

江西省金山金矿有机流体与金矿关系*

张文淮

谭铁龙

(中国地质大学, 武汉)

(江西省黄金管理局, 南昌)

提 要: 对江西省金山金矿流体包裹体研究表明, 矿区发育的包裹体有: ①气-液两相盐水溶液包裹体, 占包裹体总量 80%~85%; ②纯有机烃类包裹体, 占包裹体总量 10%~15%; ③含盐类矿物多相包裹体, 占包裹体总量 1%左右; ④纯 CO₂ 包裹体 (含液态 CO₂ 三相包裹体), 占包裹体总量 1%以下。流体时空演化表明, 成矿前深大断裂引发深部流体上侵, 带来了深部的纯 CO₂ 流体和岩浆期后高盐度流体, 伴随后期构造活动, 大量向下循环的大气水, 不仅温度升高, 而且在水-岩交换过程中带来地层中的有机质。在对流体包裹体深入研究的基础上, 对成矿流体种类、流体的时空演化, 特别是有机流体在成矿中的作用等进行了有益的探索。

关键词: 金山金矿 流体包裹体 成矿流体 有机流体 江西

金山金矿位于我国著名的德兴 Cu-Au-Ag-PbZn 多金属成矿带内。德兴矿带长 20 km, 在这不大范围内集中了多处超大型、大型矿床: 如铜厂斑岩型铜 (金) 矿床、富家坞斑岩铜 (金) 矿床、朱砂红斑岩铜 (金) 矿床、金山金矿以及银山 Ag Au Pb Zn 多金属矿床。金山金矿前人已作过大量工作, 对金矿的形成提出了岩浆热液^[1,2]①、变质热液^[3,4]、大气水热液^[5,6]等各种成因观点。我们在深入研究流体包裹体后, 对成矿流体种类, 特别是有机流体在成矿中作用、流体的时空演化特征等进行了有益的探索。

1 矿区地质概况

金山金矿是近年来发现的大型原生金矿, 矿区位于江南台隆东南缘, 赣东北深大断裂北西侧 (图 1), 北东与著名的铜厂斑岩铜 (金) 矿相邻, 西与银山火山岩型银 (金) 多金属矿田相连, 三者同处于赣东北深断裂上盘, 构成 NE 向巨型 Cu-Au-Ag-Pb Zn 多金属成矿带。

矿区出露地层为中元古界双桥山群第三段的一套含火山物质的浅变质岩系, 由老到新分为: 三个岩性段: ①暗色含碳千枚岩; ②浅色砂质凝灰质千枚岩; ③灰色板岩。金矿主要赋存于暗色含碳质千枚岩顶部, 灰白色砂质千枚岩底部, 矿区范围内未见岩浆岩出露, 但在矿区外围燕山期岩浆活动十分强烈。

金山矿田主要由西矿、金山、石碑和西蒋四个矿床组成, 其中以金山金矿规模最大。

金矿体产出严格受 NEE 向推复型韧性剪切带控制^[7~9]。就同一条剪切带而言, 应变强度从中心向边缘逐渐减弱, 构造岩分带有序, 从剪切带边缘到应变中心非对称地依次出现糜棱

* 国家自然科学基金资助项目 (49672114)

张文淮, 女, 1938 年生, 教授, 矿床地球化学和流体包裹体地质学专业。邮政编码: 430074
1997-05-26 收稿, 1997-10-21 修改回

① 伍勤生, 金山矿成矿年龄测定及矿床成因, 第四届全国同位素地质年代、同位素地球化学学术讨论会

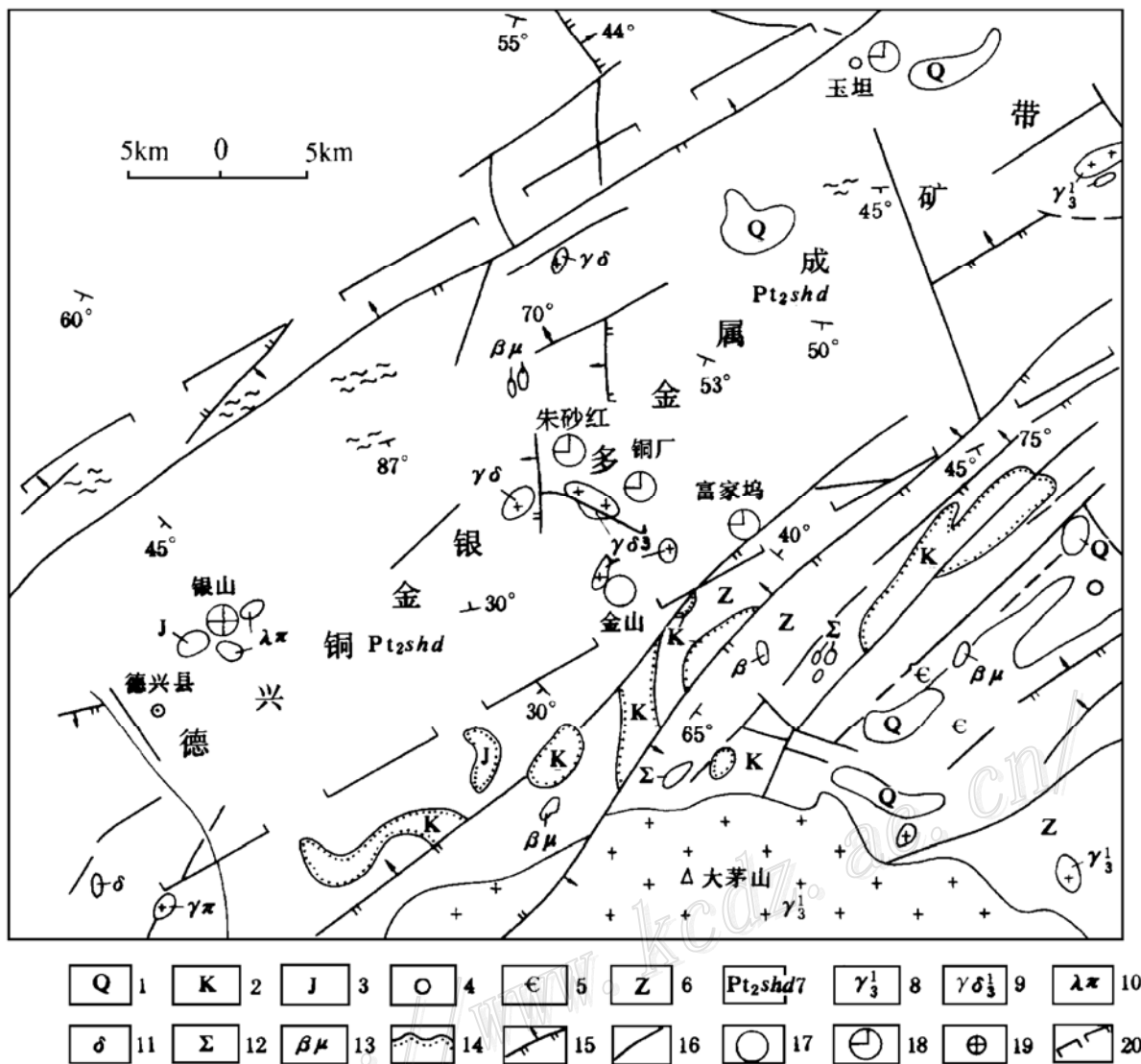


图1 金山矿区地质略图

1—第四系；2—白垩系；3—侏罗系；4—奥陶系；5—寒武系；6—震旦系；7—双桥山群德兴组；8—花岗岩类；9—花岗闪长斑岩；10—花岗斑岩；11—闪长岩类；12—超基性岩类；13—基性岩类；14—不整合界线；15—逆断层；16—性质不明断层；17—大型金矿床；18—中—特大型铜金矿床；19—大型 Ag Au 多金属矿床；20—矿带范围

Fig. 1. Geological sketch map of the Jinshan gold ore district.

1—Quaternary; 2—Cretaceous; 3—Jurassic; 4—Ordovician; 5—Cambrian; 6—Sinian; 7—Dexing Formation of Shuanqiaoshan Group; 8—Granitoid; 9—Granodiorite porphyry; 10—Granite porphyry; 11—Diorite; 12—Ultrabasic rocks; 13—Basic rocks; 14—Unconformity; 15—Reversed fault; 16—Undetermined fault; 17—Large-sized gold deposit; 18—Medium-superlarge sized copper-gold deposit; 19—Large-sized silver-gold polymetallic deposit; 20—Limits of ore zone.

岩化带（绿泥石-方解石化带）—初糜棱岩带（石英-绢云母-白云石化带）—糜棱岩、超糜棱岩带（石英-黄铁矿-铁白云石化带）^[9,10]。金矿体主要赋存于剪切带应变中心的超糜棱岩、糜棱岩带之中。含矿剪切带中常有多条矿化带，每条矿化带可有数条矿体叠置产出。金矿石自然类型主要为硅质糜棱岩型矿口和石英脉型矿石两种，由硅化蚀变岩构成的矿体规模大，品位和形态相对较为稳定。含 Au 石英脉型矿石位于构造蚀变岩上部，多呈小扁豆状，品位富而

变化大。

近矿围岩普遍遭受蚀变，与金矿有关的蚀变主要为硅化、绢云母化、黄铁矿化，其次有绿泥石化和碳酸盐化。一般硅化、黄铁矿化、绢云母化越发育，金矿化越好。矿床中矿石矿物组合比较简单，金属矿物除自然金外主要为黄铁矿，偶见黄铜矿和方铅矿，Cu、Pb、Zn 等硫化物在矿石中含量很低，一般小于 1%。岩石矿物以石英为主，其次有长石、绢云母、铁白云石、方解石和绿泥石等。镜下可见微粒糖晶状碎裂石英与金矿化关系密切^[10]。电子探针研究表明，烟灰色、黄铜色、桔红色五角十二面体和不规则状黄铁矿与金矿关系密切。自然金主要呈板状、片状和不规则状微粒，赋存于石英硫化物粒内或粒间，Au 的成色较高。

2 流体包裹体特征

前人对该区金矿的流体包裹体进行了大量研究，取得不少成果。在此基础上我们通过流体包裹体着重探讨了成矿流体种类、流体来源、流体时空演化和流体成矿机制，样品采自含 Au 硅化糜棱岩和含 Au 石英脉（图 2）。

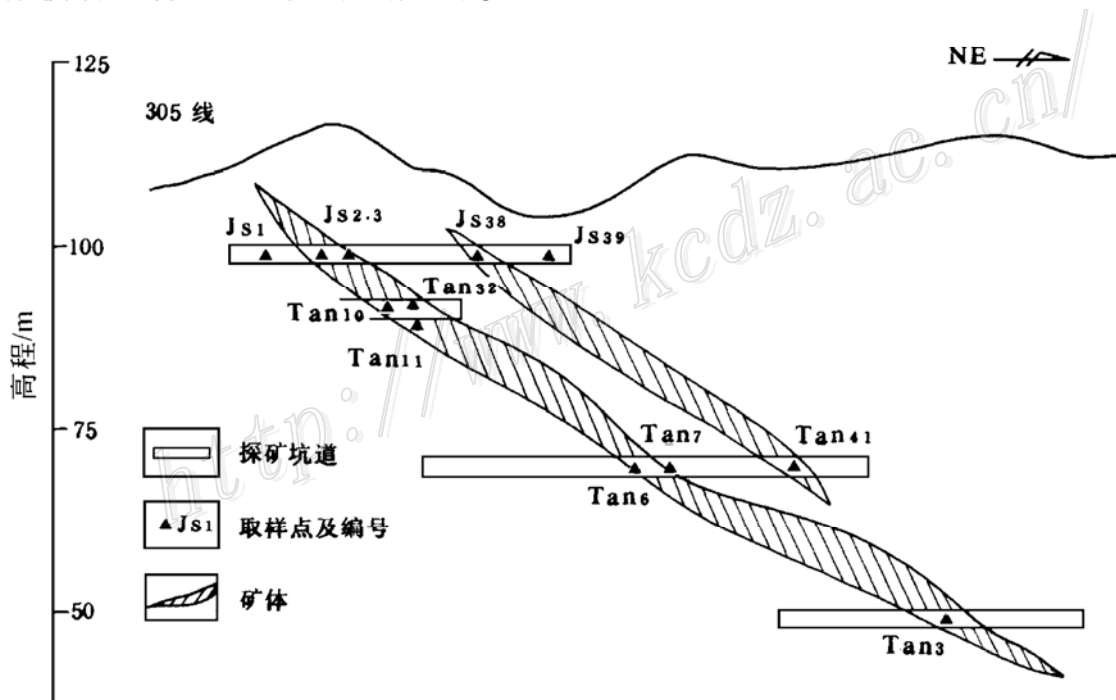


图 2 金山金矿采样剖面图

Fig. 2. Diagrammatic section showing sampling points in the Jinshan gold deposit.

2.1 包裹体类型

(1) 类型 I：含子矿物多相包裹体：在 Tan6、Tan7、Tan10 等样品中可见，占包裹体总量不到 1%，为早期残留的流体包裹体（照片 1、2），往往存在于石英残斑或大粒石英之中。

(2) 类型 II：纯 CO₂ 包裹体（包括含液态 CO₂ 的包裹体），这类包裹体在样品中发现不多，镜下它们与气液两相盐水溶液包裹体无法区别，仅在加热时发现它们的均一温度很低，在 22~28℃ 左右均一，因此它们很容易被忽视。Js38、Js2 和 Tan10 等样品中发现此类包裹体，在

包裹体总数中约占1%左右,石英和碳酸盐矿物中均有产出。

(3) 类型Ⅲ:气-液两相盐水溶液包裹体,这类包裹体在矿石中广泛分布,数量最多,约为包裹体总数的80%~85%,根据它们的气/液比值和均一温度的差异,可将它们分为三个亚类:Ⅲa:气/液比值为60%~80%;Ⅲb:气/液比值为20%~40%;Ⅲc:气/液比值为5%~10%。

(4) 类型Ⅳ:气态烃类有机包裹体。

这类包裹体在矿石中普遍存在,富矿石中尤为明显,往往与硫化物、碳酸盐矿物紧密共生(照片3、4)。它们约占包裹体总数的10%~15%以上,形态极不规则,粒径与盐水溶液包裹体相比较,镜下观察为黑色、黑褐色,根据它们的产状以及与主矿物的关系,大致可分为两个阶段的产物,早期有机气态烃包裹体与微晶石英和硫化物共生,晚阶段有机气体包裹体与碳酸盐矿物关系密切。金山矿床前人资料未提及此类包裹体,为确保资料的可靠性,我们对有机包裹体进行了单个包裹体的荧光光度计测定,样品在MPV-3显微荧光光度计上测定,在蓝光激发下,这些有机包裹体具弱灰黄色—蓝灰色荧光,测试结果见图3和表1。

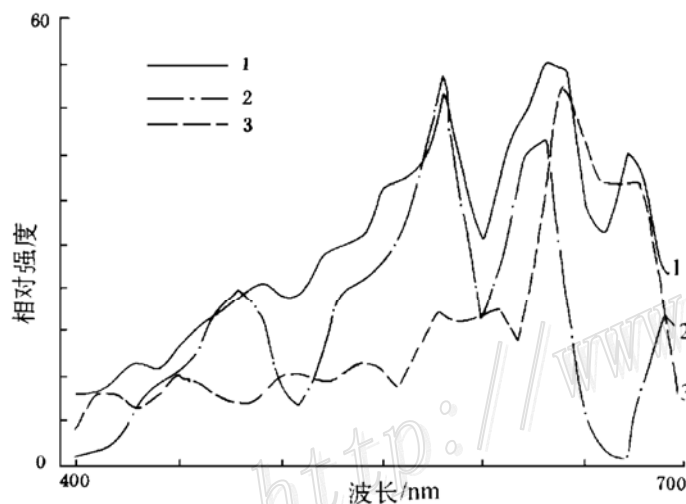


图3 成矿期有机包裹体荧光图谱
1—Tan 11①; 2—Tan 11④; 3—Tan7②

Fig. 3. Fluorescence spectra of organic inclusions at the ore-forming stage.

表1 荧光光谱特征

Table 1. Characteristics of fluorescence spectra of ores

样号	标高 /m	λ_{\max}/nm		特征值 (Q) 650/500	备注
Tan11 贫铁矿	100	580	700	1.14	成矿期
		580	640	1.47	
		560	670	27.14	
		580	630	0.72	
Tan7 富铁矿	175	450	690	1.68	成矿期
		580	640	4.01	
			630	345.20	成矿后 有机流体
		490		0.19	
		410		0.00	

从表1和图3不难看出,在金矿石中不论Au的丰度如何,都存在有机包裹体,从谱图和特征值(红/绿)可以看出,在成矿过程中有机质热演化程度不完全相同,而且有机成分十分复杂,成矿期有机包裹体中有机质演化程度多数较高,红移现象明显。与已知谱图对比主要成分为芳烃和缩合芳烃类物质。Q值普遍大于1,推测应与主成矿期相当,少量Q小于1,应是晚期成矿阶段与碳酸盐共生的有机溶液。

2.2 均一温度

均一法测温在英国LINKAM TH600冷热台上进行,误差在 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 之间,测试结果见表2和均一温度直方图(图4)。

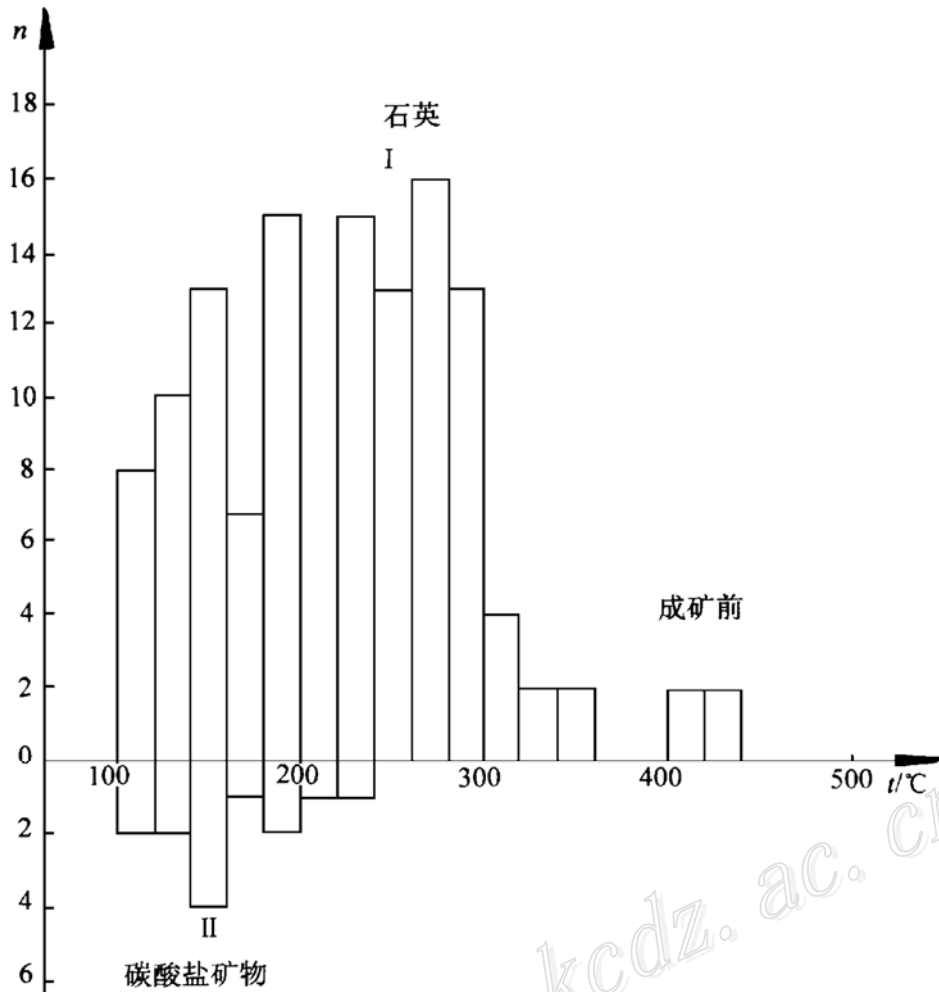


图 4 均一温度直方图

Fig. 4. Histogram showing homogenization temperatures of fluid inclusions.

从表 2 和图 4 可以看出本区流体包裹体均一温度具有如下特点：

(1) 矿石中保存有深断裂带来的深部流体，如纯 CO_2 包裹体和含盐类子矿物的包裹体，大量资料证明，这种高盐度和纯 CO_2 流体是深部来源的物质。均一温度普通在 400°C 以上，表明成矿前流体温度高、盐度大、且富含 CO_2 。

(2) 矿石中存在一组沸腾包裹体，这可能是该区韧性断裂在此时发生脆性变形，断裂开启引起压力释放，造成流体发生沸腾作用。

(3) 硫化物富集处（含 Au 丰度高），包裹体均一温度介于 $253\sim 295^\circ\text{C}$ 之间，此时主矿物主要为石英，碳酸盐类矿物很少。这是该区主要成矿阶段（第一阶段）。

(4) 从均一温度直方图上可以看出， 360°C 以上高温包裹体出现几率不多， $350^\circ\text{C}\rightarrow 100^\circ\text{C}$ 流体温度连续下降， $100\sim 200^\circ\text{C}$ 左右为低温成矿阶段，包裹体主要赋存于碳酸盐矿物之中，石英中有少量叠加，因此第二成矿阶段以碳酸盐为代表，两个成矿阶段间隔不大。

(5) 有机包裹体主要为单一气态烃包裹体，无法进行温度测定，空间上它们与上述两个成矿阶段关系密切，一组与微晶石英共存，一组与碳酸盐矿物共生。

表 2 均一温度表

Table 2. Homogenization temperatures of fluid inclusions

样号	标高/m	包裹体类型	主矿物	(气/液) /%	$t_{均一}/^{\circ}\text{C}$	$t_{最佳}/^{\circ}\text{C}$	备注	
Jz1	100	类型 II (CO ₂)	石英和碳酸盐矿物	10	22~28	26	260℃左右为硫化物富集阶段	
Jz2		类型 III b	石英和碳酸盐矿物	20~40	200~350	270	部分包裹体均一温度	
Jz5			碳酸盐矿物					
Jz38		类型 III c	碳酸盐矿物为主	5~10	110~212	160	在 500℃以上	
Jz39								
Tan10	90	类型 I (含子矿物包裹体)	石英	10	400 以上		370℃气泡消失子矿物不均一	
Tan11		类型 II (CO ₂)	石英	10	28	28		
Tan12		类型 III	III a	石英	60~80	290~320	305	在 305℃左右发生沸腾
			III b	石英	20~30	220~327	270	
	III c	石英+碳酸盐矿物	5~10	105~194	160			
Tan6	75	类型 II	石英	30	27	27	部分包裹体均一温度 500℃以上	
Tan7		类型 III	III b	石英	20~40	225~353		280
Tan8			III c	石英+碳酸盐矿物	5~10	144~198		170

3 流体时空演化及成矿机制

3.1 成矿流体种类

该区成矿流体种类从上述包裹体类型可知, 主要有以下几种: ①纯 CO₂ 流体; ②高盐度流体; ③有机流体。前两类流体主要为赣东北深断裂从深部带来, 反映该区深部可能有隐伏岩体, 或外围岩浆岩对该区的影响。目前看它们在矿石中数量不多, 这可能是由于在后期构造活动中遭受破坏所致, 因此, 它们保存不多, 主要赋存于较大的石英颗粒之中, 是成矿前流体的样品。前人已有包裹体成分分析及黄铁矿微量元素组成资料证明了这一论断 (表 3、表 4), 这些流体是成矿流体的一部分。

从表 3 中可见金山矿区成矿流体中 CO₂ 含量较高, 而且流体中 K/Na 比值普遍大于 1, 表明流体具深部来源的特征。表 4 黄铁矿中微量元素对比也表明, 金山金矿黄铁矿中微量元素与铜厂斑岩型矿床有相似性, 其中 Cu、Co、Ni 基本一致, Co/Ni 比值揭示铜厂矿区成矿流体主要为岩浆热液, 而金山金矿表现出既有岩浆物质的参与, 又有沉积变质成因的流体特点。另一种重要成矿流体为大气降水, 在下渗循环过程中温度和盐度增高, 矿化度加大, 特别是大气水与下伏双桥山群上段富含有机质的岩层相互作用, 形成富含有机质的流体。这些有机流体促使围岩中的 Au 和其它有用组分活化迁移, 在成矿过程中起了重要作用。

表 3 包裹体成分分析结果

Table 3. Analyses of fluid inclusions in the Jinshan gold deposit

样号	位置	矿石类型	液相成分/ 10^{-6}			气相成分/(mol/g)			注	
			K	Na	K/Na	CO ₂	H ₂ O	CO ₂ /H ₂ O		
ZK204	6~75m	石英脉型	15.63	11.64	1.34	13.58	61.16	0.22	南京大学“七五”项目资料	
ZK206	41~54m	石英脉型	4.41	6.70	0.65	12.84	76.99	0.17		
西蒋矿区	X-25	CM124-1	石英脉型	3.60	2.44	1.47	1014.6	630.3	1.61	冶金部天津地质研究所
	X-22	CM128-1	糜棱岩	12.66	11.03	1.15	156.16	629	0.25	
	X-25-①	CM120-1	型矿石							

表 4 黄铁矿单矿物中微量元素含量 (10^{-6}) 对比表

Table 4. Minor element contents of individual pyrite samples from different ore deposits

组分及含量 矿区	Cu	Pb	Zn	Au	As	Co	Ni	Co/Ni	资料来源
金山矿床	273~ 2752	441~ 1700	330~ 821	131~ 1848	5800~ 24400	96~ 292	226~ 265	0.43~ 1.11	江西地质研究所
铜厂斑岩型铜矿	2040	139	76	2.11	224	260	227	1.15	朱训等《德兴斑岩铜矿》
矿体内	482	70	35	0.79	113	139	93	1.49	

3.2 流体演化及成矿机制

早期伴随深断裂和岩浆活动带来深部富 CO₂ 和高温高盐度流体，在粗粒石英内常存在这类包裹体，它们在后期构造运动过程中，由于水-岩交换、裂隙开启和压力释放发生强烈变化，温度和盐度下降。大气水的加入，特别是大气水与下伏双桥山群上部富含有机质的岩层相互作用，形成富含有机质的流体，这些有机流体促使围岩中 Au 和其它有用组分活化迁移，在成矿过程中起到了重要作用。盐水溶液包裹体和有机包裹体在成矿的主要阶段紧密共生，是该区成矿流体的重要特征，表明在主要成金阶段，几种不同类型的流体混合是成矿的重要原因^[11]。前人已作的大量同位素资料也证明金山金矿成矿流体具有多来源特点，主要来源于岩浆热液和强烈演化的大气水。我们认为这种强烈演化的大气水即是与双桥山群含 C 地层相互作用，带有大量有机组分的有机流体。不同流体的混合是一种普遍的也是极其重要的成矿机制。

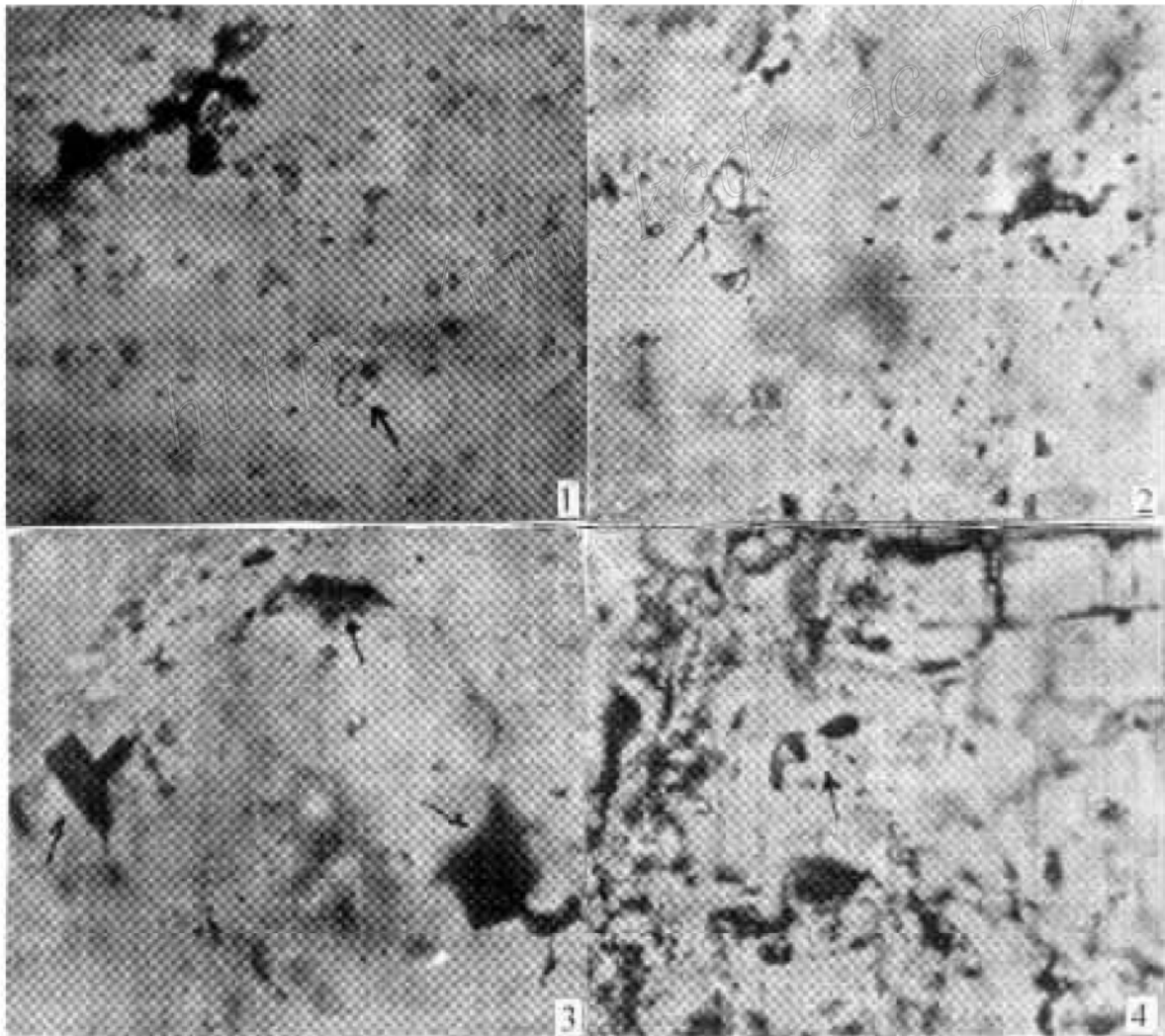
金矿化与有机质普遍共存的现象已为很多学者所注意，Au 在聚集过程中有机质的作用是近年来不少地质学家关注的问题^[12,13]。多年来人们注意了沉积及层控型金矿床中有机质与 Au 的关系，而对金山金矿床这类明显受韧性剪切带控制的金矿床中有机质的作用尚未引起足够重视。邹焕炎 1993 年著文提出金山金矿与韧性剪切带中有机质含量有一定关系，得出整体上含 C 岩石中 Au 品位与有机质含量呈正相关关系，而在矿化过程中从矿化中心向围岩方向，有机质又发生向围岩的逐渐迁移。我们认为有机流体在金矿形成过程中起了重要作用，概括起来主要表现在下述几方面：

(1) 首先在有机溶液存在的情况下，围岩的稳定性降低^[14]，提高了 Au 和其它微量元素从围岩中活化迁移出来的可能性。实验表明在 80~120℃ 条件下，有机酸阴离子控制着碱度，并

使碳酸盐矿物、硅铝酸盐矿物及非晶质 SiO_2 稳定性降低^[15]，碳酸盐溶解，Al、Si 等形成有机络合物迁移。

(2) 我们用油田水所作的溶解和迁移实验证明，在 150°C 低温条件下，Au 可以与有机质形成可溶性 Au-有机络合物迁移。这些 Au-有机络合物热稳定性好，部分在 250°C 温度条件下仍很稳定。在构造热异常条件或其它物化条件影响下，Au-有机络合物裂解，并使 Au 沉淀聚集，而在残余热液中存在部分有机流体。矿区有机包裹体的存在以及从矿化中心到围岩有机质逐渐增高，应该是 Au-有机络合物裂解 Au 沉淀。有机质向外扩散和渗透的佐证，也就是在较低温度下 Au 活化迁移，较高温度下在构造有利部位沉淀聚集成矿。

(3) 有机质在成矿过程中另一个重要作用是使含 Au 的部分无机络合物还原，从而使 Au 沉淀并聚集成矿。很多实验表明，Au 可以形成 $[\text{AuCl}_4]^-$ 的络合物迁移，Gatellier (1990) 对有机质还原 $[\text{AuCl}_4]^-$ 的动力学研究证明，有机质具有很强的还原能力，甚至在室温下也能使 $[\text{AuCl}_4]^-$ 破坏，致使 Au 沉淀出来。与此同时导致有机质氧化，使 RCH_3 基团转化为 $-\text{COOH}$ 基团，由于羧基的热不稳定性而释放出 CO_2 ^[16]，这也可能是许多金矿流体含有 CO_2 的原因。



照片说明

- | | | | |
|------|---------|------|---------|
| 照片 1 | 含子矿物包裹体 | 照片 2 | 含子矿物包裹体 |
| 照片 3 | 有机包裹体 | 照片 4 | 有机包裹体 |

参 考 文 献

- 1 杨文思, 熊丽君, 黄宏立等. 金山金矿成因及德兴矿带的岩浆成因矿床序列. 见: 关广岳主编. 国际金矿地质与勘探会议论文集. 沈阳: 东北工学院出版社, 1989
- 2 黄宏立, 杨文思. 赣东北金山金矿床的地质特征及矿床成因. 地质找矿论丛, 1990, (2): 18~27
- 3 刘英俊. 华南含金建造的地球化学特征. 桂林冶金地质学院学报, 1989, (2): 115~126
- 4 萧勇. 江西德兴金山金矿地质特征及矿床成因探讨. 江西地质, 1990, (3)
- 5 朱培军. 江西金山金矿床层控成因地质地球化学征据. 地质找矿论丛, 1991, (4): 18~26
- 6 张理刚, 刘敬秀等. 江西德兴铜厂铜矿水-岩体系氢氧同位素演化. 地质科学, 1996, 13 (3): 250~261
- 7 孙承轅, 张金春. 江西金山金矿韧性剪切过程中物质的迁移. 矿床地质, 1994, 13 (4): 371~379
- 8 王鹤年等. 华夏地块韧性剪切带型金矿地质. 北京: 科学出版社, 1992
- 9 韦星林. 金山金矿田地质特征及成矿作用. 矿产与地质, 1995, 9 (6): 471~480
- 10 卢焕章, 池国祥, 王中刚. 典型金属矿床的成因及其构造环境. 北京: 地质出版社, 1995, 189~206
- 11 张文淮, 张志坚, 伍刚. 成矿流体种类和成矿机制, 地学前缘, 1996, 3 (4): 245~252
- 12 李林清, 傅家模, 刘德汉. 油气演化与一些金矿床的成因联系. 地球化学, 1993, (3): 217~225
- 13 胡凯, 刘英俊, 王鹤年. 华南若干重要含金建造及其金矿床有机地球化学. 南京大学学报, 1993, 5 (1): 49~57
- 14 王恩德, 关广岳. 金矿床的有机地球化学研究——腐质酸对金银迁移沉淀的作用. 地球化学, 1993, (1): 55~60
- 15 Surdam R C, Crossey L J, Svenhagen E. 储层地球化学. 梅博文, 杨文宽等译, 西安: 西北大学出版社, 1991
- 16 Gatellier J P et al.. Organic matter and gold——ore association in a hydrothermal deposits. Applied Geochemistry 1989, 4: 143~149

RELATIONSHIP BETWEEN ORGANIC FLUIDS AND GOLD MINERALIZATION IN THE JINSHAN GOLD DEPOSIT, JIANGXI PROVINCE

Zhang Wenhui

(China University of Geosciences, Wuhan 430074)

Tan Tielong

(Jiangxi Bureau of Gold Administration, Nanchang 330046)

Key words: Jinshan gold deposit, fluid inclusion, ore-forming fluid, organic fluid

Abstract

The Jinshan deposit is a large size gold deposit within volcanics-bearing epimetamorphic rocks of Mesoproterozoic Shuangqiaoshan Group, with the mineralization obviously controlled by the ductile shear zone. Fluid inclusion studies show that there mainly exist four types of fluid inclusions in the ore district: (1) gas-liquid brine inclusions which make up 80%~85% of total inclusions; (2) pure hydrocarbon inclusions which account for 10%~15% of total inclusions; (3) saline daughter minerals-bearing polyphase inclusions that con-

stitute some 1%; (4) pure CO₂ inclusions (as well as liquid CO₂-bearing three-phase inclusions) that make up less than 1%. According to the study of temporal-spatial evolution of fluids, the pre-ore deep-seated fault responsible for the upward migration of deep fluids, which carried deep pure CO₂ fluids and postmagmatic high salinity fluids; with the late-stage tectonic activity, large quantities of downward circulating meteoric water not only became increasingly hotter, but also extracted organic matter from the strata during the water-rock exchange; the formation of organic fluids raised the activation and migration capacity of gold in the strata, whereas the mixing between the organic fluid and the postmagmatic hydrothermal solution caused the precipitation and accumulation of gold ores. The role of organic fluid seems to have been one of the important mechanisms responsible for the formation of the Jinshan gold deposit.

1997年《矿床地质》审稿人员名单

1997年度以下专家为《矿床地质》多次审过稿件,为本刊刊文质量提高做出了较大贡献,编辑部特向以下同志表示感谢!

马开义	马振东	王之田	王吉珺	王秀璋	王鹤年	毛景文	卢家烂	叶庆同
史明魁	冯钟燕	吕古贤	吕达人	朱裕生	刘燕君	汤中立	孙海田	邬介人
李兆龙	李华芹	李红艳	李朝阳	杨岳清	杨庭槐	杨景元	吴良士	宋学信
宋雄	张洪涛	张德全	陈安福	陈荫祥	陈衍景	林文蔚	芮宗瑶	芮行健
余金生	余金杰	季克俭	季绍新	罗建宁	罗镇宽	施林道	赵一鸣	赵崇贺
侯增谦	姜福芝	洪大卫	秦克章	袁润广	聂凤军	徐志刚	徐惠芬	黄典豪
黄蕴慧	章邦同	梁祥济	童潜明	韩发	程敏清	熊成云	翟裕生	魏家秀