</sub>O—CO<sub>2</sub> 体系,流体总体特征表现为中低温、低盐度、中低密度、富 CO<sub>2</sub>。盐度稳定的富 CO<sub>2</sub> 包裹体的发育,指示了成矿流体可能来自深部;伴随着成矿作用由早到晚的阶段演化,成矿流体的温度和盐度呈降低趋势,大气水的参与显著增加。

### 3 石英流体包裹体 Rb-Sr 定年

#### 3.1 样品及测试方法

本次工作从红石金矿床中采集 8 件金矿石样品用于测试分析,8 件样品均来自同一坑道中。金矿石为黄铁矿化硅化蚀变岩和黄铁矿化石英脉和蚀变岩,均为主成矿阶段(阶段 II)产物,金矿石中石英颜色呈烟灰色,强油脂光泽,自形程度较差。

样品碎至 0.2 ~ 0.5mm,双目镜下人工挑纯至单矿物石英含量 99.5% 以上,由中国地质调查局武汉地质调查中心同位素开放研究实验室测定,测定

方法为:① 先将选纯的石英单矿物用 6mol/L 超纯盐酸加热清洗二次,最后用超纯水清洗至中性,烘干;② 放入烘箱内,在 120 ~ 180℃ 爆裂,去除次生包裹体;③ 用超纯水在超声波清洗机内清洗 3 ~ 5 遍,热烘干备用;④ 将石英试样加入混合稀释剂,用氢氟酸和高氯酸分解全溶,用离子交换法分离和纯化铷、锶;⑤ 用同位素稀释质谱法测定试样中的铷、锶含量及锶同位素比值。使用仪器为德国 MAT 公司的 MAT-261 质谱仪,整个化学流程的操作均在超净化实验室完成。用国际标准样 NSB-987 监控仪器的工作状态,用 NBS-607 和 Rb-Sr 测年国家一级标准物质 GBW04411 监控分析流程。NSB-987 标准值为 0.71034 ± 0.00026 (1σ),测定值(9 次)为 0.71027 ± 0.00006,实验室本底值 Sr 为 1 × 10<sup>-9</sup> ~ 4 × 10<sup>-9</sup>,Rb 为 0.1 × 10<sup>-9</sup> ~ 2 × 10<sup>-9</sup>。用最小二乘法计算由一组样品拟合的等时线计算年龄。

#### 3.2 测定结果

红石金矿的金矿石中所有 8 个石英样品测定结

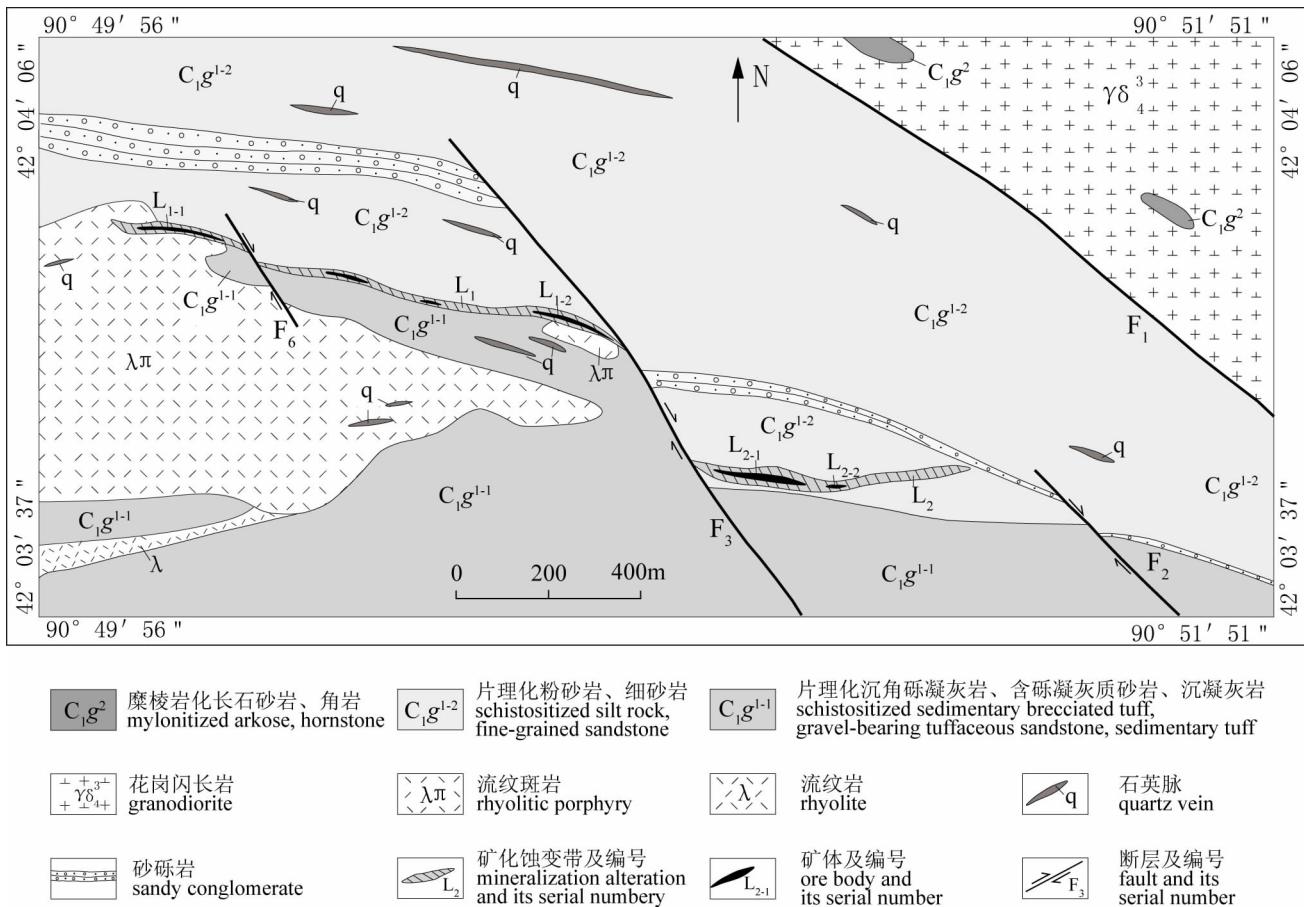


图 2 红石金矿床平面地质略图(据新疆地矿局第一地质大队红石金矿地质图简化)  
Fig. 2 Geological sketch map of the Hongshi gold deposit (simplified from the Geological Map of the Hongshi Gold Deposit by No. 1 Geological Party of Xinjiang)

果见表1和图3,石英中Rb的含量为 $0.4219 \times 10^{-6}$  ~  $2.121 \times 10^{-6}$ , Sr含量为 $0.5362 \times 10^{-6}$  ~  $2.096 \times 10^{-6}$ ,  $n(^{87}\text{Rb})/n(^{86}\text{Sr})$ 为1.592 ~ 4.786,  $n(^{87}\text{Sr})/n(^{86}\text{Sr})$ 为 $0.71585 \pm 0.00003$  ~  $0.72758 \pm 0.00002$ 。年龄数据的处理采用ISOPLLOT程序,  $\lambda = 1.42 \times 10^{-11} \text{ a}^{-1}$ ,  $n(^{87}\text{Rb})/n(^{86}\text{Sr})$ 及 $n(^{87}\text{Sr})/n(^{86}\text{Sr})$ 输入误差分别为2%和0.02%,获得等时线年龄为 $257 \pm 4\text{Ma} (1\sigma)$ ,  $n(^{87}\text{Sr})/n(^{86}\text{Sr})$ 初始比值为 $0.70997 \pm 0.00016 (1\sigma)$ 。

## 4 讨论

石英由于具有良好的机械强度、高的化学纯度、较好的热稳定性和后生变化微弱等特点,是Rb-Sr法直接测定成矿作用时代的理想矿物(李华芹等, 1993; Shepherd et al., 1981)。Rb、Sr在石英矿物中主要赋存于流体包裹体中(Norman et al., 1983; Rossman et al., 1987; Changkakoti et al., 1988; 李华芹等, 1993),本次用于测年研究的样品均为第II矿化阶段(主成矿阶段)形成的石英矿物,未受到其他构造热液成矿期的叠加改造,石英未见裂隙,流体包裹体中Rb-Sr可以保持很好的封闭性;在样品加工过程中将样品加热至 $120 \sim 180^\circ\text{C}$ 爆裂,可以降低次生包裹体对年龄测定的影响(Brannon et al., 1991),因此所测试的Rb、Sr值基本代表了主成矿阶段原生流体包裹体中Rb-Sr的含量。以上特征可以表明本研究所采用的样品满足Rb-Sr同位素测年的基本条件(李华芹等, 1993),所测的年龄值可以代表红石金矿床的成矿年龄。

陈文等(2007, 2010)用金矿石样品中绢云母进行Ar-Ar测年,得到红石金矿床主成矿期时代在 $254 \sim 259\text{Ma}$ 的年龄范围内。Rb-Sr同位素测年得到的

表1 东天山红石金矿床石英Rb-Sr同位素分析结果

Table 1 Rb-Sr isotope analysis of quartz in the Hongshi gold deposit, East Tianshan Mountains

序号	实验室编号	样品编号	样品名称	Rb ( $\times 10^{-6}$ )	Sr ( $\times 10^{-6}$ )	$n(^{87}\text{Rb})/n(^{86}\text{Sr})$	$n(^{87}\text{Sr})/n(^{86}\text{Sr}) \pm 1\sigma$
1	3011310-1	TS10122	石英	2.1210	2.0960	2.922	$0.72049 \pm 0.00004$
2	3011310-2	TS10123	石英	0.5539	0.7588	2.107	$0.71792 \pm 0.00004$
3	3011310-3	TS10124	石英	1.4660	0.8848	4.786	$0.72758 \pm 0.0002$
4	3011310-4	TS10125	石英	1.0620	0.9354	3.278	$0.72194 \pm 0.00003$
5	3011310-5	TS10126	石英	0.9396	1.2740	2.128	$0.71766 \pm 0.00002$
6	3011310-6	TS10127	石英	0.4395	0.5362	2.366	$0.71858 \pm 0.00002$
7	3011310-7	TS10129	石英	1.9310	1.7900	3.114	$0.72124 \pm 0.00003$
8	3011310-8	TS10130	石英	0.4219	0.7648	1.592	$0.71585 \pm 0.00003$

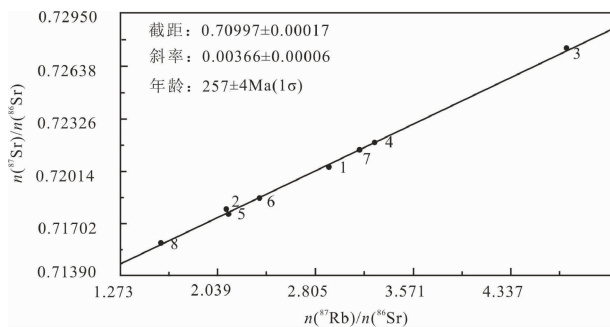


图3 东天山红石金矿石英Rb-Sr等时线图

Fig. 3 Rb-Sr isochron of inclusions within quartz from the Hongshi gold deposit, East Tianshan Mountains

$257 \pm 4\text{Ma}$ 的年龄值与红石矿床主成矿时代基本一致,表明主成矿期石英流体包裹体Rb-Sr等时线的年龄真实可信,说明主成矿期金矿石石英流体包裹体Rb-Sr测年对于解决韧性剪切带型金矿床成矿时代具有很好的可行性。

剪切带与金矿成矿作用之间的时间关系大致有两种情况(王义天等, 2004),一种是构造—热事件与成矿事件属于同一演化过程,矿质的沉淀时间略晚于深层次韧性变形,而与赋矿部位的脆—韧性变形几乎是同步的,其成矿过程大致为在同期剪切构造变形过程中,剪切带在不同构造层次上同时表现出不同的变形特征,成矿元素在深部活化后向上迁移到中—浅层次的脆—韧性、脆性变形域中沉淀富集(陈柏林等, 1999);另一种是早期韧性剪切带经抬升剥蚀后构造层次上移,叠加了后期的脆—韧性、脆性变形,成矿作用也随之发生叠加,主期成矿年龄与早期韧性剪切带的糜棱岩形成时代相差较大(王义天等, 2004)。红石金矿成矿时代为 $254 \sim 259\text{Ma}$ ,

与 $300 \sim 280\text{Ma}$ 的早期韧性剪切作用时代相差较远,表明早期韧性剪切与后期的成矿不是一个连续的过程;有研究表明秋格明塔什—黄山韧性剪切带内金矿床、金矿体的分布明显受脆韧性剪切带控制(曹洁等, 2006),这些脆韧性剪切带呈舒缓波状延伸,内部发育D型裂隙系统,有利于矿液的聚集和沉淀(张连昌等, 1999),并且成矿时代与后期的 $263 \sim 243\text{Ma}$ 时发育的右行走滑剪切作用时代基本一致,表明金

矿床与走滑剪切在空间和时间上都具有强烈的耦合关系;另外,矿区外围发育的侵入体  $282.7 \pm 4.2$  Ma 的锆石 U-Pb 年龄(周涛发等,2010)比右行走滑剪切作用早二十百万年以上,可以排除侵入体对成矿作用的直接贡献。Goldfarb 等(2001)和 Philips(1991)认为显生宙后与剪切带相关的金矿床主要赋存于浅变质的浊积岩中,深层次的韧性—超韧性变形过程中,剪切变形的机械能转化为反应体系的自由能,通过压溶作用使金从围岩中活化出来(王义天等,2004;陈文等,2007);并且有研究表明金通常在温度和压力的降低条件下发生大规模沉淀(Loueks and Mavrogene, 1999; Zhu et al., 2001; 朱永峰,2004)。秋格明塔什—黄山韧性剪切带西段康古尔地区在 261Ma ~ 263Ma 时发生快速的抬升,并在之后发生冷却(陈文等,2005),抬升减压和之后的冷却作用正好为金的沉淀提供了条件。以上分析可以判定,红石金矿床和秋格明塔什—黄山韧性剪切带内所在的康古尔等金矿床成矿作用主因是秋格明塔什—黄山韧性剪切带内晚期的走滑剪切变形及走滑作用后的快速抬升和缓慢冷却作用。从韧性剪切带型金矿成矿类型来看,属于早期韧性剪切变形,后期脆—韧性变形、成矿作用叠加这一类型。

## 5 结论

(1) 红石金矿床金矿石石英包裹体 Rb-Sr 等时线年龄为  $257 \pm 4$  Ma, 与前人得到的主成矿期形成的绢云母 254 ~ 259Ma 的 Ar-Ar 坪年龄一致,说明主成矿期金矿石石英流体包裹体 Rb-Sr 测年对于解决韧性剪切带型金矿床成矿时代具有很好的可行性。

(2) 从韧性剪切带型金矿成矿类型来看,红石金矿床属于早期韧性剪切变形,后期脆—韧性变形、成矿作用叠加这一类型。

**致谢:**野外工作期间,得到新疆地矿局第一地质大队桑少杰总工及李洪斌、杨俊弢、姜立丰等专家的大力支持,Rb-Sr 测年实验是由中国地质调查局武汉地质调查中心同位素开放研究实验室杨红梅、段瑞春等完成的,在此一并致以衷心的感谢!

## 参 考 文 献 / References

曹洁,邱斌,晁会霞,马立成,杨兴科,孙继东. 2010. 新疆红石金矿床原生晕特征与隐伏矿预测. 地球学报,31(1):83~89.  
曹洁,程建新,邱斌,杨兴科. 2006. 新疆红石金矿区韧性剪切变形特征与金成矿关系探讨. 新疆地质,24(2):141~145.  
陈好寿,李华芹. 1991. 云开隆起金矿带流体包裹体 Rb-Sr 等时线年龄. 矿床地质,10(04):333~341.  
陈柏林,董法先,李中坚. 1999. 韧性剪切带型金矿成矿模式. 地质

论评,45(02):186~192.  
陈富文,何国琦,李华芹. 2003. 论东天山觉罗塔格造山带的大地构造属性. 中国地质,30(04):361~366.  
陈光远,邵伟,孙岱生,等. 1989. 胶东金矿成因矿物学与找矿. 重庆:重庆出版社.  
陈文,孙枢,张彦,肖文交,王义天,王清利,姜立丰,杨俊涛. 2005. 新疆东天山秋格明塔什—黄山韧性剪切带 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代学研究. 地质学报,79(06):790~804.  
陈文,万渝生,李华芹,张宗清,戴樟谟,施泽恩,孙敬博. 2011. 同位素地质年龄测定技术及应用. 地质学报,85(11):1917~1947.  
陈文,张彦,秦克章,王清利,王义天,刘新宇. 2007. 新疆东天山剪切带型金矿床时代研究. 岩石学报,23(8):2007~2016.  
丁天府. 1990. 新疆雅满苏组层控型铁矿的地质特征. 中国区域地质,(3):269~272.  
冯益民,朱宝清,杨军录,张开春. 2002. 东天山大地构造及演化——1:50万东天山大地构造图简要说明. 新疆地质,20(4):309~314.  
姬金生,陶洪祥,曾章仁,杨兴科. 1994. 东天山康古尔塔格金矿带地质与成矿. 北京:地质出版社,1~204.  
李华芹,刘家齐,魏琳. 1993. 热液矿床流体包裹体年代学研究及其地质应用. 北京:地质出版社,1~27.  
李华芹,王登红,陈富文,梅玉萍,蔡红. 2008. 湖南雪峰山地区铲子坪和大坪金矿成矿作用年代学研究. 地质学报,82(7):900~905.  
李华芹,刘家齐,杜国民,魏林. 1992. 内生金属矿床成矿作用年代学研究:以西华山钨矿为例. 科学通报,37(12):1109~1112.  
李锦轶,王克卓,李文铅,郭华春,宋彪,王瑜,莫申国,赵子然,朱志新,潘成泽. 2002. 东天山晚古生代以来大地构造与矿产勘查. 新疆地质,20(4):295~301.  
李献华,桂训唐,程景平,阴国渠. 1992. 广东高凤金矿形成时代的 Rb-Sr、 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  年龄测定. 矿床地质,11(4):367~373.  
王赐银,朱文斌,马瑞士. 1992. 东天山苦水变质地带变质作用特征及其成因研究. 南京大学学报(自然科学版),28(4):594~605.  
王义天,毛景文,李晓峰,杨富全. 2004. 与剪切带相关的金成矿作用. 地学前缘,11(2):393~400.  
王义天,张文智,王磊,毛景文,杨富全,陈文. 2007. 新疆东天山红石金矿床成矿流体和成矿物质来源示踪. 岩石学报,23(8):1998~2006.  
王瑜,李锦轶,李文铅. 2002. 东天山造山带右行剪切变形及构造演化的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代学证据. 新疆地质,20(4):315~319.  
吴昌志,张遵忠,Khin Zaw,Fernando Della-Pasque,唐俊华,郑远川,汪传胜,三金柱. 2006. 东天山觉罗塔格红云滩花岗岩年代学、地球化学及其构造意义. 岩石学报,22(05):1121~1134.  
杨兴科,张连昌,姬金生,曾章仁,陶洪祥. 1998. 东天山秋格明塔什—黄山韧性剪切带变形特征分析. 西安工程学院学报,20(3):12~18.  
杨兴科,陶洪祥,罗桂昌,姬金生. 1996. 东天山板块构造基本特征. 新疆地质,14(3):221~227.  
姚海涛,郑海飞. 2001. 流体包裹体 Rb-Sr 等时线定年的可靠性. 地球化学,30(6):507~511.  
张连昌,姬金生,曾章仁,杨兴科,赵伦山,蒙义峰. 1999. 韧性剪切带及其控矿作用——以新疆康古尔金矿为例. 贵金属地质,8(1):1~6.  
周济元,茅燕石,黄志勋,何大伦,王道永,肖渊甫. 1994. 东天山古大陆边缘火山地质. 成都:成都科技大学出版社,1~280.  
周涛发,袁峰,张达玉,范裕,刘帅,彭明兴,张建滇. 2010. 新疆东天山觉罗塔格地区花岗岩类年代学、构造背景及其成矿作用研究.

- 岩石学报, 26(2): 478 ~ 502.
- 朱永峰. 2004. 古老克拉通和古生代造山带中的韧性剪切带型金矿: 金矿成矿条件与成矿环境分析. 矿床地质, 23(4): 509 ~ 519.
- Brannon J C, Podosek F A, Viets J G, Leach D L, Goldhabe M, Rowan E L. 1991. Strontium isotopic constraints on the origin of ore-forming fluids of the Viburnum Trend, southeast Missouri. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 55: 1407 ~ 1419.
- Brooks C, D E James, and S R Hart. 1976. Ancient lithosphere: Its role in young continental volcanism. *Science*, 193: 1086 ~ 1094.
- Changkakoti A, Gray J. 1988. Determination of radiogenic isotope (Rb/Sr, Sm/Nd and Pb/Pb) in fluid inclusion water: an example from the Bluebell Pb—Zn deposit. British Columbia, Canada. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 52: 1961 ~ 1967.
- Dickinson D R, M H Dodson, I G Gass, and D C Rex. 1969. Correlation of initial  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  with Rb/Sr in some late Tertiary volcanic rocks of South Arabia. *Earth Planet. Sci. Letters*, 6: 84 ~ 90.
- Goldfarb R J, Groves D I, Gardoll S. 2001. Orogenic gold and geologic time: a global synthesis. *Ore Geology Reviews*, 18: 1 ~ 75.
- Loueks R and Mavrogenes J A. 1999. Gold solubility in supercritical hydrothermal brines measured in synthetic fluid inclusions. *Science*, 284: 2159 ~ 2163.
- Norman D Z, Lands G P. 1983. Source of mineralizing components in hydrothermal ore fluids as evidenced by  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  and stable isotope data from the Pasto Bueno deposit Peru. *Econ. Geol.*, 78: 451 ~ 456.
- Pettke T, Diamond L W. 1995. Rb-Sr isotopic analysis of fluid inclusions in quartz: Evaluation of bulk extraction procedure and geochronometer systematics using synthetic fluid inclusions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59: 4009 ~ 4027.
- Philips G N. 1991. Gold deposits of Victoria: A major province within a Palaeozoic metasedimentary succession. *WorldGold 91*, Aust., Inst. Min. Metal., Melbourne, 237 ~ 245.
- Rossmann G R, Weis D, Wasserburg G J. 1987. Rb, Sr, Nd and Sm concentrations in quartz. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 51: 2325 ~ 2329.
- Shepherd T J and Darbyshire D P F. 1981. Fluid inclusion Rb-Sr isochrons for dating mineral deposits. *Nature*, 1981, 290: 578 ~ 579.
- Zhu Yongfeng, Zeng Yishan and Jiang Neng. 2001. Geochemistry of the ore-forming fluids in gold deposits from the Taihang Mountains, Northern China. *International Geology Review*, 43: 457 ~ 473.

## Quartz Rb-Sr Isotopic Dating of Hongshi Gold Deposit in East Tianshan Mountains

SUN Jingbo<sup>1)</sup>, ZHANG Liming<sup>2)</sup>, CHEN Wen<sup>1)</sup>, Li Huaqin<sup>3)</sup>, ZHANG Yan<sup>1)</sup>,  
LIU Xinyu<sup>1)</sup>, LI Jie<sup>1)</sup>, ZHANG Bin<sup>1)</sup>

1) *Laboratory of Isotope Thermochronology, National Key Laboratory of Continental Structure and Dynamics, Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037;*

2) *No. 312 Geological Party, Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration of Anhui Province, Bengbu, Anhui, 233040;*

3) *Wuhan Center of Geological Survey, China Geological Survey, Wuhan, 430205*

**Abstract:** The Hongshi gold deposit is located in the Qiugemingtashi—Huangshan ductile shear zone in the east Tianshan Mountains, which mainly controlled mineralization of the gold deposit. The gold mineralization age of the Hongshi gold deposit is 254 ~ 259 Ma, analyzed by the sericite Ar-Ar dating technique by former researchers. This article aims to evaluate the feasibility of applying Rb-Sr dating technique to constrain the mineralization age of ductile shear zone type gold deposits, taking the Hongshi gold deposit as an example. The Rb-Sr dating is carried out on the fluid inclusions in quartz from the main mineralization stage, yielding an isochron age of  $257 \pm 4$  Ma, the  $n(^{87}\text{Sr})/n(^{86}\text{Sr})$  value of  $0.70997 \pm 0.00016$ . The isochron age of  $257 \pm 4$  Ma is highly consistent with the gold mineralization age of 254 ~ 259 Ma, indicating that Rb-Sr dating on fluid inclusions in quartz is adaptive to date the mineralization age of ductile shear zone type gold deposits. The mineralization age, location relationship and ore-forming material source between the Hongshi gold deposit and the Kanggur gold deposit are consistent with each other, indicating that they came from the same mineralization events. The time relationship of mineralization, ductile shearing action, dextral strike-slip and uplift cooling proves that the late dextral strike-slip and subsequent uplift cooling are the main reasons for the gold mineralization of the Hongshi gold deposit and the Kanggur gold deposit, which located in the same ductile shear zone. Further classification of ductile shear zone type gold deposits, the Hongshi gold deposit belongs to the type of earlier ductile shear deformation, latter brittle-ductile deformation and Mineralization superposition.

**Key words:** East Tianshan Mountains; Hongshi gold deposit; Rb-Sr dating; mineralization age; ductile shear zone