

青海纳日贡玛斑岩铜矿流体包裹体地球化学特征

南征兵¹,唐菊兴^{1,2},李葆华¹,宋顺昌³

(1.成都理工大学,四川 成都 610059;2.中国地质科学院,北京 100037;3.青海省地质调查院,青海 西宁 810012)

摘要:通过矿体脉石英中原生流体包裹体研究,表明纳日贡玛铜矿具有典型的斑岩型铜矿流体包裹体地球化学特征。研究表明:纳日贡玛斑岩铜矿成矿温度为 246~300 °C,具高盐度特点,w(NaCl)为 31.3%~42.2%,且其矿体均产于高盐度包裹体分布范围内。成矿流体属岩浆水和大气水的混合流体,具沸腾特征。

关键词:纳日贡玛;斑岩铜矿;包裹体

1 地质概况

纳日贡玛斑岩铜矿位于青海省南部,唐古拉山脉东段,怒江、澜沧江、金沙江源头,青海省玉树藏族自治州杂多县境内。大地构造属唐古拉准地台的次级构造单元,乌丽—囊谦台隆中段,处于三江成矿带的囊谦—昌都—兰坪—思茅成矿带的纳日贡玛—玉龙斑岩铜成矿带的西北端,与玉龙斑岩铜矿床同属一个成矿带^[1,2],是青海南部目前发现的最重要的一个斑岩型铜矿。

区内出露地层主要为:下石炭统杂多群;上石炭统加麦弄群;下二叠统开心岭群;上二叠统乌丽群;上三叠统巴颜喀拉山群;巴塘群;结扎群;中侏罗统雁石坪群;上侏罗统吉日群;下白垩统风火山群以及分布较为局限的古近—新近系,第四系。其中赋矿地层主要是下二叠统开心岭群,为海陆交互相、海相沉积的碎屑岩建造和碳酸盐岩建造。

本区处于澜沧江深断裂北西端弧形转折部位,自晚古生代—新生代均有强烈的地壳运动,断裂构造和褶皱构造发育。区域地层及构造线展布方向为NW向,处于NW、NE、EW 3组构造带的交汇部位,构造十分复杂。

区内岩浆岩发育,有黑云母花岗斑岩、浅色细粒花岗斑岩、石英闪长玢岩等,侵入于二叠纪火山岩中,同位素地质年龄为 37.2 Ma,属喜山期产物。脉岩类岩性基性、中性和酸性均有,其中基性脉岩为华力西期产物。岩浆活动主要以喜山期中酸性侵入岩为主,次有少量燕山期中酸性火山岩^[2,3]。喜山期黑云母花岗斑岩和浅色细粒花岗斑岩为赋矿岩石(图1),矿体主

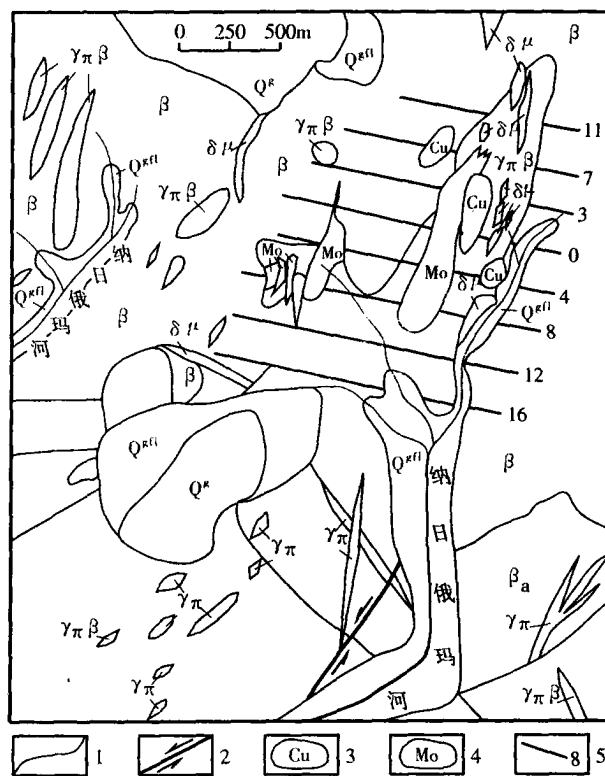


图1 纳日贡玛矿床地质略图

Fig.1 Location map of Narigongma deposit

(据青海地质调查院,2001)

1.地质界线;2.平移断层;3.Cu矿体;4.Mo矿体;5.剖面线

Q^s——现代冰川堆积;Q^{gl}——冰水堆积;\xi——英安岩;\beta——玄武岩;\beta_a——玄武安山岩;\gamma\pi\beta——黑云母花岗斑岩;\gamma\pi——花岗斑岩;\delta\mu——闪长玢岩

要产于接触带的蚀变玄武岩和硅化高岭土化黑云母花岗斑岩中,形态较复杂,一般长76~400 m,宽27~91 m。本矿床金属矿物主要为黄铜矿和辉钼矿,其次是黄铁矿、辉铜矿、磁黄铁矿,有少量闪锌矿、方铅矿、斑

项目资助:国家973项目(2002CB412607)、中国地质调查局地质大调查项目(1212010530203)共同资助

收稿日期:2005-05-08;修订日期:2005-06-02;作者E-mail:nansky007@126.com

第一作者简介:南征兵(1980-),男,陕西咸阳人,2003年毕业于成都理工大学资源与经济学系,成都理工大学在读硕士研究生,从事矿床学研究

铜矿、磁铁矿、钛铁矿等.表生矿物有钼华、针铁矿、孔雀石、蓝铜矿等.主要脉石矿物为石英、长石.

常见的矿石构造有:块状构造、浸染状构造、细脉状构造、土状(粉末状)构造,其中浸染状构造和细脉状构造是本区矿石的主要构造类型.矿石结构主要有:自形半自形结构、他形结构、交代结构和交代残余结构、包含结构、乳浊状结构、共边结构、假象结构等.含矿岩体的围岩——玄武岩普遍遭受变质和蚀变,形成青磐岩化玄武岩、黄铁矿青磐岩化玄武岩、角岩化玄武岩、角岩、夕卡岩化等蚀变和变质岩石.斑岩体内有粘土岩化、硅化、绢云母化、钾化,围岩玄武岩有青磐岩化和夕卡岩化等,其中硅化、绢云母化与矿化关系密切.

2 包裹体类型及其特征

矿床脉石英中含有大量包裹体,其成因类型有原生、次生和假次生之分.包裹体大小一般为 $6\sim 15\mu\text{m}$,最大的可达 $30\mu\text{m}$,最小的仅 $1\sim 3\mu\text{m}$.笔者主要研究原生(包括假次生)包裹体.根据 12 件样品的显微镜下观察,按包裹体的成分、相态分类方法,将包裹体分为熔融包裹体、流体熔体包裹体和流体包裹体 3 大类.

熔体包裹体 指气相+石英或气相+磷灰石组成的包裹体(图 2a).它是主矿物形成过程中捕获的岩浆,在地下较深处温度压力缓慢下降条件下,岩浆结晶

成子矿物(石英、磷灰石).此外包裹体中还包含气体.

流体-熔体包裹体 其特征介于流体包裹体和熔体包裹体之间,即由气相+液相+磷灰石组成.这种包裹体形成时捕获的是稀薄岩浆.

流体包裹体 它是矿床最主要的包裹体类型(图 2b).流体包裹体中捕获的是溶液,根据室温下包裹体的相态又可分为:①液气包裹体:由气相+液相组成,气相百分比大于 70%,多为 80%~90%,占包裹体总数的 5%~10%,加热时气相扩大,均一成气相(图 2c);②纯气相包裹体:包裹体中由单一气相组成,占包裹体总数的 5%~10%,石英中这种包裹体分布较普遍,并与两相或多相包裹体共存(图 2d);③气液包裹体:由液相+气相组成,气相百分比小于 50%,一般为 10%~30%.这类包裹体数量最多,约占包裹体总数的 40%~60%,加热时,气泡缩小,均一成液相(图 2e);④含子矿物气液包裹体:是指在室温条件下,由气相+液相+子矿物组成的包裹体,占包裹体总数的 10%~30%(图 2f).所見子矿物有石盐、钾盐和辉钼矿.有的包裹体中含有 2~3 粒子矿物,以石盐子矿物最为常见.钾盐子晶不如石盐常见,多为浑圆状,无色透明.辉钼矿,呈六边形、四边形、三角形,黑色不透明,加热时不溶解.气体即约占包裹体体积的 5%~10%.

3 包裹体均一温度特征

对本矿床脉石矿物石英中的 137 个包裹体做了

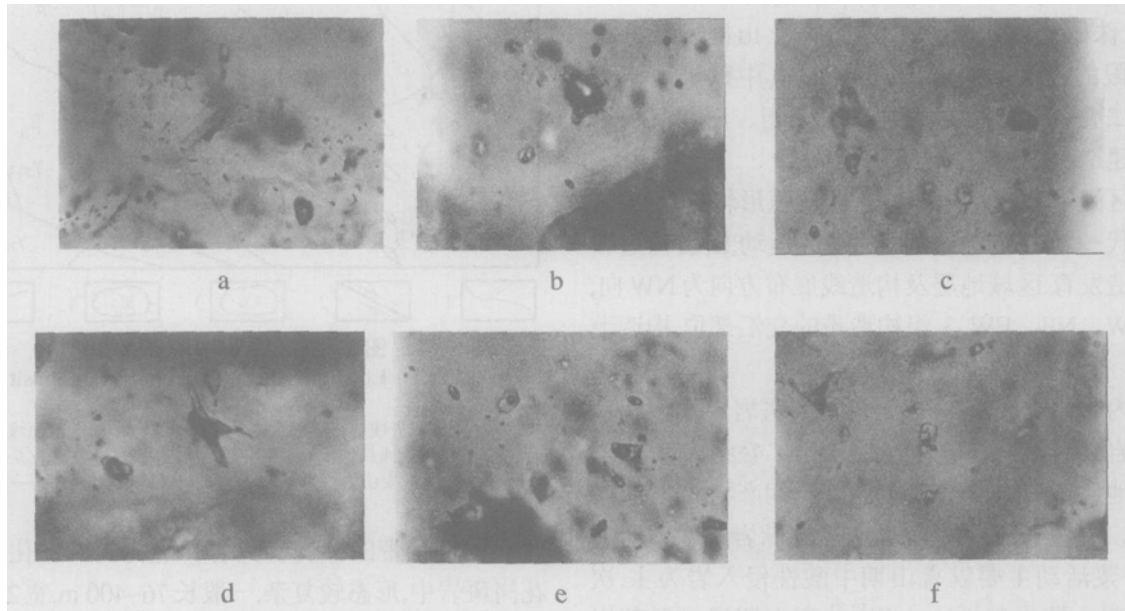


图 2 包裹体类型图

Fig.2 Inclusion types

a——晶质熔体包裹体(ZK301-24-8);b——流体-熔体包裹体(P8Tc1-5);c——液气包裹体(P8Tc2-1);d——气相包裹体(P8Tc2-1);
e——气液包裹体(P8Tc2-1);f——含石盐子晶气液包裹体(P8Tc1-5);G——气相;L——液相;NaCl——石盐子晶
注:括号中表示包体片号

均一温度测定,其结果列于表 1 中。

从表 1 中可以看出:①本矿床流体包裹体均一温度变化范围为 208~361 °C,峰值在 230~330 °C;②各样品的均一温度平均值为 246~300 °C,应属于典型的中温热液矿床;③同一样品中,花岗斑岩石英斑晶的均一温度略高于脉石英的均一温度,如 P8Tc2-1 样品;④在加热过程中气液包裹体的气泡随着温度升高而逐渐缩小,最后消失均一为液相,而液气包裹体通常是气相扩大均一成气相,含子矿物多相包裹体都是均一成液相,这些包裹体均一化状态反映出铜钼矿化作用发生在气相和液相共存条件下,但以液相条件为主。

表 1 纳日贡玛铜钼矿气液水包裹体均一温度测定结果
Table 1 Homogeneous temperature of gas-liquid-water inclusion measurements from Narigongma Cu-Mo deposit

样号	主矿物	温度范围/°C	测定包裹体数/个	平均值/°C	均一相态
P8Tc1-1	石英	233~338	9	298	液相
NS-11	石英	253~307	9	288	液相
NS-8	石英	230~315	16	281	液相
ZK301-24-2	石英	226~322	10	276	液相
P8Tc1-5	石英	208~346	9	268	液相
P8Tc2-1	石英	280~306	4	293	液相或气相
P8Tc2-1	斑晶	232~356	7	277	液相
ZK301-11-10	石英	234~281	12	246	液相
ZK301-11-11	石英	220~320	13	272	液相
ZK301-22-2	石英	257~313	12	271	液相
ZK301-24-9	石英	250~349	11	300	液相
ZK301-24-8	石英	260~361	13	288	液相
P8Tc1-5(2)	石英	234~336	12	273	液相或气相

注:成都理工大学包裹体实验室李葆华测定,2004

4 成矿溶液的盐度和密度

采用加热法测得石盐子晶的熔化温度 t 为 188~356 °C,根据 Potter 公式: $S=26.218+0.007\ 22\ t+0.000\ 106\ t^{2[4]}$,计算出的盐度 S 为 31.32%~42.22%,平均值为 25.59%。

对于气液水包裹体,利用冷冻法测得 $\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 熔化温度 t 为 -6.1~-5.6 °C。据 Goldstein R H 和 Regnolds T J 公式: $S=26.28708872+0.1480771966\ t^{[4]}$,计算的盐度 S 为 25.38%~25.46%。

对次生气液水包裹体,利用冷冻法测得冰的熔化温度 t 为 -5.9~-5.3 °C。据 Potter 等公式: $S=-1.769\ 58\ t-4.238\ 4 \times 10^{-2}\ t^2-5.2778 \times 10^{-4}\ t^{3[4]}$,计算的盐度为 8.27%~9.07%。

各样品的盐度测定结果如表 2 所示。将同一包裹体的均一温度和盐度投点于温度-盐度-密度关系图中(图 3)^[4],从图中可以看出:成矿流体的密度变化很

大,从 0.89~1.15 g/cm³;投点明显的分为 3 个区:I 区为中高温高盐度区;II 区为中高温中盐度区;III 区为中低温中盐度区。它们分别代表含石盐气液水包裹体、气液水包裹体和次生气液水包裹体温度、盐度、密度状态。

表 2 纳日贡玛铜钼矿床盐度测定结果
Table 2 Salinity measurements in Narigongma Cu-Mo deposit

样号	主矿物	盐度变化/%	测定包裹体数/个	盐度平均值/%	测定方法
P8c1-1	石英	31.95~36.35	3	34.86	加热法
NS-11	石英	35.51~40.60	5	38.60	同上
NS-8	石英	33.31~35.07	2	34.19	同上
P8Tc1-5	石英	33.88~38.27	5	35.58	同上
P8Tc1-5(2)	石英	34.11~35.01	2	34.56	同上
P8Tc2-1	石英	32.51~42.22	7	38.47	同上
	石英	31.41~36.41	3	33.14	同上
ZK301-11-11	石英	31.32~34.29	5	32.91	同上
ZK301-22-2	石英	32.25~34.95	3	33.85	同上
ZK301-24-8	石英	25.38~25.46	2	25.42	冷冻法
ZK301-11-10	石英	8.27~9.07	3	8.67	冷冻法

注:成都理工大学包裹体实验室李葆华测定,2004

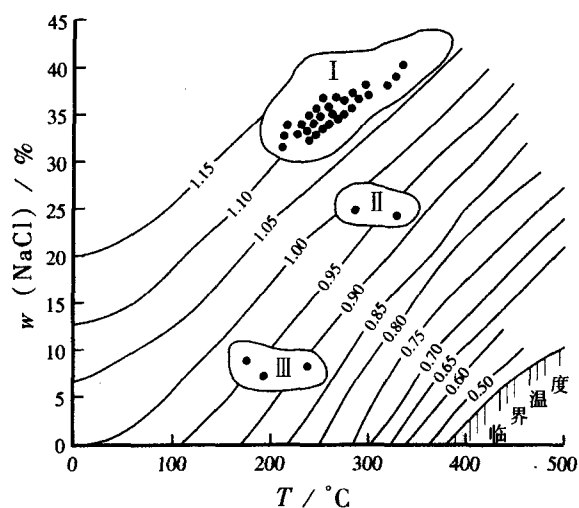


Fig.3 Density of liquid with steam in the $\text{NaCl-H}_2\text{O}$ system
(据 Ahmad S N 等,1980)

I——中高温高盐度区;II——中高温中盐度区;III——中低温中盐度区

5 成矿流体成分

对本矿床的 2 个石英脉和 1 个黄铁矿样品,在双目镜下挑纯,粒度为 30~50 目,重 10~20 g,经热爆裂-超声波提取液相成分,其阳离子用日立 180-80AAS 原子吸收光谱法测定;阴离子用日立 220A 紫外/可见光光度计分析;气相成分用 SP-3420 气相色谱仪分析。结果列于表 3 中。

由表 3 可知:①液相成分中阳离子以 Na^+ 为主,其次是 Ca^{2+} 和 K^+ ,含少量 Mg^{2+} 和微量 Li^+ ;阴离子主要

为 Cl^- , 含少量 F^- . 对 P8Tc3-5 样品, SO_4^{2-} 含量非常高, 这是由于受主矿物(黄铁矿)热分解的影响缘故. 气相成分以 H_2O 为主, 其次是 CO_2 , 含微量 H_2 、 CO 和 CH_4 ; ②根据库尔洛夫分类法, 该矿床成矿流体属于 Cl-Na-Ca 型水溶液.

表 3 纳日贡玛铜钼矿床包裹体成分分析结果

Table 3 Inclusion component analysis results from the Narigongma Cu-Mo deposit 单位: $\times 10^{-6}$

样号	主矿物	Li^+	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	F^-	Cl^-
P8Tc1-5	石英	0.02	1.74	8.07	3.12	0.295	0.44	11.75
ZK301-24	石英	0.01	1.82	9.43	3.15	0.190	0.40	12.78
P8Tc3-5	黄铁矿	0.01	1.95	1.85	5.45	0.640	0.21	3.65
样号	主矿物	SO_4^{2-}	HCO_3^-	H_2	CO	CO_2	CH_4	H_2O
P8Tc1-5	石英	0.00	0.00	0.11	0.90	78.65	0.020	520.25
ZK301-24	石英	0.00	0.00	0.13	0.75	81.24	0.015	550.00
P8Tc3-5	黄铁矿	105.6	0.00	0.07	0.55	11.20	0.010	341.37

注:宜昌地质研究所测定,2004

6 成矿流体的稳定同位素特征

对本矿床的主要脉石矿物石英和黄铁矿中的流体包裹体做碳、氢、氧同位素测定,结果列于表 4.

从表 4 中可以看出:①石英中的流体包裹体的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 $-2.54\text{‰} \sim +2.25\text{‰}$, 高于岩浆的 $\delta^{13}\text{C}$ 值 ($-5\text{‰} \sim -8\text{‰}$)^[5], 这说明成矿流体中的碳可能是岩浆碳和沉积碳的混合碳;②所测石英和黄铁矿中流体包裹体的 δD 值均低于岩浆水的 δD 值 ($-50\text{‰} \sim -80\text{‰}$)^[6,7], 在 $\delta^{18}\text{O}$ 值与 δD 值的关系图(图 4)上, 投绘点大部分落在岩浆水的下方.

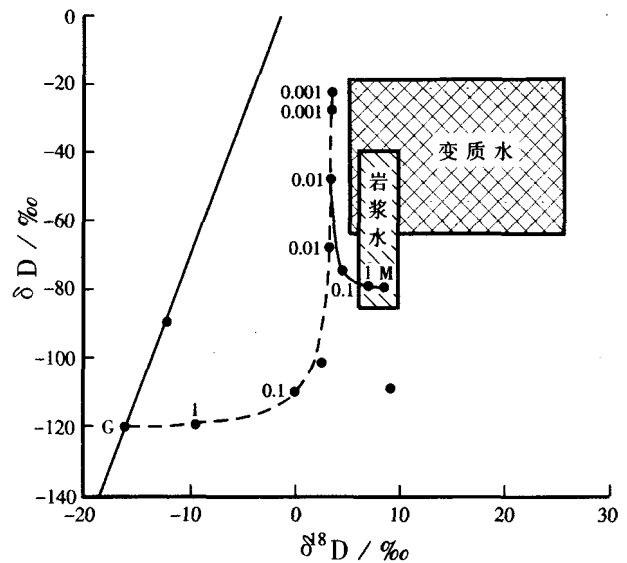
表 4 纳日贡玛铜钼矿床流体包裹体碳、氢、氧同位素组成
Table 4 The composition of C, H, O isotopes of liquid inclusions from the Narigongma Cu-Mo deposit 单位: ‰

样号	主矿物	$\delta^{18}\text{O}_w$	δD_w	$\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$	计算的沸腾前的 δD
P8Tc1-5	石英	2.29	-109.1	2.25	-102.5
ZK301-24	石英	-12.44	-96.9	-2.54	-90.2
P8Tc3-5	黄铁矿	9.04	-115.2		-108.7

注:由宜昌地质研究所同位素实验室分析,2004

由图上的理论曲线和成矿流体的氢氧同位素值, 可以得出两种水岩交换的模式:①混合模式. 由岩浆水(M 点)铜花岗斑岩同位素平衡交换的表化无限和大气降水 G 变化曲线上取 R 值为 0.1 的 2 点相连, 据杠杆原理, 求得落在该连线上成矿流体氢氧同位素组成与成分相当于二端元混合的比例, 故可确定岩浆水与大气降水混合比例为:岩浆水 28%, 大气降水 72%; ②大气降水模式. 有一个投点落在雨水线上, 其余两个点落在 G 变化曲线附近, 即使没有岩浆水, 通过大气降水与花岗斑岩发生同位素交换, 也可得出相当于成矿流体的同位素组成. 鉴于该区花岗斑岩的副矿物

有黄铜矿、辉钼矿、黄铁矿等硫化物, 而且石英脉中有熔体-流体包裹体存在, 显示出该斑岩体与成

图 4 纳日贡玛铜钼矿床成矿流体与岩浆水、大气降水对比
Fig.4 Comparison of the ore-forming liquid with magmatic and meteoric waters from Narigongma Cu-Mo deposit

矿作用有关. 该斑岩体出露面积约 1 km^2 , 若岩浆中含有 2%~3% 的水, 无疑能产生一定数量的岩浆期后热流体参与成矿作用, 同时在此过程中还有大量大气降水参与. 因此, 对纳日贡玛矿床来说, 岩浆水与大气水组成混合热流体的模式, 比纯粹由大气降水参与成矿作用更符合客观地质事实.

7 结论

(1) 本矿床是在较浅的地质环境中形成的, 成矿温度主要为 $246 \sim 300 \text{ }^\circ\text{C}$. 包裹体类型复杂多样, 出现大量高盐度的含石盐、钾盐子晶的包裹体, 并与气体包裹体、气液包裹体共存, 显示成矿流体具有沸腾特征. 凡是矿化强烈的部位, 矿物中都可见到含子晶的气液包裹体, 以及沸腾包裹体群的出现. 本矿床具有高盐度特点, $w(\text{NaCl})$ 为 $31.3\% \sim 42.2\%$, 而且其矿体均产于高盐度包裹体分布的范围内, 由矿体向外包裹体盐度迅速降低. 纳日贡玛铜钼矿床矿物中的包裹体特征表明, 它是一个典型的斑岩型矿床.

(2) 成矿流体为 Cl-Na-Ca 型水溶液, 液相成分中阳离子以 Na^+ 为主, 阴离子以 Cl^- 为主. 流体气相组份主要为 H_2O 热液, 其次是 CO_2 , 而 H_2 、 CO 和 CH_4 含量甚微.

(3) 成矿介质水主要为岩浆水和大气水的混合流体.

参 考 文 献

- [1] 芮宗瑶.中国斑岩铜(钼)矿床[M].北京:地质出版社,1984.
- [2] 李振兴,刘文均,王义昭,等.西南三江特提斯构造演化与成矿(总论)[M].北京:地质出版社,1999.
- [3] 沈敢富,吕伯西.西南三江地区新生代侵入岩的成岩与成矿[M].北京:地质出版社,2000.
- [4] 卢焕章,李秉伦,沈坤,等.包裹体地球化学[M].北京:地质出版社,1990,1-242.
- [5] 郑永飞,陈江峰.稳定同位素地球化学[M].北京:科学出版社,2000,1-316.
- [6] 张理刚.稳定同位素在地质科学中的应用[M].西安:陕西科技出版社,1985,1-265.
- [7] Taylor H P Jr. Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits[M].John Wiley and Sons ,New York ,1967.

FLUID INCLUSION GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE NARIGONGMA PORPHYRY COPPER DEPOSIT, ZADUO COUNTY, QINGHAI PROVINCE

NAN Zheng-bing¹, TANG Ju-xing^{1,2}, LI Bao-hua¹, SONG Shun-chang³

(1. Chengdu University of Technology ,Chengdu 610059,China;2. China Geological Science Institute, Beijing 100037,China;3. Geological Survey Institute in Qinghai,Qinghai, Xining, 810012,China)

Abstract: Primary inclusions in quartz veins show the Narigongma copper deposit has fluid inclusion geochemistry that is typical of porphyry copper deposits. Ore-forming temperatures at Narigongma were 246°C to 300°C. Salinity is high ranging from 31.3 to 42.4 wt%. The ore-forming fluid is a mixture of magmatic and meteoric waters and has the character of ebullition.

Key words: fluid inclusion; porphyry copper; Narigongma; Qinhai