

文章编号: 0254-5357(2007)05-0356-03

山东招远灵雀山金矿床富金石英脉铷-锶等时线年龄讨论

郑培玺¹, 周燕^{2*}, 王铁夫², 张延洁²

(1. 吉林大学地球科学学院, 吉林 长春 130026;

2. 吉林大学测试中心, 吉林 长春 130026)

摘要:首次对山东招远灵雀山金矿床富金石英脉 Rb-Sr 等时线年龄测定, 获得(116 ± 12) Ma 成矿年龄。这与胶东地区主成矿期为(120 ± 10) Ma 相吻合, 从而说明招-平断裂带上盘金矿大规模成矿期发生于早白垩的构造体系转折期, 由此可以看出招-平断裂带上盘具有良好的成矿条件。

关键词:流体包裹体; 铷-锶等时线; 灵雀山金矿

中图分类号: P597.3 **文献标识码:** A

Rb-Sr Isochron Age of Sulfide-rich Quartz Veins in Lingqueshan Gold Deposit from Zhaoyuan of Shandong Province

ZHENG Pei-xi¹, ZHOU Yan^{2*}, WANG Tie-fu², ZHANG Yan-jie²

(1. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130026, China;

2. Center of Analysis and Testing, Jilin University, Changchun 130026, China)

Abstract: In order to understand the genesis of gold deposits, it is fundamental to know the age of gold deposition. The Rb-Sr isochron dating methods were adopted to date the ore deposits. The results from the study indicate that the age of the Lingqueshan gold deposit is (116 ± 12) Ma. It is consistency with the age of Jaodong gold deposits of (120 ± 10) Ma. It means that the large-scale metallogeny of the Zhao-Ping fault zone hanging wall took place in early cretaceous occurred in north western Jiaodong Peninsula and with favorable metallogenic conditions.

Key words: fluid inclusion; Rb-Sr isochron; Lingqueshan gold deposit

成矿物质、成矿流体、成矿时代是矿床学研究的三大核心问题^[1], 其中成矿年代学是矿床学研究的一个重要方面。确定一个矿床的成矿时代对确定该矿床成矿作用与区域构造作用-变质作用-岩浆作用的关系, 研究成矿物质、成矿流体来源以及矿床成因都具有重要意义。目前用于直接测定成矿年代学的方法主要有 Re-Os 法、Ar-Ar 法、流体包裹体 Rb-Sr 等时线法、Sm-Nd 法及 Pb-Pb 法等^[2-3]。自 20 世纪 80 年代流体包裹体 Rb-Sr 等时线法用于成矿年代学研究以来, 国内外许多学者进行这方面的尝试, 并得到了较为成功

的应用^[4]。另外, 一些学者通过石英流体包裹体和石英矿物等时线年龄对比研究, 发现两者在实验误差范围内基本一致。进而提出可直接用纯净石英矿物作为测定对象, 它的年龄与流体包裹体的地质意义相同, 即代表了成矿时代^[5]。基于上述讨论, 本文对灵雀山金矿床富金石英脉中石英进行了 Rb-Sr 等时线测定并对其成矿年龄进行讨论。

1 地质概况

灵雀山金矿是 2003 年投产的一个小型金矿, 位于招-平断裂带以东 2.2 km 约 10 km² 的变质杂岩

收稿日期: 2006-11-09; 修订日期: 2007-05-14

基金项目: 国家自然科学基金项目资助(4027205)

作者简介: 郑培玺(1979-), 男, 山东郓城人, 博士研究生, 从事成矿年代学研究。E-mail: zhengpx79@163.com。

通讯作者: 周燕(1957-), 女, 吉林长春人, 副教授, 主要从事同位素地球化学工作。E-mail: zhou_yan@jlu.edu.cn。

区内。由于该矿床产于招-平断裂带上盘,多数人认为该区域不具有成矿前景,故该地区研究较少。

灵雀山金矿位于胶西北隆起中部、招-平断裂东侧。区内地层主要为太古代胶东群变质岩系(见图1)岩性主要为斜长角闪岩、黑云母斜长变粒岩、黑云母斜长片麻岩。区内岩浆岩主要出露在招-平断裂带下盘,为玲珑型片麻状黑云母花岗岩;上盘主要为太古代奥长花岗岩和各类脉岩。区内构造以断裂为主,主要发育有东西向(EW)、北东向(NE)和北西向(NW)三组断裂构造,其中EW向构造为燕山运动前的基底构造;NE向构造在区内发育最为广泛,也是区内最重要的控矿断裂,最大的断裂为招-平断裂,控制着区内大部分金矿产出。另外还有一些次级构造,比如灵雀山断裂则控制了灵雀山金矿中的一些小型金矿;NW向构造为晚期构造,对区域内的金矿起了破坏作用。

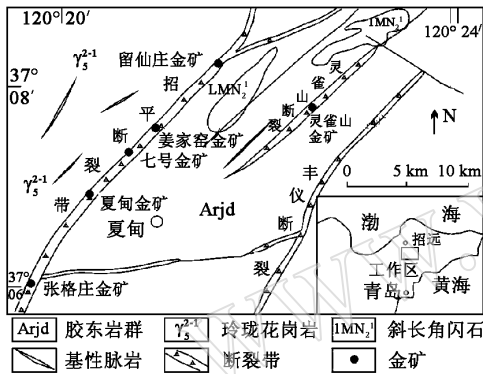


图1 山东招远灵雀山金矿区域地质图

Fig. 1 The regional geological map of Lingqueshan gold deposit

灵雀山金矿为富硫化物含金石英脉型金矿。石英脉众多,成群成带分布,以NE向分布为主,为区内的主要矿脉;EW石英脉为早期矿脉,品位较差;NW向石英脉为晚期破坏性构造,多数不具有品位。含金石英脉破碎程度较强,可见少量断层泥及糜棱物分布。矿脉具有雁行排列、分支复合、尖灭再现特征,其中有大量硫化物呈浸染状或团块状分布。矿石具块状、网脉状、浸染状构造。金属矿物含量在2%~5%,除自然金外,主要有黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿等。脉石矿物以石英为主,含少量绢云母、绿泥石及钾长石。矿化带围岩蚀变有黄铁矿化、硅化、钾化、绿泥石化等。根据井下观察及镜下鉴定,成矿作用从早到晚可划分为三个明显的成矿阶段:①黄铁矿-石英脉阶段:为早期石英脉形成阶段,该阶段石英脉中局部含有少量自形程度较高的粗粒黄铁矿,但含金量较低;②含金黄铁矿

-多金属硫化物-石英阶段:为金的主矿化阶段,当黄铁矿含量高,形成块状黄铁矿脉或团块时,则构成富矿包;③石英-碳酸盐化阶段:为成矿晚期阶段产物,这一阶段矿化工业意义不大。

2 样品特征

由于矿区所处的韧性剪切带经历了多期次、多层次构造成矿演化,又是远离平衡的开放体系^[6],因此,样品必需满足Rb、Sr同位素的再平衡^[7]。测定样品来自于灵雀山金矿四个中段富金多金属硫化物石英脉,石英脉为同期次交代形成的单脉,在其中相同成矿期和成矿阶段的不同空间采集有代表性的矿石标本样品7件,其主要由石英组成,含少量黄铁矿、绢云母等。石英脉的主要组成矿物石英呈乳白色,强油脂光泽,其中发育大量的流体包裹体;以气-液包裹体和含液相CO₂包裹体为主,另有少量纯液相和气相包裹体。

3 分析及测试结果

样品分析采用文献[5]介绍的分析方法。先将样品碎至0.2~0.5 mm,双目镜下人工挑纯至单矿物石英含量99.5%(质量分数w)以上。测定方法为:①先将选纯的石英单矿物用6 mol/L超纯HCl加热清洗二次,再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HF和HClO₄分解完全,用离子交换法分离和纯化Rb、Sr;⑤用同位素稀释法测定试样中的Rb、Sr含量及Sr同位素比值。整个化学流程的操作均在超净化实验室完成,流程中Rb、Sr空白含量控制在10⁻⁹级以下,对样品的干扰基本可以忽略不计。用国际标准样NB 987监控仪器的工作状态,NB 987铈同位素比值标准值为0.71034±0.00026,测定值为0.71023±0.00005。用国家标准物质研究中心的花岗岩岩石标样GBW 07111监控样品的化学处理,用同位素稀释法计算后得出Rb、Sr浓度与标准浓度基本一致。整个测试过程在南京大学测试中心完成,测试仪器为VG 354型热表面电离质谱仪。

灵雀山金矿7个样品测试结果见表1,Rb、Sr含量采用同位素稀释法算出,石英中Rb含量为0.48~3.11 μg/g,平均值为1.637 μg/g,与围岩相比要低,即使与区域的花岗岩相比,也要低一些。Sr含量为16.34~66.83 μg/g,平均值38.627 μg/g,高于围岩,但与区域的花岗岩大致相同。根据硅酸盐固溶体固相中浓度限度Rb<<Sr,并且利用微量元素水/岩物质交换方程计算流体流经围岩

时从围岩中带入 Sr 的质量分数为 0.12% ~ 1.65% (平均 0.65%)^[8], 可得出成矿流体为一种富 Sr 低 Rb 的流体。

表 1 灵雀山金矿 Rb - Sr 同位素数据

Table 1 Rb-Sr isotopic data of the Lingqueshan gold deposit

样品 编号	$w_B / (\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$		同位素比值	
	Rb	Sr	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
L 403	1.15	66.83	0.04804	0.71995
L 402	3.02	32.41	0.26943	0.72030
L 202	1.31	34.73	0.10951	0.71999
L 201	0.48	47.24	0.02963	0.71989
L 301	0.88	16.34	0.15436	0.72009
L 303	1.03	31.95	0.09281	0.72001
L 102	3.11	42.25	0.21378	0.72020

样品数据用 ISPLIT 软件拟合等时线见图 2, 其输入误差为: $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr} = 1\%$ 、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.005\%$ 。获得 95% 置信度, 加权平均方差 (MSWD) 为 1.4, ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)_i 为 0.719845。这一结果说明, 成矿流体中的同位素达到均一化, 自矿物形成以来流体包裹体中的 Rb - Sr 保持一个封闭体系, 衰变常数 $\lambda(^{87}\text{Sr})$ 为 $1.42 \times 10^{-11} \text{ a}$, 计算的等时线年龄为 $(116 \pm 12) \text{ Ma}$, 为燕山晚期。该时期本地区构造岩浆活动频繁而强烈, 为灵雀山金矿的成矿提供了成矿条件和容矿空间。此外, 在同一区域成矿带上 (招 - 平断裂带上盘), 作者对一金矿化点 (芝山) 做含金石英脉石英 Rb - Sr 测年, 取得 $(119 \pm 5) \text{ Ma}$ 的年龄, 与本文测得的灵雀山金矿年龄基本一致。另外, 从前人同位素年龄测定结果来看, 胶东地区金矿床的成矿时代大多在 $100 \sim 120 \text{ Ma}$ ^[9], 与本文所测定的成矿年龄一致。可以看出, 灵雀山金矿虽然产于招 - 平断裂带上盘的胶东岩群中, 但成矿年龄 $(116 \pm 12) \text{ Ma}$ 是可信的。

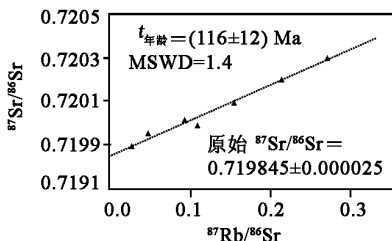


图 2 灵雀山金矿石英 Rb - Sr 等时线图

Fig. 2 Rb-Sr isochron from Lingqueshan gold deposit

金成矿作用的能源不外乎岩浆活动、变质作用和构造运动^[10], 所以金的成矿必然与重要地质事件相联系。 $(120 \pm 10) \text{ Ma}$ (早白垩世) 前后正是华北

东部中生代动力学体制转折的关键时段, 此时古太平洋板块向欧亚大陆斜向快速俯冲, 华北东部岩石圈剧烈减薄、郯庐断裂发生强烈左行走滑、区域构造应力场转变为强烈引张、火山 - 岩浆活动也最为强烈, 尤其是深源 (幔源) 岩浆活动最为强烈^[11]。强烈的构造热事件为巨量金质来源和富集提供了动力以及成矿流体。该时期成为胶东金矿的爆发期。

4 结语

综合灵雀山金矿床石英 Rb - Sr 同位素年龄、区域地质背景, 可得出下列结论:

(1) 灵雀山金矿石英脉中流体包裹体的 Rb - Sr 等时线年龄 $(116 \pm 12) \text{ Ma}$, 代表其主成矿期成矿流体热液活动时代, 显示其主要成矿期为晚燕山期早白垩世。

(2) 对于招 - 平断裂带上盘的胶东地区的其他金矿点, 从成矿时代以及区域构造上来说, 仍然具有良好的成矿前景。在今后工作中, 应当加强勘探。

5 参考文献

- [1] 宋忠宝, 任有祥, 李智佩, 等. 北祁连山寒山金矿成矿时代讨论 [J]. 地质与勘探, 2005, 41(3): 12 - 15.
- [2] 翟伟, 李兆麟, 黄栋林, 等. 粤西河台金矿床富硫化物石英脉 Rb - Sr 等时线年龄讨论 [J]. 地球学报, 2004, 25(2): 243 - 247.
- [3] 胡芳芳, 范宏瑞, 杨进辉, 等. 胶东乳山含金石英脉型金矿的成矿年龄: 热液锆石 SHRIMP 法 U - Pb 测定 [J]. 科学通报, 2004, 49: 1191 - 1198.
- [4] Christensen J N, Halliday A N, Leigh K E, et al. Direct Dating of Sulfides by Rb-Sr: a Critical Test Using the Polaris Mississippi Valley-type Zn-Pb Deposit [J]. *Geochim et Cosmochim Acta*, 1995, 59: 5191 - 5197.
- [5] 李华芹, 刘家齐, 魏林. 热液矿床流体包裹体年代学研究及其地质应用 [M]. 北京: 地质出版社, 1993: 109 - 114.
- [6] 邓军, 翟裕生, 杨立强, 等. 论剪切带构造成矿系统 [J]. 现代地质, 1998, 12(4): 493 - 498.
- [7] 钟志洪, 张庆龙, 孙珍. 韧性剪切带中的 Rb - Sr 和 Sm - Nd 同位素体系 [J]. 地质地球化学, 1997, 25(3): 70 - 75.
- [8] 申浩激. 同位素地球化学 [M]. 长春: 长春地质学院出版社, 1992: 258 - 261.
- [9] 黎清华. 胶东大型金矿集中区成矿作用研究综述 [J]. 黄金地质, 2004, 10(1): 55 - 61.
- [10] 宋叔和, 康永孚, 涂光炽, 等. 中国矿床 (中) [M]. 北京: 地质出版社, 1994: 1 - 291.
- [11] 刘建明, 叶杰, 徐九华, 等. 初论华北东部中生代金成矿的地球动力学背景——以胶东金矿为例 [J]. 地球物理学进展, 2001, 16(1): 39 - 46.