

文章编号: 1000-4734(2013)04-0686-05

# 河北武安玉石洼铁矿成矿流体特征及其地质意义

息朝庄<sup>1,2</sup>, 杜高峰<sup>3</sup>, 戴塔根<sup>3</sup>, 陈明伟<sup>4</sup>

(1. 湖南黄金集团有限责任公司, 湖南 长沙 410007; 2. 中国科学院地球化学研究所 矿床地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550002; 3. 中南大学 地球科学与信息物理学院, 湖南 长沙 410083; 4. 云南省有色地质局, 云南 昆明 650051)

**摘要:** 玉石洼铁矿是隶属邯邢地区的一个中型矽卡岩型铁矿。通过对玉石洼铁矿矿物的流体包裹体均一温度、盐度和流体包裹体气液相成分等诸多方面的初步研究表明, 玉石洼铁矿成矿流体属中高温(210~450 °C)、中高盐度(18.0%~20.0%)、属  $K^+-Na^+-Ca^{2+}-Mg^{2+}-Cl-SO_4^{2-}-F$  体系。流体包裹体气相成分以  $H_2O$  为主, 次为  $CO_2$ 、 $CH_4$ 、 $H_2$ , 成矿流体可能主要来源于岩浆热液, 部分来自大气降水。玉石洼铁矿在成矿过程中由于与之关系密切的岩体多期次侵位活动, 带入新的热源, 由于部分大气降水的加入, 导致铁质沉淀成矿。

**关键词:** 成矿流体; 成分及物化性质; 玉石洼铁矿

**中图分类号:** P611

**文献标识码:** A

**作者简介:** 息朝庄, 男, 1979 生, 男, 工程师, 从事矿产普查与勘探工作. E-mail: xczsummmmm@126.com

邯邢地区位于河北省南部, 是我国重要的矽卡岩型铁矿矿集区<sup>[1]</sup>。冀南接触交代型铁矿与燕山期的闪长岩-二长岩类的侵入岩有密切关系。前人曾对该区进行成矿时代, 矿床成因和矿床模型等系统研究<sup>[1-6]</sup>。玉石洼铁矿属邯邢矿山管理局, 现面临危机矿山。通过借鉴前人研究方法<sup>[5]</sup>, 本文对玉石洼铁矿进行流体包裹体地球化学研究, 探讨成矿流体气液相成分、均一法温度、盐度等参数, 进一步研究成矿流体来源, 探讨成矿机制, 以期对矿山地质找矿工作提供参考。

## 1 区域地质概况

邯邢地区中生代以来由于太平洋板块与欧亚板块的相向运动, 以及新生代时印度板块与欧亚板块碰撞的影响, 使本区在遭受东西向水平挤压之后, 又复受北西向挤压的影响, 这就决定了本区的大地构造概貌。断块的水平挤压运动在一定地质条件下转化为断块之间的相对垂直运动, 引起了华夏断块区内山西隆起的相对上升和冀鲁凹块的下陷, 以及它们相对的南北扭动。邯邢矿区即位于山西隆起之东, 与冀鲁凹块紧邻, 隶属Ⅲ级构造单元太行块拱。

玉石洼铁矿位于武安凹陷北西端, 太行台拱的武安凹断折束之西, 产于矿山闪长杂岩体的西

南隐没端部, 区域构造以两条北北东向大断裂(矿山断裂、从井断裂)和北西向褶皱构造为主, 其中北北东向大断裂控制了燕山期成矿岩体的产出和武安凹陷西侧铁矿的展布。矿山岩体尖山村单元出露于矿区北部, 围岩为中奥陶系地层。矿区前后经历多次勘查及大量坑矿山生产揭露, 显示矿区内地层单一, 构造简单。矿区地表被第四系广泛覆盖, 仅部分出露中奥陶统灰岩, 石炭系下统、二叠纪下统、中统(图1)。矿区主要构造系矿山岩体南西端尖山南西及南东部分上覆灰岩所呈现的单斜构造, 该构造连同閃

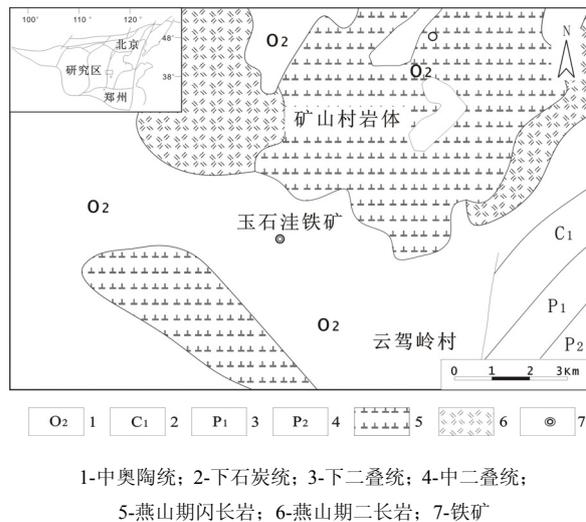


图1 玉石洼铁矿地质简图  
Fig. 1. Geological sketch map of Yushiwa iron deposit.

收稿日期: 2013-06-12

基金项目: 国家自然科学基金项目(批准号: 41103024; 41102053)

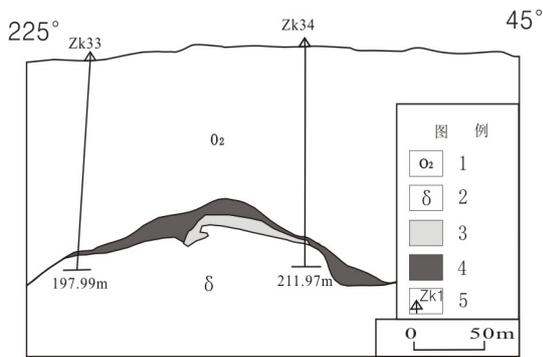
长岩共同控制接触带展布及变化, 进而控制铁矿产出及赋存位置、形态及产状。

矿区岩浆岩主要为燕山期晚期中基性侵入岩 (108~120 Ma, 140 Ma) [6], 为矿山村岩体的尖山单元, 该岩体北起册井, 南到云驾岭、淮河沟, 西至上焦寺, 东到郭二庄, 出露面积 35 km<sup>2</sup>。侵入亮甲山组、马家沟组、太原组。岩体与地层产状一致, 北东走向, 倾向南东, 是一复杂似层状岩体, 顶面弯曲波伏, 与围岩整合接触, 并见岩枝分叉插入围岩。岩体蚀变强烈, 有绿帘石化、绿泥石化、钠长石化等, 围岩有矽卡岩化、透闪石、阳起石化。

## 2 矿床特征

### 2.1 矿体特征

本矿 Fe<sub>1</sub> 矿体为主矿体, 该矿体埋藏最深, 规模最大, 其长 1990 m, 最宽处 510 m, 一般水平投影宽度 300~450 m 左右; 矿体最大厚度 62.4 m, 一般厚度 15~20 m。该矿体主要产于灰岩和闪长岩的接触带上, 矿体形态和产状主要受接触带控制, 矿体产状一般较平稳。矿体在纵向上自 NW 向 SE 倾伏, 所以矿体呈北高南低, 倾伏角一般 5°左右, 形态较稳定, 局部波状起伏, 或扭曲、透镜状, 总体呈似层状(图 2)。其他各矿体均为小矿体, 储量小, 多分布于 Fe<sub>1</sub> 的上部。



1-中奥陶统; 2-燕山期闪长岩; 3-矽卡岩; 4-矿体; 5-钻孔及编号

图 2 玉石洼铁矿 10 勘探线剖面图

Fig. 2. The section map of No. 10 profile in Yushiwa iron deposit.

### 2.2 矿石特征

矿石自然类型除少量氧化矿石外, 多以原生矿石为主, 氧化矿石主要分布于矿床上部氧化带内, 矿石氧化强烈, 成为褐铁矿。原生磁铁矿主要分布于矿床中下部的深处, 氧化程度较轻或基

本未氧化。矿区按矿石结构构造可分为蜂窝状磁铁矿矿石-赤铁矿矿石, 块状和粉末状赤褐铁矿, 浸染状磁铁矿矿石、团块状磁铁矿、条带状矽卡岩磁铁矿等。

矿石的矿物主要金属矿物以磁铁矿为主, 其次为黄铁矿、黄铜矿、板状磁铁等, 镜下观察还有黄铜矿及少量针铁矿、斑铜矿、辉铜矿、磁黄铁矿等; 脉石矿物以石榴石、方解石等为主, 玉石洼铁矿矿物共生顺序见表 1[1]。

表 1 玉石洼铁矿矿物共生顺序

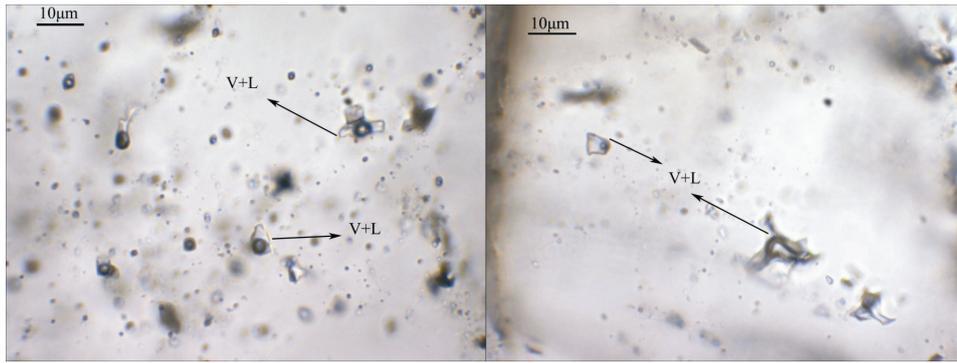
Table 1. Paragenetic sequence of Yushiwa iron deposit

矿物名称	早期阶段		中期主成矿阶段	晚期阶段	表生作用阶段
	钠长石化阶段	夕卡岩化阶段			
钠长石					
次透辉石					
方柱石					
透辉石					
含霓石透辉石					
镁橄榄石					
符山石					
钙铁榴石					
粒硅铁石					
磁铁矿					
绿帘石					
葡萄石					
金云母					
黄铁矿					
黄铜矿					
斑铜矿					
自然金					
自然银					
透闪石-阳起石					
蛇纹石					
绿泥石					
绢云母					
石英					
方解石					
假象赤铁矿					
孔雀石					
褐铁矿					

矿石结构以半自形-他形晶粒状为主, 自形晶较少, 其他尚有交代残余、筛状、假晶、压碎、固溶体分离等结构; 矿石的构造以稀疏至稠密浸染状为主, 团块状为次, 偶见条带状, 斑杂状、角砾状、蜂窝状、粉末状等。

## 3 取样及测试

研究样品均采自成矿阶段矿石的石榴石和方解石 (成矿后期) 单矿物, 将其磨制成厚度约为 0.2 mm 双面抛光的光薄片做岩相学与流体包裹体观察。包裹体成分测定对象为磁铁矿 (成矿早期)、方解石 (成矿后期) 和黄铁矿 (主成矿期), 由中南大学地质研究所流体包裹体气液相成分测定实验室完成。流体包裹体的气相成分分析采用加热爆裂法提取气体。分析仪器为 Varian-3400 型气相色谱仪 (美国), 分析误差 <5%。



V+L-气液两相包裹体; V+L- gas-liquid two-phase inclusion

图 3 玉石洼铁矿包裹体类型

Fig. 3. Types of fluid inclusions in Yushiwa iron deposit.

流体包裹体的液相成分分析仪器为美国戴安公司生产的 DX-120Ion Chromatograph 离子色谱仪。重复测定精密度 < 5%。流体包裹体测温工作主要在中南大学地质研究所流体包裹体测温实验室进行。本次测试使用仪器为英国产的 Linkam THMS600 型冷热台，均一温度重现误差小于 2 °C，冰点温度重现误差小于 0.2 °C。

### 4 成矿流体包裹体特征

#### 4.1 岩相学

矿物中流体包裹体均比较发育(图 3)，但包裹体个体较小，长轴多在 5~15 µm 左右，少数大于 15 µm。包裹体多为长条状、三角状及不规则状。从相态特征来看，矿物中流体包裹体多为气液两相包裹体，以 5%~20%的气液比最为常见，纯气体包裹体和纯液相包裹体少见。

#### 4.2 均一法测温

玉石洼铁矿 6 件样品石榴石和方解石的均一法测温、冰点和盐度等结果列于表 2，频数直方图见图 4。石榴石和方解石流体包裹体均一温度范围分别为 350~550 °C、130~390 °C；冰点温度范围分别为 -10.2~-20.2 °C；通过冰点温度查表得知流体包裹体盐度<sup>[7]</sup>，石榴石和方解石盐度范围分别为 14.55%~22.51%、4.18%~20.07%。方解石均一温度出现两个峰值，范围分别为 210~250 °C 和 330~370 °C；石榴石均一温度峰值范围为 410~450 °C。方解石冰点温度峰值范围为 -16.0~-14.0 °C；石榴石冰点温度峰值范围为 -20.0~-18.0 °C。方解石、石榴石盐度峰值范围均为 18.0%~20.0%。

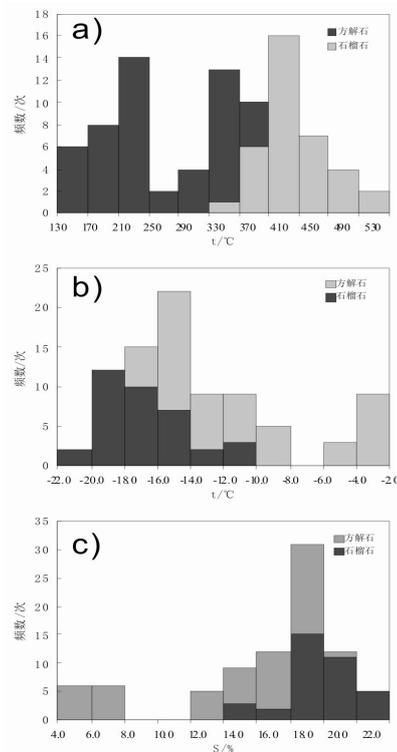


图 4 玉石洼铁矿成矿流体包裹体均一温度 (a)、冰点温度 (b) 和盐度频数 (c) 直方图  
Fig. 4. Histograms for homogenization temperature (a), freezing point (b) and salinity (c) of fluid inclusions from Yushiwa iron deposit.

#### 4.3 气液相成分

玉石洼铁矿 9 件样品气液相成分结果列于表 3，由表 3 可知：(1) 玉石洼铁矿磁铁矿、方解石、黄铁矿流体包裹体气相成分主要为 H<sub>2</sub>O、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>，其中 H<sub>2</sub>O 含量最高，其次为 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>；(2) 液相成分阴离子主要成分为 Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、F<sup>-</sup>，其中磁铁矿、方解石含量大小顺序为

表2 玉石洼铁矿流体包裹体参数

Table 2. Parameters of the fluid inclusions from Yushiwa iron deposit

样品号	寄主矿物	类型(数量)	大小/ $\mu\text{m}$	气液比/%	均一温度/ $^{\circ}\text{C}$	冰点/ $^{\circ}\text{C}$	盐度/%
YSW-1	石榴石	气液(10)	4~8	5~30	380~550	-10.2~-19.5	14.15~22.03
YSW-2	石榴石	气液(14)	5~15	15~30	350~480	-15.5~-16.9	18.80~20.15
YSW-3	石榴石	气液(12)	5~10	5~20	410~540	-18.6~-20.2	21.40~22.51
YSW-4	方解石	气液(18)	5~10	10~30	130~260	-13.9~-16.8	17.70~20.07
YSW-5	方解石	气液(20)	5~15	10~20	310~390	-8.7~-14.8	12.51~18.47
YSW-6	方解石	气液(16)	5~10	5~20	140~280	-2.5~-4.6	4.18~7.31

测试单位: 中南大学地质研究所流体包裹体测温实验室, 2011年.

表3 玉石洼铁矿包裹体气液相成分 ( $w_B/10^{-6}$ ) 及相关参数

Table 3. Parameters and composition of fluid inclusions from Yushiwa iron deposit

样品编号	矿物	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup>
2010055	磁铁矿	-	-	-	-	-	13.361	11.072	5.757
2010056	磁铁矿	0.439	8.975	50.724	713	-	10.319	6.301	4.163
2010057	磁铁矿	-	-	-	-	-	62.284	0.469	23.202
2010058	磁铁矿	0.355	6.992	56.842	596	-	8.725	8.905	2.679
2010059	方解石	0.918	14.953	69.799	1239	1.423	3.938	2.321	4.154
2010061	方解石	0.877	13.799	59.682	1176	0.085	37.565	10.253	16.865
2010062	黄铁矿	0.138	13.018	49.234	601	1.271	1.092	107.332	2.549
2010063	黄铁矿	0.099	4.863	47.754	494	1.966	0.759	28.197	2.891
2010064	黄铁矿	0.205	9.529	74.046	157	0.332	0.037	38.693	2.138

样品编号	矿物	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	(H <sub>2</sub> +CH <sub>4</sub> )/CO <sub>2</sub>	Cl <sup>-</sup> /F <sup>-</sup>	K <sup>+</sup> /Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup> /Mg <sup>2+</sup>	(K <sup>+</sup> +Na <sup>+</sup> )/(Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup> )
2010055	磁铁矿	8.915	0.927	1.164	-	-	1.549	1.256	7.017
2010056	磁铁矿	7.275	0.087	0.421	0.186	-	1.748	4.839	22.516
2010057	磁铁矿	48.86	0.0173	2.97	-	-	2.106	171.676	24.123
2010058	磁铁矿	5.175	3.464	1.667	0.129	-	1.932	0.481	1.531
2010059	方解石	-	-	39.134	0.227	2.767	-	-	-
2010061	方解石	0.896	-	40.406	0.246	441.94	0.053	-	-
2010062	黄铁矿	3.093	3.568	9.265	0.267	0.859	1.213	2.597	0.440
2010063	黄铁矿	3.457	0.975	3.852	0.104	0.386	1.196	3.951	1.315
2010064	黄铁矿	49.05	2.866	1.393	0.131	0.111	22.942	0.486	12.019

注: “-”代表测试微量; 测试单位: 中南大学地质研究所流体包裹体气液相成分测定实验室, 2011年.

Cl<sup>-</sup>>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>>F<sup>-</sup>, 黄铁矿大小顺序为 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>>F<sup>-</sup>>Cl<sup>-</sup>; (3)液相成分阳离子主要成分为 Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Ca<sup>2+</sup>, 其中磁铁矿液相阳离子成分含量大小顺序为 K<sup>+</sup>>Na<sup>+</sup>>Ca<sup>2+</sup>>Mg<sup>2+</sup>, 方解石液相阳离子成分含量大小顺序为 Ca<sup>2+</sup>>Na<sup>+</sup>>K<sup>+</sup>, 黄铁矿液相阳离子成分含量大小顺序为 Ca<sup>2+</sup>>K<sup>+</sup>>Na<sup>+</sup>>Mg<sup>2+</sup>.

## 5 讨论

### 5.1 成矿流体性质

据均一法测温及频数直方图可知, 矿物主成矿温度为 210~450  $^{\circ}\text{C}$ , 盐度为 18.0%~20.0%。表明玉石洼铁矿成矿流体应属于中-高温、中-高盐度流体。玉石洼铁矿流体包裹体气相成分富含 H<sub>2</sub>O、CO<sub>2</sub>, 含有 CH<sub>4</sub>、H<sub>2</sub> 等挥发分, 表明成矿

环境为还原环境<sup>[8]</sup>。H<sub>2</sub>O 占绝对优势, 说明成矿流体为热水溶液。(H<sub>2</sub>+CH<sub>4</sub>)/CO<sub>2</sub> 变化范围为 0.104~0.267, 并且黄铁矿<磁铁矿<方解石, 说明从成矿早期到成矿晚期的还原性降低趋势。液相成分阳离子(K<sup>+</sup>+Na<sup>+</sup>)/(Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>)变化范围为 0.440~24.123, 其中仅样品 2010062 黄铁矿为 0.440, 其余均大于 1, 表明阳离子中 K<sup>+</sup>+Na<sup>+</sup>大于 Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>; 阴离子成分以 Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、F<sup>-</sup>为主。分析认为, 玉石洼铁矿成矿流体应为 K<sup>+</sup>-Na<sup>+</sup>-Ca<sup>2+</sup>-Mg<sup>2+</sup>-Cl<sup>-</sup>-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-F<sup>-</sup>体系。

### 5.2 成矿流体来源

成矿流体的 Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>和 F<sup>-</sup>/Cl<sup>-</sup>可用来作为判别流体来源的一个标志<sup>[9]</sup>, 一般情况下, 岩浆热液 K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup>大于 1, 经计算(表 2), 本区磁铁矿、方

解石和黄铁矿流体包裹体  $K^+/Na^+$  值为 0.053~22.942, 仅样品 2010061 为 0.053, 多数具岩浆热液特征。另当  $Cl^-/F^-$  比大于 1 时反映属大气降水(或地层流体)的特征, 由表 2 可知, 方解石  $Cl^-/F^-$  比均大于 1 (2.767~441.94), 表明有大气降水的加入。总而言之, 玉石洼铁矿成矿流体以岩浆热液为主夹有部分大气降水。

### 5.3 成矿机理

据赵一鸣等<sup>[10]</sup>研究认为, 矽卡岩型铁矿的铁质的主要搬运形式可能是卤化物和络合物。而据前面叙述, 玉石洼铁矿成矿流体的性质为中-高温、中-高盐度流体。富含  $SO_4^{2-}$ 、 $Cl^-$ 、 $F^-$ , 因此可以推断, 铁在成矿流体中主要以硫氢络合物、氯氟络合物的形式迁移。另据郑建民等<sup>[1]</sup>研究认为, 邯邢地区矽卡岩铁矿密切相关的岩体具有多

期次脉动侵位的特点, 由于多次脉动上侵带来新的热量, 而碳酸盐围岩封闭环境使得碱质和挥发份富集, 由于热水的作用降低岩石的温度, 随着温度的降低, 析出铁质络合物和卤化物, 沉淀成矿。

## 6 结 论

通过玉石洼铁矿成矿流体特征的研究, 发现玉石洼铁矿流体包裹体主要为气液两相包裹体, 是由中-高温、中-高盐度成矿流体形成的, 成矿流体为  $K^+-Na^+-Ca^{2+}-Mg^{2+}-Cl^-SO_4^{2-}-F^-$  体系, 成矿物质的迁移以硫氢络合物和氯氟络合物为主, 成矿作用与多期次岩浆侵位活动有关。

**致 谢:** 成文过程得到中国科学院地球化学研究所周家喜副研究员的指导和帮助, 表示衷心的感谢!

### 参 考 文 献:

- [1] 郑建民. 冀南邯邢地区矽卡岩铁矿成矿流体及成矿机制[D]. 北京: 中国地质大学, 2007.
- [2] 郑建民, 毛景文, 陈懋弘, 等. 冀南邯邢—邢台地区夕卡岩铁矿的地质特征及成矿模型[J]. 地质通报, 2007, 26(2): 150-154.
- [3] 郑建民, 谢桂清, 陈懋弘, 等. 岩体侵位机制对矽卡岩型矿床的制约—以邯邢地区矽卡岩型铁矿为例[J]. 矿床地质, 2007, 26(4): 481-486.
- [4] 杜高峰, 戴塔根, 邹海洋, 等. 河北武安矿山村矿田铁矿的稀土元素特征及其地质意义[J]. 中国有色金属学报, 2012, 22(3): 802-808.
- [5] 周国发, 吕古贤, 邓军, 等. 山东三山岛金矿床流体包裹体特征及其地质意义[J]. 现代地质, 2008, 22(1): 24-33.
- [6] 罗照华, 邓晋福, 韩秀卿. 太行山造山带岩浆活动及其造山过程反演[M]. 北京: 地质出版社, 1999: 1-124.
- [7] 刘斌, 沈昆. 流体包裹体热力学[M]. 北京: 地质出版社, 1999: 23-277.
- [8] 杨金中, 沈远超, 刘铁兵, 等. 山东蓬家金矿床成矿流体地球化学特征[J]. 矿床地质, 2000, 19(3): 235-244.
- [9] 卢焕章, 李秉伦, 沈昆. 包裹体地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 1990: 1-246.
- [10] 赵一鸣, 毕承思, 李大新. 中国主要矽卡岩铁矿床的挥发组分和碱质交代特征及其在成矿中的作用[J]. 地质论评, 1983, 29(1): 66-74.

## Fluid Inclusions Characteristics of Yushiwa Iron Deposit, Wuan County, Hebei Province, China and Its Geological Significance

XI Chao-zhuang<sup>1,2</sup>, DU Gao-feng<sup>3</sup>, DAI Ta-gen<sup>3</sup>, CHEN Ming-wei<sup>4</sup>

(1. Hunan gold group Co., Ltd., Changsha 410007, China; 2. State Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China;

3. School of Geosciences and Info-Physics, Central South University, Changsha 410083, China;

4. Yunnan Nonferrous Metals Geological Bureau, Kunming 650051, China)

**Abstract:** Yushiwa iron deposit is one of the medium-sized skarn-type deposits in Han-Xing area. Based on the studied on homogeneous temperature, salinity and gas-liquid ingredients of fluid inclusion, the results show that the ore fluids belong to mid-high temperature (210–450 °C), mid-high salinity (18.0%–20.0%) and the  $K^+-Na^+-Ca^{2+}-Mg^{2+}-Cl^-SO_4^{2-}-F^-$  system. Gas composition of the fluid inclusion is dominant by  $H_2O$ , and secondly by  $CO_2$ ,  $CH_4$  and  $H_2$ . The mineralization fluids may originate primarily from magmatic hydrothermal fluid, and part of them from precipitation. Multi- emplacement activities of rock bodies provide heat source for ore-forming process in Yushiwa iron deposit, and with precipitation iron enrichment mineralization occurs.

**Key words:** ore-forming fluid; composition; physico-chemical property; Yushiwa iron deposit