

克兰盆地含铜（金）石英脉的多期流体证据 及其地质意义*

徐九华¹, 王琳^{1,2}, 褚海霞¹, 王燕海¹, 刘泽群¹, 魏浩¹

(1 北京科技大学资源工程系, 北京 100083; 2 吉林大学地球科学学院, 吉林 长春 130061)

中国阿尔泰山南缘的基本构造格局是由晚古生代长期的 Cordilleran 式造山运动形成的 (Zhu et al., 2006), 经历了 3 个不同性质的构造演化阶段: 泥盆纪古亚洲洋板块俯冲, 石炭纪板块碰撞及古亚洲洋闭合, 以及早二叠世碰撞后的板内拉张 (牛贺才等, 2006)。泥盆纪和石炭纪的构造背景具有沟-弧-盆的特征 (肖文交等, 2006)。早中泥盆世和晚泥盆世-二叠纪的不同的构造背景相应形成了与海底喷流有关的成矿系统和与碰撞造山有关成矿系统。克兰火山-沉积盆地是阿尔泰山南缘的最大的盆地, 在康布铁堡组上亚组 (D_1k_2) 蕴藏有丰富的 VMS 锌铅铜多金属矿床。自晚泥盆世至早二叠世末, 阿尔泰山南缘表现为 NE-SW 向强烈挤压的造山构造环境, 同造山期的构造-变质-成岩-流体-成矿作用发育, 是铜金的重要成矿期。

晚泥盆世以来的造山作用, 使克兰盆地的 VMS 矿石在不同程度上受到变形变质改造, 较塑性的闪锌矿等常柔皱变形、拉长并被黑云母、绿泥石等交代, 或发生再活化迁移到眼球状石英、石榴子石变斑晶等的裂隙中; 较脆性的黄铁矿以碎裂变形为主, 在黄铁矿颗粒两侧垂直压应力方向增生方铅矿、闪锌矿等形成压力影结构; 同时形成了大量同造山或后造山的脉状铜金矿化。铜（金）石英脉主要有 2 种产状: ① 白色-灰白色 (硫化物) 顺层石英脉 (Q_1), 产于韧脆性剪切带发育地段, 呈细脉状或透镜状产于绿泥片岩、黑云片岩中, 与变质岩产状一致; ② 斜切黄铁矿化蚀变岩、层状铅锌矿和变质岩产状的黄铜矿-黄铁矿石英脉 (Q_2), 与晚期的脆性构造有关。这些石英脉发育流体包裹体, 近年来对该区及其周边地区的流体包裹体研究已积累较多的资料 (常海亮, 1997; Xu et al., 2005; Xu et al., 2008; 徐九华等, 2008; 刘敏等, 2009; 褚海霞等, 2010; 耿新霞等, 2010)。

纵观该区的流体包裹体资料, 可以认为铜（金）石英脉中的包裹体主要有 3 类。第 I 类为含子矿物的高盐度包裹体 (L-V-S 型), 大小 2~10 μm 不等, 子晶为立方体 NaCl, 有时为浑圆状 KCl, 分布于单个石英颗粒内部, 呈孤立或无序分布。在铁木尔特、大东沟、萨热阔布等矿床 2 种产状的含铜石英脉中都有发现, 是代表变质早期流体特征的原生包裹体。第 II 类是富 CO_2 包裹体 ($\text{L}_{\text{CO}_2}\text{-L}_{\text{H}_2\text{O}}$ 型) 和无水的碳质流体包裹体, 包括单相 (L_{CO_2} 、 $\text{L}_{\text{CO}_2}\text{-CH}_4$ 或 $\text{L}_{\text{CO}_2}\text{-N}_2$) 和两相 ($\text{L}_{\text{CO}_2}\text{-L}_{\text{H}_2\text{O}}$) 的富 CO_2 包裹体组成, 大小 3~20 μm 不等, 有时局限于石英颗粒内的愈合裂隙内, 如萨热阔布铜金石英脉中, 表现为原生成因, 但大部分碳质流体包裹体呈面状分布, 常穿透石英颗粒边界或沿颗粒边界分布, 属于次生包裹体范畴, 并有 2 个方向以上的先后穿切关系, 反映了变质晚期的多次构造-流体活动。第 III 类为低盐度的盐水溶液包裹体 (L-V), 有些和第 I 类高盐度包裹体伴生, 为原生成因, 有些为沿微裂隙分布的次生包裹体, H_2O 相充填度大于 90%。不同类型的包裹体在寄主石英中的产出形成了一定的组合, 反映了特定的地质作用或构造-成矿作用。

第 I 类高盐度包裹体 (L-V-S 型) 在铜（金）石英脉中较少见。显微测温显示, 大部分包裹体 NaCl 子晶先消失 (210~357 $^{\circ}\text{C}$), 包裹体的最终均一温度为 369~512 $^{\circ}\text{C}$, 部分包裹体气泡先消失 (209~302 $^{\circ}\text{C}$), 包裹体的均一温度 (NaCl 子晶消失) 354~357 $^{\circ}\text{C}$ 。刘敏等 (2009)、耿新霞等 (2010) 的测试结果与此基本一致。测温数据表明, 原生成因的 L-V-S 型反映了中高温热液活动的特征。L-V-S 型包裹体在斑岩矿床和矽

*本文得到国家自然科学基金(40972066, 40672060)和国家科技支撑计划资助项目(新疆 305 项目 2007BAB25B01)的资助

卡岩矿床常见,但在造山型金矿的早期蚀变中也并非少见,如小秦岭金矿。阿尔泰山南缘的变质相带研究(徐学纯等,2005)表明研究区处于绿泥石-黑云母带和黑云母-石榴石带。据岩相学及相平衡研究(张翠光等,2007),黑云母带变质温度为445~550°C、压力200~600 MPa,石榴石带为480~566°C、540 MPa。包裹体均一温度是其形成温度的下限,其实际捕获温度与变质相的相平衡计算温度相当,铜(金)石英脉应当是在445~566°C的高温条件下形成的,其热源与区域变质及相关的岩浆活动有关。

第II类富CO₂包裹体(L_{CO₂-L_{H₂O}型)和碳质流体包裹体是铜(金)石英脉中常见的类型。在较晚期的黄铜矿-黄铁矿石英脉(Q2)中可表现为原生特征,而在较早的Q1石英脉中常表现为次生特征。且多为高密度的碳质流体包裹体,大小几μm至二十几μm不等。萨热阔布的碳质流体可分为纯CO₂包裹体和CO₂-CH₄体系包裹体,纯CO₂包裹体的固体CO₂融化温度为 $t_{m,CO_2} = -57 \sim -56^\circ\text{C}$,CO₂部分均一温度(t_{h,CO_2})变化于+3~+20°C;密度一般为0.85~0.89 g/cm³。CO₂-CH₄体系包裹体的 $t_{m,CO_2} < -57^\circ\text{C}$,可低至-78.1~-61.9°C(Xu et al.,2005), t_{h,CO_2} 在+6.7~+18°C间,或为-33.7~-17.7°C,其密度高达1.01~1.07 g/cm³。VMS矿床后期的叠加改造黄铜矿石英脉中碳质流体包裹体可分为贫CH₄-N₂和富CH₄-N₂的CO₂-CH₄-N₂包裹体,贫CH₄-N₂的碳质包裹体 $t_{m,CO_2} = -63.3 \sim -57.7^\circ\text{C}$, $t_{h,CO_2} = -27.5 \sim +29.7^\circ\text{C}$;富CH₄-N₂的CO₂-CH₄-N₂包裹体 $t_{m,CO_2} = -83.4 \sim -65.5^\circ\text{C}$, $t_{h,CO_2} = -56.0 \sim +16.9^\circ\text{C}$ 。综合来看,铜金石英脉中与碳质流体共生的L_{CO₂-L_{H₂O}型包裹体均一温度 $t_{h,total} = 209 \sim 430^\circ\text{C}$,这个数值范围略低于第I类高盐度包裹体的 $t_{h,total} = 369 \sim 512^\circ\text{C}$,与变质峰期后的PT条件相当。根据 t_{h,CO_2} 、CO₂密度和L_{CO₂-L_{H₂O}包裹体均一温度,从Van den Kerkhof的CO₂流体高温高压相图估算包裹体的捕获压力约为120~340 MPa,相当于在6.7~12.6 km深的静岩围压条件下捕获,考虑到侧向挤压应力的作用,实际深度应该还小些。}}}

第III类低盐度的盐水溶液包裹体(L-V)有2种情况。萨热阔布(Xu et al.,2005;)早期原生L-V包裹体的 t_h 为280~394.5°C,而晚期次生成因的 t_h 为113~188°C。铁木尔特(耿新霞等,2010)叠加改造期石英中L-V包裹体 t_h 为114~486°C,大东沟(刘敏等,2009)石英脉型铅锌矿的L-V包裹体 t_h 为107~480°C,如此大的跨度反映了有2期包裹体的存在,早期相当于第II类与碳质流体包裹体共生的L_{CO₂-L_{H₂O}型包裹体 t_h ,与区域变质峰期有关;晚期低温组代表了变质晚期的次生流体特征。}

参考文献

- 褚海霞,徐九华,林龙华,等.2010.阿尔泰山大东沟铅锌矿的碳质流体及其成因[J].岩石矿物学杂志,29(2):175-188.
- 耿新霞,杨富全,杨建民,等.2010.新疆阿尔泰山铁木尔特铅锌矿床流体包裹体研究及地质意义[J].岩石学报,26(3):695-706.
- 刘敏,张作衡,王永强,等.2009.新疆阿尔泰山大东沟铅锌矿床流体包裹体特征及成矿作用[J].矿床地质,28(3):282-296.
- 肖文交,韩春明,袁超,等.2006.新疆北部石炭纪-二叠纪独特的构造-成矿作用:对古亚洲洋构造域南部大地构造演化的制约[J].岩石学报,22(5):1062-1076.
- 徐九华,单立华,丁汝福,等.2008.阿尔泰山铁木尔特铅锌矿床的碳质流体组合及其地质意义[J].岩石学报,24(9):2094-2104.
- 徐学纯,郑常青,赵庆英.2005.阿尔泰山西造山带区域变质作用类型与地壳演化[J].吉林大学学报,35(1):7-11.
- 张翠光,魏春景,侯荣玖,等.2007.新疆阿尔泰山带低压变质作用相平衡研究[J].中国地质,34(1):34-41.
- Xu J H, Ding R F, Xie Y L, et al. 2005. Pure CO₂ fluids in the Sarekoubu gold deposit at southern margin of Altai Mountains in Xinjiang, West China[J]. Chinese Science Bulletin, 50(4): 333-340.
- Zhu Y F, Zeng Y S and Gu L B. 2006. Geochemistry of the rare metal-bearing pegmatite No.3 vein and related granites in the Keketuohai region, Altay mountains, northwest China[J]. Asian Earth Sciences, 27: 61-77.