西藏冈底斯成矿带达布矿区色日普 金矿流体包裹体研究

钟婉婷1),李应栩1),李光明1),张林奎1),李玉彬2),董随亮1),张晖1)

1)中国地质调查局,成都地质调查中心,成都,610081;

2) 西藏自治区地质矿产勘查开发局, 第五地质大队, 青海格尔木, 816000

内容提要:色日普金矿位于西藏冈底斯成矿带中段达布斑岩铜钼矿床外围。本文对该矿床矿体中赋存于含矿 石英脉中的流体包裹体进行了岩相学、显微测温、激光拉曼探针以及氢氧同位素分析。研究表明:与成矿有关的流 体包裹体可以分为3个大类和5个亚类;流体包裹体均一温度变化范围为117~377℃,流体盐度范围为2.57%~ 45.59%NaCleqv,成矿流体早期为高温、高盐度的H₂O-NaCl-CO₂体系,成矿期为中高温、中盐度H₂O-NaCl-CO₂体 系,成矿晚期为中低温H₂O-NaCl体系;成矿期流体包裹体气相成分除CO₂外,还含少量CH₄、N₂等。据测温结果 估算的成矿压力为120~130 MPa。通过对该矿区石英和硅化脉石英流体包裹体研究得出成矿流体主要来源于大 气降水和具有显著岩浆贡献的携带金属成矿物质的热液混合的产物。

关键词: 冈底斯; 达布; 色日普; 金矿; 成矿流体

色日普金矿地处西藏三大成矿带之一的冈底斯 成矿带腹地,自2003年以来由西藏地质六队在该地 区开展了较为系统的地表地质、物探等工作,先后发 现了达布铜钼矿床、显角囊钼铜矿、拔聂囊铜钼矿及 色日普金矿,取得了重大找矿进展。

色日普金矿位于达布铜钼矿床的东侧,显角囊 钼铜矿的北侧。据高一鸣等(2012)最新研究数据显 示,达布铜钼矿床岩体侵位年龄为16.5±0.05 Ma (锆石 U-Pb),成矿年龄为14.6±0.50 Ma,显角囊 铜矿的 Re-Os 同位素成矿年龄为16.2±0.04Ma。 两个矿床的成岩成矿年龄非常接近,表明是同一成 矿作用的结果,且与区域上"成矿大爆发"阶段具有 一致性,均产于印亚板块碰撞后期的伸展环境(夏抱 本等,2007)。此外由于目前该区域内发现的金矿尚 少,特别是斑岩型铜钼矿外围的金矿研究更是少之 又少,因此对该矿区的研究十分必要,另外,因为目 前对达布铜钼矿床流体研究较少,本文通过对色日 普金矿含矿石英脉中流体包裹体的研究,对色日普 金矿的成矿流体来源及演化进行了初步探讨,拟为 该区域进一步找矿提供参考与线索,并为达布矿区 流体研究提供一些借鉴。

1 区域地质特征

在大地构造位置上,达布矿区夹持于雅鲁藏布 江结合带和班公错-怒江缝合带之间的拉达克-冈底 斯弧盆系之拉达克-南冈底斯弧盆系-下察隅岩浆 弧,成矿区带属南冈底斯 Cu、Mo、Pb、Zn、Au、Ag、 Fe、W 成矿亚带之谢通门-尼木-桑日成矿亚带(图 1)。矿区属冈底斯-念青唐古拉褶皱系,区内主构造 线呈东西向,主要为东西向或近东西向褶皱、压性断 裂,另有由南北向挤压所派生的 NE 向和 NW 向断 裂组成的网格状构造断裂系统。在达布矿区西侧尼 木一带,由于受念青唐古拉北东向构造的牵引,发育 一组伴生的北东向、北北东断层。带内有大量斑岩 型钼铜矿产出,以甲玛、驱龙、邦铺等超大型、大型斑 岩铜钼矿床为代表。区内岩浆岩出露面积约占全区 的 90%,主要为燕山晚期至喜山期的中酸性侵入岩 与火山岩,此外尚有华力西期和印支期中基性火山 岩零星分布。出露的侵入岩主要为曲水杂岩体,包 括始新世灰白色中粗粒斑状二长花岗岩(Ε₂ηγπ)和

注:本文是由国家重点基础研究发展计划项目(973计划)《青藏高原南部矿床勘查模型与定位预测技术》(编号:2011CB403105)及中国地 质调查局地质调查项目《西藏铜铅锌国家级接替基地综合研究》(编号:1212010918033)项目和西藏扎西康铅锌多金属矿整装勘查区专项 填图与技术应用示范(编号:12120114050701)联合资助

收稿日期:2014-10-21;改回日期:2015-01-15;责任编辑:黄敏。

作者简介:钟婉婷,1983年生,女,助理工程师,从事矿床成因与成矿预测研究,Email: zwting_2006@126.com。通讯作者:李光明,1965年生,男,研究员,主要从事矿床学、矿产勘查研究;Email:li-guangming@163.com。





Fig. 1 Regional geological map of Seripu gold deposit in Dabu of Gangdise

1—第四系;2—中新世花岗斑岩;3—中新世花岗闪长斑岩;4—中新世二长花岗斑岩;5—新新世白岗岩;6—始新世中粗粒二长花岗斑岩;
7—始新世细中粒二长花岗岩;8—始新世花岗闪长岩;9—细晶岩;10—花岗斑岩;11—闪长玢岩;12—断层;13—地质界线
1—Quaternary; 2—Miocenegranite porphyry; 3—Miocene granodiorite-porphyry; 4—Miocene monzonitic granite porphyry; 5—Oligocene alaskite; 6—Eocene mesograin-grain monzonitic granite porphyry; 7—Eocene fine-mesograin monzonitic granite; 8—Eocene granodiorite; 9—aplite; 10—graniteporphyry; 11—dioritic porphyrite; 12—fault; 13—geological boundary

灰白色中细粒花岗闪长岩(E₂γδ),另发育辉长岩脉(ν),闪长玢岩脉(δμ)和煌斑岩岩脉(χ)。

2 矿床地质

矿区内断裂构造发育,以压扭性断裂构造为主。 断层走向有北北西向及北东向,以北东向断裂为主。 断层在地表形成规模不等的破碎带,其两侧围岩节 理、裂隙发育,为成矿提供容矿空间。其次,色日普 沟内次级断裂极为发育,表现为呈雁列式分布的数 条小断层。

矿区内岩浆岩大面积出露,在矿区北东及东部 地区,主要出露的侵入岩有始新世二长花岗斑岩 (E₂ηγπ)始新世花岗闪长岩(E₂γδ)和始新世中细粒 花岗闪长岩(E₂γδ)以及多种脉岩。始新世二长花 岗斑岩(E₂ηγπ),呈岩基状分布,规模较大,颜色呈 灰白色,斑状结构,块状构造,主要的矿物成分有黑 云母、钾长石、斜长石及石英等,斑晶以钾长石为主, 粒径约为 0.5~1.0cm,基质为它形粒状石英及长条 状长石,局部地段可见高岭土化。始新世中细粒花 岗闪长岩(E₂γδ)在矿区南部出露,颜色为灰白色, 花岗结构,块状构造,主要矿物有角闪石、钾长石、斜 长石、石英和少量的黑云母,局部岩石节理发育,较 破碎。区内的多处岩脉从成分而言从基性一中性一 酸性均有发育,与各种围岩呈超动型接触关系,包 括:呈不规则状穿插于粗粒二长花岗斑岩、中细粒花 岗闪长岩等中的辉长岩脉(ν),向下延伸有渐宽趋 势,与中粗粒二长花岗斑岩(E₂ηγπ)的接触带中发 育一条褐铁矿化蚀变破碎带;闪长玢岩脉(δμ)呈灰 黑色,斑状结构,块状构造,斑晶主要为斜长石和角 闪石、黑云母等,在其深部延伸较宽,且矿化蚀变强 烈,主要蚀变为高岭土化、硅化、青磐岩化、黄铁绢英 岩化,并发育褐铁矿化、弱黄铜矿化以及浸染状黄铁 矿化;煌斑岩岩脉(χ)主要分布于色日普沟花岗闪 长岩体中,矿物成分主要为黑云母。

色日普金矿床内蚀变局部集中,其主要蚀变为 褐铁矿化、高岭土化,伴有孔雀石化、磁铁矿化、黄铁 矿化、黄铜矿化、辉钼矿化等金属矿化。其中褐铁矿 化分布面积最广,除在岩体接触带边缘以外,断裂带 内亦可见到,黄铁矿化主要分布于闪长玢岩脉(δμ) 及断裂带内。孔雀石化仅在二长花岗斑岩的褐铁矿 化破碎蚀变带中见到,呈薄膜状分布于岩石表面及 裂隙面上。

色日普金矿的矿体形态呈脉状和似层状,产状 较陡,严格受近南北向断裂构造控制,呈近南北向展 布(图 2)。金矿化主要有两种形式:在破碎带中部 以含金石英脉形式产出或在含金石英脉周围以含金 蚀变岩形式产出。金矿石中的主要金属矿物为黄铁 矿、辉钼矿及黄铜矿;非金属矿物主要是石英和方 解石,靠近地表的氧化带中见有褐铁矿、铜蓝和黄钾 铁矾。对矿体的分析结果显示,Au 最高品位达到 7.27×10⁻⁶,Cu 最高品位达到 2.32×10⁻²,矿体规 模已达小型矿床。矿石构造以细脉浸染状、网脉状 等为主。

根据野外观察和镜下研究,可将色日普金矿热 液成矿期划分为3个成矿阶段。

(1)石英-黄铁矿化阶段:以粗中粒黄铁矿为特点,主要蚀变为强烈硅化和铁白云石化,发育石英脉透镜体及铁白云石化-硅化蚀变岩,其次可见为绿泥石化和绢云母化,这个阶段金矿化较差。

(2)金-多金属硫化物阶段:以大量细粒或粉末 状、自形一半自形结构的黄铁矿晶出为特点,并伴有 少量辉钼矿和黄铜矿等多金属硫化物及自然金和碲 金矿等沉淀。在构造作用下,形成于成矿前的不含 矿石英脉和蚀变围岩被破碎成角砾岩、碎裂岩。该 阶段除可在构造带内形成块状矿化蚀变岩外,上述 多金属硫化物和金碲化物还以胶结物的形式胶结角 砾岩或碎裂岩石。此阶段是金的主要矿化阶段。

(3)石英-碳酸盐化阶段:以含少量方铅矿的石 英-铁白云石和方解石细脉体为特征,金矿化较差。

3 样品与分析方法概述

本次研究的样品是在色日普金矿构造破碎带内



图 2 西藏冈底斯成矿带达布矿区色日普矿区地质图 Fig. 2 Geological map of Seripu deposit in Dabu of Gangdise 1-第四系;2-始新世中粗粒二长花岗斑岩;3-始新世中细粒二长 花岗岩;4-始新世花岗闪长岩;5-始新世二长花岗斑岩;6-闪长 玢岩;7-辉长岩;8-矿体;9-地质界线;10-断层 1-Quaternary; 2-Eocene mesograin-grain monzonitic granite porphyry; 3-Eocene fine-mesograin monzonitic granite; 4-Eocene granodiorite; 5-Eocene monzonitic granite porphyry; 6-dioritic porphyrite; 7-aplite granite; 8-ore body; 9-geological boundary; 10-fault

采集的不同阶段的石英脉体及硅化矿石中石英。首 先将这些样品磨制成厚度约为 0.2mm 双面抛光的 薄片做矿相学和流体包裹体观察,然后选择有代表 性的包裹体进行显微测温和激光拉曼探针分析。流 体包裹体显微测温分析和显微激光拉曼探针 (LRM)分析分别在国土资源部西南测试中心流体 包裹体实验室的 Linkam THMS 600 型高精度冷热 台和 Renishaw inVia Reflex 显微激光拉曼光谱仪 上进行。显微测温分析测温范围分为两个阶段, -196~31℃升温速率为 0.1~20°C/min,31~ 600℃升温速率为 2~20°C/min。激光拉曼分析时 激光功率 40MW,光谱分辨率 0.8cm⁻¹,曝光时间 10s,1~3次叠加,多数样品采用 514nm 波长激光分 析,对部分荧光较强的样品采用 785nm 波长激光分 析,对其中的微量 CO_2 、 CH_4 和 N_2 分别采用 1200~ 1400 cm^{-1} 、2909~2920 cm⁻¹ 和 2320~2340 cm⁻¹ 的 波谱段进行详细分析。

色日普金矿石英单矿物的氢氧同位素分析在中 国地质科学院矿产资源研究所同位素地质实验室进 行,使用 MAT-253 稳定同位素质谱仪完成测试。 石英中的氢同位素通过测定 H₂获得。首先将挑选 出的单矿物在低温时进行充分干燥,然后通过热爆 裂法释放其中流体包裹体水,并通过冷却系统收集、 冷却和提纯,随后与锌反应产生 H₂,以备质谱分析, 分析精度优于 2.0‰。石英中氧同位素通过使用激 光氟化装置,让石英单矿物与 BrF₅反应(Clayton et al., 1963),使其中氧以 O₂形式释放,O₂在 700℃与 石墨反应转化为 CO₂,然后在质谱仪上测定其 δ^{18} O 值,分析精度优于 2.0‰。

4 包裹体研究

4.1 包裹体岩相学

本次工作对成矿各阶段石英脉及硅化矿石中石 英的流体包裹体进行了研究。各阶段石英脉中包裹 体十分发育,呈定向、单个孤立状态分布或成群分 布,大小从几到数十微米不等,形状一般为椭圆形、 长条形、不规则状和负晶形。包裹体可分为原生、次 生和假次生,以原生为主,也是本次研究的重点。根 据流体包裹体在室温下的相态特征、显微测温相变 方式和其中的物相成分,可划分为3个大类和5个 亚类(图 3):

(1)气液两相流体包裹体(AV),常温下呈气、 液两相,大小约为1.7~6μm,极少数达15μm,大部 分孤立分布,少数成群分布,呈负晶形、长条形、不规 则状等多种形态,液相占整个包裹体体积的50%以 上,均一到液相。该类型包裹体主要在成矿后出现, 占包裹体总数的20%。

(2)含 CO₂包裹体,在降至较低温度时可见气体 CO₂、液体 CO₂和水溶液三相,加热后均一为液相、 气相或临界相。根据其气相充填度及均一温度特征 又可进一步分为 2 个亚类:①AC₁类:富 CO₂包裹 体,室温下呈单一相(V_{CO2}),CO₂充填度达到 100%,大小多为 2~10 μ m 为主,形态多为椭圆形、 三角形、四边形或不规则状,占主成矿阶段石英中包 裹体数量的 30%。②AC₂类:含 CO₂包裹体,室温 下由水溶液相和 CO₂相组成,液态水溶液的充填度 在 40%~80%,大小约为 2~13 μ m,低温时气相 CO₂的边缘会出现液相 CO₂液圈,形成具有 A-L_{CO2}-V_{CO2}的三相流体包裹体,与 AV 类相比,液相 CO₂中 的气泡在室温下跳动速度比 AV 类流体包裹体中气 泡快且液相 CO₂也较 AV 流体包裹体中的气泡暗,



图 3 西藏冈底斯成矿带达布矿区色日普金矿石英中常见原生流体包裹体类型

Fig. 3 Common protogenesis fluid inclusion type in quartz of Seripu deposit in Dabu of Gangdise

(a) 一含 CO_2 气相包裹体(AC_2 类)与液相包裹体(AV类)共存;(b) 一水溶液包裹体(AV类);(c) 一含石盐子晶包裹体(ADV_1 类)与含黄铜矿 子晶包裹体共存(ADV_2 类);(d) 一含石盐子晶包裹体(ADV_1 类);(e) 一含石盐子晶包裹体(ADV_1 类)与气相包裹体(AC_1 类)共存;(f) 一富含 CO_2 包裹体(AC_1 类)

(a) - Gaseous(AC₂ type)and liquid phase(AV type) coexistence; (b) - aqueous solution inclusion(AV type); (c) - rock salt crystal (ADV₁ type)and chalcopyrite contained inclusion (ADV₂ type) coexistence; (d) - rrock salt crystal contained inclusion(ADV₁ type); (e) - rock salt crystal contained (ADV₁ type)and gaseous phaseinclusion (AC₁ type)coexistence; (f) - CO₂ contained inclusion (AC₂ type)

603

气泡相所占包裹体的体积百分比也较大。该类型包 裹体占主成矿阶段石英中包裹体总数的 30%以上。

(3) 气液固三相流体包裹体(ADV 类):常温 下由水溶液相、立方体状矿物子晶和气泡组成,气相 充填度在10%~20%,在降温过程中,饱和析出石 盐(NaCl)子晶,呈立方体,部分 ADV 类包裹体中可 以见到含有多个子晶或者金属子矿物,通过镜下观 察得出,金属子矿物是铜。根据升温过程中子晶完 全溶解温度进一步将这类包裹体分为两个亚类:① ADV_1 类:即 $T_{h(L-V)} > T_m$,升温过程中子晶完全溶 解的温度为 60~201℃,大小约为 2~15μm,常呈椭 圆形、负晶形状或不规则状孤立或成群分布。主要 出现在成矿早期阶段黄铁矿-石英脉中,占包裹体总 数的 10% 左右。②ADV₂类:即 $T_{h(L-V)} \leq T_m$ 类,子 晶完全溶解的温度为 206~382 ℃,大小约为 2~ 17μm,常呈椭圆形、负晶形状或不规则状孤立或成 群分布。这类包裹体也主要出现在成矿早期阶段黄 铁矿-石英脉中,占包裹体总数的10%左右。

4.2 包裹体显微测温

本次研究的显微测温分析结果如表 1 所示, AV 类:水溶液包裹体的冰点值在-0.5~-0.4℃, 根据 Bodnar 等(1993)提出的公式换算得到的盐度为 2.57%~13.29% NaCleqv, 气液相均一温度 $[T_{h(1-v)}]$ 为131~159°C;富CO₂包裹体AC₁类的 $T_{m,CO2}$ 为-57~-60℃,平均为-58.5℃;部分均-到气相,其部分均一温度为28~30℃,平均为29℃; 完全均一温度为134~374℃,平均为254℃。根据 CO₂包裹体部分均一温度和相密度关系图 (Shepherd et al.,1985),计算出CO₂气相密度为 0.275~0.33g·cm⁻³,平均为0.3025g·cm⁻³;根 据富CO₂包裹体的部分均一温度以及完全均一温 度,由H₂O-CO₂-NaCl体系P-X相图(据Brown et al.,1989)可求出CO₂包裹体均一压力为120~130 MPa,平均为125MPa。含CO₂包裹体AC₂类的

 $T_{m,CO2}$ 值为 -65° C~ -85° ,平均为 -75° ;CO2笼 合物熔化温度为 2.0~-5.3℃,平均为-1.65℃; 部分均一到液相,其部分均一温度为 28~29℃,平 均为 28.5℃;完全均一温度为 137~377℃,平均为 257℃。根据 Collins 等(1979)的 CO₂ 笼合物熔化温 度和盐度关系表换算后的盐度应为 13.2% ~ 19.7% NaCleqv),平均为16.5% NaCleqv。依据 CO2 包裹体部分均一温度和相密度关系图 (Shepherd et al., 1985), 计算出 CO₂气相密度为 0.27 ~ 0.31g/cm³,平均为 0.29g/cm³。另据 Diamond(2001)的 CO₂-H₂O 体系的 V-X 图,根据 CO₂均一温度估算出流体密度为 0.68 g/cm³。根据 含 CO2包裹体的部分均一温度以及最终均一温度, 由 H_2O-CO_2 -NaCl 体系 *P*-X 相图(据 Brown et al., 1989) 可求出 CO2 包裹体均一压力为 125~ 155MPa,平均为140MPa。ADV₁类包裹体在测温 升温过程中一般子晶先消失气泡后消失,即石盐子 矿物的熔化温度(T_m)小于气液相均一温度 [T_{h(L-V)}]。测得气液相均一温度[T_{h(L-V)}]为142~ 235℃,平均为188.2℃,T_m为60~201℃,平均为 131℃,根据 T_m,由 Hall 等(1988)的公式,获得石英 中Ⅲ1 类流体包裹体的盐度为 21%~31.9% NaCleqv, ADV₁平均值为 26.5% NaCleqv; ADV₂ 类包裹体在测温升温过程中一般子晶后消失气泡先 消失,即石盐子矿物的溶化温度(T_m)大于气液相 均一温度[*T*_{h(L-V)}]。测得气液相均一温度 [T_{h(L-V)}]为117~242℃,平均为179.4℃,T_m值为 206~382℃,平均为 294℃,根据 T_m,由 Hall 等 (1988)的公式,获得石英中 ADV₂类流体包裹体的 盐度为 32.2%~45.6% NaCleqv,平均值为 38.9% NaCleqv(图 4)。

4.3 激光拉曼分析

对上述流体包裹体的 LRM 测试显示(图 5),在 拉曼谱图上除了石英特征峰外,还出现了 CO₂的特

表 1 西藏冈底斯成矿带达布矿区色日普金矿流体包裹体显微测温分析结果汇总表

Table 1 Summary sheet of microscopic temperature measurement analysis results of fluid inclusion

in	Seripu	deposit	in	Dabu	\mathbf{of}	Gangdise
----	--------	---------	----	------	---------------	----------

包裹体	大小	$T_{\rm m,CO2}$	${T}_{ m m,Cla}$	${T}_{ m m,ice}$	$T_{ m h,CO2}$	$T_{\rm h}(l-v)(点数)$	$T_{ m m}$	盐度
类型	(μm)			(°(C)			(%NaCleqv)
AV	$2 \sim 6$	/	/	$-0.5 \sim -0.4$	/	$131 \sim 159(41)$	/	2.57~13.29
AC_1	$2 \sim 10$	$-57 \sim -60$	2.1 \sim -5	/	28~30	$134 \sim 374(51)$	/	13.07~20.07
AC_2	$2 \sim 13$	$-65 \sim -85$	2.0 \sim -5.3	/	28~29	$137 \sim 377(56)$	/	13.2~19.7
ADV_1	$2 \sim 15$	/	/	/	/	$142 \sim 235(53)$	$60 \sim 201$	27.21~31.96
ADV_2	$2 \sim 17$	/	/	/	/	117~242(13)	$206 \sim 382$	32.17~45.59

注: $T_{m,CO2}$ 一固相 CO₂的熔化温度, $T_{m,cla}$ 一笼合物的熔化温度, $T_{h,CO2}$ 一CO₂的部分均一温度, $T_{m,ice}$ 一冰点。



Fig. 4 Homogenization temperature histogram of Seripu deposit in Dabu of Gangdise (a)-水溶液两相包裹体(AV类);(b)-富 CO2包裹体(AC1类);(c)-含 CO2包裹体(AC2类);

(d) 一三相流体包裹体(ADV₂);(e) 一三相流体包裹体(ADV₂)

(a) - Aqueous solution inclusion(AV type); (b) - rich gaseous phaseinclusion(AC₁ type);

(c) – gaseous phase inclusion(AC₂ type); (d) – triphase inclusion(ADV₁ type); (e) triphase inclusion(ADV₂ type)

征峰(1390 cm⁻¹,1287 cm⁻¹)和宽泛的液相 H₂O 峰 (3310~3610 cm⁻¹),;AVD 类流体包裹体的气液相 成分与 AV 类相同,子矿物为石盐。在 AC₂类包裹 体 的 气 相 谱 图 5f 中 可 见 清 晰 的 CO₂ 谱 峰 (1390 cm⁻¹, 1287 cm⁻¹) 和 图 5d 中 CH₄ 峰 (2926 cm⁻¹),以及较低的 N₂峰(2328 cm⁻¹),说明 包裹体气相中除了含有密度较高的 CO₂外,还含有 相对较高的 CH₄和少量的 N₂,这两种气体成分的存 在解释了包裹体显微测温过程中富 CO₂流体包裹体 三相点的降低的原因。对含石盐子晶类包裹体内检 测出少量的 CH₄,液相成分为 H₂O。部分 AV 类流 体包裹体分析显示其气相成分以 H₂O 为主,气相中 仅含有极微量的 CO₂成分,说明 CO₂在这个时期已 经从流体中逃逸。

5 氢氧同位素

本文共对 3 件样品进行了 H-O 同位素分析,结果如表 2 所示。 6D 值是直接测定包裹体获得, 6¹⁸ O_{*}

表 2 西藏冈底斯成矿带达布矿区色日普矿床石英单矿物氢、氧同位素组成

Table 2	hydrogen and	oxygen isotopes	composition of	f quartz monomineral	in Seripu deposit in	1 Dabu of Gangdise
---------	--------------	-----------------	----------------	----------------------	----------------------	--------------------

			10.0	-	10.0 (0/)		stat test 1. See
样品编号	样品名称	$\delta D_{V-SMOW}(\%)$	$\delta^{18}O_{V-SMOW}(\%)$	$T_{\rm h}/({\rm C})$	$\delta^{18}O_{K}(\%_{0})$	矿区	数据来源
SRP03		-168	6.5	167	-9.73	色日普	本文
SRP09		-164	6.3	267	-1.88		
SRP14		-143	6.6	202	-4.94		
XD_07		- 82	9.5	219.8	-1.7		
XD_15		- 92	10.7	226.9	-0.1		
XD_16		- 88	10	167.8	-4.7		
XX_20		- 97	8.7	199.5	-3.7	雄村	徐文艺等,2006
XZ3_01		-101	10.4	283.6	2.2		
XZ3_12	冬龙丁士时	- 98	10.4	188	-2.8		
XZ3_16	百 4 日 央 脉	-104	10.5	176.4	-3.6		
JM4804-235.1		-79.9	9.4	361.2	4.4		
JM4804-228. 5		-95.8	10	367.4	5.2		
JM2008-336.3		-91.4	9.8	335.8	4.1	甲玛	李永胜等,2012
JMKSH2		-104.1	8.7	321.6	2.4		
JMTSPD11-2		-73.1	10.3	324.8	4		
JMKSH4		-74.4	10.5	317.8	4.2		
JM4803-44.8		-75.4	10.6	319.5	4.4		
IM3209-133.3		-75.3	10.2	358.3	5.1		



图 5 西藏冈底斯成矿带达布矿区色日普金矿流体包裹体 LRM 图谱

Fig. 5 LRM atlas of fluid inclusion of Seripu deposit in Dabu of Gangdise

 $(a) - AC_2$ 类流体包裹体中 CO_2 和 CH_4 的谱峰; $(b) - AC_1$ 类流体包裹体中 CO_2 的谱峰; $(c) - AC_2$ 类流体包裹体中 N_2 的谱峰; $(d) - AC_2$ 类流体包裹体中 CH_4 的谱峰; $(e) - AC_2$ 类流体包裹体中 CO_2 的谱峰; $(f) - AC_2$ 类流体包裹体中 CO_2 的谱峰

 $(a)-CO_2$ and CH_4 peak of gaseous phase inclusion $(AC_2 \text{ type});(b)-CO_2$ peak of rich gaseous phase inclusion $(AC_1 \text{ type});(c)-N_2$ peak of gaseous phase inclusion $(AC_2 \text{ type});(d)-CH_4$ peak of gaseous phase inclusion $(AC_2 \text{ type});(e)-CO_2$ peak of gaseous phase inclusion $(AC_2 \text{ type});(f)-CO_2$ peak of gaseous phase inclusion $(AC_2 \text{ type})$

值通过石英-水氧同位素分馏方程(公式 1,2)换算 所得。

1000lna=3.09×10⁶/T²-3.29(100~200℃) (公式 1;张理刚,1985)

 $1000 \ln \alpha = 3.38 \times 10^6 / T^2 - 3.40(200 \sim 500 \degree C)$ (公式 2;Clayton et al. ,1972)

石英中流体包裹体 δD_{v-sMOW} 值为 $-143\% \sim$ -168‰,石英的 $\delta^{18}O_{v-sMOW}$ 值为 6.30‰~6.60‰, 平均为 6.45‰,计算得到 $\delta^{18}O_x$ 变化范围在 -4.94‰~-9.73‰之间,在氢、氧同位素图解上 (图 5),三个样品均投在于岩浆水与大气水区域中 间,由于岩浆活动早期有强烈的 H 同位素分馏作用 (Taylor et al.,1986),后来形成的含水岩浆矿物代 表脱气熔体的同位素组成,其 H 同位素急剧降低, 在岩浆晚期热液沉淀聚集形成的热液矿物在有天水 加入的情况下,其 H 同位素组成降低更多,因此认 为样品落于岩浆水右下方表明成矿流体主要是岩浆 水,但后期有大气降水不同程度的混合。

5 讨论

本次工作选择的包裹体寄主矿物为石英和硅化 脉石英,均是热液期不同阶段的产物。岩相学和 LRM 分析研究表明色日普金矿床成矿期流体包裹 体主要为富含 CO₂并含有少量 CH₄和 N₂的 AC 类, 成矿早期为 ADV 类包裹体,成矿晚期为 AV 类包 裹体。对三种类型流体包裹体的测温分析显示, AV 类包裹体的盐度变化很小;富含 CO₂的 AC 类 包裹体较 AV 类包裹体具有相对较高的均一温度和 盐度,主要是其盐度更高并含有提高体系均一温度 CO₂等;而含子矿物的 ADV 类流体包裹体虽然盐度 更高,但均一温度比富含 CO₂的 AC 类低,这主要与 流体捕获压力有关,在更高的压力下流体的均一温 度会降低。根据 Christoph 等, (Christoph et al., 2004)对金矿成矿流体的归纳分类来看,色日普金矿 床成矿早期应主要为中高温高盐度的岩浆流体;虽 然成矿期流体含有大量 CO₂,但 CO₂相密度明显偏 低,成矿流体不会主要来源于变质流体;成矿晚期流 体演化为低盐度中低温度的流体,虽然接近地下热 卤水性质,但也显现出一定的岩浆来源成矿流体的 亲缘性。

在对玉龙斑岩型铜钼矿床成矿流体的研究中发 现有大量含 CH₄和 CO₂的流体包裹体(谢玉玲等, 2005),在对冈底斯的雄村斑岩-浅成低温热液铜金 矿床中也发现大量含有 CH₄、N₂、CO₂的流体包裹 体(徐文艺等,2005;2006),甲玛铜多金属矿床成矿 流体中也有大量含 CH₄、N₂、CO₂的流体包裹体(佘 宏全等,2006),对驱龙斑岩铜矿床锑研究发现成矿 热液中也含有 CH₄、N₂、CO₂包裹体(杨志明等, 2008;2009),而这四个矿床的成矿流体均具有岩浆 热液贡献特征。这表明 CH₄和 N₂可能来源于岩浆 出溶流体形成的成矿热液。而色日普金矿床成矿期 流体包裹体主要为富含 CO₂并含有少量 CH₄和 N₂ 的 AC 类,因此色日普金矿成矿期流体具有显著的 岩浆热液贡献或是岩浆出溶流体。

色日普金矿富含 CO₂流体包裹体的最小捕获压 力为 120 ~130 MPa,其捕获时深度为 4~4.3km (静岩压力)至 13km(静水压力)。根据造山带的地 温梯度,在这一深度下地温应为 65~170℃,明显低 于本次研究所获得的流体最低捕获温度,表明成矿 流体应是具有显著的岩浆热源贡献。

对色日普金矿3件样品的氢氧同位素分析结果 显示,成矿流体的氢氧同位素组成在岩浆水域与大 气降水水域中间区域而远离变质水域。显示成矿流 体可能与岩浆水有关,但又不是典型的岩浆水,成矿 流体应为大气降水与岩浆水的混合。综上所述,色 日普金矿床早期石英中捕获的流体是从岩浆出溶 的,这种流体溶解携带金等成矿元素的能力很强。 在碰撞造山的过程中,流体上移并萃取围岩中的金 等成矿元素,在韧性剪切带内流体压力降低,并因大 气降水的加入温度降低导致矿物质的沉淀,形成金 矿化体。成矿后期流体继续与大气降水混合,温度 盐度进一步降低。

6 结论

(1)色日普金矿含矿石英脉中的流体分为3个 大类和5个亚类,成矿早期为含子晶的ADV类,包 括ADV₁类和ADV₂类,成矿期为富含CO₂的流体包 裹体,包括AC类和C类,成矿后期为AV类包裹体。

(2)色日普金矿的成矿流体以 H_2O 为主,早期为 中高温、高盐度 H_2 O-NaCl-CO₂ 体系,成矿期为中高 温、中等盐度 H_2 O-NaCl-CO₂ 体系,晚期为中低温、 低盐度 H_2 O-NaCl 体系。

(3)色日普矿床的成矿流体为下渗大气降水与沿 断裂运移的具有显著岩浆贡献的热液混合的产物。

致谢:首先感谢为本文提出非常宝贵的修改意 见和建议的两位审稿专家,二位的悉心指导,让笔者 受益匪浅;其次,感谢西藏地质六队杜刚强总工程师 对本文的大力支持,在此对三位专家一并表示最衷 心的感谢!

参考文献

- 高一鸣,陈毓川,唐菊兴,罗茂澄,冷秋锋,王立强,杨海锐,普布次仁. 2012. 西藏曲水县达布斑岩铜(钼)矿床成岩成矿年代学研究. 地球学报,33(4):613~623.
- 李永胜,吕志成,严光生,甄世民,杜泽忠. 2012. 西藏甲玛铜多金属 矿床 S、Pb、O、H 同位素特征及其指示意义. 地学前缘,19(4): 72~81.
- 佘宏全,丰成友,张德全,李光明,刘波,李进文. 2006. 西藏冈底斯 铜矿带甲马夕卡岩型铜多金属矿床与驱龙斑岩型铜矿流体包裹 体特征对比研究. 岩石学报,22(3):689~696.
- 夏抱本,夏斌,王保弟,赵守仁.2007. 冈底斯中段达布埃达克质含 矿斑岩:增厚下地壳熔融与斑岩铜钥矿成因.地质科技情报,26 (4):19~26.
- 谢玉玲,侯增谦,徐九华,杨志明,徐文艺,何建平. 2005. 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. 岩石学报, 21(5):1409~1415.
- 徐文艺,曲晓明,侯增谦,杨丹,杨竹森,崔艳合,陈伟十. 2006. 西藏 冈底斯中段雄村铜金矿床成矿流体特征与成因探讨. 矿床地 质,25(3):243~251.
- 徐文艺,曲晓明,侯增谦,陈伟十,杨竹森,崔艳合.2005.西藏冈底 斯中段雄村铜金矿床流体包裹体研究.岩石矿物学杂志,24(4): 301~310.

- 杨志明,侯增谦,宋玉财,李振清,夏代详,潘凤维. 2008. 西藏驱龙 超大型斑岩铜矿床:地质、蚀变与成矿.矿床地质,27(3):279~ 317.
- 杨志明,侯增谦. 2009. 西藏驱龙超大型斑岩铜矿的成因:流体包裹 体及 H-O 同位素证据. 地质学报,83(12):1839~1859.
- 张理刚.1985.稳定同位素在地质科学中的应用.西安:陕西科学技术 出版社.1~267.
- 郑淑蕙,张知非,倪葆龄,侯发高,沈敏子. 1982. 西藏地热水的氢氧 稳定同位素研究.北京大学学报(自然科学版)18:99~106.
- Bodnar R J. 1993. Reviced equation and table for determining the freezing point depression of H₂ O-NaCl solutions. Geochim Cosmochim Acta, 157:683~684.
- Brown P E, Lamb W M. 1989. P-V-T properties of fluids in the system $CO_2 \pm H_2 O \pm NaCl$; New graphical presentations and implications for fluid inclusion studies. Geochim Cosmochim Acta, 53:1209~1221.
- Clayton R N, O'Neil J R and Mayeda T K. 1972. Oxygen isotope exchange between quartz and water, Geogphys, Res, 77:3057 ~3067.
- Clayton R N, Mayeda T K. 1963. The use of bromine pentafluoride in the extraction of oxygen from oxides and silicates for isotopic analysis. Geochimica et Cosmochimica Acta, 27(1): 43~52.

Collins P L F. 1979. Gas hygrates in CO2-bearing fluid inclusions in

granulites from Tanzaia-a comparison of geobarometric methods based on fluid density and mineral chemistry . Chem Geol, $37: 59 \sim 77.$

- Diamond L W. 2001. Review of the systematic of CO₂₋ H₂O fluid inclusions. Lithos, 55:69~99.
- Gao Y M, Chen Y C, Tang J X, Luo M C, Leng Q F, Wang L Q, Yang H R, Phurbu Tsering. 2012. A Study of Diagenetic and Metallogenic Geochronology of the Dagbo Cu (Mo) Deposit in Quxur County of Tibet and Its Geological Implications. Acta Geoscientica Sinica, 33(4): 613~623.
- Hall D L, Sterner S M, Bodnar R J. 1988. Freezing point depression of NaCl-KCl-H₂O solutions. Econ Geol, 83:197~202.
- Shepherd T J, Rankin A H, Alderton D H M. 1985. A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies. London: Blackie&Son Ltd., 1 ~239.
- Taylor H P. The application of oxygen hydrogen isotope studies to problems of hydrothermal alteration and ore deposition. Economic Geology,1974.69(6): 843~883.
- Taylor B E. 1986. In Stable isolopes in high temperature geological processes (eds. Valley J W, Taylor H P Jr & O'Neil J R) 185 ~225 (Miner. Soc. Am, Washington DC)
- Taylor B E. 1986. Magmatic volatiles: isotopic variation of C, H, and S. Reviews in Mineralogy, 16:185~225.

Fluid Inclusion of the Seripu Gold Deposit in Dabu of Gangdise, Tibet

ZHONG Wanting¹⁾, LI Yingxu¹⁾, LI Guangming¹⁾, ZHANG Linkui¹⁾,

LI Yubin²⁾, DONG Suiliang¹⁾, ZHANG Hui¹⁾

1) Chengdu Center, China Geological Survey, Chengdu, 610081;

2) No. 5 Geological Brigade, Mineral Exploration Development Bureau, Tibet, Golmud, Qinghai, 816000)

Abstract

The Seripu gold deposit is located in the middle Gangdise metallogenic belt and, belongs to the scope of Dabu copper molybdenum deposit. Our study shows there are three types of fluid inclusion related to mineralization in: gaseous, liquid, and halite, by means of microphysiography, microscopic temperature measurement and Laser Raman microprobe analysis on quartz fluid inclusion of ore bearing quartz vein. The variation range of the homogenization temperature is about $117 \text{ °C} \sim 377 \text{ °C}$, with average salinity of the fluid inclusion nearly 2. $57\% \sim 45$. 59% NaCleqv. The fluid inclusion is mainly medium-high heat and high salinity. Besides CO₂, there is CH₄ and N₂ also in the gaseous. It was the estimated ore-forming pressure is close to $120 \sim 130$ MPa, with lithostatic pressure depth nearly 4 km ~ 4.3 km. The depth of the hydrostatic pressure is nearly 12 km \sim 13km, and fluid density approaches 0. 68 g/cm³. By combining with the H-O isotopes analysis results, this paper insists that the main source of metallogenic fluid is from magma, with small part of meteoric waters involved in the late stage. Daughter minerals containning and polyphase inclusion coexist with different filling percentage liquid or gaseous phase, with closely homogenization temperature and different salinity, reflecting that metallogenic fluid experiences boilling.

Key words: Gangdise; Dabu; Seripu; gold deposit; ore-forming fluid