

文章编号: 0258-7106(2007)06-0659-07

# 沂沭断裂带中段两种类型金矿流体包裹体特征及其地质意义\*

李洪奎<sup>1,2</sup> 杨峰杰<sup>1</sup> 杨永波<sup>2</sup> 李英平<sup>3</sup>

(1 山东科技大学地科学院, 山东 青岛 266510; 2 山东省地质科学院, 山东 济南 250013;

3 山东省地质调查院, 山东 济南 250013)

**摘要** 为探讨沂沭断裂带中段地区金矿的成矿温度和物质来源,对蚀变岩型和石英脉型金矿内方解石、石英中流体包裹体的研究表明,这2类金矿中流体包裹体较为发育,有单一液相包裹体、气液两相包裹体和富气相包裹体等3种类型;其冰点温度为 $-2\sim-8.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,盐度 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 为 $3.39\%\sim12.39\%$ ;其均一温度变化范围较宽,为 $107\sim550\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,可分为 $125\sim160\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $177\sim230\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $260\sim330\text{ }^{\circ}\text{C}$ 3个温度峰值集中区,分别反映了以中温石英为代表的早期成矿阶段( $260\sim330\text{ }^{\circ}\text{C}$ ),以中低温石英和方解石为代表的中期成矿阶段( $177\sim260\text{ }^{\circ}\text{C}$ )和以低温方解石为代表的晚期成矿阶段( $125\sim160\text{ }^{\circ}\text{C}$ )。沂沭断裂带中段地区金矿的流体包裹体特征及其所反映的成矿条件与鲁西金矿相似,而不同于胶东的金矿。沂沭断裂带是鲁西和鲁东构造区之间的一个转换断层,从流体包裹体的特点来看,该断裂带内的金矿与鲁西平邑地区的金矿更为相似。

**关键词** 地球化学;沂沭断裂带;金矿;流体包裹体;物质来源;成矿温度

中图分类号: 618.51

文献标识码: A

## Characteristics of fluid inclusions from two types of gold deposits in central part of Yi-Shu fault belt and their geological significance

LI HongKui<sup>1,2</sup>, YANG FengJie<sup>1</sup>, YANG YongBo<sup>2</sup> and LI YingPing<sup>3</sup>

(1 Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266510, Shandong, China; 2 Shandong Institute and Laboratory of Geological Sciences, Jinan 250013, Shandong, China; 3 Shandong Institute of Geological Survey, Jinan 250013, Shandong, China)

### Abstract

In order to understand the ore-forming temperature and source materials, this paper studied fluid inclusions well developed within calcite and quartz from both alteration type and quartz vein type gold deposits in the central part of the Yi-Shu fault belt. Three types of fluid inclusions were recognized, namely, single liquid inclusion, gas-liquid inclusion, and gas inclusion. The freezing temperature of the inclusions is about  $-2\sim-8.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , and the salinity  $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$  is  $3.39\%\sim12.39\%$ . The homogeneous temperatures of the inclusions vary in a wide range of  $107\sim550\text{ }^{\circ}\text{C}$ , and can be divided into three temperature concentrated areas, i. e.,  $125\sim160\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $177\sim230\text{ }^{\circ}\text{C}$  and  $260\sim330\text{ }^{\circ}\text{C}$ . These concentrated temperature areas suggest three ore-forming stages, i. e., the early stage represented by the formation of moderate-temperature quartz at  $260\sim330\text{ }^{\circ}\text{C}$ , the second stage by low to moderate temperature minerals of quartz and calcite at  $177\sim260\text{ }^{\circ}\text{C}$ , and the late stage by low-tempe-

\* 本文得到中国地质调查局大调查项目(项目编号 200110200051)资助

第一作者简介 李洪奎,男,1962年生,高级工程师,在职博士研究生,主要从事矿产资源勘查评价和技术管理工作。E-mail:klhk126@126.com

收稿日期 2007-03-26;改回日期 2007-06-14。许德焕编辑。

perature calcite at 125~160 °C. The Yi-Shu fault belt is a transform fault between eastern Shandong and western Shandong, and the characteristics of fluid inclusions and mineralization conditions in this area are similar to characteristics of western Shandong, especially to characteristics of the Pingyi gold deposit, but not similar to characteristics of gold deposits in Jiaodong area.

**Key words:** geochemistry, Yi-Shu fault belt, gold deposit, fluid inclusions, source material, ore-forming temperature

沂沭断裂带是郯庐断裂带在山东境内出露的部分,长约 330 km。由郯部-葛沟断裂、沂水-汤头断裂、安丘-莒县断裂和昌邑-大店断裂构成“两堑夹一垒”的构造样式,明显控制着该区内的沉积建造、岩浆活动和成矿作用。本文所论及的区域主要是沂沭断裂带的中段,沂水-汤头断裂下盘所涉部分(图 1)。

成矿物质来源一直是成矿理论和找矿靶区优选的关键问题。对金矿来说,研究成矿流体的物质组

成及温度,可解决其成矿物质来源问题(杜乐天,1994;刘斌等,1999)。近几年在沂沭断裂带内新发现的金矿床,其矿床类型和成矿机理有别于胶东地区和鲁西地区的金矿床。本文通过对沂沭断裂带内金矿床流体包裹体的研究,以探讨该区成矿物质来源问题。

## 1 成矿地质背景

在沂沭断裂带的中段,产有牛家小河、龙泉站、石屋官庄、南小尧和严家官庄等金矿床,均位于沂水-汤头断裂的下盘,分布在南北约 16 km、东西约 3 km 的狭长地带内。沂水-汤头断裂的上盘为苏村-马站凹陷,其内发育中生代陆相碎屑沉积岩和第四系;该断裂的下盘为中、新太古代的变质表壳岩和新太古代的变质深成岩及古元古代的花岗质岩石,构成汞山凸起区。该区内,燕山期小规模的花岗岩体和岩脉较发育,构造活动强烈,金矿与沂水-汤头断裂带关系密切。

受沂水-汤头断裂控制的金矿床主要产于主断裂面下盘的脆-韧性构造带中,主要有 2 种矿化类型(李洪奎等,2004a,2007):①产于脆-韧性构造带中的蚀变岩型金矿床,包括牛家小河、龙泉站、石屋官庄、严家官庄等金矿床;②受脆性断裂控制的石英脉型金矿床,以南小尧和严家官庄金矿床为代表。蚀变岩型金矿床的矿化蚀变带长大于 11 km,宽度约 50~360 m,带内岩石较为破碎,黄铁绢英岩化碎裂状糜棱岩、糜棱岩质碎裂岩和蚀变绿片岩为含矿岩石(图 2),已初步控制 17 个矿体,矿体一般长 130~1050 m,平均品位为  $2.5 \times 10^{-6}$ ,平均厚度为 3.83 m,共探求金资源量 5~6 t。石英脉型金矿床的规模一般较小,矿体长 50~320 m,厚度为 0.5~4.62 m,呈脉状、透镜状、扁豆状。地表矿体的品位较低,但矿化较普遍,深部矿化较好,品位较高。

据研究,该矿床应属受脆-韧性构造带控制的中低温热液交代型(蚀变岩型)金矿床,区内金矿床的主成矿期应为晚侏罗世—早白垩世(李洪奎等,2004b)。



图 1 研究区地质略图

1—第四系 2—白垩系 3—寒武系—奥陶系 4—太古宙地层 5—燕山晚期花岗岩 6—古元古代花岗岩 7—太古宙花岗岩 8—断裂构造 9—压扭性断裂 10—张扭性断裂 11—糜棱岩带 12—地质界线;Y-1—郯部-葛沟断裂;Y-2—沂水-汤头断裂;Y-3—安丘-莒县断裂;Y-4—昌邑-大店断裂

Fig. 1 Geological sketch map of studied area

1—Quaternary; 2—Cretaceous; 3—Cambrian-Ordovician; 4—Archean; 5—Yanshanian movement granite; 6—Paleo-proterozoic granite; 7—Archean granite; 8—Faulted structure; 9—Compressoshear fault; 10—Extensional fault; 11—Mylonite zone; 12—Geological boundary; Y-1—Tangwu-Gegou fault; Y-2—Yishui-Tangtou fault; Y-3—Anqiu-Juxian fault; Y-4—Changyi-Dadian fault

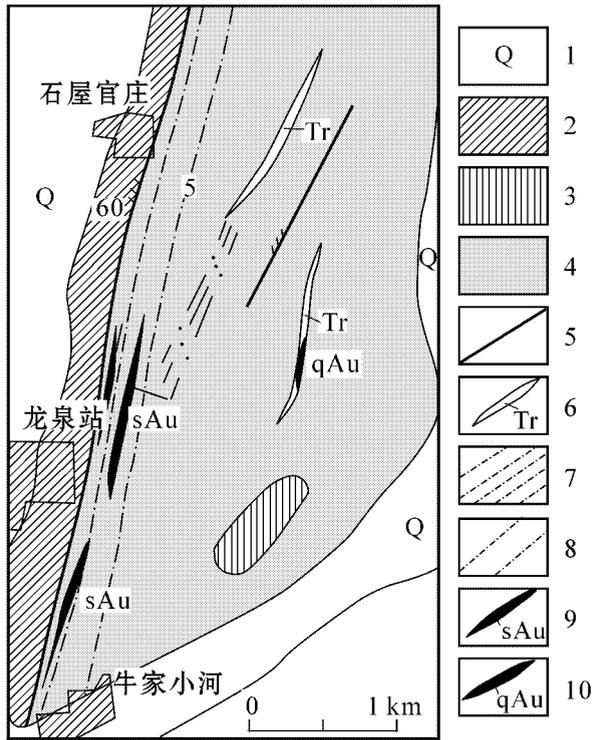


图 2 沂沭断裂带两种类型金矿分布图

1—第四系 2—白垩纪大盛群马郎沟组 3—元古代辉长岩 4—元古代二长花岗岩 5—断裂构造 6—硅化破碎带 7—糜棱岩带 8—破碎带 9—蚀变岩型金矿体 10—石英脉型金矿体

Fig. 2 Distribution of two types of gold deposits in central part of Yi-Shu fault belt

1—Quaternary; 2—Malang Formation of Cretaceous Dasheng Group; 3—Proterozoic gabbro; 4—Proterozoic monzogranite; 5—Faulted structure; 6—Silicified shatter zone; 7—Mylonite zone; 8—Shatter zone; 9—Altered-rock type gold deposit; 10—Quartz vein type gold deposit

## 2 流体包裹体特征

龙泉站、牛家小河金矿床为蚀变岩型，南小尧金矿床为石英脉型。对选自这 3 个矿床的 10 件样品中的 148 个流体包裹体进行了测温。各矿床内流体包裹体均较发育，以原生为主，有少量为假次生及次生。本次研究均选择原生流体包裹体。

### 2.1 蚀变岩型金矿

对龙泉站、牛家小河 8 件样品中的 117 个包裹体进行了测温。测温结果(表 1)表明：流体包裹体形态多样，有椭圆形、菱形、梯形、三角形和不规则状，包裹体个体相对较小，多数为 2~8 μm，个别达 18 μm；有单一液相包裹体、气液两相包裹体和富气相包裹体等 3 种类型，其气相百分数变化较大，为 5%~90%，但以 5%~10% 较为常见。

### 2.2 石英脉型金矿

对南小尧 2 件样品中的 31 个包裹体进行了测温。测温结果(表 1)表明：流体包裹体形态简单，只有规则和不规则状 2 种；个体相对较小，为 3~8 μm，个别达 10 μm；有单一液相包裹体、气液两相包裹体和富气相包裹体等 3 种类型，其气相百分数的变化范围小于蚀变岩型金矿，为 5%~10%，仅有 2 个包裹体为 60%、70%，反映出流体相态较均一。

## 3 流体包裹体显微测温

流体包裹体测温数据列于表 1。总体看来，方解

表 1 沂水断裂带金矿床流体包裹体显微测温数据及计算结果

Table 1 Thermometric data and calculation results of fluid inclusions in Yi-Shu fault belt

样品号	矿物名称	测试点数	包裹体类型	包裹体形态	大小/μm	气相百分数/%	$t_h/^\circ\text{C}$		$t_m/^\circ\text{C}$	$\alpha(\text{NaCl}_{\text{eq}})\%$	计算密度/ $\text{g}/\text{cm}^3$
							区间	平均			
蚀变岩型金矿床											
Sly-3	方解石	15	原生	规则~不规则	4~8	5~20	132~156	143	-3.0~-3.9	4.96~6.3	0.968
Sly-38-1	石英	11	原生	规则~不规则, 三角形	5~10	5~10	177~279	249	-6.0~-8.6	9.21~12.39	0.896
	方解石	7	原生	规则~不规则	4~8	5	209~235	223	-4.0~-6.4	6.45~9.73	0.893
Sly-1-6	方解石	16	原生	规则~不规则	4~8	5~90	178~300	235	-3.8~-4.8	6.16~7.59	0.881
Sly-23	方解石	16	原生	规则~不规则	4~8	5~20	195~300	227	-2.2~-2.4	3.71~4.03	0.878
Zh-12-2	石英	10	原生	规则~不规则	3~4	5~10	257~322	299	-6.9	10.36	0.796
Lsy-16-2	方解石	14	原生	规则~不规则	3~8	5~20	220~307	247	-3.6~-4.7	5.86~7.45	0.849
Zh-12-1	石英	16	原生	规则~不规则	3~10	5~70	204~500	289	-2.7~-3.5	4.49~5.71	0.789
Sly-14	石英	12	原生	规则~不规则	2~8	5~70	204~500	306	-4.0~-7.2	6.45~10.73	0.814
石英脉型金矿床											
Zh-60-1	石英	14	原生	规则~不规则	3~10	10	272~550	321	-6.2~-6.7	9.47~10.11	0.827
Sly-67	方解石	17	原生	规则~不规则	2~10	5~10	108~248	159	-2.3~-4.9	3.87~7.59	0.936

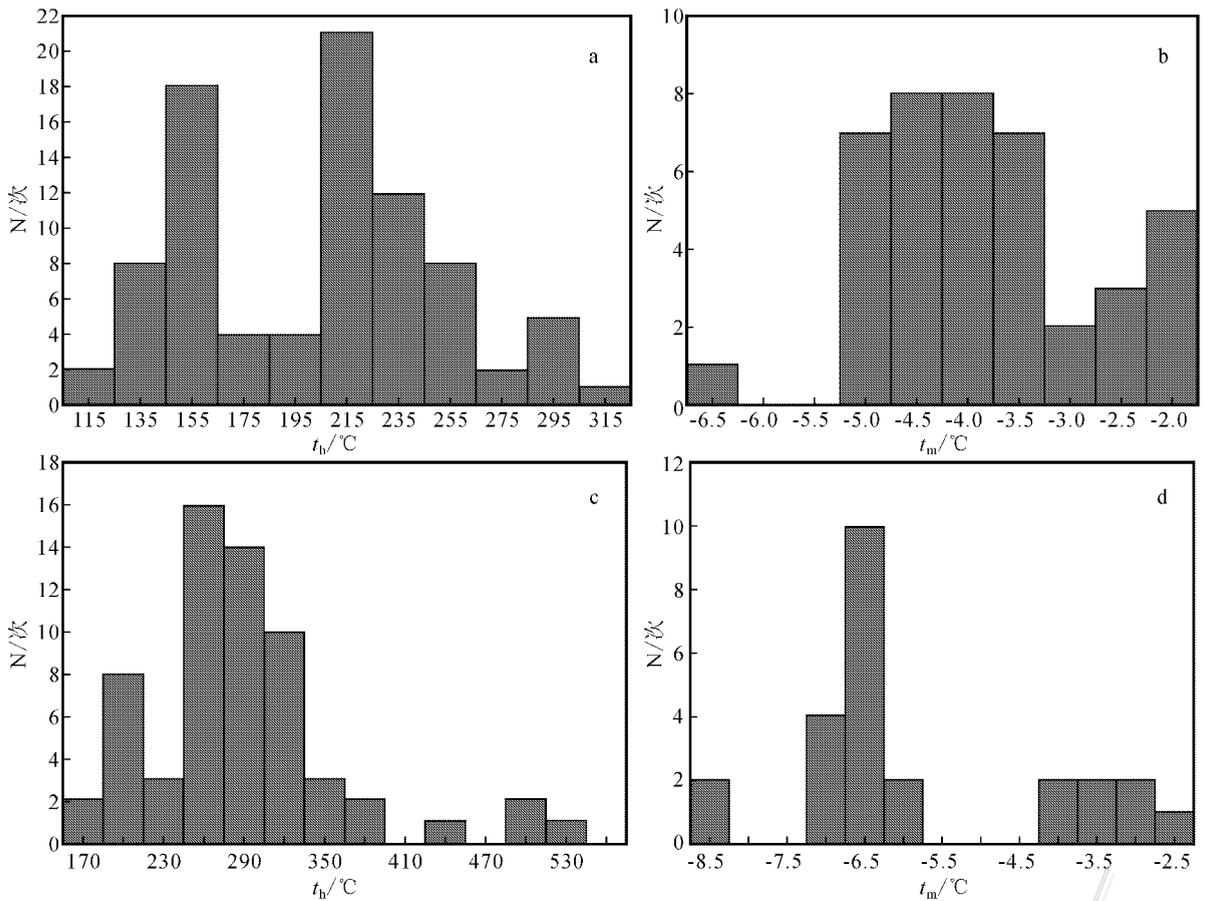


图3 沂沭断裂带中段金矿床均一温度及冰点直方图

a. 方解石均一温度直方图; b. 方解石冰点直方图; c. 石英均一温度直方图; d. 石英冰点直方图

Fig. 3 Histogram showing homogeneous temperature and freezing point of gold deposits in central part of Yi-Shu fault belt  
a. Homogeneous temperature histogram of calcite; b. Freezing point histogram of calcite; c. Homogeneous temperature histogram of quartz;  
d. Freezing point histogram of quartz

石中流体包裹体的均一温度为 108~300 °C(图 3a), 峰值主要为 125~160 °C 和 205~260 °C, 少数分布于 270~300 °C 之间, 在 295 °C 附近有一低峰。冰点的变化范围较窄, 为 -2.0~-6.4 °C, 主要为 -2~-5 °C(图 3b), 对应的盐度  $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$  为 3.39%~9.73%。利用公式  $D = A + B \times T + C \times T^2$  计算出流体的密度, 式中:  $D$  为流体的密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ );  $T$  为均一温度 ( $^{\circ}\text{C}$ );  $A$ 、 $B$ 、 $C$  为无量纲参数, 其中  $A = A_0 + A_1 \times w + A_2 \times w^2$ ,  $B = B_0 + B_1 \times w + B_2 \times w^2$ ,  $C = C_0 + C_1 \times w + C_2 \times w^2$ , 式中  $w$  为盐度 [ $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})\%$ ],  $A_0$ 、 $A_1$ 、 $A_2$ 、 $B_0$ 、 $B_1$ 、 $B_2$ 、 $C_0$ 、 $C_1$ 、 $C_2$  为常数(刘斌等, 1999)。计算所得方解石中流体的密度为 0.768~0.981  $\text{g}/\text{cm}^3$ 。

石英中流体包裹体的均一温度为 177~550 °C, 数据点主要集中在 177~400 °C 之间, 该区间内又出

现了双峰, 分别在 177~230 °C 和 260~330 °C, 尤以后者的峰值更为明显(图 3c), 反映出 260~330 °C 区间为石英中流体活动的主要温度区间。还获得一些 440~550 °C 的数据。冰点温度为 -2.7~-8.6 °C, 以 -4~-7 °C 占优势(图 3d), 对应的盐度  $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$  为 4.49%~12.39%。石英中流体的密度为 0.708~0.981  $\text{g}/\text{cm}^3$ 。

石英和方解石中流体包裹体显微测温结果表明: 测温数据在空间上有从深部向地表逐渐降低的趋势。另外, 从石英中获得一些 350~550 °C 的测温数据, 这些流体包裹体多数为富气相, 气相百分数从 50%~90% 均有, 在均一过程中液相均一到气相中。由于沂沭断裂地区中生代岩浆活动强烈, 因此, 这种流体的出现与其有关。

石英中流体包裹体的温度峰值集中于 177~230

℃和 260~330 ℃,方解石中流体包裹体的温度峰值主要为 125~160 ℃和 205~260 ℃。这可能暗示出成矿流体的三期运移,对应的温度区间从高到低依次为 260~330 ℃、177~260 ℃和 125~160 ℃,分别反映了以中温石英为代表的早期成矿阶段(260~330 ℃),以中低温石英和方解石为代表的中期成矿阶段(177~260 ℃)和以低温方解石为代表的晚期成矿阶段(125~160 ℃)。

石英和方解石中流体包裹体的冰点温度为 -2~-8.6 ℃,对应的盐度  $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$  为 3.39%~12.39%。石英中流体的盐度稍高,变化范围较宽,可分为 3.5%~6.5%和 8.5%~12.39% 两个盐度段,可能代表了两种流体端员组分,即中等盐度的岩浆流体(或深源流体)和低盐度的深循环大气水流体。方解石中流体的盐度相对较低,推测为岩浆流体与大气水混合的结果。

#### 4 成矿意义

流体包裹体的盐度-均一温度图解被广泛应用于成矿作用的研究(张德全,2003)。沂沭断裂带中段地区流体包裹体的盐度-均一温度图解(图 4)具有以下特点:①成矿流体的温度变化较大,但盐度波动范围较窄;②石英内包裹体中流体的盐度可分为中等盐度和低盐度 2 组,且以中等盐度的流体为主,随着温度的降低,流体的盐度基本保持不变;③方解石

中的流体均为低盐度流体,大体上可分为 2 群,分别集中在 125~160 ℃和 210~260 ℃ 2 个温度段,对应着方解石中包裹体均一温度的 2 个峰值。流体包裹体中盐度分群可能暗示,成矿过程中有 2 种温度相近而盐度不同的流体发生了混合作用。本区流体盐度的分群,说明成矿过程中可能存在温度和盐度不同的端员组分的混合。结合氢氧同位素测试结果(李洪奎等,2007),可推断成矿过程中至少存在有岩浆流体(或深部流体)和深循环的古大气水 2 个端员组分。因此,本区金矿床的形成与断裂切割造成流体的减压沸腾以及深源成矿流体与大气水的混合有关。

胶东金矿的成矿流体富含  $\text{CO}_2$ ,这在一定程度上反映了成矿作用是地幔活动在表壳浅部的响应。毛景文等(2002,2005)研究指出,在地幔熔融和交代过程中可以形成富金和  $\text{CO}_2$  的流体,这些流体在岩浆去气过程中上升到地壳,参与成矿作用。 $\text{He-Ar}$  同位素研究<sup>①</sup>则进一步表明,胶东地区金矿床的成矿流体来源于地幔,并与壳源流体发生了不同程度的混合。

胡华斌等(2004)对鲁西平邑地区金矿床内石英、方解石和萤石中的流体包裹体进行了详细研究,其结果为:包裹体大小变化较大,为 3~40  $\mu\text{m}$ ,个别达 50  $\mu\text{m}$ ,但以 4~20  $\mu\text{m}$  为主;从成分看,仅发现盐-水溶液包裹体,在铜石岩体中有少量  $\text{CO}_2$  型包裹体;从相态看,有单一液相包裹体、气液两相包裹体和富

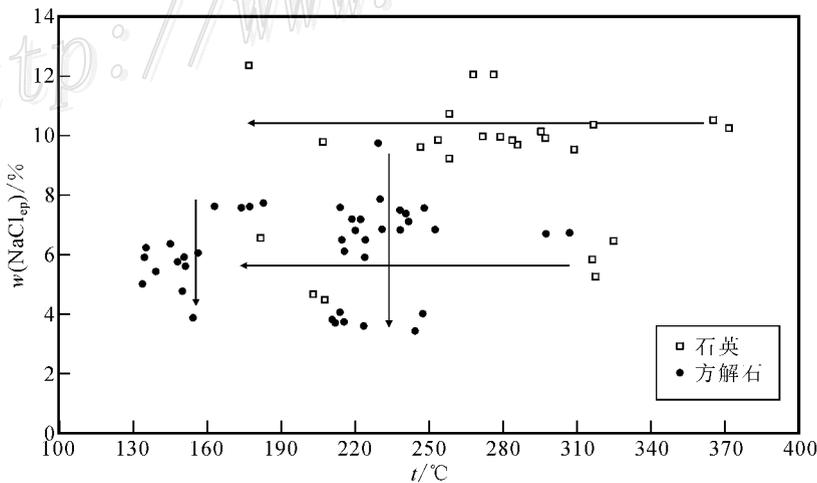


图 4 沂沭断裂带中段金矿床均一温度-盐度图解

Fig. 4 Diagram showing homogeneous temperature and salinity of gold deposits in central part of Yi-Shu fault belt

① 山东省地质调查院, 2005. 山东省沂南县龙泉站矿区金矿普查报告. 内部资料.

气相包裹体等3种类型。

将沂沭断裂带中段的金矿与胶东及鲁西平邑地区的金矿相对比,可以发现,其成矿流体差别较大,但与鲁西归来庄金矿和磨坊沟金矿的包裹体特征有许多相似之处,如:两者包裹体均较小;成矿流体类型相对简单,主要为NaCl-H<sub>2</sub>O溶液,未发现CO<sub>2</sub>型包裹体。而显微测温数据较为相似,如鲁西平邑地区金矿内包裹体的冰点温度为-2.8~-13.4℃,对应的盐度 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 为4.65%~17.26%,均一温度为103~500℃。尤其是根据鲁西平邑地区金矿内流体包裹体的均一温度峰值集中于280~370℃、190~270℃、100~180℃3个区间,提出了鲁西平邑地区金矿经历了3期热液作用(胡华斌等,2004)。沂沭断裂带金矿也具有类似的特征,反映出本区成矿流体的演化轨迹大体可与鲁西平邑地区的金矿进行对比。当然,这两地金矿的包裹体特征也有一些差别,如本区金矿包裹体的数量相对较少,个体也相对较小,多数为2~8 μm。这可能与矿床赋存于沂沭断裂带内,成矿作用发生在温压急剧降低、气体大量逃逸、矿物快速冷却结晶的开放体系有关。

## 5 结 论

(1)沂沭断裂带中段的金矿具有2种类型,一是产于脆-韧性构造带中的蚀变岩型金矿,二是受脆性断裂控制的石英脉型金矿。前者产于沂水-汤头断裂主断裂面下盘的糜棱岩化碎裂岩和花岗质碎裂岩中。

(2)沂沭断裂带中段2类金矿床内方解石和石英中流体包裹体的研究资料表明:包裹体均较发育,以原生为主,少量为假次生和次生;其形态以规则状为主,个体相对较小,多数为2~8 μm;有单一液相包裹体、气液两相包裹体和富气相包裹体等3种类型,气相百分数的变化较大,从5%~90%均有,但以5%~10%的较为常见。

(3)石英和方解石中流体包裹体的冰点温度为-2~-8.6℃,对应的盐度 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 为3.39%~12.39%,可分为3.5%~6.5%和8.5%~12.39%2个盐度段,可能代表了2种流体端员组分,即中等盐度的岩浆流体(或深源流体)和低盐度的深循环大气水流体。方解石中流体的盐度相对较低,可推测为岩浆流体与大气水混合的结果。

(4)石英和方解石中流体包裹体的显微测温结

果表明:流体包裹体均一温度的变化范围较宽,为107~550℃,主要集中于125~330℃区间。均一温度频率分布显示:成矿流体为三期运移,对应的温度区间从高到低依次为260~330℃、177~260℃和125~160℃,分别反映了以中温石英为代表的早期成矿阶段(260~330℃),以中低温石英和方解石为代表的中期成矿阶段(177~260℃)和以低温方解石为代表的晚期成矿阶段(125~160℃)。

(5)沂沭断裂带中段金矿的流体包裹体特征及其所反映的成矿条件与鲁西的金矿相似,但不同于胶东的金矿。沂沭断裂带是鲁西和鲁东构造区之间的一个转换断层,从流体包裹体的特点看,沂沭断裂带的金矿与鲁西平邑地区的金矿更为相似。

## References

- Du L T. 1994. The relationship between crust fluids and mantle fluids [J]. *Earth Science Frontiers*, 1(1~2): 79~86 (in Chinese with English abstract).
- Hu H B, Mao J W and Niu S Y. 2004. Study on fluid inclusions of Mo-fanguo gold deposits of Pingyi, Western Shandong [J]. *Geoscience*, 18(4): 529~535 (in Chinese with English abstract).
- Li H K, Yang F J, Niu S Y, Li Y P, Tian J X and Hao X Z. 2007. Characteristics and geological significance of steady isotopes in gold-ore in the Longquanzhan area of Yishu fault zone, Shandong Province [J]. *Acta Geologica Sinica*, 81(5): 636~641 (in Chinese with English abstract).
- Li H K, Yang Y B, Tian J X and Li Y P. 2004a. Geological characteristic of gold deposits in the middle section of the Yi-Shu fault belt [J]. *Geology and Prospecting*, 40(4): 27~31 (in Chinese with English abstract).
- Li H K, Yang Y B and Li Y P. 2004b. Geological characteristics and gold formation in the Mid-part of the Yi-Shu fault [J]. *Geological Survey and Research*, 27(4): 255~260 (in Chinese with English abstract).
- Li H Q, Wu H, Chen F W, Deng G, Yang H M, Yang Z F, Mei Y P and Guo J. 2005. Isotopic chronological evidence for Yanshanian diagenetic mineralization in Baiyunshan rhenium-molybdenum mine, east Tianshan Mountain [J]. *Acta Geologica Sinica*, 79(2): 249~251 (in Chinese with English abstract).
- Liu B and Shen K. 1999. *The thermodynamics of fluid inclusions* [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1~290 (in Chinese).
- Mao J W, He Y and Ding T P. 2002. Mantle fluids involved in metallogenesis of Jiaodong gold district: Evidence of C, O and H isotopes [J]. *Mineral Deposits*, 21(2): 121~128 (in Chinese with English abstract).
- Mao J W, Li H M, Wang Y T, Zhang C Q and Wang R T. 2005. The relationship between mantle-derived fluid and gold ore-formation in the Eastern Shandong Peninsula: Evidences from D-O-C-S isotopes [J]. *Acta Geologica Sinica*, 79(6): 839~857 (in Chinese with English abstract).

English abstract ).

Zhang D Q, She H Q and Li D X. 2003. The mineralization systems of porphyry-xenothermal of Zijingshan area[J]. Acta Geologica Sinica, 77(2):253-261 (in Chinese with English abstract).

#### 附中文参考文献

杜乐天. 1994. 地壳流体与地幔流体间的关系[J]. 地学前缘, 1(1-2):79-86.

胡华斌, 毛景文, 牛树银. 2004. 鲁西平邑地区磨坊沟金矿床流体包裹体研究[J]. 现代地质, 18(4):529-535.

李洪奎, 杨锋杰, 牛树银, 李英平, 田京祥, 郝兴中. 2007. 山东龙泉站金矿区稳定同位素特征及其地质意义[J]. 地质学报, 81(5):635-639.

李洪奎, 杨永波, 田景祥, 李英平. 2004a. 山东沂沭断裂带中段金矿

床地质特征[J]. 地质与勘探, 40(4):27-31.

李洪奎, 杨永波, 李英平. 2004b. 沂沭断裂带中段地质特征与金矿成矿作用[J]. 地质调查与研究, 27(4):255-260.

李华芹, 吴华, 陈富文, 邓刚, 杨红梅, 杨再峰, 梅玉萍, 郭敬. 2005. 东天山白山铼钼矿区燕山期成岩成矿作用同位素年代学证据[J]. 地质学报, 79(2):249-251.

刘斌, 沈昆. 1999. 流体包裹体热力学[M]. 北京:地质出版社, 1-290.

毛景文, 赫英, 丁梯平. 2002. 胶东金矿形成期间地幔流体参与成矿过程的碳氢氧同位素证据[J]. 矿床地质, 21(2):121-128.

毛景文, 李厚民, 王义天, 张长青, 王瑞廷. 2005. 地幔流体参与胶东金矿成矿作用的氢氧碳硫同位素证据[J]. 地质学报, 79(6):839-857.

张德全, 余宏全, 李大新. 2003. 紫金山地区的斑岩-浅成热液成矿系统[J]. 地质学报, 77(2):253-261.

<http://www.kcdz.ac.cn/>