

文章编号:1009-0258(2001)03,04-0059-06

# 山东平邑铜石金矿田成矿系列及成矿模式

于学峰

(山东省地质科学实验研究院,山东 济南 250013)

**摘要:**铜石金矿田主要由隐爆角砾岩型(归来庄式)、碳酸盐岩层状微细浸染型(磨坊沟式)、夕卡岩叠加型、斑岩型和蚀变岩型等多种类型的矿床(点)组成,矿种以金为主,伴有银、铜、铁矿化,构成一个较完整的成矿亚系列。成矿作用与铜石富钾碱性次火山杂岩关系密切,岩浆活动为矿床的形成提供了热液和热源。泰山岩群为主要矿源层;寒武纪朱砂洞组上灰岩段之白云质灰岩、灰质白云岩为磨坊沟式金矿的有利含矿层位;寒武系上部—奥陶系下部的白云质灰岩、白云岩等是归来庄式金矿的有利围岩。杂岩体构成的次火山穹窿及伴生的环形放射状构造,控制着矿体的分布。

**关键词:**成矿系列;次火山穹窿;成矿模式;铜石金矿田

**中图分类号:** P618.51; P612

**文献标识码:** A

## 1 成矿地质背景

铜石金矿田位于滨西太平洋成矿域中部,中朝准地台东南缘;郯庐断裂带以西的鲁西断块隆起区南部,尼山凸起与平邑凹陷的接壤部位。区内地层主要为新太古代泰山岩群山草峪组变质岩系;古生代寒武系、奥陶系碳酸盐岩;中生代侏罗系—白垩系碎屑岩及火山岩等。断裂构造发育,NNW向的主干断裂及次级NW向断裂控制了地层及岩浆岩的展布;近EW向及NW向的次级断裂是本区的主要控矿构造。新太古代花岗闪长岩及古元古代二长花岗岩构成了本区的结晶基底。中生代燕山早期构造—岩浆活动强烈,形成了主要由二长闪长质岩石、二长正长质岩石构成的铜石次火山杂岩体(图1)。

### 1.1 控矿地层

(1)矿源层:鲁西新太古代绿岩带由泰山岩群组成,矿田内主要出露山草峪组,主要岩石的金含量为:黑云斜长片麻岩  $5.9 \times 10^{-9}$  ( $n=45$ ),长英质片岩  $7.04 \times 10^{-9}$  ( $n=17$ ),斜长角闪岩  $8.2 \times 10^{-9}$  ( $n=5$ )。据赵鹏大、陈永清等(1998年)研究成果,泰山岩群金元素含量  $10.7 \times 10^{-9}$  ( $n=139$ )<sup>[1]</sup>。可见,新太古代泰山岩群中金丰度值明显高于地壳丰度值  $4.1 \times 10^{-9}$  (黎彤,1988)。显示了成矿组分可能主要来源于泰山岩群。

(2)赋矿地层:早寒武世朱砂洞组不整合于前寒武纪花岗质变质基底之上,其下部的灰质白云岩,脆性大,化学活动性强,角砾状构造和岩溶孔隙发育,有利于含矿热液的运移

收稿日期:2001-07-17;修订日期:2001-08-06;编辑:游文澄

作者简介:于学峰(1962-),男,山东泰安人,高级工程师,主要从事金矿床研究及资源评价工作。

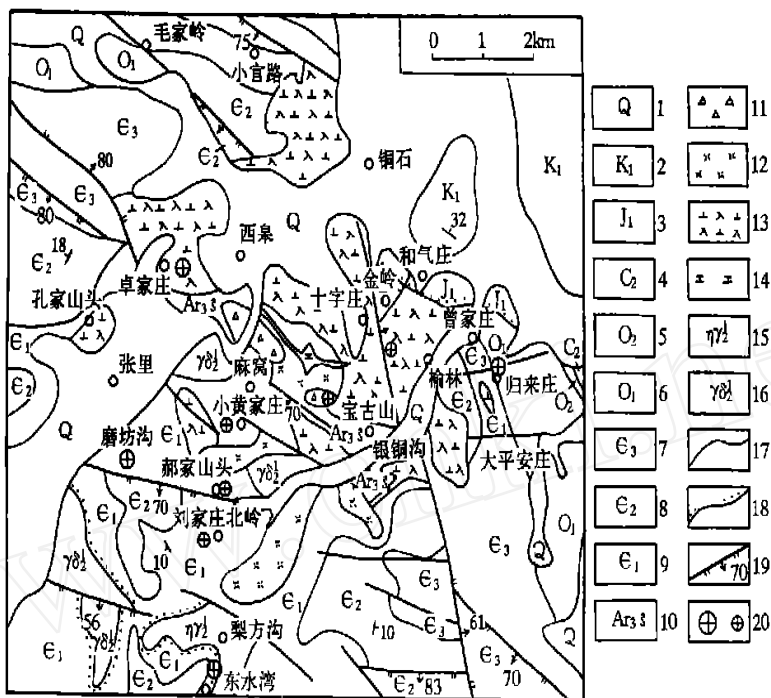


图 1 平邑县铜石地区地质略图

Fig. 1 Geological sketch of Tongshi area in Pingyi county

- 1—第四系;2—下白垩统;3—下侏罗统;4—中石炭统;5—中奥陶统;6—下奥陶统;7—上寒武统;  
 8—中寒武统;9—下寒武统;10—泰山岩群山草峪组;11—隐爆角砾岩;12—二长斑岩;13—二长闪  
 长斑岩;14—粗面斑岩;15—前寒武纪二长花岗岩;16—前寒武纪花岗岩闪长岩;17—地质界线;18—  
 角度不整合界线;19—断层及产状;20—金矿床(点)

和渗滤扩散,易与矿液发生交代作用而形成矿体;顶板围岩主要为泥云岩等,其结构致密,化学活动性差,对金元素的聚集成矿起着隔挡或屏蔽作用。该层位为良好的矿石堆积地,是形成磨坊沟式金矿的主要层位。寒武系上部及奥陶系下部的白云质灰岩、白云岩等,是归来庄式金矿的有利围岩。

### 1.2 控矿岩浆岩

矿田内中生代岩浆活动强烈,形成了铜石次火山杂岩体。该杂岩体为一多阶段分异演化而形成的高钾碱性次火山穹窿,面积约 32km<sup>2</sup>(图 1)。岩浆活动可分为三个主要阶段:二长闪长质岩石阶段,形成的岩石属高钾钙碱性岩石,主要分布于杂岩体的外环;二长—正长质岩石阶段,形成的岩石属高钾碱性岩,分布于杂岩体的中部;粗面斑岩及隐爆角砾岩阶段,隐爆角砾岩呈筒状或脉状分布于杂岩体的中心部位或边缘构造带中,金矿化主要发生在这一阶段。<sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar 法测年结果,二长闪长斑岩为 189.8 ± 0.2Ma,二长斑岩为 188.4 ± 1.6Ma,二者同属燕山早期产物。

杂岩体与金矿化关系密切,已知金矿床(点)均位于岩体范围内,且多分布于杂岩体的边缘接触带附近。岩浆岩对金矿化的控制作用主要表现在:一是多期次多阶段的高钾碱

性次火山岩浆活动,为金元素活化迁移和聚集成矿提供了充足的热源和热液;二是在岩浆活动末期形成的隐爆角砾岩,为矿液的迁移和金元素的沉淀聚集提供了有利的空间。

### 1.3 控矿构造

(1) 断裂控矿: 郯庐断裂长期的左行扭动,派生了区域性NW向、NNW向断裂。主干断裂的交汇诱导了本区大规模的岩浆活动及热液作用,形成铜石次火山穹窿。受区域应力与次火山穹窿的共同作用,区内断裂构造发育,与成矿关系密切的有NNW向、近EW向、NW向断裂。其中NNW向的燕甘断裂为区内的主干断裂,是主要的导岩、导矿构造,控制着本区地层、岩浆岩和金矿化带的展布。近EW向、NW向断裂为燕甘断裂的派生次级构造,是矿田内的主要导矿和容矿构造,区内矿床(点)多分布于这二组断裂内部或其旁侧附近。

(2) 次火山穹窿构造: 铜石次火山杂岩体是在基底岩系与寒武系的不整合面附近形成的,基本上由中心、内、外环带组成。外环带由二长闪长质岩石构成;内环带主要有二长—正长质岩石构成;中心主要由隐爆角砾岩及脉岩组成。岩浆的侵位及侵位之后的隆升,在穹窿的顶部及外环和围岩中,形成一系列的环状、放射状及轴向线状断裂。这些环状、放射状及轴向线状构造与区域性构造的叠加、复合和交汇部位,是矿液聚集成矿的良好场所。已知归来庄、卓家庄金矿床而受此类构造控制。

次火山穹窿形成于尼山凸起与平邑凹陷的斜坡交界带上,由于长期受差异性升降运动的影响,致使穹窿整体向NE偏斜,即南部翘起,北部倾伏。其南部及中心部位已被剥蚀至底部,外环带亦已剥蚀殆尽,而北半部则保留较好。因此,受外环带控制的归来庄式、卓家庄式金矿床在穹窿的北半部边缘被保留下来,而南部已被剥蚀。反之,在穹窿南部,产于较深层位的磨坊沟式金矿,则因剥蚀作用即出露于地表。

## 2 铜石金矿田成矿系列

### 2.1 成矿系列及矿床类型划分

矿田内中生代燕山早期中偏碱性次火山杂岩有关的热液型金矿化强烈,并伴生银、铜及铁矿化,矿床类型多样。按照陈毓川等关于成矿系列划分的方法<sup>[2]</sup>,铜石金矿田应属于鲁西中生代侵入岩有关的金、铜、(铁)成矿系列,可进一步划分为铜石中生代燕山早期与中偏碱性次火山杂岩有关的金、铜、(铁)成矿亚系列。根据各类矿床(点)的控矿地质条件、成矿方式及矿化特点,可对矿床类型做进一步的划分(表1)。

### 2.2 典型矿床特征

#### 2.2.1 归来庄金矿床

归来庄金矿是鲁西所发现的唯一大型矿床,储量达35t。矿床位于铜石次火山杂岩体东部边缘。控矿断裂呈近EW向展布,长度大于2000m。矿体呈脉状赋存于近EW向的构造隐爆侵入角砾岩带内及其两侧的碳酸盐岩中(图2),矿化连续,沿走向及倾向呈舒缓波状延伸,具膨胀狭缩、分支复合之特点。矿体长550m,斜深大于650m,产状与控矿断裂基本一致,走向近EW,倾向S,倾角45~68°。矿体平均厚度5.62m,平均金品位 $8.10 \times 10^{-6}$ 。

表1 铜石矿田金矿成矿系列划分  
Table 1 Division of ore-forming series in Tongshi gold field

成矿系列	成矿亚系列	矿床式	成因类型	成因亚类型	矿床(点)	产出环境及矿化特征	
鲁西中生代侵入岩 Au, Cu, (Fe) 成矿系列	铜石燕山早期中偏碱性火成岩 Au, Cu, (Fe) 成矿亚系列	归来庄式	隐爆角砾岩型	脉状型	归来庄	杂岩体东边缘脉状隐爆角砾岩带中,围岩为碳酸盐岩;大型金矿,伴生银、碲	
				筒状型	卓家庄	杂岩体边缘筒状隐爆角砾岩中;中型金矿,金品位一般 $n \times 10 \times 10^{-6} \sim n \times 100 \times 10^{-6}$ ,最高达 $n \times 1000 \times 10^{-6}$ ,伴生银、碲	
		磨坊沟式	碳酸盐层状微细浸染型		磨坊沟	杂岩体西南边缘,寒武系底部碳酸盐岩中;中型金矿	
					梨方沟-东大湾	杂岩体南部边缘,寒武系底部碳酸盐岩中;中型金矿	
			夕卡岩叠加型			十字庄	杂岩体东北边部,二长闪长玢岩与石灰岩的接触带;小型铁矿,伴生铜、金
						西皋	杂岩体北边部,二长闪长玢岩与石灰岩的接触带;小型铁矿,伴生铜、金
			斑岩型		脉状型	银洞沟	杂岩体中部,二长斑岩岩墙中;小型金矿
					似层状型	黄家庄	杂岩体中部,二长斑岩岩床中;金矿点
	破碎蚀变岩型			董李	杂岩体南边部,断裂破碎带中;金矿点		

金矿石主要由隐爆角砾岩、石灰岩和白云岩、斑岩及硅化岩石构成。矿石中金属矿物以褐铁矿为主,硫化物较少;金矿物主要有自然金、银金矿和碲铜金矿,粒度一般 0.001 ~ 0.01mm;载金矿物主要有石英、方解石及少量黄铁矿。金矿物主要分布于矿物的晶体之间,其次包裹于石英、方解石及黄铁矿中,或充填于矿物裂隙及方解石的解理中。

与成矿有关的蚀变主要有硅化、萤石化、绢云母化、水白云母化、冰长石化及碳酸盐化。成矿主要经历了石英—黄铁矿、多金属硫化物、金—碲化物三个阶段。

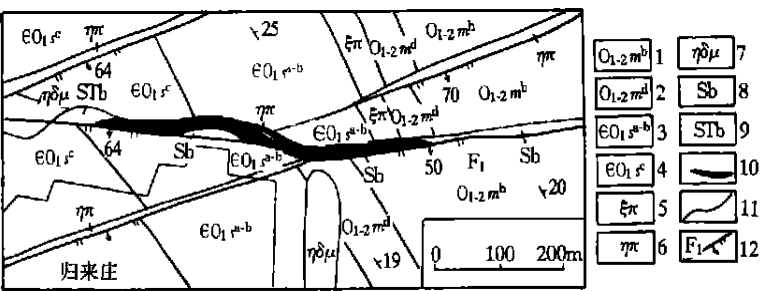


图2 归来庄金矿床地质图

Fig. 2 Geological sketch of Guilaizhuang gold deposit

2.2.2 磨坊沟金矿

矿体呈似层状赋存于寒武纪朱砂洞组下部的灰质白云岩及白云质灰岩中。共圈

- 1,2—马家沟组北庵庄段、东黄山段;3,4,5—三山子组 a 段、b 段、c 段;5—正长斑岩;6—二长斑岩;7—二长闪长玢岩;8—隐爆角砾岩;9—碎裂状硅化白云质灰岩;10—矿体;11—地质界线;12—断层及编号

定两个金矿体,其中 号矿体长 340m,厚 0.60 ~ 4.80m,平均 2.82m;金品位  $1.09 \times 10^{-6} \sim 25.21 \times 10^{-6}$ ,平均  $11.57 \times 10^{-6}$ ,矿体产状与岩层产状基本一致,倾向 325 ~ 350°,倾角 8 ~ 20°。含矿层中金矿化普遍,但金品位变化较大。

矿石中的金矿物主要有自然金、碲金银矿、银金矿;其它金属矿物较少,主要为黄铁矿、方铅矿、褐铁矿等。主要非金属矿物为方解石、白云石、石英、萤石、绢云母等。载金矿

物主要为石英、萤石,少量白云石;部分为黄铁矿等硫化物。金矿物粒度以微粒金为主,小于 10μm 的金矿物占全部金矿物的 98%,其中粒径 1μm ± 的金矿物占 51%。

围岩蚀变主要有硅化、萤石化、黄铁矿化、绢云母化及碳酸盐化,偶见冰长石化。其中硅化、萤石化与金矿化关系最为密切。

### 2.2.3 卓家庄金矿

卓家庄金矿床是本区发现的小而富的矿床,其品位一般在  $n \times 10 \times 10^{-6} \sim n \times 100 \times 10^{-6}$ ,最高可达  $n \times 1000 \times 10^{-6}$ 。矿床位于铜石次火山杂岩体的西北边缘,控矿断裂呈 NW 向,其内充填有细斑二长斑岩脉及隐爆角砾岩。隐爆角砾岩呈岩筒状产出,主要分布于 NW 向与近 EW 向次级构造的交汇处,角砾岩体规模较小,平面上呈长圆形,长轴一般十几米,短轴仅几米,延深可达 170 余米。

矿体受隐爆角砾岩岩筒控制,呈不规则筒状产出,平面形态为不规则的透镜状,长度一般 10~15m,宽度 5~10m。延深较大,矿山开采深度 170m 以上矿体仍未尖灭。矿体产状与岩筒产状一致,走向 300°,倾向 SW,倾角 75~80°;矿体总体向 SE 侧伏。根据有关研究资料,矿石中主成矿元素为 Au,平均品位  $128.07 \times 10^{-6}$ ;伴生有用组分为 Ag 和 Te,其中 Ag 含量在  $0.54 \times 10^{-6} \sim 9040 \times 10^{-6}$ ,平均  $695.33 \times 10^{-6}$ ;Te 含量在 0.06%~3.29%,平均品位 1.18%,均达到综合利用要求。

矿石类型主要为隐爆角砾岩金矿石,少量为震碎角砾岩含金矿石,极少量为斑岩含金矿石。矿石中金属矿物主要有黄铁矿、方铅矿、自然碲、碲铅矿、碲铁矿等;非金属矿物主要有长石、石英、方解石等,另有少量萤石、滑石等。矿石中金矿物主要有自然金、碲金矿等。

与金矿化关系密切的主要有硅化、萤石化、黄铁矿化、碲化物矿化,其次为绢云母化、滑石化、碳酸盐化。

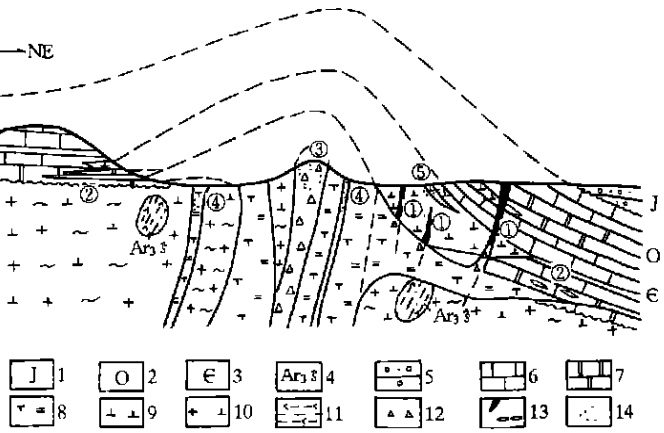


图3 铜石金矿田矿床组合模式图

Fig.3 Model of deposit combination in Tongshi gold field

## 3 金矿田成矿模式

铜石金矿田内矿床与中生代燕山早期中偏碱性次火山杂岩有关,属次火山岩浆期中中低

- 1—侏罗系;2—奥陶系;3—寒武系;4—泰山群山草峪组;5—砾岩;6—石灰岩;7—白云岩;8—二长斑岩;9—二长闪长玢岩;10—片麻状花岗闪长岩;11—黑云角闪变粒岩;12—隐爆角砾岩;13—金矿体;14—金矿化体

隐爆侵入角砾岩型金矿床;碳酸盐层状微细浸染型金矿床;隐爆崩塌角砾岩型金矿化;斑岩型金矿化;夕卡岩叠加型金矿化

热液矿床,可归为陆相(次)火山热液型金矿的范畴,属其中的石英-萤石-冰长石型(又称冰长石-绢云母型)金矿<sup>[3]</sup>。

铜石金矿田成矿模式为一矿床组合模式,可以用图 3 来表达。

矿田内中生代燕山早期与中偏碱性次火山杂岩有关的金、铜、(铁)成矿亚系列呈多种类型金矿化相伴产出(表 1),受次火山穹隆的控制,它们生成于不同深度、不同地质部位,赋存于不同的地质体中,是在铜石次火山中低温热液成矿系统中生成的金矿类型组合。每一矿床都是统一的成矿模式中的个体,它们构成了一个较完整的金、铜、(铁)成矿亚系列。

## 参考文献:

- [1] 赵鹏大,陈永清,刘吉平,等.地质异常成矿预测理论与实践[M].武汉:中国地质大学出版社,1999,76-80.
- [2] 陈毓川.当代矿产资源勘查评价的理论与方法[M].北京:地震出版社,1999,19-25.
- [3] 林景仟,谭东娟,于学峰,等.鲁西归来庄金矿成因[M].济南:山东科学技术出版社,1997,92-93.

## Ore - forming Series and Model of Tongshi Gold Field in Pingyi, Shandong Province

YU Xue - feng

(Shandong Institute and Laboratory of Geological Sciences, Shandong, Jinan 250013, China)

**Abstract :** Tongshi gold field are mainly composed of cryptoexplosive rock type (Guilaizhuang type), stratified microdisseminated carbonate rock type (Mofanggou type), multiple scarn type, porphyry type and altered rock type deposits (spot); the major mineral is gold, accompanied with silver, copper and iron mineralization which formed a completed ore - forming series. Ore - forming has a close relation with Tongshi rich - potash subvolcanic and magmatic movements provided hydrothermal solution and heat source for ore - forming. Taishan group is the main source bed; dolomite limestone in upper limestone section of Cambrian Zhushadong formation and lime - dolomite are good ore - bearing layers of Mofanggou type gold deposit. Dolomite limestone and dolomite in upper part of Cambrian and lower part of Ordovician are good wallrocks of Guilaizhuang gold deposit. Subvolcanic dome formed by complex and companied circle radiated faults controlled distribution of orebodies

**Key words :** Ore - forming series; subvolcanic dome; ore - forming model; Tongshi gold field