

西藏班-怒带西段荣那铜(金)矿床流体包裹体特征及矿床成因

孙振明¹⁾, 任云生^{1,2)}, 李才¹⁾, 李兴奎¹⁾, 王明¹⁾, 范建军¹⁾

1) 吉林大学地球科学学院, 长春, 130061; 2) 东北亚矿产资源评价国土资源部重点实验室, 长春, 130061

内容提要: 荣那铜(金)矿床是班公湖-怒江缝合带西段新发现的矿床, 是多龙矿集区的重要组成矿床之一, 已探明储量达大型规模, 具有超大型矿床的成矿潜力。荣那铜(金)矿床矿石矿相学与岩相学研究显示其具有典型高硫化型浅成低温热液型矿床的矿物组合(明矾石、硫砷铜矿等)和矿化蚀变特征。通过资料收集与野外观察, 本文将荣那铜(金)矿床的成矿过程划分为石英-黄铁矿阶段、石英-多金属硫化物阶段与碳酸盐阶段, 其中石英-多金属硫化物阶段为主成矿阶段。为查明该矿床的成矿流体特征, 进一步确定矿床成因类型, 对取自深部矿石中的石英脉(均为主成矿阶段含黄铁矿、黄铜矿石英脉)开展了流体包裹体的岩相学观察、显微测温 and 激光拉曼光谱分析。结果表明, 上述矿物中主要发育富液相、富气相和含子矿物三相包裹体; 富液相包裹体的均一温度与盐度分别为: 80~440℃和 4.63%~11.95% NaCl eqv; 富气相包裹体的均一温度和盐度分别为: 320~440℃和 5.55%~10.74% NaCl eqv; 含子矿物三相包裹体的均一温度与盐度分别为 200~400℃和 29.4%~32.56% NaCl eqv; 富液相与富气相包裹体的气体成分除少量 N₂ 外, 气体成分均为 H₂O。综合分析认为, 荣那矿床成矿流体发生了强烈的沸腾作用, 流体沸腾作用是该矿床的重要成矿机制。可见, 荣那矿床具有高硫型浅成低温热液矿床的矿物组合及蚀变特征, 但主成矿阶段石英脉流体包裹体特征与典型斑岩型铜(金)矿床的流体包裹体特征相似。因此, 推测荣那高硫型浅成低温热液铜金矿的深部存在斑岩型铜金矿化, 该矿床应属浅成低温热液型-斑岩型铜金矿床。

关键词: 流体包裹体; 矿床成因; 浅成低温热液型-斑岩型铜金矿; 荣那铜(金)矿床; 西藏班-怒带

荣那铜(金)矿位于西藏阿里地区改则县境内, 距改则县城西北约 80km 处, 是西藏自治区地质矿产勘查开发局第五地质大队新发现的大型铜(金)矿床, 具有超大型铜(金)矿床成矿潜力。由于荣那铜(金)矿床发现时间较晚, 尚处于找矿勘探阶段, 研究程度较低, 所以对其矿床成因进行研究以指导找矿工作, 具有重要的科研与实际意义。荣那铜(金)矿床所在多龙矿集区内矿床(点)众多, 从西向东依次分布有地堡那木岗铜(金)矿、拿顿铜(金)矿、波龙超大型铜(金)矿、多不杂超大型铜(金)矿、荣那大型铜(金)矿、拿若大型铜(金)矿、铁格龙铜矿、赛角金矿、色那铜(金)矿、尕尔勤铜矿 10 处铜(金)矿床(点), 矿床成因类型多数属斑岩型成因, 成矿地质条件十分有利。以往的科研工作重心集中于多不杂和波龙两个超大型斑岩铜矿, 大量的包裹体测温结果(余宏全等, 2006; 李光明等, 2006, 2007; 何阳阳, 2012; 何阳阳等, 2014; 李丹, 2012;) 显示二者成因类型为斑

岩型铜金矿床, 然而荣那铜(金)矿作为矿集区内重要的发现之一, 除唐菊兴等(2014)通过钻孔岩心的岩相学和矿相学观察与研究, 发现该矿床具有高硫型浅成低温热液型矿床的矿物组合(明矾石、硫砷铜矿等)以外。一直未有其他研究工作。

为进一步确定荣那矿床成因, 本文首次对荣那铜(金)矿进行包裹体测试工作, 旨从矿床流体包裹体性质入手, 通过流体包裹体岩相学、显微测温学等手段, 探讨荣那矿床的流体性质及成因类型。结果显示, 荣那铜(金)矿床包裹体特征与典型高硫型浅成低温热液铜(金)矿床包裹体特征不一致, 而与斑岩型铜(金)矿床包裹体特征相似, 具有斑岩型矿床的成因属性, 指示了荣那铜(金)矿床成因的复杂性。据此推测, 荣那铜(金)矿床可能不是单一的高硫型浅成低温热液矿床, 其浅部为高硫型浅成低温热液型铜金矿体, 而深部为斑岩型成因。

注: 本文为中国地质调查局项目(编号: 12120113036700)资助的成果。

收稿日期: 2014-10-17; 改回日期: 2014-12-17; 责任编辑: 黄敏。

作者简介: 孙振明, 男, 1987 年生, 博士研究生, 矿产普查与勘探专业, Email: sunzhenming.9040@163.com。通讯作者: 任云生, 男, 1969 年生, 教授, 博士生导师, 主要从事矿床学与区域成矿规律的教学与科研工作, Email: renys@jlu.edu.cn。

1 成矿地质背景

荣那铜(金)矿大地构造位置上属班公湖-怒江缝合带北侧,羌塘地块南缘(图 1a)。古生代以来,区域上经历了班-怒洋盆的演化开始,俯冲消减,碰撞闭合等一系列构造事件(任纪舜等,2004;刘庆宏等,2004;朱弟成等,2006;史仁灯,2007;Yin A et al., 2000; Kapp et al., 2003),不同时期的构造与岩浆活动强烈,尤其在早白垩世,形成了一系列与浅成侵入岩有关的斑岩型铜(金)矿床(李金祥等,2008;余宏全等,2009;祝向平等,2011;陈华安等,2013;段志明等,2013;周金胜等,2013),构成班公湖-怒江斑岩型铜矿带,荣那铜(金)矿床即位于整个铜矿带矿床最集中分布的多龙矿集区内。

除第四系外,矿区及外围出露的地层主要为下二叠统曲地组长石石英砂岩、石英砂岩及复成分砾岩互层等;上三叠统日干配错组结晶灰岩、生物碎屑灰岩、粒屑灰岩等;侏罗系木嘎岗日组岩屑石英砂岩、岩屑杂砂岩等;下侏罗统曲色组石英砂岩、粉砂岩等;上侏罗统色哇组长石石英砂岩、粉砂岩等;下白垩统美日切错组安山岩、安山玢岩、细晶安山岩等;上白垩统阿布山组砂岩及复成分砾岩。区内主要发育为 EW 向、NE 向及 NW 向 3 组断裂,其中 EW 向断裂形成时间最早,NE 向断裂次之,NW 向

断裂形成时间最晚,其中 NE 向断裂为主要控矿构造,NW 向为成矿后期断裂,对矿体形成具有破坏作用。侵入岩主要为早白垩世花岗斑岩、花岗闪长岩、花岗闪长斑岩、闪长玢岩等(图 1b)。

2 矿床地质特征

荣那矿区地表为大面积分布的美日切错组安山岩,安山岩褐铁矿化较强,局部可见孔雀石,但未见斑岩体及铜矿体出露。荣那铜金矿含矿斑岩体为花岗斑岩,含矿斑岩全岩矿化,矿体均为隐伏矿体,主要受 NE 向断裂构造控制,产出于花岗斑岩及接触带附近的色哇组长石石英砂岩、粉砂岩和美日切错组斑状安山岩、安山玢岩内(图 2)。

已知矿体主要呈北东向分布,延长约 1400m,南东—北西向约 800m,延深超过 1000m,已有工程未控制住矿体,已探明储量达大型规模,有望实现超大型规模。矿体 Cu 平均品位大于 0.5%,伴生金银,伴生 Au 平均品位在 0.1g/t 左右,伴生银平均品位在 2g/t 左右(唐菊兴等,2014)。

矿石类型主要为细脉浸染状和网脉状,局部为稀疏浸染状—稠密浸染状矿石(图 3a,3b)。矿石中的金属矿物主要为黄铁矿、黄铜矿、铜蓝、斑铜矿、黝铜矿、蓝辉铜矿、斯硫铜矿、雅硫铜矿、久辉铜矿、斜方蓝辉铜矿、硫砷铜矿和闪锌矿等(图 3c~3f);非金

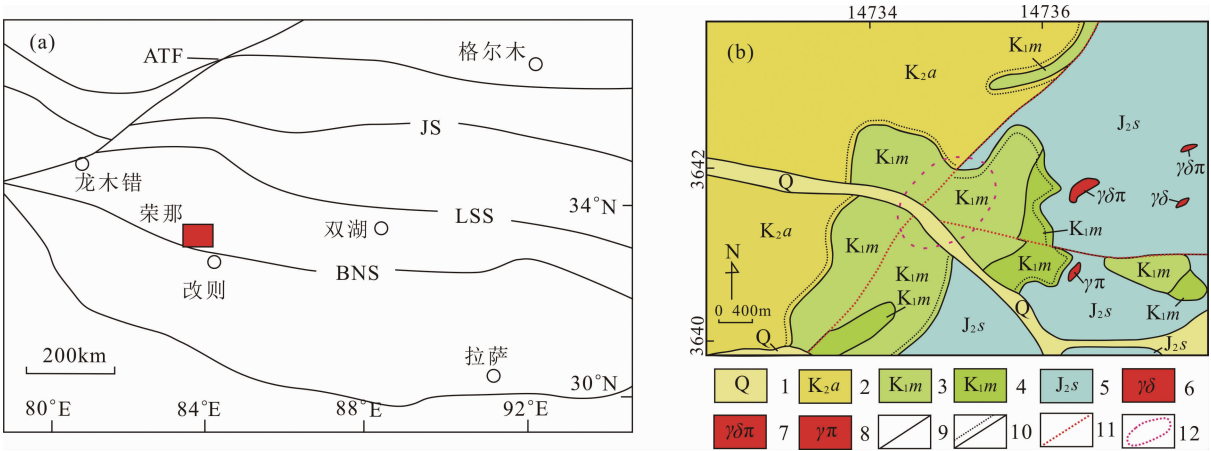


图 1 西藏荣那铜(金)矿大地构造位置图(a)及矿床地质图(b)
Fig. 1 Tectonic map (a) and geological map (b) of Rongna copper (gold) deposit in Tibet
(a after Zhai Qinguo et al., 2009; b after Tang Juxing et al., 2014)

(a)——图据翟庆国等,2009 修改;(b)——图据唐菊兴等,2014 修改
1—第四系;2—阿布山组;3—美日切错组斑状安山岩、安山玢岩;4—美日切错组细晶安山岩;5—色哇组长石石英砂岩、粉砂岩;6—花岗闪长岩;7—花岗闪长斑岩;8—花岗斑岩;9—实测地质界线;10—不整合地质界线;11—推测断层;12—矿化范围
1—Quaternary; 2—Abushan Formation; 3—andesite and andesite porphyry of Meiriquicuo Formation; 4—fine grained andesite of Meiriquicuo Formation; 5—feldspar-quartz sandstone and siltstone of Sewa Formation; 6—granite diorite; 7—granite diorite porphyry; 8—granite porphyry; 9—measured stratigraphic boundary; 10—unconformity stratigraphic boundary; 11—inferred fault; 12—limits of mineralization

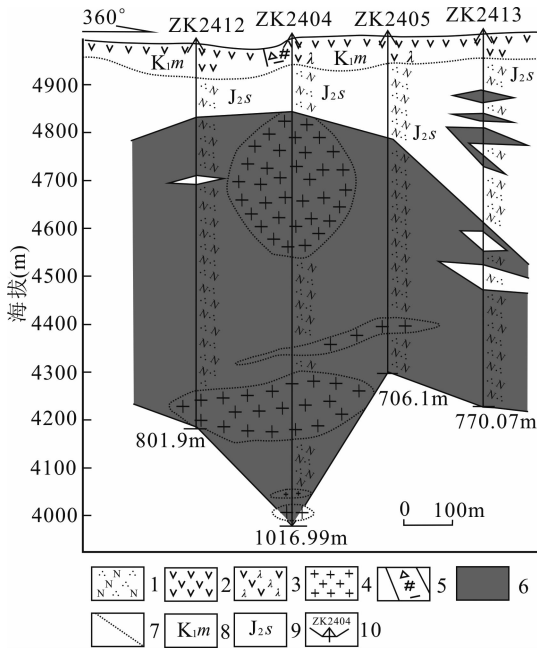


图 2 西藏荣那矿区 24 勘探线剖面图
(据唐菊兴等,2014 修改)

Fig. 2 The No. 24 exploration cross-section of Rongna copper (gold) deposit in Tibet (modified after Tang Juxing et al., 2014)

1—长石石英砂岩;2—安山岩;3—安山玢岩;4—花岗斑岩;5—构造破碎带;6—矿体;7—岩性界线;8—美日切错组;9—色哇组;10—钻孔位置及编号
1—Feldspar-quartz sandstone; 2—andesite; 3—andesite porphyry; 4—granite porphyry; 5—shattered fault zone; 6—orebody; 7—boundary; 8—Meiriquiecuo Formation; 9—Sewa Formation; 10—position of hole and its number

属矿物为石英、长石、明矾石、地开石、绢云母、硬石膏、粘土矿物等。围岩蚀变特征与高硫型浅成低温热液矿床相似,主要有硅化、青磐岩化、绿帘石化、绿泥石化、粘土化、黄铁矿化、绢云岩化、角岩化等。

根据蚀变矿物组合特征、蚀变叠加关系、脉体穿插关系,将荣那铜(金)矿床的成矿过程划分为 3 个阶段:①石英-黄铁矿阶段,主要矿物组合为石英、绢云母、绿泥石、黄铁矿等,金属矿物主要呈浸染状分布;②石英-多金属硫化物阶段,为主成矿阶段,主要矿物组合为石英、黄铁矿、黄铜矿、黝铜矿、铜蓝、闪锌矿等,金属矿物主要呈脉状—稠密浸染状—网脉状产出(图 3a~3b);③碳酸盐阶段,主要形成方解石细脉,石英细脉。

3 流体包裹体特征

3.1 样品的采集及研究方法

本次包裹体样品采自荣那矿区 1604 号钻孔,包括花岗斑岩及围岩色哇组长石石英砂岩内的含矿石

英脉,均为主成矿阶段形成的含黄铁矿、黄铜矿的石英脉(图 3a,3b),主要针对与铜矿化有关的石英-黄铜矿-黄铁矿-闪锌矿-黝铜矿-铜蓝矿脉(3c~3f),挑选与黄铁矿、黄铜矿密切共生的石英颗粒,开展石英中流体包裹体测试工作。在吉林大学地球科学学院地质流体实验室进行了包裹体的岩相学观察、显微测温及单个包裹体成分的激光拉曼分析,仪器为 Linkam THMS2600 型冷热台,测试前用人造 25% CO₂-H₂O 包裹体(国际标样)对仪器进行了系统校正。单个包裹体成分的激光拉曼分析在 Renishaw System21000 型激光拉曼光谱仪上完成,514nmAr⁺激光器,扫描范围 4500~850cm⁻¹,狭缝宽度 25Lm,测试积分时间 120s。对于气液两相包裹体,根据所测冰点温度,利用公式: $S = -1.76985Ti - 0.042384Ti^2 - 0.00052778Ti^3$ (Potter et al., 1978), 式中 S 为盐度, Ti 为冰点温度,计算出相应的盐度;对于含子矿物三相包裹体,通过子矿物熔化温度与盐度换算表(Hall et al., 1988;卢焕章等,2004)查得相应的盐度,按照刘斌等(1999)的经验公式,可计算出含子矿物多相包裹体的流体密度。

3.2 流体包裹体岩相学

包裹体岩相学观察表明,荣那矿床主矿化阶段的石英中发育丰富的原生流体包裹体。按其室温下的相态特征,可将这些原生包裹体分为以下 3 种类型(图 4a~4d)。

气相包裹体(V 型):该类包裹体形态主要呈椭圆状、次椭圆状、长条状、负晶形和不规则状等,大小多为 6~12μm,包裹体气液比主要为 50%~90%,加热时均一至气相。

液相包裹体(L 型):此类包裹体形态主要呈乳滴状、球状、长条状、不规则状和负晶形等,大小多为 4~10μm,包裹体气液比主要为 10%~40%,加热时均一至液相。

含子矿物三相包裹体(LHa 型):由一个气相、一个子矿物相和一个水溶液相组成,大小在 12μm 左右,包裹体形态主要以不规则状为主。子矿物呈立方体,为透明矿物,略带淡黄色,据此判断,子矿物为石盐。加热时石盐子晶先熔化,均一至液相。

上述不同类型包裹体密切共生(图 4a),表明它们近于同时捕获的特征。

4 流体包裹体测试结果

4.1 流体包裹体显微测温

本次研究共获得均一温度数据 119 件,盐度数

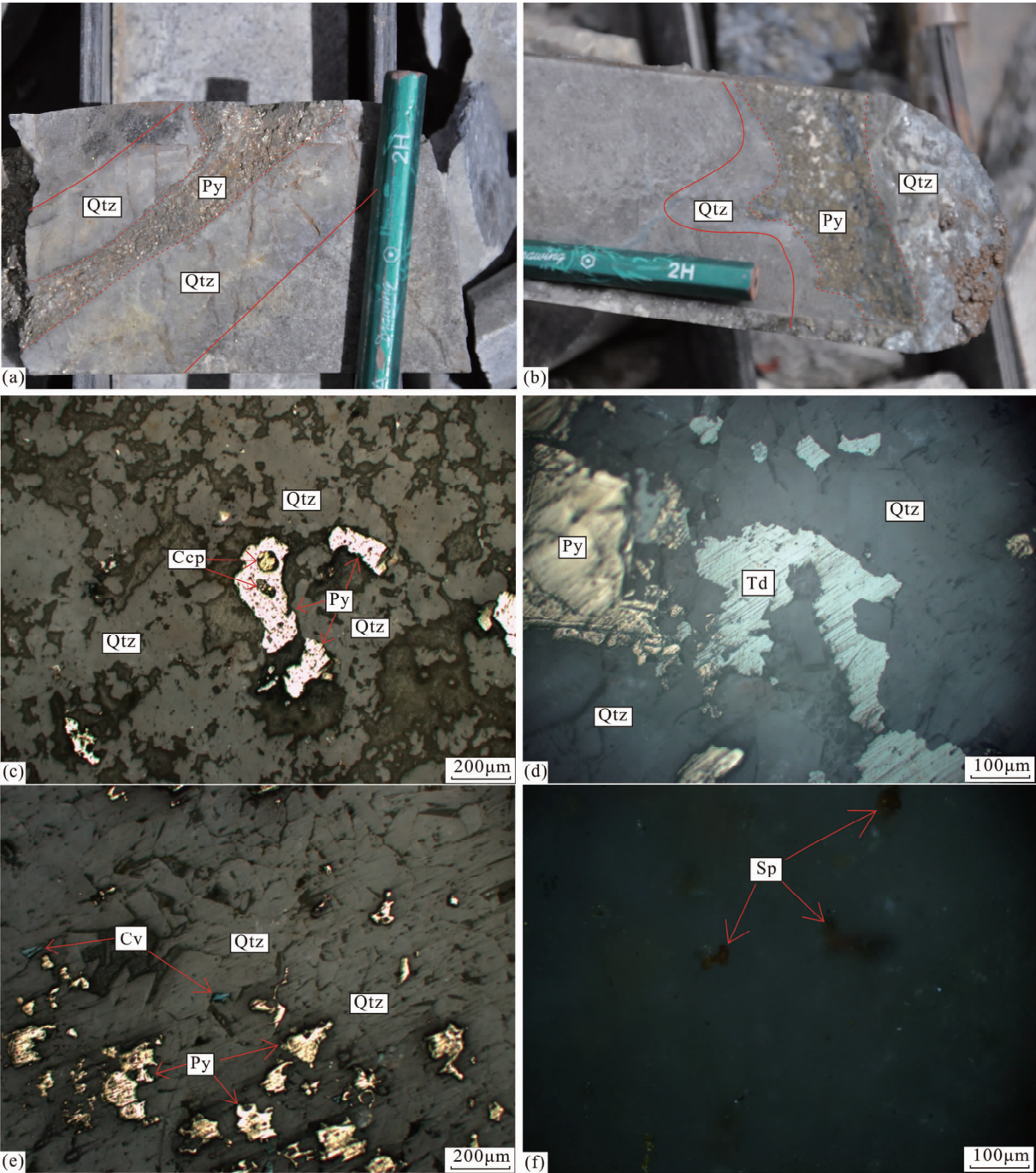


图 3 西藏荣那矿区铜(金)矿石矿化特征

Fig. 3 The mineralization characteristics of the ore in the Rongna deposit, Tibet

a—含细脉状黄铁矿的石英脉矿石;b—含脉状-稠密浸染状黄铁矿的石英脉矿石;c—黄铁矿包含黄铜矿;d—黄铁矿与黝铜矿;e—铜蓝与黄铁矿;f—闪锌矿的黄褐色内反射色. 矿物代号:Py—黄铁矿;Ccp—黄铜矿;Td—黝铜矿;Cv—铜蓝;Sp—闪锌矿;Qtz—石英
a—Quartz vein containing fine vein pyrite in the ore; b—quartz vein containing vein-dense disseminated pyrite in the ore; c—pyrite containing chalcopyrite; d—pyrite and tetrahedrite; e—covellite and pyrite; f—the tan internal reflection color in the Sphalerite.
Py—pyrite; Ccp—chalcopyrite; Td—tetrahedrite; Cv—covellite; Sp—sphalerite; Qtz—quartz

据 119 件。荣那铜(金)矿床主成矿阶段石英中包裹体的均一温度及盐度的分析测试结果如(表 1;图 5)所示。

气相包裹体(V 型):均一温度变化范围为 160

~ 440℃ , 多数为 320~440℃ ,均值为 372℃ (N=30);盐度范围在 5.55%~10.74% NaCl eqv,平均盐度为 8.35% NaCl eqv,此类包裹体以均一至气相方式为主,估算流体密度为 0.50~0.96g/cm³,均值

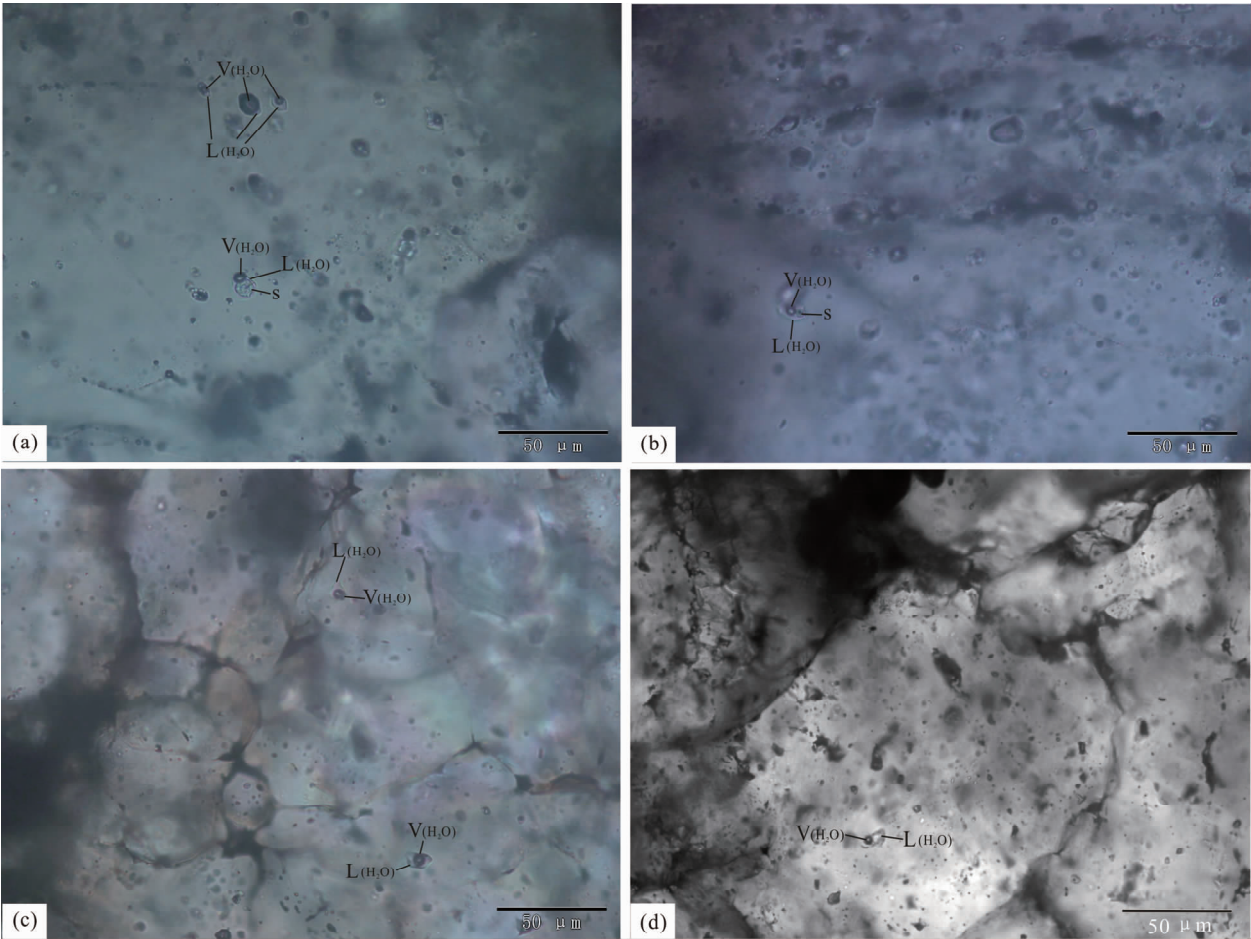


图 4 西藏荣那铜(金)矿床不同类型包裹体镜下显微照片

Fig. 4 The microscopic photos of different types of fluid inclusions in the Rongna deposit, Tibet

(a)—富液相包裹体、富气相包裹体与含子矿物三相包裹体共存;(b)—含子矿物三相包裹体;
(c)—富气相包裹体;(d)—富液相包裹体

(a)—Rich liquid inclusions, rich gas phase inclusions and three-phase inclusions; (b)—three-phase inclusions;
(c)—rich gas phase inclusions; (d)—rich liquid inclusions

为 0.67 g/cm³。

液相包裹体(L 型):均一温度变化范围为 80~440℃,多数为 200~360℃,均值为 292℃(N=75);包裹体的盐度范围在 4.63%~11.95% NaCl eqv,平均值为 7.68% NaCl eqv,此类包裹体以均一至液相方式为主,由均一温度和相应的盐度,估算流体密度为 0.47~1.04g/cm³,均值为 0.79 g/cm³。

含子矿物三相包裹体(LHa 型):子晶熔化的温度为 142.0~215.3℃,完全均一温度 200~400℃,均值为 294℃(N=14)。盐度 w(NaCl) 为 29.4%~32.56% NaCl eqv,均值为 30.64% NaCl eqv,属于高盐度。

结果表明(图 5),荣那矿床主成矿期成矿流体温度集中于 200~440℃。具有中高温度的特点。盐度可分为 2 种不同类型:①低—中盐度流体包裹

体(V 型,L 型),②高盐度流体包裹体(LHa 型)。

4.2 激光拉曼成分分析

本次研究选取不同类型的流体包裹体进行了气相成分的激光拉曼光谱分析(图 6)。其中 L 型包裹体中气相成分主要是 H₂O 和少量 N₂(图 6a),液相成分主要是 H₂O;V 型包裹体中气相成分主要是少量 N₂(图 6b),液相成分主要是 H₂O。总体上,气相成分除 H₂O 以外还含有部分 N₂,表明成矿流体属于 H₂O-NaCl-N₂体系。

5 讨论

5.1 成矿流体的沸腾作用

流体包裹体测试结果表明(表 1),荣那铜(金)矿的同期包裹体均一温度变化范围较大(80~440℃),包裹体类型复杂,主要存在气相、液相以及

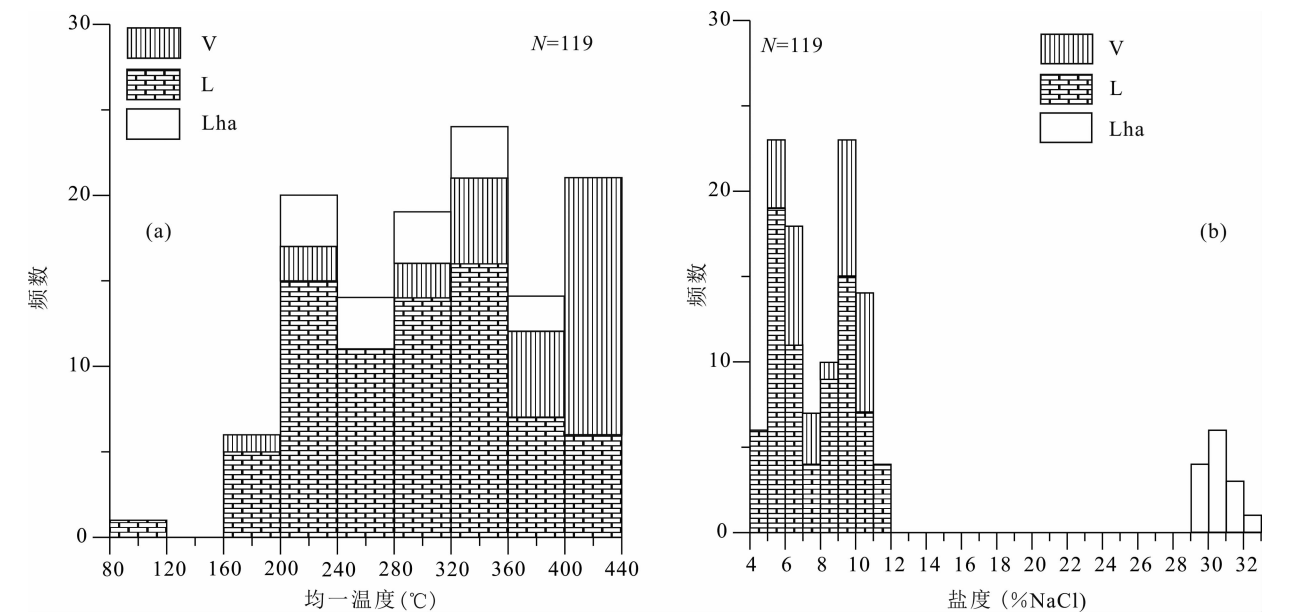


图 5 西藏荣那铜(金)矿床包裹体的均一温度直方图(a)与盐度直方图(b)

Fig. 5 The histogram of homogenization temperatures (a) and salinities of different types of fluid inclusions (b) in the Rongna deposit, Tibet

V—气相;L—液相;Ha—石盐;包裹体类型及意义见文中 3.2 流体包裹体岩相学

V—Vapor; L—liquid; Ha—halite; The types of the fluid inclusions and its imp lications see the statement in 3.2 of the paper

表 1 西藏荣那铜(金)矿床脉状石英中流体包裹体显微测温结果

Table 1 Microthermometric results of vein quartz from the Rongna copper-gold deposit, Tibeti

样号	测试矿物	包裹体类型及包裹体测试数(n)	均一温度(℃) 平均均一温度(℃)	冰点(℃)	子晶熔化温度(℃)	盐度(%NaCl eqv) 平均盐度(%NaCl eqv)	均一压力(×10 ⁵ Pa)
RnT1	脉石英	V(3)	307.0~326.5 318.5	−3.8~−5.0		6.14~7.86 6.86	276.5~310.8
		L(8)	166.7~386.0 297.7	−3.5~−7.0		5.70~10.49 8.25	157.8~405.2
		LHa(4)	215.0~394.6 323.6		175.0~215.3	30.70~32.56 31.51	366.0~623.4
RnT2	脉石英	V(9)	174.0~438.9 368.8	−3.5~−6.5 −4.8		5.70~9.86 7.47	175.4~435.2
		L(32)	81.2~422.5 292.4	−2.8~−8.2 −5.3		4.63~11.95 8.16	83.0~453.4
		LHa(2)	251.1~253.3 252.2		166.3~170.0	30.30~30.48 30.39	389.6~393.9
RnT4	脉石英	V(3)	220.5~432.8 324.0	−3.4~−5.8 −4.5		5.55~8.94 7.07	199.9~430.0
		L(6)	307.5~386.9 338.2	−3.2~−5.6 −4.0		5.24~8.67 6.44	267.5~368.9
		LHa(1)	213.1		143.2	29.51	327.5
RnT5	脉石英	V(15)	221.3~438.1 393.9	−3.6~−7.2 −6.2		5.84~10.74 9.43	223.1~452.0
		L(18)	178.4~344.3 272.1	−3.2~−7.6 −5.2		5.25~11.23 8.08	170.8~361.4
		LHa(7)	220.1~351.5 301.2		142.0~200.1	29.40~31.87 30.38	339.0~551.1
RnT6	脉石英	L(11)	215.5~437.3 293.2	−2.8~−6.3 −3.6		4.63~9.60 5.88	181.9~357.3

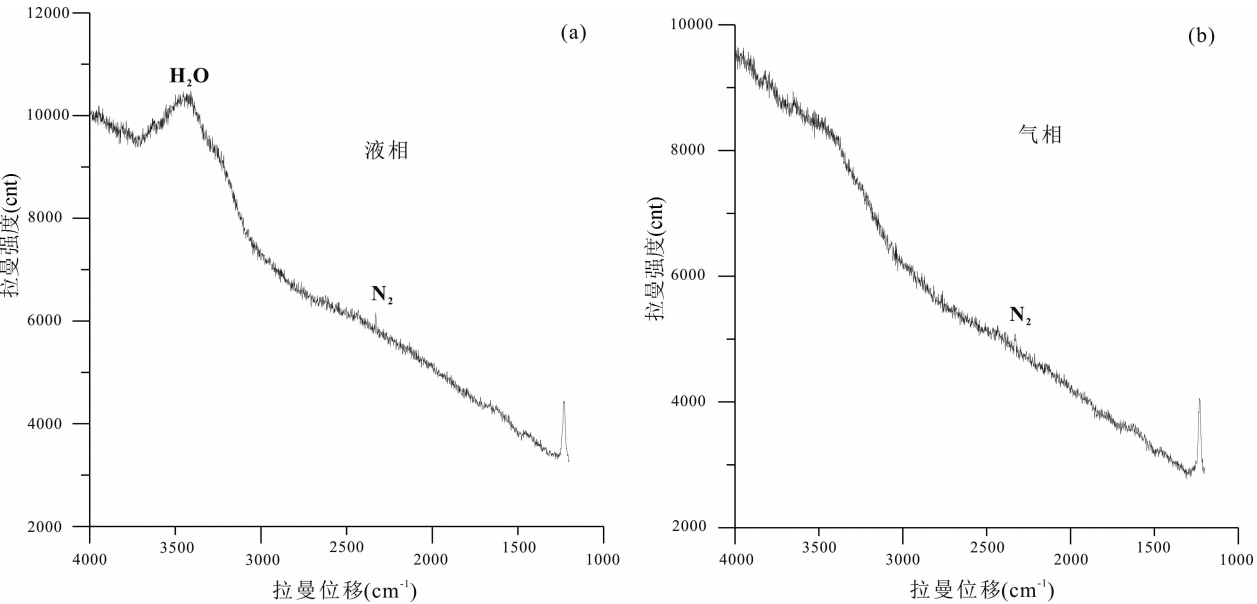


图 6 西藏荣那矿床流体包裹体气相组分拉曼光谱分析

Fig. 6 Raman spectra of gas phase in fluid in clusions from the Rongna deposit in Tibet

含子矿物三相包裹体。在 200~400℃ 这一宽泛的温度区间内 3 种类型包裹体并存,结合流体包裹体温度-盐度散点图(图 7),荣那矿床主成矿阶段成矿流体分为低—中盐度与高盐度两个区间,参考流体沸腾与流体混合作用判别标识(张德会,1997),判断荣那矿床成矿流体发生了强烈的沸腾作用。

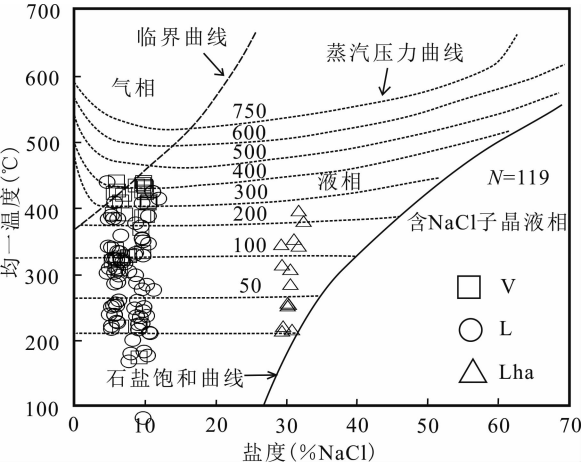


图 7 西藏荣那铜(金)矿床包裹体均一温度与盐度散点图

Fig. 7 Sketch diagram of homogenization temperatures and salinities of fluid inclusions in the Rongna deposit, Tibet

V—气相; L—液相; Ha—石盐; 包裹体类型及意义见文中 3.2 流体包裹体岩相学

V—Vapor; L—liquid; Ha—halite The types of the fluid inclusions and its implications see the statement in 3.2 of the paper

5.2 成矿物理化学条件

流体沸腾过程中捕获的流体包裹体的均一压力可代表其成矿压力(Shepherd et al., 1985; 张文淮

等,1993)。荣那铜(金)矿床主成矿阶段石英中流体包裹体特征表明,成矿流体在均一温度为 200~400℃ 范围内均发生了流体沸腾作用,盐度区间为 4.63%~32.56% NaCl eqv。由石英中不同类型包裹体均一温度和盐度,再根据邵洁涟(1986)压力计算公式: $P(\text{成矿压力}) = P_0 \times T_1 / T_0$ (P_0 为初始压力, T_0 为初始温度, T_1 为均一温度),计算出该矿床的成矿压力为 $(83.0 \sim 623.4) \times 10^5 \text{ Pa}$ (表 1); 由胡宝群等(2003)成矿深度估算方法估算成矿深度为 0.28~2.08 km,属浅成范围,属于典型斑岩型矿床成矿深度(1~6km)范围(Seedorff et al., 2005)。

5.3 矿床的成因

唐菊兴等(2014)根据荣那铜(金)矿床发育明矾石、硫砷铜矿等矿物组合,认为荣那矿床的成因类型属典型的高硫型浅成低温热液矿床。

将本文流体包裹体测温结果与国内外典型斑岩铜(金)矿、高硫型浅成低温热液型铜(金)矿流体特征进行对比(表 2)表明,荣那矿床明显区别于典型高硫型浅成低温热液矿床的低温、低盐度的流体特征,而与斑岩型矿床的中高温、高盐度流体特征相似(表 2),表明荣那铜(金)矿床成因类型不是单一的高硫型浅成低温热液型矿床,很有可能浅部为高硫型浅成低温热液型矿体,而深部为斑岩型成因。

5 结论

(1)荣那铜(金)矿床发育明矾石、硫砷铜矿等典型的高硫型浅成低温热液型矿床的矿物组合,显示其

表 2 西藏荣那铜(金)矿与国内外典型斑岩型铜(金)矿、高硫浅成低温热液型铜(金)矿矿床特征对比表

Table 2 Comparison of features among Rongna copper-gold deposit and typical porphyry copper-gold, typical high sulfidation epithermal copper-gold deposit

矿床名称	荣那	多不杂	格拉斯伯格	紫金山
成矿时代	早白垩世	早白垩世		
控矿构造	NE 向断裂构造	NE 向断裂构造	NNW 向和 NW 向及环形断裂破碎带	NW 向断裂
赋矿岩石	花岗斑岩;色哇组长石石英砂岩;美日切错组安山岩	早白垩世花岗闪长斑岩;曲色组长石石英砂岩	塔木兰沟组中基性火山岩和南平组碎屑岩	蚀变花岗岩;蚀变英安岩
矿体形态	细脉状、细脉浸染状、稠密浸染状	细脉浸染状、浸染状	网脉状、浸染状	稠密浸染状,脉状
围岩蚀变	明矾石化、高岭石化、硅化、青磐岩化、绿帘石化、绿泥石化、粘土化、黄铁矿化、绢云岩化、角岩化等	钾化、硅化、绢英岩化、青磐岩化、粘土化等	钾化、磁铁矿化、阳起石化和绢云母化等	硅化、明矾石化、迪开石化、绢云母化
金属矿物	黄铁矿、黄铜矿、铜蓝、蓝辉铜矿、斯硫铜矿、雅硫铜矿、久辉铜矿、斜方蓝辉铜矿、硫砷铜矿、斑铜矿和黝铜矿等	黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿、辉铜矿、磁铁矿、辉钼矿、铜蓝、孔雀石等	黄铜矿、黄铁矿、斑铜矿、蓝辉铜矿、磁铁矿和赤铁矿等	黄铁矿、硫砷铜矿、蓝辉铜矿、铜蓝、黄铜矿、斑铜矿、闪锌矿、方铅矿、雅硫铜矿、硫锗铜矿和似黄锡矿等
成矿流体特征	中高温、高盐度与中高温、低中盐度两个端元	高温、高盐度与中低温、低盐度两个端元	高温、高盐度流体	中低温、中低盐度
成因类型	斑岩-高硫化浅成低温热液型	斑岩型	斑岩型	高硫化型浅成低温热液型
资料来源	本文;唐菊兴等,2014	余宏全等,2006,2009;李光明等,2007;祝向平等,2012	卢焕章,2000	周肃等,1998;张德全等,2003,2005;刘羽等,2011;辛秀等,2014

具有高硫型浅成低温热液型铜(金)矿的成因属性。

(2)成矿流体由中高温、高盐度和中高温、低中盐度两个端元流体组成,且发生流体沸腾作用,表明矿床具有斑岩型铜(金)矿的流体特征。

(3)综合研究表明,荣那铜金矿不是单一的高硫型浅成低温热液型铜(金)矿床,其浅部为高硫型浅成低温热液型铜(金)矿体,深部存在斑岩型铜(金)矿体。

致谢:野外调研中得到了成都理工大学王勤的支持与帮助,作者对其单位和个人表示由衷感谢!真诚感谢两位匿名审稿人及黄敏编辑提出的宝贵修改意见!

参 考 文 献

陈华安,祝向平,马东方,黄瀚霄,李光明,李玉彬,李玉昌,卫鲁杰,刘朝强. 2013. 西藏波龙斑岩铜金矿床成矿斑岩年代学、岩石化学特征及其成矿意义. 地质学报, 87(10):1593~1611.

段志明,李光明,张晖,李应棚,段瑶瑶. 2013. 色那金矿石英二长闪长岩锆石 U-Pb 年龄与地球化学特征及其对成矿背景的约束. 吉林大学学报(地球科学版), 43(6):1864~1877.

何阳阳. 2012. 班怒西段多不杂铜矿床流体包裹体研究. 成都:成都理工大学硕士学位论文,1~59.

何阳阳,温春齐,刘显凡,郭建强,周玉. 2014. 多不杂铜矿床包裹体地球化学特征及地质意义. 桂林理工大学学报, 34(2):218~226.

胡宝群,王方正,孙占学,刘成东,白丽红. 2003. 岩石圈中的地压梯

度. 地学前缘, 10(3):129~133.

李丹. 2012. 西藏波龙铜矿床流体包裹体研究. 成都:成都理工大学硕士学位论文,1~66.

李光明,李金祥,秦克章,张天平,肖波. 2006. 西藏多不杂超大型富金斑岩铜矿的蚀变—矿化特征及高氧化成矿流体初步研究. 矿床地质, 25(增刊):411~414.

李光明,李金祥,秦克章,张天平,肖波. 2007. 西藏班公湖带多不杂超大型富金斑岩铜矿的高温高盐度高氧化成矿流体:流体包裹体证据. 岩石学报, 23(5):935~952.

李金祥,李光明,秦克章,肖波. 2008. 班公湖带多不杂富金斑岩铜矿床斑岩—火山岩的地球化学特征与时代:对成矿构造背景的制约. 岩石学报, 24(3):531~543.

刘斌,沈昆. 1999. 流体包裹体热力学. 北京:地质出版社,1~129.

刘庆宏,肖志坚,曹圣华,廖六根,肖业斌. 2004. 班公湖—怒江结合带西段多岛弧盆系时空结构初步分析. 沉积与特提斯地质, 24(3):15~21.

刘羽,刘文元,王少怀. 2011. 紫金山金铜矿二元铜硫化物成分特点的初步研究. 矿床地质, 30(4):736~741.

卢焕章. 2000. 高盐度、高温和高成矿金属的岩浆成矿流体——以格拉斯伯格 Cu-Au 矿为例. 岩石学报, 16(4):465~472.

卢焕章,范洪瑞,倪培,欧光习,沈昆,张文淮. 2004. 流体包裹体. 北京:科学出版社,1~487.

任纪舜,肖黎薇. 2004. 1:25 万地质填图进一步揭开了青藏高原大地构造的神秘面纱. 地质通报, 23(1):1~11.

邵洁涟,梅建明. 1986. 浙江火山岩区金矿床的矿物包裹体标型特征研究及其成因与找矿意义. 矿物岩石, 6(3):103~111.

余宏全,李进文,丰成友,马东方,潘桂棠,李光明. 2006. 西藏多不杂斑岩铜矿床高温高盐度流体包裹体及其成因意义. 地质学报, 80(9):1434~1448.

余宏全,李进文,马东方,李光明,张德全,丰成友,屈文俊,潘桂棠.
2009. 西藏多不杂斑岩铜矿床辉钼矿 Re-Os 和锆石 U-Pb
SHRIMP 测年及地质意义. 矿床地质,28(6):737~746.

史仁灯. 2007. 班公湖 SSZ 型蛇绿岩年龄对班—怒洋时限的制约. 科
学通报,52(2):223~227.

唐菊兴,孙兴国,丁帅,王勤,王艺云,杨超,陈红旗,李彦波,李玉彬,
卫鲁杰,张志,宋俊龙,杨欢欢,段吉彬,高轲,方向,谭江云.
2014. 西藏多龙矿集区发现浅成低温热液型铜(金银)矿床. 地球
学报,35(1):6~10.

辛秀,王翠芝. 2014. 福建紫金山金铜矿明矾石的流体包裹体特征. 现
代地质,28(1):42~50.

张德会. 1997. 流体的沸腾和混合在热液成矿中的意义. 地球科学进
展,12(6):546~552.

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

张德全,丰成友,李大新,余宏全,董英君. 2005. 紫金山地区斑岩-浅
成热液成矿系统的成矿流体演化. 地球学报,26(2):127~136.

张文淮,陈紫英,张世恩. 1993. 流体包裹体地质学. 武汉:中国地质大
学出版社,1~193.

周金胜,孟祥金,臧文栓,杨竹森,徐玉涛,张雄. 2013. 西藏青草山斑
岩铜金矿含矿斑岩锆石 U-Pb 年代学、微量元素地球化学及地
质意义. 岩石学报,29(11):3755~3766.

周肃,邱瑞照,陈好寿. 1998. 福建紫金山铜金矿床氢氧同位素组成特
征及与成矿关系的研究. 福建地质,17(2):94~100.

朱弟成,潘桂棠,莫宜学,王立全,赵志丹,廖忠礼,耿全如,董国臣.
2006. 青藏高原中部中生代 OIB 型玄武岩的识别:年代学、地球

化学及其构造环境. 地质学报,80(9):1312~1328.

祝向平,陈华安,马东方,黄瀚霄,李光明,李玉彬,李玉昌. 2011. 西藏
波龙斑岩铜金矿床的 Re-Os 同位素年龄及其地质意义. 岩石学
报,27(7):2159~2164.

祝向平,陈华安,马东方,黄瀚霄,李光明,卫鲁杰,刘朝强. 2012. 西藏
多不杂斑岩铜金矿床地质与蚀变. 地质与勘探,48(2):199~
206.

Hall D L, Sterner S M, Bodnar R J. 1988. Freezing point depression
of NaCl-KCl-H₂O solutions. Economic Geology, 83: 197 ~
202.

Kapp p, Murphy M A, Yin A, Harrison, Mark T, Ding L and
Cenozoic tectonic evolution of the Shiquanhe area of western
Tibet. Tectonics, 22(4):1029.

Potter R W, Clynnne M A, Brown D L. 1978. Freezing point
depression of aqueous sodium chloride solutions. Economic
Geology, 73: 284~285.

Seedorff E, Dilles, J H, Proffett J M, Einaudi MT, Zurcher L,
Stavast W J A and Barton M D. 2005. Porphyry Deposits:
Characteristics and Origin of Hypogene Features. Economic
Geology, One Hundred Anniversary Volume. Washington:
Society of Economic Geologists, 251~298.

Shepherd T J, Rakin A, Alderton D H M. 1985. A practical guide to
fluid inclusion studies. New York: Blackie Pub House.

Yin A and Harrison T M. 2000. Geologic evolution of the
Himalayan Tibetan orogeny. Annu. Rev. Earth Planet Sci, 28:
211~280.

Fluid Inclusion Characteristics and Ore Genesis of the Rongna Cu (Au) Deposit in the Western Part of the Bangong Lake-Nujiang Suture Zone, Tibet

SUN Zhenming¹⁾, REN Yunsheng^{1,2)}, LI Cai¹⁾, LI Xingkui¹⁾, WANG Ming¹⁾, FAN Jianjun¹⁾

1) College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun, 130061;

2) Key Laboratory of Mineral Resources Evaluation in Northeast Asia, Ministry of Land and Resources of China, Changchun, 130061

Abstract

The Rongna Cu (Au) is a newly found large deposit, a typical high sulfidation epithermal deposit with typical mineral assemblages (alunite, enargite) and alteration. To find out the ore-forming fluid characteristics and make sure the ore genesis of this deposit, fluid inclusion from veined quartz are studied by petrography, microscopic temperature measurement and laser raman spectrum analysis research. The results show that fluid inclusions in these minerals can be classified into three types of liquid-rich inclusions, gas-rich inclusions and mineral-bearing three-phase inclusions. The homogenization temperatures and salinities of liquid-rich inclusions are range from 80 °C to 440 °C, and 4.63% NaCl eqv to 11.95% NaCl eqv, and the homogenization temperatures and salinities of gas-rich inclusions are 320 °C to 440 °C, 5.55% NaCl eqv to 10.74% NaCl eqv, and 200 °C to 400 °C, 29.4% NaCl eqv to 32.56% NaCl eqv of mineral-bearing inclusions; The gas in gas-rich inclusions and liquid-rich inclusions are mainly composed of H₂O with small amount of N₂. Comprehensive analysis indicates that the metallogenic fluid of Rongna deposit occurred boiling and that is the important metallogenic mechanism. After all, the Rongna deposit is a high sulfidation epithermal deposit with assemblages and alteration features, but the main metallogenic stage characteristics of fluid inclusion in veined quartz are similar to the typical porphyry copper (gold) deposit. As a result, the deep of Rongna high sulfidation epithermal copper (gold) deposit possibly exist porphyry copper gold mineralization and the ore deposit should belong to epithermal-porphyry copper (gold) deposit.

Key words: fluid inclusion; ore genesis; epithermal-porphyry (copper) deposit; Rongna Cu (Au) deposit; the Bangong Lake-Nujiang suture zone in Tibet