论小秦岭金矿床流体包裹体特征

——以杨寨峪、金铜岔金矿床为例

On the Characteristies of Fluid Inclusions in the Xiaoqinling Gold Deposits

刘家齐 汪雄武 李桃叶

（宜昌地质矿产研究所，湖北 宜昌 443003）

Liu Jiaqi ,Wang Xiongwu and Li Taoye

(Yichang Institute of Geology and Mineral Resource, Yichang 443003, Hubei, China)

摘 要 作者详细地研究了小秦岭文峪花岗岩及其中的似伟晶岩脉、辉钼矿-石英脉、金矿带中杨寨峪、金铜岔金矿床的不同成矿阶段石英中流体包裹体特征，均一温度，CO_2 部分均一温度，盐度、气相及液相成分，压力，氧逸度，并探讨了小秦岭金矿床的成矿物质来源及其成因。

关键词 包裹体 金矿床 小秦岭

1 地质背景简述

小秦岭金矿位于华北地台南缘灵宝、潼关一带。区内出露地层主要为太古宙太华群的一套深变质火山-碎屑沉积岩系。主要由黑云母闪斜长片麻岩、斜长角闪岩、石墨片岩及少量石英岩、含磁铁矿石英岩、大理岩等组成，普遍混合岩化。区域岩浆岩较为发育，主要为花岗岩类岩石和一些脉岩及正长斑岩。按花岗岩类岩石形成时代可分为嵩阳期、熊耳期、晋宁期、印支期和燕山期，正长斑岩为燕山期；脉岩有伟晶岩、辉绿岩脉、斑岩脉。

小秦岭金矿集中区有千余条含金石英脉，主要环绕燕山期的文峪、华山、娘娘山黑云母花岗岩体分布，赋存于秦岭东西向断裂带的太华群中，具有成群成带分布的特点。根据含金石英脉中矿物共生组合及矿石结构构造特征，以及相互穿切关系，金矿化可划分为 3 个阶段：① 石英黄铁矿阶段；② 含金黄铁矿-石英脉阶段；③ 金-多金属硫化物-石英脉阶段，后二者是金矿化的主要成矿阶段。

2 流体包裹体温压地球化学特征

2.1 不同成岩、成矿阶段石英包裹体特征、均一温度、盐度

文峪花岗岩的石英中流体包裹体以富水的气液两相包裹体为主，并常含有 L_{CO_2} 和 V_{CO_2} 多相包裹体。包裹体形态为椭圆形和不规则状，其大小一般为 4～10 μm，气液比 8%～15%，部分达到 60%；似伟晶岩的石英中，流体包裹体以富水的气液两相包裹体为主，占包裹体总量的 80%～85%，其次为富 L_{CO_2} 和 V_{CO_2} 多相包裹体及少量液相包裹体。包裹体大小 3～15 μm，形态以椭圆形为主，其次为不规则状；花岗岩内辉钼矿-石英脉中流体包裹体也以富水气液两相包裹体及含 L_{CO_2} 和 V_{CO_2} 多相包裹体为主（占 90%以上），其次有少量富气体包裹体及液相包裹体。包裹体形态以负晶型为特征，少部分为不规则状；包裹体大小为 5～

第一作者简介 刘家齐，男，1934 年生，研究员，长期从事矿床学及包裹体研究工作。

25 μm，一般 8～15 μm；气液比 20%～30%，少部分达 60%～70%。

位于文峪花岗岩之外接触带的变质岩中杨寨峪、金硐岔的金矿床，三个成矿阶段石英中流体包裹体均以富水的气液两相包裹体和富 L_{CO_2} 及 V_{CO_2} 多相包裹体为主，原生包裹体形态以负晶形、椭圆形为特征，其次为不规则状：沿裂隙分布的次生包裹体的形态以长柱状、不规则状为特征。包裹体大小 3～20 μm，以 5～10 μm 为主，气液比 10%～80%，以 15%～30%为主。

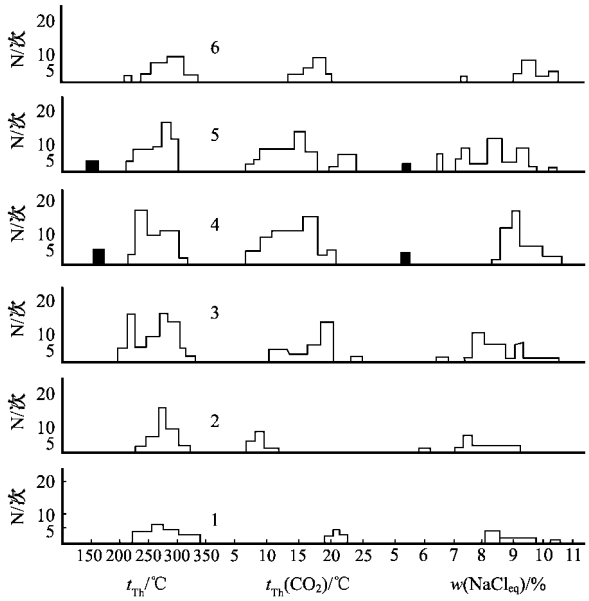

图 1 花岗岩和不同成矿阶段石英中流体包裹体均一温度（t_h），二氧化碳部分均一温度（t_h）、盐度频率直方图

1—文峪花岗岩；2—似伟晶岩：3—辉钼矿-石英脉；4—石英-黄矿脉；5—含金黄铁矿-石英脉；6—金-多金属硫化物-石英脉；7—次生包裹体(■)

图 1 为不同成岩、成矿阶段石英中流体包裹体的均一温度（t_h）、二氧化碳部分均一温度（t_h）和盐度〔w（$NaCl_{eq}$）〕频率直方图；图 2 为均一温度（t_h）、盐度〔w（$NaCl_{eq}$）〕和密度（ρ）相关关系图。由图 1 和图 2 可以看出：① 花岗岩、似伟晶岩和辉钼矿-石英脉的石英包裹体的均一温度（t_h）、主要集中在 260~290℃之间，部分达 320℃：二氧化碳部分均一温度（t_h）和盐度〔w（$NaCl_{eq}$）〕在花岗岩中分别为 22℃和 8.8%：似伟晶岩脉中为 9.6℃和 7.6%：辉钼矿-石英脉中为 18.1℃和 7.9%，密度主要集中在 0.75~0.90 g/cm^3 之间。② 金矿床中第 1 成矿阶段石英包裹体均一温度主要集中在 240~280 ℃之间，二氧化碳部分均一温度 5~22.8 ℃，平均 16.4℃,盐度〔w（$NaCl_{eq}$）〕为 6.5%~9.9%，平均值 8.6%，密度 0.8~0.95 g/cm^3；第 2 成矿阶段石英包裹体均一温度主要集中在 250~280℃之间，二氧化碳部分均一温度 5~26℃，平均值 16.1℃。盐度〔w（$NaCl_{eq}$）〕为 6.7%~9.4%，平均值 8.4%；第 3 成矿阶段石英包裹体均一温度 230~320℃，主要为 280 ℃左右，二氧化碳部分均一温度 15~20℃，平均值 19.8 ℃。盐度〔w（$NaCl_{eq}$）〕为 8.6%~9.6%，平均值 9%，金矿化主要成矿期（2、3 阶段）包裹体的密度为 0.75~0.9 g/cm^3 之间。

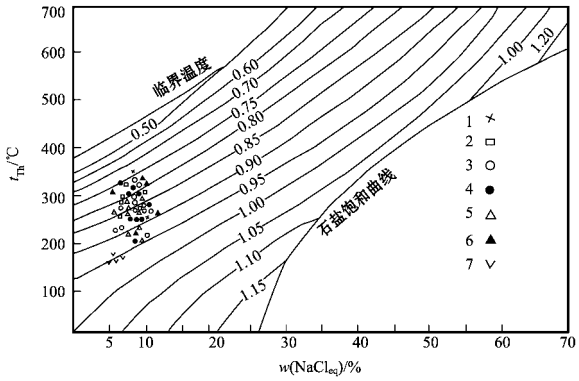

图 2　花岗岩和不同成矿阶段石英中流体包裹体均一温度（t_h）、盐度〔w（$NaCl_{eq}$）〕、密度（ρ）相关图

（据 Bodnar 1983）

1—文峪黑云母花岗岩；2—文峪花岗岩中似伟晶岩；3—文峪花岗岩中辉钼矿-石英脉；4—第Ⅰ矿化阶段石英—黄铁矿脉；5—第 2 矿化阶段含金黄铁矿—石英脉；6—.第 3 矿化阶段金-多金属硫化物-石英脉；7—.次生包裹体

2.2　不同成岩、成矿阶段石英中流体包裹体成分

将不同成矿阶段石英破碎成 0.25~0.5 mm，镜下挑选出纯石英，置于去离子水中浸泡，然后将石英在超声波下清洗干净，置于恒温箱内加温至 110℃恒温 4 小时，除去裂纹中吸附水，称取制备好的样品 0.3 g 在 SP2305 气相色谱仪的热解炉中加热至 600℃，使石英包裹体爆裂，释放出气体在惰性气体的驱动下，测定 H_2O、CO_2、CO、CH_4、H_2 等气体含量（表 1）。另称取 10 g 石英样品装入石英玻璃管中，加热至 600 ℃，使石英中包裹体爆裂，加入 10 ml 去离子水用超声波萃取，提取萃取液，在日立 180-80AAS 原子吸收光谱仪上测定阳离子，在日立 220A 紫外/可见分光光度计上测定阴离子，其结果列于表 2。从表 1、2 中可以看出，1.石英包裹体的气相成分中主要是 H_2O，占 63%

表 1 石英包裹体中气相成分（10^{-6}）

样号	产状	矿物	H_2O	CO_2	CO	CH_4	H_2
Qg-10	文峪花岗岩中心相似伟晶岩	石英	9.00 (76.75)①	269.4 (22.97%)	1.56 (0.13%)	1.44 (0.12%)	0.26 (0.02%)
Qg-11	文峪花岗岩边缘相似伟晶岩	石英	800 (85.06)	138.3 (14.70%)	1.17 (0.12%)	0.86 (0.09%)	0.19 (0.02%)
Q8-1	花岗岩中辉钼矿-石英脉	石英	920 (63.78%)	520.5 (36.09%)	1.17 (0.08%)	0.58 (0.04%)	0.12 (0.01)
Q8-5	石英-黄铁矿阶段（第 1 阶段）	石英	980 (90.25%)	100.1 (9.22%)	1.17 (0.12%)	4.75 (0.44%)	0.09 (0.01%)
QyⅡ	含金黄铁矿-石英脉（第 2 阶段）	石英	430 (71.71%)	167.4 (27.92%)	0.78 (0.13%)	1.30 (0.22%)	0.16 (0.03%)
QyⅢ	金-多金硫化物-石英脉（第三阶段）	石英	500 (81.55%)	1.17 (0.19%)	1.17 (0.19%)	2.30 (0.38%)	0.30 (0.05%)

① 每种气体相对百分含量

表 2 石英包裹体中液相成分（g/l）

	产 状	矿物	Na^+	K^+	LI^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	F^-	SO_4^{2-}	pH
	文峪花岗岩中似伟晶岩脉	石英	4.06	1.20	-	-	-	4.16	1.72	-	6.70
	文峪花岗岩中辉钼矿-石英脉	石英	5.55	2.67	-	-	-	5.05	1.16	2.13	6.70
Ⅰ	石英-黄铁矿	石英	22.70	12.60	0.05	6.19	0.84	37.20	2.70	-	5.90
Ⅱ	含金黄铁矿-石英脉	石英	7.90	3.90	-	6.90	3.50	19.45	5.66	-	5.80
Ⅲ	金-多金属硫化物-石英脉	石英	8.50	0.30	-	8.30	1.17	14.35	6.33	-	6.05

~90%，其次是 CO_2 占 9%~36%，其它还有 CO、CH_4、H_2 等微量气体。2.从花岗岩中的似伟晶岩、辉钼矿-石英脉以及其外接触带变质岩中金矿第 1、2、3 矿化阶段含金石英脉的石英包裹体液相成分均以富含 Na^+和 Cl^-为特征。其中第Ⅰ矿化阶段石英包裹体含有较高的 K^+，第 2、3 矿化阶段石英包裹体中含有较高的 Ca^{2+}和 F^-。总的来看石英流体包裹体的类型应属 NaCl-H_2O-CO_2 体系。

2.3 小秦岭金矿床中石英包裹体形成时的压力

根据不同成岩、成矿阶段石英中包裹体气相成分，应用李秉伦（1986）的矿物中包裹体气体成分的物理化学参数图解，估算成矿流体平衡时有关温压地球化学参数（表 3），估算的平衡温度与实测温度基本相当，形成压力 10~60 MPa，氧逸度为 $10^{-25}\times10^5$~$10^{-38}\times10^5$ Pa，二氧化碳逸度为 $10^{-1.8}\times10^5$~$10^{2.8}\times10^5$ Pa。

表 3 估算的流体平衡温度、压力、氧逸度和二氧化碳逸度

样号	产状	矿物	P/MPa	t_{o2}/℃	$f_{O_2}/10^5$ Pa	$f_{CO_2}/10^5$ Pa
Qq-边	文峪花岗岩边部似伟晶岩	石英	30~60	320~420	-35~-27	1.8~2.8
Qq-g-1	文峪花岗岩中辉钼矿-石英脉	石英	10~60	260~410	-36~-27	2.7
QqⅠ-5	第一矿化阶段石英黄铁矿脉	石英	10~60	240~380	-38~-27	2.7
QqⅡ-7	第二阶段含金黄铁矿石英脉	石英	10~60	280~430	-35~-25	2.8
QqⅢ-7	第三矿化阶段金-多金属硫化物-石英脉	石英	10~60	270~440	-37~-25	2.8

3 氢、氧同位素组成特征

文峪花岗岩及不同成矿阶段石英脉中氧同位素组成 $\delta^{18}O_Q$ 值为 11.0‰ ~12.9‰，根据上述不同成矿阶段包裹体均一温度，应用克莱顿(1972)公式计算不同成矿阶段的成矿流体中 $\delta^{18}O_{H_2O}$ 值介于+5.2‰~+7.5‰

之间。

实测文峪花岗岩石英包裹体中 δD_{H_2O} 值为-65.3‰；第 1、2、3、矿化阶段的石英包裹体中 δD_{H_2O} 值为-42.9‰~-52.3‰。氢氧同位素组成表明，成矿热流体来源于岩将期后热液。

4　讨论

文峪黑云母花岗岩体位于太要深大断裂带南侧，侵入于太华群中，是小秦岭金矿田内最重要的三大侵入体之一。李华芹等（1993）曾对文峪黑云母花岗岩体泉家峪莫沟口中心相中粗粒黑云母花岗岩及其中辉钼矿-石英脉中的石英流体包裹体 Rb-Sr 等时线年龄进行测定，其结果分别为(172.8±6.8) Ma 和(164.8±8.7) Ma，金矿田内杨寨峪和金铜岔金矿中金的主要成矿期（第 2、3 阶段）含金黄铁矿-石英脉及金-多金属硫化物-石英脉中流体包裹体 Rb-Sr 等时线年龄测定结果为 162.4 Ma。这些事实表明，文峪花岗岩体侵入与金的主要成矿期有着密切的成因关系。

文峪黑云母花岗岩及其中似伟晶岩脉、辉钼矿-石英脉，和外接触带变质岩中的金矿第 2、3 阶段石英脉中流体包裹体特征、均一温度（Th）、盐度（S）、二氧化碳部分均一温度（t_{CO_2}）和包裹体成分等有许多相似或一致性，均以富含 L_{CO_2} 和 V_{CO_2} 为特征，岩体内似伟晶岩脉、石英脉的包裹体气相成分中 H_2O 占 63.8%~85.1%，CO_2 占 14.7%~36.1%及微量 CO、CH_4、H_2、N_2 等气体：液相成分中以富 Na^+(4.1~5.6 g/L) 和 Cl^-(4.2~5.1 g/L)为特征。而金的主要成矿期（第 2、3 阶段）石英脉包裹体气相成分中 H_2O 占 71.7%~81.6%，CO_2 占 17.8%~27.9%及微量 CO、CH_4、H_2、和 N_2 等气体：液相成分中也以富含 Na^+和 Cl^-为特征，分别为 7.9~8.5 g/L 和 19.85~14.35 g/L。

岩体中石英和第 2、3 阶段石英脉中石英流体包裹体 δD_{H_2O} 值为-42.96‰~-65.3‰和成矿流体 $\delta^{18}O_{H_2O}$ 为+5.2‰~+7.5‰表明成矿流体来自岩浆热液为特征。

综上所述，从成岩、成矿时代的一致性、花岗岩中流体包裹体温压地球化学特征的相似性以及花岗岩中和不同成矿阶段石英中氢、氧同位素组成均以高 ^{18}O 为特征均表明，小秦岭金矿床与文峪黑云母花岗岩有密切的成生关系。

参　考　文　献

李秉伦,石岗. 1988. 矿物包裹体气体成分的物理化学参数图解[J]. 地球化学，(2)

李华芹,刘家齐,魏林. 1993. 热液矿床流体包裹体年代学研究及其地质应用[[J]. 北京:地质出版社.

Clayton R .N .Oneil J. R.Mayeda T .k. 1972. Oxygen isotope exchange between quartz and water[J]..J.Geophs.Res.77:3057～3067.