

# 基于成矿流体包裹体的勘探 ——以柴北缘鱼卡造山型金矿为例

蔡鹏捷<sup>1</sup>, 许荣科<sup>1</sup>, 郑有业<sup>1,2</sup>, 范贤斌<sup>3</sup>,  
马超<sup>4</sup>, 白杰<sup>2</sup>, 陈鑫<sup>2</sup>, 俞军真<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学(武汉)地质调查研究院, 武汉 430074;

2. 中国地质大学(武汉)资源学院, 武汉 430074;

3. 西藏百悦矿业有限公司, 拉萨 850000;

4. 新疆地质矿产研究所, 乌鲁木齐 830000)

**摘要:** 鱼卡金矿成矿流体的包裹体以富液相的气液两相(不同的 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O 比)包裹体为主, 属于中深层成矿环境的中低温造山型金矿。在综合分析鱼卡金矿的矿床地质特征基础上, 从成矿流体包裹体的运移角度出发, 通过成矿流体的物理化学参数变化以及流体包裹体面分析认为矿体的形成和空间分布受流体输导系统的控制; 鱼卡金矿成矿流体总体从南东向北西运移, 局部发生侧向运移, 流体中心具有高温多期的特征; 钻探施工证实矿体具有向南东侧伏的情况, 成矿流体中心位于矿区南东部, 即表明基于成矿流体包裹体研究指导金矿床的勘探工作有效。

**关键词:** 鱼卡金矿床; 造山型金矿; 成矿流体包裹体; 流体包裹体面; 成矿流体运移; 矿产勘探; 柴北缘; 青海省

**中图分类号:** P618.51; P632 **文献标识码:** A

## 0 引言

对于矿产勘探工作, 一般主要基于矿床的产状进行探矿工程的布置。实际上, 对于成矿背景比较复杂的地区, 特别是构造作用较为发育的地区, 如韧性剪切带特别发育, 其地表产状往往是不准确的, 因而对于探矿工程的布置会产生误导。

在实际成矿过程中, 构造作用主要是控制着成矿系统演化的进程, 而流体则作为成矿物质活化、运移的载体<sup>[1-3]</sup>。因此, 地质流体与成矿作用之间的关系, 一直以来是地质学界研究热点之一。流体包裹

体作为直接了解成矿流体特点的介质, 特别是热液矿床中的流体包裹体对成矿环境、流体演化和矿质沉淀特征具有指示作用, 能够反映成矿物理化学条件及成矿过程, 因此具有重要的理论研究意义<sup>[4-9]</sup>。对于实际矿产勘查工作的指导, 通过流体包裹体研究成矿流体的方向也具有重要意义<sup>[10-12]</sup>。

鱼卡金矿位于青海省柴北缘中部, 是近年来在柴北缘地区新发现的一个中型金矿床。鱼卡金矿床成矿时间为 376.9 Ma ± 4.0 Ma<sup>[13]</sup>, 与区域上其它造山型金矿<sup>[14-18]</sup>属于同一时期的产物, 与华力西期造山作用密切相关。在鱼卡金矿区内分布着十多条金矿(化)体, 它们是多期次流体成矿作用的产物, 是研究造山型金矿成矿流体的天然实验室。本文针对

**收稿日期:** 2017-09-11; **责任编辑:** 王传泰

**基金项目:** 教育部长江学者和创新团队发展计划项目(编号:IRT14R54)、中国地质调查局“青海省大柴旦镇绿梁山—双口山多金属矿调查评价”项目(编号:12120113032800)和“金红石专项调查”项目(编号:12120113032800)联合资助。

**作者简介:** 蔡鹏捷(1988—), 男, 在读博士生, 现从事矿产普查与勘探工作。通信地址:湖北省武汉市洪山区鲁磨路 388 号, 中国地质大学(武汉)地质调查研究院; 邮政编码:430074; E-mail:caipengjie@cug.edu.cn

**通信作者:** 许荣科(1968—), 男, 博士, 副教授, 主要从事矿产勘查与区域成矿研究和教学工作。通信地址:湖北省武汉市洪山区鲁磨路 388 号, 中国地质大学(武汉)地质调查研究院; 邮政编码:430074; E-mail:xurongke1968@126.com

鱼卡金矿床主成矿期流体包裹体物理化学参数及其面分析,并应用于实际勘查工作,希望能够对该金矿床的勘查起到有益的作用。

## 1 地质背景

研究区位于柴达木地块和祁连地块之间,属于柴北缘超高压变质带中部(图 1a)。其地层以古元古界达肯大坂岩群、中元古界鱼卡河岩群,古生界滩间山群、赛什腾组、城墙沟组为主,两侧盆地地区以古近-新近系和第四系覆盖<sup>[13,19-21]</sup>。

从野外观察可以看到,区内的岩石都具有强烈变形特征,发生了不同程度的脆-韧性剪切作用。局部地段岩石的原岩组构无法识别,主体已经变为糜棱岩或片岩。同时在韧性剪切作用强烈部位,可见有顺层产出变质分泌的石英脉。石英脉具有尖灭再现和石香肠化等现象,标示其也受到剪切应变作用而发生了强烈的变质变形。

鱼卡金矿主要位于鱼卡河地区的滩间山火山碎屑岩中区域韧性剪切带偏上盘的位置,该构造也直接控制了金矿化分布和产出(图 1b)。金矿化的地段主要位于变碎屑岩组的下部,岩性由片岩-千枚岩等向板岩转变的部位,属于韧性剪切向脆性构造转化的地段。

矿区内岩浆岩并不发育,仅在局部地段有少量

的辉长岩脉体穿入;矿区的辉长岩脉体明显遭受了韧性剪切错断,泥化强烈,其形成应早于石英脉或与之同期。在相邻的绿梁山铜矿区,辉长岩为主的岩浆岩出露面积较大,其主要侵入到早古生界滩间山岩群中,呈不规则的岩脉或岩株产出<sup>[22]</sup>。

## 2 金矿体与样品采集

### (1) 金矿体特征

鱼卡金矿床其金矿体产于滩间山(岩)群变碎屑岩组中的区域性剪切带与复式向斜层间破碎带的重叠部位,为含金石英脉及两侧的破碎带和较深部位的硅化糜棱岩。含金石英脉主要为近 SN 向产出,其产状近于直立,局部可见略向东倾,矿化体最长可达 800 m;矿化石英脉与矿化破碎带的厚度平均在 1~4 m,局部最薄的为 0.3 m,表现出其厚度变化不均一,但矿体在走向和倾向上基本连续产出,并没有明显断开。单样金品位  $w(\text{Au}) = 1 \times 10^{-6} \sim 28 \times 10^{-6}$  之间。

鱼卡金矿矿石类型主要为含金石英脉、破碎带和黄铁矿化糜棱岩。其矿石矿物成分较为简单,金矿物为自然金,其它金属硫化物为黄铁矿、黄铜矿和少量磁铁矿;次生矿物为孔雀石、褐铁矿,以及少量赤铁矿、铜蓝等。脉石矿物以石英为主,方解石、斜长石次之,并有少量的绿帘石、绿泥石。

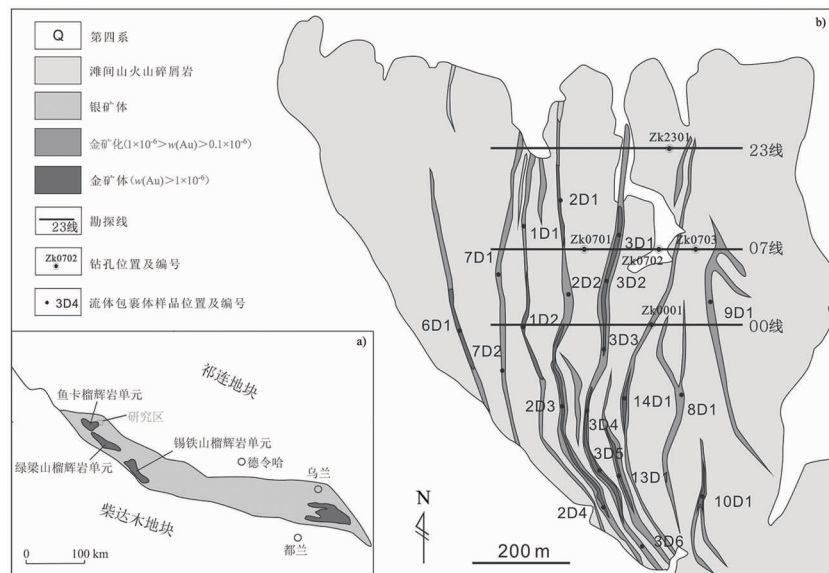


图 1 鱼卡金矿区地质略图

Fig. 1 Geological sketch of the Yuka gold ore district

## (2) 样品采集及薄片制备

本次研究工作以鱼卡金矿床 1、2、3、6、7、8、9、10、13、14 号矿体作为研究对象,在地表采集了与成矿相关的石英脉样品 20 件,采样位置见图 1b 所示;在钻孔选取 4 件样品。

对所采集的样品进行流体包裹体研究薄片制作,包裹体寄主矿物为石英。利用显微镜对磨制好的包裹体测温片进行岩相学观察,并选取具有代表性的包裹体样品进行测试分析。

## 3 测试方法

流体包裹体显微测温实验在中国地质大学(武汉)国家重点实验室红外-微热显微镜实验室完成。仪器型号为 Linkam-MDS 600 型冷-热台,显微镜为 Olympus(BH-2),其测定温度范围在  $-196^{\circ}\text{C}$ — $+600^{\circ}\text{C}$  之间,测温精度为  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。均一温度的测定过程如下:保持在  $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$  的速度快速升温,当包裹体内气泡接近相变时,将升温速度降低到  $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ,保证能够准确地记录包裹体相转变时的均一温度。对于包裹体较小者,可通过反复降温、升温获得相对可信的均一温度。对于冰点的测定,采用记录降温过程中气泡逐渐恢复至原位时的温度作为冰点温度。流体包裹体的盐度、密度、压力详细计算见文献[23]。

流体包裹体成分分析在中国地质调查局武汉地质调查中心实验室完成。显微激光拉曼光谱仪型号为英国 RenishRM-1000,光源为氦离子激光器,

波长为  $514.5\text{ nm}$ ,狭缝为  $25\text{ }\mu\text{m}$ ,激光功率为  $20\text{ mW}$ 。光谱计数时间为  $10\text{ s}$ ,每  $1\text{ cm}^{-1}$ (波数)计数一次,在  $1\,000\sim 4\,000\text{ cm}^{-1}$  全波段一次取峰,激光束斑大小约  $1\text{ }\mu\text{m}$ ,光谱分辨率  $2\text{ cm}^{-1}$ 。

流体包裹体面的产状(走向、倾向、倾角)测定,首先利用显微镜的旋转物台测得水平切割的定向薄片内流体包裹体面的走向,其次包裹体面的倾向和倾角需要利用物镜焦距进一步进行测定。具体方法如下:对准需要测定的流体包裹体面,旋转物台将流体包裹体面的走向与十字丝的纵丝平行,通过调整焦距对准流体包裹体面的上部,记下十字丝横丝的读数( $H_1$ )以及调焦旋钮的读数( $V_1$ );之后,将焦距对准流体包裹体面的下部,再记下十字丝横丝的读数( $H_2$ )以及调焦旋钮的读数( $V_2$ )。伴随焦距变化流体包裹体面的水平变化距离( $\Delta H$ )等于  $(H_2 - H_1)$  乘以单位读数的长度(如 50 倍物镜单位读数的长度为  $2\text{ }\mu\text{m}$ );而伴随焦距变化流体包裹体面的垂直变化距离( $\Delta V$ )等于  $(V_2 - V_1)$  乘以聚焦螺丝单位读数代表的垂直变化距离(利用玻璃片的厚度来测定)。倾角( $\alpha$ )可用下述公式算出:  $\alpha = \arctan(\Delta V / \Delta H)$ 。其详细方法、步骤见文献[5]。

## 4 测试结果

### 4.1 矿物及包裹体岩相学特征

鱼卡金矿区内不论是矿化带或是单一的矿体均表现出北侧为强烈的脆性变形,并以石英大脉为主(图 2a);而南侧韧性变形特点更为显著,以细脉或

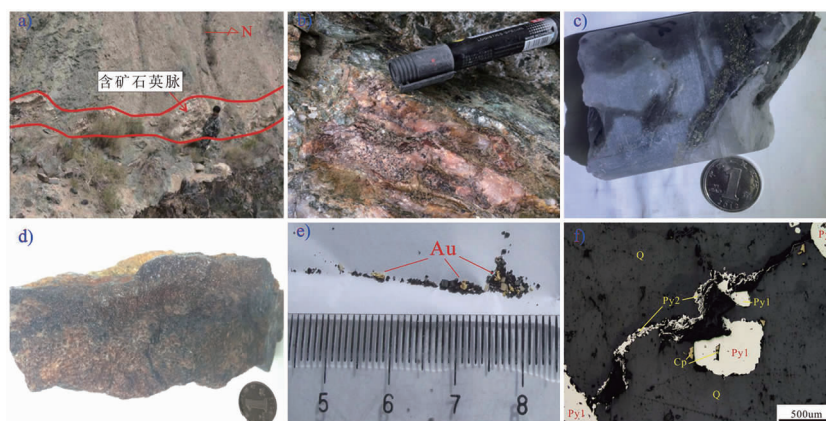


图 2 显微构造照片

Fig. 2 Microstructural photo under microscope

a. 含矿石英脉; b. 团块状构造; c. 细脉浸染状构造; d. 蜂窝状构造;  
e. 自然金; f. 两期黄铁矿

面状硅化为主,地表破碎和硅化减弱,可能指示矿化向南侧伏。矿石主要由石英、黄铁矿、多金属硫化物组成,可见黄铁矿和褐铁矿富集成块状矿石(图 2b)。矿石中含金的金属硫化物(黄铜矿、黄铁矿)呈细脉浸染状分布于石英中(图 2c)。部分矿石中的金属硫化物类矿物经风化淋滤作用后,形成褐铁矿化团块,具有多孔状构造(图 2d)。鱼卡金矿金赋存状态主要以自然金和成矿期相关的黄铁矿内显微金为主,人工重砂可以看到明金(图 2e)。黄铁矿主要有两期(图 2f),早期黄铁矿(Py1)较为自形,晚期以细脉状(Py2)切早期石英脉(Q);通过电子探针分析发现,金主要赋存于早期黄铁矿内。

鱼卡金矿主成矿期的石英脉内的包裹体形态多样且体积较小。流体包裹体在石英脉中多呈无规律成群体分布(图 3a),原生矿物中发育大量的含流体包裹体的微裂隙(图 3b),也称流体包裹体面(FIP)。流体包裹体以富液两相包裹体为主,其气液比变化于 13%~40%,多在 20%~33%之间,包裹体大小变化较大,为 1.5~10  $\mu\text{m}$ ,多在 2~5  $\mu\text{m}$  之间,形态多样,主要有椭圆形、圆形、长条状、不规则状等。这

类包裹体气液相界线清晰,作为主要的测温包裹体,且加热均一到液相。少量包裹体为富气两相,纯气相及纯液相。

利用显微激光拉曼光谱对单个包裹体成分进行定性、半定量的分析测定。测试结果显示,流体包裹体气相成分主要为  $\text{CO}_2$ ,另还含有少量的  $\text{CH}_4$ 。液相组分单一,为  $\text{H}_2\text{O}$ ,表明  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$  是成矿流体中的主要成分。分析结果见表 1 和图 3c—d 所示。

#### 4.2 成矿流体的物理化学参数

对鱼卡金矿床地表不同矿体不同部位的 20 件样品进行了显微测温,测试结果(表 2,图 4)显示鱼卡金矿成矿期流体包裹体的均一温度为 180.7℃—285.5℃,平均均一温度在 212℃—250℃,指示其属于中低温热液矿床。计算结果表明,鱼卡金矿主成矿阶段成矿流体盐度为  $w(\text{NaCl}, eq) = 0.36\% \sim 21.65\%$ ,平均为 6.44%,显示流体具有低盐度的性质;成矿流体压力在 39 MPa—78 MPa,平均 54.1 MPa,深度范围为 4.9 km—7.2 km,平均 6.1 km,属于中-深成成矿环境。

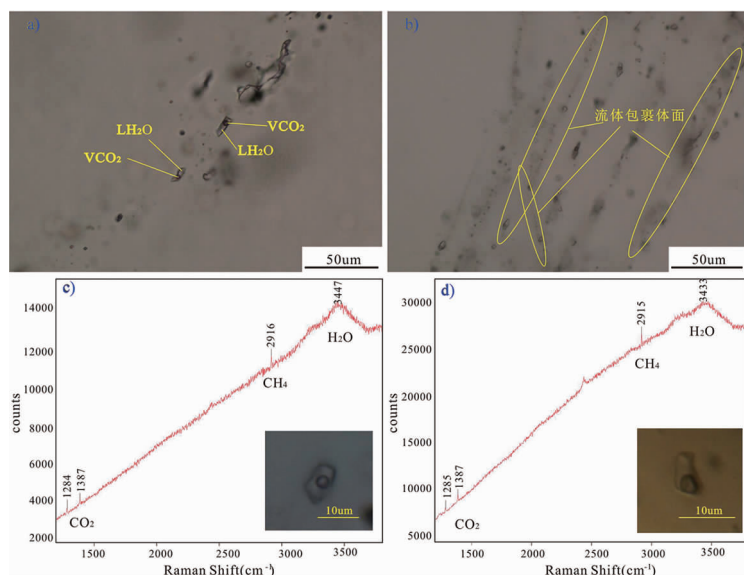


图 3 鱼卡金矿流体包裹体显微特征及拉曼谱图

Fig. 3 The micro-characteristics and Laser Raman spectra of fluid inclusions of Yuka gold deposit

表 1 流体包裹体拉曼光谱测试结果

Table 1 The results of Raman spectra of fluid inclusions

| 样号  | 主矿物 | 相态  | 液相成分                  |  | 气相成分                  |      |                            |
|-----|-----|-----|-----------------------|--|-----------------------|------|----------------------------|
|     |     |     | $\text{H}_2\text{O}$  |  | $\text{CO}_2$         |      | $\text{CH}_4$              |
|     |     |     | 峰位移/ $\text{cm}^{-1}$ |  | 峰位移/ $\text{cm}^{-1}$ | 含量/% | 峰位移/ $\text{cm}^{-1}$ 含量/% |
| 3D1 | 石英  | L+V | 3447                  |  | 1387;1284             | 85   | 2916 15                    |
| 3D5 | 石英  | L+V | 3432                  |  | 1387;1281             | 73   | 2913 29                    |



表 2 鱼卡金矿不同矿体流体包裹体测温结果

Table 2 Temperature measurement results of fluid inclusions from different ore bodies in Yuka gold deposit

| 矿体   | 样号   | 寄主矿物 | 包裹体类型 | 均一温度/℃      | 平均均一温度/℃ | 冰点/℃      | $w(\text{NaCl, eq})/\%$ | 密度/<br>$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ | 压力/MPa    |
|------|------|------|-------|-------------|----------|-----------|-------------------------|----------------------------------------|-----------|
| 3 号  | 3D1  | 石英   | 气液两相  | 180.7~243.5 | 212.0    | -8.2~-0.6 | 1.08~17.88              | 0.83~1.01                              | 44.9~67.3 |
|      | 3D2  | 石英   | 气液两相  | 193.1~265.0 | 226.6    | -8.3~-0.5 | 0.90~18.14              | 0.82~0.99                              | 42.7~72.6 |
|      | 3D3  | 石英   | 气液两相  | 196.0~268.1 | 231.9    | -6.7~-0.2 | 0.36~14.08              | 0.79~0.95                              | 39.0~73.7 |
|      | 3D4  | 石英   | 气液两相  | 198.0~271.1 | 238.3    | -7.7~-0.2 | 0.36~16.58              | 0.76~0.96                              | 41.8~74.9 |
|      | 3D5  | 石英   | 气液两相  | 206.0~284.3 | 250.0    | -6.5~-0.5 | 0.9~13.59               | 0.74~0.95                              | 51.1~75.7 |
|      | 3D6  | 石英   | 气液两相  | 202.0~285.5 | 244.2    | -5.5~-0.6 | 1.08~11.22              | 0.76~0.93                              | 50.0~73.4 |
| 2 号  | 2D1  | 石英   | 气液两相  | 200.5~246.5 | 224.0    | -6.5~-0.8 | 1.45~13.59              | 0.83~0.96                              | 52.3~65.6 |
|      | 2D2  | 石英   | 气液两相  | 198.0~245.5 | 220.9    | -7.8~-1.3 | 2.39~16.84              | 0.85~0.98                              | 52.6~66.7 |
|      | 2D3  | 石英   | 气液两相  | 215.4~268.5 | 237.6    | -3.9~-1.5 | 2.77~7.65               | 0.79~0.90                              | 55.1~72.1 |
|      | 2D4  | 石英   | 气液两相  | 211.1~256.1 | 235.3    | -4.4~-1.1 | 2.01~9.85               | 0.82~0.91                              | 53.6~68.2 |
| 1 号  | 1D1  | 石英   | 气液两相  | 188.1~248.5 | 216.2    | -8.5~-0.8 | 1.45~19.74              | 0.82~1.01                              | 46.4~69.0 |
|      | 1D2  | 石英   | 气液两相  | 188.1~241.2 | 213.6    | -8.7~-0.1 | 0.18~19.20              | 0.83~1.01                              | 44.2~65.9 |
| 7 号  | 7D1  | 石英   | 气液两相  | 196.3~274.0 | 222.8    | -6.7~-0.2 | 0.36~14.08              | 0.77~0.97                              | 40.9~69.7 |
|      | 7D2  | 石英   | 气液两相  | 198.9~259.4 | 220.6    | -6.5~-0.6 | 1.08~13.59              | 0.84~0.96                              | 50.3~72.1 |
| 6 号  | 6D1  | 石英   | 气液两相  | 203.5~254.4 | 224.4    | -8.7~-0.9 | 1.64~19.20              | 0.83~1.00                              | 51.7~70.7 |
| 8 号  | 8D1  | 石英   | 气液两相  | 196.5~241.4 | 217.9    | -7.3~-0.7 | 1.27~15.57              | 0.83~0.97                              | 46.9~66.7 |
| 9 号  | 9D1  | 石英   | 气液两相  | 197.6~255.3 | 219.6    | -9.6~-0.5 | 0.90~21.65              | 0.82~1.01                              | 43.6~69.5 |
| 10 号 | 10D1 | 石英   | 气液两相  | 193.2~251.3 | 220.9    | -3.9~-1.5 | 2.77~7.65               | 0.83~0.92                              | 50.7~67.1 |
| 13 号 | 13D1 | 石英   | 气液两相  | 200.6~285.5 | 245.1    | -9.4~-0.4 | 0.72~21.10              | 0.76~0.99                              | 41.6~78.4 |
| 14 号 | 14D1 | 石英   | 气液两相  | 203.2~274.2 | 239.1    | -8.6~-0.4 | 0.72~18.93              | 0.76~0.98                              | 46.6~74.6 |

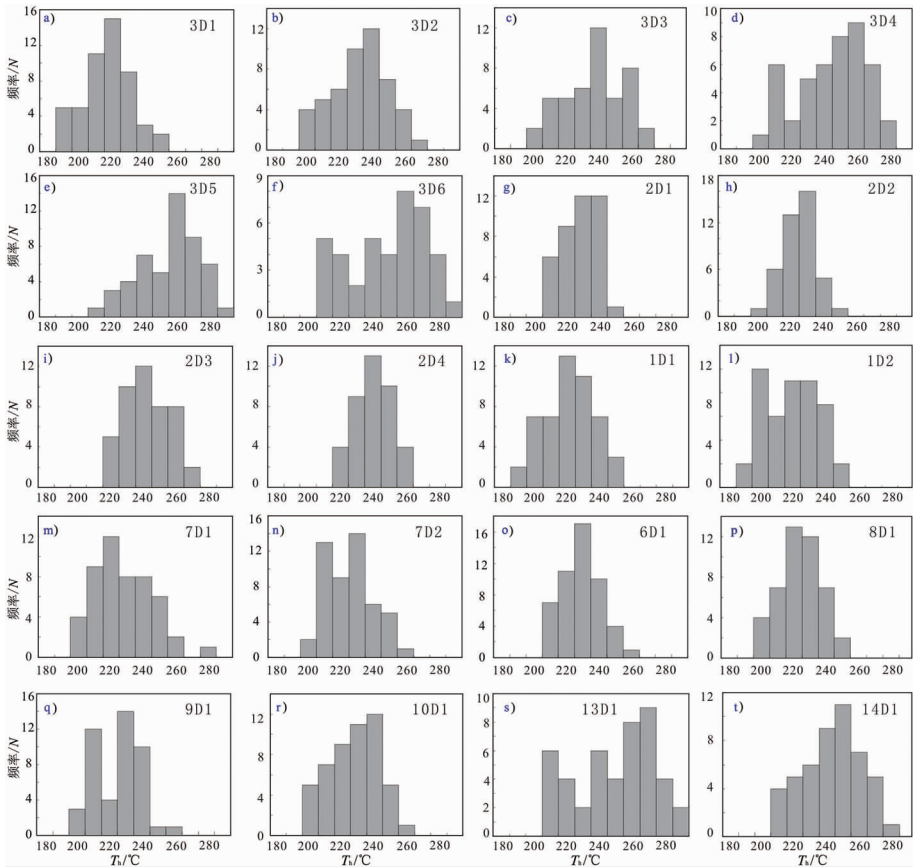


图 4 鱼卡金矿不同矿体流体包裹体均一温度图

Fig. 4 Histograms of homogenization temperature of different ore bodies in Yuka gold deposit

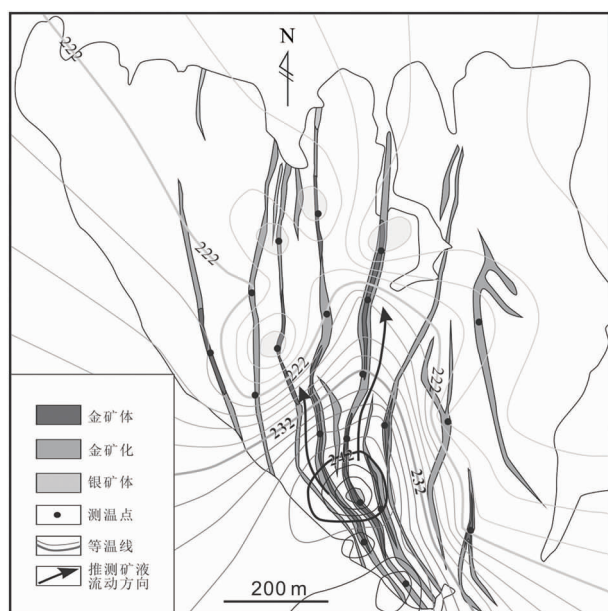


图5 鱼卡金矿矿区温度场

Fig. 5 Temperature field of the Yuka gold deposit

成矿热液由中心通过成矿通道流动,会在其前进方向上形成温差梯度,表现出流体来源中心温度高,远离矿化中心矿化减弱温度下降的规律<sup>[1]</sup>。通过流体包裹体测温结果对矿区做温度场(图5),可以明显的发现温度中心主要集中在东南部。

#### 4.3 流体包裹体面分析

原生矿物中发育大量的含流体包裹体的微裂隙,也称流体包裹体面(Fluid Inclusion Plane, FIP)<sup>[7]</sup>,这种流体包裹体面所包含的就是流体包裹体组合(FIA),它们是一组同时被捕获的流体包裹体<sup>[24]</sup>,因此成矿期流体包裹体面的倾向和倾角可以很容易的指示出成矿流体的流动方向。

对鱼卡金矿床地表不同矿体不同部位的20件样品进行了流体包裹体面测量,利用DIPs软件做其等密下半球极射赤平投影图(图6),并将流体方向结合矿区地质图,可以看出,其和矿区温度场指示高温向低温流动的方向基本吻合。总体上,流体方向主要是由南向北,局部发生轻微变化。位于成矿流体中心附近的几个样品(样号:3D5、3D6、2D3、2D4、14D1),其流体方向相对复杂,说明成矿流体后期多次叠加;然而,对于远源低温的矿体影响较小。

## 5 勘验验证及讨论

本次通过流体包裹体矿区温度场及流体包裹体

面分析,认为矿区东南部是成矿流体来源中心,矿体有可能向南东侧伏。结合矿体野外地质观察,利用钻探工程对3号矿体进行验证揭露(图7)。从图7中可以明显看到,3号矿体作为矿区主要矿体具有明显的向南侧伏的形态,整体上具有向南部深部相对变宽。

在钻孔相应位置采样进行深部流体包裹体测温,测试结果如表3,所作的垂直纵投影图等温线图如图8。从图8可以看出,等温线与矿体侧伏趋势是一致的。结合鱼卡金矿床地质特征,不难发现成矿流体是沿控矿构造带通道运移至浅层次级容矿构造的有利成矿部位成矿,这一过程伴随着流体温度的逐渐减低。

鱼卡金矿床的成矿流体具有造山型金矿的特征,即具有中低温、低盐度、低密度、富含 $\text{CO}_2$ 特征<sup>[25-26]</sup>。其成矿流体为 $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{NaCl} \pm \text{CH}_4$ 体系,含有少量的还原性气体 $\text{CH}_4$ ,说明鱼卡金矿成矿流体硫逸度较高,为还原性环境,这种环境有助于 $\text{SO}_4^{2-}$ 向 $\text{S}^{2-}$ 转化<sup>[27]</sup>。因此,鱼卡金矿成矿流体中的金应该主要以 $\text{Au}(\text{HS})_2^-$ 络合物的形式迁移,当这种含金络合物的稳定性被打破时,金就容易沉淀<sup>[28]</sup>。

综上,鱼卡金矿床成矿流体是沿控矿构造带通道运移至浅层次级容矿构造的有利成矿部位成矿,这一过程伴随着流体温度的逐渐减低。矿区普遍发育的围岩蚀变指示了流体与围岩之间发生了水-岩反应。而在流体包裹体研究过程中,并未发现沸腾包裹体的存在,这也表明鱼卡金矿床成矿流体未发生大规模的沸腾作用。因此,流体温度的降低和水-岩反应破坏了鱼卡金矿床含金络合物的稳定性,从而导致金元素发生沉淀,这符合造山型金矿金沉淀机制<sup>[29-30]</sup>。

总的来说,研究成矿流体不仅可以探讨矿床成因,同时通过对成矿流体动力学研究为找矿勘探提供帮助。

## 6 结语

(1)鱼卡金矿床成矿流体的包裹体以富液相的气液两相包裹体为主,属于中-深成成矿环境的中低温热液矿床。

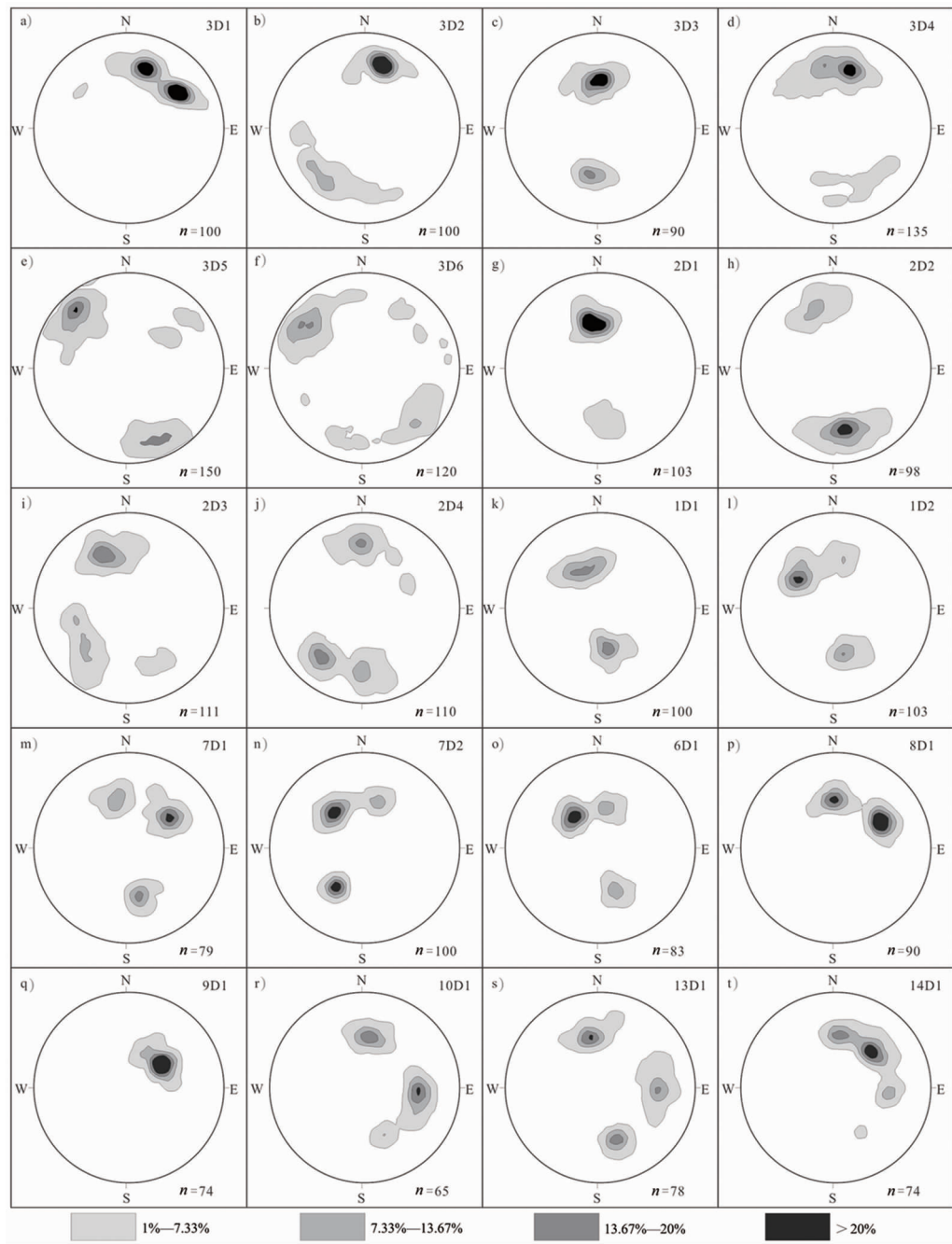


图 6 流体包裹体面的等密下半球极射赤平投影图

Fig. 6 Lower-hemisphere stereographic projections of the poles of intercrystal fluid inclusion planes

表 3 鱼卡金矿 3 号矿体深部流体包裹体测温结果

Table 3 Temperature measurement results of fluid inclusions in No. 3 ore in Yuka gold deposit

| 矿体  | 样号     | 寄主矿物 | 包裹体类型 | 均一温度/℃  | 平均均一温度/℃ | 冰点/℃      | $w(\text{NaCl, eq})/\%$ | 密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ | 压力/MPa    |
|-----|--------|------|-------|---------|----------|-----------|-------------------------|-------------------------------------|-----------|
| 3 号 | Zk2301 | 石英   | 气液两相  | 200~238 | 218.9    | -6.8~-0.4 | 0.72~14.32              | 0.83~0.96                           | 44.6~63.9 |
|     | Zk0703 | 石英   | 气液两相  | 201~236 | 215.5    | -6.5~-0.8 | 1.45~13.59              | 0.84~0.95                           | 52.9~63.4 |
|     | Zk0702 | 石英   | 气液两相  | 204~271 | 242.9    | -5.3~-0.7 | 1.27~10.76              | 0.78~0.89                           | 48.9~71.1 |
|     | Zk0001 | 石英   | 气液两相  | 210~254 | 232.7    | -8.0~-1.2 | 2.20~17.35              | 0.82~0.95                           | 52.4~71.6 |

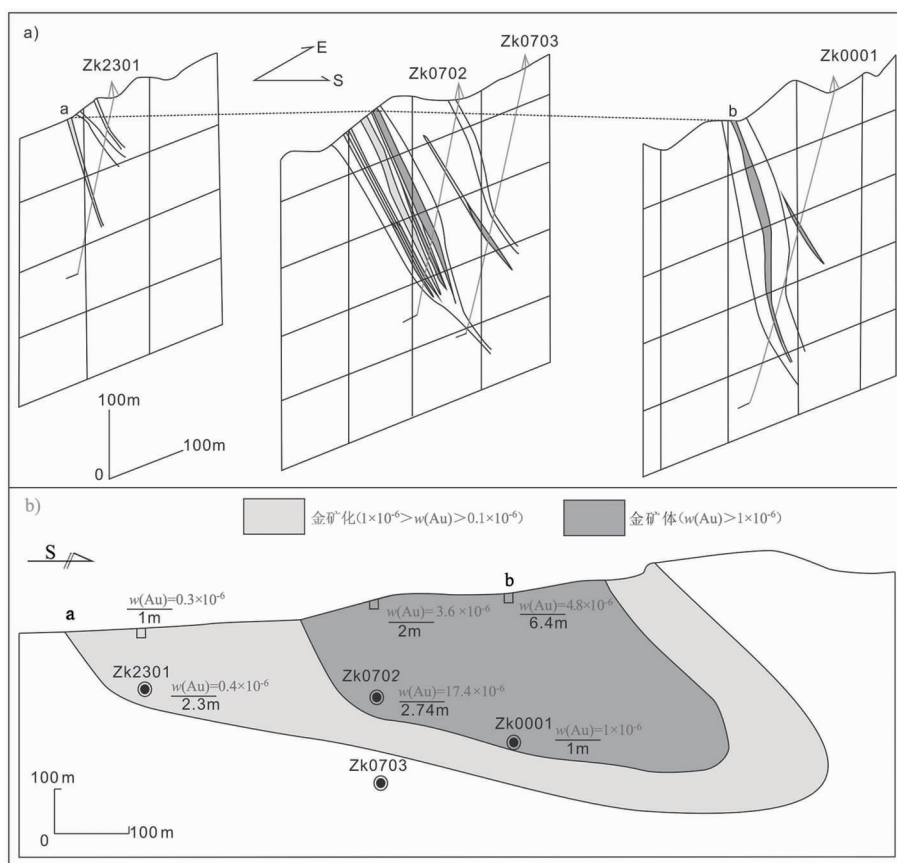


图 7 3 号金矿体勘探线剖析图(a)及垂直纵投影图(b)

Fig. 7 Analysis map of exploration line (a) and vertical projection map (b) for No. 3 gold ore body

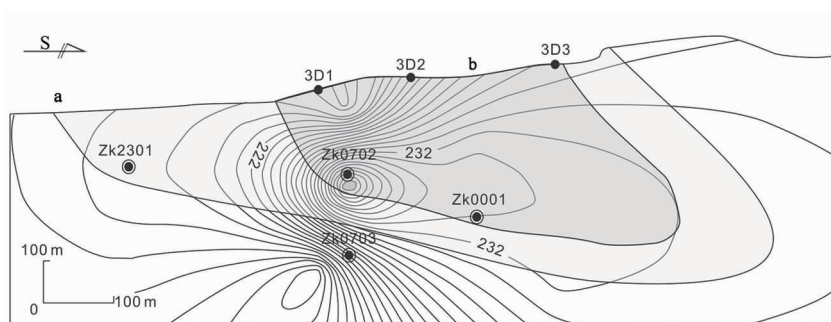


图 8 鱼卡金矿 3-1 号矿体温度场

Fig. 8 Temperature field of No. 3-1 gold ore body in the Yuka gold deposit

(2)通过研究和勘查验证发现,鱼卡金矿床具有向南东侧伏的情况,成矿流体中心位于矿区东南部。

(3)成矿流体的物理化学参数和流体包裹体面能够很好地揭示成矿流体来源方向,这对于金矿床勘查工作具有借鉴意义。

**致谢:**本文中流体包裹体成分分析得到中国地质调查局武汉地质调查中心实验室李芳工程师指

导,在此表示感谢。

#### 参考文献:

- [1] 郭涛,邓军,吕古贤,等. 焦家金矿床成矿流体运移的通道、方式及驱动机制[J]. 地球学报, 2008, 29(1): 81-88.
- [2] 王敏芳,曹新志,赵渊新,等. 北山金窝子金矿床流体包裹体特征及找矿意义[J]. 地质找矿论丛, 2009, 24(4): 276-281.
- [3] 曹亮,许荣科,陕亮,等. 甘肃北山南金山金矿床流体包裹体研究[J]. 地质找矿论丛, 2011, 26(3): 249-254.



- [4] 池国祥, 赖健清. 流体包裹体在矿床研究中的作用[J]. 矿床地质, 2009, 28(6): 850-855.
- [5] 池国祥, Jayanta Guha. 加拿大 Abitibi 绿岩带 Donalda 金矿近水平含金石英脉的显微构造分析及其对成矿流体动力学的指示[J]. 地学前缘, 2011, 18(5): 43-54.
- [6] 蔡鹏捷, 许荣科, 朱本杰, 等. 湖北嘉鱼蛇屋山红土型金矿研究回顾与展望[J]. 地质论评, 2016, 62(2): 389-397.
- [7] 池国祥, 薛春纪. 成矿流体动力学的原理、研究方法及应用[J]. 地学前缘, 2011, 18(5): 1-18.
- [8] 冯建忠, 王书来, 艾霞, 等. 河南毛塘、蒲塘金矿流体包裹体地球化学特征[J]. 地质找矿论丛, 1997, 12(2): 27-34.
- [9] 孙振明, 李才, 任云生, 等. 西藏多龙矿集区地堡那木岗铜(金)矿床流体包裹体特征及矿床成因[J]. 地质找矿论丛, 2017, 32(2): 219-226.
- [10] 魏俊浩, 李江风, 刘铁侠, 等. 辽南地区金矿床流体包裹体特征及找矿意义[J]. 地质找矿论丛, 1998, 13(1): 33-39.
- [11] 霍艳, 温春齐, 李保华, 等. 西藏马攸木金矿床流体包裹体特征初步研究[J]. 地质找矿论丛, 2004, 19(2): 100-104+113.
- [12] 赵百胜, 刘伟. 甘肃省阳山金矿床流体包裹体特征及其地质意义[J]. 地质找矿论丛, 2004, 19(2): 105-109.
- [13] 马超. 青海省大柴旦鱼卡金矿成矿流体特征及矿床成因探讨[D]. 武汉: 中国地质大学(武汉), 2014.
- [14] 贾群子, 杜玉良, 赵子基, 等. 柴达木盆地北缘滩间山金矿区斜长花岗斑岩锆石 LA-MC-ICPMS 测年及其岩石地球化学特征[J]. 地质科技情报, 2013(1): 87-93.
- [15] 张德全, 党兴彦, 余宏全, 等. 柴北缘—东昆仑地区造山型金矿床的 Ar-Ar 测年及其地质意义[J]. 矿床地质, 2005, 24(2): 87-98.
- [16] 张德全, 丰成友, 李大新, 等. 柴北缘—东昆仑地区的造山型金矿床[J]. 矿床地质, 2001, 20(2): 137-146.
- [17] 窦光源, 刘世宝, 祁昌炜, 等. 青海果洛龙洼金矿床流体包裹体研究[J]. 矿产勘查, 2016, 7(4): 569-574.
- [18] 魏占浩, 孙凤舟, 陈苏龙, 等. 青海五龙沟金矿集区Ⅱ矿带构造叠加晕特征与深部预测[J]. 地质找矿论丛, 2015, 30(4): 614-622.
- [19] 蔡鹏捷, 许荣科, 郑有业, 等. 柴北缘从大洋俯冲到陆陆碰撞: 来自开屏构造山带 M 型橄榄岩的证据[J]. 地球科学, 2018, 43(8): 2875-2892.
- [20] 蔡鹏捷, 国显正, 郑有业, 等. 岩浆型 Ni-Cu-(PGE)硫化物矿床研究现状及进展[J]. 地质论评, 2018, 64(4): 956-979.
- [21] 杜文洋, 乌仁, 许荣科, 等. 柴北缘“双口山式”铅银矿找矿模型的建立及地质意义[J]. 矿产勘查, 2016, 7(6): 914-922.
- [22] 王红军, 郑有业, 许荣科. 青海省绿梁山铜矿成因新证据——来自硅质岩地球化学特征及其沉积环境[J]. 地质与勘探, 2017, 53(1): 63-77.
- [23] 刘斌, 沈昆. 流体包裹体热力学(第一版)[M]. 北京: 地质出版社, 1999: 1-200.
- [24] 池国祥, 卢焕章. 流体包裹体组合对测温数据有效性的制约及数据表达方法[J]. 岩石学报, 2008, 24(9): 1945-1953.
- [25] Hagemann S G, Lüders V. P-t-x conditions of hydrothermal fluids and precipitation mechanism of stibnite-gold mineralization at the wiluna lode-gold deposits, western australia: conventional and infrared microthermometric constraints [J]. Mineralium Deposita, 2003, 8(38): 936-952.
- [26] 范宏瑞, 谢奕汉, 翟明国, 等. 豫陕小秦岭脉状金矿床三期流体运移成矿作用[J]. 岩石学报, 2003, 19(2): 260-266.
- [27] 贾润幸, 郭健, 赫英, 等. 秦岭凤太成矿区金多金属矿床成矿流体地球化学研究[J]. 中国地质, 2004, 31(2): 192-198.
- [28] Ridley J R, Diamond L W. Fluid chemistry of orogenic lode gold deposits and implications for genetic models[J]. Reviews in Economic Geology, 2000(13): 141-162.
- [29] Mikucki E J. Hydrothermal transport and depositional processes in Archean lode-gold systems: A review[J]. Ore Geology Reviews, 1998, 13: 307-321.
- [30] Groves D I, Goldfarb R J, Robert F, et al. Gold deposits in metamorphic belts: Overview of current understanding, outstanding problems, future research, and exploration significance[J]. Econ Geol, 2003, 1(98): 1-29.

## Exploration guided by study on ore-forming fluid inclusions — a case study of Yuka orogenic gold deposit in north margin of Qaidam basin

CAI Pengjie<sup>1</sup>, XU Rongke<sup>1</sup>, ZHENG Youye<sup>1, 2</sup>, FAN Xianbin<sup>3</sup>,  
MA Chao<sup>4</sup>, BAI Jie<sup>2</sup>, CHEN Xin<sup>2</sup>, YU Junzhen<sup>2</sup>

(1. Institute of Geological Survey, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

2. The Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

3. Tibet Baiyue Mining Co. Ltd, Lasa 850000, China;

4. Xinjiang Institute of Geology and mineral resources, Wulumuqi 830000, China)

**Abstract:** Yuka gold deposit is a medium-low temperature orogenic gold deposit formed in medium depth environment with fluid inclusion dominated by liquid and CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O phase and variable ratios of CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O. According to the geological characteristics, migration and variation of physical-chemical parameters and analysis of the integral distribution face of the fluid inclusions it is considered that formation of the ore body and the spatial distribution is controlled by conductive system of the ore fluid. Generally the ore fluid moved from SE to NW with local lateral flow and the center is characterized by multi-phase fluids. Drilling detected SE pitch of ore body. Center of the ore fluid is located at southeast part of deposit area coinciding with study of the fluid thus exploration of the deposit can be guided by results of the study.

**Key Words:** Yuka gold deposit; orogenic gold deposit; ore fluid inclusion; integral distribution face of the fluid inclusions; migration of ore forming fluids; mineral exploration; north margin of Qaidam Basin; Qinghai province

## 更 正

《地质找矿论丛》2018 年第 33 卷第 3 期目次表·矿床地质·第 4 篇论文标题因印前成表漏掉“义”字,正确的论文标题应为:老湾花岗岩体与金成矿关系新认识及其找矿意义

特此更正

《地质找矿论丛》编辑部  
2018 年 11 月 16 日