

黑龙江金厂岩浆穹隆内金矿体成矿流体地球化学 及其矿床成因探讨*

Geochemistry of ore-forming fluids and genesis of gold ore bodies in the dome-shaped magmatic body-hosted Jinchang gold deposit, Heilongjiang Province

张德会¹, 王永¹, 王懂¹, 徐文喜¹, 王艳忠², 张文淮¹

(1 中国地质大学, 北京 100083; 2 武警黄金部队第一支队, 黑龙江 牡丹江 157000)

ZHANG DeHui¹, WANG Yong¹, WANG Dong¹, XU WenXi¹, WANG YanZhong² and ZHANG WenHui¹

(1 China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2 No.1 Branch Party of Gold Exploration, People's Armed Police Force, Mudanjiang 157000, Heilongjiang, China)

摘要 黑龙江金厂金矿是一大型金矿床, 近年来又在矿区的岩浆穹隆内发现了层状金矿体。文章主要对其中ZK04 钻孔石英的流体包裹体进行研究。文象花岗岩、石英晶洞以及伟晶结构, 石英中富气、富液、熔流和熔体包裹体, 包裹体中黄铜矿和黄铁矿等子矿物等证据表明, 岩浆演化过程中曾发生了流体出溶, 这将有利于 Au、Cu 等成矿元素的迁移、富集和成矿。表明岩体具有良好的成矿潜力。成矿流体呈现高盐度和高温和具有沸腾的特征。推断岩浆穹隆构造内的金矿可能具有斑岩 Au、Cu 矿床的特征。

关键词 金厂金矿; 岩浆穹隆; 成矿流体地球化学; 矿床成因

矿床位于天山—兴安构造成矿域吉—黑兴安金成矿区东宁—延吉金矿集中区(陈毓川等 2001), 具有优越的成矿地质背景和找矿前景。矿床发现于 20 世纪 60 年代。90 年代以来, 武警黄金地质研究所和第一总队在此开展找矿勘探和科研(慕涛等 2000; 陈锦荣等 2002; 朱成伟等 2003; 贾国志等, 2005), 提交金储量已经超过 40 吨。前人研究主要集中于角砾岩筒特别是半截沟 I 号角砾岩筒。近年来在该角砾岩筒北东约 500m 处发现一岩浆穹隆构造, 深部隐伏有 18 号矿体。穹隆构造主要组成岩石为燕山早期第二阶段文象花岗岩、花岗闪长岩和燕山晚期第二阶段闪长玢岩。矿体赋存于文象花岗岩中。由于工作程度低, 在含矿岩体特征、控矿构造以及矿床成因等方面还有许多问题没有阐明, 影响了深部找矿和潜力评价。本文基于 ZK04 钻孔岩心流体包裹体研究, 对穹隆构造的成矿作用进行初步探讨。

1 岩浆穹隆构造成矿演化期次

结合野外地质工作与室内显微镜下研究, 将该钻孔中成矿阶段划分为 6 个, 从早到晚为: ①粗晶文象伟晶岩囊阶段; ②角闪石-绿泥石-阳起石-黄铁矿-石英阶段; ③黄铁矿-石英-钾长石阶段; ④多金属硫化物(黄铁矿-黄铜矿-方铅矿-闪锌矿-毒砂-方解石-石英)阶段; ⑤黄铁矿-石英或纯黄铁矿阶段; ⑥黄铁矿-碳酸盐阶段。第 3 和第 4 为主要成矿阶段。

*本文得到国家自然科学基金(编号: 40173021, 40573033)和武警黄金部队科研项目资助

第一作者简介 张德会, 男, 1955 年生, 博士, 教授, 博士生导师。地球化学专业, 从事成矿作用地球化学、应用地球化学及成矿作用动力学教学和研究工作。E-mail: zhdehui@cugb.edu.cn

2 流体包裹体研究

针对岩浆穹隆构造的研究比较欠缺, 本文主要针对其中的 ZK04 孔进行流体包裹体研究。

2.1 流体包裹体岩相学特征

根据流体包裹体镜下特征, 将流体包裹体分为 6 种类型:

(1) 富液包裹体(I型)。充填度大于 0.7, 气液比小于 30%。一般个体较小, 在 5 μm 左右。在文象花岗岩、闪长岩以及各期次石英脉和方解石脉中均较发育。

(2) 富气包裹体(II型)。主要发育在粗晶文象伟晶阶段(照片 1)、黄铁矿-钾长石-石英阶段以及多金属硫化物阶段。多为负晶原生包裹体, 大小 5~10 μm (照片 2)。充填度多在 0.1 左右。其中较大的富气包裹体多与富液和含子晶多相包裹体共生, 显示了流体沸腾特征。

(3) 含 CO_2 多相包裹体(III型)。此类包裹体极少, 仅在少数样品中见到。

(4) 含石盐子矿物多相包裹体(IV型)。在文象花岗岩(照片 1)、黄铁矿-石英-钾长石化细脉和石英-黄铁矿脉中发育。包裹体大小范围 100~200 μm , 一般几十微米。除气泡和液体之外, 还有 1 个或多个盐类子矿物和不透明金属矿物。反光显微镜下鉴定不透明矿物为黄铁矿和黄铜矿。

(5) 流体-熔体包裹体(V型)。主要发育在文象花岗岩石英中。包裹体中可含气泡、水溶液和各种子晶, 最特征的是含重结晶的硅酸盐矿物。拉曼探针研究表明其中含石英、长石、云母等硅酸盐矿物、碳酸盐、硫酸盐以及金属矿物。初步确定为流体-熔体包裹体(照片 3, 4, 5)。

(6) 熔体包裹体(VI型)。发育在粗晶文象花岗岩石英中。常温下未见气泡, 当同视域流熔包裹体在 595 $^{\circ}\text{C}$ 均一时, 该包裹体含一个气泡, 在 700 $^{\circ}\text{C}$ 、750 $^{\circ}\text{C}$ 、800 $^{\circ}\text{C}$ 等温段各恒温 2~4 h, 包裹体在 837 $^{\circ}\text{C}$ 均一, 冷却时包裹体呈结晶质特征。

2.2 流体包裹体均一温度和盐度

测得均一温度数据 660 个, 盐度数据 633 个。据文献(卢焕章等, 2004), 将石盐熔化和冰点温度换算为盐度。由图 1、图 2 可见, 均一温度变化范围较宽, 分布在 260~620 $^{\circ}\text{C}$ 范围内, 有两个区间, 260~520 $^{\circ}\text{C}$ 和 580~620 $^{\circ}\text{C}$ 。后一区间反映岩浆热液过渡的伟晶作用, 前一区间反映钾化和钾硅化。气液包裹体均一温度变化范围窄、温度较低, 具岩浆期后热液流体特征。

流体包裹体均一温度和盐度数据分为两群(图 3)。高密度包裹体与低密度富气包裹体均一温度十分接近, 而盐度相差较大, 显示成矿流体曾经发生过强烈沸腾作用。且均一温度和盐度变化域处在典型斑岩铜矿流体变化范围内。表明金厂金矿岩浆穹隆成矿流体组成特征与典型斑岩铜矿床核部钾质蚀变和矿化强烈处的流体特征极为相似。

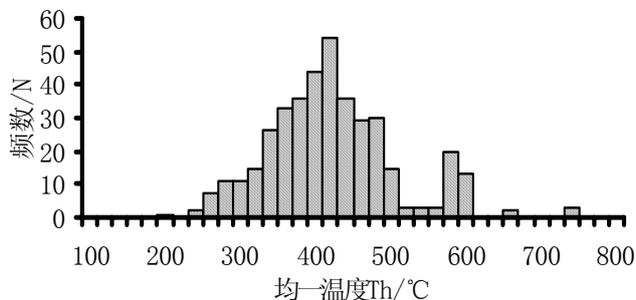


图1 ZK04 孔流体包裹体均一温度直方图
N=660, 平均 t_h 392 $^{\circ}\text{C}$)

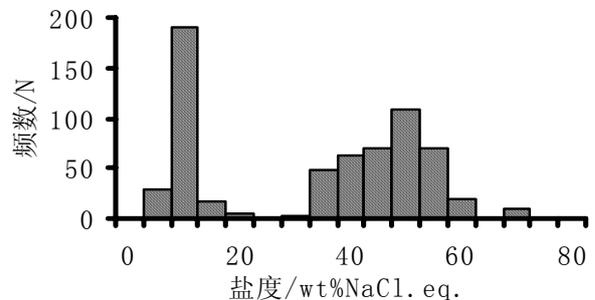


图2 ZK04 孔含子晶多相包裹体盐度直方图
N=391, 平均 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ =45%

3 拉曼光谱研究

确定气体包裹体和熔流包裹体的组成,使用激光拉曼光谱对流体包裹体进行分析测试,气体包裹体成分为 H_2O 、 SO_2 、 CH_4 、 CH_3 、 C_4H_6 、 C_6H_6 、 O_2 、 NO_3^- 、 CO_2 、 CO 、 H_2S 、 CO_3^{2-} 以及 N_2 ,除常见的无机组成外,还有甲烷、1,3-丁二烯(C_4H_6)、甲基团以及苯(?)等在内的有机组成。

熔流包裹体中固相组成更为复杂,鉴定出固相矿物 32 种,计有:石英、磷石英、拉长石、叶蜡石、硅灰石、异性石、毒砂、孔雀石、蓝线石、赛黄晶、水磷铝钠石、天青石、方解石、透绿柱石、磷铜矿、针叶钠石、绿铬矿、利蛇纹石、片沸石、白榴石、钙锂电气石、锌孔雀石、氯黄晶、尖晶石、金绿宝石(乳光橄榄石)等等。

拉曼光谱研究表明,金厂金矿岩浆穹隆熔流包裹体固相主要为硅酸盐矿物,也有少量硫化物,如毒砂等,还有一些氧化物,特别是 Cu 的氧化物如孔雀石等。水磷铝钠石等属于伟晶岩的矿物。还有氯黄晶、六方氮化硼等含挥发组分矿物,表明穹隆中文象花岗岩的形成可能与富含挥发组分的残余熔浆有关。

4 初步结论

4.1 含矿岩浆中挥发组分曾经达到饱和,形成文象伟晶花岗岩

ZK04 孔文象花岗岩的出现暗示在花岗岩演化过程中挥发组分曾经达到过饱和,因此才会发生挥发组分出溶,形成文象伟晶花岗岩。证据包括石英晶洞的发育、多处花岗文象结构的出现以及伟晶结构的发育等。此类花岗岩和伟晶团块状石英中都发现富气、富液以及熔流包裹体中含有不透明矿物,根据晶形和反光显微镜下的光性特征,多为黄铜矿和黄铁矿等硫化物。暗示成矿流体中金属元素浓度较高。表明花岗岩具有很大成矿潜力。岩浆演化过程中的流体出溶,将有利于 Cu、Au 等成矿元素的迁移、富集和成矿。较强烈发育的钾化、硅化和黄铁矿化,表明流体的弥散型作用强烈,这也是岩体具有成矿潜力的重要标志之一。

4.2 成矿流体显示了岩浆-热液过渡阶段和斑岩金(铜)矿的特征

岩浆-热液过渡阶段是指处在岩浆液相线上下范围的一个区段,当温度压力下降到岩浆固相线后,随着固相晶出液相逐渐富集达到饱和而出溶,此时体系中存在固相、液相和熔体相,是一复杂系统。近年来由于流体包裹体特别是熔体和熔流包裹体研究的深入,过渡阶段研究正在成为成矿流体地球化学研究的热点,而过渡阶段对于斑岩矿床、高中温岩浆热液以及伟晶岩矿床的形成具有重要意义。在金厂岩浆穹隆文象花岗岩石英和团块状石英中发现的熔融和流熔包裹体是矿床形成于岩浆热液过渡阶段的重要证据。形成岩浆穹隆矿体的成矿流体具有很高盐度和较大变化范围的均一温度,且具有沸腾作用的特征,表明岩浆穹隆构造深部可能赋存有斑岩型金(铜)矿床。

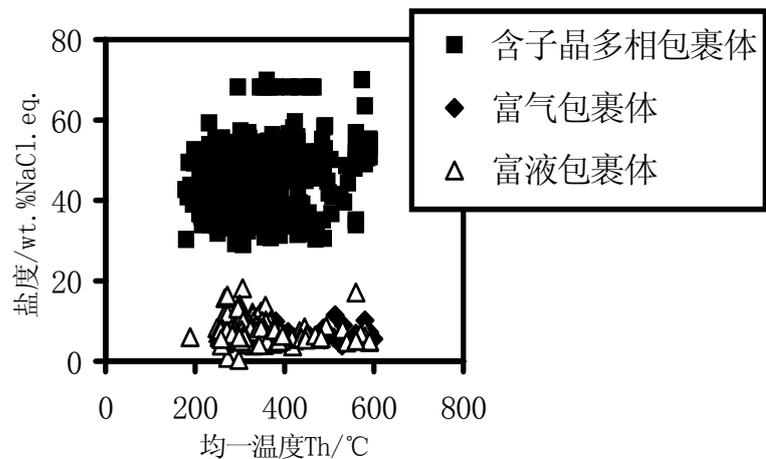


图 3 ZK04 孔流体包裹体均一温度与盐度分布图

陈锦荣, 李汉光, 金宝义, 等. 2002. 黑龙江金厂 J-1 号金矿体地质特征及深部预测. 黄金地质, 8(4): 8~11.

陈毓川, 李兆鼎, 母瑞身, 等. 2001. 中国金矿床及其成矿规律. 北京: 地质出版社. 260~312.

贾国志, 陈锦荣, 杨兆光, 等. 2005. 金厂特大型金矿床的地质特征与成因研究. 地质学报, 79(5): 661~670.

金宝义, 陈锦荣, 王艳忠, 等. 2002. 黑龙江金厂矿区火山构造及控矿特征. 黄金地质, 8(1): 26~32.

卢焕章, 范宏瑞, 倪培, 等. 2004. 流体包裹体. 北京: 地质出版社. 201~229.

慕涛, 刘桂阁, 等. 2002. 黑龙江金厂金矿地质地球化学特征及矿床成因. 黄金地质, 6(3): 57~64.

朱成伟, 陈锦荣, 崔彬, 等. 2003. 黑龙江金厂金矿床地质特征及成因探讨. 矿床地质, 22(1): 56~64.

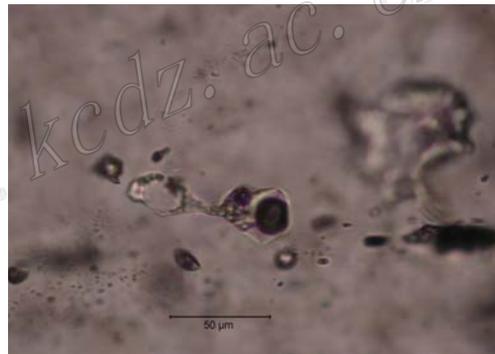
附图版:



照片 1 左图为 ZK04 钻孔 110m 深处岩心花岗岩中粗晶文象结构, 右图为文象结构的显微镜下特征(×10).



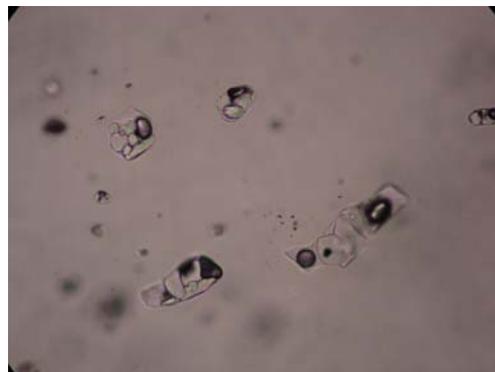
照片 2 文象花岗岩石英中富气包裹体. 含金属矿物 J18-04-Q12.



照片 3 文象花岗岩石英团块中熔流包裹体 J18-04-Q12.



照片 4 文象花岗岩石英中多相(熔流?)包裹体. J18-04-Q12-3.



照片 5 文象花岗岩石英团块中多相(熔流?)包裹体. FI 长轴长 80μm. J18-04-Q12-9