

文章编号: 1004—5589 (2008) 04—0362—08

## 山东界河金矿矿化类型、地质勘查模型及成矿预测

李绪俊<sup>1</sup>, 刘文胜<sup>2</sup>, 罗振媛<sup>1</sup>, 陈静<sup>1</sup>

1. 吉林大学 地球科学学院, 长春 130061; 2. 山东省招远市界河金矿, 山东 招远 265401

**摘要:** 按照矿石矿物组成、矿石组构、矿石类型以及围岩蚀变特点等, 将山东招远界河金矿的金矿化类型分为钾化花岗岩型、黄铁绢英岩型、石英-多金属脉型和似青盘岩型等4种。钾化花岗岩型金矿化分布于“蚀变岩型金矿”成矿系统的深部, 是富钾岩浆热液钾交代作用和黄铁矿脉充填作用的结果, 一般形成于大矿体的下部或旁侧或作为大矿体的下部或根部的一部分。黄铁绢英岩型矿化位于成矿系统中部的主控矿断裂中的最佳成矿部位, 是深部岩浆和浅部天水热液发生混合、交代和充填的最理想部位, 往往构成大型和特大型工业矿体。脉状多金属型矿化位于该成矿系统的中浅部, 地下水热液参与较多, 成矿温度低, 只能形成小而富的多金属硫化物型金矿体。在成矿系统的边部, 热液活动更弱, 形成以绿泥石化为主的似青盘岩化带, 矿化较弱或构成无矿节理化带, 本身不具工业意义, 但可以指示深部成矿作用和隐伏矿体的存在。不同金矿化类型在界河金矿范围内有规律地分布是界河金矿深部和外围探矿的重要地质依据。

**关键词:** 界河金矿; 矿化类型; 勘查模型; 成矿预测

**中图分类号:** P612

**文献标识码:** A

## Mineralization type, geological exploration model and prediction of Jiehe gold deposit in Shandong

LI Xu-jun<sup>1</sup>, LIU Wen-sheng<sup>2</sup>, LUO Zhen-yuan<sup>1</sup>, CHEN Jing<sup>1</sup>

1. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China;

2. Jiehe Gold Mine, Zhaoyuan 265401, Shandong, China

**Abstract:** Based on ore type, alteration characteristic and spatial distribution, four types of gold mineralization have been divided into potassium-altered granite type, beresitization type, quartz-base metallic sulphide vein type and propylitic-like type. Potassium-altered granite type, as small ore bodies around or beneath larger beresitization type, was formed deeply and could be the products of potassium-rich magmatic hydrothermal fluids and pyrite filling. Beresitization type, being main part of large and superlarge ore bodies and considered to be at the most desirable sites of mineralization, is thought to be the result of mixing, replacement and filling of the deep magmatic and shallow meteoric hydrothermal fluids. Quartz-base metallic sulphide vein type is resulted from the filling of meteoric hydrothermal fluids mainly and is related merely to some small, high grade ore bodies. Propylitization-like type was formed at the exterior of the mineralization system from ever weak low temperature hydrothermal fluids. Though no industrial ore bodies contained, it could be an indication for the presence of blind ore bodies at depth. The distribution of different gold mineralization types and their spatial relation can provide significant information for exploration at the deep part and its surrounding rocks in the Jiehe gold deposit.

收稿日期: 2007-11-21; 改回日期: 2008-03-17

基金项目: 国家自然科学基金 (40572058)

**Key words:** Jiehe gold deposit; mineralization type; exploration model; metallogenic prediction

受新城—焦家断裂带的东分支断裂带—望儿山断裂带所控制，山东招远界河金矿是焦家金矿田中空间分布上最北端的一个中型金矿床<sup>[1,2]</sup>。由界河金矿再向北，在新城—焦家断裂带和望儿山断裂带的东北端近 30 km<sup>2</sup> 的范围内，虽经数十年高强度的地质勘查工作，但到目前为止一直未发现成型的金矿床。以界河金矿作为分界，新城—焦家断裂和望儿山断裂的地质和矿化特点在界河金矿南北两侧发生重大变化：矿化类型由南西侧的钾质花岗岩型和黄铁绢英岩型转化为多金属硫化物脉型和似青盘岩型，围岩蚀变由钾化、黄铁绢英岩化转化为“似青盘岩化或绿化”。界河金矿是新城—焦家断裂和望儿山断裂带中金矿化类型、围岩蚀变和构造蚀变岩类型最复杂、变化也最大的一个矿床。同时，界河金矿又是招远地区最早发现钾化花岗岩型金矿化类型的金矿床，郭家岭花岗闪长岩控矿的假说也是由界河金矿研究开始的。这样，界河金矿的金矿化类型、空间分布规律及其形成机制的研究显得特别重要，因为其研究不仅可为揭示金矿田内复杂的成矿过程和控矿因素提供一些重要线索，而且还可为望儿山和新城—焦家断裂的北段和深部的隐伏金矿体的成矿预测和找矿提供理论依据。本文主要讨论界河金矿各种金矿化类型的特点，空间分布以及其可能成因，进而对界河金矿外围探矿区进行成矿预测。

## 1 矿床地质概述

界河金矿位于华北板块东部胶北地块的西北部，属于滨太平洋成矿带西部的中-新生代大陆边缘活动带<sup>[3]</sup>。矿区内（图1）太古界胶东群地层，主要呈花岗岩体中的残留体产出，岩性为斜长角闪岩及黑云斜长片麻岩等<sup>[1,2]</sup>。矿区内岩浆岩大面积出露，属于玲珑岩体和郭家岭岩体<sup>[4,5]</sup>。玲珑岩体在矿区内分布很广，主要为片麻状黑云母花岗岩，局部有少量的二长花岗岩分布，为金矿的主要围岩。玲珑岩体的成岩年龄争议较大，但目前趋向于认为是 160 ~ 156 Ma 之间<sup>[6-13]</sup>。郭家岭岩体主要出露在矿区南部，称之为上庄岩体。在矿区北部郭家岭岩体也有出露。主要岩性为花岗闪长岩和似斑状花岗闪长岩，界河金矿的部分矿体产于这一岩体之

中<sup>[1,2]</sup>。上庄岩体的成岩年龄被认为是 130 ~ 126 Ma<sup>[6-13]</sup>，杨进辉等人认为是下部地壳镁铁质岩石部分熔融形成的<sup>[14]</sup>。

矿区内断裂构造十分发育，主要有三条北东向的控矿断裂带通过，分别是矿区西部的新城—焦家断裂、矿区中部的侯家断裂和矿区中东部的望儿山断裂。三条断裂之间为复杂的、走向以北东为主、部分为北西向和近东西向的次级或伴生断裂构造，它们与三条主断裂构造一起构成了矿区内复杂的控矿、容矿断裂构造系统。界河金矿主要分布于北东向的望儿山断裂之中，其他控矿断裂内没有发现工业矿体。

界河金矿从南西向北东方向沿望儿山断裂主要发育有 4#，1#，7# 三个主矿体（图2，表1）。矿体主要赋存在主断裂下盘和上盘的构造蚀变岩中，总体形态呈脉状、透镜状和囊状等，一般延深大于延长。在主断面产状急剧变化的部位和弧形转弯处往往矿化较好。矿石中主要硫化物和含金矿物主要为黄铁矿、自然金、银金矿，少量的方铅矿、黄铜矿和辉锑矿等，脉石矿物主要为石英、长石和绢云母等。矿床成矿具多阶段性，从早到晚依次可分为石英-黄铁矿、黄铁矿-石英、石英-多金属硫化物和石英-碳酸盐 4 个成矿阶段。矿区内近矿围岩蚀变发育，蚀变种类主要为黄铁矿化、绢云母化、硅化、红化、碳酸盐化，其中以前 3 种蚀变与成矿的关系密切。

## 2 矿化类型及其空间分布

按照矿石矿物组成、矿石组构、矿石类型以及围岩蚀变特点等，界河金矿的矿化类型可分为 4 种主要矿化类型：钾化花岗岩型、黄铁绢英岩型、石英-多金属脉型和似青盘岩化型。

**钾化花岗岩型** 刘家远称之为花岗岩型矿化，沈远超等人称之为“红矿”<sup>[15]</sup>。这类金矿化的最大特点是呈“红色”，空间上与钾化花岗岩关系密切，主要分布于黄铁绢英岩型矿体的深部和边部。

矿化主要表现为钾化花岗岩中的细脉和网脉状黄铁矿脉充填。这种黄铁矿分布广泛，均匀，但含金量低。矿石中最主要的矿物为黄铁矿，其次为石英，矿石构造为细脉状、细脉浸染状。这类矿化所

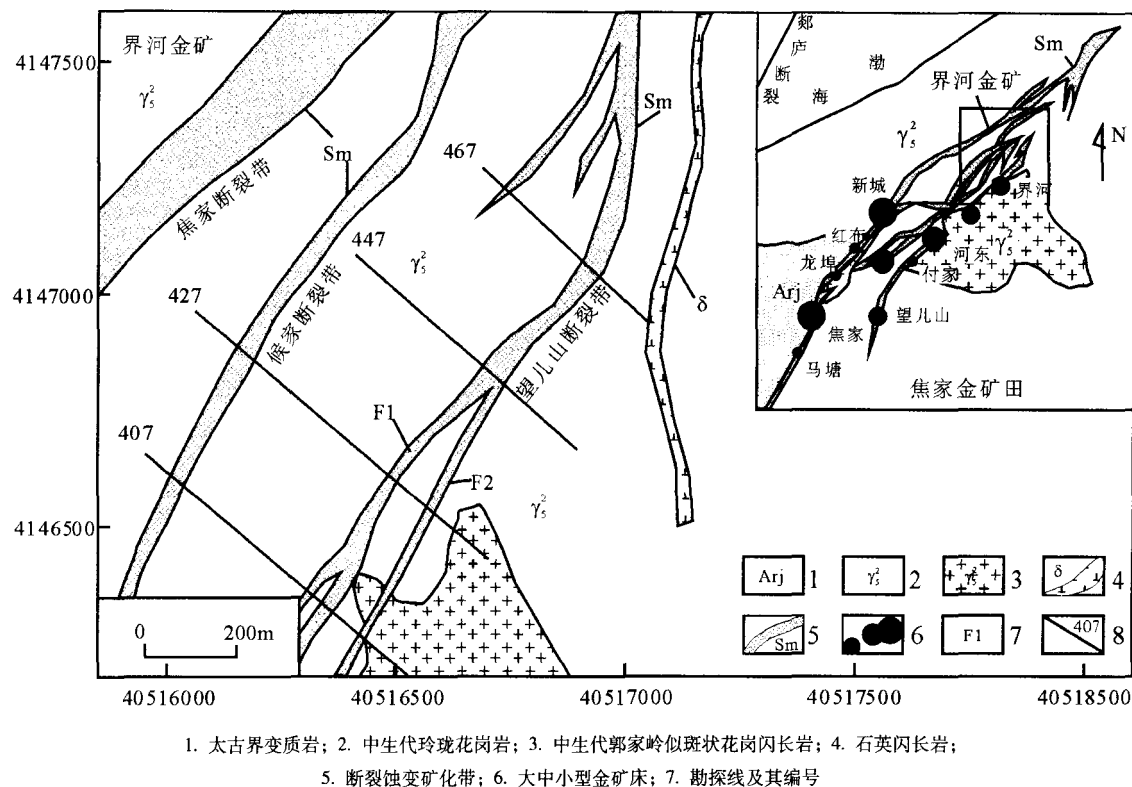


图 1 界河金矿及焦家金矿田地质简图

Fig.1 Sketch map of geology in Jiehe gold deposit and Jiaojia gold field

表 1 界河金矿主要工业矿体规模、品位及矿化类型

Table 1 Size, grade and mineralization type of main ore bodies in Jiehe gold deposit

矿体编号	矿体产状	延长 /m	延深 /m	平均厚度 /m	平均品位 / 10 <sup>-6</sup>	侧伏方向	矿体位置	矿化类型
I	NE40°~50° NW37°~42°	350	500	3.84	7.59	SW	主断面下盘	浅部? 中上部黄铁绢英型, 深部或边部钾 质花岗岩型
IV	NE38°~42° NW38°~45°	100	310	12.07	5.17	SW	主断面下盘	浅部? 中上部黄铁绢英型, 深部或边部钾 质花岗岩型
VII	NE40°~42° NW30°~40°	85	340	11.9	3.45	SW	主断面上盘	浅部? 中上部黄铁绢英型, 深部或边部钾 质花岗岩型
小涝洼矿体	110°~90°, 倾向 NE 或 NW40°~70°	43	70	2.5	3.5	?	主断面下盘	浅部: 似青盘岩化型 中部: 石英-多金属硫化物型 深部?

形成的矿体的形态较为复杂, 多呈筒状、囊状、脉状和透镜状。矿体在空间上往往集中产出, 总体上表现为不规则状和囊状; 个别这类小矿体孤立地产于主控矿断裂或主矿体的旁侧, 矿体及矿体周围的

围岩中没有明显的构造破碎和蚀变现象。钾化花岗岩型矿化总体上分布于黄铁绢英岩型矿化下盘,但两种类型的矿体的产状差别较大,前者较陡,与主构造面有交角,后者与主断裂构造面基本一致<sup>[15-18]</sup>。除界河金矿外,付家金矿、河西金矿和河东金矿等均发现有这类矿化。地质储量达 25 t 的新城金矿 5 号矿脉群也以这一类型为主。玲珑金矿田西部 92#脉深部,也有这类矿化的存在。

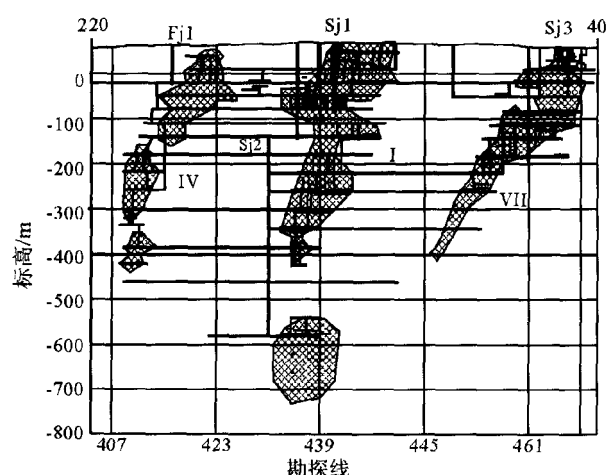


图2 界河金矿 I、IV 和 VII 矿体垂直纵投影图

Fig. 2 Vertical longitudinal projection map of I, IV and VII ore bodids in Jiehe gold deposit

**黄铁绢英岩型** 山东地质六队命名为“蚀变岩型金矿”,沈远超等人称之为“灰矿”<sup>[15]</sup>,是界河金矿及整个招远地区最重要的矿化类型,焦家金矿,台上金矿、尹格庄金矿、河东金矿、夏甸金矿等均以此种矿化类型为主。这类矿化主要受主断裂构造带及其次级断裂构造控制,所形成的矿体一般厚度较大,延深大于延长。这类矿化所形成的矿石一般品位并不太高,但矿化连续。矿体和矿化体主要表现为厚大的黄铁绢英岩中出现中粗粒黄铁矿细脉和网脉。石英-黄铁矿大脉(厚约 20 ~ 50 cm)也较为常见,而且往往是富矿的直接标志。含矿和不含矿、含和不含金属硫化物的石英大脉在这类矿化中虽有出现,且成因上与典型的石英脉型金矿化有相似之处<sup>[19]</sup>,但所占的比重较小。这类矿化的围岩蚀变较强。钾化分布于矿化蚀变带的最外侧,呈带状分布。绢英岩化分布于矿化蚀变带的中部,是最强的围岩蚀变类型之一,一般是金的主要载体。硅化属成矿期蚀变,与工业矿体的分布范围基

本一致。碳酸盐化和绿泥石化等分布更广,远远超过工业矿体的范围。这类矿化成矿期长,成矿阶段多,经历了成矿早期的钾化、成矿期的绢英岩化、硅化和黄铁矿化、成矿晚期碳酸盐化、绿泥石化等完整的矿化蚀变演化过程。

**石英-多金属脉型** 这类矿化在主断裂上下盘次级断裂构造中尤为明显,主要分布在成矿系统的上部 and 外围。围岩蚀变主要表现为硅化、绢云母化、绿泥石化和碳酸盐化,蚀变分带不明显。矿化主要表现为石英-黄铜矿团块或细脉,石英-方铅矿脉,方解石-方铅矿-闪锌矿脉等。矿脉中金分布极不均匀,有时出现特高品位,但一般不能构成工业矿体或只能形成规模极小的囊状和透镜状矿体<sup>[20]</sup>。

**似青盘岩型** 这类矿化主要分布在界河金矿外围的主控矿断裂或次级断裂中,蚀变以绿色为主,分布广泛,主要的蚀变矿物组合为绿泥石、绿帘石和碳酸盐矿物等。矿化很弱或基本上无矿化,主要表现为石英-方解石脉,局部表现为星散状黄铁矿化,基本上未构成工业矿体。由于这类蚀变矿化的矿物组合与斑岩铜矿化中的青盘岩化极其相似,这里称之为“似青盘岩型矿化”。在界河金矿东北小涝洼-小庄家一带,这种矿化类型极为发育。

### 3 地质勘查模型

#### 3.1 成矿机制和成矿过程分析

由钾化花岗岩型矿化的矿化特点、空间分布及与其他类型矿化之间的关系可知,该类矿化早期以富钾热液的广泛钾交代为主,后期表现为细脉状和网脉状黄铁矿脉充填。有关这类矿化的控矿构造特点目前尚有不同的认识:一种观点是早期阶段形成的雏形断裂控矿<sup>[17]</sup>;另一种观点认为是主构造旁侧次级构造控矿<sup>[18]</sup>。由于这类矿化在空间上总是限定在岩貌上比较均一的钾化花岗岩中,表明这类矿化与钾化花岗岩的结晶作用和交代作用应有密切成因联系。这类矿化多分布于后述黄铁绢英岩型矿化体的下部或边部,但空间上又不完全一致,有时钾化花岗岩型矿化可单独产出在主控矿断裂带之间的弱构造域,表明这类矿化的控矿因素并不限于断裂构造。矿化集中产出部位(矿体或矿体集中产出部位、强矿化部位)总体呈等轴状形态(筒状和囊状等),矿体与围岩的渐变过渡关系等表明线状断裂构造并非是其唯一的控矿因素。焦家金矿



104 线剖面上出现了较多的郭家岭岩体边部和晚期小岩枝或小岩株构造、近直立的煌斑岩脉等,钾化花岗岩型金矿化与之在空间上密切共生,说明这些小岩枝或小岩株构造、近直立的煌斑岩脉等可能也是钾化花岗岩型金矿化的重要控矿构造。

根据钾化花岗岩型金矿化的特点和控矿构造分析等,可以推测这类金矿化的形成过程。在成矿系统深部,成矿热液以岩浆热液为主,主要来自与郭家岭花岗闪长岩体有关的岩浆分异作用,温度高,富钾和各种成矿物质。这种富钾岩浆热液由郭家岭花岗闪长岩体在相对较早的时间内分离出来。在弱构造域,这种富钾岩浆热液可原地或半原地性质地交代岩体接触带附近的小岩枝和小岩株并使之矿化,形成钾化花岗岩型矿体。这种情形可以解释为什么有时钾化花岗岩型矿体在郭家岭岩体中单独产出,其附近并未见强构造带出现。在强构造域,这种富钾岩浆热液可就地交代,也可较远距离的运移,这种情形可以解释为什么在界河金矿和整个焦家金矿田中钾化花岗岩型矿化一般分布在黄铁绢英岩型矿化的边部或深部。

多数研究者认为黄铁绢英岩型矿化的主控矿因素为多期活动的韧性迭加的断裂构造。孙丰月认为,这种控矿断裂构造属剖面上共轭的波状起伏的地壳不连续面演化形成的,其形成深度为 10 ~ 18 km<sup>[5]</sup>。现有的同位素、气液包裹体研究等均表明这类矿化的成矿热液属岩浆水和地下水混合热液,是成矿热液在主控矿断裂构造中交代、充填和长期演化的结果。由于这类矿化的成矿位置可能刚好处于上升的岩浆热液和对流的地下水热液的混合部位,因此矿化和蚀变较强,是最佳的成矿部位。由于成矿流体的区域性质和控矿断裂构造的深度较大等,这时的成矿场范围较大,但各种地质和物化因素的变化梯度不大,因此,在较大范围内有相对较为稳定的矿质沉淀条件,有利于大规模金矿体的形成,且所形成的这类金矿化在垂向上和走向上相对稳定。与黄铁绢英岩型矿化有关的成矿流体可能是由与钾化花岗岩型矿化有关的成矿流体演化而成的,因此,其形成时间要略晚,成矿流体的运移距离也可能更大一些。正是由于这种原因,使得黄铁绢英岩型矿化往往分布于主控矿断裂带的中部,而且多限于韧性向脆性转变的部位。结果导致钾质花岗岩型矿化分布于黄铁绢英岩型矿化的旁侧或下

盘。

石英-多金属脉型和似青盘岩化矿化明显受主控矿构造的端部和次级构造所控制。其蚀变矿物组合和结构表明其成矿温度较低,蚀变较弱,成矿热液应以地下水热液为主。

### 3.2 地质勘查模型

根据不同金矿化类型的特点、空间分布和相互关系分析,界河金矿不同金矿化类型综合成矿模型可概括为图 3。在这一地质勘查模型中,不同类型的金矿化具有十分明显的空间分带。从岩浆热液活动中心向外,由深向浅,由中间向边部,矿化类型逐渐由钾化花岗岩型(成矿系统深部)变成黄铁绢英岩型(成矿系统中部),再变成石英-多金属硫化物脉型(成矿系统上部),最后变成似青盘岩型(成矿系统边部或前缘)。相应的围岩蚀变也由深部的钾化为主,渐变为中部的黄铁绢英岩化,最后变成以低温蚀变为主的似青盘岩化(图 3)。近年来,随着国内外对造山带型金矿和与侵入体有关的金矿研究的进一步深入,人们越来越关注不同类型金矿化在空间上的分布规律和相互关系问题,类似的金矿勘查模型已出现于一些金矿研究文献之中<sup>[21-23]</sup>。在斑岩型 Cu-Au 和浅成低温 Au-Ag 成矿系统中,其深部也是以钾化为主,向上渐变为绢英岩化和绿泥石化等<sup>[24]</sup>。

## 4 成矿预测

不同金矿化类型在界河金矿的空间分带特点、空间分布规律和地质勘查模型为界河金矿深部及外围探矿区成矿预测提供了重要的地质依据。钾化代表早期围岩蚀变,常常分布于控矿断裂的深部和边部,因此,其出现表明矿体已接近于其中深部,只能在其旁侧类似的成矿深度上注意寻找黄铁绢英岩型金矿体或在附近寻找钾质花岗岩型金矿体。黄铁绢英岩型矿体的出现,代表最佳的成矿位置和深度范围,其找矿重点是在不同的黄铁绢英岩化带中寻找更理想的矿化蚀变带或矿体。脉状多金属及似青盘岩化带代表成矿系统的上部和边部,其深部具有良好的成矿远景。而在界河金矿外围发现的碎裂花岗岩的节理带可能代表一个完整成矿体系的最浅部。

界河金矿的三个主矿体目前已由浅部的黄铁绢英岩化型转变为钾长花岗岩型矿化,矿体厚度明显

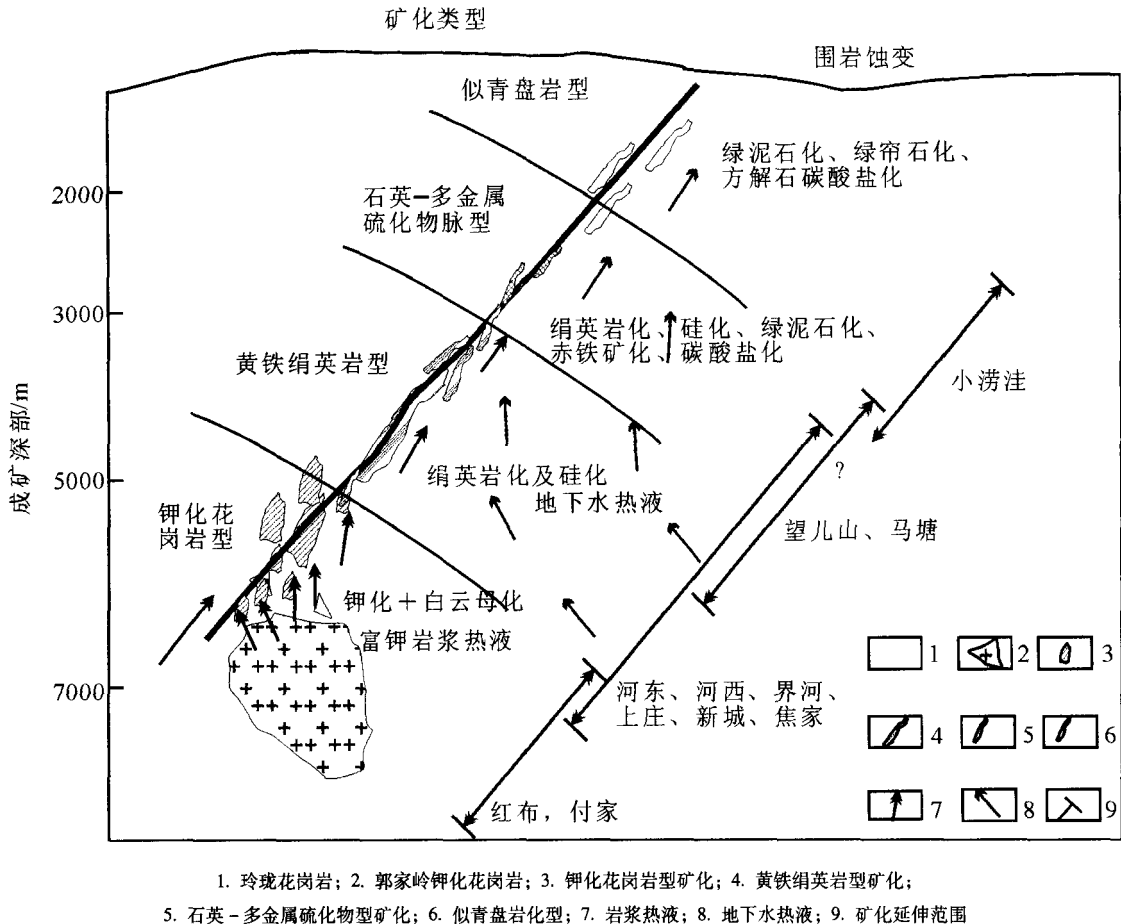


图3 界河金矿地质勘查模型  
Fig.3 Model of geological exploration of Jiehe gold deposit

增加，金品位降低，因此，进一步向深部找到更大规模的黄铁绢英岩型矿体的可能性已不大，只能进一步找寻钾长花岗岩型矿体。相反，在界河金矿的东北部的小庄家和小涝洼矿化点，主要的矿化类型为石英-多金属型，围岩蚀变以绿色或灰色的似青盘岩化为主，应代表成矿系统的浅部，其深部应有较大的成矿远景，值得进一步工作。在小庄家矿化点，今年完成的深部探矿钻孔已见矿，说明了界河金矿地质勘查模型的可信性。

参考文献：

[1] 曹新志，王来峰，高秋斌，等. 山东招远市界河金矿床矿体定位规律及定位预测 [J]. 地球科学, 1999, 24 (5): 484-486.  
CAO Xin-zhi, WANG Lai-feng, GAO Qiu-bin, et al. Location pattern and forecasting of orebodies, Jiehe gold deposit, Zhaoyuan City, Shandong Province [J]. Earth

Science, 1999, 24 (5): 484-486.  
[2] 高秋斌，曹新志，徐伯骏. 控矿断裂面形态变化与工业矿体定位空间关系研究—以山东界河金矿为例 [J]. 黄金, 1999, 20 (11): 1-3.  
GAO Qiu-bin, CAO Xin-zhi, XU Bo-jun. Study on the relation between shape change of ore-control fault plane and location of commercial orebody—taking Jiehe gold deposit in Shandong for example [J]. Gold, 1999, 20 (11): 1-3.  
[3] 周新华，杨进辉，张连昌. 胶东超大型金矿的形成与中生代华北大陆岩石圈深部过程 [J]. 中国科学 (D 辑), 2002, 32 (增刊): 11-20.  
ZHOU Xin-hua, YANG Jin-hui, ZHANG Lian-chang. The formation of super-large gold deposits in the Jiaodong Peninsula and related deep processes of the Mesozoic continental lithosphere of North China [J]. Sciences in China (Ser. D), 2002, 32 (Suppl.): 11-20.  
[4] 姚凤良，刘连登，孔庆存，等. 胶东西北部脉状金矿

- 床 [M]. 长春: 吉林人民出版社, 1990: 10-42.
- YAO Feng-liang, LIU Lian-deng, KONG Qing-chun, et al. Gold lodes in Northwest Jiaodong Peninsula [M]. Changchun: Jilin People's Press, 1990: 10-42.
- [5] 孙丰月, 石淮立, 冯本智. 胶东金矿地质及幔源 C-H-O 流体分异成岩成矿 [M]. 长春: 吉林人民出版社, 1995: 9-31.
- SUN Feng-yue, SHI Zhun-li, FENG Ben-zhi. Gold ore geology, lithogenesis and metallogenesis related to the differentiation of mantle-derived C-H-O fluids in Jiaodong Peninsula, eastern China [M]. Changchun: Jilin People's Press, 1995: 9-31.
- [6] 苗来成, 罗镇宽, 黄佳展, 等. 山东招掖金矿带内花岗岩类侵入体锆石 SHRIMP 研究及其意义 [J]. 中国科学 (D 辑), 1997, 27 (3): 207-213.
- MIAO Lai-cheng, LUO Zhen-kuan, HUANG Jia-zhan, et al. Zircon SHRIMP study of granitoid intrusions in Zhaoye gold metallogenic belt, Shandong Province and its significances [J]. Sciences in China (Ser. D), 1997, 27 (3): 207-213.
- [7] ZHOU Tai-he, LU Gu-xian. Tectonics, granitoids and Mesozoic gold deposits in East Shandong, China [J]. Ore Geology Reviews, 2000, 16: 71-90.
- [8] Wang L G, Qiu Y M, McNaughton N J, et al. Constraints on crustal evolution and gold metallogeny in the northwestern Jiaodong Peninsula, China, from SHRIMP U-Pb zircon studies of granitoids [J]. Ore Geology Reviews, 1998, 13: 275-291.
- [9] Yang J H, Wu F Y, Wilde S A. A review of the geodynamic setting of large-scale Late Mesozoic gold mineralization in the North China Craton: an association with lithospheric thinning [J]. Ore Geology Reviews, 2003, 23: 125-152.
- [10] 苗来成, 朱成伟, 翟裕生, 等. 山东招掖金矿带内花岗岩与金矿化关系探讨 [J]. 黄金地质, 1999, 5 (4): 7-11.
- MIAO Lai-cheng, ZHU Cheng-wei, ZHAI Yu-sheng, et al. Discussion on the relationship between granitoid and gold mineralization in the Zhaoye gold belt, Shandong Province [J]. Gold Geology, 1999, 5 (4): 7-11.
- [11] 罗镇宽, 关康, 苗来成, 等. 招远—莱州地区花岗岩类继承锆石年龄及其意义 [J]. 山东地质, 1999, 15 (3): 24-30.
- LUO Zhen-kuan, GUAN Kang, MIAO Lai-cheng, et al. The ages and its significance of inherited zircons in the granitoid in Zhaoyuan-Laizhou area [J]. Shandong Geology, 1999, 15 (3): 24-30.
- [12] 常裕林, 郑小礼, 王晖. 胶东西北部玲珑、郭家岭超单元花岗岩成因探讨 [J]. 地质找矿论丛, 2006, 21 (增刊): 90-94.
- CHANG Yu-lin, ZHENG Xiao-li, WANG Hui. Probe into genesis of Linglong and Guojialing super-unit granites in western Jiaodong Peninsula [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2006, 21 (Suppl.): 90-94.
- [13] 杨立强, 邓军, 葛良胜, 等. 胶东金矿成矿时代矿床成因研究述评 [J]. 自然科学进展, 2006, 16 (7): 797-802.
- YANG Li-qiang, DENG Jun, GE Liang-sheng, et al. Review on the age and genesis research of Jiaodong gold deposits [J]. Progress in Natural Science, 2006, 16 (7): 797-802.
- [14] 杨进辉, 朱美妃, 刘伟, 等. 胶东地区郭家岭花岗闪长岩的地球化学特征及成因 [J]. 岩石学报, 2003, 19 (4): 692-700.
- YANG Jin-hui, ZHU Mei-fei, LIU Wei, et al. Geochemistry and petrogenesis of Guojialing granodiorites from the northwestern Jiaodong Peninsula, eastern China [J]. Acta Petrologica Sinica, 2003, 19 (4): 692-700.
- [15] 沈远超, 李厚民, 刘铁兵, 等. 胶西北焦家式金矿化类型及其研究意义 [J]. 地质与勘探, 2001, 37 (1): 48-51.
- SHEN Yuan-chao, LI Hou-min, LIU Tie-bing, et al. Types of gold mineralization of Jiaojia type's gold deposits in Jiaodong district, Shandong Province, and their importance of studying [J]. Geology and Prospecting, 2001, 37 (1): 48-51.
- [16] 张锐, 曾庆栋. 焦家金矿 3 # 脉成矿规律探讨 [J]. 黄金科学技术, 2004, 12 (2): 16-21.
- ZHANG Rui, ZENG Qing-dong. The No. 3 mineral vein group of Jiaojia gold deposit and minerogetic pattern [J]. Gold Science and Technology, 2004, 12 (2): 16-21.
- [17] 汪劲草. 山东焦家断裂带下盘发现锥形断裂控制的工业矿体 [J]. 地质论评, 2002 (3): 248.
- WANG Jin-cao. Ore bodies controlled by the embryo faults discovered in the lower wall of the Jiaojia fault, eastern Shandong [J]. Geological Review, 2002 (3): 248.
- [18] 庞绪成, 顾雪祥, 唐菊兴, 等. 山东焦家金矿羽状构造勘查模型 [J]. 黄金, 2005, 26 (12): 4-7.

- PANG Xu-cheng, GU Xue-xiang, TANG Ju-xing, et al. Feather structure exploration model of Jiaojia gold deposit [J]. *Gold*, 2005, 26 (12): 4-7.
- [19] 张海泉. 山东胶东地区焦家式金矿床中含金石英大脉流体包裹体的特征 [J]. *地质通报*, 2005, 24 (5): 456-461.
- ZHANG Hai-quan. Fluid inclusions in gold-bearing quartz veins of Jiaojia-type deposits in the Jiaodong, Shandong [J]. *Geological Bulletin of China*, 2005, 24 (5): 456-461.
- [20] 魏明秀. 山东界河金矿小涝洼矿区地球化学找矿研究 [J]. *矿产与地质*, 2001, 15 (1): 44-50.
- WEI Ming-xiu. Geochemical searching for gold ore bodies in the Xiaolaowa area, Jiehe gold deposit, Shandong Provinces [J]. *Mineral Resources and Geology*, 2001, 15 (1): 44-50.
- [21] Baker T. Emplacement depth and carbon dioxide-rich fluid inclusions in intrusion-related gold deposits [J]. *Economic Geology*, 2002, 97: 1111-1117.
- [22] Lang J R, Baker T. Intrusion-related gold systems: the present level of understanding [J]. *Mineralium Deposita*, 2001, 36: 477-489.
- [23] 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]. *Economic Geology*, 2003, 98: 1-29.
- [24] Heinrich C A. Magmatic vapor contraction and the transport of gold from the porphyry environment to epithermal ore deposits [J]. *Geology*, 2004, 32 (9): 761-764.

---

(上接 361 页)

- [27] Veizer J, Fritz P. Geochemistry of brachiopods: oxygen and carbon isotopic records of Paleozoic oceans [J]. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 1986, 50 (8): 1679-1696.
- [28] Diener A, Eloneth S, Veizer J. Strontium isotope stratigraphy of the Middle Devonian: brachiopods and conodonts [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1996, 60 (40): 639-652.
- [29] Popp B, Anderson T, Sandberg P. Brachiopods as indicators of original isotopic compositions in some Paleozoic limestones [J]. *Geological Society of America Bulletin*, 1986, 97 (10): 1262-1269.
- [30] Popp B, Anderson T, Sandberg P. Textural, elemental and isotopic variations among constituents in middle Devonian limestones [J]. *North American Journal of Sediment Research*, 1986, 56 (5): 715-727.
- [31] Qing H, Veizer J. Oxygen and carbon isotopic composition of Ordovician brachiopods: implications for coeval seawater [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1994, 58 (20): 4429-4442.
- [32] Brenchley P, Carden G, Hints L. High-resolution stable isotope stratigraphy of Upper Ordovician sequences: constraints on the timing of bioevents and environmental changes associated with mass extinction and glaciation [J]. *Geological Society of America Bulletin*, 2003, 115 (1): 89.
- [33] LEE Xin-qing, WAN Guo-jiang. No vital effect on  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  values of fossil brachiopod shells, Middle Devonian of China [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2000, 64 (15): 2649-2664.