

文章编号:0258-7106(2004)04-0502-07

吉林六批叶沟金矿床绢云母 ^{40}Ar - ^{39}Ar 快中子活化法定年研究^{*}

侯树桓¹ 桑海清²

(1 吉林省有色金属地质勘查院, 吉林 长春 130021; 2 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029)

摘 要 在六批叶沟金矿石中,精选出与金矿物同期生成的绢云母作为样品,采用 ^{40}Ar - ^{39}Ar 快中子活化法测年,获得 8 个一致相连的平坦型绢云母年龄谱, $t_p = (190.28 \pm 0.30) \text{ Ma}$,氩同位素计算得等时线年龄为 $(189.98 \pm 0.58) \text{ Ma}$,两者完全吻合。等时线截距为 $(296.9 \pm 10.0) \text{ Ma}$,与大气氩的该值 (295.5 Ma) 相比较,两者完全吻合,表明该样品出自未受明显后期热力作用影响的非扰动体系。锁定六批叶沟金矿床主要成矿年龄为 190 Ma 左右,属早侏罗世的燕山早期。

关键词 地球化学 绢云母 ^{40}Ar - ^{39}Ar 快中子活化法 定年研究 六批叶沟金矿床 吉林

中图分类号: P618.41

文献标识码: A

六批叶沟金矿床位于吉林省桦甸市溜河地区,是吉林省有色金属地质勘查院近年已初步探明的中-大型金矿床,其北部 15 km 处是中国乃至世界上著名的夹皮沟金矿(图 1)。夹皮沟地区独特的成矿地质背景和丰富的金矿资源,使之成为生产单位、科研部门和大专院校进行地质找矿和科学研究的基地,对其的研究取得了丰硕的成果(胡安国等,1985^①;董第光,1986;孙胜龙,1992;程玉明,1993;沈保丰等,1994;1998;孙晓明等,1996;李俊建等,1996;侯树桓,2003a;2003b),也积累了大量的同位素年龄测试数据资料;囿于以往的科技水平,同位素测年以常规 K-Ar 法占绝大多数,且测试对象几乎全为变质岩、火成岩、脉岩类的岩石或矿物,矿石年龄成果极少(王义文,1988),因此导致对夹皮沟金矿的成矿时代众说纷纭,争议颇大(于清义,1987;刘劲鸿,1989;吴尚全,1991;李俊建等,1996;董第光等,2001)。虽然六批叶沟金矿床产于晚太古宙高级变质区,有别于北部以往习称的夹皮沟花岗岩-绿岩带,但最新研究成果^②证明:夹皮沟金矿带的控矿构造——北西向韧-脆性剪切带,向南东方向已延伸至三道溜河一带;而六批叶沟金矿床恰好位于该控矿构造的南东延长

部分(图 1)。为确定该矿床的形成时代,笔者拟运用金矿石中与金矿物同期生成的绢云母,进行 ^{40}Ar - ^{39}Ar 快中子活化法定年研究,以便揭示韧-脆性剪切带与金矿床的时空及成因关系,为研究溜河地区乃至夹皮沟地区的地质构造演化过程和成矿规律提供可靠依据。

1 矿床地质概况

六批叶沟金矿床处于华北地台北缘东段槽台接合部地台区一侧,该区属中太古宙高级变质区,出露岩石以花岗质岩石(TTG)为主,常见奥长花岗岩(2537 Ma ,锆石 U-Pb)^③、英云闪长岩、花岗闪长岩以及二长花岗岩(2457 Ma ,锆石 U-Pb)^④、花岗岩、钾长花岗岩;其次是黑云(角闪)斜长片麻岩(2971 Ma ,Rb-Sr)^⑤、黑云二长片麻岩等。规模较小、时代最老($3000 \sim 3400 \text{ Ma}$)^⑥、呈残块产出的表壳岩主要有:斜长角闪岩、角闪变粒岩、浅粒岩、暗色麻粒岩、角闪磁铁石英岩等。以二长花岗岩为主的中生代侵入体见于矿区的北东部和南西侧。区内显生宙盖层稀少,仅局部见白垩系下统熔结凝灰岩、砂砾岩及第四纪玄武岩等。

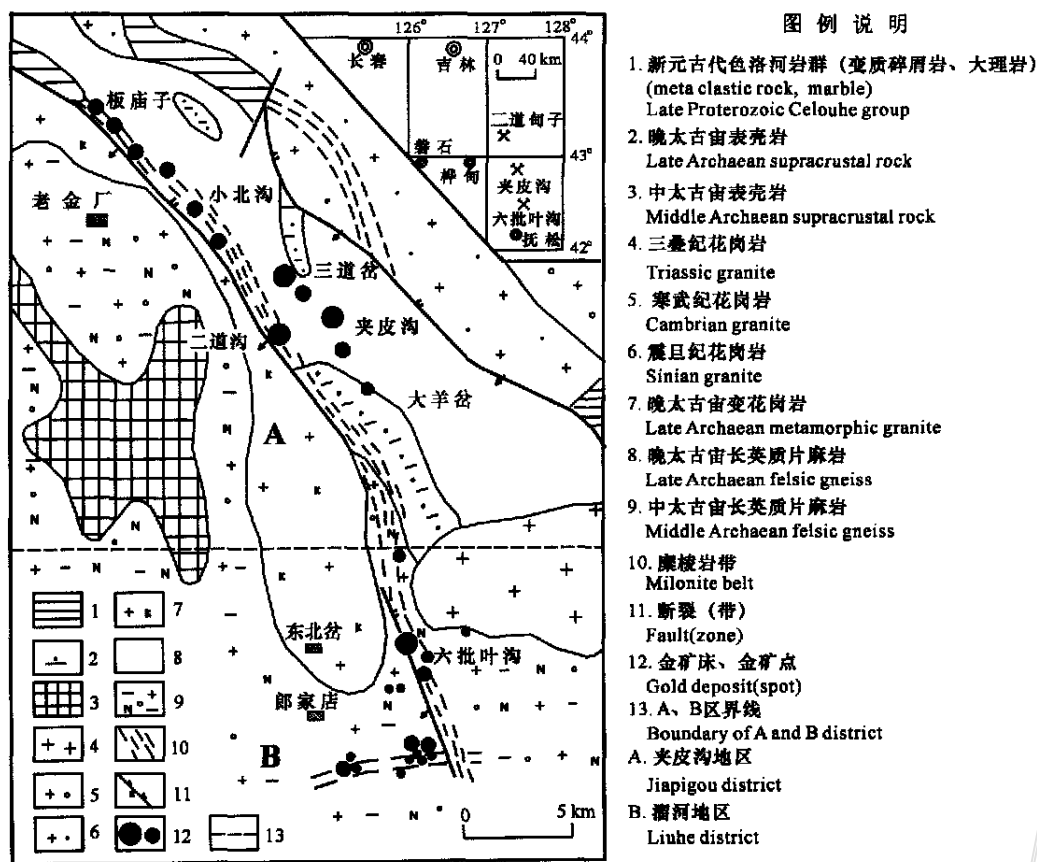
* 本文得到国家矿产资源勘查项目(2001-882)的资助

第一作者简介 侯树桓,男,1945 年生,高级工程师,长期从事地质勘查及地质科研工作。

收稿日期 2003-12-22;改回日期 2004-05-31。李 岩编辑。

① 胡安国,王义文,吴尚全,等,1985. 夹皮沟金矿带成矿地质条件、成矿规律及找矿方向的研究(科研项目报告)。

② 吉林省地质矿产局,1991. 1:5 万金岭别幅区域地质调查报告。

图 1 溜河—夹皮沟地区地质构造及金矿床分布简图(据^{①②}修编)Fig.1 Geological sketch map showing structures and distribution of gold deposits in Jiapigou-Liuhe area
(modified after the 1 : 50000 Geological Map)

六批叶沟破碎蚀变岩型金矿床(侯树桓,2003a)赋存于区域北西向韧-脆性剪切带的南东段(图1),带内常见各种糜棱岩、碎裂岩、构造角砾岩和辉绿玢岩、细粒(微晶)闪长岩、石英闪长岩等中基性脉岩以及不同程度的硅化、绿泥石化、绢云母化、高岭土化、黄铁矿化和多金属矿化(侯树桓,2003b)。金矿化与硅化、黄铁矿化及多金属矿化关系密切。金矿体产状与韧-脆性剪切带产状基本一致,倾向SW(230~240°),倾角75~82°,金品位变化较大(1.0×10^{-6} ~ 97.0×10^{-6}),矿体膨缩明显(厚0.1~14.46 m),与围岩多为渐变关系;主要含金矿物为银金矿、自然金;矿石以晶质不等粒结构、压碎结构、交代结构为主,常具浸染状、细脉网脉状、角砾状构造;矿体围岩除各种构造破碎蚀变岩外,亦有蚀变中基性脉岩

类^③。

2 氩同位素测年样品的采集及分选

众所周知,不同类型的岩石或矿物具有不同的⁴⁰Ar* 封闭温度(桑海清等,1996)和不同的形成历史,运用它们所测定的年龄,其地质意义也各不相同。欲获取令人满意且具有代表性的测年结果,首先是必须投入深入细致的野外地质工作和室内研究工作,然后才能选择正确的测试对象和先进可靠的测试方法。

经对六批叶沟金矿床的详细研究,决定选择矿石中与金矿物属同一成矿作用下生成的绢云母作为测年样品,选用较先进的⁴⁰Ar-³⁹Ar快中子活化法测

① 吉林省地质矿产局,1991.1:5万金银别幅区域地质调查报告。
② 吉林地质矿产开发局,1999.1:5万夹皮沟镇幅地质图说明书。
③ 侯树桓,2000.吉林省桦甸市溜河地区金矿资源项目工作总结(内部报告)。

年(袁海华,1987),以期获得较可靠的金矿成矿年龄。

绢云母 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 法年龄样品取自矿区 579 m 中段 2-1 号矿体,系原生金矿石。样品经光薄片鉴定,主要特征如下:

矿石呈灰白-暗灰色,具浸染状、条带状、团块状构造,不等粒和碎裂结构。主要矿物成分:①石英,无色粒状、马牙状,粒径 0.1~0.2 mm,含量 30%~70%。②绢云母,无色,细小的鳞片状,集合体粒度 0.05~0.4 mm,常呈不规则微细条带沿石英脉方向在脉体内平行分布,含量 0.5%~3%。③碳酸盐脉,以方解石为主,呈细条带充填于硫化物之间或石英的裂隙中,含量 2%左右。金属矿物主要有闪锌矿(3%)、黄铜矿(0.2%)、黄铁矿(7%)、方铅矿(0.6%),多呈中-细粒状。镜下见数粒微粒状($d=0.002\sim0.014\text{ mm}$)的自然金和银金矿,同绢云母一起分布于石英颗粒间,或在石英和黄铁矿裂隙之中。

为确保测试所用的绢云母与金矿物系同期生成,笔者采集金矿石中较宽的石英条带或较大的石英团块,剔除粘连其边部的其他杂质。将手选选出的 40 kg 样品,送至河北省地质矿产局区调研究所,又从 40 kg 样品中精选出 15 kg 矿石样品,粉碎至 160 目后,经电磁选、浮选、重液选三道工序初选出绢云母;再把绢云母置于双目镜下挑选,获纯净绢云母 0.1368 g 作为 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 定年样品。

3 测试工作及结果

绢云母 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 测年工作由中国科学院地质与地球物理研究所桑海清、王兰英完成。样品经过特

定方法包装后,预先送中国原子能科学研究院 49-2 反应堆 H8 孔道进行快中子照射,使样品中的 ^{39}K 经过 $^{39}\text{K}(\text{n},\text{p})^{39}\text{Ar}$ 核反应变成 ^{39}Ar ,照射时间为 53 h,积分中子通量为 $1.24\times10^{18}\text{ n/cm}^2$ 。用于监测中子通量的标准样是:中国标准样 ZBJ 角闪石[(132.8±1.4) Ma]和 ZBH-25 黑云母[(132.7±1.2) Ma],法国标准样 B600 黑云母(322 Ma),澳大利亚标准样 77600 角闪石[(414.5±3.7) Ma]。实验室运用英国(VSS 公司)RGA-10 气体源质谱计测量氩同位素,该质谱计灵敏度为 $7.16\times10^{-15}\text{ mol/mV}$ (桑海清,2002),较详细的实验流程和方法请参阅有关文献(桑海清等,1996;王松山等,1985)。原始数据做到了时间零点、质量歧视、分馏效应、空白本底和 K、Ca、Cl 干扰同位素及 ^{37}Ar 放射性衰变校正; $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 比值和年龄误差以 1σ 计,测试结果见表 1。

由图 2 可以看出:六批叶沟 L-1 绢云母样品给出的 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 年龄谱图属于典型的平坦型,除占 ^{39}Ar 总量不到 4%的两个低温阶段(400℃、500℃)和最后一个高温阶段(1450℃)之外,其余 8 个中高温(600~1350℃)加热阶段获得的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 比值几乎相同,形成了十分理想、相连一致,且基本平直的坪年龄谱线,而且 ^{39}Ar 释放量高达 92%,坪区气体给出的坪年龄为(190.28±0.30) Ma。这些表明该坪年龄具有较高的可信度,它代表了绢云母的结晶时间,即六批叶沟金矿的成矿时代。两个低温视年龄偏大,可能因样品表面吸附的大气 ^{40}Ar 及样品在反应堆中发生的 ^{39}Ar 核反冲丢失所造成 $^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}$ 比值增大,从而视年龄加大;最后一个阶段给出的视年龄也偏大,是因为高温下实验系统中钨坩埚的残留本底贡献较大所致。另外,这 3 个温度阶段的 ^{39}Ar 析

表 1 L-1 绢云母样品 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 分阶段加热数据
Table 1 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ step heating data of L-1 sericite sample

加热阶段	$t/\text{℃}$	$(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{m}}$	$(^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{m}}$	$(^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{m}}$	$(^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{m}}$	$^{39}\text{Ar}_{\text{K}}/10^{-12}\text{ mol}$	$(^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}_{\text{K}})\pm1\sigma$	$^{39}\text{Ar}_{\text{K}}/\%$	$(t_{\text{a}}\pm1\sigma)/\text{Ma}$
1	400	21.003	0.0236	0.0846	0.0700	5.892	14.06±0.035	2.17	314.96±0.92
2	500	14.886	0.0151	0.0670	0.0597	9.163	10.42±0.018	3.38	238.57±4.92
3	600	10.775	0.0086	0.0517	0.0370	16.14	8.243±0.009	5.96	191.20±2.80
4	700	10.227	0.0068	0.0554	0.0335	20.41	8.225±0.008	7.53	190.79±2.68
5	800	9.5901	0.0049	0.0457	0.0299	28.30	8.146±0.007	10.4	189.05±2.55
6	880	9.0191	0.0028	0.0385	0.0227	48.48	8.176±0.006	17.9	189.71±2.47
7	960	9.4375	0.0041	0.0370	0.0264	55.67	8.213±0.007	20.5	190.53±2.54
8	1040	9.4155	0.0038	0.0475	0.0256	35.72	8.271±0.007	13.1	191.82±2.55
9	1250	9.5075	0.0045	0.0448	0.0261	30.62	8.172±0.007	11.3	189.63±2.54
10	1350	11.177	0.0102	0.0670	0.0383	13.59	8.170±0.010	5.02	189.59±2.86
11	1450	18.321	0.0273	0.0920	0.0647	6.773	10.27±0.274	2.50	235.29±6.61

注:①样品质量 $m=0.1368\text{ g}$;②照射参数 $J=0.013652$ 。

出率也极低(应汉龙等, 2002), 所以这 3 个视年龄不具有任何地质意义(桑海清等, 1996; 应汉龙等, 2002)。

图 3 是 L-1 绢云母等时线, 8 个点均落在直线上, 等时线计算采用全球通用方法, 即 York 方程 (York, 1969) 或改良 Tork 方程 (Mcdougall et al., 1999; Mahon, 1996) 进行处理, 等时线误差一般为 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 1%, $^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 1.5%。由图 3 可以看出, 直线截距与大气氩比值相比较, 在误差范围内完全一致, 反映出该样品出自非扰动体系, 未受后期热力作用影响, 即该样品保持了良好的 ^{40}K - $^{40}\text{Ar}^*$ 封闭体系, 既不含过剩 ^{40}Ar , 也没有 $^{40}\text{Ar}^*$ 的丢失。而绢云母 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 等时线给出的等时线年龄为 $t_i = (189.98 \pm 0.58) \text{ Ma}$, 与其坪年龄结果完全一致, 进一步证明了该测试成果是非常可靠的。

多数权威研究者提出判别非扰动体系年龄谱的准则是: ①具有 3 个以上相连一致的年龄坪, 并有超过 50% 的 ^{39}Ar 释放量; ② ^{39}Ar 析出量超过 50% 时,

能获得较好的高温坪; ③与坪对应的氩同位素可以构成良好的等时线, 其等时线年龄与坪年龄基本一致, 其截距值与大气氩比值相差不大(赵天灵等, 2002)。按此标准衡量, 六批叶沟金矿床绢云母 ^{40}Ar - ^{39}Ar 测年成果确属非扰动体系年龄谱, 其成果令人信服, 它揭示了六批叶沟金矿床的主要成矿时间是 190 Ma 前后。

4 结果讨论

(1) 本次测年样品的选择, 是在详细的野外工作和室内研究工作的基础上完成的, 所选用的绢云母样品对氩的保存性能较好, 抗后期地质作用干扰能力很强, 且矿石中的绢云母与金矿物属同一成矿作用生成, 因此, 测试所获绢云母年龄完全可以代表金矿(物)床的形成年龄。测试样品采集挑选严格、精细, 这无疑给获得可靠的测年结果奠定了坚实的基础。选用 ^{40}Ar - ^{39}Ar 快中子活化法测得绢云母坪年龄 $t_p = (190.28 \pm 0.30) \text{ Ma}$, 等时线年龄 $t_i = (189.98 \pm 0.58) \text{ Ma}$, 两种结果完全一致, 进一步证明了 ^{40}Ar - ^{39}Ar 快中子活化法定年的精准程度和可靠性。

(2) 溜河地区与夹皮沟地区毗邻, 成矿地质背景大同小异。虽然以往夹皮沟地区同位素测年成果较多, 但常规 K-Ar 法(130 余件)占测试样品总数 80% 以上, 大部分数据可靠程度较差, 且所测试的样品主要是各类岩石及其中的矿物(王义文, 1988), 矿石年龄样品寥寥无几。因此, 造成了夹皮沟地区金矿成矿时代大多是依据主要地质事件序列、岩体或脉岩与金矿体的关系等进行推测、判断, 其结果自然是众说纷纭, 争议颇多。六批叶沟金矿床主成矿时代的确定, 无疑会给关注夹皮沟地区金矿床成因及成矿时代的学者以新的启迪。

(3) 矿床北东 2 km 处是中生代的五道溜河岩体(三叠纪花岗岩)。按最新研究成果(刘大瞻等, 1994)称其为“五道溜河序列”岩浆岩, 由老至新分为辉石闪长岩、石英闪长岩、二长花岗岩和花岗岩 4 个单元, 该序列生成于晚三叠世, 演化时间为 202~192 Ma(锆石 U-Pb 法); 而金矿体赋存的夹皮沟—三道溜河北西向韧性剪切控矿构造带内, 常见辉绿玢岩、微晶(细粒)闪长岩、石英闪长岩等中基性脉岩类, 脉岩与金矿体密切伴生, 有的甚至成了金矿体的组成部分。表明矿区金矿化主要发生于中基性脉岩

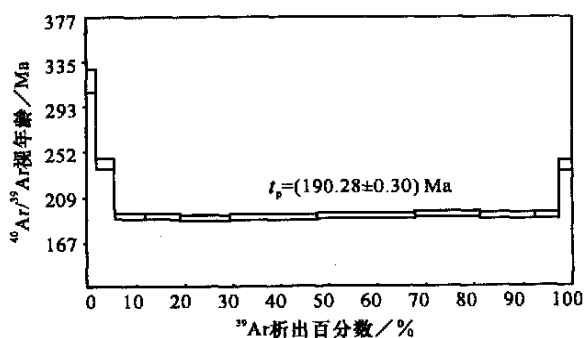


图 2 六批叶沟金矿绢云母 ^{40}Ar - ^{39}Ar 坪年龄谱图

Fig. 2 ^{40}Ar - ^{39}Ar plateau age spectra of sericite from the Liupiyegou gold deposit

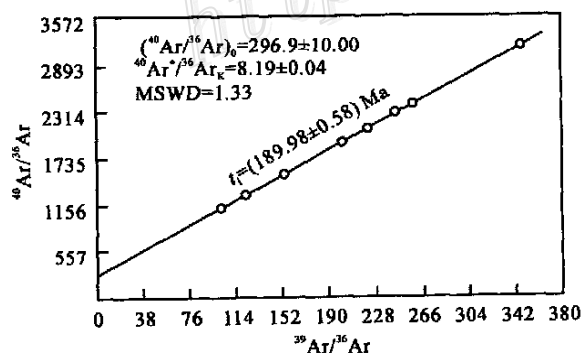


图 3 六批叶沟金矿绢云母 Ar-Ar 等时线图

Fig. 3 Ar-Ar isochron of sericite from the Liupiyegou gold deposit

表 2 金矿石与五道溜河序列岩石稀土元素地球化学参数及重要微量元素含量数据

Table 2 REE geochemical parameters and data of important trace elements in ores and rocks of Wudaoliuhe sequence

岩矿石(样号)	$w_B/10^{-6}$			$\Sigma Ce/\Sigma Y$	δEu	$(La/Yb)_N$	$(La/Sm)_N$	$w_B/10^{-6}$				
	LREE	HREE	ΣREE					Cu	Zn	Pb	Au	Ag
六批叶沟矿区												
块状金矿石(X8)	70.84	14.18	85.02	5.0	0.60	18.55	3.07	434	3661	3777	70.7	44.0
稠密浸染状矿石(X10)	15.14	2.45	17.59	6.18	0.90	25.94	5.90	1880	21349	24822	61.6	240.0
五道溜河序列												
花岗岩(XPD2)	71.8	14.07	85.87	5.10	0.58	12.47	5.19	6.59	12.76	16.71	-	0.11
二长花岗岩(XPD1-21)	77.80	8.87	86.67	8.77	0.56	24.14	6.82	6.62	19.53	18.9	-	0.23
石英闪长岩(XPo336-2)	71.97	20.16	92.13	8.46	0.73	14.29	2.69	16	30	17	-	0.1
辉石闪长岩(XPo308-1)	62.51	7.39	69.90	4.76	0.74	35.09	4.76	50.0	96.0	67.0	-	0.72

注:稀土元素测试工作由国家地质实验测试中心完成,稀土元素地球化学参数由笔者计算。矿石微量元素由吉林大学测试科学实验中心完成。其余引自 1/5 万区域地质调查报告杨树河子幅、金银别幅(1991)。“-”为未测。

侵位之后,与本次定年结果可互为印证。由表 2 可以看出,五道溜河序列岩石与矿区矿石的稀土元素含量很低($\Sigma REE < 100$),均属轻稀土富集,重稀土亏损型,矿石 $\delta Eu = 0.60 \sim 0.90$,五道溜河序列岩石 $\delta Eu = 0.56 \sim 0.74$,均显示为负异常,属弱亏损型(王中刚等,1989),两者具有相似或较一致的稀土元素特征。而微量元素的含量,尤其是五道溜河序列的二长花岗岩,Ag 元素含量较高,是该类岩石平均值(维诺格拉多夫,1962,转引自武汉地质学院,1979)的 4.16 倍,这可能是矿石中含银较多的原因之一。据中国地质科学院矿产资源研究所测试的矿石硫同位素结果(8 件)统计, $\delta^{34}S$ 为 2.6‰~5.2‰,变化范围较小,说明矿区硫同位素组成比较均一;应属同岩浆源或酸性侵入岩范围(格里年科,1980)。依据上述数据,虽然不能肯定五道溜河岩体是六批叶金矿床的“成矿母岩”,但可称其为“成矿同源岩”(刘连登,1987)。根据以上事实分析,六批叶沟金矿床是在五道溜河序列演化至晚期阶段形成的,这可为解释矿床成因,确定成矿物质来源和矿床形成的地质条件提供依据。

(4) 依据本次绢云母 $^{40}Ar-^{39}Ar$ 快中子活化法测年结果,锁定六批叶沟金矿床主要成矿年代是 190 Ma 左右,属中生代早侏罗世的燕山早期。

References

- Cheng Y M. 1993. Criteria predication of the metallogenic perspective of the granite-green rocks belt in China[J]. Gold Sci. & Techn., 1 (3): 12~19(in Chinese with English abstract).
- Dong D G. 1986. Criterid for ore prospecting and distribution condition of ore-body of the Jiapiougou gold ore-belt[J]. Jilin Geol., (4): 58~69(in Chinese with English abstract).
- Dong D G, Kang B and Bo J R. 2001. Study on the metallogenic age of the concentrating zone in Jiapiougou gold deposit[J]. Gold Geol., (1): 1~5(in Chinese with English abstract).
- Hou S H. 2003a. The Au metalizing types, and ore-control factors in the Liuhe area, Jilin Province and the direction for ore prospecting[J]. Jilin Geol., 22(2): 20~26(in Chinese with English abstract).
- Hou S H. 2003b. Geologic features of the Liupiyegou gold-bearing shear zone, Jilin[J]. Mineral Resources & Geology, 17(5): 589~593 (in Chinese with English abstract).
- Li J J and Shen B F. 1996. The metallogenic age of the Jiapiougou gold deposit, Jilin[J]. Acta Geologica Sinica, 70(40): 335~341(in Chinese with English abstract).
- Liu D Z, Qu S, Liu Y W, et al. 1994. Establishment of the Wudaoliuhe stratigraphic sequence and its geological significance[J]. Jilin Geol., 13(1): 51~58(in Chinese with English abstract).
- Liu J H. 1989. The form age of the gold deposits in the Jiapiougou-Jichengdong green-granite belt[J]. Jilin Geol., (4): 58~69(in Chinese with English abstract).
- Liu L D. 1987. Discuss the cause of formation of the main nervation gold deposits in China[J]. J. Changchun Geol. Univ., 17(4): 328~333(in Chinese with English abstract).
- Mahon K I. 1996. The new "York" regression: Application of an improved statistic method to geochemistry[J]. Int. Geol. Rev., (38): 293~303.
- McDougall I and Harrison T M. 1999. Geochronology and thermochronology by the $^{40}Ar/^{39}Ar$ method[M]. New York: Oxford Univ. Press. 134~136.
- Sang H Q and Wang S S. 1996. $^{40}Ar/^{39}Ar$ ages of the pyroxene, hornblende, plagioclase in Jidong and its geological significance[J]. Acta Petrologica Sinica, 12(3): 390~400(in Chinese with English abstract).
- Sang H Q. 2002. The improvement of the RGAl0 mass spectrograph and the application in the isotope dating of K-Ar, Ar-Ar[J]. J. Chinese Mass Spectrometry Society, 23(4): 241~247(in Chinese).

- with English abstract) .
- Shen B F, Luo H, Li S B, et al. 1994. Geology and mineralization of the Archaean green rock belt of the north China platform[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1 ~ 202(in Chinese) .
- Shen B F, Li J J, Mao D B, et al. 1998. Metallogenic predication and geology of the Jiapigou gold deposit, Jilin[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1 ~ 175(in Chinese) .
- Sun S L. 1992. Study on the deformation, metamorphosis, distribution of the Archaean rocks in Jiapigou, Jilin[J]. Jilin Geol., (2) : 61 ~ 70(in Chinese with English abstract) .
- Sun X M, Xu K Q, Ren Q J, et al. 1996. The rule of the matter component and reaction between water and rock in the deformation of the bearing shear belt in Jiapigou gold belt[J]. Mineral Deposits, 15 (4) : 308 ~ 317(in Chinese with English abstract) .
- Wang S H, Sang H Q, Hu S L, et al. 1985. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating in the application of the 49-2 reactor and the geological significance of the age-chart of the hornblende in the Qianan Caozhuang Groups[J]. Acta Petrologica Sinica, 2(3) : 34 ~ 44(in Chinese with English abstract) .
- Wang Y W. 1988. The three stages evolution model of Pb-isotope in the ore-rock of the Jiapigou gold belt[J]. Precious Metallic Geology, (3-4) : 167 ~ 174(in Chinese with English abstract) .
- Wang Z G, Yu X Y, Zhao Z H, et al. 1989. The REE geochemistry [M]. Beijing: Science Press. 76 ~ 246(in Chinese) .
- Wu S Q. 1991. Dating methods of $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ of the Jiapigou gold deposit in Jilin[J]. Mineral Deposits, 10(4) : 349 ~ 358(in Chinese with English abstract) .
- Wuhan College of Geology. 1979. Geochemistry[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 31 ~ 57(in Chinese) .
- Ying H L and Liu B G. 2002. The $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages of the gold quartz vein in Fengyang and Zhangbaling and its geological significance[J]. Mineral Deposits, 21(3) : 240 ~ 245(in Chinese with English abstract) .
- York D. 1969. Least squares-fitting of a straight line with correlated errors[J]. Earth Planet. Sci. Lett., 5 : 320 ~ 324 .
- Yu Q Y. 1987. Discuss the cause of formation of the granite thermal-fluid in the Jiapigou gold deposit[J]. J. Changchun Geol. Univ., 17(1) : 40 ~ 46(in Chinese with English abstract) .
- Yuan H H. 1987. Geologic age of isotope [M]. Chongqing: Chongqing Univ. Pub. House. 79 ~ 93(in Chinese) .
- Zhao T L, Yang J Z and Shen Y C. 2002. Study on the dating methods of isotope geology[J]. Geology & Prospecting, 38(2) : 63 ~ 67(in Chinese with English abstract) .
- Гриненко В А. 1980. Zhao R, translated. Sulfur isotope geochemistry [M]. Beijing: Science Press. 122 ~ 146 .
- 程玉明. 1993. 我国花岗岩-绿岩带型金矿成矿远景的预测标志[J]. 黄金科学技术, 1(3) : 12 ~ 19 .
- 董第光. 1986. 夹皮沟金矿带盲矿体赋存条件及找矿标志[J]. 吉林地质, (4) : 58 ~ 69 .
- 董第光, 亢彬, 薄继荣. 2001. 夹皮沟金矿集中区成矿时代研究[J]. 黄金, (1) : 1 ~ 5 .
- 侯树桓. 2003a. 吉林溜河地区金矿化类型、控矿因素及找矿方向[J]. 吉林地质, 22(2) : 20 ~ 26 .
- 侯树桓. 2003b. 吉林六批叶沟含金剪切带地质特征[J]. 矿产与地质, 17(5) : 589 ~ 593 .
- 李俊建, 沈保丰. 1996. 吉林夹皮沟金矿成矿时代的研究[J]. 地质学报, 70(40) : 335 ~ 341 .
- 刘大瞻, 曲森, 刘跃文, 等. 1994. 五道溜河序列的建立及地质意义[J]. 吉林地质, 13(1) : 51 ~ 58 .
- 刘劲鸿. 1989. 吉林省夹皮沟-金城洞花岗绿岩带中金矿床的形成时代[J]. 吉林地质, (4) : 58 ~ 69 .
- 刘连登. 1987. 论中国最主要脉状金矿床的成因[J]. 长春地质学院学报, 17(4) : 328 ~ 333 .
- 桑海清, 王松山. 1996. 冀东太平寨麻粒岩中的辉石、角闪石、斜长石的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄及其地质意义[J]. 岩石学报, 12(3) : 390 ~ 400 .
- 桑海清. 2002. RGA10 质谱计的改进及在 K-Ar、Ar-Ar 同位素定年中的应用[J]. 质谱学报, 23(4) : 241 ~ 247 .
- 沈保丰, 骆辉, 李双保, 等. 1994. 华北陆台太古宙绿岩带地质及成矿[M]. 北京: 地质出版社. 1 ~ 202 .
- 沈保丰, 李俊建, 毛德宝, 等. 1998. 吉林夹皮沟金矿地质与成矿预测[M]. 北京: 地质出版社. 1 ~ 175 .
- 孙胜龙. 1992. 吉林省夹皮沟太古代岩石分布及变质、变形作用研究[J]. 吉林地质, (2) : 61 ~ 70 .
- 孙晓明, 徐克勤, 任启江, 等. 1996. 夹皮沟金矿带韧性剪切变形中的水岩反应及物质组分变化规律[J]. 矿床地质, 15(4) : 308 ~ 317 .
- 王松山, 桑海清, 胡世铃, 等. 1985. 应用 49-2 反应堆进行 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年及迁安曹庄群斜长角闪岩年龄谱的地质意义[J]. 岩石学报, 2(3) : 34 ~ 44 .
- 王义文. 1988. 夹皮沟金矿带矿石铅同位素的三阶段演化模式[J]. 贵金属地质, (3 ~ 4) : 167 ~ 174 .
- 王中刚, 于学元, 赵振华, 等. 1989. 稀土元素地球化学[M]. 北京: 科学出版社. 76 ~ 246 .
- 吴尚全. 1991. 吉林夹皮沟金矿床含金石英 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 快中子活化年龄测定[J]. 矿床地质, 10(4) : 349 ~ 358 .
- 武汉地质学院. 1979. 地球化学[M]. 北京: 地质出版社. 31 ~ 57 .
- 应汉龙, 刘秉光. 2002. 安徽凤阳和张八岭地区含金石英脉的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄及其地质意义[J]. 矿床地质, 21(3) : 240 ~ 245 .
- 于清义. 1987. 论夹皮沟地区金矿床的花岗岩浆热液成因[J]. 长春地质学院学报, 17(1) : 40 ~ 46 .
- 袁海华. 1987. 同位素地质年代学[M]. 重庆: 重庆大学出版社. 78 ~ 93 .
- 赵天灵, 杨金中, 沈远超. 2002. 同位素地质学定年方法论述[J]. 地质与勘探, 38(2) : 63 ~ 67 .

附中文参考文献

B.A. 格里年科. 1980. 赵瑞, 译. 硫同位素地球化学[M]. 北京: 科学出版社. 112 ~ 146 .

^{40}Ar - ^{39}Ar Fast Neutron Activation Dating Method for Sericite from Liupiyegou Gold Deposit, Jilin Province

Hou Shuhuan¹ and Sang Haiqing²

(1 Jilin Institute of Geological Exploration for Nonferrous Resources, Changchun 130021, Jilin, China;

2 Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China)

Abstract

Sericites formed at the same stage as ores in the Liupiyegou gold deposit were used as samples. Using the ^{40}Ar - ^{39}Ar fast neutron activation dating method, the authors got 8 concave and middle-high temperature age charts [$t_p = (190.28 \pm 0.30) \text{ Ma}$], which are connected, consistent and in accord with the Ar isotope isochron age $(189.98 \pm 0.58) \text{ Ma}$. The intercept of the isochron is $(296.9 \pm 10.00) \text{ Ma}$, which is well consistent with the data of atmospheric Ar (295.5 Ma) . It is shown that the samples were collected from a system which had not been subjected obviously to the influence of later thermodynamic action. The metallogenic age is 190 Ma, thus belonging to Jurassic.

Key words: geochemistry, sericite, ^{40}Ar - ^{39}Ar fast neutron activation dating, dating method, Liupiyegou gold deposit, Jilin

中澳签署重大铁矿石交易

据预测,2005 年中国钢产量将增长 18%,达到 2.9 亿吨。中国最近已成为世界最大的铁矿石进口国,进口量约占世界海上矿石贸易的 1/3。

中国大型钢铁厂武汉钢铁集团公司(武钢)与西澳大利亚铁矿集团的矿物私人有限公司(矿物公司)签订了一笔重要的交易。

矿物公司总裁兼工程公司国际矿物私人有限公司(以下简称国际矿物)Clive F Palmer 教授 2004 年 10 月 20 日在上海透露:“国际矿物已与武钢以及另一方签署了谅解备忘录。”Palmer 教授表示:“国际矿物将于 25 年内每年向中国出售精矿产品 500 万吨。该项目每年将生产 700 万吨优质铁矿石,其中 500 万吨卖至中国。该项目铁矿石的销售额预计超过 200 亿澳元,是迄今为止澳大利亚最大的一笔铁矿石出口合同。”Palmer 教授还表示:“根据计划,中国方面在国际矿物拥有的股份仅稍低于 50%,国际矿物因此不计划为开发这一项目而额外增加股份。”

国际矿物的公司秘书 Liam Scanlan 称:“此次投入国际矿物股份的可预见资本,在海外企业投资获得西澳洲铁矿石的单个项目中,是最大规模的一笔投资。”他表示:“国际矿物的铁矿石产品质量较西澳现有厂家的产品高许多。国际矿物的铁矿砂含铁量高达 70%,而杂质极低。”

国际矿物已探明铁矿石储量并完成工程研究报告,根据计划将于 2005 年开始施工,有望于 2007 年后投产。项目预计造价 18 亿澳元,将采用大规模露天开采的方式开采位于西澳洲 Pilbara 地区 Dampier 以南 80 km 外的 George Palmer 矿体,该矿体是澳洲鳞磁铁矿脉的一部分。已探明 George Palmer 矿体的铁矿石储量超过 8 亿吨。根据 George Palmer 矿体的规模,预计最后的矿坑将为长 2.5 km、宽 0.51 km、深约 200 m 的大坑。

(美国安可顾问有限公司北京代表处 供稿)