

文章编号: 1007-3701(2011)02-0163-006

湖南黄金洞金矿成矿流体包裹体特征

李 杰, 陈必河¹, 安江华¹, 谭仕敏¹, 张孝国², 姚宇军¹

(1.湖南省地质调查院, 长沙 410011; 2.湖南省七宝山硫铁矿, 湖南 浏阳 410306)

摘要:黄金洞金矿位于湖南省平江县黄金乡。金矿(化)体赋存于蓊县纪浅变质板岩及变质砂岩中,同时受控于断裂构造。金矿体呈脉状、透镜状、扁豆状产于断裂带扩容地段。流体包裹体资料确定的成矿流体性质为中温(成矿温度下限为336~339℃)、中低盐度[$w(\text{Na-Cl})_{\text{eq}} < 10.98\%$]的变质热液。金的沉淀与温度降低和成矿流体的混合作用有关。

关键词:流体包裹体;变质热液;黄金洞金矿

中图分类号:P618.51

文献标识码:A

黄金洞金矿床开采历史悠久,是湖南省有名的金矿山之一。几十年来,先后开展过不同目的、不同性质、不同程度的地质工作及相关科研工作。前人对于此矿区的研究主要集中在构造、地层等控矿因素、矿床地球化学特征和矿床成因等方面,而成矿流体相关的研究相对匮乏。本文主要是对该区所采集样品中的流体包裹体进行了测温和相关研究,得出有用信息,为探讨矿床成因提供新的依据。

1 区域地质概况

黄金洞金矿位于湖南雪峰弧形褶皱隆起的东延部分,江西九岭复式背斜西南倾伏端,平江-浏阳大断裂的东南段,黄金-胆坑复向斜北倒转翼部,分布有金塘、金枚、杨山庄等矿段^[1]。

根据区域成矿学划分,黄金洞金矿位于扬子成矿区域著名的江南地块金-锑-钨-铅-锌-锡成矿带,为江南隆起金矿成矿带中部的湘东北-赣西金矿成矿区。区内广泛分布的中元古代地层为一套厚度较大、岩性单一、以泥砂质为主夹少量凝灰质的复理式建造。黄金洞金矿位于九岭造山带西

端与长寿断陷盆地交接处的东侧。九岭造山带作为扬子板块一条内造山带,在长期的构造演化过程中,形成了丰富的构造形迹,区内构造变形强烈,褶皱、韧性断层、劈理、面理广泛发育,构成了本区复杂的地质构造。

2 矿区地质

区内地层简单,除山梁第四系残坡积外,只露出了长城系雷神庙组地层(图1)。雷神庙组岩性以轻度变质板岩、条带状板岩、砂质板岩夹透镜状变质砂岩组成,厚350~780m。按岩性又可细分为6个大层11个小层。

矿区构造复杂,断裂构造尤其发育,为本区金矿的就位提供了良好的储存空间。区内褶皱构造较发育,多为紧密线型的倒转背、向斜,轴向NWW或者NW,部分向SE或者NW方向倾伏。区内断裂构造主要有近EW向与NE向两组,其中近EW向断层与矿体的形成与富集密切相关^[2~6]。

区内没有岩浆岩分布,在矿区南西方向20km外,有加里东期岩体大面积出露,其与本区的矿化关系不详,矿区南西7~9km处有隐伏岩体存在。

矿区围岩蚀变有(砷)黄铁矿化、绢云母化、硅化、白云石化和绿泥石化等,分带现象不明显,常构成混合蚀变带。

收稿日期:2011-04-06

项目基金:国土资源部南岭地区锡多金属矿调查评价项目(编号:1212010781073),湖南省地质勘查开发局“湘东北地区与长江中下游斑岩型铜矿成矿地质条件对比及选区研究”项目(编号:2009002)。

作者简介:李 杰(1986—),男,助理工程师,主要从事地质调查工作。

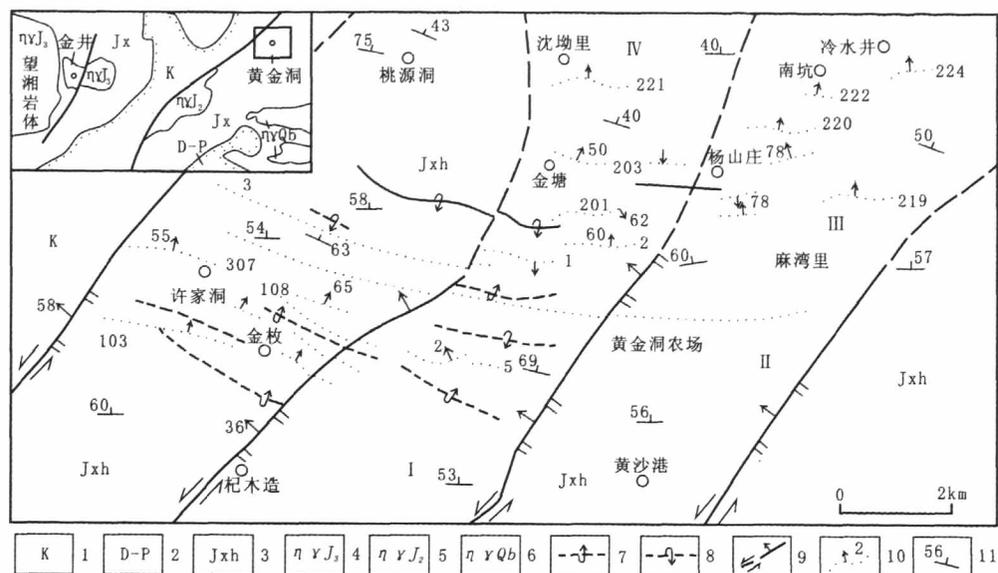
图1 湘东北地区黄金洞金矿地质图^[2]

Fig.1 Geological map of Huangjindong gold deposit, Northeastern Hunan Province

1.白垩系;2.二叠-泥盆系;3.蓟县系黄浒组;4.晚侏罗纪二长花岗岩;5.中侏罗纪二长花岗岩;6.青白口纪二长花岗岩;7.倒转背斜;8.倒转向斜;9.走滑断裂;10.矿脉及其编号;11.岩层产状;I-杞木黄-砂港矿化蚀变带;II-金板-大地里矿化蚀变带;III-金塘-阳山庄矿化蚀变带;IV-沈坳里-冷水井矿化蚀变带

3 矿体地质特征

矿区含金矿脉的产出强烈受近EW向的系列倒转背向斜及其伴生断裂的控制。矿脉中矿化不均匀,矿化体呈断续状分布,常出现无矿段。矿体呈脉状、透镜状、细脉状、扁豆状分布于矿化体中。一条矿脉中常有多个矿体产出。矿化体最长170 m,最短10 m,一般20~40 m。矿体最长约70 m,最短10 m,一般20~30 m。矿体厚度最大达2 m,最小0.1 m,平均厚度为0.4~0.8 m。

金矿体主要赋存于断裂带中的扩容地段,如断裂的分支交汇部位、断裂带内强烈破碎和由窄变宽的地段、以及断裂带的走向或倾向由陡变缓处。矿石类型主要有含金石英脉型和含金板岩型两种,以前者为主,后者较少,一般两种矿石类型混合出现。不同矿体中,矿石品位最高 $(4.90 \sim 88.36) \times 10^{-6}$,最低 $(3.00 \sim 9.40) \times 10^{-6}$,平均品位 $(4.14 \sim 19.26) \times 10^{-6}$ 。矿石中金属矿物主要是自然金、毒砂、黄铁矿,次为方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、车轮矿、黝铜矿、辉铜矿等。脉石矿物主要为石英、绢云母,次为白云石、绿泥石、方解石、长石、白云母等。含金石英脉型主要有不等粒镶嵌结构、交代残余结构、花岗变晶结构等,块状、条带状、角砾状、网状构造。含金板岩型

主要有鳞片变晶结构、显微鳞片花岗变晶结构。条带状、片状构造及角砾状、浸染状构造等。

4 流体包裹体特征

大部分热液矿床都是在地质流体中形成的。矿床的成因与流体特征密切相关^[7-10]。包裹体是成岩成矿流体在矿物结晶生长过程中,被包裹在矿物晶格缺陷或穴窝中,至今尚在主矿物中封存并与主矿物有着相的界限的那一部分物质^[11]。包裹体一旦被捕获便不受外来物质的影响,所以成矿流体的成分、温度和压力最直接证据就是矿物流体包裹体。

4.1 样品采集和加工

包裹体的测温方法有爆裂法和均一法两种。爆裂法主要是指将样品加热而使包裹体爆裂得到爆裂温度。均一法则是测包裹体的均一温度,包裹体形成之后,由于所处的物理化学条件的变化,使均一的液相变为两相或多相,通过加热使其相态均一,就得到了流体包裹体形成时的均一温度^[12]。

在野外采集具有代表性的样品,磨制成厚度约0.25~0.3mm的测温片,然后在偏光显微镜下观察样品的岩相特征,了解成岩、成矿期次,并与野外观察所对应。其后进行测温片卸片工作(温度控制在

80℃以下),最后在显微镜下寻找待研究的包裹体,确定研究方案。

研究采用英国产 Linkam THMSG600 型地质用冷-热台。测温时,仪器的使用温度为-196~600℃。在0~600℃温度范围内精度为±1℃,在-196~0℃范围内时,精度为±0.1℃。升降温的速率在测温过程可控可调可预设。设置的温度变化速率一般为10℃/min,在相变点温度附近,温度变化率设置1℃/min,甚至0.1℃/min。

通过显微冷热台测定了水溶液包裹体的冻结温度 T_f 、冰的初始熔化温度 $T_i(\text{ice})$ 、冰的最终熔化温度 $T_m(\text{ice})$ 、气液均一温度 T_h 及子矿物的融化温度。利用Brown(1989)的FLINCOR计算机程序,采用Brown and Lamb(1989)的等式计算出流体包裹体的盐度。

4.2 包裹体形态

研究所采样品均为含金石英脉。所采样品的石英中包裹体较为发育,但大小极不均匀,一般的包裹体普遍较小,多数小于5 μm ,部分在3 μm 以下。为数不多的包裹体可达5~10 μm 甚至以上。<3 μm 的包裹体太小,无法清晰观察其内部

相变过程,失去研究意义。黄金洞金矿的矿物流体包裹体可大致分为三个类型:类型I为与液体包裹体共生的盐水包裹体;类型II为与气体包裹体共生的盐水气液包裹体;类型III为 $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ 三相包裹体。三个类型的包裹体或成群分布,或孤立状分布,外形多较规则,偶见不规则者(图2)。类型I的包裹体呈无色-灰色,大小在 $2\times 3\sim 2\times 12\mu\text{m}$, $V/T < 5\%$ 。类型II的包裹体呈无色-灰色,大小在 $3\times 5\sim 8\times 4\mu\text{m}$, $V/T < 10\%$ 。类型III的包裹体呈浅灰-深灰色,粒径较大,在 $15\times 20\sim 20\times 40\mu\text{m}$, $V/T < 20\%$ 。

4.3 测温结果

黄金洞矿区2件含金石英脉样品的石英主矿物中观察和测定了21个各类包裹体的特征及相变温度,结果见表1、表2。从表中可看出,盐水包裹体的均一温度在168~215℃之间。盐水气液包裹体均一温度较集中,为225~233℃。 $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ 三相包裹体的 CO_2 部分均一温度在26.3~26.7℃之间,完全均一温度在336~339℃。三个类型的包裹体全部均一为液相,各类型包裹体的均一温度统计直方图和包裹体盐度统计直方图见图3、图4。

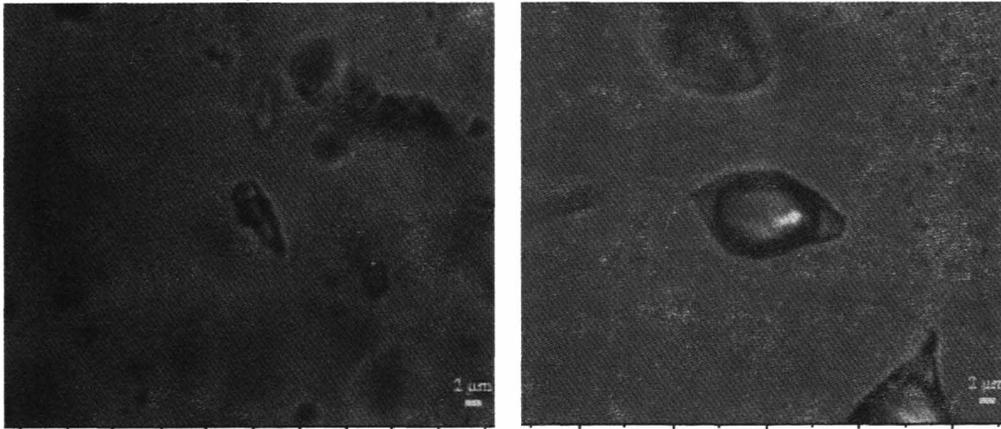


图2 黄金洞金矿石英脉中的流体包裹体

Fig. 2 Photomicrograph of fluid inclusions in quartz from Huangjindong gold deposits

左-盐水气液包裹体呈孤立状分布;右- $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ 三相包裹体呈孤立状分布

5 讨论与结论

5.1 流体成分

本次研究采用含金石英脉中的样品进行拉曼光谱测试,流体包裹体中含有 CO_2 、 N_2 和 CH_4 。刘英

俊等^[13]曾对黄金洞金矿的流体物理化学性质进行过研究(表3)。含金石英中阳离子主要为 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 及 Fe^{3+} 等,阴离子主要为 S^{2-} 、 F 及 Cl 等。根据流体的成分特点可初步确定流体来源。一般认为 $\chi_{\text{Na}}/\chi_{\text{K}} < 1$, $\chi_{\text{F}}/\chi_{\text{Cl}} \geq 1$ 的流体与岩浆热液有关,

表1 样品H1中流体包裹体测试结果
Table 1 Microscopic measuring results of fluid inclusions in quartz from sample H1

样号	赋存矿物产状	包裹体分布形态	测温类型	共生类型	包裹体形状	大小(μm)	气液比(%)	均一相态	均一温度(°C)
H1	石英脉	成群分布	盐水包裹体	液体包裹体	规则	2×12	≤5%	液相	168
H1	石英脉	成群分布	盐水包裹体	液体包裹体	规则	2×10	≤5%	液相	171
H1	石英脉	成群分布	盐水包裹体	液体包裹体	规则	5	≤5%	液相	172
H1	石英脉	成群分布	盐水包裹体	液体包裹体	规则	2×7	≤5%	液相	173
H1	石英脉	成群分布	盐水包裹体	液体包裹体	规则	4	≤5%	液相	176
H1	石英脉	成群分布	盐水包裹体	液体包裹体	规则	6	≤5%	液相	198
H1	石英脉	成群分布	盐水包裹体	液体包裹体	规则	3×4	≤5%	液相	202
H1	石英脉	成群分布	盐水包裹体	液体包裹体	规则	2×3	≤5%	液相	213
H1	石英脉	成群分布	盐水包裹体	液体包裹体	规则	2×4	≤5%	液相	215

注:样品由核工业地质分析测试研究中心测试.

表2 样品H2中流体包裹体测试结果
Table 2 Microscopic measuring results of fluid inclusions in quartz from sample H2

样号	赋存矿物产状	包裹体分布形态	测温类型	共生类型	包裹体形状	大小(m)	气液比(%)	均一相态	均一温度(°C)	盐度(wt% NaCl)	CO ₂ 密度(g/cm ³)
H2	石英脉	成群分布	盐水气液包裹体	盐水包裹体	规则	3×5	≤10%	液相	233	3.55	
H2	石英脉	成群分布	盐水气液包裹体	气体包裹体	规则	4×10	≤10%	液相	225	4.65	
H2	石英脉	成群分布	盐水气液包裹体	气体包裹体	规则	4×6	≤10%	液相	230		
H2	石英脉	成群分布	盐水气液包裹体	气体包裹体	规则	6×5	≤10%	液相	232	4.18	
H2	石英脉	成群分布	盐水气液包裹体	气体包裹体	规则	8×4	≤10%	液相	228	4.34	
H2	石英脉	成群分布	盐水气液包裹体	盐水包裹体	规则	3×5	≤10%	液相	233	4.65	
H2	石英脉	成群分布	H ₂ O-CO ₂ 三相包裹体	盐水包裹体	规则	15×20	≤20%	液相	26.4(CO ₂ 部分均一)	10.98	0.68
H2	石英脉	成群分布	H ₂ O-CO ₂ 三相包裹体	盐水包裹体	规则	15×25	≤20%	液相	339(CO ₂ 部分均一:26.3)	10.86	0.681
H2	石英脉	成群分布	H ₂ O-CO ₂ 三相包裹体	盐水包裹体	规则	15×30	≤20%	液相	336(CO ₂ 部分均一:26.5)	10.73	0.678
H2	石英脉	成群分布	H ₂ O-CO ₂ 三相包裹体	盐水包裹体	规则	18×18	≤20%	液相	26.5(CO ₂ 部分均一)		0.678
H2	石英脉	成群分布	H ₂ O-CO ₂ 三相包裹体	盐水包裹体	规则	20×20	≤20%	液相	26.4(CO ₂ 部分均一)		0.68
H2	石英脉	成群分布	H ₂ O-CO ₂ 三相包裹体	盐水包裹体	规则	20×40	≤20%	液相	26.7(CO ₂ 部分均一)		0.676

注:样品由核工业地质分析测试研究中心测试.

$\chi_{Na}/\chi_K > 2$, $\chi_F/\chi_{Cl} \geq 1$ 的流体与沉积或热卤水有关^[9-10]。从成分分析可知本矿区的 Na^+/K^+ 为 18.33, F/Cl 为 3.2。故本区流体可能来源于热卤水或者沉积岩。

5.2 流体温度和盐度变化关系

样品中各类型流体包裹体的盐度 - 均一温度关系图如图 5 所示。盐水包裹体因个体太小,无法测得冰晶的融化温度,无法估算其盐度值。盐水气液包裹体由冰晶融化温度估算的盐度值为 3.55 ~ 4.65 wt% NaCl equiv, 为低盐度。H₂O-CO₂三相包裹体通过 CO₂ 笼和物的融化温度估算其盐度值为 10.73 ~ 10.98 wt% NaCl equiv, 盐度较高,可能反应高盐度流体来源。盐水包裹体和盐水气液包裹体的均一温度跨度较大,并且其盐度很低,在 4.655

wt.% NaCl equiv 以下。随着温度的降低,流体盐度急剧下降,可能表示成矿过程后期有地表水的加入,使得温度盐度较高的流体在短时间内温度和盐度都急剧下降。

5.3 成矿温度

从图 5 和表 2 可见, H₂O-CO₂ 三相包裹体的均一温度和盐度都很集中,这说明包裹体后期未经很大的变化,可以代表原始流体的均一温度。流体的均一温度只能代表成矿的最低温度,故黄金洞金矿的成矿温度最低限度为 336 ~ 339℃。

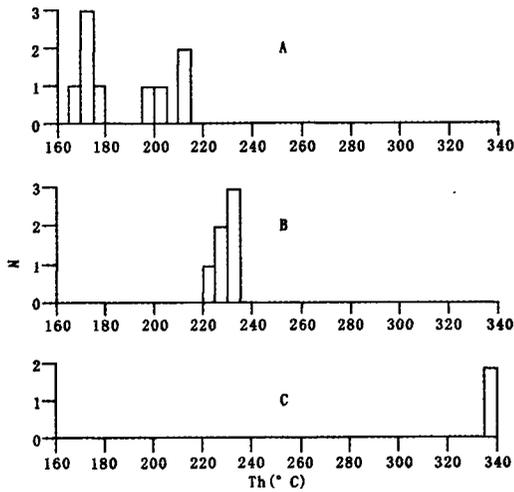


图3 黄金洞金矿流体包裹体均一温度直方图

Fig. 3 Homogenization temperature histogram of fluid inclusions in quartz from Huangjindong gold deposits

A- 与液体包裹体共生的盐水包裹体; B- 与气体包裹体共生的盐水气液包裹体; C- H₂O-CO₂三相包裹体

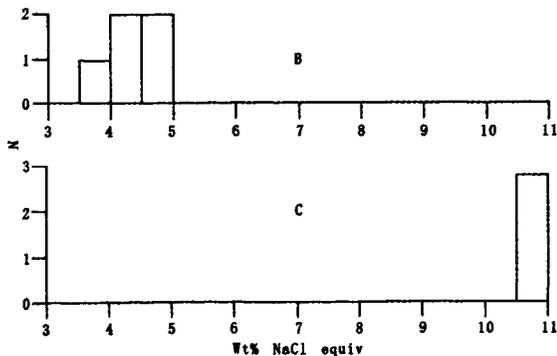


图4 黄金洞金矿流体包裹体盐度直方图

Fig. 4 Salinity histogram of fluid inclusions in quartz from Huangjindong gold deposits

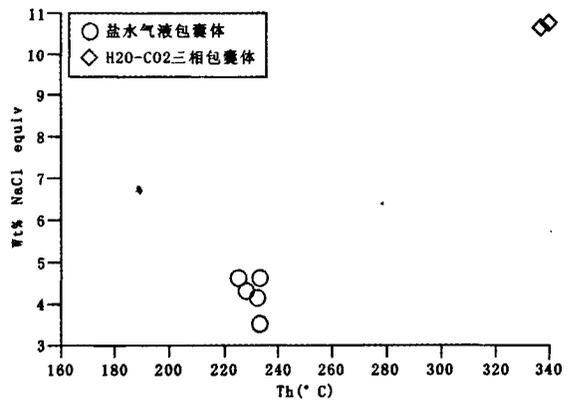


图5 黄金洞金矿流体包裹体均一温度-盐度散点图

Fig. 5 Homogenization temperature- salinity scatter-gram of fluid inclusions in quartz in Huangjindong deposit

表3 黄金洞金矿成矿流体成分^[13]

Table 3 Composition of ore-forming fluid from Huangjindong gold deposits

测定矿物	含金石英		
样品数	14		
气体含量 (mol/kg H ₂ O)	CO ₂	4.96	
	N ₂		
	CH ₄	0.77	
	K ⁺	0.03	
包 裹 体 成 分	Na ⁺	0.55	
	阳离子浓度	Ca ²⁺	0.61
	(mol/kg H ₂ O)	Mg ²⁺	0.79
		∑Fe	0.04
		Na ⁺ /K ⁺	18.33
		∑S	0.27
阴离子浓度	F ⁻	0.16	
(mol/kg H ₂ O)	Cl ⁻	0.05	
	F/Cl	3.2	

5.4 矿床流体来源及矿床成因分析

根据以上特征分析,黄金洞金矿床属中温热液型矿床,工业类型为含金石英脉型。从成矿流体的盐度变化推断,成矿热液主要来源于变质热液,含盐度较高,局部达到10.98%;但随着成矿过程演化,有地下水不断涌入使得热液成分有所改变,盐度降低到4%附近,同时,流体温度相应降低,这可能是成矿作用的重要因素^[14-15]。此外,成矿流体中还含有CO₂。CO₂是一种弱酸,对缓冲调节成矿流体pH值的作用不可忽视。当含矿流体所处外界环境的PH值、EH值及温度压力等任何一个因素发生变化时,都会引起流体中金元素的沉淀^[6]。随着成矿流体温度的降低和成分的改变,流体中携带的成矿元素在构造裂隙中沉淀形成矿体。

野外工作中得到湖南地质调查院领导和同事的大力支持和通力合作;测试工作得到核工业部北京地质研究院分析测试研究中心张敏的大力支持,在此表示感谢!

参考文献

- [1] 荫椿. 黄金洞金矿床地球化学特征[J]. 地质与勘探, 1989, 25(11): 43-48.
- [2] 罗献林. 论湖南黄金洞金矿床的成因及成矿模式[J]. 桂林冶金地质学院学报, 1988, 8(3): 225-240.
- [3] 张乾, 曹裕波, 张宝贵, 等. 湖南黄金洞金矿床的稀土与未来元素地球化学—矿石成因证据[J]. 地质与勘探, 1992, 28(11): 12-17, 61.
- [4] 沈克富. 平江黄金洞金矿田成矿特征及找矿前景[J]. 湖南地质, 2000, 19(4): 237-240.
- [5] 张先学. 湖南省平江县黄金洞金矿田成矿规律与找矿方向[J]. 国土资源导刊, 2008, (03): 60-61.
- [6] 黄强太, 夏斌, 蔡周荣, 等. 湖南省黄金洞金矿田构造与成矿规律探讨[J]. 黄金, 2010, 31(2): 9-13.
- [7] 梁婷, 高景刚, 朱文戈. 成矿流体类型及研究方法综述[J]. 西安文理学院学报, 2005, 8(4): 36-42.
- [8] 刘建明, 赵善仁, 刘伟, 等. 成矿流体体系的主要类型[J]. 地球科学进展, 1998, 13(2): 161~165.
- [9] 张连昌, 赵伦山. 成矿流体研究的若干进展与动态[J]. 地质与勘探, 2001, 37(1): 7-10.
- [10] 邵军, 张哲. 内生金矿床的成矿流体[J]. 地质与资源, 2001, 10(1): 50-55.
- [11] 卢焕章, 范宏瑞, 倪培, 等. 流体包裹体[M]. 北京: 科学出版社, 2004, 205-226.
- [12] 高福红, 于均民. 流体包裹体在成矿作用研究中的应用[J]. 世界地质, 2000, 19(4): 320-323.
- [13] 刘英俊, 季俊峰, 孙承轅, 等. 湖南黄金洞元古界浊积岩型金矿床的地质地球化学特征[J]. 地质找矿论丛, 1991, 6(1): 1-13.
- [14] 温春齐, 蔡建明, 刘文周, 等. 金顶铅锌矿床流体包裹体地球化学特征[J]. 矿物岩石, 1995, 15(4): 78-84.
- [15] 张德会, 刘伟. 流体包裹体成分与金矿床成矿流体来源——以河南西峡石板沟金矿床为例[J]. 地质科技情报, 1998, 17(增刊): 67-71.
- [16] 卢焕章. CO₂流体与金矿化: 流体包裹体的证据[J]. 地球化学, 2008, 37(4): 321-328.

Characteristics of Fluid inclusions of the Huangjindong Gold Deposit, Hunan Province

LI Jie, CHEN Bi-he, AN Jiang-hua, TAN Shi-min, ZHANG Xiao-guo, YAO Yu-jun
(Hunan Institute of Geological Survey, Changsha 410011, China)

Abstract: Huangjindong gold deposit is located in Pingjiang county, Hunan province. The mineralization was controlled by faulted structure, and emplaced in Jixianian period slate and sandstone. The ore bodies are vein-like and lenticular formed at the expansion space of the fault zone. Fluid inclusion data of the Huangjindong gold deposit show that the metamorphic fluid was characterized by low temperature (higher than 336 ~ 339 °C), and relatively low salinities(w (NaCl) eq < 10.98%). Gold precipitation was caused by cooling and mixing of the different source fluids.

Key words: fluid inclusion; metamorphic fluid; Huangjindong gold deposit