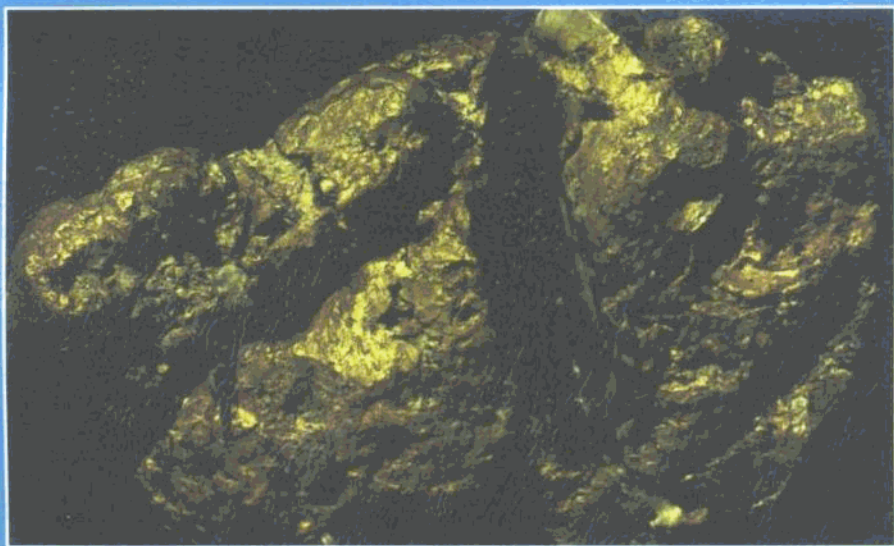


沈阳地质矿产研究所编

# 中国金矿主要类型 区域成矿条件文集

## 2. 冀东地区



地质出版社

56-5712408

5657  
237  
=2

# 中国金矿主要类型区域 成矿条件文集

## 2. 冀东地区

沈阳地质矿产研究所 编

2K576/13



## 内 容 提 要

“中国金矿主要类型区域成矿条件”科研成果按地质专报和文集两个系列陆续出版。文集共包括6辑，第1辑为黑龙江地区；第2辑为冀东地区；第3辑为豫陕小秦岭地区；第4辑为辽南地区；第5辑为胶东地区；第6辑为黔西南地区。

本辑由3篇文章组成。作者以大量实际资料为基础，阐述了冀东地区金矿床产出的区域地质背景、地球化学条件；对区内主要类型金矿床的地质特征、成矿条件、成矿作用、矿床成因，以及含金岩石系列的地球化学特点与其含金性进行了较详细地论述，并概略地指出了找矿方向。

本书可供从事金矿地质工作的生产、科研、教学等部门的同志参考。

## 中国金矿主要类型区域成矿条件文集

### 2. 冀东地区

沈阳地质矿产研究所 编

责任编辑：蒋云林

地质出版社 出版发行

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所经销

开本：787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub>印张：9.5字数：222000

1989年2月北京第一版·1989年2月北京第一次印刷

印数：1—1710册 国内定价：4.40元

ISBN 7-116-00352-5/P·303

# 目 录

<b>冀东主要类型金矿床的成因及形成机理研究</b> .....余昌涛 贾 斌 (1)	
一、区域地质概况..... (1)	
二、主要类型金矿床地质特征..... (4)	
三、流体包裹体研究..... (14)	
四、稳定同位素研究..... (24)	
五、矿床成因、矿床形成的物理化学条件及全过程概述..... (33)	
参考文献..... (41)	
英文摘要..... (42)	
<b>冀东太古宙含金岩石系列研究</b> .....孙大中 王魁元 王俊连 杨春亮 赵福明 (49)	
一、前言..... (49)	
二、金矿区域地质背景..... (49)	
三、含金岩石系列的地球化学特点及其含金量..... (70)	
四、金矿类型及其与岩石构造的关系..... (85)	
五、金矿的成矿作用..... (87)	
六、冀东地区金矿的地质演化..... (93)	
参考文献..... (94)	
英文摘要..... (96)	
<b>冀东主要金矿类型成矿条件及找矿方向</b>	
.....于润林 李文来 谷守志 李纪良 王福占 赵文浩 刘 生 张海祥 (99)	
一、区域成矿地质背景..... (99)	
二、主要金矿类型矿床特征..... (107)	
三、金矿成矿条件..... (114)	
四、找矿方向..... (138)	
五、结语..... (139)	
参考文献..... (140)	
图版及说明..... (141)	
英文摘要..... (143)	

# 冀东主要类型金矿床的成因 及形成机理研究

余昌涛 贾 斌

(地质矿产部沈阳地质矿产研究所)

**内容提要** 冀东地区金矿床按产出方式可分为两种类型：产于中生代花岗岩中的峪耳崖式金矿床和产于太古宙八道河群王厂组中的金厂峪式金矿床。金厂峪式和峪耳崖式金矿床均形成于中生代，成矿热液中的水均为以岩浆水为主但含有少量大气降水的混合水。金属成矿物质来自于上地幔派生的花岗岩浆与重熔花岗岩浆混合而成的花岗岩浆。金厂峪金矿的黄铁矿及金系在中酸—弱酸性溶液环境中沉淀晶出；峪耳崖金矿的黄铁矿及金系在中酸性溶液环境中沉淀晶出。

## 一、区域地质概况

### (一) 地层

在冀东金矿集中区，出露地层主要为太古界和元古界。局部地段有少量中生代地层零星分布。

#### 1. 太古界

冀东地区太古界为一套深变质地层，它包括两个群，下部为迁西群，上部为八道河群<sup>①</sup>。

#### (1) 迁西群

迁西群主要分布于区内青龙—迁安一线以西、遵化以东的广大地区。

根据变质建造特征，迁西群可进一步划分出两个组：上部为三屯营组，下部为上川组。上川组主要岩性为角闪斜长二辉麻粒岩，其次为角闪斜长次透辉麻粒岩和斜长次透辉麻粒岩，有时也见有二辉斜长角闪岩及辉石磁铁石英岩夹层，偶而还见有黑云紫苏斜长片麻岩。三屯营组可分出上、下两个岩段：下部岩段主要由二辉麻粒岩、斜长二辉麻粒岩、二辉斜长片麻岩、黑云紫苏斜长片麻岩组成，有时见有磁铁石英岩和二辉斜长角闪岩；上部岩段主要由角闪斜长次透辉麻粒岩、次透辉斜长角闪岩、黑云紫苏斜长片麻岩、二云斜长片麻岩组成，有时见有磁铁石英岩、二辉斜长片麻岩和石榴角闪紫苏麻粒岩。

#### (2) 八道河群

八道河群是一套原岩具有较完整的火山—沉积旋回特点的深变质地层，但其遭受的变

<sup>①</sup> 冀东早前寒武地层划分方案很多，本文暂采用地矿部天津地质矿产研究所划分方案。

质作用程度较迁西群弱，迁西群属麻粒岩相，而八道河群属角闪岩相。

根据岩石组合特征，八道河群可进一步分为三个组，由下而上为王厂组、湾杖子组和三门店组<sup>(4)</sup>。

1) 王厂组：是区内出露最广的地层，分布在跑马场—洒河桥—八道河一带。本组岩石系金厂峪型金矿床的围岩，主要由斜长角闪岩类、斜长片麻岩类、变粒岩、浅粒岩、磁铁石英岩以及少量角闪岩、辉石岩组成。

2) 湾杖子组：出露面积较小，分布零星，仅在青龙县城附近及都山花岗岩体北侧一带出露较多。本组主要由斜长角闪岩组成，也见有少量角闪斜长变粒岩、黑云斜长角闪岩、黑云斜长变粒岩、磁铁石英岩及浅粒岩。斜长角闪岩多为中粒结构，具条纹、条带或似韵律层状构造。

3) 三门店组：分布于青龙县城东三门店一带。本组主要由黑云斜长变粒岩类夹少量斜长角闪岩和条带状磁铁石英岩组成，有时见有石榴黑云斜长变粒岩和角闪黑云斜长变粒岩，局部含有二云斜长变粒岩。上述岩石常常保留有原始的沉积条带、条纹或韵律层。

## 2. 下元古界

主要出露于青龙县东部的柞栏杖子—棒罗台—老爷庙一带，呈北北东向的狭长带状分布。为一套变质程度较低的火山沉积地层，主要由变粒岩、浅粒岩、磁铁石英岩、斜长角闪岩、绢云母石英片岩、绢云母片岩、二云母片岩等组成，偶而见有镁铁闪石岩。本区下元古界可划分出两个群，下部为双山子群，上部为青龙河群<sup>(3)</sup>。

## 3. 中、上元古界

中、上元古界包括三个系即青白口系、蓟县系和长城系。长城系主要出露于区内太古界分布区的南北两侧，呈东西向带状分布。蓟县系仅见于铀尖金矿西南之兴城沟—擦崖子，峪耳崖金矿西北之北大杖子—六道窝棚一带。青白口系本区未见出露。

(1) 长城系，包括五个组，自下而上为：

1) 常州沟组：主要由石英砂岩、含砾石英砂岩及含砾长石石英砂岩组成，有时见有少量灰绿色页岩和紫红、紫灰色砂质页岩；

2) 串岭沟组：主要由灰绿、紫红色页岩、灰黑色砂质页岩、紫色含铁砂质页岩组成，有时见有细粒石英砂岩夹层；

3) 团山子组：主要由灰色薄层泥质白云岩、厚层含燧石条带或结核白云岩以及页岩组成。有时见有白云质砂岩夹层；

4) 大红峪组：主要由硅质白云岩、含燧石条带白云岩、粗砂岩、长石砂岩以及细砾岩组成；

5) 高于庄组：上部为深灰、灰白色含燧石条带及团块之厚层白云岩与浅灰、深灰色中厚层夹薄层及巨厚层白云岩；中部为中厚层、巨厚层细晶白云岩与微薄层泥质白云岩夹中厚层含锰白云岩、页岩；下部为夹薄层燧石条带之厚层白云岩与灰白色厚层长石石英砂岩、石英砂岩。

(2) 蓟县系

蓟县系包括两个组，下部为杨庄组，上部为雾迷山组。杨庄组主要为紫红色薄—厚层泥质白云岩、含砂泥质白云岩夹厚层含燧石条带白云岩，底部为含砾泥质白云岩。雾迷山组为厚层燧石条带白云岩、厚层条纹状沥青质白云岩以及薄层泥质白云岩。

## (二) 岩浆岩和岩浆作用

本区岩浆活动广泛而强烈，且具有多期性特点，其中以太古代、元古代（主要为吕梁期）及中生代的岩浆活动最为发育。

冀东早前寒武纪变质建造原岩恢复表明，变质岩系原岩为一套火山-沉积岩系，火山-沉积旋回特征十分明显，表明太古代时火山作用是十分普遍和强烈的。此外，在冀东早前寒武纪变质地层中发育有层状基性侵入体，表明在早前寒武纪本区不仅发育有火山作用，而且还存在侵入作用。

吕梁运动时期，本区岩浆活动主要表现为侵入作用。吕梁期侵入岩主要分布于本区东北部都山一带，以花岗岩岩基形式产出，称之为都山花岗岩。都山花岗岩主要岩性为黑云母花岗岩和二长花岗岩，岩石呈片麻状，主要由石英、微斜长石、条纹长石、中-更长石及少量黑云母、磁铁矿、绢云母等组成。

中生代（主要是燕山期）岩浆活动的特点是侵入作用和火山作用都十分强烈，但在本区，主要表现为侵入活动。中生代侵入体在本区分布广泛，主要为中-酸性侵入体，其次为基性-超基性侵入体以及各种脉岩。中-酸性侵入体呈东西及北东-南西向展布。自西往东，分别有王坪石、茅山、前分水岭、后杖子、高家店、青山口、贾家山以及西大地、峪耳崖等花岗岩侵入体。它们多呈岩株产出，主要由含石榴花岗岩、黑云母二长花岗岩、斜长花岗岩、花岗闪长岩、石英正长岩、正长斑岩及黑云闪长岩等组成。中生代花岗岩与金成矿关系密切，在这些花岗岩侵入体的围岩中常常发育有含金石英脉；与此同时，某些花岗岩侵入体本身就产有含金石英脉，有的甚至达到中型金矿床。

区内中生代的脉岩也相当发育，主要为花岗斑岩、煌斑岩、细晶岩、闪长玢岩、角闪正长斑岩、石英斑岩岩脉。绝大多数岩脉均分布在花岗岩体内部及外部接触带。

## (三) 地质构造概况

本区地处中朝准地台燕山台褶带东段。由于本区在漫长的地质演化历史过程中经受了各地史阶段的构造变动，区内构造格局十分复杂，褶皱和断裂相当发育。

本区早前寒武纪变质地层曾经历过多次褶皱变形作用。目前公认的主要有两期，早期褶皱作用形成了一组轴向近南北的紧密同斜倒转褶皱；晚期褶皱作用形成一组近东西向的大型开阔褶皱。北西走向的冷口大断裂将本区分为东西两部分。断裂西部，早期褶皱有迁西-太平寨复式背斜和遵化-跑马场复式向斜；断裂东部，在青龙河稍偏西部位为一复式向斜，其两侧各为一复式背斜。晚期开阔褶皱，在冷口断裂以西主要为马兰峪-太平寨开阔背斜；断裂以东为钱杖子-龙王庙开阔背斜。

除褶皱外，区内断裂十分发育。早在元古代初期，本区刚性基底发生破裂，形成北西向的冷口断裂带和以青龙河断裂为代表的北北东向断裂带。吕梁运动时期，岩浆沿北北东向断裂带侵入，形成长轴近于北东向的都山花岗岩（岩基）侵入体。自中生代开始，本区逐渐解体为规模不等的断块。印支及燕山运动早期，主要形成近东西向的压扭性断裂带，燕山运动中期出现北北东向压扭性断裂带。沿此二方向的断裂带有燕山期花岗岩体贯入，本区燕山期花岗岩侵入体的空间展布特征主要受这两组方向的断裂带控制。需要指出，本区的构造活动具有明显的继承性，具体表现在上述两组方向的断裂带都具有多次重复活动的特点。

## 二、主要类型金矿床地质特征

冀东主要类型金矿床有两种，一种为产于太古界八道河群王厂组变质岩系中的含金石英脉式金矿，代表矿床为金厂峪金矿（以下简称金厂峪式金矿）；另一种为产于中生代花岗岩中的含金石英脉式金矿，代表矿床为峪耳崖金矿（以下简称峪耳崖式金矿）。

### （一）金厂峪式和峪耳崖式金矿床的空间分布规律

#### 1. 金厂峪式金矿床的空间分布规律

金厂峪式金矿床（点）及其含金石英脉在空间上与中生代花岗岩关系十分密切。主要表现在本类金矿床（点）的空间分布区与中生代花岗岩分布区完全一致；金矿床（点）或含金石英脉只出现在中生代（主要为燕山期）花岗岩侵入体周围或几个相距不远的花岗岩体之间的变质岩系岩石中。例如，在本区中西部地段，金矿床（点）和含金石英脉主要分布在麻地、王坪石、茅山、前分水岭、后杖子等花岗岩侵入体周围或上述岩体之间的王厂组斜长角闪岩、斜长片麻岩类岩石中（图1）；在本区中东部地段，金矿床（点）和含金石英脉主要分布在高家店、青山口、贾家山、牛心山等花岗岩侵入体周围或它们之间的王厂组斜长角闪岩、斜长片麻岩类岩石中。与此相反，那些远离中生代花岗岩侵入体的王厂组斜长角闪岩和斜长片麻岩类岩石中，极少见有本类型金矿床（点）或含金石英脉。如遵化县正西的崔家庄至苇城峪一带，以及后杖子岩体以北的大营盘至王杖子一带，由于离花岗岩体较远，那里的王厂组斜长角闪岩、斜长片麻岩类岩石中并未见有本类金矿床（点）和含金石英脉。可见本类金矿床（点）或含金石英脉在区域上的分布受中生代花岗岩控制，表明它们之间有着成因联系。

虽然就区域性分布来说本类金矿床（点）和含金石英脉受中生代花岗岩控制，但通过对区内金矿床（点）含金石英脉或矿体产状统计发现，本类金矿床含金石英脉按走向主要受下述4组断裂控制：（1）40—45°，（2）15—20°，（3）70—80°，（4）310—320°（图2），其中（1）、（2）两组方向的断裂一般是压扭性质的，常以较大规模的片理化带形式出现，区内一些大、中型矿床如金厂峪金矿、三家金矿等皆产在这两组方向的片理化带中。需要指出的是，上述4组方向的含金石英脉多数情况下都与围岩的片麻理斜交，并且在同一矿床或矿点中常常出现2组、3组甚至4组方向的含金石英脉（如蚂蚁沟金矿）。以上情况表明，本类金矿床的含金石英脉（或矿体）是沿围岩中的断裂充填形成的。

#### 2. 峪耳崖式金矿床的空间分布规律

由于本类金矿床直接产于中生代花岗岩体内，因此它们在区域上的分布与中生代花岗岩的空间分布完全一致。本区中生代花岗岩基本上呈东西向及北东向展布，所以本类金矿床（点）在区域上亦呈东西向及北东向分布。由西而东有：茅山金矿，G金矿点，牛心山金矿；由南西往北东有H金矿点，峪耳崖金矿和D金矿点等。

在上述金矿床（点）中，含金石英脉（或金矿体）主要产于花岗岩体内部的蚀变断裂破碎带、节理及与围岩的接触面处。如峪耳崖金矿，金矿体（或含金石英黄铁矿脉）主要产出在东西向的石英脉浸染蚀变破碎带，北北东向和近东西向的岩石节理以及岩体与高于庄组白云岩的接触带上。

综上所述，可以看出峪耳崖式金矿床（点）的空间分布主要受东西向和北东向展布的



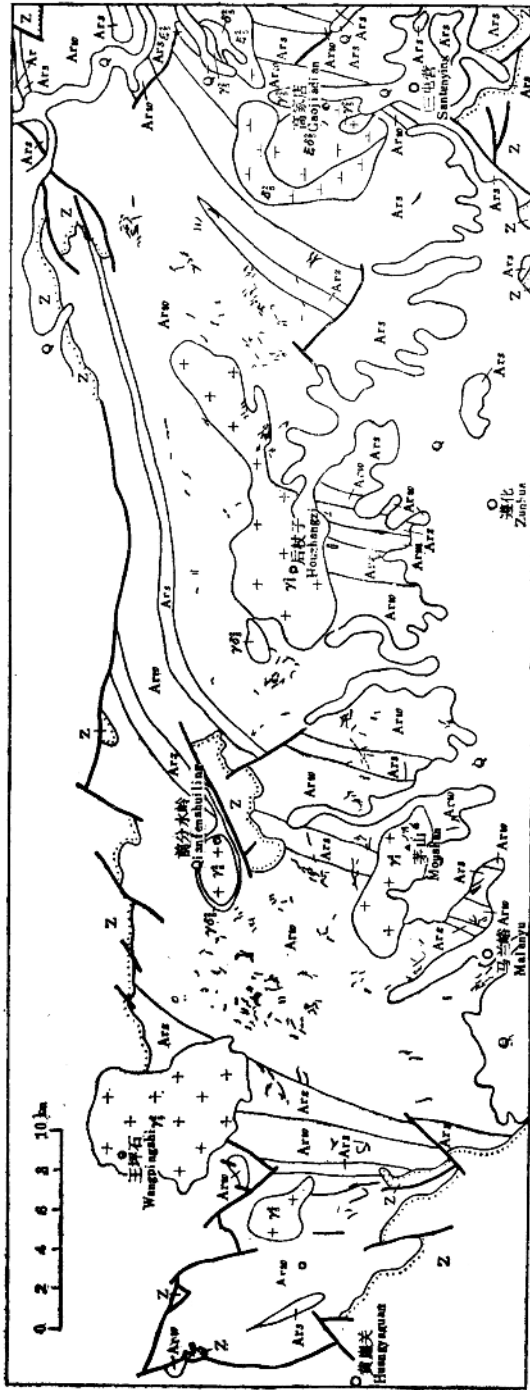


图 1 冀东地区三屯营—黄崖关一带金矿脉分布图

Fig. 1 Geological map showing distribution of gold-bearing quartz veins in Santuoying-Huangyaguan district, eastern Hebei

- 1—第四系；2—长城系；3—三门店组；4—湾杖子组；5—王厂组；6—三屯营组；7—燕山期（Y<sub>1</sub>）花岗岩；8—燕山期（Y<sub>2</sub>）闪长岩；9—燕山期（Y<sub>3</sub>）花岗闪长岩；10—燕山期（Y<sub>4</sub>）正长岩；11—燕山期（Y<sub>5</sub>）正长闪长岩；12—含石英英脉；13—断层；14—不整合地质界线

中生代花岗岩的控制，而具体的含金石英脉或矿体主要受花岗岩体中的节理、断裂破碎带及与围岩的接触面的控制。

## (二) 容矿及含矿岩石的含金性

本文所谓的容矿岩石，是指那些仅仅作作为含金石英脉（或矿体）的围岩而与金矿无成因关系的岩石，含矿岩石是指那些与金矿有成因关系的岩石，有时这些岩石本身也是金矿体或含金石英脉的围岩。冀东地区属于容矿岩石的有太古界八道河群王厂组变质岩系，长城系常州沟组石英岩状砂岩，含砾长石石英砂岩，高于庄组白云岩。其中王厂组变质岩系是最主要的容矿岩石，区内绝大部分金厂峪式金矿床都赋存在该变质岩系内，其它类型的容矿岩石只有极次要的意义；属于含矿岩石的只有中生代（主要为燕山期）的花岗

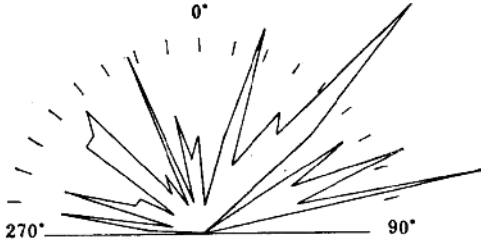


图 2 冀东金厂峪式金矿床含金石英脉产状玫瑰花图  
Fig. 2 Rose diagram showing the trend of the gold-bearing quartz veins of Jinchangyu-type gold deposits in eastern Hebei

岩类岩石，它们也是峪耳崖式金矿床最主要的围岩。

为了研究上述岩石的含金性，我们测定了采自魏进河—跑马场路线地质剖面的84件变质岩和采自茅山花岗岩侵入体的32件岩石样品中的金含量。每件用于分析的岩石样品都经过详细的显微镜下鉴定，凡发现有后期交代蚀变的样品一律废弃不用。金含量测定是由本所实验室光谱组一次完成的。因此，若有测定误差的话，则对于每件样品都是相同的，也就是说所测出的各件样品金含量的相对高低是可靠的。这就可以比较王厂组容矿变质岩系和中生代含矿花岗岩中金含量的高低。

我们取算术平均值作为丰度值。为了避免因个别样品金含量过高而在计算中带进误差，凡金含量过高的样品都予以剔除。在这里，凡 $Au \geq 10$ ppb者均剔除不参与计算。计算结果列于表1。从表1可以看出，中生代花岗岩金的丰度比王厂组变质岩系岩石高，花岗岩中金丰度为2.5ppb，王厂组变质岩系岩石为1.2ppb，前者约为后者的2.1倍。此外，由表1还可看出，王厂组变质岩系不同岩石类型的金丰度也不相同，金丰度由高至低依次为

表 1 冀东中生代花岗岩和王厂组变质岩系岩石的金丰度  
Table 1 Gold abundance in Mesozoic granites and metamorphic rocks of Wangchang Formation in eastern Hebei

岩石类型	样 数	丰度(ppb)
角闪岩类	5	0.6
斜长角闪岩类	26	1.31
斜长(或钾长)片麻岩类	31	1.25
变粒岩、浅粒岩类	17	1.04
磁铁石英岩类	3	2.28
变质岩系整体	82	1.20
花岗岩类	28	2.50

磁铁石英岩类，斜长角闪岩类，斜长（或钾长）片麻岩类，变粒岩及浅粒岩类，角闪岩类。

### （三）成矿期及矿化阶段

根据年龄测定结果，冀东地区可划分出两期金的成矿作用。第一期成矿作用大致发生于下元古宙时期，属于本期成矿作用产物的有青龙县苗杖子金矿。该矿特点是金属硫化物中除黄铁矿、方铅矿外，还有毒砂和白铁矿。据我们测定，矿化K-Ar年龄为1853.2Ma，与附近都山花岗岩体的成岩年龄大致相当，推测此期成矿作用与吕梁期岩浆活动有关。由于与此期成矿作用有关的金矿床目前只有苗杖子一处，别处未有发现，所以没有普遍意义，不是本区金的主要成矿期。第二期金的成矿作用发生于中生代，本期成矿作用形成了金厂峪式金矿床和峪耳崖式金矿床，其中金厂峪式金矿大致形成于燕山早期（金矿化年龄为135.9—200.2Ma）。对金厂峪式金矿床来说，本成矿期又可进一步划分出若干个成矿阶段，现以金厂峪为例，简述如下：

据野外与室内观察结果，金厂峪金矿可划分出下述三个不同的成矿阶段：

第一成矿阶段，形成第一期钠长石英脉。本期钠长石英脉规模相对较小，其中有时见有围岩碎块，常切穿矿区花岗斑岩脉。薄片见到，钠长石英脉中常含有花岗斑岩的棱角状碎块。本期钠长石英脉形成晚于花岗斑岩。主要由更-钠长石、石英组成，其次有少量碳酸盐和黄铁矿。更-钠长石和石英多被压碎，前者双晶纹发生轻微弯曲或出现膝折，后者被压碎拉长并出现波状消光，边缘出现粒化现象。碳酸盐矿物呈脉状或沿更-钠长石、石英颗粒边界分布。黄铁矿呈团斑状或星散状，单晶呈立方体，粒度0.1—1.5cm，黄铁矿未见有压碎现象，推测黄铁矿是在钠长石英脉受构造作用破碎后沿裂隙进入形成的。本期钠长石英脉含金量不高。

第二成矿阶段，为含金黄铁矿石英脉阶段，是金的主要成矿阶段。本阶段形成一些巨大的含金黄铁矿石英脉，它们有规律地分布在片岩（或片理化）带中。石英脉两侧近脉壁部分有时见有粉红色的钠长石，脉体尖灭部位常常分枝变为由钠长石、石英及碳酸盐组成的“第二期”钠长石英脉。这种钠长石英脉不同于上述第一阶段的钠长石英脉，它没有受到强烈的压碎作用。石英脉中黄铁矿呈浸染状、聚斑状、马尾丝状、不规则脉状，粒度较细，粒径为0.08—0.5cm左右。除黄铁矿外，有时还见有辉钼矿、闪锌矿、黄铜矿等矿物。本期石英脉被第三阶段的碳酸盐石英脉穿切。

第三阶段，石英-钠长石-铁白云石阶段。本阶段脉体宽度不大，有时过渡为钠长石铁白云石脉或纯铁白云石脉。脉体中几乎未见到黄铁矿，个别脉体中偶有微量黄铁矿呈星散状出现。本阶段脉体穿切前两个阶段脉体，并且主要分布于第二阶段（主成矿阶段）含金黄铁矿石英脉两侧围岩的裂隙中。

需要指出，在金厂峪矿区，还发育有一种呈肠状褶曲的脉体，该脉体也由粉红色长石和石英组成，这种脉在矿脉附近也有出现，极易与第一阶段钠长石英脉混淆。这种脉体不是中生代成矿期的产物，其形成时间早于中生代。因为中生代成矿期形成的脉体都是沿裂隙贯入的，脉体中或多或少见有围岩碎块（屑），而这种呈肠状褶曲的脉体中未见有围岩碎块，有时脉体呈紧密同斜褶曲状。

根据形态、产状特征推测，该种脉体形成的时间至少是和冀东最后一次区域性的变形变质作用同时的，或者比这更早。当这种脉体出现在远离矿体的部位时，其中一般不含黄

铁矿；但当与中生代成矿期形成的含金石英脉出现在一起时，这种脉体与围岩的接触边界或沿脉体中的裂隙往往见有黄铁矿。我们认为这种黄铁矿是中生成矿热液活动叠加的结果，并非是该脉体本身形成期间形成的。在冀东地区大小不同的数百个金矿床（点）中，尚未有一个是纯由这种脉体构成的。由此可以认为，冀东地区金厂峪式金矿床的形成与这种脉体无关。

#### （四）矿石的结构、构造特征及物质组分研究

##### 1. 矿石结构特征

根据光片观察，金厂峪式和峪耳崖式金矿的矿石结构特征基本上相同。矿石结构类型有中粗粒结构、细粒粉末状结构、碎裂结构、交代结构、固溶体分解结构和包含结构。在上述结构中，交代结构尤为发育，它可以进一步分出如下几种情况：（1）黄铜矿、银金矿、自然金沿裂隙交代黄铁矿；（2）闪锌矿沿裂隙交代黄铁矿；（3）方铅矿交代闪锌矿；（4）黄铜矿同时交代方铅矿和闪锌矿；（5）方铅矿与黄铜矿共生并沿裂隙交代黄铁矿。包含结构也可进一步分出几种情况：（1）方铅矿包裹黄铁矿，后者一般仍保持原来结晶时的形态，个别晶体有被溶蚀的现象；（2）黄铁矿被黄铜矿包裹；（3）自然金以包体形式存在于黄铁矿、石英、方铅矿、闪锌矿及黄铜矿中。

综上所述，可以看出，无论是金厂峪式金矿还是峪耳崖式金矿，其金属硫化物大致有如下晶出顺序：黄铁矿→闪锌矿→方铅矿→黄铜矿→金（自然金或银金矿）。

##### 2. 矿石构造

金厂峪式和峪耳崖式金矿床的矿石构造类型有块状构造、脉状构造、网脉状构造、浸染状构造、碎斑或角砾状构造、团块状构造及蜂窝状构造。其中块状构造、团块状构造和浸染状构造最为发育和重要。浸染状构造又可细分为细脉浸染状构造、稀疏浸染状构造和稠密浸染状构造。蜂窝状构造主要发育于地表氧化带矿石中。

##### 3. 矿石的物质组分研究

###### （1）金矿床的矿物组合特征

冀东地区，无论是属于峪耳崖式还是属于金厂峪式的金矿床，其矿物组合（表2）基本上是相同的。这主要表现在它们的主要金属矿物都是黄铁矿，其次为闪锌矿、方铅矿、黄铜矿和辉钼矿；主要的脉石矿物中都有石英、铁白云石、方解石、绿泥石、绢云母（或白云母）。然而，由于金厂峪式金矿和峪耳崖式金矿的围岩性质不同，所以在矿床的矿物组合上仍然存在一定的差别。例如，金厂峪金矿的矿物组合中存在有碲金矿、碲铅矿、辉碲铋矿，并且脉石矿物中存在着大量的钠长石；而峪耳崖金矿的矿物组合中却没有碲金矿、碲铅矿、辉碲铋矿，并且脉石矿物中也未见有钠长石，相反却见有钾长石。造成这种差别的原因，可能是由于成矿热液在运移过程中与不同化学成分的围岩发生物质交换致使热液成分发生变化的结果。

###### （2）主要矿石矿物特征及成分研究

黄铁矿是本区金矿床最主要的金属硫化物矿物，也是金的最主要载体矿物。因此，这里只着重研究黄铁矿和金矿物本身的一些特征。

1) 黄铁矿特征：我们测定了金厂峪、峪耳崖、G等金矿床（点）黄铁矿的密度、硬度和反射率，分析了其中Au、Ag的含量及微量金属元素的含量，计算了某些元素间的含量比。所有的测定及计算结果分别列于表3、4、5。根据上述测定、计算结果以及我们在野

表 2 冀东地区金厂峪式金矿床(金厂峪、M)和峪耳崖式金矿床(峪耳崖、G)矿物组合对比表

Table 2 Comparison of mineral assemblage between Jinchangyu-type (Jinchangyu and M gold deposit) and Yuerya-type (Yuerya and G gold deposit) gold deposits in eastern Hebei

矿物	金厂峪	M	峪耳崖	G
黄铁矿	————	————	————	————
自然金	————	————	————	————
银金矿	————	————	————	————
金银矿	————	————	————	————
磁铁矿	————	————	————	————
磁黄铁矿	————	————	————	————
辉钨矿	————	————	————	————
方黄铜矿	————	————	————	————
白铁矿	————	————	————	————
锑铁矿	————	————	————	————
闪锌矿	————	————	————	————
黄铜矿	————	————	————	————
斑铜矿	————	————	————	————
方铅矿	————	————	————	————
黝铜矿	————	————	————	————
砷黝铜矿	————	————	————	————
碲铅矿	————	————	————	————
辉碲矿	————	————	————	————
碲金矿	————	————	————	————
辉银矿	————	————	————	————
自然银	————	————	————	————
碲银矿	————	————	————	————
深红银矿	————	————	————	————
辉铜矿	————	————	————	————
菱铁矿	————	————	————	————
白铅矿	————	————	————	————
沥青铀矿	————	————	————	————
铜蓝	————	————	————	————
赤铁矿	————	————	————	————
褐铁矿	————	————	————	————
孔雀石	————	————	————	————
石英	————	————	————	————
钠长石	————	————	————	————
钾长石	————	————	————	————
铁白云石	————	————	————	————
方解石	————	————	————	————
绿泥石	————	————	————	————
絹云母	————	————	————	————
萤石	————	————	————	————
滑石	————	————	————	————
高岭石	————	————	————	————
白云母	————	————	————	————

注：表中实线表示常见矿物，虚线表示罕见矿物

外和室内所见，本区主要金矿床的黄铁矿具有下述特点：

① 无论是峪耳崖式还是金厂峪式金矿床，黄铁矿晶体形态主要是立方体和立方体与八面体的聚形，极少见五角十二面体及五角十二面体与立方体或八面体的聚形。

② 密度大于正常黄铁矿的密度。正常黄铁矿的密度为  $4.95-5.10\text{g/cm}^3$ 。金厂峪式金矿床黄铁矿的密度为  $4.95-5.19\text{g/cm}^3$ ，在所测定的 15 件黄铁矿中有 7 件密度大于正常黄铁矿的密度的上限值  $5.10\text{g/cm}^3$ ；峪耳崖式金矿床黄铁矿的密度为  $5.10-5.20\text{g/cm}^3$ ，大于或等于正常黄铁矿密度的上限值  $5.10\text{g/cm}^3$  (表3)。根据光片鉴定及电子探针分析，本区主要金矿床的黄铁矿中不仅含有包体金，而且还含有均匀分散状态的质点状次显微金。

表 3 冀东某些金矿床黄铁矿的密度、硬度和反射率  
Table 3 Reflectances, specific mass and hardness of pyrites  
of some gold deposits in eastern Hebei

类型	矿床	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	硬度 kg/(mm) <sup>2</sup> 负荷100g	反 射 率 R%				备 注
				波 长				
				460μm	540μm	580μm	660μm	
金 厂 峪 式	金厂峪金矿	4.95—5.18 (9)	475—1850 (13)	39.80—49.49 (13)	49.37—53.21 (13)	51.38—54.74 (13)	51.75—56.47 (13)	括号中的数字为测定样品数
	北柳河汀金矿	—	750 (1)	47.60 (1)	57.01 (1)	59.10 (1)	59.63 (1)	
	三家金矿	5.07—5.19 (2)	490—590 (2)	42.50—46.29 (2)	49.15—50.97 (2)	50.98—52.47 (2)	54.14—54.32 (2)	
	响水沟金矿	5.06 (1)	420—490 (1)	45.49 (1)	51.43 (1)	52.62 (1)	52.44 (1)	
	M金矿点		450—1500 (3)	42.65—50.95 (3)	51.08—55.73 (3)	52.77—57.68 (3)	53.75—57.42 (3)	
峪 耳 崖 式	峪耳崖金矿	5.10—5.20 (5)	610—1620 (3)	42.26—50.9 (3)	50.49—54.13 (3)	53.26—55.07 (3)	52.99—55.87 (3)	
	G金矿点		780—1850	45.28—46.15	53.92—54.40	54.64—55.78	52.01—56.60	

表 4 冀东地区一些金矿床黄铁矿中的微量元素含量  
Table 4 Content of some minor elements of pyrites of  
some gold deposits in eastern Hebei

单位: ppm

样号	类型	矿床(点)	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	As	Sb	Bi	Hg	Se	Te
51-2	金 厂 峪 式	金厂峪	72.0	14.0	360	250	45	190	635	5	0	28	0	17	53
54-1		同上	11.6	90.0	395	113	80	238	623	48	52	60	0	26	41
55-1		同上	112.0	29.4	303	188	55	338	468	44	10	160	0	18	275
63-2		同上	38.0	25.0	53	1800	35	138	500	3	0	88	0	15	130
64-1		同上	280.0	100.0	103	575	30	138	183	1	0	40	0	16	29
64-3		同上	9.0	15.0	248	438	45	190	918	1	0	72	0	29	35
69-1		同上	10.0	80.0	100	2925	38	475	692	2	0	120	0	29	41
70-8		同上	11.0	10.4	—	—	—	350	435	1	0	40	0	31	9
12-3		M 地 区	42.0	100.0	303	200	220	175	188	52	27	32	0	0	0
36-2		蚂 蚁 沟	20.0	40.0	125	125	45	300	213	51	0	0	0	12	56
91-1		三 家	144.0	320.0	4200	125	33	225	155	1	5	40	0	0	850
92-2		同 上	460.0	405.0	10950	1000	85	490	550	5	0	1200	0	14	250
99-11	峪 耳 崖 式	铧尖-牛心山	—	135.0	4825	10000	1450	60	40	6	0	400	0	7	160
74-1		峪耳崖	40.0	1.3	38	50	38	15	60	32	15	72	0	19	128
75-1		同上	61.0	90.0	680	300	105	400	13	71	0	320	0	2	1175
76-1		同上	72.0	30.0	400	75	60	138	40	52	7	120	0	24	190
77-1		同上	116.0	94.0	3660	500	45	60	40	176	0	40	0	24	53
78-1		同上	20.0	10.2	—	—	—	350	418	1	0	30	0	21	25
79-1		同上	40.0	50.0	5475	250	17	130	10	64	0	60	0	19	86

分析者: 本所实验室化学组王彦英

表 5 冀东地区某些金矿床黄铁矿中微量金属元素比值 (包括Au、Ag比值)

Table 5 Ratio of minor ore-elements in pyrites of some gold deposits in eastern Hebei

样号	类型	矿床(点)	Au+Ag	Au/Ag	Co/Ni	Cu/Zn	Ag/Zn	Pb/Zn	Se/Te
51-2	金 厂 峪 式	金厂峪	86.0	5.14	0.28	8.00	0.31	5.56	0.32
54-2		同上	102.6	0.13	0.38	4.94	1.13	1.41	0.63
55-1		同上	141.1	3.84	0.72	5.51	0.53	3.42	0.07
63-2		同上	63.0	1.52	0.28	1.52	0.71	51.43	0.14
64-1		同上	38.00	2.80	0.75	2.43	3.33	19.17	0.55
64-3		同上	24.0	0.60	0.21	5.51	0.33	9.73	0.83
69-1		同上	90.0	0.13	0.69	2.63	2.11	76.97	0.71
70-8		同上	21.4	1.06	0.80	-	-	-	3.44
12-3		M	142.0	0.42	0.93	1.38	0.45	0.91	-
36-2		蚂蚁沟	60.0	0.50	1.41	2.78	0.80	2.78	0.21
91-1		三家	464.0	0.35	1.45	127.27	9.70	3.79	0.00
92-2		同上	865.0	1.14	0.89	12.85	4.76	11.76	0.06
99-11		峪 耳 崖 式	铧尖-牛心山	-	-	0.50	3.33	0.09	6.90
74-1	峪耳崖		41.25	32.0	0.25	1.00	0.30	1.32	0.15
75-1	同上		151.00	0.67	30.77	6.48	0.86	2.86	0.002
76-1	同上		102.00	2.40	3.45	6.67	0.50	1.25	0.13
77-1	同上		210.00	1.23	1.50	31.33	2.09	11.11	0.45
78-1	同上		30.20	1.96	0.84	-	-	-	0.84
79-1	同上		90.00	0.80	13.00	322.00	2.94	14.71	0.22

本区金矿床黄铁矿的密度大于正常值,显然与其中含有金有关。

③ 根据晶体场理论公式计算<sup>[12]</sup>,对应于460、540、580、660nm波长的光波,黄铁矿( $FeS_2$ )反射率 $R$ 的理论值分别为45%,53.7%,56.3%和60%。从表3可以看出,除波长460nm的光外,金厂峪式金矿床的黄铁矿对应于其它三个波长(540、580、660nm)的反射率 $R$ 的值均低于上述相应的理论计算值。

④ 金厂峪式金矿床黄铁矿的维氏硬度为475—1850kg/mm<sup>2</sup>(负荷100g),峪耳崖式金矿床黄铁矿的维氏硬度为610—1850kg/mm<sup>2</sup>(负荷100g),两者的维氏硬度值范围基本一致。

⑤ 金厂峪金矿黄铁矿的Au、Ag含量与峪耳崖金矿的黄铁矿相似(表4、表5)。金厂峪金矿矿体黄铁矿含Au为9—280ppm,平均为68ppm;含Ag为10.4—100ppm,平均为45.5ppm;Au/Ag比值为0.125—5.14,平均为1.90。峪耳崖金矿黄铁矿含Au为20—116ppm,平均为58.1ppm;含Ag为1.25—94ppm,平均为45.9ppm;Au/Ag比值变化范围大,在0.67—32之间,平均为6.51。

⑥ 金厂峪金矿床矿体中黄铁矿Co含量为138—475ppm,平均为257ppm;Ni含量为183—918ppm,平均为557ppm;Co/Ni比值为0.21—0.8,平均为0.51。峪耳崖金矿黄铁矿Co含量为15—400ppm,平均为182ppm;Ni含量为10—418ppm,平均为97ppm;Co/Ni比值为0.25—30.77,平均为8.30。峪耳崖金矿床黄铁矿的Co、Ni含量低于金厂峪金矿的黄铁矿,但Co/Ni比值大于金厂峪金矿的黄铁矿。我们认为,这可能是由于金厂峪金矿

的成矿热液自岩浆中分离出来后在变质的中-基性火山岩-斜长角闪岩类及斜长片麻岩类中经过较长距离的运移,在热液运移过程中与含Co、Ni较高的围岩发生物质交换,从围岩中萃取了一定量的Co和Ni,而峪耳崖金矿床的成矿热液没有这种经历,因此它无法增加Co、Ni含量,从而使得从中析出的黄铁矿含Co、Ni较低。

⑦ 金厂峪金矿床矿体黄铁矿含Cu为53—395ppm,平均223ppm;含Pb为113—2925ppm,平均898ppm;含Zn为30—80ppm,平均47ppm。峪耳崖金矿黄铁矿含Cu量为38—5475ppm,平均为2050ppm。显然,峪耳崖金矿床黄铁矿以含Cu高为其特征。

⑧ 金厂峪金矿黄铁矿含Se为15—31ppm,平均为23ppm;含Te为9—275ppm,平均为77ppm;Se/Te比值平均为0.84。峪耳崖金矿黄铁矿含Se为2—24ppm,平均18ppm,含Te为25—1175ppm,平均为276ppm;Se/Te比值平均为0.30。从以上数值可以看出,两者含量十分接近。峪耳崖金矿黄铁矿平均含Te量高于金厂峪金矿黄铁矿,但从表4可看出,在峪耳崖金矿所测定的黄铁矿样品中,除一个样品含Te为1175ppm外,其余的样品均在25—190ppm之间,这时它们的平均含Te量为96.4ppm,与金厂峪金矿矿体黄铁矿接近。从Se/Te比值看,峪耳崖金矿黄铁矿与金厂峪金矿矿体黄铁矿较接近。

⑨ 峪耳崖金矿与金厂峪金矿黄铁矿均含有较高量的Bi。峪耳崖金矿黄铁矿含Bi为30—320ppm,平均为107ppm;金厂峪金矿黄铁矿含Bi为28—160ppm,平均为76ppm。

综上所述,可以看出,本区两种主要类型金矿床的黄铁矿在结晶习性、密度、反射率的变化规律,维克硬度、Au、Ag、Se的含量及Se/Te比值等方面是相同或相近的。这种相同或相近性表明,它们从中析出的成矿热液的性质应是相似的。众所周知,峪耳崖式金矿床的成矿热液是中生代的岩浆热液,由此类推,金厂峪式金矿床的成矿热液也应是岩浆热液。金厂峪式和峪耳崖式金矿床黄铁矿在As、Co、Ni、Cu等元素含量方面存在着较大差别,原因可能与它们的成矿热液从岩浆中分离出来以后的经历不同有关。

## 2) 金矿物特征:

① 金矿物及自然金类型 冀东地区金矿床中主要金矿物有自然金、银金矿、金银矿、碲金矿等。其中自然金是常见的金矿物,并且占金矿物的90%以上。根据自然金的形态、粒度、赋存状态、生成顺序可以将其分成5种类型。

第一种类型,金以次显微分散状态存在于矿石矿物和脉石矿物中,其分布较均匀,用一般反光显微镜难于察见,但用电子显微镜、电子探针、扫描电镜等可以观察到。经测定,粒度大致在0.05—0.2 $\mu$ m。这种次显微状金形成于成矿早期,形成时的温度相对较高,它们大多发育于黄铁矿内,少量形成于石英、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿中。据目前研究成果认为,次显微金主要附着在载体矿物的晶面上或晶隙内,与载体矿物是同时形成的,它是否能加入载体矿物的晶格,还不能确定。次显微金为载体矿物提供了形成粗粒自然金的来源。

第二种类型,以各种形状产于金载体矿物中,为可见自然金,其粒度为0.1—0.0003mm,生成时间晚于第一类型金。它有两种形成方式,一是从成矿溶液中直接沉淀,二是由次显微金在温度降低时汇集而成的。这类金成色较高,可达968。主要产于黄铁矿中。

第三类型,自然金沿载体矿物的裂隙分布,呈不规则粒状、薄层状、脉状、网脉状,后两种状态的金主要赋存于碎裂黄铁矿和石英的裂隙内,与黄铜矿、方铅矿共生。这种类型金是冀东地区金的主要工业金矿物。金的成色一般为823。



第四类型，窝子状自然金。金呈不规则脉状、丝状、针状直接分布于石英脉中，十分集中地赋存在某一部位。

第五类型，颗粒粗大自然金。此种类型金是黄铁矿、黄铜矿等含硫化矿物在物理化学环境改变，发生矿物成分、结构构造的重新调整，生成新条件下稳定的矿物如褐铁矿、辉铜矿、斑铜矿、铜蓝等时，存在于原先矿物中的金质点发生迁移，在新的位置上重新集中形成的。

② 自然金的超微细结构 A. 自然金的晶体形态：根据电镜照相获得的照片分析，见有如下几种晶体形态的自然金。A) 立方体自然金；B) 八面体自然金及八面体与立方体聚形自然金。在立方体的六个晶面上都可以生长八面体晶体；C) {001}与{111}的聚形自然金。B. 自然金的雏晶结构：自然金颗粒内除一些成形的晶体外，还有大量的团粒状、云朵状、乳疖状、似片状等形态的雏晶。一般认为，它们是在金浓度较高的溶液中金快速晶出的结果。

③ 自然金的成分 通常，金的成色用 $\left(\frac{\text{Au}}{\text{Au} + \text{Ag} + \text{其它成分}} \times 1000\right)$ 表示；金、银含量比值用 $\left(\frac{\text{Au}}{\text{Au} + \text{Ag}} \times 100\%\right)$ 表示。表6所示为金厂峪金矿、三家金矿、G金矿（样品采自徐家沟）自然金的电子探针分析结果。从表6可以看出，属于峪耳崖式金矿床的G金矿点，金的成色比三家金矿和金厂峪金矿的低，为723，属银金矿。金厂峪金矿金的成色变化较大，即使在同一自然金颗粒上也存在这种成色变化。例如，我们曾在同一颗粒自然金的三个不同部位进行测定，测得的成色分别为952、968、718。不过，尽管存在着这种成色变化，但总的趋势可以看出，金厂峪金矿金的成色高于G金矿点的金成色，平均为879，属自然金。三家金矿金的成色也高于G金矿点的金。根据上述情况可以推测，金厂峪式金矿床金的成色高于峪耳崖式金矿床的金。

无论是金厂峪金矿，三家金矿，还是G金矿点，其自然金（或银金矿）中所含的杂质元素基本相同，都含有Te、Bi、Cu、Pd、Pt、Ag、Hg和Sb（表6）。此外，G金矿点和金厂峪金矿的自然金和银金矿中还含有As（表6）。上述杂质元素，一般认为是存在于自然金或银金矿的晶格中的。

表 6 自然金电子探针分析结果(%)  
Table 6 Electron microprobe analysis of native gold of some gold deposits in eastern Hebei

样号	矿床	采样部位	成色	Te	Bi	Cu	Pd	Pt	Ag	Hg	Sb	As
106-1	金厂峪	地表	733	0.075	0.386	0.087	0.000	0.084	26.504	0.059	0.036	0.108
50-3(1)	金厂峪	262中段	952	0.000	0.701	0.291	0.000	0.182	2.234	1.021	0.062	0.026
50-3(2)	金厂峪	262中段	968	0.014	0.101	0.021	0.002	0.093	2.262	0.312	0.043	0.018
50-3(3)	金厂峪	262中段	718	0.009	0.210	0.019	0.001	0.104	26.355	0.078	0.051	0.012
63-3	金厂峪	183中段	864	0.000	0.639	0.037	0.000	0.082	10.796	0.546	0.051	0.263
92-2	三家	金矿	823	0.025	0.443	0.198	0.006	0.124	16.806	0.348	0.029	0.000
117-2	G金矿点		723	0.018	0.112	0.004	0.005	0.091	25.864	0.124	0.062	0.084

分析者：长春地质学院电子探针室陈挺