

黑龙江东安金矿床锆石 U-Pb 年龄及其地质意义

马芳芳¹, 孙丰月¹, 李碧乐¹, 薛明轩^{1,2}

(1. 吉林大学 地球科学学院, 吉林 长春 130061 2. 黑龙江省有色金属地质勘查 707 队, 黑龙江 绥化 152054)

摘 要 通过 LA-ICPMS 锆石原位定年方法, 对黑龙江东安金矿成矿期脉岩流纹斑岩进行了年龄测定. 结果显示, 与矿化关系极为密切的流纹斑岩的 U 和 Th 含量分别为 $269.1 \times 10^{-6} \sim 956.0 \times 10^{-6}$ 和 $202.2 \times 10^{-6} \sim 1276.8 \times 10^{-6}$, Th/U 比值介于 0.43~1.80 之间. 流纹斑岩 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄的加权平均值为 109.6 ± 1.7 Ma, 与区内浅成低温热液金矿的成矿年龄相近, 共同记录了本区早白垩世晚期的一次重要成岩成矿事件, 反映了早白垩世晚期岩石圈大规模伸展减薄的动力学背景.

关键词 锆石 U-Pb 年龄 地质意义 矿化关系 东安金矿床 黑龙江省

ZIRCON U-Pb AGES OF DONGAN GOLD DEPOSIT IN HEILONGJIANG PROVINCE: Geological Implication

MA Fang-fang¹, SUN Feng-yue¹, LI Bi-le¹, XUE Ming-xuan^{1,2}

(1. School of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China;

2. No. 707 Team, Heilongjiang Nonferrous Metallic Geological Survey, Suihua 152054, Heilongjiang Province, China)

Abstract : The age of the rhyolite porphyry, which is closely related to mineralization in Dongan gold deposit, is tested with LA-ICPMS zircon dating method. The results show that, the U contents of the rhyolite porphyry range from 269.1×10^{-6} to 956.0×10^{-6} , while the Th contents, from 202.2×10^{-6} to 1276.8×10^{-6} , with Th/U ratio between 0.43 and 1.80. The age of rhyolite porphyry is (109.6 ± 1.7) Ma, which is synchronous with other epithermal gold deposits in the area. It implies the large-scale lithospheric extension and thinning in the late period of Early Cretaceous.

Key words : zircon U-Pb age; geological implication; mineralization relationship; Dongan gold deposit; Heilongjiang Province

0 引言

黑龙江东安金矿床位于松嫩地块和佳木斯地块之间的伊春-延寿地槽褶皱系-构造岩浆活动带. 区内岩浆活动强烈且延续时间长, 在燕山期受太平洋板块俯冲的影响, 处在大陆边缘活动带拉张地球动力学环境, 尤其是早侏罗世—早白垩世期间, 断裂活动强烈, 岩石圈断裂发生继承性活动, 控制了一系列的 NE、NW、S-N 向壳断裂和断陷盆地的形成^[1]. 东安金矿是黑龙江省有色金属地质勘查 707 队于 1998 年发现的大型金矿, 为典型的浅成低温热液矿床^[2-4]. 它与黑龙

江另外两个著名的同属浅成低温热液金矿的三道湾子金矿和团结沟金矿床都位于环太平洋成矿域内. 以往关于东安金矿的研究和已公开发表的文献中也曾对东安金矿年龄进行过研究^[5-6]. 以往研究曾用 Rb-Sr 全岩等时线测试方法对矿石及容矿火山岩进行了年龄的测定^[5], 用锆石 U-Pb 测年方法则只对该矿床的赋矿围岩之一——中粗粒碱长花岗岩进行过研究^[6]. 本文通过对另一赋矿围岩流纹斑岩进行 LA-ICPMS 锆石 U-Pb 精确定年, 结合前人研究成果, 探讨东安金矿成矿地球动力学背景以及流纹斑岩与金矿化的关系.

收稿日期 2012-03-12 修回日期 2012-05-03 编辑 张哲

作者简介: 马芳芳(1985—), 女, 硕士研究生, 主要从事热液矿床预测方面的研究, 通信地址 长春市建设街 2199 号 吉林大学地球科学学院, E-mail/ffina216@126.com

1 矿区及矿床地质特征

1.1 矿区地质特征

研究区大地构造位置属于环太平洋带外带兴蒙褶皱带,松嫩地块和佳木斯地块之间的伊春-延寿地槽褶皱系-构造岩浆活动带,西以逊河-铁力-尚志岩石圈断裂为界,东以牡丹江岩石圈断裂为界.新元古界一面坡群变质中酸性火山-沉积岩建造和下寒武统西林群变质碳酸盐岩-细碎岩建造为该区的基底.

矿区出露地层主要为分布于矿区北和矿区南东的白垩系下统光华组安山岩、英安岩、流纹岩、流纹质凝灰岩,新近系中-上新统孙吴组砂砾岩,第四系下更新统大熊山玄武岩.侵入岩主要包括燕山早期中粗粒碱长花岗岩和中燕山晚期细粒碱长花岗岩、花岗斑岩和流纹斑岩.燕山早期中粗粒碱长花岗岩呈岩基状产出,

其锆石 U-Pb 年龄为 $178.4 \pm 1.2 \text{ Ma}^{[6]}$.燕山中期岩浆活动形成的火成岩呈小岩株、岩脉或岩墙状产出,其中细粒碱长花岗岩呈岩墙产出,花岗斑岩呈小岩株产出,流纹斑岩呈小岩株或岩脉状产出.流纹斑岩广泛分布于矿区中部以及矿体附近,其中 5 号以及 10~13 号矿体直接产在流纹斑岩内,野外观察发现流纹斑岩蚀变发育,与矿化关系极为密切.本次工作对流纹斑岩进行了 LA-ICPMS 锆石 U-Pb 精确定年.

区内构造以断裂和火山机构为主,位于矿区北西的 NNE 向库尔滨壳断裂的 3 组走向为 NNE、NNW、NE 的次级断裂控制了中燕山晚期细粒碱长花岗岩、次火山岩体的侵入和火山机构的发育,为控岩导矿构造(图 1).火山机构以火山通道为主,赋存其间的隐爆角砾岩是成矿的有利空间.

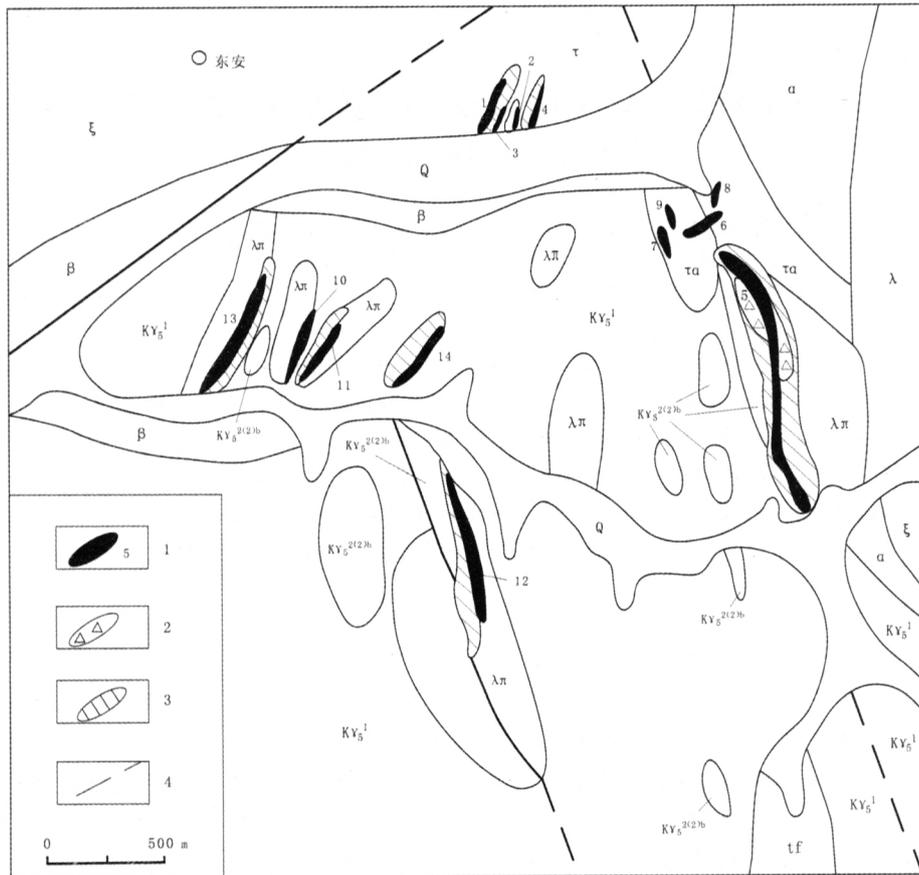


图 1 东安矿区地质图
(据薛明轩等,2002,修改)

Fig. 1 Geological map of Dongan orefield
(modified from XUE ming-xuan et al., 2002)

(Q—第四系(Quaternary);β—第四系大熊山组玄武岩(basalt of Quaternary Daxiongshan fm.);白垩系下统光华组(Lower Cretaceous Guanghua fm.);tf—流纹质凝灰岩(rhyolitic tuff),λ—流纹岩(rhyolite),ξ—英安岩(dacite),τa—粗安岩(trachyandesite),α—安山岩(andesite),λπ—流纹斑岩(rhyolite porphyry);KY₅^{2(2)b}—中燕山晚期细粒碱长花岗岩(late M. Yanshanian fine-grained alkali-feldspar granite);KY₅¹—印支晚期中粗粒碱长花岗岩(Late Indosinian coarse-grained alkali-feldspar granite);1—金(银)矿体及编号(gold/silver orebody and number);2—隐爆角砾岩(crypto-explosive breccia);3—蚀变带(alteration zone);4—断层(fault)

1.2 矿床地质特征

东安金矿矿区共出露 14 条矿脉(图 1), 矿体围岩主要为中粗粒碱长花岗岩、细粒碱长花岗岩、流纹岩和流纹斑岩, 其次为隐爆角砾岩。矿体呈脉状, 陡倾斜, 与围岩界线清晰, 走向以 S-N、NNE 及 NE 为主。

矿石中主要金属矿物为黄铁矿, 其次为毒砂、方铅矿、黄铜矿、辉铜矿、铜蓝、闪锌矿和自然汞。贵金属矿物主要为银金矿、自然银和辉银矿。脉石矿物种类比较简单, 主要为不同颜色和不同粒度的石英, 其次为冰长石、高岭石, 少量绢云母和绿泥石等。

矿石结构以他形粒状为主, 自形、半自形粒状结构次之。矿石构造以角砾状、浸染状、脉状-网脉状构造为主, 梳状、晶洞、叶片状构造次之。

该矿床围岩蚀变主要沿断裂、隐爆角砾岩带和硅化脉分布且分带性显著。从内到外依次为: 强硅化带—冰长石化带—硅化带—泥化带, 其中强硅化带与金矿化最为密切。

2 LA-ICPMS 锆石 U-Pb 测年

2.1 样品特征

流纹斑岩在矿区呈小岩株或岩脉状产出, 分布于矿区中部以及矿体附近。蚀变发育, 与矿化密切相伴。本次所测样品即采自矿区中部的流纹斑岩内。流纹斑岩是潜火山岩的一种, 成分与流纹岩类似, 一般具有斑状结构, 斑晶含量较喷出岩多且基质结构较粗, 斑晶和基质粒度差异较大。本次所取样品为浅灰—浅灰绿色, 斑状结构, 块状构造。斑晶主要为透长石和石英, 透长石呈自形板状, 粒度 0.2~3.2 mm, 含量 10%~18%; 石英呈他形粒状且具熔蚀现象, 粒径 0.3~2.4 mm, 含量 1%~3%。基质为显微微晶结构, 由长石石英雏晶组成。副矿物为锆石和磷灰石。

2.2 结果分析

锆石 U-Pb 同位素分析(LA-ICPMS)在西北大学“教育部大陆动力学重点开放实验室”完成。本矿区流纹斑岩(DAQB)样品的阴极发光图像显示锆石颜色明亮, 形态以长柱状为主, 晶体内部自形生长环带发育, 大多数锆石具有清晰的岩浆型振荡环带, 晶面发育。部分锆石两侧棱锥发育完整, 部分发育不完整, 缺失一侧或两侧棱锥(图 2), 为典型的岩浆锆石。

流纹斑岩的 U 和 Th 含量分别为 269.1×10^{-6} ~ 956.0×10^{-6} 和 202.2×10^{-6} ~ 1276.8×10^{-6} (表 1), Th/U 比值介于 0.43~1.80 之间, 为岩浆锆石特征。流纹斑岩样品中, 15 个锆石数据均落在谐和线之上, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄的加权平均值集中在两个峰值: 109.6 ± 1.7 Ma 和 176.8 ± 3.0 Ma(图 3)。其中 8 个锆石的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄加权值为

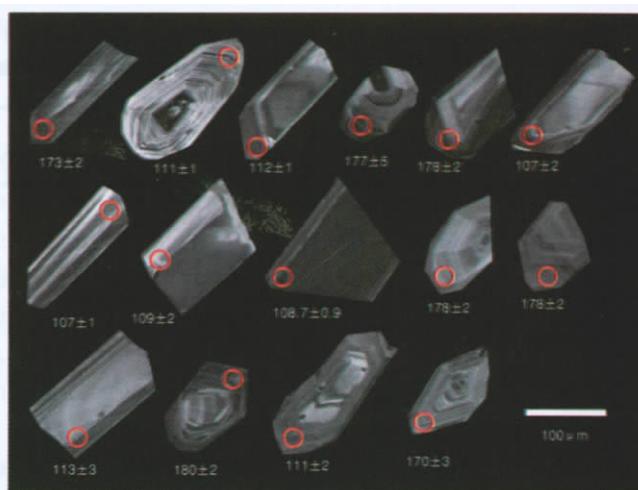


图 2 流纹斑岩(DAQB)锆石阴极发光图像

Fig. 2 CL images of zircons from rhyolite porphyry (DAQB)

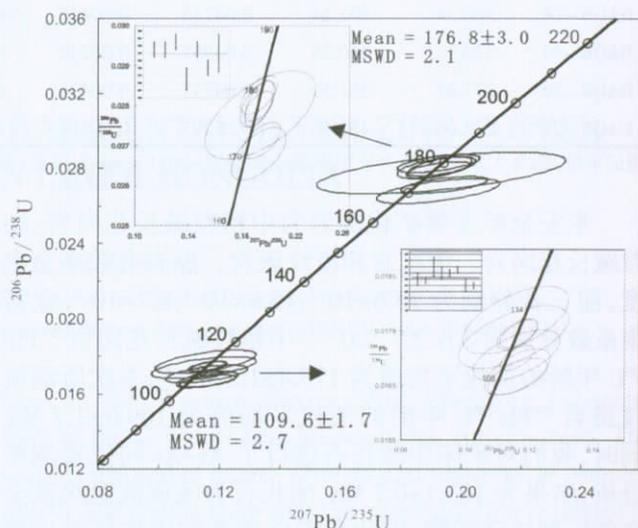


图 3 流纹斑岩(DAQB)锆石 U-Pb 谐和图

Fig. 3 Zircon U-Pb concordia diagram of rhyolite porphyry (DAQB)

109.6 ± 1.7 Ma, 其 U 和 Th 含量范围分别为 277.7×10^{-6} ~ 897.5×10^{-6} 和 202.2×10^{-6} ~ 1276.8×10^{-6} ; 7 个锆石的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄加权值为 176.8 ± 3.0 Ma, 其 U 和 Th 含量范围分别为 269.1×10^{-6} ~ 956.0×10^{-6} 和 279.7×10^{-6} ~ 707.2×10^{-6} 。由于流纹斑岩侵入燕山早期中粗粒碱长花岗岩体中, 且燕山早期中粗粒碱长花岗岩年龄为 178.4 ± 1.2 Ma^[6], 判断本期岩浆活动时代(109.6 ± 1.7 Ma)应为白垩纪晚期, 而年龄为 176.8 ± 3.0 Ma 的锆石年龄与燕山早期中粗粒碱长花岗岩年龄相近(相差 2 Ma), 可能为岩浆上升过程中捕获的岩浆锆石, 说明该期岩浆上升过程中遭到了燕山早期花岗岩大幅度的混染。

3 锆石 U-Pb 年龄的地质意义

表 1 东安金矿流纹斑岩(DAQB)锆石 U-Pb 分析结果

Table 1 U-Pb date for zircons from the rhyolite porphyry (DAQB) in Dongan gold deposit

点号	$^{238}\text{U}/10^{-6}$	$^{232}\text{Th}/10^{-6}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	
			比值	误差	比值	误差	比值	误差	年龄 /Ma	误差
DAQB - 3	671.74	707.16	0.05175	0.00253	0.19418	0.00944	0.02713	0.0003	173	2
DAQB - 4	398.91	347.67	0.0487	0.00185	0.11615	0.00425	0.01744	0.00019	111	1
DAQB - 5	504.87	280.81	0.04832	0.00161	0.11643	0.00385	0.01745	0.00017	112	1
DAQB - 6	535.84	386.87	0.0504	0.00732	0.19338	0.02726	0.02777	0.00073	177	5
DAQB - 7	269.14	279.65	0.04992	0.00182	0.1925	0.00681	0.02799	0.00025	178	2
DAQB - 8	794.51	527.66	0.05025	0.00301	0.11612	0.00674	0.01675	0.00028	107	2
DAQB - 9	306.57	550.5	0.05083	0.00275	0.1162	0.00616	0.01667	0.00022	107	1
DAQB - 11	400.03	481.15	0.04977	0.00396	0.11586	0.00895	0.01705	0.00031	109	2
DAQB - 13	897.49	1276.81	0.04939	0.00144	0.11601	0.00348	0.01701	0.00015	108.7	0.9
DAQB - 14	482.95	460.61	0.04948	0.00223	0.19166	0.00862	0.02805	0.00038	178	2
DAQB - 16	955.98	408.56	0.04977	0.00178	0.19262	0.00715	0.02805	0.00039	178	2
DAQB - 18	366.34	202.24	0.04753	0.00466	0.11553	0.01097	0.0177	0.00041	113	3
DAQB - 19	370.87	460.26	0.04955	0.00242	0.19235	0.00903	0.02827	0.00032	180	2
DAQB - 20	277.67	251.59	0.04737	0.00436	0.11498	0.01142	0.01739	0.00038	111	2
DAQB - 21	272.06	422.56	0.05203	0.00384	0.19221	0.01345	0.0268	0.00044	170	3

测试单位:西北大学大陆动力学国家重点实验室(2011). 1σ 为误差,普通 Pb 用测量的 ^{206}Pb 校正.

东安金矿主要矿化围岩为中粗粒碱长花岗岩、细粒碱长花岗岩、流纹岩和流纹斑岩,原岩有较高金丰度,前三者分别为 15.6×10^{-9} 、 15.8×10^{-9} 、 8.7×10^{-9} ,金富集系数分别为 3.6、3.7、2.0^[7]. 中粗粒碱长花岗岩 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄的加权平均值为 178.4 ± 1.2 Ma^[6],本次所测流纹斑岩 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄的加权平均值为 109.6 ± 1.7 Ma. 同时,我们对矿床中冰长石进行了 Ar-Ar 同位素测年分析,结果为 105.1 ± 0.7 Ma. 冰长石为浅成低温热液金矿的标型蚀变矿物,因此东安金矿真实成矿年龄应该更接近 105.1 ± 0.7 Ma. 流纹斑岩与矿体密切相伴,且多条矿体直接产于其内,结合野外观察发现其蚀变发育,因此可以确定流纹斑岩的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄 (109.6 ± 1.7 Ma) 为东安金矿的成矿年龄上限,且该期岩浆活动为东安金矿提供部分成矿物质及热源,驱动该区流体运移,萃取围岩中成矿物质,在适当位置沉淀、富集、成矿.

东安金矿流纹斑岩年龄为 109.6 ± 1.7 Ma, 对应早白垩世晚期一次重要的岩浆事件. 同区三道湾子金矿成矿期脉岩闪长玢岩的年龄为 112.2 ± 1.0 Ma, 团结沟金矿床赋矿斜长流纹斑岩年龄为 116.4 ± 0.74 Ma^[8]. 上述金矿床的成矿年龄相近且与东北地区浅成低温热液矿床的成矿时代 ($130 \sim 90$ Ma) 一致^[9], 推测与中国东部中生代晚期岩石圈大规模减薄事件^[10]有关.

4 结论

通过上述分析,可知东安金矿真实成矿年龄接近

105.1 ± 0.7 Ma, 东安金矿成矿年龄上限为 109.6 ± 1.7 Ma. 流纹斑岩与金矿化密切,为东安金矿提供成矿物质及热源. 东安金矿与区内其他浅成低温热液金矿的成矿年龄相近,共同记录了本区早白垩世晚期的一次重要成岩成矿事件,代表了早白垩世晚期岩石圈大规模伸展减薄的动力学环境. 东安矿区白垩世晚期的岩体在侵位过程中遭到了燕山早期花岗岩很大程度的混染作用.

参考文献:

- [1] 黑龙江省地质矿产局. 黑龙江省区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1994: 509—578.
- [2] 敖贵武,薛明轩,周辑,等. 黑龙江东安金矿床成因探讨[J]. 矿产与地质, 2004(2): 118—121.
- [3] 刘智明. 东安浅成低温热液型金矿床地质特征及成因[J]. 地质找矿论丛, 2006, 21(2): 95—99.
- [4] 霍亮,孙丰月. 黑龙江东安金矿床流体包裹体特征及矿床成因研究[J]. 黄金, 2010, 31(3): 8—14.
- [5] 薛明轩,叶松青,刘智明,等. 黑龙江东安金矿床地质地球化学特征初探[J]. 黄金, 2002, 7(23): 1—3.
- [6] 陈静. 黑龙江小兴安岭区域成矿背景与有色、贵金属矿床成矿作用[D]. 吉林大学, 2011.
- [7] 于建波,苏仁奎,刘智明. 东安金矿床控矿因素及成矿物质来源浅析[J]. 黄金科学技术, 2005, 13(6): 9—11.
- [8] 陈静,孙丰月. 黑龙江三道湾子金矿床锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 黄金, 2011, 5(32): 18—22.
- [9] 祁进平,陈衍景, Pirajno F. 东北地区浅成低温热液矿床的地质特征和构造背景[J]. 矿物岩石, 2005, 25(2): 47—59.
- [10] 毛景文,谢桂青,张作衡,等. 中国北方中生代大规模成矿作用的期次及其动力学背景[J]. 岩石学报, 2005, 21(1): 170—190.