

文章编号: 1004—5589 (2016) 03—0771—07

塔里木北缘库鲁克塔格地块大金沟金矿 流体包裹体特征: 对矿床成因的启示

王秋玲^{1,2}, 孙洪涛², 丁俊英¹, 吴昌志¹, 金霄¹, 吕明阳¹

1. 南京大学地球科学与工程学院内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室, 南京 210046;
2. 江苏省有色金属华东地质勘查局, 南京 210007

摘要: 在成矿地质背景和矿床地质特征研究基础上, 对大金沟金矿主矿体中含矿石英脉流体包裹体开展了系统的岩相观察和显微测温工作。结果表明: 大金沟金矿含矿石英脉中主要发育富液相的气液两相包裹体, 偶见纯液相或气相包裹体。这些包裹体可分为低温高盐度 (75℃ ~ 121℃, 16.71 wt% NaCl ~ 19.68 wt% NaCl)、低温低盐度 (100℃ ~ 172℃, 0.7 wt% NaCl ~ 5.71 wt% NaCl)、中低温中低盐度 (75℃ ~ 253℃, 6.16 wt% NaCl ~ 12.51 wt% NaCl) 和高温中低盐度 (331℃ ~ 420℃, 4.96 wt% NaCl ~ 12.51 wt% NaCl) 等4类。大金沟金矿主成矿期流体包裹体的均一温度 (75℃ ~ 253℃) 和盐度 (0.7 wt% NaCl ~ 19.68 wt% NaCl) 变化较大, 且两者的相关性不明显, 属典型的中低盐度流体体系, 与造山过程相关的变质流体类似, 表明该矿床可能为造山型金矿床。

关键词: 流体包裹体; 成矿过程; 大金沟金矿床; 库鲁克塔格地块; 克拉通

中图分类号: P618.51; P589.1 文献标识码: A doi: 10.3969/j.issn.1004-5589.2016.03.017

Fluid inclusions for Dajingou gold deposit of Quruqtagh block in northeastern Tarim: implication for ore genesis

WANG Qiu-ling^{1,2}, SUN Hong-tao², DING Jun-ying¹, WU Chang-zhi¹, JIN Xiao¹, LÜ Ming-yang¹

1. State Key Laboratory for Mineral Deposits Research, School of Earth Sciences and Engineering, Nanjing University, Nanjing 210046, China;
2. East China Mineral Exploration and Development Bureau of Jiangsu, Nanjing 210007, China

Abstract: On the basis of the research on geological background and characteristics of Dajingou gold deposit, the authors conducted petrographic observation and microthermometry on fluid inclusions from the gold-bearing quartz veins. The results show that most fluid inclusions in the samples are liquid-rich two phase gas-liquid inclusions, occasionally pure liquid or gas inclusions. These liquid-gas phase inclusions could be divided to low temperature (75℃ ~ 121℃) and high salinity (16.71 wt% NaCl ~ 19.68 wt% NaCl), low temperature (100℃ ~ 172℃) and low salinity (0.7 wt% NaCl ~ 5.71 wt% NaCl), low-middle temperature (75℃ ~ 253℃) and low-middle salinity (6.16 wt% NaCl ~ 12.51 wt% NaCl) and high temperature (331℃ ~ 420℃) and low-middle salinity (4.96 wt% NaCl ~ 12.51 wt% NaCl) inclusions. Homogenization temperatures and salinity of these fluid inclusions vary from 75℃ to 253℃ and 0.7 wt% NaCl to 19.68 wt% NaCl, respectively, without obvious linear relationship between them. The research results show that the fluids of Dajingou gold deposit is typical middle-low

收稿日期: 2015-05-20; 改回日期: 2016-08-09

基金项目: 中国地质调查局工作项目 (1212011140056) 和国家自然科学基金 (41272098, 40872050) 联合资助。

通讯作者: 孙洪涛 (1974-), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事地质矿产勘查工作。E-mail: 279843431@qq.com

salinity fluid system, similar to the orogenic metamorphic fluid, which resembles orogenic gold deposits.

Key words: fluid inclusions; ore-forming processes; Dajinggou gold deposit; Quruqtagh block; craton

0 引言

大金沟金矿床位于新疆库尔勒市以东 160 km, 兴地村牧业队以北 40 km, 行政区划隶属尉犁县管辖。大地构造位置上, 大金沟金矿处于塔里木克拉通北部边缘的库鲁克塔格地块, 是库鲁克塔格地区最早发现的金矿床。新疆维吾尔自治区地质矿产局第三地质大队在 20 世纪 90 年代对该区的金异常检查时发现该矿^[1]。冯本智等^[2,3]对金矿的野外地质特征、矿体发育情况和成矿作用的演化过程进行过较为系统的总结, 在成矿流体性质方面尚未涉足。

库鲁克塔格是塔里木克拉通前寒武系最为发育、出露也最完整的地区。因此, 产于该地块前寒武系地层中的金矿床成矿类型一直为大家所关注^[2-4]。本文在前人工作的基础上, 选择大金沟金矿主要矿体内的含矿石英脉为研究对象, 在确定大

金沟金矿流体包裹体特征的基础上, 开展流体包裹体的显微测温研究, 并结合其矿床地质特征探讨成矿流体演化过程和矿床成因。

1 区域地质背景

塔里木克拉通位于中国西北部, 总面积约为 600 000 km², 但超过 85% 的地区被沙漠所覆盖。塔里木克拉通北与南天山相邻, 南和南东分别靠近西昆仑山和阿尔金山脉^[5-8] (图 1)。库鲁克塔格地块位于塔里木克拉通 NE 部, 近 E-W 向延伸。北以辛格勒—铁门关断裂与南天山为界, 南以兴地断裂与塔里木早古生代拗陷接触 (图 1)。该地块是一个由中、高级变质的碎屑岩、碳酸盐岩、火山岩和侵入岩构成的古老块体^[9], 基底岩石测年值 2.8 ~ 0.8 Ga (新太古代—新元古代), 其上被微弱变质的南华系不整合覆盖^[10]。

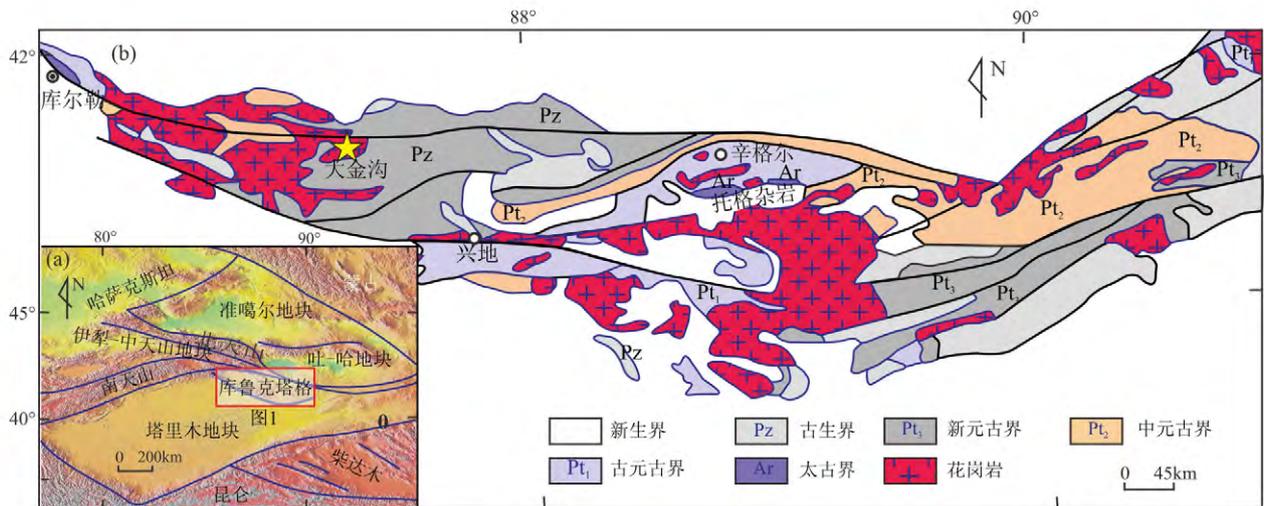


图 1 库鲁克塔格地区地质简图^[6]

Fig. 1 Simplified regional geological map of Quruqtagh block

2 矿床地质

矿区地层主要有下元古界红柳沟群小金沟组、南华系照壁山组、少量青白口系帕尔岗塔格群和第四系全新统 (图 2)。下元古界红柳沟群小金沟组

主要为条带状 (石榴) 混合片麻岩、条带状混合岩化钾长变粒岩和块状混合岩化斜长变粒岩, 前者为区内赋矿岩层。南华系照壁山组仅在矿区南部零星分布, 岩性为一套黄绿色冰碛砾岩、砂岩、粉砂岩和泥岩 (图 2)。

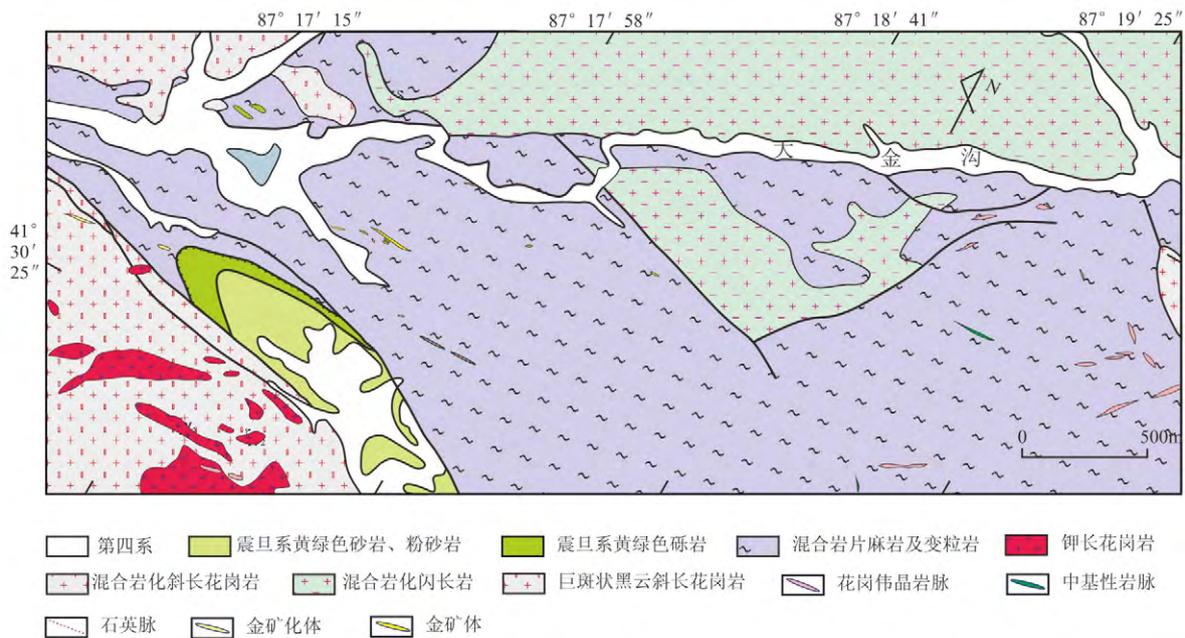
图2 库鲁克塔格地块大金沟矿区地质平面图^[1]

Fig. 2 Geological map of Dajingou gold deposit in Quruqtagh block

区内侵入岩较为发育, 主要有晋宁期钾长花岗岩、巨斑状黑云母斜长花岗岩、混合岩化斜长花岗岩和混合岩化闪长岩, 岩脉出露较少, 主要为花岗伟晶岩脉、安山玢岩脉和辉绿岩脉。

新疆维吾尔自治区地质矿产局第三地质大队根据金异常详细检查工作结果, 在大金沟矿区共圈定金矿体 15 个, 其中有 11 个集中分布于大金沟 I 号金矿带中。12 号金矿体分布于大金沟 III 号原生金异常带中。所发现金矿体均赋存于红柳构群小金沟组条带状 (石榴) 混合片麻岩中, 其中 14 个金矿体都赋存在近东西向断裂破碎带内, 仅 14 号矿体赋存于北西向断裂破碎蚀变带内。矿体顶底板岩性主要为构造破碎岩, 其次为碎裂岩, 应为条带状混合片麻岩发生动力变质作用的产物。矿体大部分长 10 ~ 55 m, 个别长达 156 m, 厚度变化于 0.4 ~ 2.5 m, 局部可达 3.3 m。单个矿体一般为规则脉状、透镜状、扁豆状和似层状。I 号金矿带内矿体呈雁行状排列。矿体总体近东西向 (70° ~ 110°) 南倾, 倾角 60° ~ 85°, 一些矿体在走向上有尖灭再现的特点。

矿石类型主要有含金石英脉型和含金破碎蚀变岩型, 以含金石英脉型为主。含金石英脉型矿石主

要呈脉状及网脉构造, 碎裂及交代结构等, 其金属矿物主要为银金矿和极少量的黄铁矿、黄铜矿、方铅矿和磁铁矿等。其中银金矿呈它形粒状, 粒径 0.01 ~ 0.1 mm, 呈星点状分布于石英脉中。脉石矿物除石英外, 还有少量绢云母、绿泥石、石墨和碳酸盐等。其中石英呈他形粒状, 粒径 0.1 ~ 7 mm, 常见波状消光, 部分碎裂成细粒集合体, 以胶结物形式分布在较大晶体周围。矿化蚀变带分布于条带状 (石榴) 混合片麻岩中的近东西向韧-脆性构造变形带内, 蚀变带内岩石韧-脆性变形变质强烈。矿化蚀变类型主要有硅化、黄铁矿化、褐铁矿化、白铅矿化、绢云母化、碳酸盐化和绿泥石化等, 其中硅化、黄铁矿化、白铅矿化与金矿关系最为密切。

根据野外调查, 可将矿区石英脉和断裂构造分为三期, 其中成矿前的石英脉产状与区域片麻理方向一致 (片理产状为 120° ∠ 83°), 成矿期石英脉近 EW 向, 并受到成矿后断层和石英脉穿插。成矿期石英脉和含矿破碎带近 EW (倾向 70° ~ 110°, 倾角 70° ~ 85°, 图 3), 控制破碎蚀变岩和石英脉型金矿, 是主成矿阶段的产物。该组石英脉和断裂常被 NE 和 NW 向断裂切割。

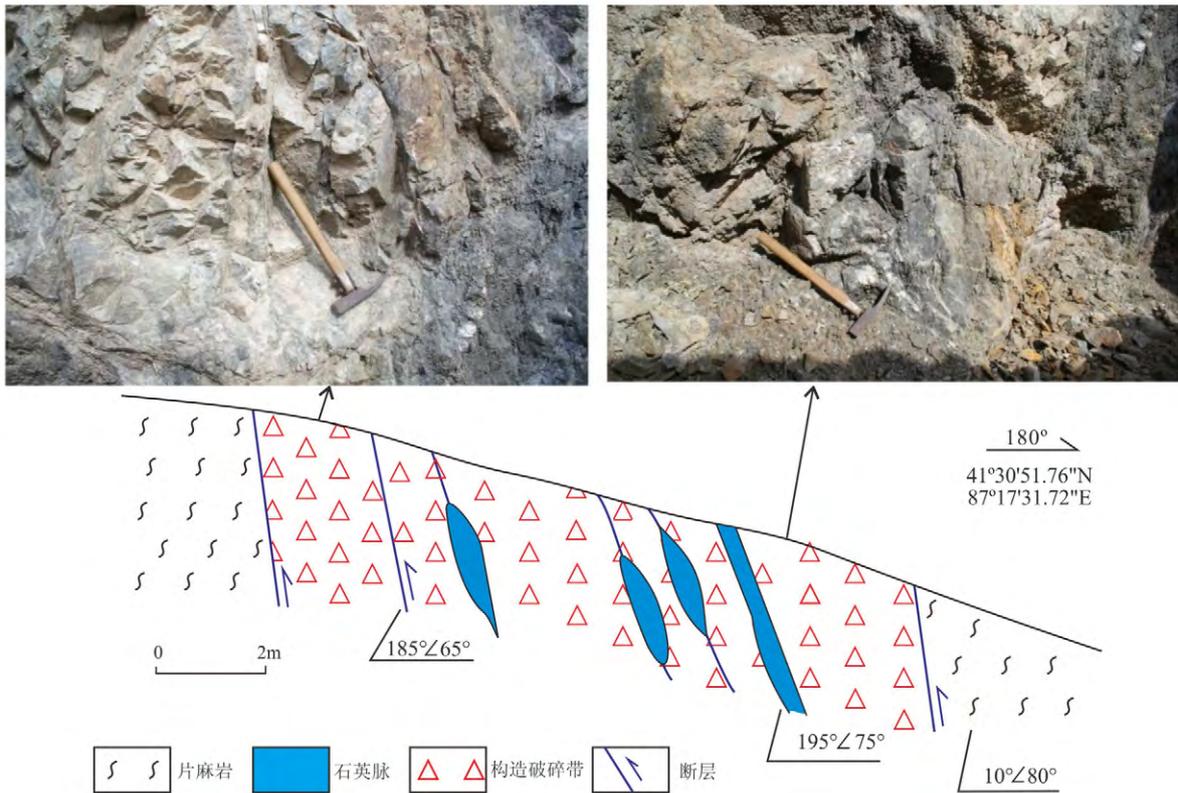


图3 EW向蚀变破碎带及含矿石英脉(图中石英脉即为采样位置)

Fig. 3 EW-trending gold-bearing quartz veins and alteration-fractured zone

3 流体包裹体特征

3.1 实验样品和实验方法

本次样品为采自糜棱岩化构造破碎带中的含矿石英脉(主成矿期,采样位置见图3),磨制200 μm 双面抛光片,进行系统的包裹体岩相学观察,并在此基础之上开展显微测温工作,共获得112组流体包裹体数据。

测试工作在南京大学内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室进行,利用配备 Linkam 冷热台的 Leica 岩相学显微镜开展包裹体岩相学和显微测温工作,显微镜配备物镜 5 ×, 10 ×, 20 ×, 50 ×, 冷热台利用电阻丝加热,液氮进行冷冻,温度区间为 -196℃ ~ 600℃,测温精度为 ±0.1℃ (< 30℃) 和 ±1℃ (> 30℃),流程可参见文献 [11, 12]。

3.2 流体包裹体岩相学

显微观察表明,含矿石英脉中的流体包裹体较为发育,流体包裹体主要呈裂隙状分布,偶见孤立

状分布(图4、图5A),同时观察到明显的裂隙切穿现象(图4),表明存在不同期次的流体活动。室温下主要为富液相的气液两相包裹体,偶见纯液相的流体包裹体(图5B、图6)。流体包裹体明显发育,但大多数流体包裹体尺寸偏小,适合测试的包裹体多在 5 ~ 10 μm 之间,不规则形包裹体居多。此外,镜下观察还显示,含矿石英脉中发育少量富 CO₂ 包裹体,但由于包裹体体积过小,无法开展冰点的测温和激光拉曼光谱的分析测试工作。

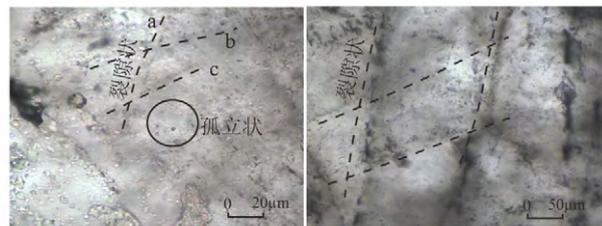
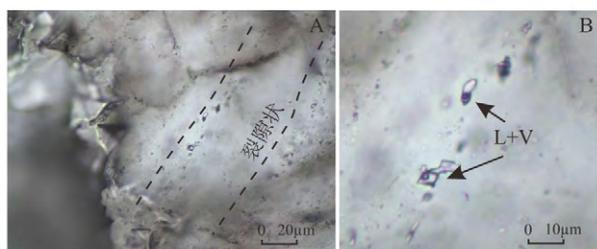


图4 含矿石英脉中的流体包裹体分布特征(主要呈裂隙状分布,并出现明显的裂隙切穿现象)

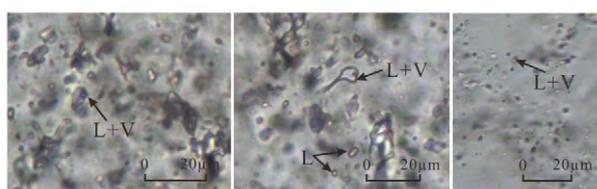
Fig. 4 Distribution characters for fluid inclusions in ore-bearing quartz vein



A. 裂隙状分布特征; B. 富液相气液两相包裹体。

图5 含矿石英脉中的流体包裹体显微照片

Fig. 5 Micrographic photos for fluid inclusions in gold-bearing quartz vein



L. 液相; V. 气相。

图6 室温下含矿石英脉中的流体包裹体显微照片

Fig. 6 Micrographic photos of fluid inclusions from gold-bearing quartz vein under room temperature

3.3 流体包裹体显微测温

镜下观察表明含矿石英脉中发育多期流体包裹体,因此区分各类型包裹体及组合分布特征对流体演化研究尤为重要。流体包裹体显微测温工作建立在详细的流体包裹体岩相学研究基础上,主要对室温下呈气液两相的流体包裹体分别进行低温和高温相变温度的测定,如冰点和均一温度。

含矿石英脉中富液相流体包裹体的显微测温结果(表1)表明:该期流体包裹体为盐水体系流体包裹体。岩相学观察结合均一温度和盐度数据,将流体包裹体分为四种类型: I型,低温高盐度,均一温度在75℃~121℃之间,盐度为16.71 wt% NaCl~19.68 wt% NaCl; II型,低温低盐度,均一温度在100℃~172℃之间,盐度为0.7 wt% NaCl~5.71 wt% NaCl; III型,中低温中低盐度,均一温度在75℃~253℃之间,盐度为6.16 wt% NaCl~12.51 wt% NaCl; IV型,高温中低盐度,均一温度为331℃~420℃,盐度为4.96 wt% NaCl~12.51 wt% NaCl。

根据测温结果可知,该期流体包裹体主要类型是中低温中低盐度(III型)(图7A),盐度主要分布于6.0 wt% NaCl~13.0 wt% NaCl之间(图7B),均一温度主要分布于75℃~255℃之间(图8),主要盐度和均一温度较成矿早期都有所降低。

表1 大金沟流体包裹体显微测温结果

Table 1 Microthermometry results for the Dajingou gold deposit

| 成矿阶段 | 主要包裹体类型 | $T_{m,ice}/^{\circ}\text{C}$ | $m/\text{wt}\%$ | $T_{h,TOT}/^{\circ}\text{C}$ |
|------|-----------|------------------------------|-----------------|------------------------------|
| 成矿期 | 富液相 I 型 | -12.8 ~ -16.3 | 16.71 ~ 19.68 | 75 ~ 121 |
| | 富液相 II 型 | -0.4 ~ -3.5 | 0.7 ~ 5.71 | 100 ~ 172 |
| | 富液相 III 型 | -3.8 ~ -8.7 | 6.16 ~ 12.51 | 75 ~ 253 |
| | 富液相 IV 型 | -3.0 ~ -8.7 | 4.96 ~ 12.51 | 331 ~ 420 |

4 流体演化过程

大金沟金矿含矿石英脉中富液相流体包裹体的显微测温结果(表1)显示,温度最高的中低盐度IV型包裹体仅测得2个,可能与成矿前混合岩化作用有关,是早期包裹体被成矿期石英脉继承的结果,与成矿期热液活动相关性不大(图9)。中低温中低盐度III型包裹体为本矿床最发育的流体包裹体类型,可能与中等深度的变质流体有关;低温

低盐度II型包裹体可能是成矿晚期天水下渗过程中被捕获的流体,而低温高盐度的I型包裹体可能是中低温中低盐度成矿流体在较深部位逐渐冷却过程中被捕获的流体。

总体而言,大金沟金矿的成矿流体主要为中低温和中低盐度流体,与造山过程相关的变质流体特征^[13-16]类似,成矿过程中流体温度逐渐下降,成矿物质逐渐从流体中卸载成矿(图9)。

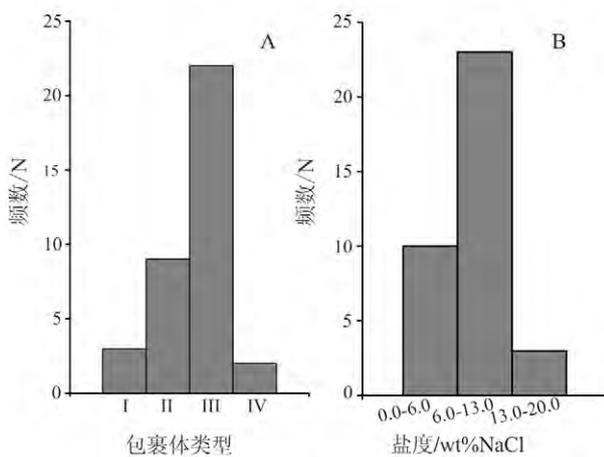


图7 含石英脉中流体包裹体的类型-频数图 (A) 和盐度-频数图 (B)

Fig. 7 Histograms for type vs. frequency (A) and salinity vs. frequency (B) of fluid inclusions in gold-bearing quartz vein

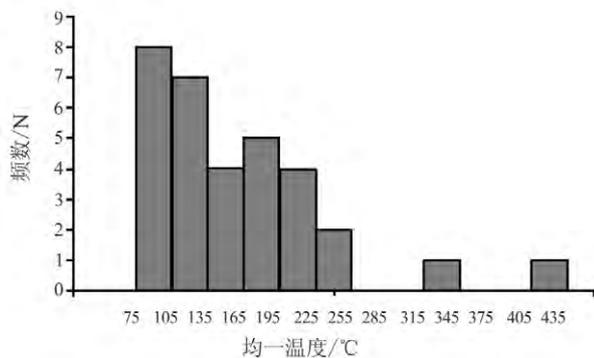


图8 含石英脉中流体包裹体的均一温度-频数图

Fig. 8 Histogram of microthermometry vs. frequency for fluid inclusion in gold-bearing quartz vein

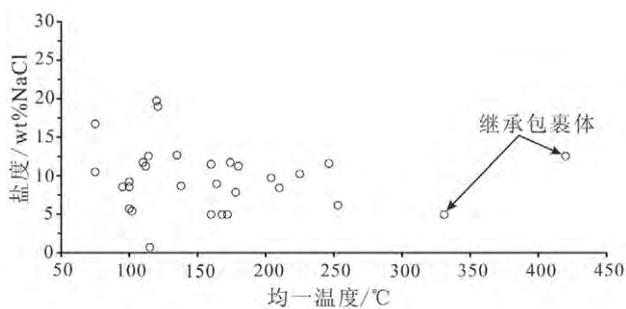


图9 大金沟金矿含石英脉流体包裹体均一温度-盐度相关图

Fig. 9 Diagram of microthermometry vs. salinity for fluid inclusion in gold-bearing quartz vein

5 结论

(1) 大金沟金矿产于近东西向韧-脆性构造变形带内, 主要矿石类型为石英脉型和破碎蚀变岩型。

(2) 该矿床的成矿期流体包裹体均以富液相的气液两相流体包裹体为主, 偶见纯液相和气相的流体包裹体, 在成矿期还出现少量微小的含 CO_2 流体包裹体。流体包裹体盐度较广 (0.7 wt% NaCl ~ 19.68 wt% NaCl), 且变化不明显, 为中低盐度流体体系, 与造山型矿床的流体特征相一致。

(3) 在造山作用过程中, 由于下元古界变质的变质脱水作用, 变质流体淬取金等成矿元素, 并沿构造带向浅部运移。在含矿变质流体沿断层向上运移的过程中, 流体温度逐渐下降, 成矿物质逐渐从流体中卸载并成矿。

参考文献:

- [1] 新疆地质矿产局. 新疆尉犁县大小金沟金异常详细检查地质报告 [S]. 库尔勒: 新疆地质矿产局第三地质大队, 1991: 1-61.
XBGMR. Geological report for Daxiaojingou gold geochemistry abnormal investigation of Yuli Country, Xinjiang [S]. Kola: Third Team of Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Resources, 1991: 1-61.
- [2] 冯本智, 周裕文, 迟仕福, 等. 新疆库鲁克塔格地区前震旦纪地质与贵重、有色金属矿床 [M]. 北京: 地质出版社, 1995: 1-282.
FENG Ben-zhi, ZHOU Yu-wen, CHI Shi-fu, et al. Precambrian geology, precious and non-ferrous metal deposits in Kuruktag area, Xinjiang [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1995: 1-282.
- [3] 杨天奇. 新疆库鲁克塔格地区大小金沟矿化区成矿作用模式及找矿 [J]. 长春地质学院学报, 1992, 22 (3): 290-296.
YANG Tian-qi. The metallogenic model and prospect of the Dajingou-Xiaojingou auriferous province in the Kuruktag area, Xinjiang [J]. Journal of Changchun University of Earth Sciences, 1992, 22 (3): 290-296.
- [4] 曹晓峰, 吕新彪, 高翔, 等. 新疆库鲁克塔格前寒武纪地块岩浆热事件及构造演化 [J]. 新疆地质, 2012, 30 (4): 384-391.
CAO Xiao-feng, LÜ Xin-biao, GAO Xiang, et al. Magmatic activities and tectonic evolution of Xinjiang Precam-

- brian Kuluketage block, NW China [J]. *Xinjiang Geology*, 2012, 30 (4): 384-391.
- [5] LU Song-nian, LI Huai-kun, ZHANG Chuan-lin, et al. Geological and geochronological evidence for the Precambrian evolution of the Tarim Craton and surrounding continental fragments [J]. *Precambrian Research*, 2008, 160 (Suppl. 1/2): 94-107.
- [6] LEI Ru-xiong, WU Chang-zhi, GU Lian-xing, et al. Zircon U-Pb chronology and Hf isotope of the Xingxingxia granodiorite from the central Tianshan zone (NW China): implications for the tectonic evolution of the southern Altaids [J]. *Gondwana Research*, 2011, 20 (2/3): 582-593.
- [7] ZHANG Chuan-lin, LI Huan-kun, Santosh M, et al. Precambrian evolution and cratonization of the Tarim block, NW China: petrology, geochemistry, Nd-isotopes and U-Pb zircon geochronology from Archaean gabbro-TTG-potassic granite suite and Paleoproterozoic metamorphic belt [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2012, 47 (1): 5-20.
- [8] WU Chang-zhi, Santosh M, CHEN Yan-jing, et al. Geochronology and geochemistry of Early Mesoproterozoic meta-diorite sills from Quruqtagh in the northeastern Tarim Craton: implications for breakup of the Columbia supercontinent [J]. *Precambrian Research*, 2014, 241 (1): 29-43.
- [9] 郭召杰, 张志诚, 刘树文, 等. 塔里木克拉通早前寒武纪基底层序与组合: 颗粒锆石 U-Pb 年龄新证据 [J]. *岩石学报*, 2003, 19 (3): 537-542.
GUO Zhao-jie, ZHANG Zhi-cheng, LIU Shu-wen, et al. U-Pb geochronological evidence for the Early Precambrian complex of the Tarim Craton, NW China [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2003, 19 (3): 537-542.
- [10] XU Bei, JIAN Ping, ZHENG Hai-feng, et al. U-Pb zircon geochronology and geochemistry of Neoproterozoic volcanic rocks in the Tarim block of northwest China: implications for the breakup of Rodinia supercontinent and Neoproterozoic glaciations [J]. *Precambrian Research*, 2005, 136 (2): 107-123.
- [11] 倪培, 范建国, 周进, 等. 大别山花岗岩流体包裹体面的初步研究 [J]. *高校地质学报*, 2003, 9 (4): 691-700.
NI Pei, FAN Jian-guo, ZHOU Jin, et al. Preliminary study on fluid inclusion planes for Dabie Mountain granite [J]. *Geological Journal of China Universities*, 2003, 9 (4): 691-700.
- [12] 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.
LU Huan-zhang, FAN Hong-rui, NI Pei, et al. Fluid inclusions [M]. Beijing: Science Press, 2004: 1-487.
- [13] Groves D I, Goldfarb R J, Gebre-Mariam M, et al. Orogenic gold deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit [J]. *Ore Geology Reviews*, 1998, 13 (1): 7-27.
- [14] Goldfarb R J, Marsh E E, Bradley D, et al. The Late Cretaceous Donlin creek gold deposit, southwestern Alaska: controls on epizonal ore formation [J]. *Economic Geology*, 2004, 99 (4): 643-671.
- [15] Goldfarb R J, Taylor R D, Collins G S, et al. Phanerozoic continental growth and gold metallogeny of Asia [J]. *Gondwana Research*, 2014, 25 (1): 48-102.
- [16] DING Qing-feng, WU Chang-zhi, Santosh M, et al. H-O, S and Pb isotope geochemistry of the Awanda gold deposit in southern Tianshan, central Asian orogenic belt: implications for fluid regime and metallogeny [J]. *Ore Geology Reviews*, 2014 (62): 40-53.