

甘肃北山南金山金矿床流体包裹体研究

曹 亮¹, 许荣科², 陕 亮³, 张雨莲⁴

(1. 武汉地质矿产研究所, 武汉 430023; 2. 中国地质大学 资源学院, 武汉 430074;
3. 中国地质调查局 发展研究中心, 北京 100037; 4. 西安地质矿产研究所, 西安 710054)

摘 要: 包裹体研究表明, 南金山金矿含金矿化体及石英脉中流体包裹体发育一般, 且粒度偏小, 主要为 CO₂ 包裹体和气液 2 相包裹体。南金山金矿床成矿流体以中低温(160~240℃)、中低盐度($w(\text{NaCl})=6\% \sim 7\%$)、富含 CO₂ 为特征, 成矿流体属于 Na⁺(K⁺, Ca²⁺)—Cl⁻—(F⁻)—H₂O 体系。石英矿物氢氧同位素测试结果, $\delta(^{18}\text{O}_{\text{石英}})=12.2 \times 10^{-3} \sim 15.8 \times 10^{-3}$, 以富¹⁸O 为特征; 矿物水 $\delta(^{18}\text{O}_{\text{水}})=-0.22 \times 10^{-3} \sim 7.44 \times 10^{-3}$, 反映成矿流体来源于深部, 成矿作用过程中有大量的大气降水加入。

关键词: 南金山金矿床; 浅成低温热液矿床; 流体包裹体; 甘肃北山

中图分类号: P59; P618.51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2011)03-0249-06

0 引言

甘肃北山成矿带位于克拉麦里、天山和阿尔金山 3 个褶皱带的交汇部位。金矿主要分布在南、北 2 个构造带内, 受 EW 向构造破碎蚀变带控制, 产于华力西中晚期酸性侵入体的内外接触带上, 是我国重要的岩金生产基地之一^[1]。1998 年, 甘肃省地质矿产勘查局酒泉地质矿产调查队三分队对南金山矿床南北矿带的样品进行了氧同位素测定和包体测温工作。本次工作采用较为先进的仪器, 对南金山金矿床深部的高温钙铝榴石和东部的低温弱硅化地段的流体包裹体进行系统研究, 以期了解南金山金矿床成矿过程中成矿流体的物质来源及演化。

1 地质概况

南金山金矿位于甘肃省肃北蒙古族自治县明水乡境内, 大地构造位置属北山北部晚古生代活动大陆边缘^[2], 毗邻新疆天山褶皱带。矿区东西长 4.5 km, 南北宽约 2 km, 面积约 9.0 km² (图 1)。

矿区出露地层均为下石炭统白山组上岩组浅变质的海相火山碎屑沉积岩、火山碎屑岩。南金山金矿床按矿体产出部位和空间分布位置, 可分为南、北 2 个含矿带, 均呈近 EW 向展布^[2]。

矿区赋矿地层为白山组上岩组。下部主要为泥灰岩、条带状灰岩及千枚状绢云母板岩等, 与侵入岩接触时发生轻微变质; 中部主要为浅变质凝灰质粉砂岩、凝灰质砂(砾)岩、英安质凝灰岩及砂砾岩等; 上部主要为细晶灰岩^[3]。矿区内断裂构造发育, 尤其是近 EW-NE 向与火山机构有关环状断裂为主要的控矿构造, 断裂倾向 S-SE, 倾角 60°~70°, 矿体及含金脉体一般分布于断裂的下盘, 断裂下盘的派生裂隙构成容矿空间, 尤其渗透性较强的凝灰质砂—粉砂岩是矿质沉淀的理想场所^[4]。

2 样品及测试方法

2.1 样品

在南金山金矿的不同深度、不同蚀变部位取样, 共磨制了 4 件石英包裹体片, 从地表到矿体深部依次编号为 D25-3, D25-9, D25-13 和 D25-8。

收稿日期: 2009-12-14; 改回日期: 2011-05-18

基金项目: 中国地质调查局国土资源大调查项目(1212010531504)资助。

作者简介: 曹亮(1982-), 男, 陕西商南人, 硕士, 主要从事矿产规律与成矿预测工作。通信地址: 湖北省武汉市东湖高新区光谷大道 69 号, 武汉地质矿产研究所 611 室; 邮政编码: 430223; E-mail: okeyokok@163.com

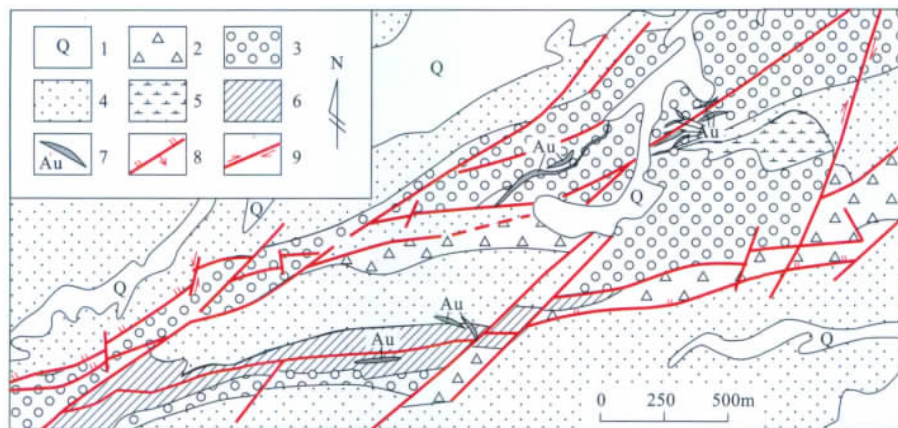


图1 南金山金矿床地质略图(据赵安生等,修改)

Fig. 1 Geological sketch of Nanjinshan gold deposit

1. 第四系 2. 白山组:凝灰岩、火山角砾岩 3. 白山组:凝灰质砂岩、砂砾岩和板岩
4. 白山组:火山岩 5. 闪长岩 6. 蚀变岩 7. 金矿体 8. 逆断层 9. 走滑断层

2.2 测试方法

2.2.1 石英流体包裹体观察与显微测温

石英流体包裹体的观察拍照及测温工作在中国地质大学(武汉)流体包裹体实验室完成。使用 Linkam TH600 冷热两用台进行相变温度测定,测定精度: $<30^{\circ}\text{C}$ 时为 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$; $>30^{\circ}\text{C}$ 时为 $1\sim 5^{\circ}\text{C}$ 。

2.2.2 石英流体包裹体气液相成分测定

石英流体包裹体气相和液相成分分析由中国地质调查局宜昌地质调查中心实验室完成。石英流体包裹体成分测定采用加热爆裂法。预先把样品粉碎至 $0.25\sim 0.5\text{ mm}$, 过筛后在双目镜下挑纯,纯度达 99%。

(1) 气相成分分析。将清洗干净的样品放入石英分析管内,之后将分析管逐渐升温到 100°C 时抽真空,待管内真空度为 $6\times 10^{-6}\text{ Pa}$ 以下、以 $1^{\circ}\text{C}/3\text{ s}$ 的速度升温到 500°C 时测定。

仪器及条件: AG202 四极质谱仪 (Quadrupole mass spectrometer), 由日本真空技术株式会社生产。SME 电压: -1.22 kV ; 电离方式: EI; 电离能: 50 eV ; 测量速度: 50 msec/amu ; 仪器重复测定精密度 $<5\%$ 。

(2) 液体成分分析。称取清洗干净的样品 1.0000 g 放入石英管中, 500°C 爆裂 15 min , 冷却后加水 5 ml , 超声震荡 10 min , 然后进行离子色谱测定。

仪器及条件: 离子色谱仪为日本岛津公司

(SHIMADZU) HIC-6A 型; 淋洗液: 2.5 mM 邻苯二甲酸、 2.4 mM 三(羟)甲基氨基甲烷; 流速: 阴离子 1.2 ml/min ; 阳离子 1.0 ml/min ; 重复测定精密度 $<5\%$ 。

3 流体包裹体一般特征

4 件样品镜下所见的包裹体类型主要有气液 2 相包裹体和 CO_2 包裹体, 这些包裹体在薄片中的特征如下:

D25-3: 石英中包裹体发育, 主要为 CO_2 包裹体(图 2A

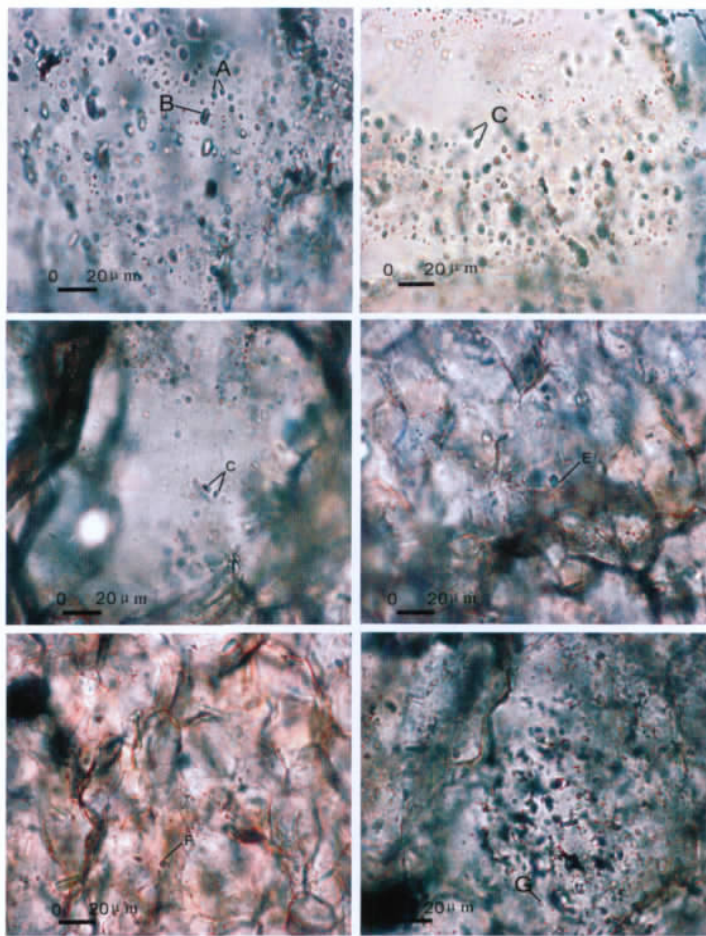


图2 南金山金矿床含金石英脉中不同类型包裹体的显微照片

Fig. 2 Microscopic feature of different fluid inclusion types in gold quartz veins of Nanjinshan gold deposit

点)和气液 2 相包裹体(图 2B 点)。包裹体大小 4~14 μm ,气液比不等,多为 10%~25%。包裹体形态为不规则菱形、椭圆和不完全负晶状。

D25-8:石英中包裹体较发育,气液 2 相包裹体(图 2C 点)和大量 2 相、3 相 CO_2 包裹体(图 2D 点), CO_2 包裹体中 CO_2 的含量为 20%~95%,部分 CO_2 包裹体常温下跳动。包裹体的大小 10~20 μm ,2 相气液包裹体的气液比约 10%。包裹体形态呈不完全负晶状、椭圆状或浑圆状。

D25-9:石英中包裹体发育,为 2 相气液包裹体(图 2E 点)和 CO_2 包裹体(图 2F 点),部分 CO_2 包裹体中 CO_2 常温下晃动,包裹体大小 10~20 μm ,气液比 10%±,形态为长条柱状、米粒状等。

D25-13:石英中包裹体发育,为气液 2 相包裹体(图 2G 点), CO_2 包裹体中 CO_2 在常温下跳动, CO_2 含量 20%~95%。气液 2 相包裹体的气液比<10%。包裹体大小以 10~20 μm 者居多。形态为纺锤状、浑圆状、不规则状等。

3.1 包裹体均一温度

测定的 60 个包裹体的均一温度变化范围为 135~320 $^{\circ}\text{C}$,其峰值有 2 个,一个是在 150~180 $^{\circ}\text{C}$,另一个是在 210~240 $^{\circ}\text{C}$ (图 3)。28 个 CO_2 包裹体的均一温度(包括均一到液相或气相)为 226~370 $^{\circ}\text{C}$ (表 1),峰值出现在 250~310 $^{\circ}\text{C}$ (图 3)。总之, CO_2 包裹体具有相对较高的均一温度。

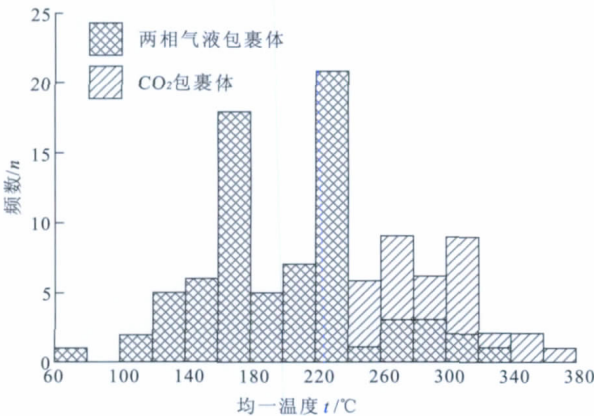


图 3 两相气液包裹体和 CO_2 包裹体的完全均一温度直方图^[6]

Fig. 3 Histogram of homogenization temperatures of two-phase H_2O -rich inclusion and CO_2 inclusions

3.2 封闭压力

根据刘斌等(2000)的公式计算,利用 CO_2 包裹体估算了包裹体捕获时的压力。24 个 CO_2 包裹体

的完全均一压力变化范围为 2.8~233.3 MPa,压力值主要集中在 100~160 MPa(图 4)。

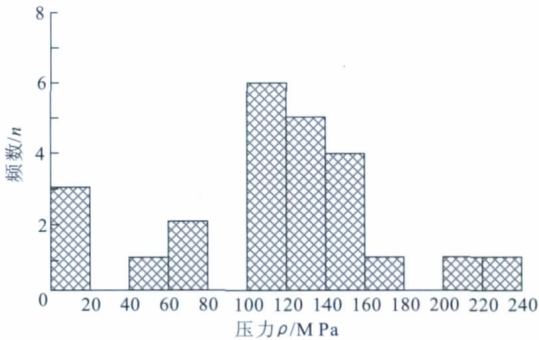


图 4 CO_2 包裹体的完全均一压力直方图^[6]

Fig. 4 Pressure histogram of CO_2 inclusions

在已得到的压力值的基础上,用邵洁连(1986)的经验公式^[7]计算成矿压力:

$$p_1 = p_0 \times T_h / t_0$$

$$p_0 = 219 + 2620w, t_0 = 374 + 920w$$

式中, p_1 为成矿压力; p_0 为初始压力; w 为盐度; T_h 为均一温度; t_0 是初始温度。

求得相应包裹体的流体压力最大值为 48.7~69.3 MPa;假设以 27 MPa/km 的增压率计算,则成矿深度为 1.8~2.0 km。

3.3 流体包裹体盐度

43 个气液 2 相包裹体的盐度 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ = 0.71%~11.83%,其峰值集中于 6%~7%(图 5)。32 个 CO_2 包裹体的盐度 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ = 3.76%~41%(表 2),峰值主要出现在 5%~6%处(图 5)。

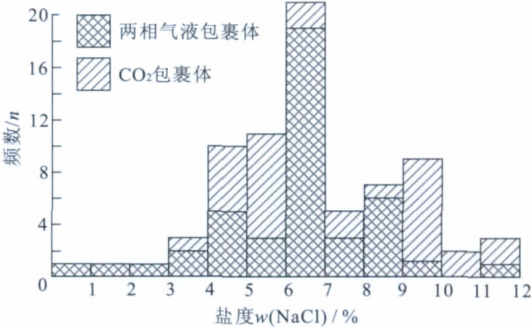


图 5 气液包裹体和 CO_2 包裹体盐度直方图^[6]

Fig. 5 Salinity histogram of two-phase H_2O -rich and CO_2 inclusions

3.4 流体包裹体成分

南金山金矿床矿物流体包裹体成分分析结果(表 2)显示,包裹体气相成分有 H_2O , CO_2 , CO ,

表 1 南金山金矿床含金石英脉中气液包裹体测量结果表

Table 1 Test and analysis data of two-phase H₂O-rich inclusions in quartz and carbonates from the Nanjinshan gold deposit

样品 编号	大小	气液比 /%	冰点 /℃	盐度 w(NaCl _{eq})/%	完全均一 温度 t/℃	样品 编号	大小	气液比 /%	冰点 /℃	盐度 w(NaCl _{eq})/%	完全均一 温度 t/℃
D25-3	4×7	40			174	D25-9	13×6	7			221
	6×7	10	−4.5	7.17	135		12×8	20			234
	4×7	20	−2.4	4.03	145		8×7	30			148
	3×7	10			230		4×6	15			117
	6×7	10	−2.6	4.34	235		12×3	10			179
	4×9	30	−3.7	6.02	239		3×6	25			230
	4×7	30			165		4×9	15			162
	8×7	25	−4.3	6.88	178	D25-13	4×6	30	−3.5	5.71	173
	6×7	10			221		4×7	15	−0.4	0.71	208
	12×7	20	−4.1	6.59	176		6×9	20			171
	8×7	40			141		4×5	25			188
	4×7	15			138		8×9	15			175
	12×7	10	−4.7	7.45	76		6×9	15			161
	14×6	25	−3.8	6.16	230		4×11	20			226
	4×7	40	−4.2	6.74	210		8×7	30	−3.8	6.16	205
D25-8	4×5	20			235		4×6	25	−8.1	6.74	223
	6×7	8			203		13×8	10	−5.4	8.41	275
	10×7	10			232		5×7	30	−4.2	6.74	238
	9×5	25	−2.4	4.03	281		9×6	10	−2.7	4.49	165
	4×7	10			296		7×4	15	−1.1	1.91	236
	7×9	35	−2.1	3.55	312		6×8	25			268
	6×8	30	−3.7	6.01	268		8×12	10			215
	14×7	10	−4.3	6.88	288	NJS01-8	18×10	20			17
	9×7	20			318		11×7	8	−4.5	7.17	135
	8×3	18	−4.3	6.88	251		5×3	20			145
	15×7	20	−3.9	6.30	332		14×6	10			230
	11×6	15	−8.2	11.93	226		9×4	10			194
	8×7	10	−3.1	5.11	176		16×9	10			239
	3×6	40	−4.3	6.88	168		18×7	10	−5.4	8.41	185
	6×11	30	−5.3	8.28	192		11×7	10	−5.4	8.41	180
D25-9	8×6	20	−3.4	5.56	174		16×7	8	−2.1	3.55	221
	4×7	10			135		29×7	5	−4.3	6.88	189
	4×9	8			147		11×5	7	−4.3	6.88	145
	6×7	15	−3.9	6.30	236		9×4	10	−3.9	6.3	138
	4×7	10	−5.4	8.41	167		13×4	8	−4.3	6.88	209
	8×9	7	−1.3	2.24	239		14×11	7	−4.1	6.59	230
	4×5	20	−5.3	8.28	108		36×10	5	−4.3	6.88	210
	8×7	25	−2.8	4.65	174						

测试单位:中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室测试(2007-11);样品 NJS01-8 数据引自文献[5]。

表 2 南金山金矿石英包裹体气液相成分分析结果

Table 2 Analysis of liquid and gas phase of fluid inclusions in quartz from Nanjinshan gold deposit

样品编号	测试矿物	爆裂温度/℃	深度/m	气相成分					
				H ₂ O	CO ₂	CO	CH ₄	H ₂	
D-25	石英	100~600	100	356.50	11.28	0.05	0.03	0.09	
D-26	石英	100~600	300	332.20	10.05	0.04	0.02	0.08	
液相成分									
K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Li ⁺	F [−]	Cl [−]	SO ₄ ^{2−}	HCO ₃ [−]	pH
3.80	1.46	0.65	0.03	0.003	0.12	2.89	0.00	0.00	6.70
3.34	1.06	0.56	0.02	0.003	1.10	2.75	0.00	0.00	6.60

测试单位:中国地质调查局宜昌地质调查中心(2008-03)。量的单位:ω_B/10^{−6}。

CH₄ 和 H₂,其中以 H₂O 和 CO₂ 为主,二者占气体总量的 99.7% 以上,此外含有极少量的 CO,CH₄ 和 H₂ 等还原性气体,表明成矿介质具有较强的还原特征,有利于载金矿物黄铁矿的形成。气相成分属 H₂O—CO₂—CO—CH₄—H₂ 型。

根据流体内阴阳离子特征及气相组分,本区成矿流体应为含卤素和碱质的水溶液,属于 H₂O—CO₂—Na⁺—K⁺—Ca²⁺—Mg²⁺—Cl⁻—HCO₃⁻,即 H₂O—CO₂—NaCl 体系。

Roedder 提出了确定成矿热液类型的经验指标^[8]。当 (Na⁺/K⁺) < 2, [Na⁺/(Ca²⁺ + Mg²⁺)] >

4 时,为典型的岩浆热液型;当 (Na⁺/K⁺) > 10, [Na⁺/(Ca²⁺ + Mg²⁺)] < 1.5 时,为典型的热卤水型;介于二者之间即 (Na⁺/K⁺) = 2~10, [Na⁺/(Ca²⁺ + Mg²⁺)] = 1.5~4 时,可能为沉积型或层控热液型。南金山金矿床主要成矿阶段 Na⁺/K⁺ 的比值为 0.31~0.38, Na⁺/(Ca²⁺ + Mg²⁺) 的比值为 1.82~2.14(表 2)。据此推测,南金山金矿床的成矿流体可能为其他来源或是多源混合流体。

南金山金矿床含金石英脉中的包裹体较多,其南矿带和北矿带含金次生石英岩 6 件样品氧同位素组成和包裹体测温(均一法)数据见表 3。

表 3 南金山金矿床石英氧同位素组成和包裹体测温数据

Table 3 O-isotopic composition and temperature measurement of fluid inclusions in quart from Nanjinshan gold deposit

样品产地及产状	样品号	$\delta(^{18}\text{O})/10^{-3}$	温度/℃	$\delta(^{18}\text{O}_{\text{水}})/10^{-3}$
		石英	均一温度	
南矿带	似层状次生石英岩	Ⅲ-1	包体极少	
	脉状含镜铁矿石英脉	Ⅲ-2	200~280	+3.33~+7.44
	似层状次生石英脉(石英脉)	Ⅲ-3	200~230	+0.84~+2.62
北矿带	石英脉	Ⅲ-4	180~250	-0.90~+3.24
	石英细脉	Ⅲ-5	200~250	-0.22~+2.55
	似层状次生石英岩	Ⅲ-6	包体极少	

注:数据据文献[9]。

表 3 显示, $\delta(^{18}\text{O}_{\text{石英}}) = 12.2 \times 10^{-3} \sim 15.8 \times 10^{-3}$,以富¹⁸O 为特征,矿物水的 $\delta(^{18}\text{O}_{\text{水}}) = -0.22 \times 10^{-3} \sim 7.44 \times 10^{-3}$,反映成矿流体来源于深部,成矿过程中有大量大气降水加入。

3.5 沸腾包裹体特征

流体沸腾包裹体是花岗岩浆上升侵位接近地表时,随着上覆地层压力逐渐降低,导致残浆和高温气

液发生减压而沸腾,形成沸腾包裹体。这些包裹体被包裹于正在结晶的石英等晶体缺陷中。

样品 D25-8 的均一温度显示不连续的双峰特点,绝大多数富液 2 相包裹体均一于液相,均一温度集中在 140~200℃;而少量 2 相—3 相包裹体均一温度集中在 280~340℃,多均一至液相,但也有均一至气相者(图 7)。包裹体均一温度的不连续分布和图 7 所示的包裹体从气相到富液包裹体的连续变化,显示出沸腾包裹体的特点。

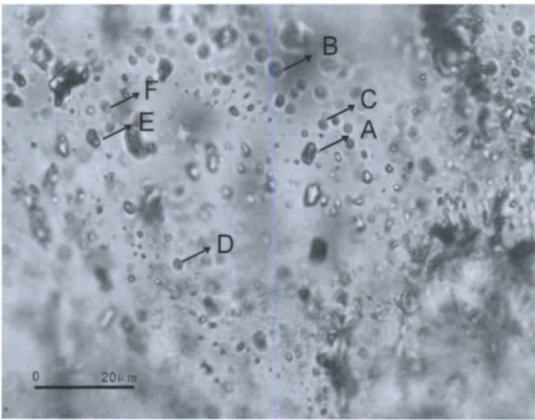


图 6 南金山金矿床样品 D25-8 中沸腾包裹体

Fig. 6 Wallop fluid inclusion in sample D25-8 from Nanjinshan gold deposit

A,B 为具有不同气液比的 3 相包裹体,C,D,E,F 为气相包裹体

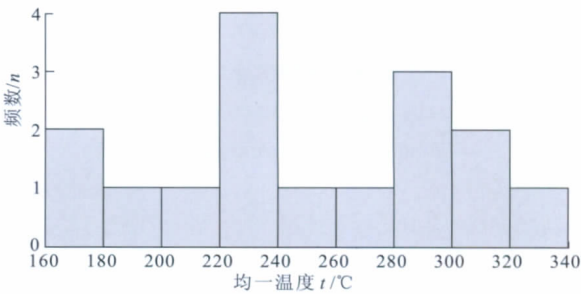


图 7 D25-8 石英包裹体均一温度统计直方图

Fig. 7 Histogram of statistical homogenization temperatures of quartz inclusions for sample D25-8

4 结论

(1) 南金山金矿成矿流体的形成温度主要为 $160\sim 240\text{ }^{\circ}\text{C}$, 属于中低温范围; 成矿流体的盐度 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})=0.71\%\sim 11.83\%$, 且主要集中在 $6\%\sim 7\%$ 区间, 属于中低盐度范围; 成矿深度在 $1.8\sim 2.0\text{ km}$ 。因此, 南金山金矿属于浅成低温热液型金矿。

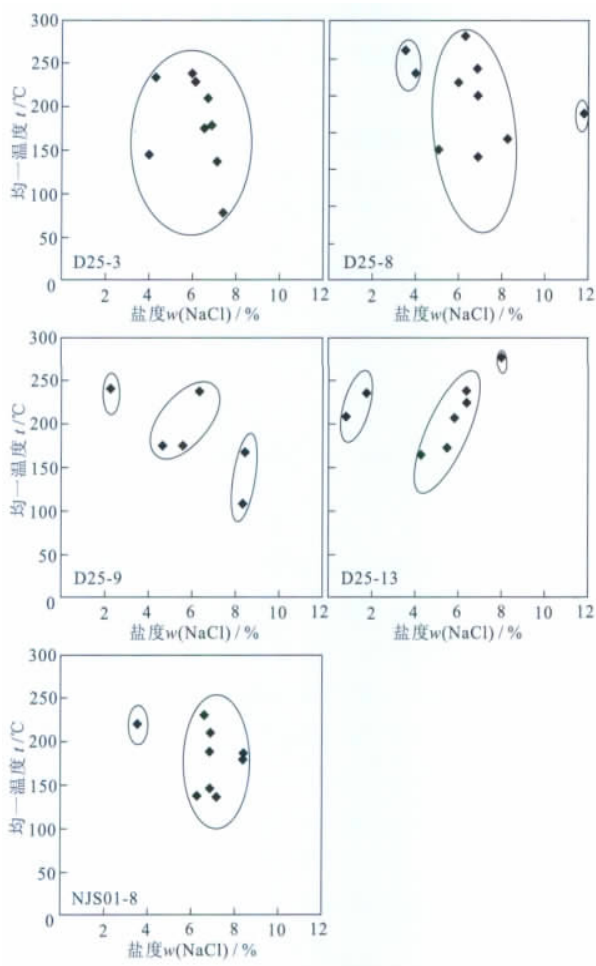


图8 含金石英脉样品的盐度对完全均一温度图

Fig. 8 Apparent salinity vs homogenization temperature of samples of auriferous veins

(2) 由于本文的石英包裹体采自不同位置但属于同一成矿阶段的含金石英脉, 可以认为中等盐度 (即 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})=3\%\sim 7.5\%$) 的流体是由低盐度 ($w(\text{NaCl}_{\text{eq}})<3\%$) 的流体和较高盐度即 ($w(\text{NaCl}_{\text{eq}})>7.5\%$) 的流体混合的结果。这种趋势在单个样品的盐度均一温度图 (图8) 上均有不同程度的表现, 其中样品 D25-8 包裹体含有低、中、高 3 种不同盐度的流体, D25-9 和 D25-13 的包裹体含有低、中 2 种不同盐度的流体, D25-3 中的包裹体只含有中等盐度的流体。这些特点说明成矿过程中可能存在有高盐度流体与低盐度流体的混合, 反映了成矿流体来源于深部, 成矿作用过程中有大量大气降水的加入。

(3) 南金山金矿包裹体均一温度的不连续分布和包裹体从气相到富液包裹体的连续变化, 表明南金山金矿床包裹体中具有沸腾包裹体的特点。

致谢: 本文承蒙郑有业教授、许荣科高级工程师审阅, 并提出了宝贵意见, 谨此谢忱。

参考文献:

- [1] 左国朝, 何国琦. 北山板块构造及成矿规律[M]. 北京: 北京大学出版社, 1990.
- [2] 沈远超, 申萍, 曾庆栋, 等. 甘肃北山地区南金山金矿床隐爆角砾岩体的发现及成矿规律研究[J]. 矿床地质, 2006, 25(5): 572-581.
- [3] 赵安生, 李景春. 北山地区南金山金矿床地质特征及其成因探讨[J]. 黄金, 1993, 14(6): 7-10.
- [4] 聂凤军, 江思宏, 白大明, 等. 北山地区金属矿床成矿规律及找矿方向[M]. 北京: 地质出版社, 2002.
- [5] 江思宏, 聂凤军, 陈伟十, 等. 北山地区南金山金矿床的 ^{40}Ar - ^{39}Ar 同位素年代学及其流体包裹体特征[J]. 地质论评, 2006, 52(2): 266-275.
- [6] 曹亮, 许荣科, 陕亮, 等. 甘肃北山南金山金矿床矿床成因研究[J]. 华南地质与矿产, 2010(4): 30-37.
- [7] 邵洁连. 金矿找矿矿物学[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1988.
- [8] Roedder E. Fluid inclusion studies on the porphyry-type ore deposits at Bingham, Utah, Butte, Montana, and Climax, Colorado [J]. Economic Geology, 1971, 66: 98-120.
- [9] 甘肃省地质矿产局酒泉地质矿产调查队三分队. 中华人民共和国区域地质调查报告: 坡子泉幅、破城山幅 (1: 5万) (矿产部分) [R]. 兰州: 甘肃省地质矿产局, 1988: 34-45.

Application of high precision magnetic survey to ore exploration in Fodikwan iron deposit, Red Sea State, Sudan

DU Han-qing¹, LIU Zhan-tu², ZHANG Wen-hua¹, HUO Yin-feng¹

(1. Institute of Geophysical Survey of China Metallurgical Geology Bureau, Baoding 071051, Hebei, China; 2. Sinosteel Tianjin Geological Academy, Tianjin 300181, China)

Abstract: Fodikwan iron deposit occurs in a fractural zone within intermediate volcanic-subvolcanic rock belonging to fracture zone-filling type iron deposit. Inversion by 2.5-dimension man-computer interaction and 3-dimension modelling of susceptibility are combined to interpret characteristics of ore bodies at surface and depth and display occurrences, sizes and extension to depth of ore bodies and better results of high precision magnetic survey.

Key Words: Fodikwan iron deposit; high precision magnetic survey; 3-dimension modelling; Sudan

(上接第 254 页)

Study on fluid inclusions of Nanjinshan gold deposit of Beishan area, Gansu Province

CAO Liang¹, XU Rong-ke², SHAN Liang³, ZHANG Yu-lian⁴

(1. Wuhan Institute of Geology and Mineral Resources, Wuhan 440023, China;
2. Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;
3. Development Research Center of China Geology Survey, Beijing 100037, China;
4. Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, China)

Abstract: Fluid inclusions in quartz vein and mineralized bodies are moderately developed in Nanjinshan gold deposit with small size. They occur mostly CO₂ inclusion and two phase (liquid and gas) inclusion. The ore fluid of Nanjinshan gold deposit is characterized by medium-low temperature (160 to 240°C), medium-low salinity (NaCl_{eq} 6‰ to 7‰) and enrichment of CO₂ belonging to Na⁺ (K⁺, Ca²⁺) - Cl⁻ (F⁻) - H₂O system. H, O, isotope analysis of gold-bearing quartz is $\delta(^{18}\text{O}_{\text{quartz}})$ 12.2×10^{-3} to 15.8×10^{-3} with enrichment of ¹⁸O and $\delta(^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}})$ -0.22×10^{-3} to 7.44×10^{-3} . This reflects that the ore fluid is of deep source and large volume meteoric water incorporate in the mineralization.

Key Words: Nanjinshan gold deposit; epithermal deposit; fluid inclusions; Beishan area in Gansu province