额尔齐斯成矿带萨尔布拉克金矿床构造-流体特征^{*}

王燕海,徐九华,刘泽群,魏 浩

(北京科技大学资源工程系,北京 100083)

萨尔布拉克金矿床位于准噶尔盆地北东缘之喀拉通克岛弧带,北邻呈北西西向展布的额尔齐斯构造挤 压带。萨尔布拉克金矿产于下石炭统南明水组(C₁n)内,金矿化主要发育于中部的中粗粒晶屑岩屑凝灰 岩、凝灰岩和凝灰质砂岩中。下石炭统南明水组中碳质砂岩经变质成为糜棱岩化变质粉砂岩;凝灰岩经变 质成为浅变质晶屑凝灰岩、千枚状蚀变晶屑凝灰岩、糜棱岩化变晶屑凝灰岩、千糜岩化凝灰岩;灰岩变质 成为糜棱岩化大理岩。此外,变质晶屑凝灰岩中大量新生绢云母。围岩蚀变主要是毒砂化、黄铁矿化、硅 化和碳酸盐化。据构造变形-热液蚀变-矿物共生组合特征,矿床的构造-蚀变-热液矿化阶段可分为4个: I 韧性变形-黄铁矿化-硅化阶段; II 韧脆性变形-黄铁矿-毒砂-石英脉阶段; III网脉状石英阶段(多金属硫化 物阶段);和IV石英-碳酸盐阶段。硅化与金的矿化关系密切,且具有时间长多阶段的特点,表现为 I 阶段 形成的重结晶石英颗粒 Q₁和顺层产出的石英脉 Q₂, II 阶段切层发育的石英脉 Q₃; 以及 III 阶段呈网脉状 产出的石英脉 Q₄。

萨尔布拉克金矿石英脉中存在有大量的流体包裹体(图1)。根据室温下的相态特点分成4种类型:碳质流体包裹体、L_{CO2}-L_{H2O}包裹体、L-S包裹体和水溶液包裹体(L-V)。

(1)碳质流体包裹体,是指无水的 CO₂-CH₄-N₂体系包裹体(Van et al.,2001)。在萨尔布拉克金矿顺 层石英脉 Q₂和切层石英脉 Q₃(即 I、II阶段)中均有碳质流体包裹体存在(图 1C、D)。Q₂石英颗粒碎

裂,原生碳质流体包裹体发育,尺 寸 1.64~3.08 μm,卵圆形;石英脉 中发现有富 CH₄的碳质流体包裹 体,表现为很暗的单相包裹体,激 光拉曼探针分析表明在拉曼位移 2912.1 cm⁻¹ 处有 CH₄ 谱峰。Q₃ 石 英脉中碳质流体包裹体也表现为原 生成因,主要为含 CH₄的 CO₂包裹 体及单相富 CO₂的包裹体。

(2) CO₂-H₂O 包裹体,在 I、 II阶段的石英 Q₂、Q₃中均存在。I 阶段 Q₂中主要由液态 CO₂相和液 态H₂O 组成,气相分数 0.29~0.69 之间,大小多为 1~5 μm,定向分布 次生成因。II阶段 Q3 石英中既有 以液态 CO₂ 相和液态H₂O 组成的 两相包裹体,也有以气态 CO₂相和 液态H₂O 组成的包裹体,极少量液



图 1 萨尔布拉克金矿石英中包裹体显微镜下特征 a. 石英颗粒 Q₀中的含子晶的包裹体 L-S, SL205(-); b. 石英脉 Q₃中的气液两相包裹体 L-V, SL208(-); c. 石英脉 Q₃中含 CH₄的 CO₂碳质流体包裹体, SL215(-); d. 石英脉 Q₂中富 CH₄ 的碳质流体包裹体, SL209(-)

^{*}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)

态H₂O和气态CH₄组成的包裹体;包裹体大小多为1.5~8μm,无序分布以原生成因为主。

(3)含有子晶的多相包裹体(图1A),此类包裹体在变晶屑凝灰岩的晶屑石英颗粒Q0可见。

(4)水溶液包裹体,此类包裹体在 I、II、III阶段的石英中普遍存在,大小多为 1~6 μm。从相态上 区别主要是水溶液相和蒸汽相组成的两相包裹体,而以单相存在的水溶液包裹体较少;在早阶段以原生包 裹体为主,可能是发生相分离形成,而在 I、II、III阶段普遍存在的次生包裹体可能与新生代地壳抬升的 次火山岩浆活动、大气降水有关。

包裹体的均一温度 *Th* 变化较大, I 阶段原生包裹体 *Th* 集中在 290~350℃之和 200~269℃2 个区域, 结合岩相学认为是由于原始流体 CO₂/H₂O 的不均匀导致温度下降 CO₂-H₂O 不混溶程度不同所造成的,均 一温度相对较高温区间(290~350℃)更接近实际捕获温度(Shepherd et al., 2007),一些次生包裹体的 t_h 在 99~167℃; II阶段原生包裹体 t_h 集中在在 204~358℃和 170~203℃,原因同 I 阶段,也有局部因为 气液比普遍较低均一温度在 98~201℃之间; III阶段包裹体 t_h 在 215~310℃之间。据研究该区石英的变形深 度可达 10~15 km,变形围压为 250~400 MPa (藏文栓等, 2007); 应用 rr.列姆列英与 п.В.克列弗佐夫的 压力对均化温度(t_h)校正值(Δ T)图解,估算包裹体的捕获温度 I 阶段约为 310~370℃, II阶段约为 230-378℃, III阶段约为 225~330℃。

萨尔布拉克金矿床形成于碰撞造山晚期伸展背景下,此时期为晚石炭至早二叠世,而阿尔泰地区主要 金矿的成矿同位素年龄数据集中于 320~270 Ma 之间(闫升好等,2006),相当于晚石炭世-早二叠世。萨 尔布拉克金矿流体包裹体 Rb-Sr 等时线年龄为(285±43)Ma; Pb-Pb 表面年龄为(304±7)Ma(闫升好等, 2006)。对于造山型金矿,富 CO₂ 的包裹体多见于成矿早阶段和中阶段,晚阶段不发育(徐九华等,2009), 而萨尔布拉克金矿的富 CO₂包裹体(1.64~3.08 μm)也主要发育于 1、II阶段石英脉中,构造上表现为 I 阶段石英脉构造变形、破碎、波状消光和边缘细粒化,II阶段沿裂隙切层石英脉,韧性-脆性转变,剪切强 烈,而到III阶段已进入脆性变形期(上述证实了成矿构造背景由挤压经剪切向伸展演化);H₂O-CO₂ 流体 包裹体也见于早中阶段,晚阶段不发育(陈衍景等,2007),对应萨尔布拉克金矿见于 I、II阶段石英脉 中。水溶液包裹体在 I、II、III阶段普遍存在,在早中阶段水溶液包裹体以原生为主,且伴随有富碳质的 包裹体,可能是发生相分离的结果导致水溶液包裹体和富碳质包裹体共存,而在 I、II、III阶段普遍存在 的次生水溶液包裹体可能为中新生代由于地壳抬升次火山岩浆活动加上大气降水和地层建造水所致。

萨尔布拉克金矿具有造山带型金矿 (Groves et al., 1998)的一些主要特点,包括:① 矿床产于额尔 齐斯断裂南侧,并受次级剪切带的控制,具体产在次级断裂萨尔布拉克韧性剪切带走向上由窄变宽的局部 膨大部位;② 含矿石英脉具有典型的"构造矿石"的特点,眼球状-透镜状石英发育;③ 具有低的硫化物含 量特征;④ 具有中温硅化-黄铁绢英岩化组合和中低温绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化等蚀变组合;⑤ 构 造-成矿流体为富 CO₂的 H₂O-CO₂±CH₄ 低盐度流体 (0.53%~5.41%),由早期的富 CO₂变质流体向晚期的 富 H₂O 流体转化。这种演化特点与额尔齐斯断裂西段的赛都金矿具相似性(徐九华等, 2009)。

参考文献

藏文栓,陈柏林,吴淦国,等.2007. 阿尔泰富蕴-青河一带东段变形岩石 X 光组构分析[J]. 地质通报, 26 (9): 1189-1197.

陈衍景, 倪 培, 范宏瑞, 等. 2007. 不同类型热液金矿系统的流体包裹体特征[J]. 岩石学报, 23 (9): 2085-2104.

徐九华,张国瑞,谢玉玲,等.2009. 阿尔泰山南缘赛都金矿床的构造-成矿流体及其演化[J]. 岩石矿物学杂质,28(2)141-151.

闫升好,王义天,张招崇,等.2006. 新疆额尔齐斯金矿带的成矿类型、地球动力学背景及资源潜力[J]. 矿床地质,25(6):693-701.

- Groves D I, Goldfarb R J, GEbre-Mariam M, Hagemann S G and Robert F. 1998. Orogenic Au deposits:a proposed classifi-cation in the context of their crustal distribution and relationship to other Au deposit types[J]. Ore Geology Reviews,13:7-27.
- Shepherd T J, Rankin A H and Alderton D H M. 1985, A Practical guide to fluid inclusion studies[M]. New York: Chapman and Hall. 63-79. Van den Kerkhof A and Thi áry R. 2001.Carbonic inclusions[J]. Lithos, 55:49-68.