

文章编号:0258-7106(2004)03-0375-08

铜官山铜矿床矽卡岩矿物中流体包裹体及子矿物的扫描电镜研究*

谢玉玲¹ 徐九华¹ 杨竹森² 蒙义峰² 徐文艺² 邱士东¹ 王葆华¹

(1 北京科技大学土木与环境工程学院, 北京 100083; 2 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037)

摘 要 通过对安徽铜官山铜矿矽卡岩矿物中的流体包裹体岩相学、包裹体显微测温分析及子矿物的扫描电镜/能谱分析(SEM/EDS)和激光拉曼探针分析(LRM),发现石榴石、透辉石中的包裹体为流体包裹体,包裹体的均一温度(575~885℃)、盐度〔 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 13.4%~44.9%〕均较高,流体包裹体中的子矿物有黄铜矿、闪锌矿、方解石、菱铁矿、钾石盐和石盐,以钾石盐最为普遍,表明流体高度富钾,具岩浆热液的典型特征。富钾流体也与该区广泛出露的燕山期高钾富碱岩体吻合。

关键词 地球化学 扫描电镜 流体包裹体 子矿物 富钾流体 矽卡岩 铜官山铜矿床

中图分类号: P618.41

文献标识码: A

安徽铜官山铜矿是中国长江中下游铁铜成矿带中著名的矽卡岩型矿床,前人在该地区进行了大量的工作,在矿床地质特征、矿床成因和成矿流体研究等方面取得了许多重要成果(常印佛等,1991;翟裕生等,1992)。铜陵地区与燕山期中酸性侵入岩有关的成矿流体以高盐度为特征已被许多学者证实(黄许陈等,1994;凌其聪等,2002;陈邦国等,2002;顾连兴等,2002)。流体包裹体是研究成矿流体的直接样本,其物质组成和形成的物理化学条件反映了成岩、成矿时介质的环境特征。确定包裹体均一温度、盐度、压力和成分对研究矿床成因、成矿物质来源及成矿机制具有重要意义。随着扫描电镜/能谱分析(SEM/EDS)和激光拉曼显微探针(LRM)技术在包裹体研究中的应用,对包裹体的研究程度日渐深入。SEM/EDS不仅可以对打开的包裹体及其中的子矿物进行形貌分析,同时还可以直接分析打开包裹体中固相的成分特征,在流体包裹体子矿物的成分分析和熔体包裹体成分分析中取得较好的效果(范宏瑞等,1998;谢玉玲等,2000;单强等,2002)。LRM在包裹体研究中的应用正日渐成熟,它可以在不破坏包裹体的前提下对单个包裹体中的气相、液相成分进行分析,同时在子矿物的成分分析中也得到了

良好的应用,特别是对碳酸盐、硫化物和硅酸盐等子矿物。子矿物相是流体包裹体的重要组成部分,也是包裹体成分研究的重要内容。由于子矿物相在包裹体打开后易于保存,因此可以直接通过电子探针(EPMA)和SEM/EDS进行分析。铜官山铜矿矽卡岩矿物中的流体包裹体以富含子矿物的高盐度流体包裹体为特征,前人曾通过包裹体岩相学、包裹体测温等方法在石榴石中发现了石盐、钾石盐和硫化物子矿物,但对子矿物类型及子矿物的SEM/EDS和LRM分析仍未见报道。本次通过对石榴石、透辉石中子矿物的岩相学、SEM/EDS和LRM分析,发现多相流体包裹体中透明子矿物以钾石盐为主,且含量丰富,表明流体高度富钾,石盐子矿物也有发现,但相对较少。硫化物子矿物经SEM/EDS分析确定为闪锌矿、黄铜矿,另外还发现了方解石、菱铁矿等碳酸盐子矿物。LRM分析也在石榴石和透辉石中发现了碳酸盐子矿物,结合包裹体均一温度、盐度的测定结果,认为与矽卡岩成矿有关的流体具有高盐度、高温、富钾的特征,具典型岩浆热液型流体包裹体的特征,流体包裹体中大量钾石盐的发现与该区广泛发育的中酸性高碱富钾岩体和钾化蚀变吻合,进一步证实了流体与燕山期中酸性侵入岩的关系。

* 本文受国土资源部“大型矿集区深部精细结构与含矿信息”项目(编号:20010103)资助

第一作者简介 谢玉玲,女,1963年生,博士,副教授,主要从事矿床地质和流体包裹体方面的教学与研究。

收稿日期 2003-12-01;改回日期 2004-03-10。李岩编辑。

1 矿床地质特征

铜官山铜矿位于安徽省铜陵市,是中国长江中下游铁铜成矿带的重要组成部分。铜官山铜矿赋存在铜官山“S”型背斜的西北翼,燕山期中酸性岩体与石炭系-二叠系碎屑岩、碳酸盐岩的接触带及其附近。矿体主要部分呈似层状、透镜状,上、下部分呈不规则状。上部不整合型矿体产于岩体与灰岩的接触带,具有典型的矽卡岩矿物组合(黄华盛等,1985)。与成矿有关的燕山期中酸性侵入岩多呈小岩株产出,具多次侵位和成串、成带分布的特征。岩石主要类型为石英二长闪长岩、花岗闪长岩、石英闪长岩等,其化学成分特征为钙碱性、高碱、富钾、富硅、低铁镁(邢凤鸣等,1996)。矿石主要金属矿物组合为磁铁矿、黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿等,脉石矿物主要为石榴石、透辉石、石英、方解石、绿泥石等。其中透辉石、石榴石是矽卡岩型矿石的重要组成矿物,是流体早期交代的产物,其流体的

性质和成分较好地反映了早期流体的特征。

2 流体包裹体岩相学和均一温度、盐度特征

通过显微镜下观察,石榴石和透辉石中的流体包裹体较发育。包裹体大小不等,大者可达数十微米,小者不足1微米,形态以负晶形状、透镜状、浑圆状和不规则状为主。包裹体类型多样,总体上可以分为3类:①不含子矿物相的两相流体包裹体(图1a);②含单个或多个子矿物的多相包裹体(图1b、c、d),子矿物包括透明和不透明两类,透明子矿物多呈浑圆状或立方体、菱面体及柱状晶形,不透明子矿物主要为四面体、八面体、立方体和不规则状;③纯液相包裹体,由不含气泡的液相组成。透辉石中的包裹体较石榴石中的包裹体个体大,且大多含子矿物,但由于透辉石颗粒均较小故未能进行其中子矿物的扫描电镜分析,仅对其进行了LRM分析,发现有碳酸盐子矿物。石榴石中的流体包裹体均一温度和盐度测定结果见表1,测定使用仪器为Linkam

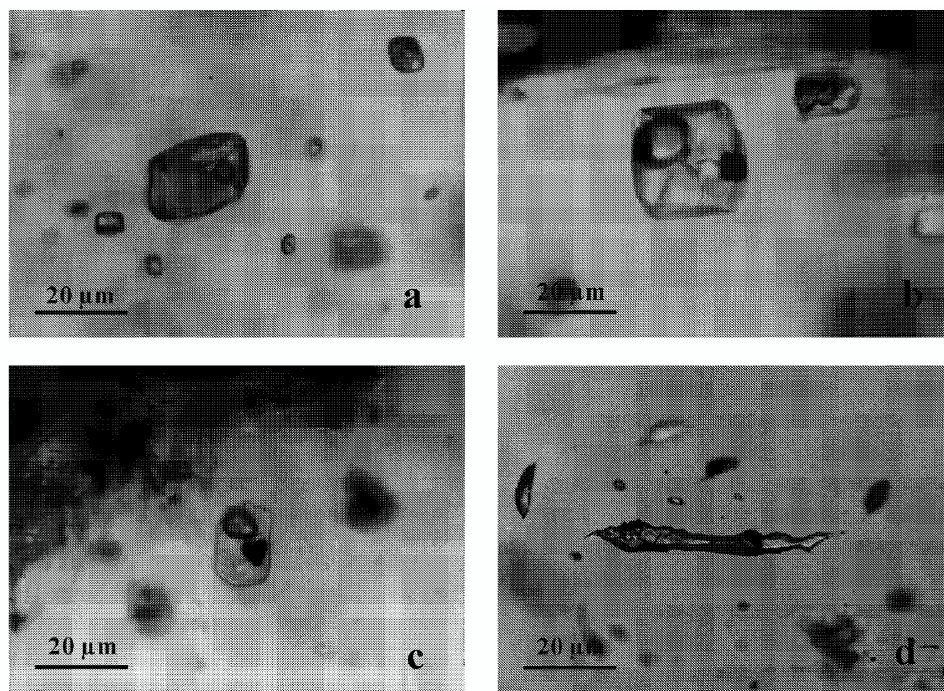


图1 石榴石和透辉石中流体包裹体的显微照片

a. 石榴石中气液两相流体包裹体; b. 透辉石中含透明和不透明等多个子矿物的流体包裹体; c. 透辉石中含透明和不透明子矿物的流体包裹体; d. 石榴石中含单个立方体子矿物的流体包裹体

Fig.1 Photos of fluid inclusions under microscope

a. Two phase aqueous inclusions in garnet; b. Daughter minerals-bearing liquid inclusions in diopside; c. Fluid inclusions containing transparent and opaque daughter minerals in diopside; d. Fluid inclusions containing cubic daughter minerals in garnet

表 1 铜官山铜矿石榴石中流体包裹体的均一温度、盐度测定结果

Table 1 Microthermometric determinations of fluid inclusions in garnet from Tongguanshan copper deposit

样号	包裹体类型	$t_h / ^\circ\text{C}$		$w(\text{NaCl}_{\text{eq}}) / \%$	
		范围	平均	范围	平均
XI-17	L-V	-	-	13.4 ~ 23.8(5)	20.9
XI-17	L-V-H	580 ~ 885(9)	711.7	37.8 ~ 44.9(9)	41.4
XI-07	L-V-H	645 ~ 760(3)	721.6	35.3 ~ 41.5	38.8
TL-10	L-V	630(1)	630	-	-
TL-10	L-V-H	575 ~ 820(5)	623	37 ~ 41.9(3)	40.2

注:L-V为气液两相包裹体;L-V-H为含子矿物多相包裹体;“-”为未测或因爆裂未测出;括号内为测试次数。

THMS600 冷热台和 XYDI 350 热台。从表中可以看出,流体包裹体均一温度较高,从 575 $^{\circ}\text{C}$ 到 885 $^{\circ}\text{C}$,个别样品在加热至 1 000 $^{\circ}\text{C}$ 时在均一前爆裂。据石榴石中气液两相包裹体的冰点温度估算的盐度 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 为 13.4 % ~ 23.8 %。多相含子矿物流体包裹体中透明子矿物的初始溶化温度最低在 240 $^{\circ}\text{C}$, 350 $^{\circ}\text{C}$ 左右多数子矿物溶化,据子矿物溶解温度估算的盐度 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 为 33 % ~ 44.9 %,而有些透明子矿物则在 800 $^{\circ}\text{C}$ 以上仍未消失,但略有溶解迹象。这些难溶的子矿物多为无色,呈菱面体或近菱面体晶形,估计为碳酸盐子矿物。

3 流体包裹体中子矿物的 SEM/EDS 和 LRM 分析

3.1 流体包裹体中子矿物的 SEM/EDS 分析

SEM/EDS 测试在北京科技大学新金属材料国家重点实验室进行,测试仪器为英国剑桥 S250 扫描电镜,电镜分辨率 6 nm,加速电压 30 kV,最大放大倍数 30 万倍;能谱仪型号为 Anl 0000,工作电压 1 ~ 30 kV,精度 0.1 % ~ 0.3 % (11 号元素后)。本次测试矿物为石榴石,透辉石由于矿物颗粒太小,未进行子矿物的 SEM/EDS 分析。样品制备过程为:首先将新鲜的石榴石样品制成碎样,挑选那些有较平整面的碎块放在玻璃板上(尽量使平面向上)并固定,然后喷碳,从样品打开到喷碳间隔数小时。将样品在扫描电镜下仔细观察,发现许多大小不一的包裹体和包裹体群(图 2a),其中大多数包裹体中可见子矿物相,有些可见多个子矿物。一些子矿物可见明显的溶解现象(图 2b),应是较易溶的盐类矿物在制样过程中暴露在空气中溶解造成的。通过对子矿物的能谱分析,确定出有明显溶解迹象的,形态浑圆或呈圆角立方体状子矿物为钾石盐,能谱图(图 3b)

显示除主矿物成分外,K、Cl 含量较高,且 K/Cl(原子比)近于 1:1。立方体状、八面体状棱角分明的为闪锌矿(图 2c、2d),能谱图(图 3c)中除主矿物峰外,S、Zn 峰明显。另外还发现了黄铜矿(图 2e、3d)、石盐子矿物。由于本次所采用的能谱仪不能分析 C、O 等轻元素,有些明显比主矿物富 Fe、Ca(图 3e、3f),从晶体形态上看近菱面体状(图 2d、2f)的矿物判断为菱铁矿和方解石。有些子矿物在进行 EDS 分析时由于受主矿物和邻近矿物的影响,测出的成分很复杂,一些片状子矿物因颗粒细小或位置太深而未能测出成分,有待进一步工作。

3.2 流体包裹体中气液相和子矿物相的 LRM 分析

LRM 分析在中国地质科学院矿产资源研究所进行,测试仪器为 Renishaw 2000,测试条件:激发功率 20 mW,激发波长 514.5 nm。LRM 分析结果表明,石榴石、透辉石中流体包裹体气、液相成分均以 H_2O 为主(图 4a、4b),未测出 CO_2 和 CH_4 。对透辉石中近菱面体状透明子矿物的分析表明,除主矿物峰外,在 1 086 ~ 1 087 出现明显峰值,在 716 和 286 位置也发现两个峰(图 4c),经与 Renishaw 矿物和无机材料数据库中方解石的 LRM 谱图对比,发现其谱峰位置基本吻合,应为方解石子矿物。石榴石中也发现具碳酸盐谱峰特点的透明子矿物(图 4d)。

4 讨 论

周涛发等(2000)将铜陵地区与成矿有关的流体分为 2 个主要成矿流体体系,即燕山期岩浆热液成矿流体体系和海西期海底喷流热水沉积流体体系。2 个流体体系的成矿作用在不同的矿区表现有所不同,因此形成了该区多种类型的铜、金矿床。对该区与燕山期岩浆热液有关的成矿流体特征、矽卡岩的

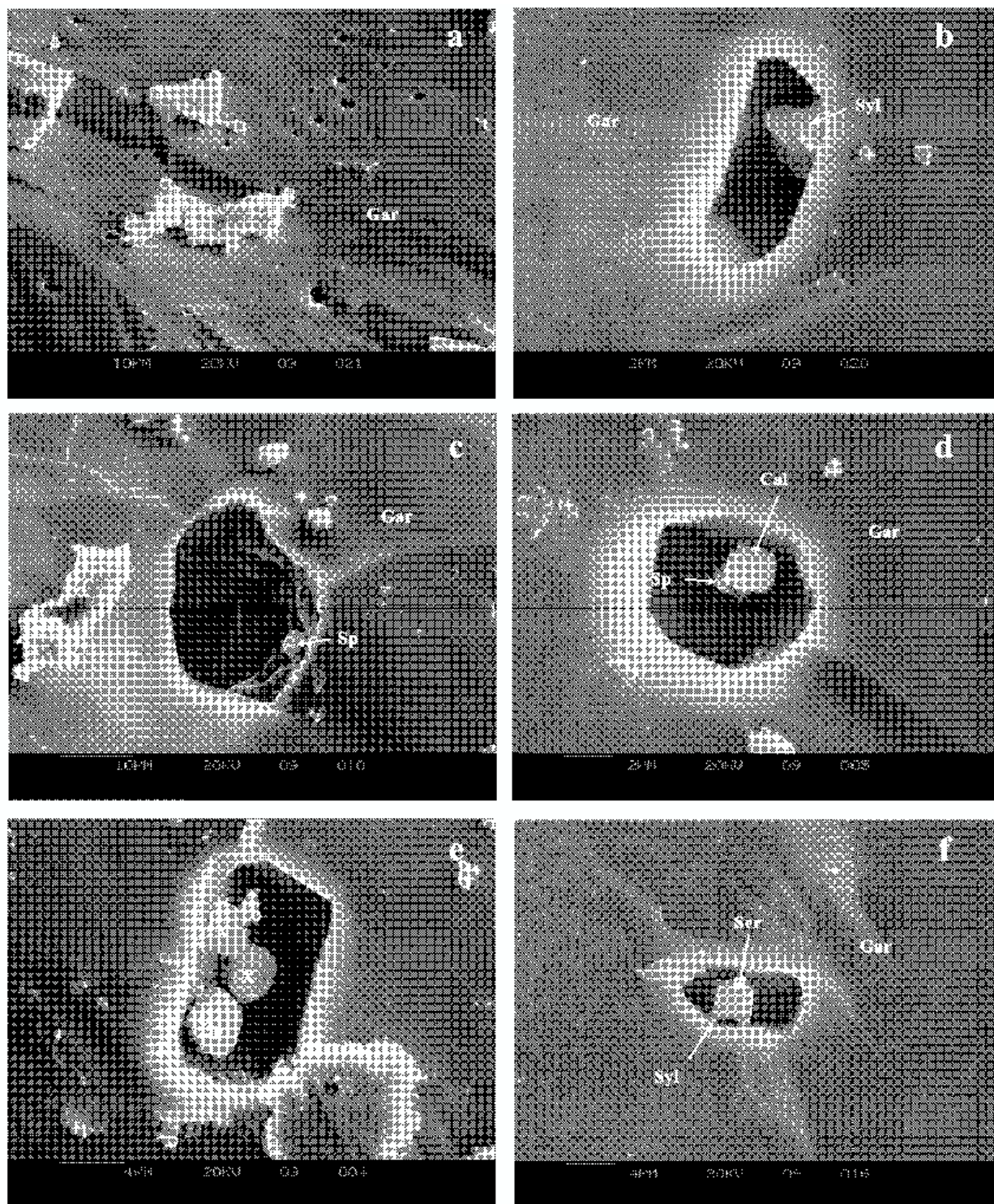


图 2 石榴石 (Gar) 中包裹体的扫描电镜照片

a. 含子矿物包裹体群; b. 包裹体中的钾石盐 (Syl) 子矿物及其溶解现象; c. 含闪锌矿 (Sp) 子矿物的包裹体; d. 包裹体中方解石 (Cal) 及闪锌矿 (Sp) 子矿物; e. 含黄铜矿 (Cp) 和未知子矿物 (X) 的包裹体; f. 菱铁矿 (Ser) 子矿物和周围的钾石盐 (Syl)

Fig.2 SEM photos of fluid inclusions with daughter minerals in garnet (Gar)

a. A group of fluid inclusions with daughter minerals; b. Partly dissolved sylvite (Syl) daughter minerals; c. Fluid inclusions containing sphalerite (Sp) daughter minerals; d. Calcite (Cal) and sphalerite (Sp) daughter minerals in fluid inclusions; e. Fluid inclusions containing chalcopryrite (Cp) and indeterminate daughter minerals (X); f. Siderite (Ser) crystal and sylvite (Syl) daughter minerals in fluid inclusions

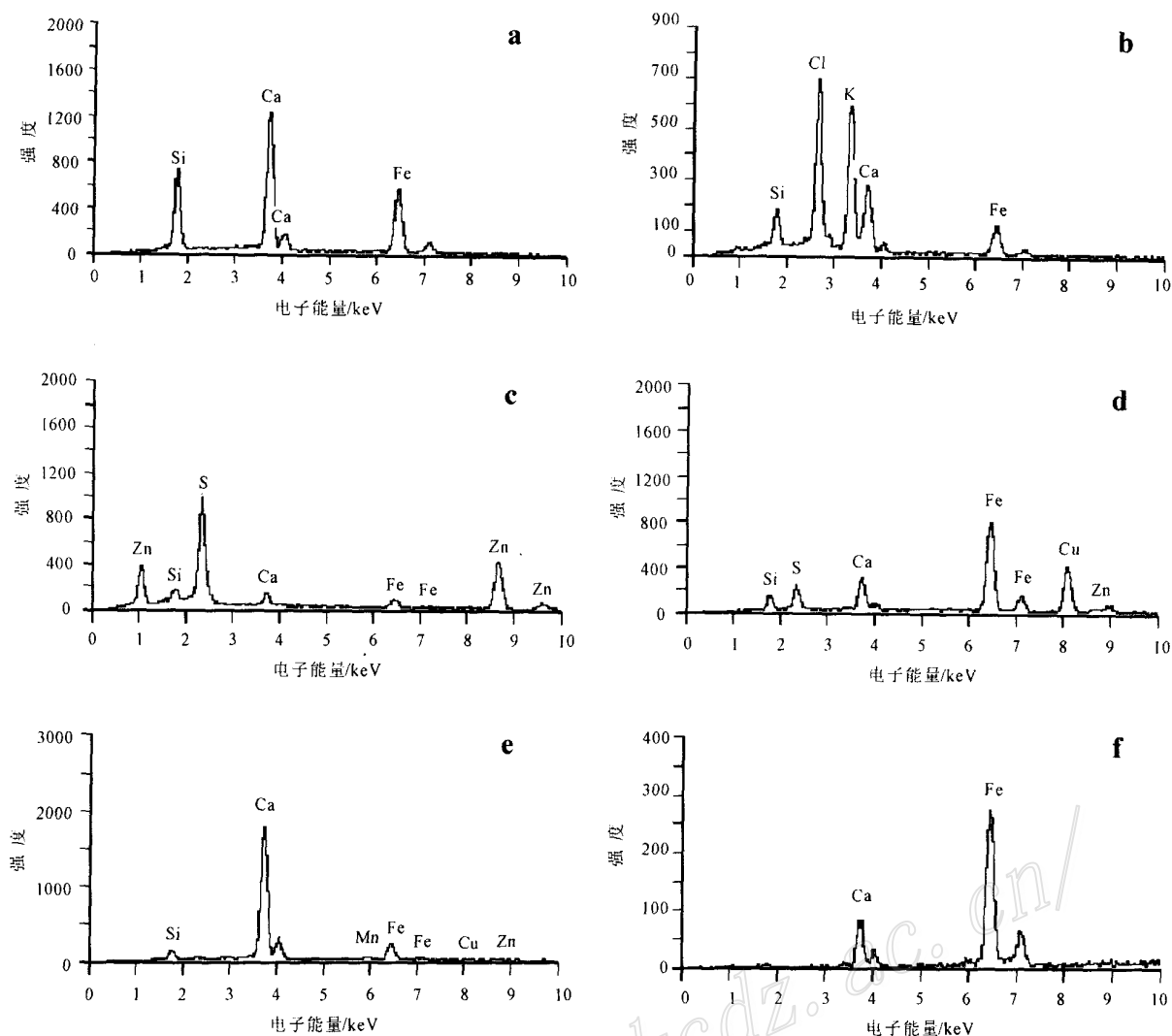


图 3 寄主矿物及子矿物能谱图

a. 主矿物石榴石; b. 钾石盐; c. 闪锌矿; d. 黄铜矿; e. 方解石; f. 菱铁矿(由于子矿物较小,能谱图上常显示受主矿物成分的影响)

Fig.3 EDS spectra of daughter minerals and host mineral

a. Host mineral (garnet); b. Sylvite; c. Sphalerite; d. Chalcopryrite; e. Calcite; f. Siderite (Spectra of some small daughter minerals are affected by the host mineral garnet)

成因等前人进行了大量的工作。肖新建等(2002)和顾连兴等(2002)通过对狮子山铜金矿床矽卡岩型和隐爆角砾岩型矿体主要组成矿物中包裹体的岩相学和显微测温分析,发现在石榴石和透辉石中发育多相含子晶包裹体和熔体-流体包裹体,它们的均一温度和盐度均较高,子矿物有石盐、钾石盐和方解石,因此认为流体主要来源于岩浆,并经历了四次沸腾作用。赵斌等(1995;1997)通过对长江中下游铁铜矿床中块状及脉状钙质矽卡岩的氧、锶同位素分析,认为该矽卡岩可能是火山成因。吴言昌等(1998)也提出长江中下游地区可能存在岩浆矽卡岩的观点。

凌其聪等(1998)也将铜官山铜矿矽卡岩归为岩浆矽卡岩。本文对透辉石、石榴石中包裹体的岩相学、显微测温、气液相和子矿物相的成分分析,表明石榴石和透辉石中的包裹体为流体包裹体,虽有些包裹体由于含多个子矿物相常见气泡变形现象,但显微测温表明,其中子矿物仍以可溶盐类为主,子矿物一般在 240 ~ 350 °C 溶化,也有些难溶的碳酸盐和硫化物子矿物。包裹体均一温度在 575 ~ 885 °C,多均一为液相。对包裹体中气、液相成分的 LRM 分析表明,气、液相成分均以 H₂O 为主,因此笔者认为该矽卡岩仍为交代成因。矽卡岩矿物中包裹体的均一温度

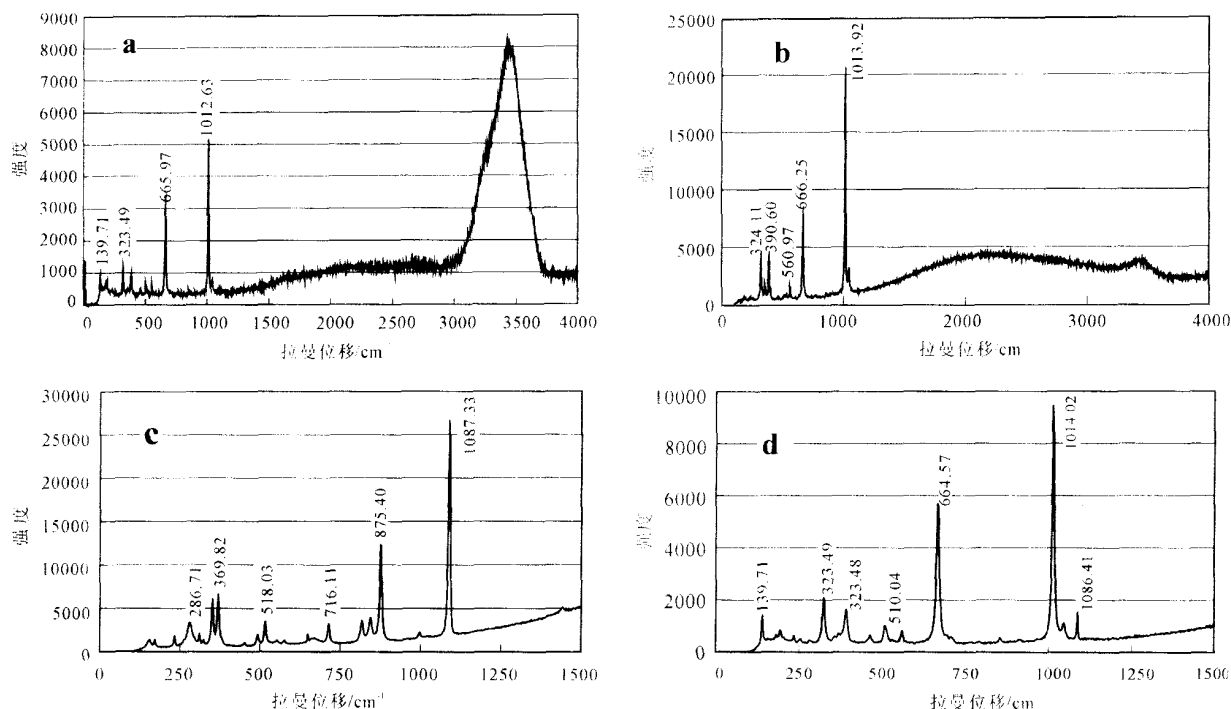


图 4 石榴石和透辉石中流体包裹体气液相和子矿物相的 LRM 谱图

a. 石榴石中流体包裹体气相; b. 透辉石中流体包裹体液相; c. 透辉石中流体包裹体子矿物相(方解石);
d. 石榴石中流体包裹体子矿物相(碳酸盐)

Fig. 4 LRM spectrogram of fluid inclusions

a. Vapor phase in fluid inclusions of garnet; b. Brine phase in fluid inclusions of diopside; c. Calcite daughter minerals
in fluid inclusions of diopside; d. Carbonate daughter minerals in fluid inclusions of garnet

(575 ~ 885 ℃)、盐度〔 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 13.4% ~ 44.9%〕均较高,且发现大量钾石盐子矿物,表明与矽卡岩有关的成矿流体具有高温、高盐度和富钾的特点,这正是岩浆流体的典型特征。流体高度富钾也与该区广泛出露的燕山期高钾富碱岩体(邢凤鸣等,1996)和钾化蚀变吻合,进一步表明流体与燕山期中酸性侵入岩关系密切。从包裹体子矿物的类型上看,除可溶盐类(石盐和钾石盐)外还发现了碳酸盐矿物(方解石和菱铁矿)和少量硫化物(黄铜矿和闪锌矿),其组合与矽卡岩阶段后的石英-碳酸盐-硫化物阶段的矿物组合相似,表明其为同源流体演化的结果。

致 谢 笔者在野外工作中得到石家庄经济学院李红阳教授、合肥工业大学周涛发教授及安徽地质调查院杜建国高级工程师的诸多帮助,在扫描电镜和能谱分析中得到北京科技大学新金属材料国家重点实验室何建平高级工程师的大力协助,在此一并致谢。

References

- Chang Y F, Liu X P and Wu Y C. 1991. Iron and copper metallogenic belt in middle-low reaches of Yangtze River [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1 ~ 361 (in Chinese with English abstract) .
- Chen B G, Jiang Z P, Zhang W P, et al. 2002. Study on altered fluids of diagenetic stratified copper hydrothermal solution in Dongguashan, Anhui Province [J]. Geol. Jiangsu, 26(2): 65 ~ 69 (in Chinese with English abstract) .
- Fan H R, Xie Y H and Wang Y L. 1998. Determining daughter minerals in fluid inclusions under scanning electron microscope [J]. Geological Science and Technology Information, 17(Supp.): 111 ~ 117 (in Chinese with English abstract) .
- Gu L X, Chen P R, Ni P, et al. 2002. Comparative research on ore forming fluids for the main types of hydrothermal copper gold deposits in the middle and lower reaches of the Yangtze River [J]. J. Nanjing Univ. (Natural Science), 38(3): 392 ~ 407 (in Chinese with English abstract) .
- Huang H S, Shi Q Z, Cui B, et al. 1985. The combined characteristics and genesis of Tongguanshan copper deposit [J]. Mineral Deposits,

4(2): 13 ~ 21 (in Chinese with English abstract) .

Huang X C, Chu G Z, Zhou J, et al. 1994. A discussion on the sources of ore-forming material and ore-bearing fluid of the Tongling Area, Anhui [J]. *Geol. Anhui*, 4(3): 1 ~ 9 (in Chinese with English abstract) .

Ling Q C and Cheng H L. 1998. Discussion on forming process and geological characteristics of magmatic skarn in Tongling area, Anhui Province [J]. *J. Changchun Univ. Sci. & Techn.*, 28(4): 366 ~ 371 (in Chinese with English abstract) .

Ling Q C and Liu C Q. 2002. The characteristics of ore-forming fluid of Dongguashan stratabound skarn Cu deposit and its significance for deposit genesis [J]. *J. Jilin Univ. (Earth Science Edition)*, 32(3): 219 ~ 224 (in Chinese with English abstract) .

Shan Q and Niu H C. 2002. Studying of the composition of single fluid inclusion using scanning electron microscopy and energy dispersive analysis [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 16(4): 711 ~ 714 (in Chinese with English abstract) .

Wu Y C and Chang Y F. 1998. On the magmatic skarn [J]. *Earth Science Frontiers*, 5(4): 291 ~ 301 (in Chinese with English abstract) .

Xiao X J, Gu L X and Ni Pei. 2002. Multi-episode fluid boiling in the Shizishan copper-gold deposit at Tongling, Anhui Province: its bearing on ore formation [J]. *Science in China (Series D)*, 32(3): 199 ~ 206 (in Chinese) .

Xie Y L, Xu J H, He Z L, et al. 2000. The discovery of daughter minerals in fluid inclusion of the Taibai gold deposit and their genetic significance [J]. *Mineral Deposits*, 19(1): 54 ~ 60 (in Chinese with English abstract) .

Xing F M and Xu X. 1996. High-potassium calc-alkaline intrusive rocks in Tongling area, Anhui Province [J]. *Geochimica*, 25(1): 29 ~ 38 (in Chinese with English abstract) .

Zhai Y S, Yao S Z, Lin X D, et al. 1992. Iron and copper (gold) metallogenic rule in middle-low reaches of Yangtze River [M]. Beijing: *Geol. Pub. House*. 1 ~ 234 (in Chinese with English abstract) .

Zhao B, Li Y S and Zhao J S. 1995. The evidence from inclusion for magma-genetic skarn [J]. *Geochimica*, 24(2): 34 ~ 53 (in Chinese with English abstract) .

Zhao B and Zhao J S. 1997. O and Sr isotopic geochemistry for massive and vein calcareous skarns from some iron-copper (gold) deposits along the middle-lower reaches of the Yangtze River [J]. *Geochimica*, 26(5): 34 ~ 53 (in Chinese with English abstract) .

Zhou T F and Yue S C. 2000. Forming conditions and mechanism for the fluid ore formation system of the copper, gold deposits in the Middle and Lower Reaches of the Yangtze River area [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 36(5): 698 ~ 708

(in Chinese with English abstract) .

附中文参考文献

常印佛, 刘湘培, 吴言昌. 1991. 中-长中下游铁铜成矿带 [M]. 北京: 地质出版社. 1 ~ 361 .

陈邦国, 姜章平, 张卫平, 等. 2002. 安徽冬瓜山叠生式层状铜矿热液改造型流体研究 [J]. *江苏地质*, 26(2): 65 ~ 69 .

范宏瑞, 谢奕汉, 王英兰. 1998. 扫描电镜下流体包裹体中子矿物的鉴定 [J]. *地质科技情报*, 17(增刊): 111 ~ 117 .

顾连兴, 陈培荣, 倪培, 等. 2002. 长江中、下游燕山期热液铜-金矿床成矿流体 [J]. *南京大学学报 (自然科学)*, 38(2): 392 ~ 407 .

黄华胜, 崔斌, 温春齐. 1985. 铜官山矿床的组合特征及成因 [J]. *矿床地质*, 4(2): 13 ~ 21 .

黄许陈, 储国正, 周捷, 等. 1994. 安徽铜陵地区成矿物质和含矿流体来源问题的探讨 [J]. *安徽地质*, 4(3): 1 ~ 9 .

凌其聪, 程惠兰. 1998. 岩浆夕卡岩的地质特征及其形成机理讨论: 以铜陵地区为例 [J]. *长春科技大学学报*, 28(4): 366 ~ 371 .

凌其聪, 刘丛强. 2002. 冬瓜山层控夕卡岩型铜矿床成矿流体特征及其成因意义 [J]. *吉林大学学报 (地球科学版)*, 32(3): 219 ~ 224 .

单强, 牛贺才. 2002. 扫描电镜-能谱在单个包裹体物质组成研究中的应用 [J]. *岩石学报*, 16(4): 711 ~ 714 .

吴言昌, 常印佛. 1998. 关于岩浆矽卡岩问题 [J]. *地学前缘*, 5(4): 291 ~ 301 .

肖新建, 顾连兴, 倪培. 2002. 安徽铜陵狮子山铜-金矿床流体多次沸腾及其与成矿的关系 [J]. *中国科学 (D 辑)*, 32(3): 199 ~ 206 .

谢玉玲, 徐九华, 何知礼, 等. 2000. 太白金矿流体包裹体中黄铁矿和铁白云石矿物的发现及成因意义 [J]. *矿床地质*, 19(1): 54 ~ 60 .

邢凤鸣, 徐祥. 1996. 铜陵地区高钾钙碱系列侵入岩 [J]. *地球化学*, 25(1): 29 ~ 38 .

翟裕生, 姚书振, 林新多. 1992. 长江中下游地区铁铜(金)成矿规律 [M]. 北京: 地质出版社. 1 ~ 234 .

赵斌, 李院生, 赵劲松. 1995. 岩浆成因矽卡岩的包裹体证据 [J]. *地球科学*, 24(2): 34 ~ 53 .

赵斌, 赵劲松. 1997. 长江中下游地区若干铁铜(金)矿床中块状及脉状钙质夕卡岩的氧、锶同位素地球化学研究 [J]. *地球化学*, 26(5): 34 ~ 35 .

周涛发, 岳书仓. 2000. 长江中下游铜-金矿床成矿流体系统的形成条件和机理研究 [J]. *北京大学学报 (自然科学版)*, 36(5): 698 ~ 708 .

SEM/ EDS Study of Daughter Minerals of Fluid Inclusions in Garnet and Diopside from Tongguanshan Copper Deposit

Xie Yuling¹, Xu Jiuhua¹, Yang Zhusen², Meng Yifeng², Xu Wenyi², Qiu Shidong¹ and Wang Baohua¹

(1 Civil & Environmental Engineering School, Beijing University of Science and Technology, Beijing 100083, China;

2 Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China)

Abstract

The Tongguanshan copper deposit in the Tongling ore belt is one of the typical skarn copper deposits. Lots of research work has been done on this ore belt. This paper is focused on fluid inclusions in garnet and diopside. Three types of fluid inclusions were recognized, namely two phase aqueous inclusions, multi-phase fluid inclusions with daughter minerals and aqueous inclusions with no bubbles. Microthermometric measurements were performed by using Linkam THMS600 heating-freezing stage and XYD-1350 heating stage, and the results show that the ore-forming fluids related to skarn were of high temperature (575 ~ 885 °C) and high salinity [13.4% ~ 44.9% $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$]. Through careful observation under microscope, many daughter minerals comprising transparent ones and opaque ones were recognized in multi-phase fluid inclusions of garnet and diopside. With SEM/EDS and LRM techniques, it is known that daughter minerals include sylvite, halite, sphalerite, clalcopyrite and carbonate. Sylvite daughter minerals are very extensively seen in garnet. The existence of so many sylvite daughter minerals and other daughter minerals in fluid inclusions indicates high salinity and high potassic concentration in ore-forming fluids. High potassic concentration in fluid inclusions coincides with K-rich acid rock and K-silicate alteration that occur widely in this area. The daughter mineral association in garnet coincides with the mineral assemblage of the post-skarn ore-forming stage.

Key words: geochemistry, SEM/EDS, fluid inclusion, daughter mineral, K-rich fluid, skarn, Tongguanshan copper deposit