

文章编号: 0258-7106(2012)03-0601-14

黑龙江多宝山地区铜金成矿作用及成矿规律*

赵忠海, 郑卫政, 曲 晖, 郭 艳, 李成禄, 王 卓, 张俭峰

(黑龙江省地质调查研究总院, 黑龙江 哈尔滨 150036)

摘 要 黑龙江省多宝山地区发育多期以铜金为主的成矿作用。加里东中期形成了斑岩型铜钼(金)矿床, 燕山早期主要形成了矽卡岩型铜钼(金)矿床, 燕山晚期形成了浅成热液型金矿床。不同时期矿床的空间分布受古生代海相火山岩为主的地层的控制, 同时, 受到 NE 向和 NW 向 2 组断裂交叉形成的环(菱)形构造的控制。各期岩浆作用最晚阶段形成的硅铝质含量较高且成矿元素明显富集的小型侵入体与成矿关系最为密切。多宝山地区是不同时代构造-岩浆作用的中心地带, 富含铜、金等成矿组分的中奥陶统多宝山组海相火山岩地层是不同时代矿床的统一矿质来源, 导致不同时代的成矿作用叠加发生、不同时代矿产种类具有一致性以及矿床集中分布等特点。

关键词 地质学; 铜金矿床; 成矿作用; 控矿条件; 矿质来源; 多宝山地区; 黑龙江

中图分类号: P618.41; P618.51

文献标志码: A

Cu-Au mineralization and metallogenic regularity of Duobaoshan area, Heilongjiang Province

ZHAO ZhongHai, ZHENG WeiZheng, QU Hui, GUO Yan, LI ChengLu,
WANG Zhuo and ZHANG JianFeng

(Geological Survey of Heilongjiang Province, Harbin 150036, Heilongjiang, China)

Abstract

There are multi-periodic Cu-Au ore-forming processes in Duobaoshan area, Heilongjiang Province, which involve Middle Caledonian, Early Yanshanian, and Late Yanshanian periods. The mineralization and metallogenic regularity of ore deposits formed in these periods are discussed in this paper. The porphyry Cu-Mo-(Au) deposits were mainly generated in Middle Caledonian period, the skarn Cu-Fe-(Au) deposits and Mo-W-Zn deposits were mainly formed in Early Yanshanian period, and the epithermal gold mineralization took place in Late Yanshanian period. These different types of ore deposits are mainly controlled by the Middle Ordovician and Lower Devonian strata and the ring structure associated with the NE- and NW-trending faults. The small plutons formed during the late stage of the magmatic evolution are often associated with these ore-forming processes.

Key words: geology, Cu-Au deposit, mineralization, ore-controlling condition, mineral sources, Duobaoshan area, Heilongjiang Province

黑龙江多宝山地区是中国东北地区重要的铜矿 产区。20 世纪 50 年代以来, 在该区三矿沟至铜山的

* 本文得到中国地质调查局“黑龙江多宝山地区矿产远景调查项目(编号: 1212010781024)”和“黑龙江多宝山地区异常查证项目(编号: 1212011120690)”资助

第一作者简介 赵忠海, 男, 1984 年生, 学士学位, 工程师, 现从事区域地质矿产调查工作。Email: zhaozhonghai_99@163.com

收稿日期 2010-10-30; 改回日期 2012-02-16。许德煊编辑。

仅百余平方公里的范围内,相继发现了多宝山、铜山、三矿沟等铜矿床以及一批矿点,探明铜资源量368万吨,占黑龙江省已探明铜资源储量的94%(截至2009年底,黑龙江省矿产资源储量表)。20世纪90年代以来,在该铜矿勘查老区,又发现了三道湾子、争光等大型岩金矿床以及其他一些浅成热液金矿,并不断发现新的金矿产地。这促使人们重新认识多宝山矿集区的主要矿产种类和矿床类型,以及对该区铜、金矿产的成矿特征和成矿规律等开展深入研究。本文在系统收集、整理多宝山地区地质、矿产资料的基础上,对比研究了该地区加里东中期、燕山早期和燕山晚期的铜金成矿特征,并总结其成矿控制条件,进而探讨了其成矿规律。

1 地质矿产概况

多宝山地区的大地构造位置处于天山-兴蒙造山带大兴安岭褶皱带与小兴安岭优地槽隆起带耦合部位的扎兰屯-多宝山岛弧带,其北侧为海拉尔-呼玛弧后盆地,南侧为贺根山-黑河蛇绿混杂带及孙吴上叠构造盆地的西北段(图1)。

区内出露的地层有:上元古界—下寒武统落马湖群,主要岩性为角闪岩、石英片岩、二云片岩、变粒岩、变质砂岩、板岩夹中-酸性火山岩;中奥陶统多宝山组,为一套中性海相火山岩,岩性主要为英安质安山质熔岩、火山角砾凝灰岩、沉凝灰岩及安山岩;上古生界,主要为细砂岩、板岩夹凝灰质板岩及中-酸性火山岩;中生界,为一套基-酸性陆相火山岩;新生代,为碱性玄武岩和现代河床沉积(图1)。

区内岩浆活动频繁,花岗岩类复杂多样,主要形成于加里东中期、海西晚期、燕山早期及燕山晚期。发育NW向和NE向断裂,铜金矿床(点)的分布明显受这2组断裂构造的控制(图2)。

区内金属矿产以铜、金、钼为主,还有少量经济价值不大的铁、锌、钨、锑等。已发现的金属矿床及矿点的简要特征见表1。区内的矿床、矿点之间具有不同程度的成因联系,呈明显的集中分布趋势。已发现的矿床(点)构成了3个各具特色的矿田,自西向东为:三矿沟铜、金、铁矿田;多宝山-争光铜、钼、金矿田;三道湾子-上马场金矿田。

2 不同地质时期的铜金成矿作用与典型矿床

多宝山地区内的铜、金矿床(点)主要形成于加里东中期、燕山早期和燕山晚期,各期的成矿作用具有不同的特征。

2.1 加里东中期的铜、金成矿作用及典型矿床

2.1.1 加里东中期成矿作用概述

加里东中期是黑龙江省最重要的铜成矿期,形成了多宝山、铜山等大型铜(金)矿床,以及小多宝山、鸡冠山、跃进、报捷、报捷东山、535.8高地等铜(钼)矿点,集中分布在三矿沟与争光之间的长约15 km、宽约10 km呈NW向延长的狭小范围内(图1)。其内集中赋存的铜资源量占了黑龙江省已探明铜资源量的94%;此外,还赋存了相当数量的钼矿和金矿资源。

矿床类型为单一的斑岩型。主要成矿元素是铜和钼。金为伴生元素,多宝山和铜山斑岩铜钼矿床中伴生的金分别达到了大型和中型规模。已发现的矿床和矿点沿争光-三矿沟NW向弧形构造带分布。赋矿地层均为中奥陶统多宝山组安山岩类。与成矿有关的侵入岩为加里东中期花岗闪长岩体或花岗闪长岩-花岗闪长斑岩复式岩体。与成矿有关的典型蚀变为分带型石英化-钾化(钾长石化、黑云母化)绢云母化-黏土化-青磐岩化组合。大型矿床形成面型分带蚀变,矿点一般形成条带型分带蚀变。矿体赋存在加里东中期侵入岩与多宝山组接触带附近的花岗闪长岩内或多宝山组安山岩中。大型矿床内矿体的形态为似层状-大透镜体状,矿点中矿体的形态为小透镜体状和长条状。矿体构造主要为细脉浸染型,矿体与围岩之间无清晰界线。矿石中的金属矿物主要是黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿和辉钼矿,其次为黝铜矿、磁铁矿、闪锌矿、金红石等。加里东中期形成的矿床以多宝山铜(金)矿床为代表。

2.1.2 多宝山斑岩型铜(金)矿床

多宝山矿床位于嫩江县北部,距黑河市约160 km。

地层和控矿构造

该矿区内出露的地层为中奥陶统多宝山组,是

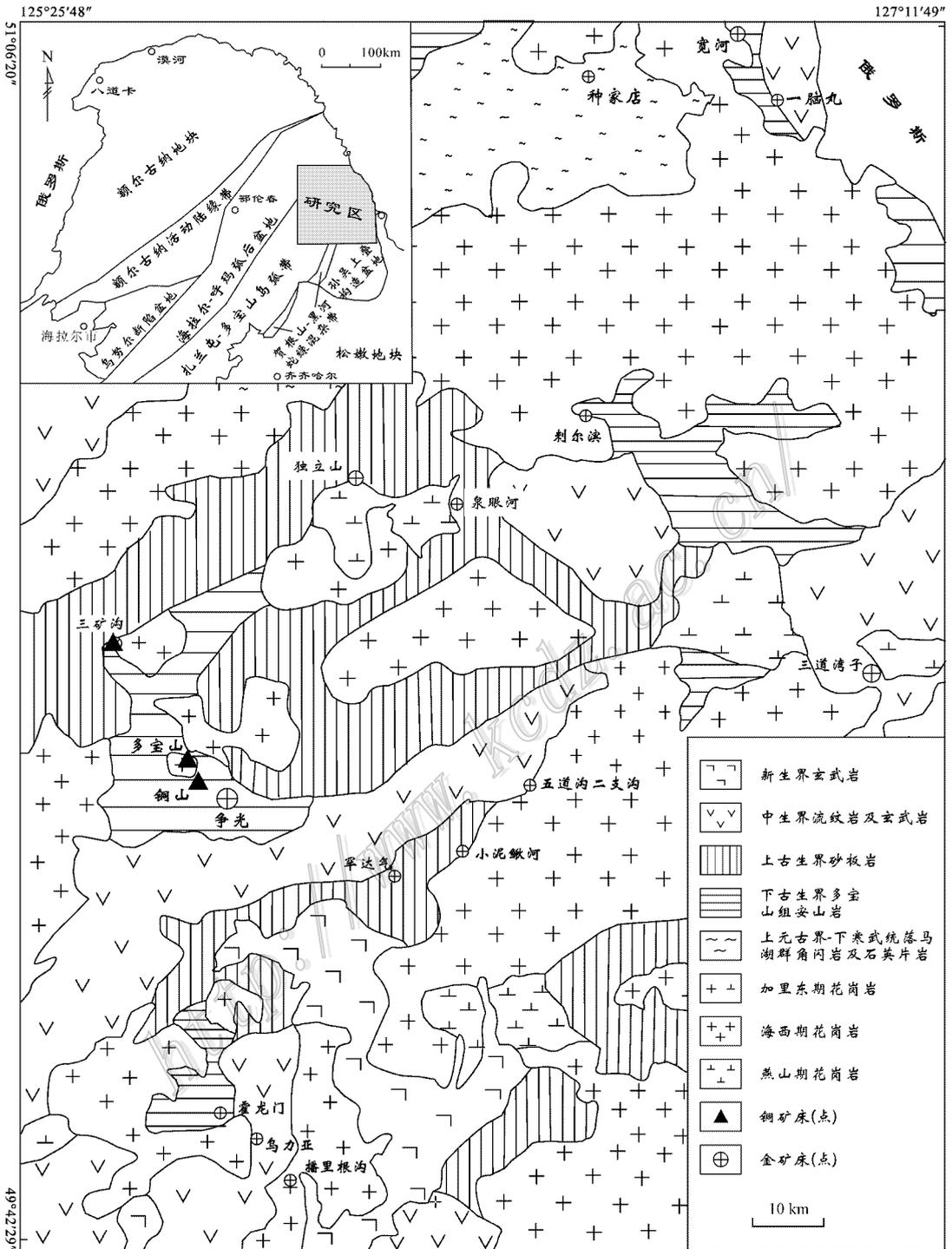


图 1 多宝山地区地质矿产简图(据黑龙江省地质调查研究总院 2008^{①②}修改)

Fig. 1 Geological sketch map of Duobaoshan area (after Geological Survey of Heilongjiang Province, 2008)

① 黑龙江省地质调查研究总院. 2008. 卧都河幅、黑河市幅 1:25 万区域地质矿产调查报告. 内部资料.

② 黑龙江省地质调查研究总院. 2008. 兴隆幅、呼玛县幅 1:25 万区域地质矿产调查报告. 内部资料.

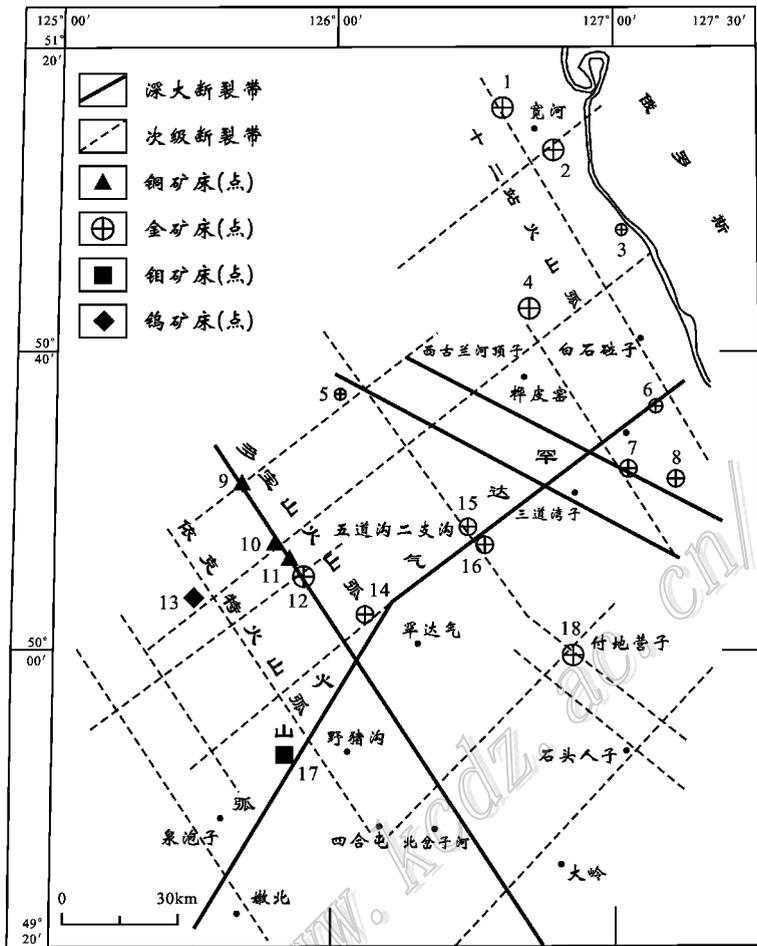


图 2 多宝山区构造纲要图(据谭成印等, 2010 修改)

矿床(点)名称: 1—二十四号桥金矿床; 2—宽河金矿床; 3—大新屯-小新屯金银铋汞矿床; 4—刺尔滨河金钼矿床; 5—马鞍山金银矿床; 6—红业家金矿床; 7—三道湾子金铋矿床; 8—上马场金矿床; 9—三矿沟铜铁矿床; 10—多宝山铜矿床; 11—铜山铜矿床; 12—争光金铋矿床; 13—关鸟河钨矿床; 14—小泥鳅河金矿床; 15—五道沟二支沟金矿床; 16—五道沟南山金钼矿床; 17—野猪沟钼矿床; 18—付地营子铜金矿床

Fig. 2 Structure outline map of Duobaoshan area (modified after Tan et al., 2010)

Name of deposits (spot): 1—Ershisihaoqiao Au deposit; 2—Kuanhe Au deposit; 3—Daxintun-Xiaoxintun Au-Ag-Sb-Hg ore spot; 4—Cierbinhe Au-Mo ore spot; 5—Maanshan Au-Ag ore spot; 6—Hongyejia Au deposit; 7—Sandaowanzi Au-Sb deposit; 8—Shangmachang Au deposit; 9—Sankuanggou Cu-Fe deposit; 10—Duobaoshan Cu deposit; 11—Tongshan Cu deposit; 12—Zhengguang Au-Zn deposit; 13—Guanniaohe tungsten deposit; 14—Xiaoniquhe Au deposit; 15—Wudaogouerzhigou Au deposit; 16—Wudaogounanshan Au-Mo deposit; 17—Yezhugou Mo deposit; 18—Fudiyingzi Cu-Au deposit

一套以中性、中-酸性火山岩为主的滨海-浅海相火山-沉积岩, 夹少量火山碎屑沉积岩及大理岩。其岩性主要为安山岩、安山质及英安质凝灰岩、凝灰熔岩、凝灰角砾岩、大理岩等。多宝山组安山岩全岩 Rb-Sr 年龄为 460 Ma (李德荣等, 2010)。

多宝山矿床位于三矿沟-多宝山倒转背斜靠近轴部的 NW 向与 NE 向断裂的交汇处(图 3)。矿区内发育 NW 向褶皱和断裂, 以及 NE 向、SN 向及 EW 向断裂。NW 向弧形构造带是主要的控矿构造,

是由弧形弯曲与 NW 向延伸的地层、侵入体、断裂、片理化带等联合构成。矿体大多位于 NW 向弧形构造带中(图 3)。

成矿侵入体

加里东中期发生过 2 次主要的岩浆侵入活动, 形成了由花岗闪长岩和花岗闪长斑岩组成的复式岩体。

第 1 次岩浆侵入形成了花岗闪长岩株, 地表出露面积约 9 km²。花岗闪长岩的锆石 SHRIMP U-Pb

表 1 多宝山区铜金矿床(点)地质特征统计表
Table 1 Geological characteristics of Cu-Au deposits (ore spots) in Duobaoshan area

矿床(点)名称	成矿时代 (年龄/Ma)	成因类型	赋矿地层	成矿岩体	赋矿构造	蚀变特征	金属矿物	矿体类型
加东中期								
多宝山铜钼(金)矿床	奥陶纪(506)	斑岩型	中奥陶统多宝山组安山岩类	花岗闪长岩、花岗岩闪长斑岩	接触构造外带	面型分带蚀变: 石英化、黑云母化、钾长石化、绢云母化、黏土化、青磐岩化	黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿、黝铜矿、辉钼矿	细脉浸染型
铜山铜钼(金)矿床	奥陶纪(506)	斑岩型	中奥陶统多宝山组安山岩类	花岗闪长岩	接触构造内、外带	面型分带蚀变: 石英化、黑云母化、钾长石化、绢云母化、青磐岩化	黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿、方铅矿、闪锌矿	细脉浸染型及脉型
小多宝山铜钼矿点	奥陶纪	斑岩型	中奥陶统多宝山组安山岩类	花岗闪长岩	接触构造内、外带	沿接触带分布的宽带型蚀变: 黑云母化、绿泥石化、绢云母化、绿帘石化、钾长石化	黄铜矿、斑铜矿、黄铁矿、钼矿、金红石	细脉浸染型
鸡冠山铜钼矿点	奥陶纪	斑岩型	中奥陶统多宝山组安山岩类	斑状花岗闪长岩、花岗闪长岩	接触构造内、外带	条带形蚀变: 石英化、黑云母化、白云母化、钾长石化、绢云母化、青磐岩化	黄铜矿、斑铜矿、黄铁矿、磁铁矿、辉钼矿	细脉浸染型
跃进钼铜矿点	奥陶纪	斑岩型	中奥陶统多宝山组安山岩类	花岗闪长岩	接触构造内、外带	条带形蚀变: 石英化、钾长石、黑云母化、青磐岩化、砂卡岩化	黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿、辉钼矿	细脉浸染型
燕山早期								
三矿沟铜铁(金)矿床	早侏罗世(168~184)	砂卡岩型	中奥陶统多宝山组安山岩类	斜长花岗岩、花岗岩	接触构造	受接触带控制的带状蚀变: 砂卡岩化、绿泥石化、碳酸盐化、绢云母化等	磁铁矿、黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿、辉钼矿	交代充填砂卡岩型
育宝山铜铁(金)矿点	早侏罗世	砂卡岩型	中奥陶统多宝山组安山岩类	斜长花岗岩	接触构造	受接触带控制的带状蚀变: 砂卡岩化	磁铁矿、黄铜矿、辉钼矿、方铅矿、闪锌矿、辉钼矿	交代充填砂卡岩型
关鸟河中游铜矿床	早侏罗世	砂卡岩型	中奥陶统多宝山组安山岩类	斜长花岗岩	复杂接触构造	受接触带控制的带状蚀变: 砂卡岩化、钙铁石榴子石和石英化	白钨矿、辉钼矿、磁铁矿、黄铁矿	交代充填砂卡岩型
关鸟河中游铜钼矿点	早侏罗世	砂卡岩型	中奥陶统多宝山组安山岩类	斜长花岗岩	接触构造	受接触带控制的带状蚀变: 砂卡岩化	黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿	交代充填砂卡岩型
野猪沟钼矿点	早侏罗世	斑岩型	中奥陶统多宝山组安山岩类	花岗闪长岩	岩体内部破碎带	由矿体向外发育石英英岩化、云英岩化、绢云母化、泥化、青磐岩化等	辉钼矿、黄铜矿、方铅矿、方铅矿、黄铁矿、磁黄铁矿	细脉浸染型
燕山晚期								
三道湾子金矿床	早白垩世(112.2)	浅成热液石英英脉型	下白垩统龙江山组粗安岩和安山质火山角砾岩	流纹斑岩	构造破碎带	宽带型蚀变: 由矿体向围岩主要有硅化、黄铁矿化、绢云母化、碳酸盐化、绿泥石化、绿帘石化等	黄铁矿、方铅矿、黄铜矿、自然金	热液脉型
争光金矿床	早白垩世(?)	浅成热液蚀变岩型	中奥陶统多宝山组安山岩类	闪长岩、安山玢岩、闪长玢岩	构造破碎带	宽带型蚀变: 硅化、绢云母化、绿泥石化、黄铁矿化、绿帘石化	铜矿、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、自然金	热液脉型
宽河金矿床	早白垩世	浅成热液石英英脉型	中奥陶统多宝山组安山岩类	闪长玢岩	构造破碎带	近脉两侧蚀变: 硅化、绢云母化、褐铁矿化、绿泥石化	黄铜矿、方铅矿、自然金	热液脉型
桦皮岔铅金矿点	早白垩世	浅成热液石英英脉型	中奥陶统多宝山组安山岩类	闪长岩、闪长玢岩	构造破碎带	条带状蚀变: 硅化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化	方铅矿、闪锌矿、雌黄、自然金	热液脉型
五道沟二支沟金矿床	早白垩世(100.4)	浅成热液斑岩型	下侏罗统罕达气组、泥盆组砂板岩类	花岗斑岩、花岗岩	岩体内部破碎带	面状蚀变: 硅化、绢云母化、绿帘石化、碳酸盐化	黄铁矿、方铅矿、黄铜矿、自然金	热液脉型
小泥碱河金矿床	早白垩世	浅成热液石英英脉型	志留系砂板岩类	碱性花岗斑岩	接触构造内带	条带状蚀变: 石英英脉或脉体向外依次为泥化带、绢云母化带、绿泥石化带	自然金	热液脉型

注: 本表依据相关矿床的勘查报告及有关的小区测报数据编制; 表中成矿年龄数据的详细资料参见下文的相关段落。

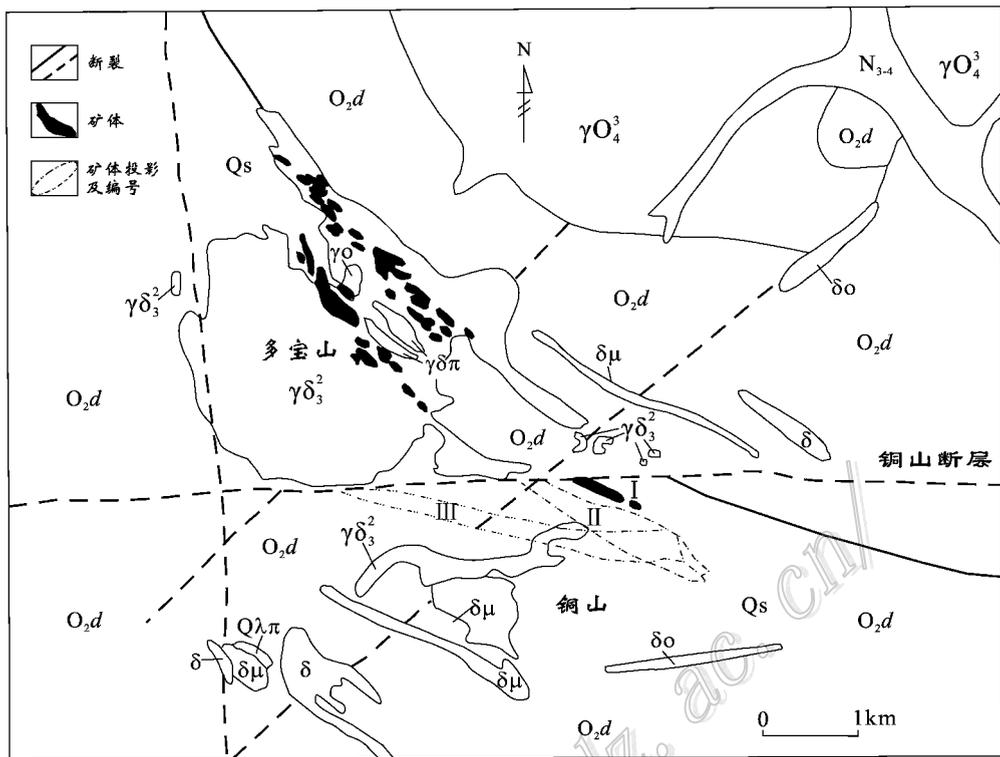


图3 多宝山斑岩铜(金)矿床地质简图(据刘杨等,2008修改)

$N_{3.4}$ —现代堆积; O_2d —中奥陶统多宝山组安山岩; $\gamma\delta_3^2$ —加里东期花岗岩; γO_4^3 —晚海西期斜长花岗岩; $\gamma\delta\pi$ —中-晚海西期花岗闪长岩; γo —中-晚海西期斜长花岗岩; $\delta\mu$ —闪长玢岩; δ —闪长岩; δo —石英闪长岩; $Q\lambda\pi$ —霏细斑岩; Qs —含矿蚀变带

Fig. 3 Geological sketch map of the Duobaoshan porphyry Cu(Au) deposit (modified after Liu et al., 2008)

$N_{3.4}$ —Modern accumulation; O_2d —Middle Ordovician Duobaoshan Formation; $\gamma\delta_3^2$ —Caledonian granodiorite; γO_4^3 —Late Hercynian plagiogranite; $\gamma\delta\pi$ —Middle-Late Hercynian granodiorite porphyry; γo —Middle-Late Hercynian plagiogranite; $\delta\mu$ —Diorite porphyry; δ —Diorite; δo —Quartz diorite; $Q\lambda\pi$ —Felsophyre; Qs —Ore-bearing alteration zone;

年龄为 (479.5 ± 4.6) Ma(崔根等,2008);其5件辉钼矿样品的 Re-Os 模式年龄分别为 (521 ± 20) Ma、 (509 ± 5) Ma、 (507 ± 3) Ma、 (505 ± 14) Ma 和 (476 ± 14) Ma,其 Re-Os 等时年龄为 (506 ± 14) Ma(赵一鸣等,1997)。

第2期岩浆侵入形成了花岗闪长斑岩,侵入于先期形成的花岗闪长岩株。地表出露2个花岗闪长斑岩小岩体,面积分别为 0.08 km^2 和 0.09 km^2 ,向深部合为一体并有膨大趋势。岩体强烈硅化。

蚀变与矿化

与花岗闪长岩有关的热液活动引起了较弱的蚀变和矿化,主要是在岩体内部和外接触带的多宝山组安山岩中形成了青磐岩,局部形成角岩、矽卡岩和绢英岩。在蚀变带中形成了少量铁矿化以及微弱的铜矿化。

与花岗闪长斑岩有关的热液活动引发了大规模

的成矿作用。矿区内以花岗闪长斑岩小岩体(硅化核)为中心,向外依次为钾硅化带(石英、钾长石、黑云母)、绢云母化带(石英、绢云母及绿泥石、绿帘石)、青磐岩化带(绿泥石、绿帘石、碳酸盐等)。已查明的200多个矿体呈大小不等的规则状、扁豆状、似板状透镜体,沿NW向弧形构造带并围绕花岗闪长斑岩体分布。矿体主要赋存在绢云母化带中,其次赋存在毗邻绢云母化带的钾化带中(韩振新等,2004)。

矿体大部分分布在蚀变花岗闪长岩中,少部分分布在蚀变安山岩中(王喜臣等,2007),花岗闪长斑岩体(硅化核)基本不含矿。矿体分布范围一般距花岗闪长斑岩体 $0 \sim 500 \text{ m}$,以 $50 \sim 150 \text{ m}$ 范围内矿化最强。矿石为细脉浸染型。矿石中的金属矿物主要为黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿、辉钼矿,其次为磁铁矿、赤铁矿、金红石、方铅矿、闪锌矿和磁黄铁矿,含少量黝铜矿、砷黝铜矿、白钨矿和自然金等。矿床中伴生

的金高达 73.4 t, $\alpha(\text{Au})$ 平均为 0.144 g/t。

成矿物理化学条件及矿床成因

多宝山矿床的地质特征和相关的同位素测年资料均反映出该矿床形成于中奥陶世,是比较典型的斑岩型矿床。该矿床中的铜主要来源于中奥陶统多宝山组安山岩类(杜琦等,1988;刘杨等,2008)。早期与花岗闪长岩有关的矿化的成矿温度较高(310~470℃),晚期与花岗闪长斑岩有关的矿化(主成矿期)的成矿温度降低(200~300℃)(杜琦等,1988)。矿床中 6 件金属硫化物矿物的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 3.3‰~ -5.2‰,平均值为 -0.77‰,表明其硫可能来源于深部(赵元艺等,1997)。氢、氧同位素测试结果显示,钾硅化成矿阶段的成矿流体基本上为岩浆水;石英绢云母化成矿阶段的成矿流体以岩浆水为主,混有大气降水;碳酸盐化成矿阶段的成矿流体主要为大气降水。

2.2 燕山早期铜铁(金)成矿作用及典型矿床

2.2.1 燕山早期成矿作用概述

多宝山地区燕山早期的成矿作用不强,发生在多宝山西北的三矿沟地区和多宝山西南的关鸟河、野猪沟等地。主要形成了矽卡岩型矿床,个别为斑岩型矿床。矿产地有三矿沟铜铁(金)矿床、育宝山铜铁(金)矿点、关鸟河白钨矿床、关鸟河中游钨钨矿点和野猪沟钨矿点等。

赋矿地层主要是中奥陶统多宝山组安山岩类及铜山组砂砾岩和凝灰岩类。与成矿有关的侵入岩为燕山早期斜长花岗岩和花岗闪长岩。矿体多赋存在侵入体与多宝山组、铜山组接触带的矽卡岩中。与成矿有关的围岩蚀变主要是矽卡岩化,此外有绿泥石化、碳酸盐化、绢云母化等。该期矿床以三矿沟铜铁(金)矿床为代表。

2.2.2 三矿沟矽卡岩型铜铁(金)矿床

地质概况

三矿沟矿区出露的地层为中奥陶统多宝山组的砂岩、粉砂岩夹安山岩及大理岩透镜体等。其中,大理岩透镜体是赋矿围岩。

与成矿关系密切的燕山早期侵入体主要由花岗闪长岩及斜长花岗岩组成,地表出露面积为 36 km²。据韩振新等(2004)资料,矿区内花岗闪长岩的同位素年龄为 172~184 Ma。另据付艳丽等(2010)资料,与三矿沟矿床有关的花岗闪长岩的同位素年龄为 176 Ma。葛文春等(2007)采用锆石 U-Pb 法对三矿沟矿区花岗闪长岩进行了年龄测定,12 个分析点

的加权平均年龄为(177±3) Ma。李德荣等(2011)对三矿沟岩体采用锆石 U-Pb 法取得的年龄值为(168.2±1.0) Ma。

该矿区内发育 NW 向和 NE 向的褶皱和断裂构造,控矿构造主要是 NW 向断裂破碎带或层间破碎带。

蚀变与矿化

根据矿物生成顺序将成矿过程分为 4 个阶段(吕鹏瑞等 2011): I. 干矽卡岩阶段,主要形成透辉石、石榴子石、硅灰石; II. 湿矽卡岩-氧化物阶段,主要形成绿帘石、磁铁矿、镜铁矿、石英; III. 早期硫化物阶段,主要形成磁铁矿、黄铁矿、斑铜矿、黄铜矿、辉钼矿、银金矿、绿泥石、石英; IV. 晚期硫化物阶段,主要形成黄铜矿、闪锌矿、方解石。

铜、铁矿体赋存在侵入岩与多宝山组大理岩的内、外接触带的矽卡岩中。该矿区内已查明 41 条矿体,分别为铜矿体、铜铁矿体和铁矿体。矿体呈似层状、扁豆状及透镜状,产状与地层产状基本一致(图 4)。矿石中的主要金属矿物是磁铁矿、黄铜矿和斑铜矿,其次有黄铁矿、闪锌矿、辉钼矿等。矿床中伴生的金达到小型规模, $\alpha(\text{Au})$ 平均为 0.39 g/t。

成矿物理化学条件

干矽卡岩阶段(I)的成矿温度(均一温度)为

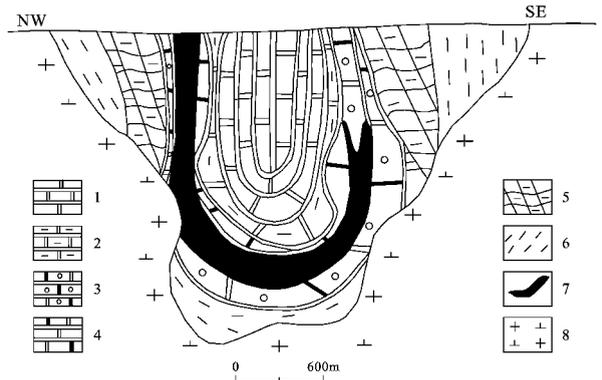


图 4 三矿沟铜铁(金)矿床 2 号矿带勘探线剖面图
(据韩振新等 2004)

1—大理岩;2—硅灰石大理岩;3—钙铁石榴石矽卡岩;
4—钙铝石榴石矽卡岩;5—透辉石角岩;6—黑云母石英角岩;
7—铜铁矿体;8—钾长石花岗闪长岩

Fig. 4 Geological section along No. 2 ore belt in the Sankuanggou Cu-Fe-Au deposit
(modified after Han et al, 2004)

1—Marble; 2—Wollastonite marble; 3—Calcium-iron garnet skarn;
4—Calcium-aluminum garnet skarn; 5—Diopside hornfels; 6—Biotite quartz hornfels; 7—Cu-Fe orebody; 8—K-feldspar granodiorite

422~478℃,平均449℃;湿砂卡岩-氧化物阶段(II)的成矿温度为255~392℃,平均317℃;早期硫化物阶段(III)的成矿温度变化较大,为178~352℃;晚期硫化物阶段(IV)的成矿温度为223~337℃,平均299℃。流体压力计算结果显示,该矿床的成矿压力和成矿深度的变化范围较大,分别为39.44~133.65 MPa和3.94~9.64 km(吕鹏瑞等,2011)。

总体来看,该矿床是中-高温流体成矿,随着成矿作用的进行,成矿流体具有较为明显的降温趋势,成矿压力和成矿深度也明显减小。铁铜矿石形成于高温、高盐度阶段,岩浆热液在整个成矿过程中起着主导作用(刘军等,2009)。

2.3 燕山晚期金成矿作用及典型矿床

2.3.1 燕山晚期成矿作用概述

多宝山地区燕山晚期成矿作用分布广泛,主要形成金矿,伴生少量经济价值不大的铜、铅、锌等有色金属矿化。该期矿床中取得的反映成矿时代的同位素年龄数据较少。三道湾子金矿床的成矿年龄为112.2 Ma(详见下文),五道沟二支沟金矿床的成矿年龄为100.4 Ma(韩振新等,2004)。

该期矿床与白垩纪火山岩、次火山岩有密切的空间关系和成因联系。赋矿地层主要为中奥陶统多宝山组安山岩类和下白垩统龙江组酸性火山岩,此外还有下泥盆统火山-沉积岩及志留系砂板岩类。与成矿有关的侵入体是一些超浅成或次火山相的小型侵入体及岩脉,主要岩性为花岗斑岩、花岗闪长斑岩、闪长岩、闪长玢岩、安山玢岩和流纹斑岩等。控矿构造是围岩和岩体内部的构造破碎带,以及岩体与围岩的接触带。与成矿关系密切的围岩蚀变主要是硅化、绢云母化和黄铁矿化,此外,不同程度地发育有黏土化、绿泥石化、绿帘石化、碳酸盐化等。矿体主要为脉状,包括石英脉和破碎带蚀变岩2种类型。燕山晚期形成的矿床以三道湾子和争光大型金矿床为代表,前者为浅成热液石英脉型,后者为浅成热液蚀变岩型。

2.3.2 三道湾子浅成热液型金矿床

三道湾子金矿床位于黑河市西北50 km处。

地质概况

该区内出露的地层是下白垩统龙江组,主要为粗安岩和粗安质火山角砾岩;下白垩统光华组,为流纹质含角砾凝灰岩、流纹岩和英安岩。印支期二长花岗岩分布在该矿区的南部。辉绿玢岩、闪长玢岩和流纹斑岩等岩脉零星出露。矿区内主要发育

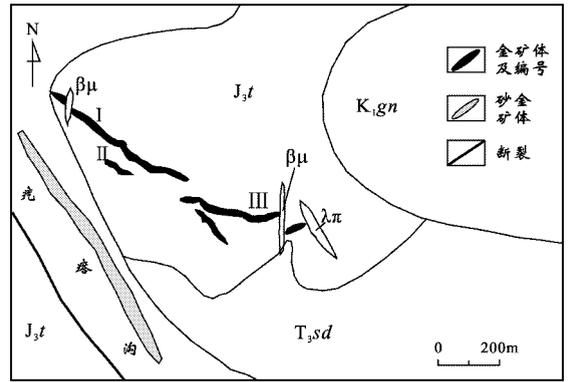


图5 三道湾子矿区地质简图(据吕军等,2009修改)

K_{1gn} —下白垩统光华组酸性火山碎屑岩和熔岩; K_{1l} —下白垩统龙江组粗安岩和粗安质火山角砾岩; T_{3sd} —印支期花岗岩; $\beta\mu$ —辉绿玢岩; $\lambda\pi$ —流纹斑岩

Fig. 4 Geological sketch map of Shandaowanzi ore district (modified after Lü et al., 2009)

K_{1gn} —Lower Cretaceous Guanghua Formation; K_{1l} —Lower Cretaceous Longjiang Formation; T_{3sd} —Indosinian granite; $\beta\mu$ —Diabase porphyry; $\lambda\pi$ —Rhyolite porphyry

NW向断裂(图5)。

蚀变与矿化

在该区内,受NW向断裂的控制,形成了3个矿带(武子玉等,2005)。I号矿带,长510 m,平均宽4.5 m,延深超过200 m;II号矿带,长210 m,平均宽0.56 m;III号矿带,长320 m,平均宽70 m。金矿化主要赋存在各矿带的石英脉和靠近石英脉的硅化蚀变带中,矿体长度19~205 m不等。矿带和矿体的总体走向为NW31°。I、II、III号矿带内矿体的 $\alpha(\text{Au})$ 平均分别为5 g/t、10.17 g/t和3.63 g/t。

矿石中除含有少量银金矿和自然金外,金、银主要以碲化物形式分布于石英脉中。主要的含金、银矿物有碲金矿、斜方碲金矿、针碲金银矿、碲金银矿、碲银矿、六方碲银矿、碲铅矿和碲汞矿。各种金、银碲化物的Au、Ag、Te统计含量分别为 $\omega(\text{Au})$ 30.20%、 $\omega(\text{Ag})$ 34.35%、 $\omega(\text{Te})$ 35.45%(陈美勇等,2008)。除金、银矿物外,还含有少量黄铜矿、磁铁矿、闪锌矿和方铅矿等。脉石矿物主要有石英、玉髓、高岭石、绢云母、绿帘石、绿泥石、方解石等。

成矿分3个阶段(吕军等,2005a)。第1阶段为石英-黄铁矿化阶段,成矿热液沿构造带充填交代,形成了含少量黄铁矿的石英脉,为弱金矿化阶段。第2阶段为石英-金-多金属阶段,成矿热液交代围岩及先前阶段的石英脉,局部形成了角砾岩型矿石,形成了碲金矿、碲银矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、辉银

矿等,为主要的金矿化阶段。第 3 阶段为石英-碳酸盐化阶段,主要表现为方解石细脉伴有石英细脉沿裂隙和空洞穿插充填,无金矿化。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。

成矿时代与矿床成因

矿区内赋存金矿体的下白垩统龙江组安山岩的锆石 U-Pb 年龄为 $(115.4 \pm 1.6) \text{Ma}$ ^①,成矿年龄应晚于该年龄。赵胜金等(2010)采用 LA-ICP-MS 方法,对矿体围岩安山岩及穿切矿脉的辉绿岩(脉)内的岩浆结晶锆石进行了 U-Pb 年龄测定,依据 2 个测年结果认为,该矿床的成矿时代为早白垩世。陈静等(2011)测定了该区内成矿期闪长玢岩脉中锆石的 U-Pb 年龄,测定结果为 $(112.2 \pm 1.1) \text{Ma}$ 。上述资料表明该矿床形成于早白垩世。

该矿床中黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 $-1.1\text{‰} \sim -1.7\text{‰}$,具深源特征。石英的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{水}}$ 值为 $-15.3\text{‰} \sim -9.9\text{‰}$, $\delta\text{D}_{\text{V-SMOW}}$ 值为 $-110\text{‰} \sim -85\text{‰}$,说明其成矿流体主要为大气降水。流体包裹体的均一温度为 $181 \sim 267^\circ\text{C}$;盐度 $\omega(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 的变化范围为 $15.6\% \sim 16.9\%$,平均为 16.1% ,属中等盐度(吕军等 2005b)。流体成分特征显示出该矿床为浅成热液成因。武子玉等(2005)通过氢、氧、硫同位素和流体包裹体研究,认为三道湾子金矿床是与中生代陆相火山岩有关的中-低温浅成热液矿床。赵胜金等(2010)通过流体包裹体和同位素研究认为,三道湾子金矿床是典型的碲化物型浅成热液金矿床,其矿物组合及成矿背景可与同类矿床对比。

2.3.3 争光浅成热液型金矿床

争光金矿床位于嫩江县境内,距多宝山矿床南东约 8 km。

地质概况

该矿区内出露中奥陶统铜山组(石英粗砂岩、长石石英砂岩、凝灰质粉砂岩等)和多宝山组(安山岩、安山质和英安质凝灰岩等),后者是主要的赋矿围岩(图 6)。由闪长岩组成的燕山早期浅成侵入体分布在该矿区的南部,出露面积约 1.8 km^2 。此外,广泛分布有安山玢岩、闪长玢岩类小侵入体和岩脉,它们侵入于中奥陶统和燕山早期闪长岩体,与金矿体有密切的空间关系。区内发育 NW 向、NE 向和近 SN 向断裂。

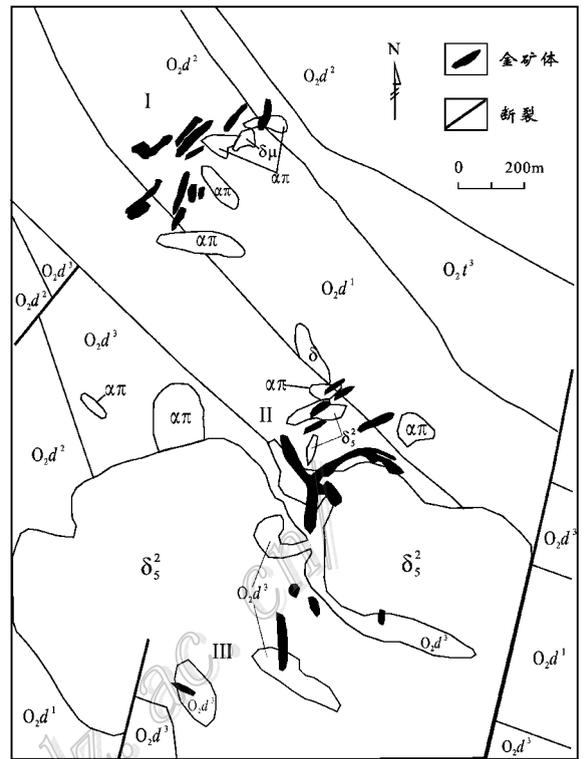


图 6 争光矿区地质简图(据武子玉等,2006 修改)

O_2d^3 —多宝山组三段:安山岩夹凝灰岩; O_2d^2 —多宝山组二段:中—酸性熔岩和凝灰岩; O_2d^1 —多宝山组一段:安山岩夹大理岩; O_2t^3 —铜山组三段:砂砾岩及砂岩; δ_5^2 —燕山早期闪长岩; δ —闪长岩; δ_{μ} —闪长斑岩; $\alpha\pi$ —安山玢岩;I、II、III—金矿带编号

Fig. 6 Geological sketch map of the Zhengguang ore district (modified after Wu et al., 2006)

O_2d^3 —3rd Member of Duobaoshan Formation; O_2d^2 —2nd Member of Duobaoshan Formation; O_2d^1 —1st Member of Duobaoshan Formation; O_2t^3 —3rd Member of Tongshan Formation; δ_5^2 —Early Yanshanian diorite; δ —Diorite; δ_{μ} —Diorite porphyry; $\alpha\pi$ —Andesitic porphyrite; I、II、III—Au ore zone and its serial number

蚀变与矿化

蚀变-矿化主要有 4 期。第 1 期,表现为闪长岩体边部发育青磐岩化,偶见闪锌矿、方铅矿。第 2 期,表现为断裂控制的脉状细粒黄铁绢英岩化,形成了大量黄铁矿和少量闪锌矿、方铅矿、黄铜矿,并有金矿化。第 3 期,为金-石英-硫化物主成矿期:早阶段形成了细粒状细脉-网脉状石英,含少量黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿,有较好的金矿化;晚阶

段形成了粗粒状细脉-网脉状石英,含较多黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿,有显著的金矿化。第4期,为石英-碳酸盐-少硫化物弱成矿期,有弱金矿化,伴有少量金属硫化物(赵广江等,2007;谭成印,2009)。

初步查明的68条金矿体主要赋存在多宝山组火山岩及燕山早期闪长岩中。金矿体集中分布的地段也是安山玢岩等小侵入体或岩脉集中分布的地段。矿体为脉状,呈NE向、NW向和近SN向展布。在3组断裂交汇处形成的Y形构造附近是主要矿体的赋存部位。矿体主要为蚀变岩型,少数为石英网脉型。矿体长50~347 m,延深50~370 m,厚度0.25~14.48 m,多数为1~4 m。矿石中的金属矿物主要有黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、自然金、闪锌矿、褐铁矿、黝铜矿。矿石具浸染状、团块状及条带状构造。围岩蚀变主要是硅化、黄铁矿(褐铁矿)化、绢云母化、绿帘石化、绿泥石化、钾化和碳酸盐化。

成矿时代及矿床成因

矿区附近的燕山早期闪长岩体的K-Ar年龄为182 Ma(谭成印等,2010)。安山玢岩类小侵入体和岩脉侵入于燕山早期闪长岩体和多宝山组地层,代表了燕山早期闪长岩体侵位之后的另一期岩浆活动。安山玢岩类小侵入体及岩脉与矿体有密切的空间关系,反映出成矿时代与安山玢岩类小侵入体及岩脉的形成时代具有一致性。结合黑龙江省目前已发现的浅成热液型金矿床均形成于白垩纪的特点,推测争光金矿床的成矿时代为燕山晚期。

矿体(含金石英脉)的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ 值为1.1‰~15.6‰, δD 为-63‰~-85‰, $\delta^{18}\text{O}_{\text{K}}$ 为-0.2‰~-7.0‰。在 $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}_{\text{K}}$ 图上,6个样品点位于变质水、岩浆水与大气降水区之间,偏向大气降水一侧,显示出成矿流体为变质水、岩浆水与大气降水的混合。流体包裹体测温资料表明,主成矿期的成矿温度为133~176℃。作为金矿体围岩的多宝山组安山岩类的金丰度高出同类岩石十倍至几十倍,可以提供矿源。稀土元素研究表明,含矿岩与矿源岩的矿物组成基本一致,反映了矿质来源于多宝山组地层,矿石和蚀变围岩具有就地改造的特点(武子玉等,2006)。

在成矿过程中,燕山期岩浆的侵入提供了热动力源,岩浆流体与大气降水混合,从地层中萃取了成矿组分,迁移到有利的构造部位富集成矿。该矿床的成因类型为与燕山期浅成岩浆作用有关的浅成低温热液型矿床(付艳丽等,2010)。

3 成矿控制条件及成矿规律

3.1 地层的控矿作用及矿质来源

多宝山地区在中奥陶世沉积了一套以多宝山组为代表的中性火山建造,为铜(金)矿床的形成奠定了物质基础。研究区内,从加里东中期到燕山早期形成的不同成因类型的铜矿床(点),毫无例外地都赋存在多宝山组地层中(表1)。金矿床(点)也主要赋存在多宝山组内,其次赋存在下泥盆统火山沉积地层中。

多宝山组及下泥盆统地层与铜、金矿产的密切空间关系,对于整个黑龙江省西部地区而言都是有代表性的。多宝山组海相火山建造和下泥盆统海相火山-沉积建造是该区域最重要的含矿建造,它们在成矿中的主要作用是提供矿质来源。矿床中的成矿组分主要来源于含矿建造。

多宝山组岩石的铜含量较高(表2)。未蚀变的多宝山组岩石的 $w(\text{Cu})$ 一般为 $(70\sim 200)\times 10^{-6}$,平均为 130×10^{-6} ,区域上其他地层的 $w(\text{Cu})$ 一般很少超过 50×10^{-6} 。在多宝山矿区,矿化中心处岩石的 $w(\text{Cu})$ 一般大于 $1\ 000\times 10^{-6}$;但在离开矿带仅几十米处(强青磐岩化带), $w(\text{Cu})$ 突然降到只有 $(30\sim 50)\times 10^{-6}$;再向外到弱青磐岩化带, $w(\text{Cu})$ 一般为 70×10^{-6} 左右;再向外就恢复到正常(平均 130×10^{-6})。从矿床中心向外, $w(\text{Cu})$ 的规律性变化显示环绕矿床的围岩(多宝山组安山岩类)中存在铜的降低场。在成矿过程中,铜等成矿组分由周围(及深部)的多宝山组岩石向成矿中心部位(现今矿床位置)发生了大量迁移,即多宝山组地层提供了成矿物质(杜琦等,1988)。多宝山矿床的锶同位素资料支持上述推论。多宝山矿床的成矿岩体(花岗岩闪斑岩)的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值为0.7054, $\delta^{18}\text{O}$ 值为+10.59‰,反映出岩浆具有幔源与壳源过渡的特征,即幔源岩浆中加入了硅铝壳物质(围岩)的成分(韩振新等,1996)。

在争光金矿区,多宝山组岩石的铜、金等成矿元素的含量也大大高于地壳克拉克值和黑龙江省的背景含量(表3)。这类成矿元素丰度值较高的地层和岩石,可在成矿作用中提供矿质来源。

三道湾子金矿床赋存在下白垩统以安山岩为主的火山岩内。其中的含金石英脉矿体与围岩安山岩的铅同位素组成基本一致,在铅同位素构造模式图

表 2 多宝山组合岩层铜元素含量(据刘杨等 2008)
Table 2 Copper concentration data of Duobaoshan Formation
(after Liu et al., 2008)

岩性	样品个数	$\omega(\text{Cu})/10^{-6}$
中-酸性凝灰熔岩	5	50
中-酸性凝灰岩	8	137
中性凝灰岩	12	142
安山岩	22	151
凝灰砂岩	8	134
黑龙江背景值		18.5
克拉克值		55

表 3 争光矿区多宝山组岩石微量元素分析统计结果
(据武子玉等 2006)

Table 3 Trace element concentration data of Duobaoshan Formation in Zhengguang ore district (after Wu et al., 2006)

岩石名称	样品数	$\omega(\text{Au})/10^{-9}$	$\omega(\text{B})/10^{-6}$			
			Cu	Ag	Mo	Zn
安山岩	88	14.2	102.1	0.30		214.5
凝灰岩	133	41.21	116.9	0.43	1.79	313.3
绢云板岩	8	157.3	147.1	1.01		314.6
黑龙江背景值		1.0	18.5	0.094	1.48	71.3
克拉克值		4.0	55	0.070	1.5	70

上,其样品投影点均落于地幔与造山带之间,反映出它们的铅源相同,成矿物质与赋矿的安山岩类具有相同的起源(刘宝山等 2006)。

3.2 侵入岩与成矿的关系

多宝山地区不同时代的铜、金矿床均属广义的岩浆热液矿床,岩浆侵入及相关的热液活动是成矿不可或缺的控制条件。该地区发育多旋回的岩浆活动及有关的成矿作用,其中,加里东中期和燕山早期的铜(金)成矿作用与中-浅成岩浆侵入作用有关,燕山晚期的金成矿作用主要与超浅成岩浆作用有关。

加里东中期和燕山早期与铜(金)成矿有关的侵入岩具有相似的特征,都是中-酸性的中深-浅成侵入岩。岩石的 $\omega(\text{SiO}_2)$ 变化范围较窄,岩性相对简单,主要是花岗闪长岩、斜长花岗岩和花岗闪长斑岩。中性岩和酸性岩极少。燕山晚期与金成矿有关的侵入岩包括中性、中-酸性和酸性岩石,其 $\omega(\text{SiO}_2)$ 变化范围较宽,形成深度浅,属超浅成侵入岩或次火山岩,一般与同时代的火山岩紧密共生。其岩石类型相对复杂,有闪长岩、闪长玢岩、安山玢岩、花岗闪长斑岩、花岗斑岩、碱性花岗斑岩、流纹斑岩等多种岩石类型(表 1)。

岩浆活动和成矿作用分阶段发生,一个岩浆旋回中一般有几次主要的岩浆活动及相关的成矿作

用。成矿作用与岩浆演化息息相关,岩浆演化最晚阶段形成的硅铝质含量较高且成矿元素明显富集的小型侵入体,往往与成矿关系最为密切。

在多宝山矿区,加里东中期的岩浆侵入活动先形成了出露面积 9 km^2 的中深成相花岗闪长岩体,与其有关的热液活动仅在岩体内、外接触带形成了青磐岩化及微弱的铜矿化,并未形成工业矿体。岩浆演化晚期形成了侵入到花岗闪长岩中的浅成相花岗闪长斑岩小岩体,出露面积仅 0.17 km^2 ,而与其有关的热液活动却引发了大规模的成矿作用,使铜(金)矿体和各种蚀变带围绕花岗闪长斑岩小岩体分布,形成了大型矿床。从侵入岩地球化学特征看,与成矿关系密切的侵入岩具有较高的酸度,相对富铝(表现为 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ 值增高)。根据晶体场理论,岩浆中铝含量的增高会减弱铜、锌等金属离子进入早期结晶的造岩矿物晶格中的趋向,使金属离子保留在液相中的趋向增强,从而有利于在热液活动期成矿(Feiss, 1978)。多宝山地区花岗闪长岩的 $\omega(\text{SiO}_2)$ 为 $59\% \sim 69\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ 值为 $25 \sim 45$; 与成矿关系密切的花岗闪长斑岩的 $\omega(\text{SiO}_2)$ 为 $68\% \sim 72\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ 值为 $41 \sim 130$ 。此外,花岗闪长斑岩还具有较高的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值 (0.7054) 和 $\delta^{18}\text{O}$ 值 ($+10.59\%$)。上述特征反映出岩浆在上升和演化过程中,通过对硅铝壳物质或基底岩石的同化作用,提高了岩浆中硅、铝、挥发分和成矿元素的含量,演化为成矿岩浆,并在适宜的构造和地球化学环境下,发生了与岩浆原始成分和演化特征有关的成矿作用。

在争光金矿区,燕山期岩浆侵入活动先形成了侵入于多宝山组地层的闪长岩株;之后,形成了数量较多的侵入于闪长岩株及多宝山组的安山玢岩类次火山岩小岩体。先期形成的闪长岩株的内部及其与围岩的接触带一般不成矿,金矿体主要赋存在后期形成的安山玢岩类小岩体的附近,表明金矿化主要与安山玢岩类次火山岩体及其热液活动有关。

3.3 构造对矿产分布的控制作用

多宝山地区的控矿构造主要是 NW 向、NE 向和 SN 向的断裂及褶皱。加里东中期形成的斑岩型铜(金)矿床及燕山早期形成的矽卡岩型铜(金)矿床主要受三矿沟至争光的 NW 向弧形构造带的控制。燕山晚期形成的金矿床主要受 NE 向、NW 向和近 SN 向断裂构造的控制,特别是多组断裂交汇部位控矿的特征明显,如争光金矿床的主要矿体赋存在 NE 向、NW 向和 SN 向 3 组断裂的交汇处。

由于受 NW 向和 NE 向 2 组断裂的控制,在三矿沟与三道湾子之间存在一个直径约 80 km 的近似菱形的环形构造。多宝山地区的大部分铜、金矿床都沿此环(菱)形构造的周边分布。黑龙江省 1:50 万水系沉积物测量成果显示,地球化学异常也呈环(菱)形分布,并与铜、金矿床的分布空间相一致(图 7)。按顺时针方向,在上述环(菱)形构造的桦树排子-罕达气地段,已发现五道沟、小泥鳅河等金矿床;在罕达气-三矿沟地段,发现了争光、铜山、多宝山、三矿沟等铜、金矿床;在三矿沟-独立山地段和独立山-桦树排子地段,由于勘查程度较低,故至今尚未发现有价值的矿床。鉴于环(菱)形构造中未发现矿床的地段与已发现矿床的地段在控矿构造和地球化学特征上可以对比,因而,未发现矿床的地段应成为今后重要的找矿空间。

此外,多宝山-霍龙门地段也存在控制矿产分布的 SN 向断裂带,在地球化学图上表现为 SN 向的化探异常带。在 SN 向构造带与上述环(菱)形构造的

交汇部位,发生了该区域最强烈的成矿作用,形成了多宝山、铜山等大型矿床。

3.4 铜金成矿作用的时空演化

多宝山地区是一个以铜、金、钼为主的矿集区。它与江西省德兴以铜、金、钼及铅锌为主的矿集区有所不同。德兴地区不同类型的矿床都形成于燕山早期,以中-酸性斑岩体为核心,自中心向外或者由深部向浅部,依次形成了斑岩型铜金钼矿床(铜厂、富家坞、朱砂红)、浅成低温热液型银铅锌矿床(银山)和远接触带热液型金矿床(金山)(毛景文等,2010)。多宝山地区不同类型的矿床分别形成于加里东中期、燕山早期和燕山晚期,不同时代的成矿作用叠加在大体相同的成矿空间,具有明显的矿化集中性和历史继承性。

多宝山地区不同地质时期形成的矿产种类总体来说具有一致性,基本上以铜、金矿为主,反映了该区的成矿地球化学属性。另一方面,不同地质时期的成矿特征有明显差别,并显示出一定的演化趋势。

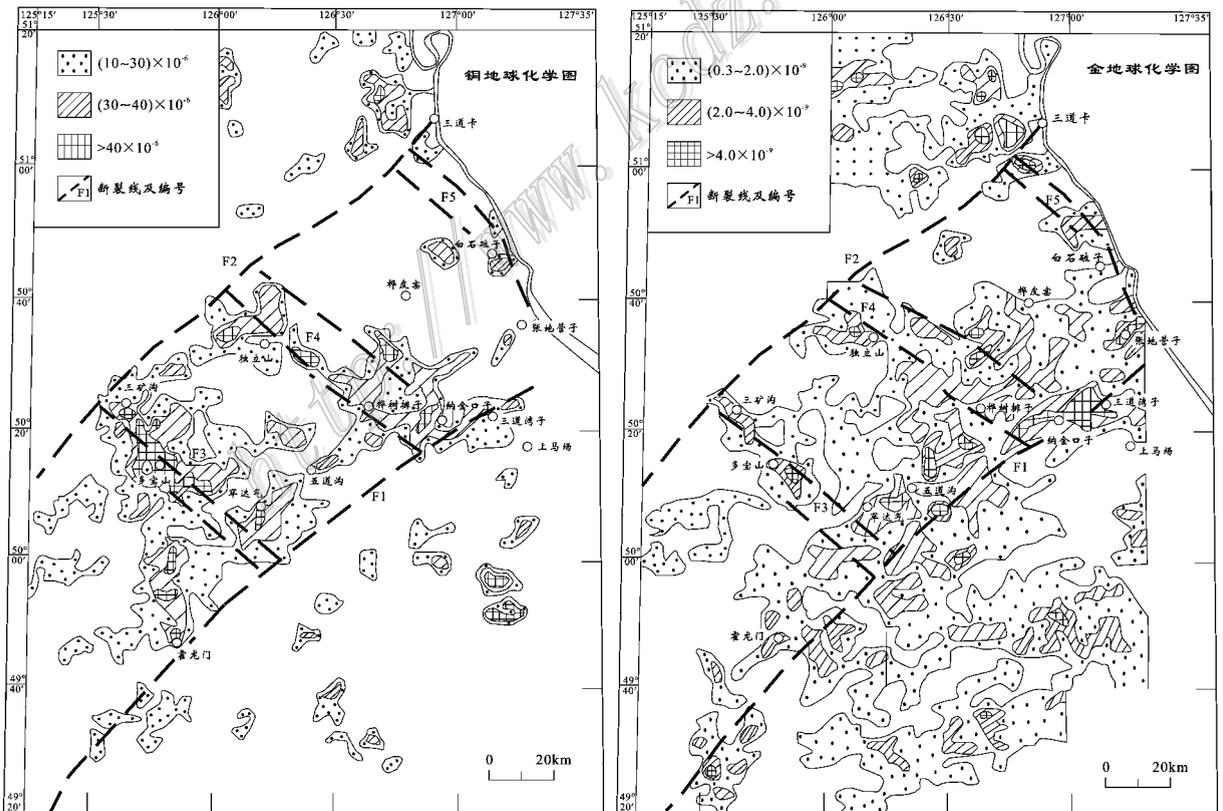


图 7 多宝山及其邻区水系沉积物测量铜、金地球化学图

Fig. 7 Map showing the distribution of Cu and Au concentrations in Duobaoshan area

① 黑龙江省地质矿产局物探大队. 1987. 黑龙江省 1:50 万水系沉积物测量地球化学图说明书. 内部资料.

加里东中期主要形成铜钼矿床,伴生金矿,矿床类型为单一的斑岩型矿床。燕山早期主要形成铜矿床,钼的重要性降低,铜矿主要与铁矿伴生,形成矽卡岩型铜铁矿床,金仍为伴生矿产。到燕山晚期,金变为主要矿产,形成了独立金矿床,部分金矿床中伴生锌及铜矿化,矿床类型为浅成热液型。总的来看,从早成矿期到晚成矿期,成矿环境的亲硫性降低,亲铁性增强,形成的矿产种类从以铜矿为主转变为以金矿为主,矿床类型也发生了相应的改变(斑岩型→矽卡岩型→浅成热液型),成矿深度有变浅的趋势。加里东中期斑岩型矿床和燕山早期矽卡岩型矿床的成矿流体以高盐度的岩浆热液为主,燕山晚期浅成热液型金矿床的成矿流体则以低盐度的大气降水为主(表 4)。从加里东中期到燕山晚期,成矿作用波及的空间有增大的趋势。加里东中期的铜钼(金)成矿作用局限于三矿沟至铜山的狭小范围。燕山早期的成矿作用除继续发生在三矿沟-多宝山一带,还波及到周围的较多地段。燕山晚期金成矿作用的波及范围更广,几乎遍布全区。多期大规模的成矿作用在相对较小的成矿空间内叠加发育,致使在该区形成了黑龙江省最重要的金属矿集区。

由三矿沟至争光的主要受 NW 向弧形构造控制的地带,是成矿作用最强烈的地带,表现为多宝山、铜山、争光等大型矿床的集中分布。在该地带,加里东中期形成的斑岩型铜钼(金)矿床(点)集中分布在中部的多宝山-铜山一带,成为加里东中期的成矿中心。燕山早期形成的矽卡岩型铜铁(金)矿床(点)集中分布在偏西北的三矿沟至多宝山之间的地段,成为燕山早期的成矿中心;而燕山晚期形成的浅成热液型金矿床则赋存在其东南的争光一带,是燕山晚期的 2 个成矿中心之一(另一个成矿中心是三道湾子-上马场地区)。不同地质时期的主要成矿中心发育在大体相同的构造部位,也反映了控矿构造和成矿作用的继承性特征。

多宝山区金属矿床密集分布,尤其是在该区

很小的范围内探明的铜资源量占到黑龙江省已探明铜资源量的 94%,在某种程度上显示出该区成矿作用的独特性。这种成矿作用的独特性与该区成矿地质背景的独特性具有紧密的关联。

从古生代到中生代,黑龙江省的海相火山建造只有中奥陶统多宝山组(下泥盆统是火山岩比较发育的火山-沉积建造,含较多的正常沉积碎屑岩)。多宝山组在黑龙江省的分布非常局限,只分布在罕达气小区,即本次研究的多宝山区及其毗邻地区(多宝山区北侧的宽河地区和南侧的霍龙门地区)。多宝山区处于多宝山组地层分布范围的中部。在上述多宝山组地层分布范围内,由三矿沟至争光的受 NW 向弧形构造控制的地带中,多宝山组海相火山建造分布面积最大。在该地带内的多宝山组岩石组合中,火山熔岩所占的比例也最大,板岩、砂岩等正常沉积碎屑岩极少;而在其他地区的多宝山组中,含有较多的正常沉积碎屑岩(黑龙江省地质矿产局,1993)。上述特征显示,三矿沟至争光地带是多宝山组分布范围内中奥陶世火山作用的中心地带,因此,也成为加里东中期成矿作用的中心地带。

前已述及,多宝山组岩石的铜、金丰度值很高,它是不同时代成矿作用的重要成矿物质来源。加里东中期、燕山早期和燕山晚期的岩浆作用方式和成矿作用特征虽然各不相同,但在岩浆和成矿流体从多宝山组岩石中萃取出矿组分这一特征上却是一致的。这是该区不同时代矿床的矿产种类具有一致性(以铜、金为主)的主要原因,也是不同时代成矿作用叠加发生在多宝山区,并导致矿床集中分布的主要原因。值得重视的是,在多宝山区南、北两侧的多宝山组地层分布区,都发现了大范围的矿化。据黑龙江省区测资料,在北侧宽河地区 80 多 km² 范围内,发现铜矿化露头 10 多处,其中有 4 处是 $\omega(\text{Cu})$ 大于 0.2% 的矿化地段;在南侧的霍龙门地区,存在分布广泛的铜、钼、金矿化。近年开展的 1:5 万水系沉积物及土壤地球化学测量,在宽河和霍龙门地区

表 4 多宝山区各期成矿作用主要特征对比

Table 4 Characteristics of different mineralization in Duobaoshan area

成矿期	代表矿床	主要成矿元素	与成矿有关的侵入岩		成矿流体性质	矿床成因类型
			岩石类型	年代/Ma		
加里东中期	多宝山、铜山铜钼矿床	铜、钼、金	花岗闪长岩、花岗闪长斑岩	506	岩浆热液为主,混合大气降水	斑岩型
燕山早期	三矿沟铜铁矿床	铜、铁、金	花岗闪长岩、斜长花岗岩	168~184	岩浆热液为主,高盐度	矽卡岩型
燕山晚期	三道湾子金矿床	金	安山玢岩、闪长玢岩	112	大气降水为主,低盐度,贫硫	浅成热液型

都发现了许多有重要找矿价值的地球化学异常。上述地区的地质工作程度较低,需加强综合研究和开展深部勘查,有望取得新的找矿突破。

4 结 语

多宝山区发育大规模的铜、金成矿作用,是多种有利成矿的地质条件相互作用的结果。富含铜、金等成矿元素的地层提供了矿质来源,为形成大型铜、金矿床奠定了基础。在多宝山组合矿岩系形成之后,发育多旋回的岩浆活动及有关的成矿作用,形成一系列不同特征的矿床。成矿活动与岩浆演化息息相关,在同一岩浆-成矿旋回中,岩浆演化最晚阶段形成的硅铝质含量较高、成矿元素明显富集的小型侵入体与成矿关系最为密切,这些侵入岩具有较高的酸度、 Al_2O_3/TiO_2 值和 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 初始比值。矿床分布主要受控于NW向和NE向2组交叉断裂形成的环菱形构造。

该区密集分布的铜、金矿床分别形成于加里东中期、燕山早期和燕山晚期。加里东中期和燕山早期的铜(金)成矿与中-浅成岩浆侵入作用有关,燕山晚期的金矿主要与超浅成岩浆作用有关。加里东中期斑岩型矿床和燕山早期矽卡岩型矿床的成矿流体以高盐度岩浆热液为主,燕山晚期浅成热液型金矿的成矿流体则以低盐度大气降水为主。从加里东中期到燕山晚期,成矿环境的亲硫性降低,亲铁性增强,形成的矿产种类从以铜矿为主转变为以金矿为主,矿床类型也发生斑岩型→矽卡岩型→浅成热液型的改变,成矿深度有变浅的趋势。

参考文献/References

陈 静,孙丰月. 2011. 黑龙江三道湾子金矿床锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 黄金地质, 33(5):18-22.

陈美勇,刘俊来,胡建江,邹运鑫,张宏远. 2008. 大兴安岭北段三道湾子砷化物型金矿床的发现及意义[J]. 地质通报, 27(4):584-587.

崔 根,王金益,张景仙,崔 革. 2008. 黑龙江多宝山花岗岩闪长岩的锆石 SHR IMP U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 世界地质, 27(4):391-392.

杜 琦,赵玉明,卢秉刚,马德有. 1988. 多宝山斑岩铜矿床[M]. 北京:地质出版社. 152-155,302-306.

付艳丽,杨言辰. 2010. 黑龙江省争光金矿床成因及找矿标志[J]. 黄金地质, (31)6:13-18.

葛文春,吴福元,周长勇,张吉衡. 2007. 兴蒙造山带东段斑岩型 Cu, Mo 矿床成矿时代及其地球动力学意义[J]. 科学通报, 52(20):2411.

韩振新,郝正平,等. 1996. 黑龙江省主要成矿带矿床成矿系列[M]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社. 97-106,151.

韩振新,徐衍强,郑庆道,等. 2004. 黑龙江省重要金属和非金属矿产的矿床成矿系列及其演化[M]. 哈尔滨:黑龙江人民出版社. 69-81.

黑龙江省地质矿产局. 1993. 黑龙江省区域地质志[M]. 北京:地质出版社. 65-66.

李德荣,朱朝利,吕 军,崔 根. 2010. 黑龙江三矿沟-多宝山成矿带构造-岩浆成矿作用[J]. 中国矿业, 19(增刊):142-146.

李德荣,吕福林,刘素颖,吕 军. 2011. 黑龙江省嫩江县三矿沟矿区地质特征及找矿方向[J]. 中国地质, 38(2):415-424.

刘宝山,吕 军. 2006. 黑河市三道湾子金矿床地质、地球化学和成因探讨[J]. 大地构造与成矿学, 30(4):481-485.

刘 军,武 广,钟 伟,朱明田. 2009. 黑龙江省三矿沟矽卡岩型铁铜矿床流体包裹体研究[J]. 岩石学报, 25(10):2639-2646.

刘 杨,程学展,王喜臣,刘金英,王 琳,王训练. 2008. 黑龙江多宝山斑岩铜矿的铜金属来源与富集规律[J]. 地质科学, 43(4):671-684.

吕 军,岳邦江,王建民,于荣文,张大鹏. 2005a. 黑河市三道湾子金矿床特征及找矿标志[J]. 地质与资源, 14(4):256-264.

吕 军,王建民,岳邦江,王洪波,于荣文,赵立国. 2005b. 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.

吕 军,赵志丹,曹亚平,韩振哲,张爱奎,于俊川. 2009. 黑龙江三道湾子金矿床地质特征及成因探讨[J]. 中国地质, 36(4):853-860.

吕鹏瑞,顾雪祥,李德荣,彭涛涛,张明洋. 2011. 黑龙江嫩江地区三矿沟矽卡岩型铜-铁-钼多金属矿床的成矿流体特征与成矿机制[J]. 地质通报, 30(10):1564-1573.

毛景文,张建安,郭春丽. 2010. 斑岩铜矿-浅成低温热液银铅锌-远接触带热液金矿床模型:一个新的矿床模型——以德兴地区为例[J]. 地球科学与环境学报, 32(1):1-13.

谭成印. 2009. 黑龙江省主要金属矿产构造-成矿系统基本特征(博士学位论文)[D]. 导师:杜杨松. 北京:中国地质大学. 175-178.

谭成印,王根厚,李永胜. 2010. 黑龙江多宝山成矿区找矿新进展及其地质意义[J]. 地质通报, 29(2/3):436-445.

王喜臣,王训练,王 琳,刘金英,夏 斌,邓 军,徐秀梅. 2007. 黑龙江多宝山超大型斑岩铜矿的成矿作用和后期改造[J]. 地质科学, 42(1):124-133.

武子玉,王洪波,徐东海,周永昶. 2005. 黑龙江黑河三道湾子金矿床地质地球化学研究[J]. 地质论评, 51(3):264-267.

武子玉,孙有才,王保全. 2006. 黑龙江争光金矿床地质地球化学研究[J]. 地质与勘探, 42(1):38-42.

赵广江,候玉树,程富强. 2007. 黑龙江黑河市争光岩金矿床地质特征及成因浅析[J]. 有色金属, 59(3):91-94.

赵胜金,刘俊来,白相东,赵海滨,吕 军,陈 越,陈美勇. 2010. 黑龙江三道湾子砷化物型金矿床流体包裹体及硫同位素研究[J]. 矿床地质, 29(3):476-488.

赵一鸣,毕承思,邹晓秋,孙亚莉,杜安道,赵玉明. 1997. 黑龙江多宝山、铜山大型斑岩铜(钼)矿床中辉钼矿的铼-钨同位素年龄[J]. 地球学报, 18(1):61-67.

赵元艺,马志红,仲崇学. 1997. 多宝山铜矿床成矿作用地球化学[J]. 西安地质学院学报, 19(1):28-34.

Feiss P G. 1978. Magmatic sources of copper in porphyry copper deposit[J]. Econ. Geol., 73:397-404.