

西藏多龙矿集区地堡那木岗铜(金)矿床 流体包裹体特征及矿床成因

孙振明¹, 李 才², 任云生^{2,3}, 李兴奎⁴, 王 勤⁵

(1. 辽宁省冶金地质勘查局四〇二队, 辽宁 鞍山 114002;

2. 吉林大学地球科学学院, 长春 130061;

3. 东北亚矿产资源评价国土资源部重点实验室, 长春 130061;

4. 南京大学地球科学与工程学院, 南京 210093;

5. 成都理工大学, 成都 610059)

摘要: 地堡那木岗铜(金)矿床位于西藏多龙矿集区, 探明储量达大型规模; 矿床的成矿过程分为岩浆作用阶段、钾长石-硫化物阶段、石英-多金属硫化物阶段、碳酸盐-黄铁矿阶段和氧化作用阶段, 其中石英-多金属硫化物阶段和碳酸盐-黄铁矿阶段为主要成矿阶段; 为查明成矿流体特征, 确定矿床成因类型, 对取自深部矿石中的碳酸盐脉(均为碳酸盐-黄铁矿成矿阶段含黄铁矿黄铜矿石英脉)开展流体包裹体的岩相学观察和显微测温分析。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。其中, 富液相包裹体的均一温度与盐度分别为: $t=80\sim600^{\circ}\text{C}$ 、 $w(\text{NaCl, eq})=4.48\%\sim18.79\%$; 富气相包裹体的均一温度和盐度分别为: $t=240\sim560^{\circ}\text{C}$ 、 $w(\text{NaCl, eq})=5.09\%\sim9.73\%$; 含子矿物三相包裹体的均一温度与盐度分别为: $t=240\sim560^{\circ}\text{C}$ 、 $w(\text{NaCl, eq})=36\%\sim72\%$ 。综合分析认为, 地堡那木岗铜(金)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。通过与国内外典型斑岩型矿床与高硫化型浅成低温热液矿床的流体包裹体特征进行对比, 其与斑岩型矿床的中高温、高盐度流体特征相似。因此, 推测地堡那木岗矿床的成因类型为斑岩型铜(金)矿床。

关键词: 地堡那木岗铜(金)矿床; 斑岩型铜(金)矿; 流体包裹体; 矿床成因; 多龙矿集区; 西藏自治区

中图分类号: P159; P168.41 **文献标识码:** A

0 引言

地堡那木岗铜(金)矿床是西藏阿里地区改则县多龙矿集区的主要矿床。该矿集区共有10处铜(金)矿床(点), 其中超大型矿床3处, 分别为多不杂铜(金)矿床、波龙铜(金)矿床和荣那铜(金)矿床; 大型矿床2处, 分别为拿若铜(金)矿床和地堡那木岗铜(金)矿床。多龙矿集区位于班公湖—怒江成矿带

的西段, 是班公湖—怒江成矿带西藏段的3条铜成矿带之一, 对多龙矿集区进行深入研究是必要的。

前人研究认为^[1], 荣那地区和地堡那木岗地区是多龙矿集区内最有前景的找矿区段。然而现有研究成果, 仅对地堡那木岗铜(金)矿床的年代学和地球化学进行了研究^[2]。本文首次对地堡那木岗铜(金)矿进行流体包裹体测试工作, 对其成矿物理化学条件及矿床成因进行研究以全面认识和了解多龙矿集区, 指导找矿工作, 具有重要的科研与实际意义。

收稿日期: 2017-01-12; **责任编辑:** 余和勇

基金项目: 中国地质调查局项目(编号:1212011221093; 编号:12120113036700)资助。

作者简介: 孙振明(1987—), 男, 工程师, 博士, 主要从事矿产勘查及区域地质工作。通信地址: 辽宁省鞍山市高新区鞍千路298(甲)号, 辽宁省冶金地质勘查局四〇二队; 邮政编码: 114002; E-mail: 526329051@qq.com

1 成矿地质背景

地堡那木岗铜(金)矿位于班公湖—怒江缝合带西段北侧(图 1a)。古生代以来,该缝合带经历了演化开始至碰撞闭合等一系列构造事件^[3-8],形成了一系列与早白垩世浅成侵入岩有关的斑岩型铜(金)矿床^[9-14],组成了西藏境内重要的班公湖—怒江斑岩型铜矿带,地堡那木岗铜(金)矿床即位于整个铜矿带最有研究价值的多龙矿集区内。

矿区及外围出露的地层除第四系(Q)外,由老到新主要为二叠系下统曲地组(P_1d)石英砂岩、长石石英砂岩及复成分砾岩互层等;侏罗系下统曲色组(J_1q)粗砂岩、石英砂岩等;侏罗系中统色哇组(J_2s)砾岩、砂页岩等;侏罗系上统对望山组(J_3d)玄武岩、安山岩等;白垩系下统美日切错组(K_1m)安山岩、安山质火山角砾岩等;白垩系上统阿布山组(K_2a)砂岩和粗砂岩等以及新生代康托组(E_3k)砾岩、砂岩。矿区范围内主要发育有 NE 向和 NW 向两组断裂构造,根据其切割关系, NW 向断裂形成时间较早, NE 向断裂次之,研究表明, NE 向断裂是主要的控矿构造。矿区内出露的侵入岩主要为早白垩世石英斑岩,侵入于侏罗系下统曲色组(J_1q)石英砂岩地层中(图 1b)。

2 矿床地质特征

地堡那木岗矿体主要产出早白垩世石英斑岩体与围岩下侏罗统曲色组石英砂岩内,目前已控制矿体东西向长 400m,南北向宽 200m,形态呈椭圆柱状。矿石中的矿石矿物主要为黄铜矿、黄铁矿、蓝辉铜矿、黝铜矿、铜蓝等;脉石矿物主要为石英、长石、绿泥石、绿帘石等。矿石结构主要有自形晶粒状结构(图 2a)、半自形—它形晶粒状结构(图 2a、图 2b)、浸蚀结构(图 2c—图 2g)、包含结构(图 2)等。矿石的构造主要有脉状构造、细脉浸染状构造和浸染状构造等。

矿区内围岩蚀变类型主要为钾化、硅化、云英岩化、褐铁矿化和黏土化等,具有斑岩型矿床的蚀变分带特征。钾硅化带:出露于整个蚀变分带的中心部位,含矿斑岩体中部;主要特征为钾硅化,基质多为钾长石和石英组成。似千枚岩化带:呈环状分布于钾硅化带外侧;以岩石发生硅化和绢云母化为特征。泥化带:主要叠加在钾硅化带与似千枚岩化带外侧;表现为高岭石、蒙脱石等泥质矿物的大量出现。青盘岩化带:呈环带状分布于整个蚀变分带的最外侧,主要标志为绿泥石化、绿帘石化以及碳酸盐化发育。

通过野外观察与室内岩相学、矿相学研究,地堡那木岗铜(金)矿床的成矿过程划分为岩浆期、汽水—热液期和风化期 3 个成矿期及 5 个成矿阶段。其

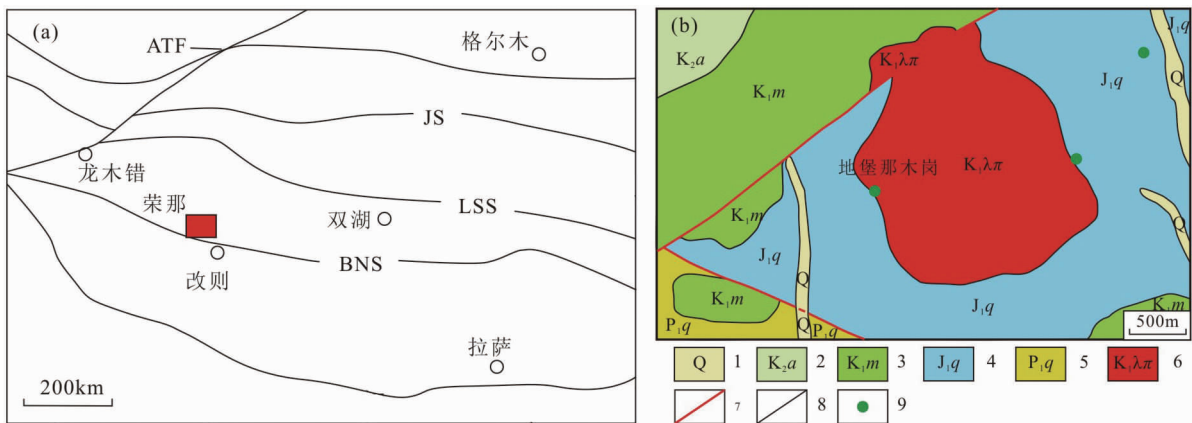


图 1 地堡那木岗铜(金)矿大地构造位置图(a)及矿床地质图(b)

(a 图据文献[15]修改; b 图据文献[16])

Fig. 1 Map showing geotectonic position (a) and geology map (b) of Dibaonamugang copper (gold) deposit

1. 第四系; 2. 上白垩统阿布山组; 3. 下白垩统美日切错组; 4. 下侏罗统曲色组; 5. 下二叠统去曲地组;

6. 早白垩世石英斑岩; 7. 断层; 8. 地质界线; 9. 铜矿点

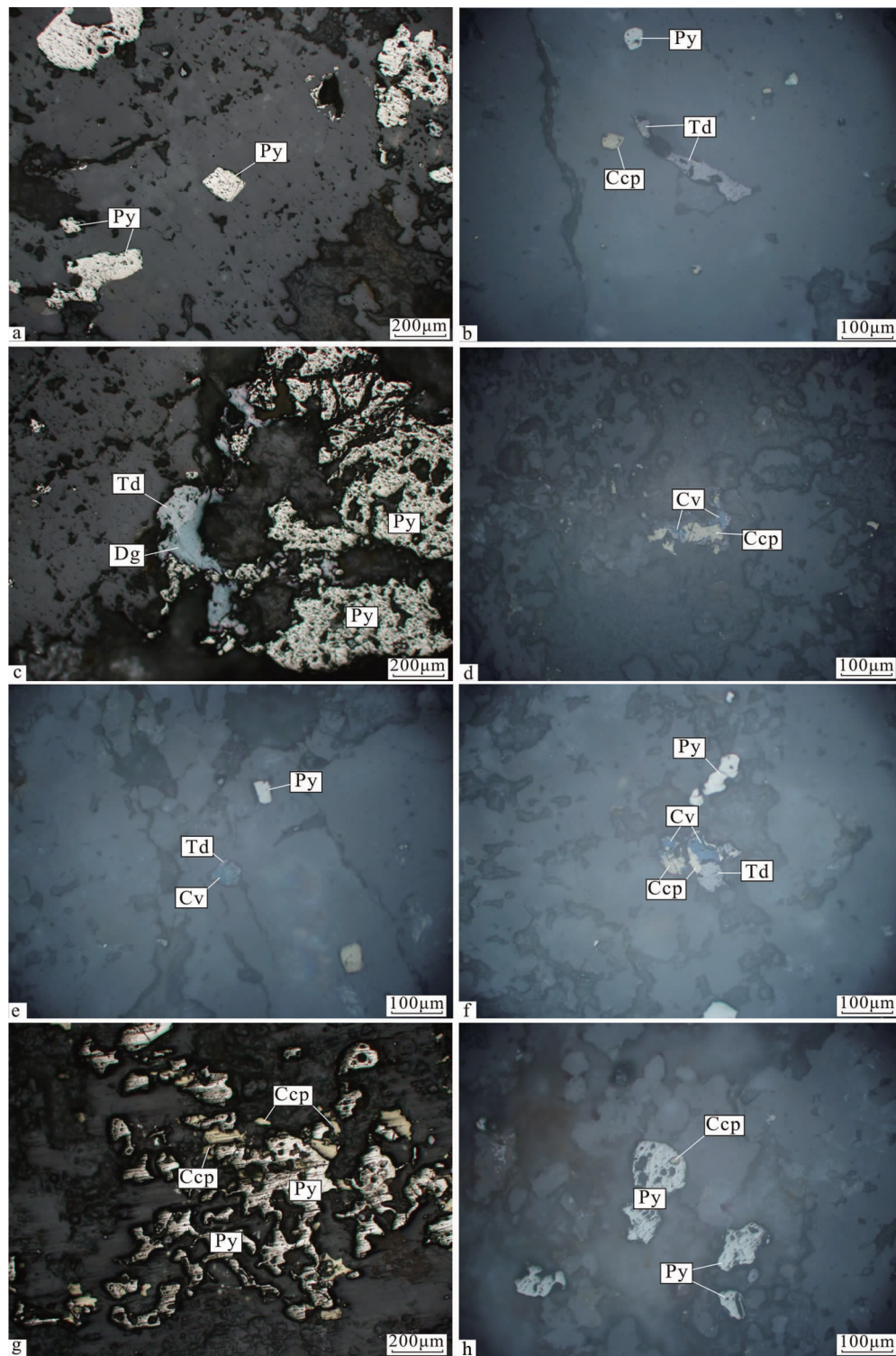


图 2 地堡那木岗铜(金)矿床矿石特征

Fig. 2 Ore characteristics of Dibaonamugamgdong Cu (Au) deposit

- a. 黄铁矿的自形—它形晶粒状结构;b. 黄铁矿、黄铜矿和黝铜矿的它形晶粒状结构;
 c. 蓝辉铜矿交代黝铜矿呈浸蚀结构;d. 铜蓝交代黄铜矿呈浸蚀结构;
 e. 铜蓝交代黝铜矿呈浸蚀结构;f. 黄铜矿交代黝铜矿,铜蓝交代黄铜矿与黝铜矿呈浸蚀结构;
 g. 黄铜矿交代黄铁矿呈浸蚀结构;h. 黄铁矿包含黄铜矿
 Ccp. 黄铜矿;Py. 黄铁矿;Td. 黝铜矿;Dg. 蓝辉铜矿;Cv. 铜蓝

中,岩浆期为岩浆作用阶段,气水-热液期分为钾长石-硫化物阶段、石英-多金属硫化物阶段、碳酸盐-黄铁矿阶段,风化期为氧化作用阶段。

(1)岩浆作用阶段:该阶段特点为主要形成造岩矿物。岩浆迅速结晶,形成微晶或隐晶质的基质包含先期形成的斑晶;

(2)钾长石-硫化物阶段:该阶段主要表现为岩石中黑云母与石英斑晶的次生加大现象,形成了钾硅化,与此同时形成了浸染状黄铜矿、黄铁矿矿物组合;

(3)石英-多金属硫化物阶段:是矿床的主要成矿阶段,主要表现为石英脉发育,矿石矿物主要有黄铜矿、黝铜矿、黄铁矿、铜蓝等。矿化类型主要为细脉浸染状、网脉状、细脉状等;

(4)碳酸盐-黄铁矿阶段:该阶段的特征主要为碳酸岩脉,矿物组合主要为方解石、黄铁矿及少量黄铜矿;

(5)氧化作用阶段:主要特征为矿石矿物均经过表生氧化,形成孔雀石、蓝铜矿、褐铁矿等金属矿物组合。

其中石英-多金属硫化物阶段和碳酸盐-黄铁矿阶段是主要的成矿阶段。

3 流体包裹体特征

3.1 样品的采集及研究方法

本次研究的包裹体测试样品均采自地堡那木岗铜(金)矿区 NTZK1608 号钻孔,为碳酸盐-黄铁矿阶段形成的含黄铁矿、黄铜矿的方解石脉,首先挑选出与黄铁矿和黄铜矿密切共生的方解石颗粒。

测试工作在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进行,主要开展了包裹体的岩相学观察及显微测温工作,采用 Linkam THMSG600 型冷热台进行测温。测试之前,仪器经过了人工合成包裹体标样校正,实验测试中在接近冰点温度时,升温速率为 $0.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$,接近均一温度时,升温速率为 $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

对于气液两相包裹体,根据所测冰点温度,利用公式: $S = -1.76985Ti - 0.042384Ti^2 - 0.00052778Ti^3$ [17], 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 [18-19] 查得相应的盐度,按照密度计算的经验公式 [20],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

通过显微镜下观察,地堡那木岗铜(金)矿床碳酸盐-黄铁矿阶段的方解石颗粒中原生流体包裹体发育。根据这些原生流体包裹体室温下的相态特征,本文将其分为以下 3 种不同类型(图 3a—3d)。

富液相包裹体(L型):该类原生包裹体形态主要为球状、乳滴状、不规则状、长条状和负晶形等,包裹体大小主要在 $2\sim 20\mu\text{m}$ 之间,气液比介于 $5\%\sim 45\%$ 之间,加热时包裹体均一至液相。

富气相包裹体(V型):该类原生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,大小主要介于 $4\sim 8\mu\text{m}$ 之间,包裹体气液比介于 $50\%\sim 90\%$ 之间,加热时包裹体均一至气相。

含子矿物三相包裹体(LHa型):该类原生包裹体由一个水溶液相、一个气相和一个子矿物相组成,包裹体大小在 $3\sim 25\mu\text{m}$ 之间,形态主要以不规则状为主。包裹体的子矿物形态主要为透明,立方体,略带淡黄色,根据其形态特征,判断子矿物为石盐。加热时包裹体内石盐子晶最先熔化,之后包裹体均一至液相。

上述不同类型的原生流体包裹体密切共生,这表明了它们具有近于同时捕获的特征。

3.3 流体包裹体显微测温

本次显微测温研究共获得 116 件包裹体均一温度数据和盐度数据。地堡那木岗铜(金)矿床的原生流体包裹体的均一温度和盐度的测试结果如直方图(图 4)所示。

V型包裹体:包裹体的均一温度变化范围为 $240\sim 560^{\circ}\text{C}$,主要集中于 $240\sim 320^{\circ}\text{C}$ 与 $440\sim 560^{\circ}\text{C}$ 两个区间,均值为 423°C ($n=11$);盐度范围 $w(\text{NaCl}, \text{eq}) = 5.09\%\sim 9.73\%$,平均值为 7.27% ,该类包裹体特征为均一至气相,流体密度在 $0.37\sim 0.75\text{g}/\text{cm}^3$ 之间,均值为 $0.53\text{g}/\text{cm}^3$ 。

L型包裹体:均一温度变化范围为 $80\sim 600^{\circ}\text{C}$,多数为 $200\sim 560^{\circ}\text{C}$,均值为 343°C ($n=95$);包裹体的盐度范围 $w(\text{NaCl}, \text{eq}) = 4.48\%\sim 18.79\%$,平均值为 6.88% ,包裹体均一至液相,由均一温度和相应的盐度,根据前文所述公式估算得到流体密度在 $0.15\sim 1.01\text{g}/\text{cm}^3$ 之间,均值为 $0.67\text{g}/\text{cm}^3$ 。

LHa型包裹体:包裹体内子矿物熔化的温度在 $276\sim 585^{\circ}\text{C}$ 之间,完全均一温度 $240\sim 560^{\circ}\text{C}$,均值为 348.5°C ($n=10$)。包裹体具有高盐度的特征,盐度值 $w(\text{NaCl}, \text{eq})$ 为 $36\%\sim 72\%$,均值 46.37% 。

分析测试结果表明(图 4),地堡那木岗铜(金)矿

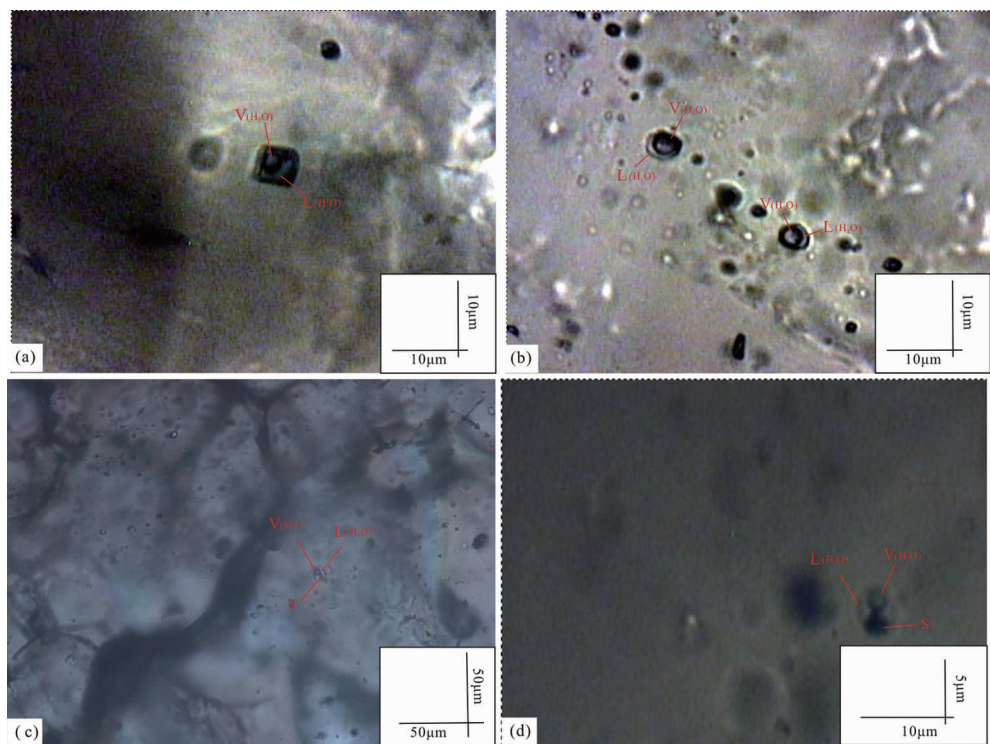


图 3 不同类型包裹体镜下显微照片

Fig. 3 Microscopic photos of different types of fluid inclusions

a. 富液相包裹体; b. 富气相包裹体; c. 含子矿物三相包裹体; d. 含子矿物三相包裹体

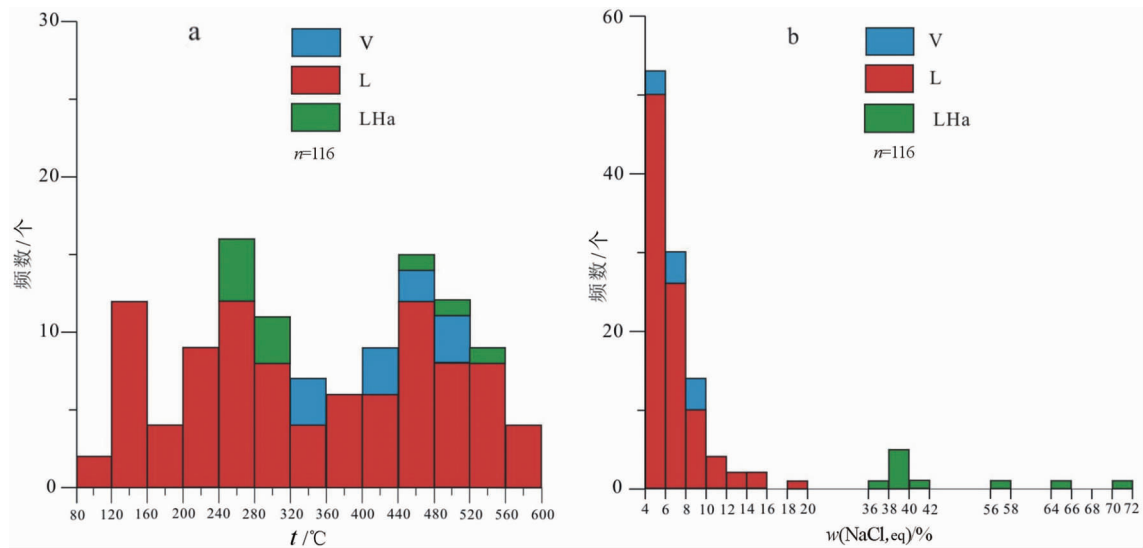


图 4 包裹体的均一温度直方图(a)与盐度直方图(b)

Fig. 4 Histogram of homogenization temperatures (a) and salinities (b) of different types of fluid inclusions

V. 富气相包裹体; L. 富液相包裹体; LH. 含子矿物三相包裹体

床主成矿期包裹体内的成矿流体温度集中在 200~560℃之间,盐度集中在 $w(\text{NaCl}, \text{eq})=4\% \sim 16\%$ 和 36%~42%两个区间,表现为中高温、低-中盐度流体包裹体(V型,L型)和高盐度流体包裹体(LHa型)2种类型。

4 讨论

4.1 成矿流体的沸腾作用

地堡那木岗铜(金)矿床流体包裹体测试结果表明,同期包裹体具有均一温度变化范围较大(80~600℃),类型复杂,主要存在富气相、富液相和含子矿物三相三种类型的包裹体的特点。三种类型包裹体并存于 240~560℃这一宽泛的温度区间内,流体包裹体温度-盐度散点图(图 5)表明,地堡那木岗铜(金)矿床碳酸盐-黄铁矿阶段的成矿流体明显具有高盐度与低-中盐度两个区间,根据流体沸腾与流体混合作用的判别标识^[21],本文判断地堡那木岗铜(金)矿床的成矿流体发生了强烈的沸腾作用。

4.2 成矿物理化学条件

地堡那木岗铜(金)矿床碳酸盐-黄铁矿阶段方解石中流体包裹体显微测温学特征表明,在均一温度为 80~600℃范围内成矿流体均发生了流体沸腾作用,盐度介于 $w(\text{NaCl, eq}) = 4.48\% \sim 72\%$ 之间。因为该矿床的流体发生过沸腾作用,所以其捕获的流体包裹体的均一压力可以代表该矿床的成矿压力^[22-23]。依据方解石中不同类型包裹体均一温度和盐度,根据压力计算公式^[24]: $P(\text{成矿压力}) = P_0 * T_1/T_0$ (P_0 为初始压力, T_0 为初始温度, T_1 为均一温度)计算,得出地堡那木岗铜(金)矿床的成矿压力在 $(99.61 \sim 1689.73) \times 10^5 \text{ Pa}$ 之间;依据成矿深度估算方法^[25],得出该矿床的成矿深度介于 0.33~5.63 km 之间,属中浅成范围,在典型斑岩型矿床成矿深度(1~6 km)范围^[26]内。

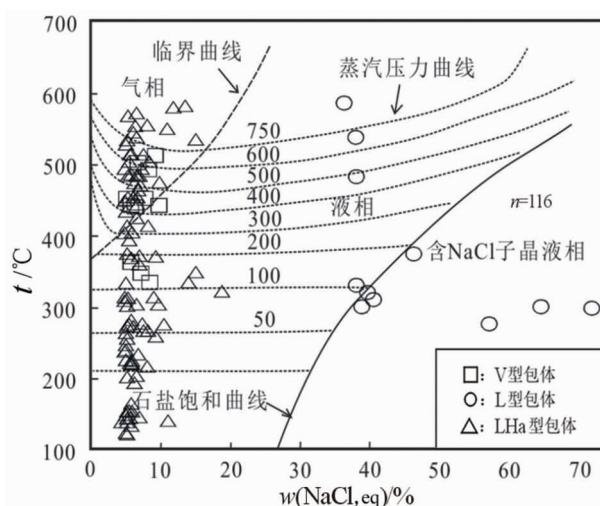


图 5 包裹体均一温度与盐度散点图

Fig. 5 Scattered point diagram of homogenization temperatures and salinities of fluid inclusions

4.3 矿床的成因

本文将地堡那木岗铜(金)矿床流体包裹体显微测温结果与国内外典型高硫化型浅成低温热液型铜(金)矿和斑岩铜(金)矿的流体特征以及地质特征进行综合对比(表 1)表明,地堡那木岗铜(金)矿床流体包裹体特征与典型高硫化型浅成低温热液矿床的低温、低盐度的流体特征有明显区别,而与典型斑岩型矿床的流体特征(中高温、高盐度)相似(表 1),表明地堡那木岗铜(金)矿床成因类型为斑岩型。

表 1 地堡那木岗铜(金)矿与国内外典型斑岩型铜(金)矿、高硫化浅成低温热液型铜(金)矿床特征对比表

Table 1 Comparison of features of Dibaonamugang copper-gold deposits with those of typical porphyry copper-gold, 1 high sulfidation epithermal copper-gold deposit

矿床名称	地堡那木岗	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	NE 向断裂	NNW 向和 NW 向及环形断裂破碎带	NW 向断裂
赋矿岩石	石英斑岩曲色组长石石英砂岩	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、网脉状、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	钾化、硅化、褐铁矿化、绢英岩化、青磐岩化、黏土化等	钾化、硅化、绢英岩化、青磐岩化、黏土化等	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、黝铜矿、斑铜矿、蓝辉铜矿、磁铁矿等	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、硫锗铜矿和似黄铜矿等
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	斑岩型	斑岩型	斑岩型	高硫化型浅成低温热液型
资料来源	本文,文献[2,16]	文献[10,27-29]	文献[30]	文献[31-35]

5 结论

(1)地堡那木岗铜(金)矿床的成矿过程划分为岩浆期、气水-热液期和风化期 3 个成矿期及 5 个成矿阶段。岩浆期为岩浆作用阶段,气水-热液期分为钾长石-硫化物阶段、石英-多金属硫化物阶段、碳酸盐-黄铁矿阶段,风化期为氧化作用阶段。其中,石英-多金属硫化物阶段和碳酸盐-黄铁矿阶段是主要的成矿阶段。

(2)地堡那木岗铜(金)矿床碳酸盐-黄铁矿阶段的方解石中发育有富液相(L 型)、富气相(V 型)和含子矿物三相(LHa 型)包裹体,成矿流体具有两个端元,分别为中高温、高盐度流体和中高温、低中盐度流体,并且发生了流体沸腾作用。

(3)通过综合研究表明,地堡那木岗铜(金)矿床与斑岩型矿床的流体包裹体特征相似,其矿床成因属斑岩型铜(金)矿。

参考文献:

- [1] 张红,马东方,张海,等. 班公湖-怒江成矿带斑岩铜矿找矿新进展[J]. 矿物学报,2015(S₁):184.
- [2] 林彬,陈毓川,唐菊兴,等. 西藏多龙矿集区地堡 Cu(Au)矿床含矿斑岩锆石 U-Pb 测年、Hf 同位素组成及其地质意义[J]. 地质论评,2016,62(6):1565-1578.
- [3] 任纪舜,肖黎薇. 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[J]. 地质通报,2004,23(1):1-11.
- [4] 刘庆宏,肖志坚,曹圣华,等. 西藏改则县波龙斑岩型铜矿床地质特征[J]. 沉积与特提斯地质,2004,24(3):15-21.
- [5] 朱弟成,潘桂荣,莫宜学,等. 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[J]. 地质学报,2006,80(9):1312-1328.
- [6] 史仁灯. 班公湖 SSZ 型蛇绿岩年龄对班-怒洋时限的制约[J]. 科学通报,2007,52(2):223-227.
- [7] Yin A, Harrison T M. Geologic evolution of the Himalayan-Tibetan orogen[J]. Annual Reviews of Earth and Planetary Science, 2000, 28: 211-280.
- [8] Kapp P, Murphy M A, Yin A, et al. Mesozoic and Cenozoic tectonic evolution of the Shiquanhe area of western Tibet[J]. Tectonics, 2003, 22(4): 1-23.
- [9] 李金祥,李光明,秦克章,等. 班公湖带多不杂富金斑岩型铜矿床斑岩-火山岩的地球化学特征与时代对成矿构造背景的制约[J]. 岩石学报,2008,24(3):531-543.
- [10] 余宏全,李进文,马东方,等. 西藏多不杂斑岩型铜矿床辉钼矿 Re-Os 和锆石 U-Pb SHRIMP 测年及地质意义[J]. 矿床地质,2009,28(6):737-746.
- [11] 祝向平,陈华安,马东方,等. 西藏波龙斑岩型铜金矿床的 Re-Os 同位素年龄及其地质意义[J]. 岩石学报,2011,27(7):2159-2164.
- [12] 陈华安,祝向平,马东方,等. 西藏波龙斑岩型铜金矿床成矿斑岩年代学、岩石化学特征及其成矿意义[J]. 地质学报,2013,87(10):1593-1611.
- [13] 段志明,李光明,张晖,等. 色那金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[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2013,43(6):1864-1877.
- [14] 周金胜,孟祥金,藏文栓,等. 西藏青草山斑岩型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[J]. 岩石学报,2013,29(11):3755-3766.
- [15] 翟庆国,李才,王军,等. 藏北羌塘地区基性岩墙群锆石 SHRIMP 定年 Hf 同位素特征[J]. 科学通报,2009,54(21):3331-3337.
- [16] 孙振明. 西藏班-怒成矿带西段多龙矿集区铜金成矿作用与成矿规律[D]. 长春:吉林大学,2015:1-158.
- [17] Potter R W, Clynne M A, Brown D L. Freezing point depression of aqueous sodium chloride solutions[J]. Economic Geology, 1978, 73(2): 284-285.
- [18] Hall D L, Sterner S M, Bodnar R J. Freezing point depression of NaCl-KCl-H₂O solutions[J]. Economic Geology, 1988, 83: 197-202.
- [19] 卢焕章,范宏瑞,倪培,等. 流体包裹体[M]. 北京:科学出版社,2004:1-487.
- [20] 刘斌,沈昆. 流体包裹体热力学[M]. 北京:地质出版社,1999:1-129.
- [21] 张德会. 流体的沸腾和混合在热液成矿中的意义[J]. 地球科学进展,1997,12(6):546-552.
- [22] Shepherd T J, Rakin A, Alderton D H M. A practical guide to fluid inclusion studies[M]. New York: Blackie Pub House, 1985.
- [23] 张文淮,陈紫英,张世恩. 流体包裹体地质学[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1993:1-193.
- [24] 邵洁莲. 金矿找矿矿物学[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1988:1-150.
- [25] 胡宝群,王方正,孙占学,等. 岩石圈中的地压梯度[J]. 地学前缘,2003,10(3):129-133.
- [26] Seedorff E, Dilles J H, Proffett J J M, et al. Porphyry Deposits: Characteristics and Origin of Hypogene Features[J]. Economic Geology, One Hundred Anniversary Volume. Washington: Society of Economic Geologists, 2005: 251-298.
- [27] 余宏全,李进文,丰成友,等. 西藏多不杂斑岩型铜矿床高温高盐度流体包裹体及其成因意义[J]. 地质学报,2006,80(9):1434-1448.
- [28] 李光明,李金祥,秦克章,等. 西藏班公湖带多不杂超大型富金斑岩型铜矿的高温高盐高氧化成矿流体:流体包裹体证据[J]. 岩石学报,2007,23(5):935-952.
- [29] 祝向平,陈华安,马东方,等. 西藏多不杂斑岩型铜金矿床地质与蚀变[J]. 地质与勘探,2012,48(2):199-206.
- [30] 卢焕章. 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[J]. 岩石学报,2000,16(4):465-

- 472.
- [31] 周肃,邱瑞照,陈好寿. 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[J]. 福建地质, 1998, 17(2): 94 - 100.
- [32] 张德全,余宏全,李大新,等. 紫金山地区的斑岩-浅成热液成矿系统[J]. 地质学报, 2003, 77(2): 253 - 261.
- [33] 张德全,丰成友,李大新,等. 紫金山地区斑岩-浅成热液成矿系统的成矿流体演化[J]. 地球学报, 2005, 26(2): 127 - 136.
- [34] 刘羽,刘文元,王少怀. 紫金山金铜矿二元铜硫化物成分特点的初步研究[J]. 矿床地质, 2011, 30(4): 736 - 741.
- [35] 辛秀,王翠芝. 福建紫金山金铜矿明矾石的流体包裹体特征[J]. 现代地质, 2014, 28(1): 42 - 50.

Fluid inclusion characteristics and ore genesis of the Dibaonamugang Cu (Au) deposit in the Duolong ore deposit clustered area, Tibet

SUN Zhenming¹, LI Cai², REN Yunsheng^{2,3}, LI Xingkui⁴, WANG Qin⁵

(1. Team 402, Liaoning Metallurgically Geological Exploration Bureau, Anshan 114002, Liaoning, China;

2. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China;

3. Key Laboratory of Mineral Resources Evaluation in Northeast Asia, Ministry of Land and Resources of China, Changchun 130061, China;

4. Department of Earth Sciences and Engineering, Nanjing University, Nanjing 210093, China;

5. Chengdu University of Technology, Chengdu, 610059, China)

Abstract: The Dibaonamugang Cu (Au) deposit is a newly found large deposit. Metallogenic process is divided into K-feldspar-sulfide, quartz-polymetal sulfide, carbonate-pyrite and oxidation stages. The quartz-polymetal sulfide, carbonate-pyrite stages are the main ore stage. In order to make clear the ore-forming fluid characteristics and make sure the ore genesis samples are collected from deep carbonate vein (generally pyrite, chalcopyrite-bearing quartz vein of the carbonate-pyrite stage) to observe petrography and measure temperature of fluid inclusion under microscope. The results show that fluid inclusions can be classified into three types of liquid-rich inclusions, gas-rich inclusions and sub-mineral-bearing inclusions; The homogenization temperatures and salinities($w(\text{NaCl, eq})$) of liquid-rich inclusions are range from 80°C to 600°C, and 4.48% to 18.79%, and the homogenization temperatures and salinities($w(\text{NaCl, eq})$) of gas-rich inclusions are 240°C to 560°C, 5.09% to 9.73%, and 240°C to 560°C, 36% to 72% of mineral-bearing inclusions. Comprehensive analysis indicates that the metallogenic fluid of Dibaonamugang was strongly boiled and boiling is the important metallogenic mechanism. The above inclusion characteristics can be correlated with those of porphyry deposits abroad thus Dibaonamugang Cu (Au) deposit should be a porphyry deposit.

Key Words: Dibaonamugang Cu (Au) deposit; porphyry copper(gold) deposit; fluid inclusion; ore genesis; the Duolong ore deposit clustered area; Tibet