

藏东玉龙斑岩铜矿床多期流体演化与成矿的流体包裹体证据*

谢玉玲¹ 侯增谦² 徐九华¹ 杨志明¹ 徐文艺² 何建平¹

XIE YuLing¹, HOU ZengQian², XU JiuHua¹, YANG ZhiMing¹, XU WenYi² and HE JianPing¹

1. 北京科技大学, 北京 100083

2. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037

1. University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China

2. Institute of Mineral Resource, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China

2004-12-30 收稿, 2005-08-03 改回

Xie YL, Hou ZQ, Xu JH, Yang ZM, Xu WY and He JP. 2005. Evolution of multi-stage ore-forming fluid and mineralization: Evidence from fluid inclusions in Yulong porphyry copper deposit, East Tibet. *Acta Petrologica Sinica*, 21(5):1409-1415

Abstract Petrographic observation, microthermometry, Laser Raman Microprobe Analysis (LRM) and Scanning Electron Microscope/Energy Dispersion Spectrum (SEM/EDS) was performed to fluid inclusion in phenocryst quartz and molybdenite-quartz vein. Different kinds of inclusions was observed including melt inclusions, two phase aqueous fluid inclusions and multi-phase fluid inclusions with daughter minerals. Most of fluid inclusions in phenocryst quartz formed in K-silicate and quartz-sericite stage. Little melt inclusion survived later alteration. The ore-forming fluid related to K-silicate and quartz-sericite alteration is characterized by K-rich, high temperature and high salinity with meaning of magmatic origin. Argillic alteration is attributed to a Ca-rich, low-temperature fluid. From porphyry mineralization to hypogene mineralization, Ore-forming fluid evolved from NaCl-KCl-H₂O-CO₂ (CH₄) to CaCl₂-H₂O-CO₂ system. The authors think that there are some origin affinity between early high temperature, K-rich fluid and later low temperature Ca-rich fluid. K-silicate, quartz sericite and argillic alteration occurred in different evolution stage. Unmixing of fluid caused by falling of pressure and temperature is the dominated factor for mineralization.

Key words Yulong porphyry copper deposit, Fluid inclusion, Fluid evolution

摘要 通过对玉龙斑岩铜矿石英斑晶、辉钼矿石英脉中流体包裹体岩相学、包裹体显微测温分析、包裹体成分的激光拉曼探针分析及包裹体中子矿物的扫描电镜/能谱分析,发现矿化斑岩石英斑晶中发育多期流体包裹体。斑晶中除流体包裹体外尚可见少量熔体包裹体。与斑岩期矿化有关的成矿流体以中高温(200~537℃)、高盐度(29.6~44.7 wt% NaCleq)为特征,与粘土化蚀变有关的流体包裹体以低温、富Ca为特征。不同气相充填度的气液两相包裹体与高盐度含子矿物多相包裹体共存,且具有相似的均一温度,显示不混溶流体包裹体特征。温度、压力降低引起的流体不混溶是造成斑岩型矿化矿质沉淀的主要因素。斑岩期流体与浅成低温热液期流体形成于统一的流体系统,为同源演化结果。

关键词 玉龙斑岩铜矿床; 流体包裹体; 流体演化

中图法分类号 P618.41

玉龙斑岩铜(钼)矿床是藏东喜山期玉龙成矿带中最大的斑岩铜矿床,其不仅发育与斑岩有关的铜(钼)矿化,还发育与浅成低温热液有关的高品位铜矿化,从而形成储量巨大的铜(钼)矿床。众所周知,斑岩铜矿床的形成与岩浆期后流体活动关系密切,是成矿的必要条件。深入研究成矿流体演

化和矿质沉淀的机制是进一步探讨矿化富集规律及指导找矿的重要依据。流体包裹体是保存在矿物中成矿流体的直接样本,利用流体包裹体的研究不仅可获得有关成矿流体的温度、压力、成分等重要信息,对研究矿床成因、成矿物质来源及其演化规律也具有重要的意义。玉龙斑岩铜矿床成矿

* 科技部“973”项目“印度-亚洲大陆主碰撞带成矿作用”(编号:2002-CB-412600)综合课题资助

第一作者简介: 谢玉玲,女,1963年生,博士,教授,矿物学、岩石学、矿床学专业, E-mail: yulingxie@263.net

流体前人已进行了较细致的工作(李荫清等, 1981, 芮宗瑶等, 1984), 本文在前人工作基础上, 通过流体包裹体岩相学、显微测温分析及包裹气液相成分的激光拉曼显微探针(LRM)分析、包裹体中子矿物的扫描电镜/能谱(SEM/EDS)分析, 对与斑岩矿化和浅成低温矿化有关的成矿流体特征、演化规律及与矿化的关系进行探讨。

1 矿区地质概况

玉龙斑岩铜(钼)矿床是藏东喜山期玉龙成矿带中最大的斑岩铜矿床。玉龙铜矿带位于印度-亚洲碰撞带之西藏地块东缘。矿带长约300km, 宽约15~30 km, 由4个大型铜矿和众多含矿斑岩体构成, 金属铜储量在1000万吨以上, 其中, 玉龙铜矿储量在628万吨, 伴生Au约100吨, Cu品位0.99%, Au0.35g/t, 具有世界级规模(芮宗瑶等, 1984, 唐仁鲤等, 1995)。成矿带分布于碰撞造山带东缘的构造转换带, 呈NNW向展布, 与印度-亚洲大陆主碰撞带方向斜交, 受NNW向大规模走滑断裂带控制。玉龙含矿斑岩体为一个复杂的多次侵入体, 侵入时间介于42Ma和33Ma(唐仁鲤等, 1995; Hou *et al.*, 2003), 主要由二长花岗斑岩组成, 以高钾、富碱为特征, 地球化学上属钾玄岩和富钾钙碱性岩(张玉泉等, 1998a, b), 与藏南冈底斯斑岩铜矿带的矿化斑岩相似(Hou *et al.*, 2003), 但区别于环太平洋铜矿带的钙碱性斑岩(Sillitoe, 1972; Sillitoe and Camus, 1991; Camus and Dilles, 2001; Richards *et al.*, 2001), 表明碰撞造山环境下的含铜斑岩以高钾和富碱为特征。成矿期斑岩侵入于上三叠统砂质板岩和灰岩地层中, 呈陡倾的筒状, 出露面积小, 约0.64km²。

玉龙铜矿为产于陆陆碰撞环境的斑岩铜(钼)矿床(Hou *et al.*, 2003), 它不仅发育斑岩铜(钼)矿化, 同时还发育一套与粘土矿化有关的高品位铜矿化。与世界上斑岩铜矿相似(Meyer and Hemley, 1967; Lowell and Guibert, 1970; Sillitoe, 1972; Drummond and Godwin, 1976), 玉龙斑岩铜矿发育一套典型的蚀变分带, 包括钾硅酸盐化、石英绢云母化、高级粘土化(芮宗瑶等, 1984; 马鸿文等, 1990; 唐仁鲤等, 1995; Hou *et al.*, 2003)和外围的青盘岩化。粘土化蚀变套合在早期钾硅化和石英绢云母化带之上, 广泛发育于斑岩体外围和内部, 以发育高岭石族矿物和低温石英为特征, 硫化物以黄铁矿为主, 常呈低温硫化物石英脉出现。玉龙铜矿由斑岩体内的筒状矿体和围绕斑岩体的环状高品位铜矿体组成。

2 流体包裹体的产状及岩相学特征

包裹体产状和岩相学特征是包裹体研究的基础, 是决定包裹体测试数据正确性和解释合理性的前提。本次研究样品主要采自玉龙斑岩铜矿床的钻孔岩芯和矿区及外围地表, 样品包括矿化斑岩、矿化石英脉、无矿石英脉、氧化带矿石等。通过对双面抛光的包裹体片进行显微镜下观察, 发现无

论是石英斑晶还是辉钼矿石英脉中均发育大量流体包裹体, 石英斑晶中尚可见少量熔体包裹体。包裹体形状多样, 有负晶形状、透镜状及不规则状等, 大小自<1至几十个微米不等, 多在5~15微米, 大者可达50微米。根据包裹体在室温下的相态特征和包裹体加热过程中的相变可以将其分为三类: I: 熔体包裹体, 主要见于晶形较为完好的石英斑晶中, 多呈负晶形状, 由于受后期流体活动改造等多已被破坏, 故未进行测温分析。II: 气液两相流体包裹体, 由气相和水溶液相组成, 根据其气相充填度大小及产状, 又可分为两组, II-1: 气相充填度5~15%(图1c), 气相充填度较稳定, 分布于石英斑晶和辉钼矿石英脉愈合裂隙中, 均一温度较低; II-2: 气相充填度在20%~100%(图1a, 1c), 气相充填度变化较大, 具有较高的均一温度。III: 含子矿物的多相包裹体(图1b, 1d), 由一个或多个子矿物相、一个液相和一个气相组成, 子矿物有透明和不透明两类, 透明子矿物常呈立方体或浑圆的立方体, 有时呈柱状或近菱面体状, 包裹体测温及前人资料(李荫清等, 1981)表明大多数透明子矿物为石盐和钾石盐, 少数为碳酸盐子矿物, 不透明子矿物常呈四面体、立方体自形晶或不规则状; SEM/EDS分析为黄铜矿和黄铁矿子矿物。IV: 纯液相包裹体。

对含矿斑岩中石英斑晶及其中的流体包裹体的成因目前尚存在不同看法, 传统的观点认为斑晶为岩浆早期结晶的产物, 形成于岩浆早期阶段, 所以斑晶一般呈自形晶, 其中可见熔体包裹体, 也有些学者认为有些斑晶可能是在蚀变过程中形成。本次通过包裹体岩相学观察发现斑晶中有熔体包裹体存在, 表明斑晶仍为岩浆结晶产物, 而其中的流体包裹体则为后期流体活动形成, 它们对于斑晶来说是次生的, 但对于钾硅化和石英绢云母化蚀变来说仍具有原生包裹体的研究意义。

3 流体包裹体的显微测温分析

笔者对石英斑晶、石英脉中多种类型流体包裹体进行包裹体显微测温分析, 结果列于表1。测试仪器为Linkam THMS600冷热台。由于多期流体活动的叠加、石英斑晶中原生熔体包裹体破裂后流体泄漏的参与、包裹体形成后的“卡脖子”现象等原因, 造成流体包裹体类型复杂。因此在测温过程尽量选择那些较为孤立的、受后期流体活动影响较小的包裹体进行。从表1可以看出, II-1类包裹体具有较低的均一温度(158~277℃)和较低的盐度(2.8~8.5 wt% NaCl_{eq}); II-2类均一温度较高(200~537℃), 但盐度较低(2.4~6.4 wt% NaCl_{eq}, 李荫清等, 1981数据为<24 wt% NaCl_{eq}), 其气相成分中除H₂O外还含有一定量的CO₂, 测得CO₂三相点温度为-57.2~-58.5℃, 表明除CO₂外可能还含有少量的CH₄等其它气体; III类包裹体均一温度高(214~429℃), 盐度也高(29.9~44.7 wt% NaCl_{eq})。石英斑晶中和辉钼矿石英脉中均发育大量的III类包裹体, 但其均

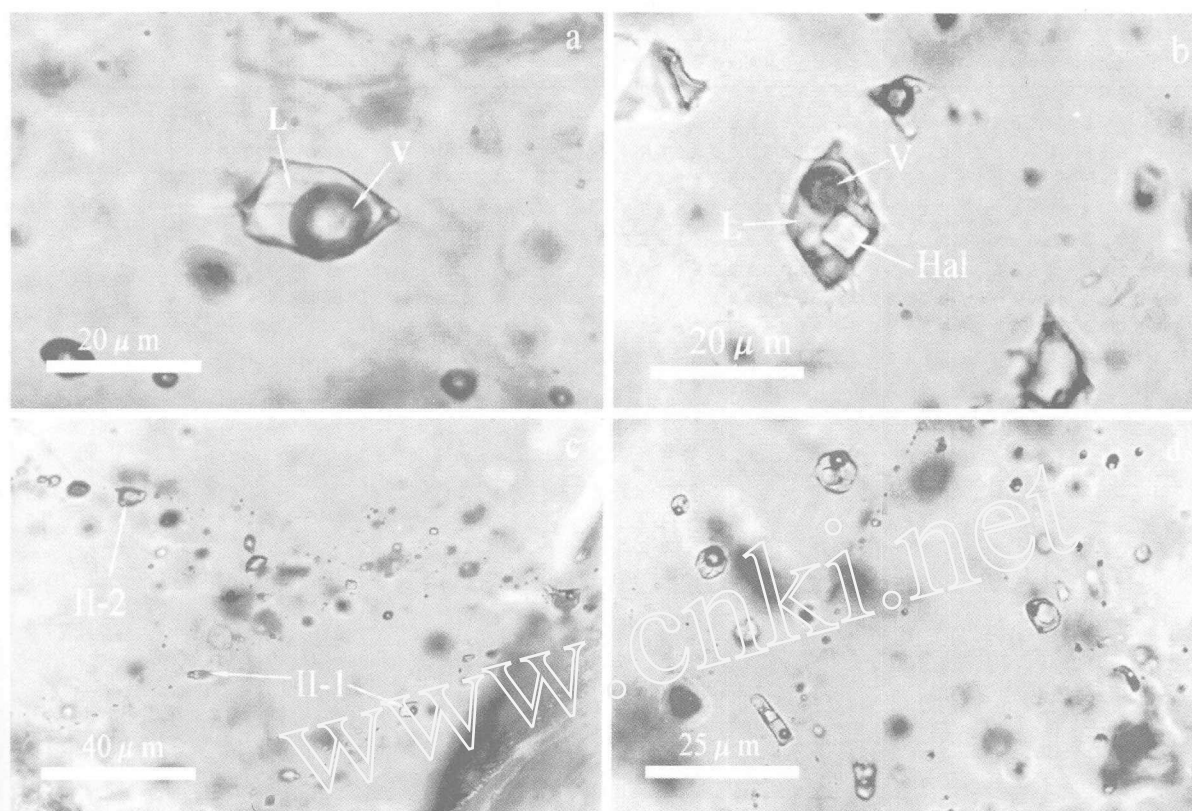


图1 不同类型包裹体的显微镜下照片

a. 石英斑晶中气液两相包裹体(Ⅱ-2类); b. 辉钼矿石英脉中含子矿物多相包裹体(Ⅲ类); c. 石英斑晶中呈线状分布的富气相包裹体群(Ⅱ-2)与富液相包裹体群(Ⅱ-1); d. 辉钼矿石英脉中含子矿物多相包裹体群, L-液相; V-气相; Hal-石盐

Fig. 1 Photos of fluid inclusions under microscope

a. Two phase aqueous fluid inclusion(Ⅱ-2 type) in phenocryst quartz; b. Multi-phase fluid inclusions (Ⅲ type) in vein quartz; c. Crossing of two stage fluid inclusions (Ⅱ-1 and Ⅱ-2) in phenocryst quartz; d. A group of multi-phase fluid inclusions in vein quartz; L-liquid phase; V-vapor phase; Hal-halite

一过程略有差别,石英斑晶中Ⅲ类包裹体以气液相均一温度大于子矿物溶化温度占优势,而辉钼矿石英脉中的Ⅲ类包裹体多为子矿物溶化温度大于气液相均一温度。不同气相充填度的Ⅱ-2类包裹体与Ⅲ类包裹体共存,且具有相似的均一温度范围,其间可见一系列的过渡类型,显示了不混溶流体包裹体的特征。Ⅱ-1类中可见含液相 CO_2 和气相 CO_2 的三相包裹体,其中 CO_2 相部分均一温度为 $25.5 \sim 27^\circ\text{C}$,均一为气相 CO_2 ,该类包裹体冰点温度常低于 $\text{NaCl-H}_2\text{O}$ 体系的低共熔点,故为非 $\text{NaCl-H}_2\text{O}$ 体系,其低共熔点温度可低至 -52°C ,表明其中可能含较高 CaCl_2 ,属 $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O-CaCl}_2$ 体系,该类包裹体主要产于石英斑晶和石英脉中的低温石英细脉中,或呈次生包裹体产于愈合裂隙中,主要与粘土化蚀变有关。

从包裹体中子矿物的类型上看除可溶盐类外,有些子矿物加热至 500°C 以上仍未消失,推测为碳酸盐子矿物。碳酸盐子矿物的存在,也表明流体富 CO_3^{2-} ,与流体包裹体中 CO_2 的发现吻合。辉钼矿石英脉样品中大量发育含不透明子矿物的多相包裹体,后经SEM/EDS分析主要为黄铜矿,少量为黄铁矿子矿物(详见下文)。

4 包裹体中子矿物的扫描电镜/能谱分析

扫描电镜/能谱(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,在流体包裹体中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;Xie YL *et al.*, 2004)。由于子矿物相在包裹体打开后易于保存,因此可以直接通过能谱进行成分分析。玉龙斑岩铜矿石英斑晶和石英脉中发现大量含子矿物多相包裹体,前人曾通过包裹体岩相学、包裹体显微测温分析等报导了石英中的石盐、钾石盐和硫化物子矿物(李荫清等,1981)。本次主要对辉钼矿石英脉中包裹体的子矿物相进行SEM/EDS分析,扫描电镜/能谱分析在北京科技大学新金属材料国家重点实验室进行,扫描电镜型号:CAMBRIDGE S250-MK2,电镜分辨率6nm,加速电压:30KV;最大放大倍数:30万倍;能谱仪型号LINK860,工作电压:1KV~30KV,电流最小束斑:500nm,分析直径:1~10 μm ,11号

表 1 流体包裹体显微测温结果

Table 1 Results of microthermometry of fluid inclusions

样号	矿物及产状	包裹体类型	温度(℃)		盐度(wt% NaCleq)	
			范围(次数)	平均	范围(次数)	平均
Y-32-1	石英斑晶	Ⅱ-1	201~248(20)	212.3	2.8~8.5(3)	5.2
Y-33-1	石英斑晶	Ⅱ-1	158~277(7)	214.0		
Y-32-2	石英斑晶	Ⅱ-2	335~375(10)	353.9	2.4~6.4(6)	4.9
Y-32-3	石英斑晶	Ⅲ	272~408(6)	341.2	29.6~35.9(7)	32.7
y-32-4	石英斑晶	Ⅳ			5.0~6.7(4)	5.6
y-33-2	石英斑晶	Ⅲ	275~415(5)	359.2	35.1~38.8(5)	42.7
y-33-3	石英斑晶	Ⅱ-2	481~410(4)	395.5		
Y-55-1	辉钼矿石英脉	Ⅲ	282~429(5)	330.8	33.8~44.7(5)	37.9
Y-55-2	辉钼矿石英脉	Ⅱ-2	322~537(4)	428.5		
Y-59-1	含铜石英脉	Ⅲ	214~340(10)	256.2	30.9~40.8(5)	35.4
Y-59-2	含铜石英脉	Ⅱ-2	200~404(5)	291.6		
y-1	氧化矿中残余石英	Ⅲ	283~296(3)	289.7	36.8~37.6(3)	37.2
Y-2-1	氧化矿中残余石英	Ⅱ-1	194~273(8)	230.3		
Y-2-2	氧化矿中残余石英	Ⅱ-2	265~358(9)	333.9		
Y-62	辉钼矿石英脉	Ⅲ	286~405(16)	364.5	31.7~46.5(17)	42.4

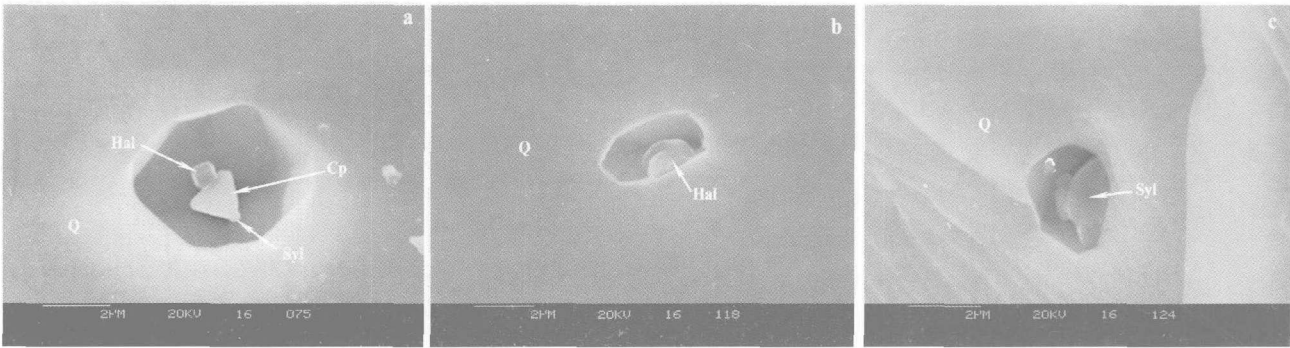


图 2 辉钼矿石英脉中流体包裹体中子矿物的扫描电镜照片

a. 包裹体中黄铜矿及石盐、钾石盐子矿物; b. 包裹体中石盐子矿物; c. 包裹体中钾石盐子矿物

Cp-黄铜矿; Hal-石盐; Syl-钾石盐; Q-石英, 寄主矿物

Fig. 2 SEM photos of fluid inclusions with daughter minerals in quartz

a. Fluid inclusion containing chalcopyrite, halite and sylvite daughter minerals; b. Fluid inclusion containing halite daughter mineral;

c. Fluid inclusion with silvite daughter mineral in quartz; Cp-chalcopyrite; Hal-Halite; Syl-Sylvite; Q-quartz, host mineral

元素(Na)以后,测定极限为0.1~0.3%。样品制备方法和测试步骤详见谢玉玲等(2000)。扫描电镜下观察发现,在辉钼矿石英脉样品中可见大量打开的包裹体,其中有些可见子矿物相,从子矿物的形态和能谱分析结果可以看出,透明子矿物以石盐为主(图2a,2b,3d),少量为钾石盐(图2a,2c,3b),表明流体富钠、钾。硫化物子矿物多呈四面体晶形(图2a),能谱图中除主矿物石英的峰值外,还显示有明显的Cu、Fe、S峰值(图3a),结合其四面体晶形应为黄铜矿子矿物,另外还发现有黄铁矿(图3c)和菱铁矿子矿物。

5 包裹体气液相成分的激光拉曼探针分析(LRM)

包裹体中气、液相成分的激光拉曼探针分析表明,高盐度含子矿物包裹体(Ⅲ类)中气、液相成分均以H₂O为主(图4a),气液两相包裹体(Ⅱ类)中液相成分以H₂O为主(图4a),气相成分除H₂O外还含有较高的CO₂(图4b,4c),

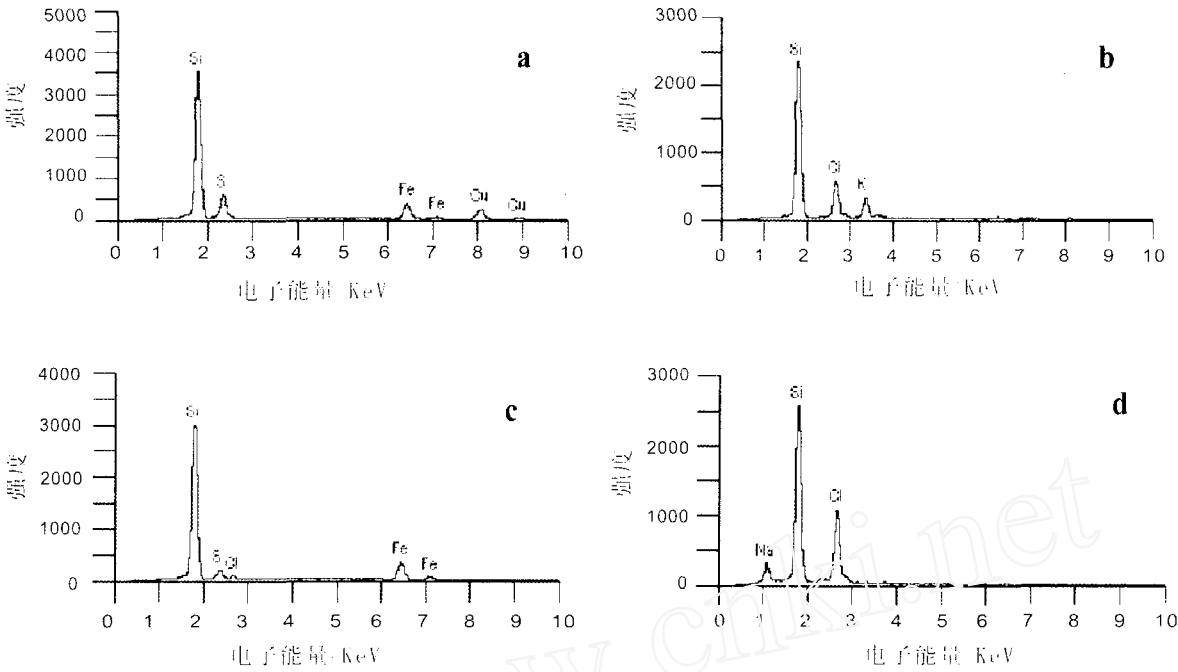


图3 流体包裹体中子矿物的能谱图
a. 黄铜矿矿物; b. 钾石盐矿物; c. 黄铁矿矿物; d. 石盐矿物; 主矿物均为石英
Fig.3 EDS diagrams of daughter minerals
a. chalcopyrite; b. sylvite; c. pyrite; d. halite; The host mineral is quartz

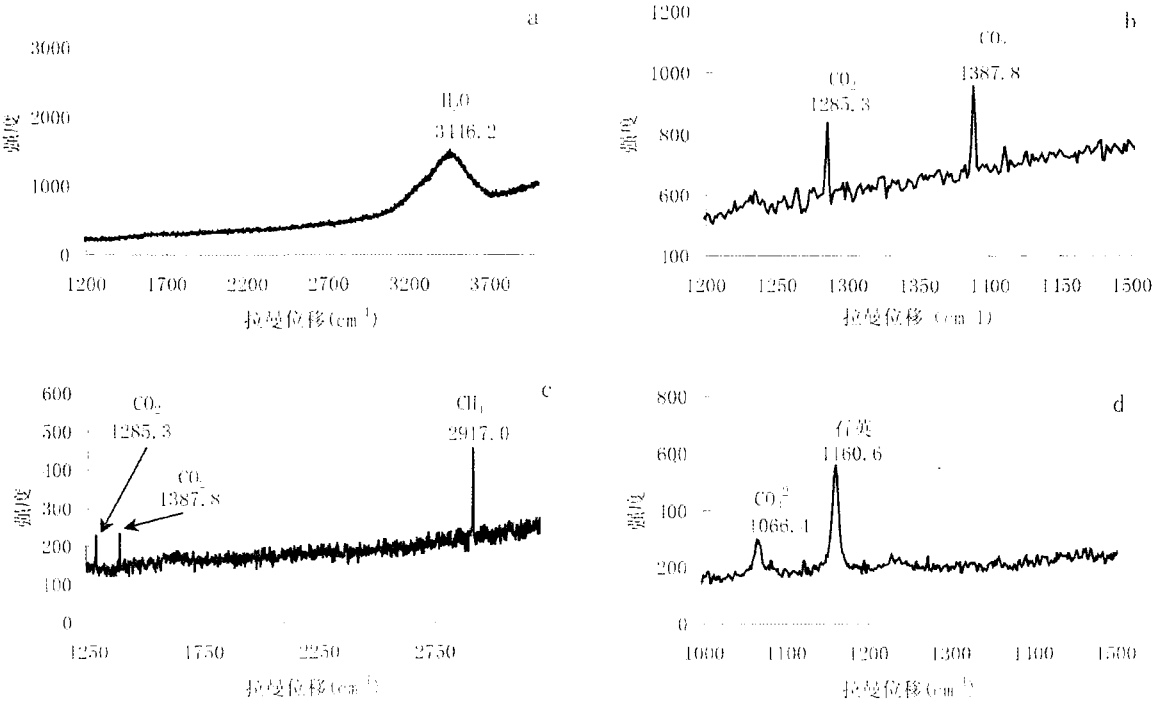


图4 流体包裹体气液相成分的 LRM 谱图
Fig.4 LRM spectrogram of fluid inclusions
a. 液相中 H₂O; b. 气相中 CO₂; c. 气相中 CH₄ 和 CO₂; d. 液相中 CO₃²⁻ (1160.6 cm⁻¹ 为主矿物石英峰)
a. H₂O in brine phase. b. CO₂ in vapor phase; c. CH₄ and CO₂ in Vapor phase; d. CO₃²⁻ in brine phase

个别含有较高 CH_4 (图 4c)。无论是气相、液相成分,其拉曼谱图中在 $1066 \sim 1071 \text{ cm}^{-1}$ 处常存在明显峰值 (图 4d),表明流体中含有 CO_3^{2-} 。结合包裹体的显微测温结果和包裹体中子矿物的扫描电镜/能谱分析结果,认为包裹体液相成分中阳离子以 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 为主,阴离子以 Cl^- 为主,并含少量 CO_3^{2-} 。钾硅化和石英绢云母化阶段流体以高温、高盐、富钾为特征,为典型的岩浆热液型流体。

6 结论与讨论

通过对石英斑晶、辉钼矿石英脉中流体包裹体的岩相学、显微测温分析、包裹体成分的激光拉曼探针分析和包裹体中子矿物的扫描电镜分析,并结合前人研究成果,玉龙斑岩铜矿与斑岩矿化有关的成矿流体以高温、高盐度、富钾为特征,为典型的岩浆热液型流体。钾硅化、石英绢云母化蚀变阶段成矿流体中气相成分以 H_2O 、 CO_2 为主,个别样品测出较高的 CH_4 ; 液相成分中阴离子以 Na^+ 、 K^+ 为主,其次为 Ca^{2+} ; 阴离子以 Cl^- 为主,其次为 CO_3^{2-} , 菱铁矿子矿物和黄铁矿子矿物的出现表明,流体中 Fe^{2+} 含量也较高。与粘土化蚀变有关的流体包裹体均一温度较低 ($158 \sim 277^\circ\text{C}$), 气相成分中以 CO_2 为主,可见含气相 CO_2 和液相 CO_2 的多相包裹体, CO_2 相部分均一温度在 $25.5 \sim 27^\circ\text{C}$, 包裹体冷冻法盐度测定发现其冰点 ($-25.2 \sim -32^\circ\text{C}$) 常低于 $\text{NaCl-KCl-H}_2\text{O}$ 体系的共结点温度,表明流体并非属 $\text{NaCl-KCl-H}_2\text{O}$ 体系,可能含较高的 CaCl_2 , 与粘土化蚀变有关的流体以富 Ca 为特征, NaCl 、 KCl 含量明显低于钾硅化和石英绢云母化,属 $\text{CaCl}_2\text{-H}_2\text{O-CO}_2$ 体系。从钾硅化、石英绢云母化到粘土矿化,成矿流体的温度、压力明显下降,流体中 K、Na 含量降低,而 Ca 含量升高,气相成分中 CH_4 减少,成矿流体从 $\text{NaCl-KCl-H}_2\text{O-CO}_2$ (CH_4) 体系向 $\text{CaCl}_2\text{-H}_2\text{O-CO}_2$ 体系转化。粘土矿化期成矿流体与钾硅化期成矿流体具有一定的继承性,应为同源流体演化的结果。

李荫清等 (1981) 认为,从岩浆直接分异出的是—种超临界流体,这种流体伴随钾硅化蚀变及温度、压力下降,从均一的超临界态变为两相不混溶流体。本文中所述及的富气相 (CO_2 、 CH_4 等) 流体包裹体和高盐度含子矿物多相流体包裹体可能代表了流体发生不混溶后的两个端元,其间存在的一系列的过渡类型,应为非均一捕获的结果。硫化物等在超临界流体中具有较强的溶解能力,当温度降至临界点之下时,由于 CO_2 等组分与高盐度流体发生分离,使流体中矿质的溶解度大大降低,因此造成黄铜矿、辉钼矿等大量沉淀。含矿石英脉中大量出现的含硫化物子矿物包裹体应为流体不混溶后的产物,它们与不同气相充填度的气液两相包裹体共存,斑岩型矿化主要发生在这—阶段,其成矿温度为 $250 \sim 350^\circ\text{C}$ 。玉龙铜矿与该成矿带内其它矿床不同,除斑岩型矿化外还发育一套与粘土矿化有关的高品位铜矿化,在流体包

裹体中表现为一组低温、富液相流体包裹体组合,相对于钾硅化和石英绢云母化阶段,包裹体均一温度低,流体中 Ca 含量升高,成矿流体属 $\text{CaCl}_2\text{-H}_2\text{O-CO}_2$ 体系,此阶段形成了低温石英、黄铁矿、粘土矿物组合,同时伴有铜 (钼) 金矿化。

Reference

- Camus F and Dilles J H. 2001. A special issue devoted to porphyry copper deposits of northern Chile-Preface. *Economic Geology*, 96: 233–238.
- Drummond A D and Godwin C I. 1976. Hypogene mineralization: an empirical evaluation of alteration zoning. In *Porphyry Deposits in Canadian Cordillera*, 15:52–63.
- Fan HR, Xie YH and Wang YL. 1998. Determining daughter minerals in fluid inclusions under scanning electron microscope (in Chinese with English abstract). *Geological Science and Technology Information*, 17(sup): 111–117.
- Hou ZQ, Ma HW, Zaw K *et al.* 2003. The Himalayan Yulong porphyry copper belt: Product of large-scale strike-slip faulting in eastern Tibet. *Economic Geology*, 98: 125–145.
- Li YQ, Rui ZY, and Cheng LX. 1981. Fluid inclusions and mineralization of the Yulong porphyry copper (Mo) deposit. *Acta Geologica Sinica*, 55:18–23 (in Chinese with English abstract).
- Lowell JD, and Guibert JM. 1970. Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry ore deposits. *Economic Geology*, 65: 373–408.
- Ma HW. 1990. Granitoid and mineralization of the Yulong porphyry copper belt in eastern Tibet. Beijing: Press of China University of Geosciences, 1–157 (in Chinese with English abstract).
- Meyer C, and Hemley J J. 1967. Water-rock alteration. In: Barnes H L (ed.). *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*, New York, 166–235.
- Richards J P, Boyce A J and Pringle M S. 2001. Geologic evolution of the Escondida area, northern Chile: a model for spatial and temporal location of porphyry Cu mineralization. *Economic Geology*, 96:271–306.
- Rui ZY, Huang CK, Qi GM, *et al.* 1984. The porphyry Cu (Mo) deposits in China (in Chinese). Beijing: Geological Publishing House, 1–350.
- Shan Q, Niu HC. 2002. Studying of the composition of single fluid inclusion using scanning electron microscopy and energy dispersive analysis (in Chinese with English abstract). *Acta Petrologica Sinica*, 16(4): 711–714.
- Sillitoe R H and Camus F. 1991. A special issue devoted to gold deposits in the Chilean Andes. *Economic Geology*, 86:1153–1345.
- Sillitoe R H. 1972. A plate tectonic model for the origin of porphyry copper deposits. *Economic Geology*, 67:184–197.
- Tang RL, Luo HS, *et al.* 1995. The Geology of Yulong porphyry copper (molybdenum) ore belt, Nizang (Tibet). Beijing: Geological Publishing House, 1–320 (in Chinese).
- Xie YL, Xu JH, He ZL, *et al.* 2000. The discovery of daughter minerals in fluid inclusion of the Taibai gold deposit and their genetic significance. *Mineral Deposits*, 19(1): 54–60 (in Chinese with English abstract).
- Xie YL, Xu JH, Hou ZQ, *et al.* 2004. Daughter minerals in fluid

- inclusions of garnet and diopside from Tongguanshan Copper Deposit by SEM/EDS and LRM. *Journal of University of Science and Technology Beijing*, 11(6):481-485
- Zhang YQ, Xie YW, Qiu HN, Li XH *et al.* 1998b. Shoshonitic series: Sr, Nd, and Pb isotopic compositions of ore-bearing porphyry for Yulong copper ore belt in the Eastern Tibet. *Scientia Geologica Sinica*, 33:359-366 (in Chinese with English abstract)
- Zhang YQ, Xie YW, Qiu HN, Li XH, *et al.* 1998a. Shoshonitic series: geochemical characteristics of elements for ore-bearing porphyry from Yulong copper ore belt in Eastern Tibet. *Earth Science-Journal of China University of Geosciences*, 23(6):557-561 (in Chinese with English abstract)
- 成矿作用研究. *地质学报*, 55(3):216-230
- 马鸿文. 1990. 藏东玉龙斑岩铜矿带花岗岩类与成矿. 武汉: 中国地质大学出版社, 1-157
- 芮宗瑶, 黄崇驹, 齐国明等. 1984. 中国斑岩铜(钼)矿床. 北京: 地质出版社, 1-350
- 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. *岩石学报*, 16(4): 711-714
- 唐仁鲤, 罗怀松等. 1995. 西藏玉龙斑岩铜(钼)矿带地质. 北京: 地质出版社, 1-320
- 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. *矿床地质*, 19(1): 54-60
- 张玉泉, 谢应雯, 邱华宇等. 1998a. 钾玄岩系列: 藏东玉龙铜矿带含矿斑岩元素地球化学特征. *地球科学——中国地质大学学报*, 23(6):557-561
- 张玉泉, 谢应雯, 邱华宇等. 1998b. 钾玄岩系列: 藏东玉龙铜矿带含矿斑岩 Sr, Nd, Pb 同位素组成. *地质科学*, 33(3):359-366

附中文参考文献

- 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. *地质科技情报*, 17(增刊): 111-117
- 李荫清, 芮宗瑶, 程莱仙. 1981. 玉龙斑岩铜(钼)矿床流体包裹体及

首届亚洲流体包裹体研究国际会议 (ACROFI I) 将于 2006 年 5 月 在南京大学召开

ACROFI (the Asian Current Research on Fluid Inclusions) 是和 ECROFI(欧洲流体包裹体国际会议)和 PACROFI(泛美流体包裹体国际会议)并列的国际会议,每隔两年在不同的国家举行。ACROFI I(首届亚洲流体包裹体研究国际会议)将于 2006 年 5 月 26~28 日在中国南京大学举行,旨在为亚洲和其他一些国家的科研人员提供一个最新研究成果的国际交流平台,届时将有俄罗斯、日本、韩国、印度、中国等亚洲国家和英国、法国、德国、美国、意大利、加拿大、澳大利亚等国流体包裹体研究专家与会。会议的正式语言为英语,主要议题有:热液系统和成矿,岩浆过程,变质流体,沉积作用与石油地质,流体运移与变形、破裂,实验和分析技术的新进展,地质流体的热动力学等。会后将组织大家前往安徽黄山进行 3 天的地质考察(5 月 29~31 日)。希望相关专家积极参会,有关此次会议的其它详细信息,请登录网页 <http://es.nju.edu.cn/acrofi/acr.html> 查看。

ACROFI I 会务组 供稿