

吉林六批叶沟金矿床流体包裹体研究

张文博, 侯树桓

(吉林省有色金属地质勘查局, 长春 130021)

[摘要]通过对金矿石石英内的原生、假次生包裹体的系统研究, 查明流体包裹体主要是 NaCl-H₂O 型, 其次是 CO₂ 型。测温结果显示成矿流体温度为 100℃~352℃; 盐度($\omega(\text{NaCl})$) = 0.88%~8.55%, 密度为 0.356~0.997 g/cm³, 估算成矿压力为 48.83~71.29 MPa, 成矿深度为 1.62~2.34 km, 属中深中温热液金矿床。成矿流体液相成分富含 Na⁺、K⁺、Cl⁻、SO₄²⁻ 及少量 Mg²⁺ 和 F⁻; 气相成分以 H₂O 为主, 其次是 CO₂ 和少量的 CH₄、C₂H₆、N₂ 及微量的 H₂S 和 Ar。依据成矿流体 Na⁺/K⁺ = 1.32、Na⁺/(Ca²⁺ + Mg²⁺) = 100.61 以及矿床与侵入体的关系进行判定, 成矿流体主要来源于初始混合岩浆水, 并有变质水及大气降水叠加。

[关键词] 流体包裹体 成矿流体 六批叶沟金矿床 吉林

[中图分类号] P618.51 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2006)04-0036-05

六批叶沟金矿床位于吉林省桦甸市境内的溜河地区, 北距中外闻名的夹皮沟金矿仅 15 km, 其中心地理坐标为东经 127°32'15", 北纬 42°44'10"。该矿床产于中太古宙高级变质区, 属受韧—脆性剪切带控制的蚀变岩型金矿床。文章从研究矿床流体包裹体入手, 结合矿床地质特征, 对区内成矿流体特征提出初步认识。

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台区内侧, 区内花岗质岩石(TTG)占太古宇出露面积 80% 以上, 常见奥长花岗岩(2537 Ma, 锆石 U-Pb)^[1]、英云闪长岩、花岗闪长岩以及二长花岗岩(2457 Ma, 锆石 U-Pb)^[1]、花岗岩、钾长花岗岩; 其次是黑云(角闪)斜长片麻岩(2971 Ma, Rb-Sr)^[1]、黑云二长片麻岩等。时代最老(3000 Ma~3400 Ma)^[1]、规模较小、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、暗色麻粒岩及角闪磁铁矿石岩等。区内显生宙的盖层稀少, 仅局部见下白垩世酸性熔结凝灰岩、砂砾岩及第四纪玄武岩等。以二长花岗岩(192 Ma, 锆石 U-Pb)^[1] 为主的三叠纪花岗岩, 呈岩株状产于矿区的北东部和南西侧。区域内构造发育, 主要是 NW、NE 和 EW 等

方向不同、性状各异的各种断裂构造; 尤其是 NW 向韧—脆性剪切构造带, 它是夹皮沟金矿田主要控矿构造的南东延长部, 也是矿区内最重要的控矿构造。

六批叶沟蚀变岩型金矿床赋存于区域 NW 向韧—脆剪切带的南东段(图 1), 矿体围岩主要是花岗质碎粒(斑)岩、碎粉岩、糜棱岩等构造岩类以及细粒(微晶)闪长岩、石英闪长岩、辉绿玢岩等中性脉岩。矿床由 9 条金矿体组成, 其产状与剪切构造带基本一致, 走向 320°~330°, 倾向 SW、倾角 75°~85°; 矿体地表延长数十米至数百米, 水平厚度 0.~14.40 m。矿体与围岩多为渐变关系, 一般含 Au (1.0~82.0) × 10⁻⁶, 主矿体平均品位 Au 8.27 × 10⁻⁶, Ag 22.32 × 10⁻⁶。主要含金矿物为银金矿和含银自然金, 平均成色为 769‰。矿石构造主要有浸染状、细脉网脉状、角砾状、块状等; 常见晶质不等粒结构、压碎结构及交代结构等。矿化蚀变主要有硅化、绢云母化、钾化、黄铁矿化、方铅矿化、黄铜矿化、绿泥石化、高岭土化、碳酸盐化等。依据金矿床矿物共生组合及生成顺序, 从早到晚可划分为 (I) 石英—黄铁矿阶段、(II) 石英—多金属硫化物阶段、(III) 石英—碳酸盐阶段, 金矿化主要集中在 I、II 两个阶段。目前已在矿区大架矿段探获金资源量 8886 kg (122b + 2S22 + 333), 其中 2-1、2-2

[收稿日期] 2006-03-29; **[修订日期]** 2006-06-05; **[责任编辑]** 韩进国。

[第一作者简介] 张文博(1967 年—), 男, 1996 年毕业于原长春地质学院, 获硕士学位, 高级工程师, 现主要从事地质勘查、矿床勘探、矿产技术经济评价等方面的研究及管理工作。

号矿体占已探明资源量 80% 以上。继续勘查,有望达到大型金矿规模。

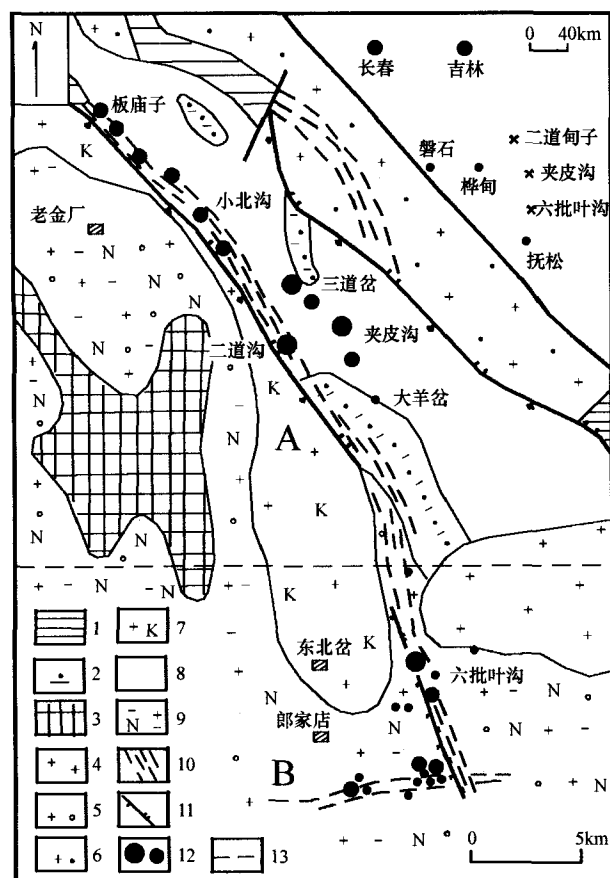


图1 溜河—夹皮沟地区地质构造及金矿床分布简图

1—新元古界色洛河岩群(变质碎屑岩、大理岩);2—晚太古宙表壳岩;3—中太古宙表壳岩;4—三叠纪花岗岩;5—寒武纪花岗岩;6—震旦纪花岗岩;7—晚太古宙钾质花岗岩;8—晚太古宙长英质片麻岩;9—中太古宙长英质片麻岩;10—糜棱岩带;11—断裂(带);12—金矿床、金矿点;13—A、B 区界线;A—夹皮沟地区;B—溜河地区

2 流体包裹体研究

2.1 样品采集及研究方法

为探讨六批叶沟金矿成矿流体来源、物质成分及其演化规律,笔者选择矿区 579m、571m、539m 3 个中段以及 ZK21(447m)、ZK30(97m)穿矿部位取样,8 件样品分别取自 2-1、2-2、2-5 号等矿体内,上述新鲜原生样品涵盖了矿区热液期 3 个成矿阶段,样品具有良好的代表性。

石英是矿石中最常见的透明矿物,它与金矿物紧密共生,发育较多的流体包裹体。按石英产出特征划分为早、中、晚 3 个阶段:Ⅰ阶段发育早期烟灰色石英,Ⅱ阶段发育早期和中期(灰白色)石英,Ⅲ阶段发育晚期石英(呈乳白色及晶簇状)和方解石

(细)脉。

包裹体显微测温由中国科学院矿产资源所完成,测试仪器是法国产 CHAIXMECA 显微冷热台,温度范围为 $-180^{\circ}\text{C} \sim +600^{\circ}\text{C}$,精度 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。气相成分分析所用仪器为日本产 RG202 四级质谱仪。基本方法是利用群体包裹体热爆释放气体,收集气体进行测定,仪器精度 $<5\%$ 。液相成分分析采用国产苏晖 9442 型原子吸收光谱仪,美国 DIONEX 公司产 2120i 型离子色谱仪。主要工作方法是样品洗净后,经研磨或热爆水浸取,浸取液利用 AAS、HPIC 法测定阴、阳离子。

2.2 流体包裹体类型及特征

通过对样品薄片的观测,发现与金矿化密切相关的烟灰色石英晶粒中包裹体比较发育,单体较大,种类及数量也较多;而低品位金矿石中的石英呈灰白色,包裹体发育程度较差,种类、数量较少,个体较小,尤其是无矿乳白色的石英,仅见类型单一、个体很小的包裹体。依据石英包裹体室温下相态特征和化学组成,把包裹体归纳为以下几种类型:

2.2.1 气液两相包裹体

此类包裹体常温下呈液相和气相两相,且以液相为主。见于矿区各成矿阶段,但在早、中期(Ⅰ、Ⅱ)矿化阶段较发育,约占包裹体总量 80% 以上,气液比在 5% ~ 40% 之间,多数为 10% ~ 20%;其长轴在 $4 \sim 48\mu\text{m}$,多数为 $6 \sim 18\mu\text{m}$ 。包裹体形态多呈负晶状、浑圆状、椭圆状等,成群分布或沿晶粒内线状愈合裂隙分布;而成矿期后所形成的石英,一般仅见少量个体较小的气液两相包裹体,其形态常为椭圆状、圆粒状或不规则状,气液比为 1% ~ 13%,多数为 10% 左右,其长轴为 $4 \sim 12\mu\text{m}$,多数在 $5 \sim 7\mu\text{m}$ 之间,呈放射状或平行线状分布于石英中。

2.2.2 CO_2 三相包裹体

此类包裹体主要见于早期成矿阶段的石英晶体中,数量较少,约占包裹体总数的 7%。

CO_2 三相包裹体在室温下由 CO_2 (气相) + CO_2 (液相) + ($\text{H}_2\text{O} + \text{NaCl}$) (液相) 组成。气液比在 15% ~ 85% 之间,一般为 20% ~ 60%;其形态多为负晶状、椭圆状或浑圆状等,长轴一般为 $9 \sim 30\mu\text{m}$,多数在 $12 \sim 18\mu\text{m}$ 之间,常沿石英晶体内愈合裂隙分布。

2.2.3 液相包裹体

室温下为单一液相,数量较少,约占包裹体总数的 10%。其大小、形状、分布状态等均与气液两相包裹体类似,但未作详细研究。

2.2.4 气相包裹体

属 CO_2 型包裹体,常温下为单一气相,数量很

少,分布局限,仅见于少数高品位金矿石(即 I 阶段)的石英晶体内,常见其与 CO_2 三相包裹体相伴产出。但未作详细研究,其物理化学性质不明。

2.3 流体包裹体显微测温及相关参数估计

镜下观察六批叶沟金矿区 8 件薄片,在 6 件薄片的石英晶体内共测量 118 个原生、假次生包裹体,

其中气液两相包裹体 110 个, CO_2 三相包裹体 8 个(其中有两个包裹体未测出 CO_2 相均一于 H_2O 的温度)。使用显微冷热台等仪器测定包裹体的相变温度,估算出成矿流体被捕获时的温度、盐度、密度、压力及成矿深度等。根据显微测温进行统计和计算(见表 1),总结矿区成矿流体物理化学条件特点如下:

表 1 六批叶沟金矿床成矿流体演化主要参数一览表

样号	矿石类型	成矿阶段	主矿物	包裹体类型	均一温度 平均值/℃	冰点 /℃	盐度 ($\omega(\text{NaCl})$)/%	密度 /(g/cm^3)	流体压力 /MPa	成矿深度 /km
W9	条带状高品位金矿石	I	石英	A、B、C、D	$\frac{169 \sim 352}{266}$	-3.29	5.75	0.356 ~ 0.940	71.29	2.34
W7	块状、稠密浸染状金矿石	II	石英	A、B	$\frac{169 \sim 260}{218}$	-3.60	5.77	0.833 ~ 0.881	58.81	1.95
W8	块状、稠密浸染状金矿石	II	石英	A、C、D	$\frac{125 \sim 313}{207}$	-3.14	5.77	0.856 ~ 0.979	55.64	1.91
W3	块状、稠密浸染状金矿石	II	石英	A、B、C	$\frac{135 \sim 294}{214}$	-3.73	6.03	0.814 ~ 0.971	57.77	1.91
W4	低品位金矿石	II	石英	A、B、C	$\frac{135 \sim 299}{221}$	-1.42	2.39	0.734 ~ 0.887	55.62	1.85
W5	无矿硅化石英(岩)	III	石英	A、C	$\frac{100 \sim 270}{181}$	-3.43	5.61	0.892 ~ 0.997	48.83	1.62

1) 显微测温统计结果(图 2)显示,石英气液两相包裹体均一温度变化较大,最低为 100°C , 最高为 352°C , 集中分布于 $180^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$, 大体显示出 3 个峰值范围, 即 $360^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$ 、 $300^\circ\text{C} \sim 180^\circ\text{C}$ 、 $180^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$ 。上述 3 个峰值范围与矿区早、中、晚 3 个成矿阶段大体上相互对应。

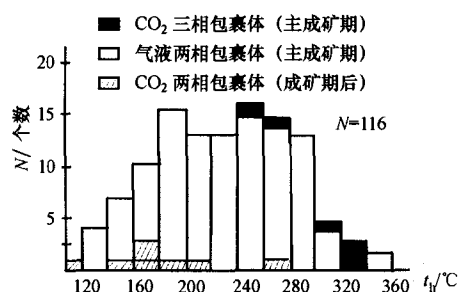


图 2 六批叶沟金矿床石英包裹体均一温度直方图

2) CO_2 三相包裹体均一于水的温度为 $239.5^\circ\text{C} \sim 336^\circ\text{C}$, 但主要集中于 $319^\circ\text{C} \sim 336^\circ\text{C}$, CO_2 部分均一于液相的温度为 $17.1^\circ\text{C} \sim 28.4^\circ\text{C}$, 均一到气相的温度为 $29.1^\circ\text{C} \sim 31.3^\circ\text{C}$, 在冷冻到 -57.6°C 时, 出现 CO_2 三相点, 略低于纯净 CO_2 三相点 (-56.6°C) 温度, 说明包裹体内除 CO_2 外, 亦有少量的 CH_4 、 C_2H_6 、 N_2 、 H_2S 等挥发性气体组分。

3) 根据 $\text{NaCl}-\text{H}_2\text{O}$ 体系的盐度计算公式^[2-3]: $S = 1.78t - 0.442t^2 + 0.000557t^3$ (式中: S —盐度($\omega(\text{NaCl})$), 单位%; t —冰点温度, 单位 $^\circ\text{C}$), 求得六批叶沟金矿床成矿流体盐度变化范围为 $0.88\% \sim$

8.55% , 但主要集中于 $5.11\% \sim 6.88\%$ 之间。

4) 大量气液两相包裹体的存在, 表明该区流体主要是 $\text{NaCl}-\text{H}_2\text{O}$ 体系, 而成矿早期 CO_2 三相包裹体的出现, 则说明此区早期成矿阶段除 $\text{NaCl}-\text{H}_2\text{O}$ 体系外, 尚存在 $\text{CO}_2-\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$ 或 $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ 体系的流体。

根据包裹体测温数据及推算的盐度, 利用刘斌等(1987)的经验公式: $\rho = a + bt + ct^2$ (a 、 b 、 c 均为无量纲参数) 计算出流体密度。结果(表 1)表明, 六批叶沟金矿流体密度范围为 $0.356 \sim 0.997 \text{g}/\text{cm}^3$, 平均 $0.797 \text{g}/\text{cm}^3$ 。

5) 运用邵洁连(1988)流体压力经验公式: $P = P_0 t_h / t_0$ ($P_0 = 219 + 2620 w(\text{NaCl})$, $t_0 = 374 + 920 w(\text{NaCl})$, t_h : 均一温度, $w(\text{NaCl})$: 盐度) 求得流体成矿期的压力为 $55.62 \sim 71.29 \text{MPa}$, 成矿期后的压力为 48.83MPa 。若按静岩压力 $3.3 \text{km}/10^8 \text{Pa}$ 进行成矿深度估算, 六批叶沟金矿床的成矿深度大致在 $1.62 \sim 2.34 \text{km}$ 之间。

2.4 包裹体群气相成分测试结果

由分析结果(表 2)可以看出, 流体包裹体气相成分以 H_2O 、 CO_2 为主, 含少量 CH_4 、 C_2H_6 、 N_2 及微量的 H_2S 和 Ar 。其中 H_2O 的含量占绝对优势, CH_4 等还原性气体种类少, 含量低, 导致氧化还原参数值 ($0.034 \sim 0.121$) 也较低; 反映出成矿流体具有较弱的还原性。

把成矿期与成矿期后包裹体气相成分进行比

表2 六批叶沟金流体包裹体气相成分分析结果及主要特征值

样品号	测试矿物	期次	H ₂ O	CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	H ₂ S	N ₂	Ar	CO ₂ /H ₂ O	CH ₄ /CO ₂
BT1	石英	成矿期	95.090	2.954	0.356	0.730	0.015	0.792	0.063	0.031	0.121
BT2	石英	成矿期	95.172	3.357	0.250	0.532	0.012	0.616	0.062	0.035	0.074
BT3	石英	成矿期	96.331	2.588	0.121	0.386	0.009	0.538	0.026	0.027	0.047
BT4	石英	成矿期	93.840	4.510	0.202	0.558	0.015	0.835	0.041	0.048	0.045
BT6	石英	成矿期	94.948	3.218	0.291	0.779	0.030	0.669	0.064	0.034	0.090
BT7	石英	期后	96.436	2.724	0.094	0.268	0.010	0.452	0.016	0.028	0.034

测试单位:中国地质科学院矿产资源研究所,陶恭益、陈伟才,2003。

较,除 H₂O 略有上升之外,其余 6 种气相组分均呈下降态势,这种现象表明,随着流体内的化学反应不断进行,温度、压力等物理、化学条件也在不断变化,气相组分或参与化学反应,或逃逸,因而导致其含量降低。而气相 H₂O 在成矿期后略有增加,也符合热液矿床的成矿规律。

2.5 包裹体群液相成分测试结果

测试结果(表3)表明,包裹体液相成分以 Na⁺、K⁺、Cl⁻、SO₄²⁻ 为主,其次为 Mg²⁺、F⁻,而 Ca²⁺ 仅为痕量,未检测出 NO₃⁻、PO₄³⁻、Br⁻ 等。说明成矿流体属富含 Na⁺、K⁺、Cl⁻、SO₄²⁻ 及少量 Mg²⁺、F⁻ 的热液

表3 六批叶沟金矿床流体包裹体液相成分分析结果及特征值

样品号	测试矿物	期次	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺ /K ⁺	Na ⁺ /(Ca ²⁺ + Mg ²⁺)	F ⁻ /Cl ⁻
BT1	石英	成矿期	3.624	1.494	痕量	0.237	0.243	7.131	0.479	2.426	15.291	0.034
BT2	石英	成矿期	7.255	7.956	痕量	0.414	0.265	9.725	2.088	0.912	17.524	0.027
BT3	石英	成矿期	3.063	2.971	痕量	0.202	0.291	7.954	1.436	1.031	15.163	0.037
BT4	石英	成矿期	8.503	12.336	痕量	0.196	0.191	9.744	1.503	0.689	43.383	0.020
BT6	石英	成矿期	3.861	32.369	痕量	0.017	0.541	7.079	1.453	0.119	227.118	0.076
BT7	石英	期后	11.978	4.334	痕量	0.042	0.265	14.737	2.088	2.764	285.190	0.018

注:NO₃⁻、PO₄³⁻、Br⁻ 分析结果全部为“0”;测试单位:中国地质科学院矿产资源研究所,陶恭益、陈伟才,2003。

溶液,具有较强的溶解成矿物质的能力。

氯离子含量占阴离子总量的 78%~91%,表明成矿流体中的络合物是以金氯络合物为主;而成矿期后流体 Na⁺、Cl⁻、SO₄²⁻ 呈上升趋势,K⁺、Mg²⁺、F⁻ 呈下降态势,是成矿流体运移过程中,由于物理、化学条件的改变,使金络合物离解的结果,矿体中常见的金与黄铁矿、多金属硫化物等共生,并有钾化、绢云母化等蚀变现象,则是上述特点最佳的诠释。

3 问题讨论

气液包裹体是成矿流体遗留并保存至今的样品,因此它是探讨成矿流体来源、物质成分、运移、卸载等成矿机理最直接的证据。尽管此次研究流体包裹体的数量有限,获取的成矿流体信息未必能全面地反映出六批叶沟金矿成矿机理,但对于探讨该区成矿流体基本特征,仍具有十分重要的意义。

3.1 成矿流体的基本特征

六批叶沟金矿床中的石英包裹体,以气、液两相占绝大多数,虽然见有少量的 CO₂ 三相包裹体和极少数的气、液单相包裹体,但未见含子矿物的包裹体;虽然矿区包裹体成分比较复杂,但均以 H₂O 为主,其余组分含量较低,表明矿床的形成是以热液作用为主。

六批叶沟金矿床成矿温度变化较大,为 100℃~352℃。石英-黄铁矿阶段(Ⅰ)均一温度为 300~352℃,石英-多金属硫化物阶段(Ⅱ)均一温度为 180℃~300℃,石英-碳酸盐阶段(Ⅲ)均一温度为 100℃~180℃。在成矿作用早期阶段(Ⅰ),含矿流体以低密度(0.356~0.940g/cm³)为特征;在成矿中期阶段(Ⅱ),流体密度为 0.734~0.979g/cm³;流体演化至晚期阶段(Ⅲ),其密度为 0.892~0.997g/cm³(表1)。显示出成矿流体从早期至晚期,随着温度逐渐降低,密度总体上呈增大态势,但流体盐度变化规律不明显,呈现早、晚阶段(Ⅰ、Ⅲ)盐度较高,中期阶段(Ⅱ)盐度略低,可能是成矿中期阶段有大气降水混入所致。

3.2 成矿流体的来源

3.2.1 流体成分的特征比值

流体包裹体液相成分主要是 Na⁺、K⁺、Mg²⁺、Cl⁻、SO₄²⁻ 和 F⁻,气相成分主要是 H₂O、CO₂ 等,按 Roedder(1972)等一些学者用成矿热液中的某些组分含量及比值来判定成矿流体的来源及成因,认为岩浆热液的 Na⁺/K⁺ 一般<1,现在大多数学者认为<2、Na⁺/(Ca²⁺ + Mg²⁺)>4 时为典型岩浆成因;而 Na⁺/K⁺>2、<10,Na⁺/(Ca²⁺ + Mg²⁺)>1.5、<4 时,可能为改造型热液(以大气降水为主)^[4]。六批

叶沟金矿床矿石石英包裹体 Na^+/K^+ 均值为 1.32, $\text{Na}^+/(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ 均值为 100.61, 表明该矿床属岩浆热液成因范畴。而 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ 摩尔比值较低 (0.027 ~ 0.048), 也显示出岩浆热液的特征^[5]。推测成矿流体可能主要来源于初始混合岩浆水, 并发展成再平衡混合岩浆水^[6]。但流体盐度 ($\omega(\text{NaCl})$) 较低, 平均值为 5.21%, 尤其 W4 样品, 石英包裹体盐度平均值仅为 2.39% (大多数在 0.88% ~ 2.07% 之间), 且流体中富含有机质 (CH_4 , C_2H_6) 及 N_2 等, 反映出矿区成矿阶段曾有相当数量的大气降水混入含矿流体中。

综上所述, 笔者认为该区成矿流体主要来源于初始混合岩浆水^[6], 并有变质水和大气降水叠加。

3.2.2 岩浆岩与金矿床形成的内在联系

六批叶沟金矿床北东 2km 处的二长花岗岩株 (三叠纪花岗岩) 形成时间是 192Ma (锆石 U - Pb 法)^[1], 而金矿床测年 (绢云母 $^{40}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}$) 结果为 $t_p = (190.28 \pm 0.30)\text{Ma}$ ^[7], 显示出成岩成矿时代的一致性。且五道溜河序列岩石与矿区金矿石稀土元素含量都很低 ($\Sigma \text{REE} < 100 \times 10^{-6}$), 同属轻稀土富集, 重稀土亏损型, δEu 均显示为负异常 ($\delta_{\text{Eu} \text{ 矿石}} = 0.60 \sim 0.90$, $\delta_{\text{Eu} \text{ 岩石}} = 0.56 \sim 0.74$); 二者具有相似或较一致的稀土元素特征。矿石硫同位素变化范围较小 ($\delta^{34}\text{S} = 2.6\text{‰} \sim 5.2\text{‰}$), 说明矿石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); 五道溜河序列的三叠纪花岗岩中 Ag 元素含量高达 0.23×10^{-6} , 是该类岩石正常含量的 4.16 倍, 这很可能是金矿床含银较多 (Ag 平均含量为 22.32×10^{-6}) 的主要原因。依据上述结果判断, 五道溜河序列岩浆岩演化至晚期阶段, 为六批叶沟金矿床的形成提供了大量的热源、水源和丰富的物质来源。

4 结 论

此次流体包裹体的测试结果, 不可能完全满足

对六批叶沟金矿床成矿流体特征研究的需要, 笔者仅据现有研究成果, 初步得出以下结论:

1) 六批叶沟金矿是产于韧—脆性剪切带内的蚀变岩型金矿床, 矿石包裹体类型主要是 $\text{NaCl} - \text{H}_2\text{O}$ (气液两相) 型和少量 CO_2 型。成矿早期 (I) CO_2 三相包裹体较多, 成矿中期 (II) 很少, 至成矿晚期 (III), 不但无 CO_2 型包裹体, 而且 $\text{NaCl} - \text{H}_2\text{O}$ 型包裹体也是数量少、发育程度较差。

2) 成矿流体的相成分富含 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 及少量的 Mg^{2+} 和 F^- , 气相成分以 H_2O 为主, 其次是 CO_2 , 并含一定量的 CH_4 、 C_2H_6 及 N_2 等, 且具有低盐度 (0.88% ~ 8.55%)、低密度 (0.307 ~ 0.997 g/cm³)、中低压 (48.83 ~ 71.29 MPa) 和弱还原性等特点。

3) 成矿作用由早期阶段至晚期阶段是一个连续变化的过程, 成矿温度由高至低 (360℃ ~ 300℃ → 300℃ ~ 180℃ → 180℃ ~ 100℃), 与矿床的 3 个成矿阶段大体上相互对应, 主要成矿温度在 300℃ ~ 180℃ 左右, 估算成矿深度在 1.62 ~ 2.34 km 之间, 属中深中温^[8]热液金矿床。

4) 成矿流体主要来源于初始混合岩浆水, 逐渐演变成再平衡混合岩浆水, 但是在热液活动期间有变质水和大气降水叠加。

[参考文献]

- [1] 吉林省地质矿产局. 1:5 万金银别幅区域地质调查报告 [R]. 1991.
- [2] 卢焕章. 成矿流体 [M]. 北京: 地质出版社, 1997.
- [3] 刘 斌. 流体包裹体热力学 [M]. 北京: 地质出版社, 1999.
- [4] 庞保成, 林畅松, 罗先熔, 等. 右江盆地微细浸染型金矿成矿流体特征与来源 [J]. 地质与勘探, 2005, 41(1): 13 ~ 17.
- [5] 卢焕章. 包裹体地球化学 [M]. 北京: 地质出版社, 1990.
- [6] 张理刚. 稳定同位素在地质科学中的应用 [M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1985.
- [7] 侯树桓. 吉林六批叶沟金矿床绢云母 $^{40}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}$ 快中子活化法定年研究 [J]. 矿床地质, 2003, 23(4): 502 ~ 508.
- [8] 袁见齐, 朱上庆, 翟裕生. 矿床学 [M]. 北京: 地质出版社, 1979.

FLUID INCLUSIONS IN THE LIUPIYEGOU GOLD DEPOSIT, JILIN

ZHANG Wen-bo, HOU Shu-huan

(Jilin Bureau of Nonferrous Geology Survey, Changchun 130021)

Abstract: Based on systematic observation on primary, pseudo-secondary inclusions in quartz in the Liupiyegou gold deposit, fluid inclusions are mainly $\text{NaCl} - \text{H}_2\text{O}$ type, and less CO_2 type. Microthermometric measurements show that temperature of ore-forming fluids is 100℃ ~ 352℃, salinity 0.88% ~ 8.55%, and density 0.356 ~ 0.997 g/cm³. Estimated mineralizing pressure are 48.83 ~ 71.29 MPa with mineralizing depth 1.62 ~ 2.34 km. The deposit belongs to middle temperature and middle depth hydrothermal gold one. Liquid composition of ore-forming fluids is richen in Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} and few Mg^{2+} and F^- . Gas composition is mainly H_2O , then CO_2 , some CH_4 , C_2H_6 and N_2 , and less H_2S and Ar. According to that Na^+/K^+ is 1.32 and $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ is 100.61, it is concluded that ore-forming fluids came from initial magma water, and with mixed metamorphic and meteoritic water.

Key words: ore-forming fluid, fluid inclusion, Liupiyegou gold deposit, Jilin