

## 黑河市三道湾子金矿床物理化学条件及成矿机理\*

吕 军<sup>1, 2</sup>

(1 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室, 北京 100083; 2 黑龙江省地质调查研究总院齐齐哈尔分院, 黑龙江 齐齐哈尔 161005)

三道湾子金矿位于大兴安岭燕山期铜、金成矿带东北部, 是典型的富含碲化物的浅成中-低温热液金矿床, 矿石工业类型为石英脉型。赋矿围岩为白垩系下统龙江组 ( $K_1l$ ) 粗安岩、粗安山质火山角砾岩。三道湾子金矿床沿走向延伸 830 m, 受控于北西向张性断裂带, 矿体总体走向北西  $310^\circ$ , 倾向  $40^\circ$ , 倾角  $53^\circ\sim 68^\circ$ 。平均厚度 4.5 m, 平均品位为 8.98 g/t, 最高品位大于 10 000 g/t。该矿床矿划分为石英-黄铁矿化阶段; 石英-金、银碲化物-多金属阶段; 石英-碳酸盐化阶段。有用矿物为碲金矿、碲金银矿、碲银矿、辉银矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿等。围岩蚀变有硅化、黄铁矿化、绢云母化、高岭土化、绿泥石化、绿帘石化和碳酸盐化 (陈美勇等, 2008; 吕军等, 2005)。

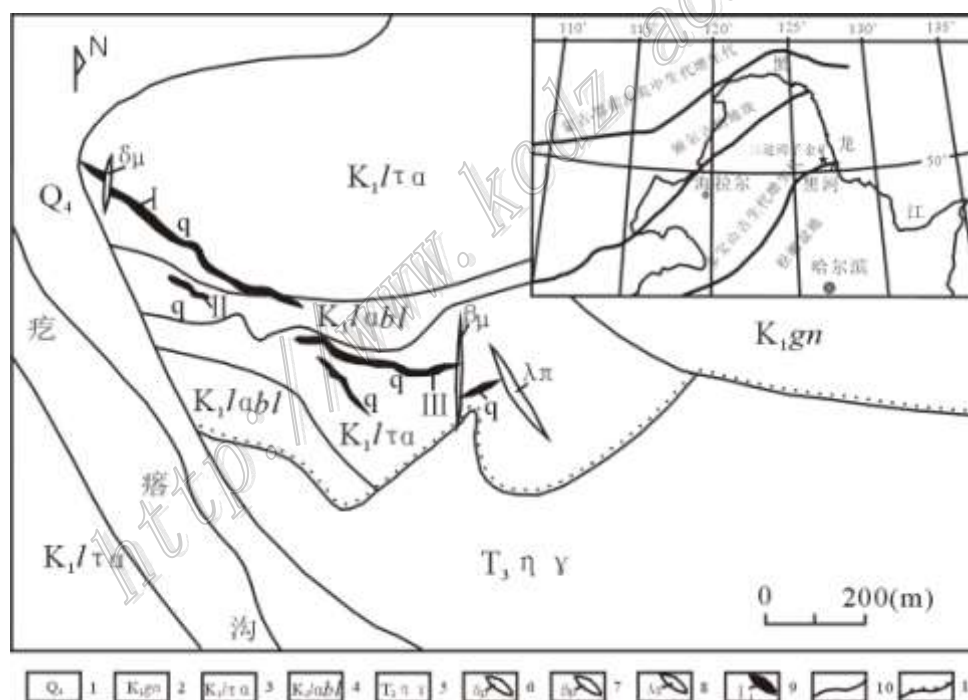


图 1 三道湾子金矿床地质图

1—第四系; 2—白垩系光华组; 3—白垩系龙江组粗安岩; 4—白垩系龙江组粗安质火山角砾岩; 5—晚三叠世花岗岩; 6—闪长玢岩; 7—辉绿玢岩; 8—流纹斑岩; 9—金矿体及编号; 10—地质界线; 11—不整合地质界线

## 1 成矿流体物理化学条件

三道湾子金矿主成矿阶段均一温度为  $260\sim 270^\circ\text{C}$ ; 流体包裹体盐度  $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$  为  $0.87\%\sim 6.58\%$ ; 密度  $0.68\sim 0.93\text{ g/cm}^3$ , 成矿压力为  $8.4\sim 38.4\text{ MPa}$ , 估算成矿深度为  $0.6\sim 3.8\text{ km}$ 。根据矿物共生组合、石英流

\*本文得到国家矿产资源补偿费项目 (2002) 和中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室的联合资助

第一作者简介 吕 军, 男, 1965 年生, 在读博士生, 从事矿床研究工作。

体包裹体成分分析、相关化学反应平衡关系及反应方程式(朱赖民等, 1996; 张招崇等, 1997), 对成矿流体的物理化学参数计算结果表明: 三道湾子金矿成矿流体 pH 值在 5.58~7.57 之间, 由高温向低温演化时 pH 值由中性偏酸→弱碱性→弱酸性方向演化。早期石英-硫化物阶段硫化物的少量出现使溶液呈中性偏酸; 主成矿阶段, 即碲化物大量出现阶段时, 呈弱碱性。实际上冰长石的出现也反映成矿溶液呈弱碱性。晚期石英-碳酸盐化作用使溶液呈弱酸性。Eh 值在 -0.006 V 至 0.180 V 之间, 显示成矿流体从早期到晚期氧化还原电位具有增高的趋势。Lg $f(\text{O}_2)$  值 -45.581~-34.667, 氧逸度较低, 成矿环境为弱还原性, 伴随成矿溶液由高温向低温方向演化, 成矿流体从早期到晚期氧逸度具有降低的趋势。lg  $f(\text{S}_2)$  值在 -11.817~-6.588 之间, 从早期到晚期硫逸度具有降低的趋势, lg  $f(\text{Te}_2)$  值在 -11.829~-7.969 之间, 显示成矿流体从早期到晚期碲逸度具有降低的趋势。

## 2 金的迁移和沉淀

大量研究表明碲元素主要以类质同像进入硫化物晶格中, 由于碲的浓度较高, 从而取代了一部分硫, 显示出贫硫的特点。从矿物的共生组合及物理化学参数上看, 认为三道湾子金矿床金主要以碲、硫络合物形式迁移, 金在热液中主要的络合物为  $\text{Au}(\text{HTe})_2^-$ 、 $\text{Au}(\text{HS})_2^-$ 。

涂光炽(2000)认为碲元素来源较深, 随地幔射气从地幔中释放出来, 并在浅部就位过程中捕获金(崔艳合等, 1994)。三道湾子金矿床含矿流体沿裂隙上升, 温度、压力下降, 氧逸度、硫逸度、碲逸度的降低,  $E_h$  值升高等促使  $\text{Au}(\text{HTe})_2^-$ 、 $\text{Au}(\text{HS})_2^-$  分解, 金发生沉淀。另外黄铁矿的生成能降低流体中还原硫的浓度, 从而促使金发生沉淀(朱赖民等, 1996; 张招崇等, 1997)。从三道湾子金矿的矿物共生组合及生成顺序看, 碲化物的生成晚于金属硫化物, 碲化物的结晶顺序为针碲金银矿→六方碲银矿→碲金银矿→碲铅矿→碲银矿→碲金矿→自然金。银、碲先消耗完, 最后剩余的金析出。与崔艳合(1994)总结的 S-Te-Au-Ag-Fe-Cu-Pb-Zn 热液体系中矿物的结晶的规律性吻合较好(崔艳合等, 1994)。

## 3 结 论

三道湾子金矿床为富碲化物的低硫型浅成中-低温热液矿床, 形成于燕山期火山活动晚期。火山热液活动提供了物质来源和热能, 富含  $\text{Te}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CH}_4$  的流体在沿裂隙上升过程中, 与围岩发生物质交换, 将其中的金淋滤出来, 以络合物  $\text{Au}(\text{HTe})_2^-$ 、 $\text{Au}(\text{HS})_2^-$  等形式向浅部运移, 随着氧逸度、碲逸度、硫逸度的降低、pH 值降低、 $E_h$  值升高等物理化学条件的变化, 促使金在张性裂隙中发生沉淀。三道湾子金矿床成矿物理化学条件及成矿机理的探讨对于研究大兴安岭成矿带北部金矿床成矿作用有一定的指导意义。

## 参 考 文 献

- 陈美勇, 刘俊来, 胡建江, 等. 2008. 大兴安岭北段三道湾子碲化物型金矿床的发现及意义[J]. 地质通报, 27(4): 584-587.
- 崔艳合, 开绍玫, 彭明生, 等. 1994. 北京市得田沟金矿床矿物特征和金的赋存状态[J]. 矿床地质, 13(3): 260-270.
- 吕 军, 王建民, 岳邦江, 等. 2005. 三道湾子金矿床流体包裹体及稳定同位素地球化学特征[J]. 地质与勘探, 41(3): 33-37.
- 涂光炽. 2000. 初论碲的成矿问题[J]. 矿物岩石地球化学通报, 19(4): 211-214.
- 张佩华, 赵振华, 包志伟, 等. 2000. 碲成矿机制研究新进展[J]. 地质科技情报, 19(2): 55-58.
- 张招崇, 李兆鼐. 1997. 富碲化物型金矿形成的物理化学条件——以水泉沟金矿田为例[J]. 矿床地质, 16(1): 41-52.
- 朱赖民, 何明友, 王自友. 1996. 丫他微细普浸染型金矿床地球化学及成矿机理[J]. 地质找矿论丛, 11(4): 13-26.