

# 胶西北地区“焦家式”典型金矿床 深部与浅部矿体特征对比研究

袁文花, 王化江

(山东省第六地质矿产勘查院, 山东 济南 265400)

**摘要:**以近几年来胶西北地区几个大型以上规模“焦家式”典型金矿床的深部勘查资料为基础,从矿体形态、规模及产状变化、蚀变及矿化,主要有益组分金、银含量及变化、金矿物特征等方面对矿床深部和浅部矿体特征进行了综合分析对比研究。研究结果显示,矿床深部矿体规模变大,产状变缓,大部分矿体无明显的侧伏,矿体形态由复杂到简单;矿体主要有益组分金、银含量在矿体浅部的中上部相对较高,向下逐渐变贫;深部矿体总体品位较浅部低,较均匀,变化较小;在主矿体之下远离主裂面分布在黄铁绢英岩化花岗岩带内的矿体,金品位明显高于主矿体,品位变化较大;由浅而深金银品位比值有逐渐增大趋势。

**关键词:**“焦家式”金矿;矿体特征;浅部;深部;变化规律;胶西北

**中图分类号:**P618.51

**文献标识码:**A

近年来,胶西北地区在金矿深部找矿工作中取得了重大突破,许多大型矿床的勘查深度已经达到或超过-1 000 m,深部资源潜力巨大。开展深部矿体与浅部矿体的对比研究,是一项极其重要的基础性工作。该文依据近几年来深部地质勘查成果<sup>①-④</sup>,对胶西北地区著名的金成矿带焦家断裂带的焦家、寺庄金矿床,招远-平度断裂带的台上金矿床等进行了分析对比研究。

## 1 区域地质背景

工作区位于胶东半岛西北部,招远市和莱州市境内。大地构造位置处于华北板块胶北隆起西缘,沂沭断裂带北段东侧,南接胶莱拗陷。区内地层、构造、岩浆岩、金矿分布情况见图1。

### 1.1 地层

区内太古宙地层出露有中太古代唐家庄岩群和新太古代胶东岩群,呈包体状残存于太古宙一元古

宙变质变形侵入体中,分布零星。元古宙地层出露有古元古代荆山群、粉子山群和新元古代震旦纪蓬莱群。中生代出露有白垩纪地层,分布范围较小,主要在胶莱盆地及其周缘分布,自下而上分为莱阳群、青山群、大盛群和王氏群。新生代地层包括古近纪、新近纪和第四纪地层。

### 1.2 岩浆岩

该区侵入岩广布,约占基岩面积的50%,总体呈近EW或NE向展布的岩基、岩株、岩瘤状产出,具规模性的多群居聚集而形成复式岩体。岩石类型齐全,中酸性岩、酸性岩规模大、分布广。形成时代为中太古代—新生代,其中以新元古代震旦期和中生代燕山晚期侵入岩最发育,其次是新太古代五台—阜平期、新元古代晋宁期和中生代印支期、燕山早期侵入岩。前震旦期的侵入岩均遭受不同程度的变质变形,被韧性剪切带叠加改造地段变形更强,发育片麻理、糜棱面理,形成一套灰色片麻岩类。中生代以

\* 收稿日期:2008-12-05;修订日期:2009-04-08;编辑:曹丽丽

作者简介:袁文花(1968—),女,河南睢县人,高级工程师,主要从事地质矿产勘查工作。

①山东省第六地质矿产勘查院,山东省莱州市焦家金矿床地质勘探—生产勘探总结报告,1996年。

②山东省第六地质矿产勘查院,山东省招远市台上金矿床深部普查报告,2002年。

③山东省第六地质矿产勘查院,山东省莱州市寺庄矿区深部金矿详查报告,2006年。

④山东省第六地质矿产勘查院,山东省莱州市焦家金矿床深部详查报告,2008年。

来的侵入岩受近EW,NE和NNE向断裂制约,有栖霞片麻岩套、马连庄变辉长岩、侏罗纪玲珑花岗岩,局部有白垩纪郭家岭花岗岩、伟德山花岗岩和崂山花岗岩侵入其中,其中栖霞片麻岩套、马连庄变辉长岩、玲珑花岗岩、郭家店超单元和郭家岭超单元与金矿关系密切。

### 1.3 构造

变质基底岩系广泛发育有不同构造相的韧性变形、多期褶皱和性质不同的韧性剪切带,以近EW向展布为主,基底褶皱轴向与区域构造线方向基本一致。中生代以来滨太平洋构造活动导致表层次脆性断裂活动强烈而频繁,发育有不同方位的脆性断裂构造,以NE—NNE向最为突出,NE向次之,另外尚有NW及近EW向断裂,前二者系金控矿(容矿)构造,均表现出多期性、继承性和力学性质的不同和转换等特点。这些构造形迹组成时代、层次不同和性质差异的构造组合,相互叠加、穿切、制约,构成了胶西北地区NNE向挟持NE向、EW向的构造格局。与金矿成矿关系密切的为脆性断裂构造,其中NNE向和NE向断裂构造明显而突出,NW和EW向断裂零散地夹杂其间。该方位断裂多集中成带展现,各断裂带均由主干断裂和其旁侧的密集而近于平行,规模不等的低序次断裂构成断裂束,各带呈不甚明显的间隔(10~15 km)展示,反映了强、弱变形域间夹出现特征。平面上呈曲率较大的S型弧形弯转,因此称为胶西北S型构造,自西向东由4条主要控矿断裂组成:三山岛断裂、龙(口)-莱(州)断裂、招(远)-平(度)断裂、西(林)-陡(崖)断裂。

### 1.4 金矿分布

胶东地区特别是胶东西北部地区是山东省乃至我国金矿的重要分布区和重要产区,该区金矿床呈EW向的带状分布在莱州和威海之间,在东西长280 km、南北宽70 km的近2万km<sup>2</sup>范围内,分布着数百个金矿床(点),矿床类型也多种多样,但以焦家式破碎带蚀变岩型金矿床为主,形成了著名的胶东金矿化集中区,金矿床(点)沿NNE—NE向断裂带分布,自西向东主要有三山岛-仓上、龙口-莱州、招远-平度、西林-陡崖等金矿化带,金矿床主要围绕NNE向主干断裂与近EW向基底构造的交汇部位集中分布,形成了矿床(点)东西成带、集中成片的分布格局<sup>[1]</sup>。胶西北地区目前已探明大中型金矿

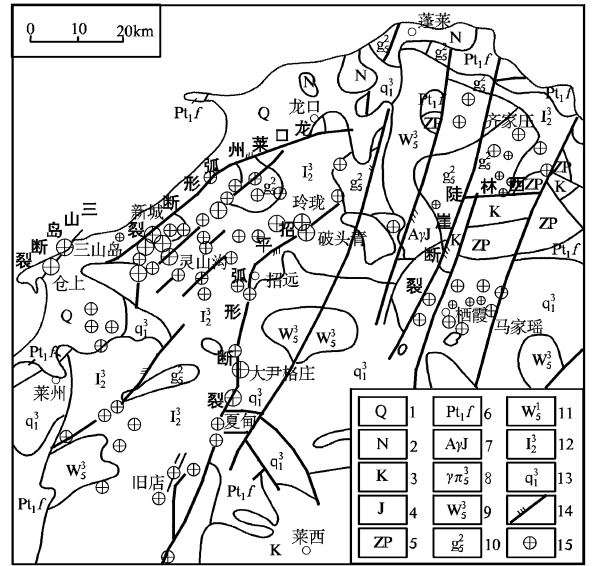


图1 胶西北地区区域地质略图

1—第四系;2—新近系;3—白垩系;4—侏罗系;5—蓬莱群;6—粉子山群;7—胶东岩群;8—霏细岩;9—伟德山超单元;10—郭家岭超单元;11—文登超单元;12—玲珑超单元;13—栖霞超单元;14—压扭性断裂;15—金矿床(点)

床近30处,小型金矿床(点)百余处。总体具点多、面广、成行、成带分布的特点。特大型、大型、及部分中型金矿床主要分布在三山岛-仓上、龙口-莱州,招远-平度、西林-陡崖4条I级控矿断裂中,中小型金矿床主要分布在两断裂带的挟持面上II—III级控矿断裂中。

## 2 浅部矿体与深部矿体深度的确定

### 2.1 分布特征

本次就区内3条大的金成矿带龙口-莱州断裂带(中南段称焦家断裂带)、三山岛-仓上断裂带、招远-平度断裂带的主要金矿床的分布特征进行综合分析。

#### 2.1.1 焦家断裂带

焦家断裂带由南向北的寺庄、焦家、新城3个大型到超大型金矿床矿体在垂向上的分布特征如下(图2):

寺庄金矿床:浅部的主矿体分布在-120 m(标高,下同)以浅,向下尖灭,间隔近200 m后在-300 m出现与浅部矿体呈向NE向侧列的主矿体,向下至-900 m末封闭。从主矿体空间分布特征看,-300 m以浅为浅部矿体,而-300 m以深为深部矿体。

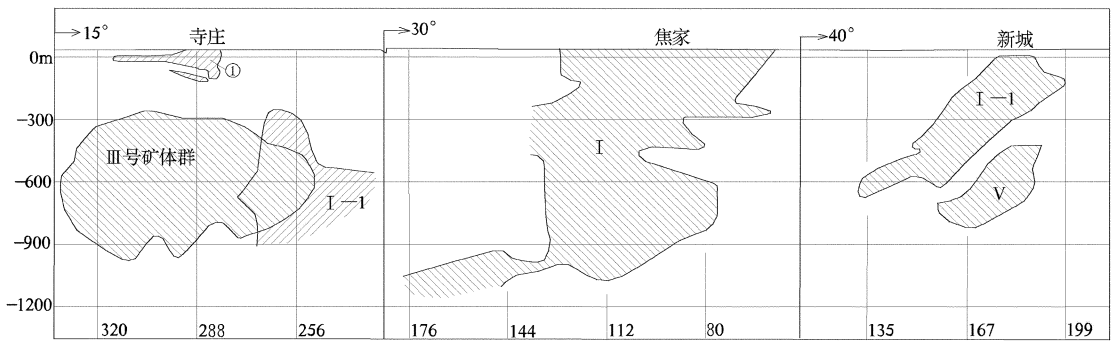


图2 焦家断裂带主要矿床矿体分布垂直纵投影略图

焦家金矿床:主矿体分布于64~184线之间,148线以北地段向深部及NE方向已基本尖灭,向SE一侧也具尖灭趋势,152~176线向深部未封闭;矿体沿倾斜方向从地表向下连续延深至-1100m,浅部和深部矿体只在104~128线之间由矿体贫化地段连接,贫化地段出现在垂深-300~-600m左右。该矿床与相邻的寺庄矿床不同之处在于主矿体连续向下延深很大,不存在无矿间隔,但-400m附近品位较低,出现贫化地段,且矿体膨胀夹缩明显。另外,矿体深部(-900m以下)出现明显的向南西侧伏趋势。

新城金矿床:主矿体由地表向下连续延深至-600m,在-400m的主矿体之下出现呈右行斜列展布的V号矿体群,向下延深至-800m尚未尖灭。

### 2.1.2 三山岛-仓上断裂带

三(山岛)-仓(上)断裂带由南向北选择3个重点矿床仓上、新立、三山岛金矿床进行分析(图3)。

仓上金矿床浅部矿体分布在-300m以浅,向深部尖灭。新立金矿床的矿体从地表向下延深至-700m,局部未封闭。三山岛金矿床的矿体由地表向下连续延深至-1050m,矿体规模较大。

### 2.1.3 招(远)-平(度)断裂带

招(远)-平(度)断裂带由南向北选择了夏甸、大尹格庄、台上3个主要矿床进行分析(图4)。

夏甸矿床浅部矿体埋藏较浅,分布在0m以浅,向下经过200m的无矿间隔后,于-200m再现下部矿体,连续延深至-1200m。大尹格庄矿床内的I号矿体由0m向下连续延深至-700m尚未尖灭,II号矿体大致分布在-500m以浅,预测深部有可能出现新的矿体。台上金矿床主矿体在-200m以浅,矿体沿走向长大于1000m,除13线与下部矿体相连

外,向深部尖灭;在-200~-300m,矿体沿走向长不足200m,-300m以深,矿体沿走向长大于500m,连续向下延深至-800m未尖灭。

由此可见,3条断裂带主要矿床的矿体在垂向上的分布特征大致相似,南段矿床的浅部矿体埋藏较浅,而中段及北段矿体向下连续延深较大。

## 2.2 对比深度的确定

结合3条主要断裂成矿带重点矿床的矿体分布情况,对比深度的确定主要考虑以下几方面的因素:①充分考虑当前地质勘查工作现状,开展过系统地质勘查的矿床,一般深度多在-600m以浅,获取了较丰富的勘查成果,有较系统的样品测试资料。-600~-1200m,目前只有寺庄及焦家金矿床完成了深部系统勘查工作,其他重点矿床虽然在深部找矿工作中取得了突破,但勘查工作不够系统,研究工作滞后。②矿山开采现状,目前本区重点矿山开发深度多在-300~-500m。③部分矿床在浅部矿体尖灭后,下部矿体再现的深度多在-300~-500m附近。因此,综合当前地质勘查与矿山生产现状及矿体在空间上的分布特征,大致以-500m来确定浅部矿体与深部矿体,有利于开展对比研究。

## 3 浅部矿体与深部矿体特征对比

### 3.1 形态规模及产状变化

#### 3.1.1 形态

综合分析各矿区资料(表1~表3,图1~图5),该区矿体形态有如下特征:①浅部矿体形态多为较复杂的脉状、透镜状,分支复合,膨胀明显,以台上矿床主矿体为典型代表;深部矿体形态相对较简单,多为简单的脉状矿体(图5)。②浅部矿体一般延长与

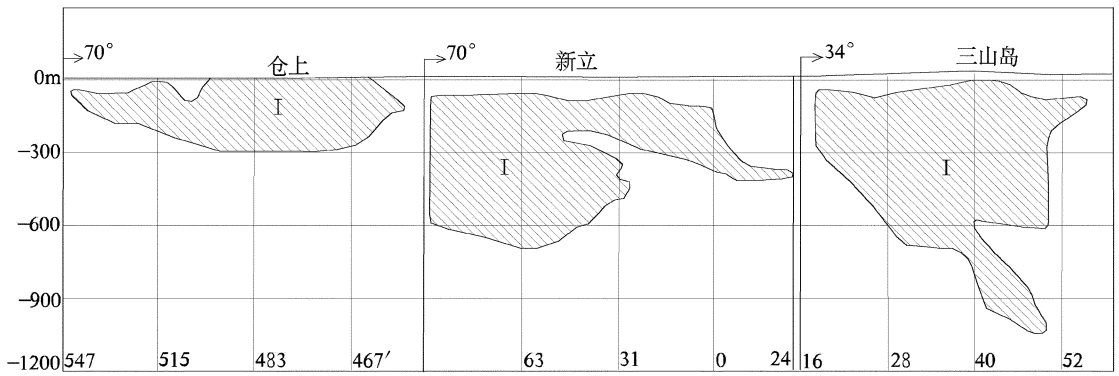


图 3 三山岛-仓上断裂带主要矿床矿体分布垂直纵投影略图

表 1 寺庄金矿床矿体特征对比

矿体特征		浅部(-300 m 以浅)	深部(-300 ~ -900 m)
赋矿位置	主矿体	①号矿体位于主裂面之下 0 ~ 30 m 范围内的 SJH 带内	I-1 矿体位于主裂面之下 0 ~ 40 m 范围内的 SJH 带内
	其他矿体	主矿体之下 200 m 范围内的 S $\gamma$ JH 及 $\gamma$ JH 带内	主矿体之下 400 m 范围内的 S $\gamma$ JH 及 $\gamma$ JH 带内
规模	主矿体	长 450 m, 延深至 -115 m, 延长: 斜深 = 1.5	长 480 m, 控制斜深 1 192 m, 分布在 -300 ~ -900 m, 向下未尖灭。延长: 斜深 = 0.48
	其他矿体	长 50 ~ 200 m, 斜深 100 ~ 300 m, 13 个矿体, 其中 2 个矿体与深部 III-1、III-2 相连	长 60 ~ 905 m, 斜深 50 ~ 1 193 m, 共 156 个矿体。主要矿体延长: 斜深 = 3.1
形态	主矿体	脉状, 尖灭再现、膨缩明显	除上部有分支复合外, 矿体形态简单, 为一延深大于延长的筒状矿体
	其他矿体	较复杂的脉状、透镜状, 尖灭再现及膨缩明显	一部分为形态较简单的脉状, 大部分为复杂脉状、透镜状
金品位/ 10 <sup>-6</sup>	主矿体	一般 1 ~ 4, 平均 3.50	一般 1 ~ 4, 平均 3.56
	其他矿体	1.99 ~ 8.11, 较主矿体偏高	3.33 ~ 11.92, 经常出现大于 10 的单样, 品位变化较大, 较主矿体高
厚度/m	主矿体	0.75 ~ 3.50, 平均 2.32, 较稳定	1.53 ~ 23.82, 平均 10.40, 变化较大
	其他矿体	0.53 ~ 3.37, 变化较大	1.46 ~ 4.09, 变化较大

表 2 焦家金矿床矿体特征对比

矿体特征		浅部(-400 m 以浅)	深部(-400 ~ -1 100 m)
赋矿位置	主矿体	主裂面之下 0 ~ 43 m 范围内的 SJH 带内, 局部在 S $\gamma$ JH 带内	主裂面之下 0 ~ 50 m 范围内的 SJH 带内, 局部在 S $\gamma$ JH 带和 $\gamma$ JH 带内
	其他矿体	III 号矿体群分布在主裂面之下 60 ~ 330 m 范围内的 $\gamma$ JH 带内, 局部在 $\gamma$ K 带内。平面上与主矿体平行, 剖面上与主矿体呈“入”字型, 陡倾	主要矿体之下的 S $\gamma$ JH 带和 $\gamma$ JH 带内, 与主矿体大致平行
规模	主矿体	最大长度 1 050 m, 斜深 920 m, 延长: 斜深 = 1.14	长度 750 m, 斜深 1 370 m, 延长: 斜深 = 0.55
	其他矿体	长 50 ~ 250 m, 113 个矿体, 延深较小, 分布在 -250 m 以浅	较小
形态	主矿体	脉状, 有明显的分支复合, 膨缩及尖灭再现	简单脉状, 局部有分支复合和膨缩
	其他矿体	复杂脉状、透镜状	脉状、透镜状。
金品位/ 10 <sup>-6</sup>	主矿体	一般在 3 ~ 10, 平均 7.00, 局部出现富矿柱。品位变化较大	1.01 ~ 11.97, 平均 4.54, 品位较均匀, 变化小, 较浅部变贫
	其他矿体	一般 2 ~ 11, 平均 8.17, 经常出现高品位样品, 变化较大, 较主矿体偏高	1.55 ~ 3.50, 较浅部低
厚度/m	主矿体	一般 2 ~ 8, 最大 22.56, 平均 5.50	0.91 ~ 37.82, 平均 9.74
	其他矿体	1 ~ 4, 变化较大	1.98 ~ 2.59

表3 台上金矿床台上矿段矿体特征对比

矿体特征		浅部(-300 m以浅)	深部(-300 ~ -800 m)
赋矿位置	主矿体	主裂面之下0~80 m范围内的S <sub>γ</sub> JH带内,局部分布在S <sub>γ</sub> JH带内	主裂面之下0~36 m范围内的S <sub>γ</sub> JH带内,局部分布在S <sub>γ</sub> JH带内
	其他矿体	主裂面之下80~150 m范围内的S <sub>γ</sub> JH带内	主裂面之下36~205 m范围内的S <sub>γ</sub> JH带内
规模	主矿体	长900 m,斜深大于800 m。延长:斜深=1.13	长大于600 m,斜深大于1 000 m,延长:斜深=0.6左右
	其他矿体	长170~360 m,斜深240~320 m	长240~500 m,斜深200~840 m
形态	主矿体	脉状,分支复合,膨缩现象特别明显	简单脉状,局部有分支复合和膨缩
	其他矿体	脉状,分支复合,膨缩现象特别明显	脉状,形态较复杂
金品位/ 10 <sup>-6</sup>	主矿体	一般2~10,平均6.30	平均5.38,较浅部偏低
	其他矿体	一般3.25~6.80,较主矿体偏低	一般1.67~5.36,较主矿体偏低
厚度/m	主矿体	一般0.8~6.0,平均4.89	平均18.54,较浅部矿体明显增大
	其他矿体	一般1.6~5.37,较主矿体偏小	一般1.15~4.28,较主矿体小

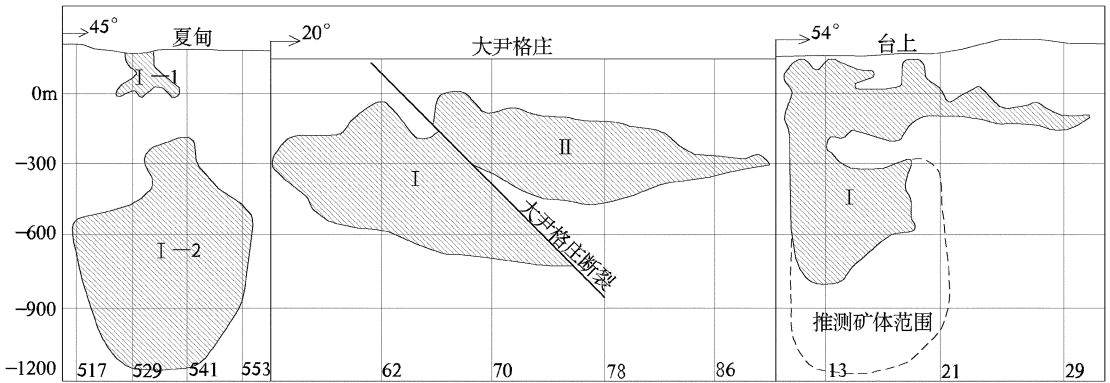


图4 招远-平度断裂带主要矿床矿体分布垂直纵投影略图

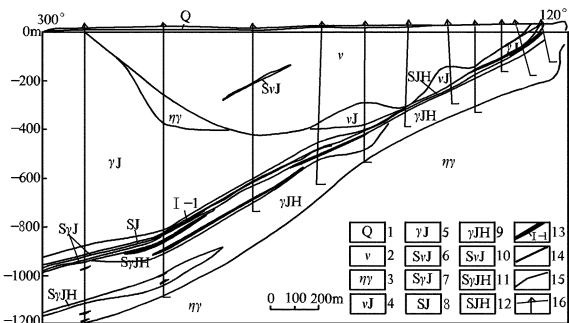


图5 焦家金矿床112线地质剖面略图

1—第四系;2—中细粒变辉长岩;3—二长花岗岩;4—绢英岩化变辉长岩;5—绢英岩化花岗岩;6—绢英岩化变辉长岩质碎裂岩;7—绢英岩化花岗质碎裂岩;8—绢英岩化碎裂岩;9—黄铁绢英岩化花岗岩;10—黄铁绢英岩化变辉长岩质碎裂岩;11—黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩;12—黄铁绢英岩化碎裂岩;13—矿体及编号;14—主裂面;15—地质界线;16—完工钻孔

来看,应具有向NE向侧伏特征;焦家及新城矿床矿体向SW方向侧伏特征明显;其他金矿床无明显的侧伏特征(图2~图4)。

④深、浅部矿体之间普遍具有无矿间隔或弱矿化带,表现为尖灭再现、膨胀夹缩关系。

### 3.1.2 规模

表1~表3可以看出,寺庄金矿床深部主矿体的规模远大于浅部矿体,资源储量总量是浅部的8倍;焦家矿床主矿体深部已控制到-1 100 m,矿体规模巨大;台上金矿床深部资源储量总量是浅部的2~3倍,夏甸金矿床资源储量总量是浅部的5倍。

### 3.1.3 矿体的产状变化

对胶西北地区“焦家式”各主要金矿床矿体产状综合分析发现,矿体产状与主裂面基本一致,矿体走向无明显变化,矿体倾角由浅到深明显变缓。例如,焦家金矿床中浅部,矿体倾角多在30°~45°之间;-850 m以下,矿体倾角多在15°~25°之间(图

延深大致相当,而深部矿体延长明显小于延深(图2~图4)。

③寺庄矿床浅部矿体与深部矿体联系起

5)。寺庄矿区浅部矿体倾角多在 30°~40°, -500 m 以下为 27°~29°。大尹格庄金矿床浅部矿体倾角在 30°~45°之间, 向下逐渐变缓, 局部达到 15°~18°。由此可见, 矿体向深部产状变缓现象基本上代表了区内主要断裂成矿带内矿体产状的变化规律, 在今后深部找矿和地质科研工作中应引起重视。

表4 焦家金矿床浅部矿体品位及厚度变化情况

位置		标 高/m									备注
		+10	-30	-70	-110	-150	-190	-240	-330	-420	
112 线	品位/10 <sup>-6</sup>	4.40	7.10	5.50	5.17	—	—	6.42	6.07	1.23	常出现金品位大于 10 × 10 <sup>-6</sup> 的单样, 局部所占比例较高
	厚度/m	0.87	0.66	4.22	7.25	—	—	10.09	4.75	2.40	
104 线	品位/10 <sup>-6</sup>	4.35	6.28	6.15	4.67	7.02	3.73	—	—	—	
	厚度/m	2.79	9.38	5.73	1.49	5.94	4.24	—	—	—	
96 线	品位/10 <sup>-6</sup>	5.88	16.04	2.81	3.14	1.67	13.87	22.52	—	—	
	厚度/m	23.11	9.80	8.60	5.16	4.97	11.44	1.94	—	—	

表5 新城金矿床 I 号矿体 Au, Ag 品位垂向对比

标高/m	品位/10 <sup>-6</sup>		Au: Ag	厚度/m
	Au	Ag		
-10	6.28	6.23	1:0.99	11.08
-50	5.00	9.85	1:1.97	10.19
-120	6.10	10.42	1:1.71	13.45
-180	13.51	15.62	1:1.16	9.39
-270	11.11	19.89	1:1.79	8.91
-340	5.99	9.63	1:1.61	3.51
-450	5.37	5.86	1:1.09	6.94
-500	2.56	5.55	1:2.17	6.32
-550	5.99	—	—	18.30
-580	3.28	—	—	2.27
平均	8.20	11.58	1:1.41	7.72

表6 寺庄金矿床深部矿体 Au, Ag 品位横向对比

矿体群 编号	赋矿位置	平均品位/10 <sup>-6</sup>		Au: Ag
		Au	Ag	
I	黄铁绢英岩化碎裂岩带	3.56	6.53	1:1.83
II	黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带	4.77	5.76	1:1.21
III	黄铁绢英岩化花岗岩带	5.21	6.52	1:1.25

3.2.1 金品位变化规律

根据对寺庄、焦家矿床对比资料发现, 浅部矿体金品位一般较高, 向深部有逐渐变贫趋势。寺庄矿床深部的 I 号矿体平均品位为 3.56 × 10<sup>-6</sup>, 与浅部含量大致相当。焦家矿床浅部主矿体金品位较高(表4), 经常出现金品位大于 10 × 10<sup>-6</sup> 的单样, 局部所占比例较高。深部矿体的平均品位为 4.54 ×

3.2 主要有益组分金银含量及变化

通过对以往和近几年来深部勘查资料进行统计分析(表4~表6), 矿体主要有益组分金、银含量及变化可总结出如下规律:

10<sup>-6</sup>, 较浅部相对较低, 但品位变化较小, 很少出现品位大于 10 × 10<sup>-6</sup> 的单样(图5)。112 线 -550 ~ -1050m, 单工程金品位一般在 1.09 × 10<sup>-6</sup> ~ 3.27 × 10<sup>-6</sup>, 只有一个工程为 7.73 × 10<sup>-6</sup>; 128 线 -600 ~ -960m 金品位一般在 1.11 × 10<sup>-6</sup> ~ 3.39 × 10<sup>-6</sup>, 只有一个工程为 6.66 × 10<sup>-6</sup>, 金品位较浅部相对较低。136~160 线间, 金品位一般在 2.13 × 10<sup>-6</sup> ~ 9.26 × 10<sup>-6</sup>, 金品位相对偏高, 推测应属另一个矿体(该矿体分布在 136~176 线之间, 此认识有待进一步勘查工作证实)。从大尹格庄 II 号矿体、台上 I 号矿体的资料对比情况, 初步认为该区主要金矿床浅部或 -400 m 以浅是金矿化分布的最佳空间。从寺庄、焦家矿床矿体横向对比资料看, 在主矿体之下远离主裂面分布在黄铁绢英岩化花岗岩带内的矿体, 如寺庄矿床深部的 III 号矿体群和焦家矿床中浅部的 III 号矿体群, 金品位明显高于主矿体, 品位变化较大。

3.2.2 金与银比值的研究

(1) 基本规律

据新城金矿床勘查资料(表5), 主矿体近地表金银之比为 1:0.99, -200 m 为 1:1.16, -500 m 为 1:2.17。从浅而深, 银品位逐渐增高。寺庄金矿床深部矿体在横向上, 由 I 号矿体到 III 号矿体群, 金银品位之比由 1:1.83 到 1:1.25(表6); 在垂向上由浅而深金银品位之比由 1:0.89 到 1:1.63, 银品位逐渐增高。

据焦家金矿床 1972 年提交的勘探报告资料, 在

-350 m 以浅 I 号矿体金与银品位之比为 1:1.09; 据 1996 年提交的地质勘探—生产勘探总结报告资料, 在 -500 m 以浅的主矿体金与银品位之比为 1:1.86。金银之比总的趋势是由浅而深由 1:1.09 到 1:1.86, 说明金品位向深部相对降低, 而银品位相对增高。从 -500 m 以深的勘查资料对比情况看, 在 112 线的 -550 ~ -1 050 m, 金银比一般在 1:1.03 ~ 1:7.94, 平均值为 1:2.77。在 128 线的 -600 ~ -960 m, 金银比一般在 1:1.27 ~ 1:11.49, 平均值为 1:4.01, 其中

-690 m 的 1:11.49 不具代表性, 如果将此数据删除, 则平均值为 1:2.94 (表 7)。

通过对以上资料综合分析认为, 除个别矿床外, 该区“焦家式”金矿浅部矿体金银含量比一般稳定在 1:1.0 ~ 1:1.80 之间, 金含量高则银含量亦高, 二者多呈正消长关系。深部矿体一般在 1:1.80 ~ 1:2.90 之间, 较浅部矿体有明显变化。寺庄矿床浅部金与银资源量比为 1:1.06, 深部为 1:1.44; 台上矿床浅部为 1:1.64, 深部为 1:1.83。

表 7 焦家金矿床 I 号矿体金银品位垂向对比

对比深度/m	112 线			128 线			114 线			152 线		
	Au/ 10 <sup>-6</sup>	Ag/ 10 <sup>-6</sup>	Au: Ag	Au/ 10 <sup>-6</sup>	Ag/ 10 <sup>-6</sup>	Au: Ag	Au/ 10 <sup>-6</sup>	Ag/ 10 <sup>-6</sup>	Au: Ag	Au/ 10 <sup>-6</sup>	Ag/ 10 <sup>-6</sup>	Au: Ag
-550	1.09	8.66	1:7.94	—	—	—	—	—	—	—	—	—
-600	3.27	9.27	1:2.83	3.36	11.24	1:3.35	—	—	—	—	—	—
-690	3.18	6.38	1:2.01	1.52	17.46	1:11.49	—	—	—	—	—	—
-730	2.04	6.20	1:3.04	6.66	8.43	1:1.27	—	—	—	—	—	—
-770	7.73	3.16	1:0.41	2.94	3.78	1:1.29	—	—	—	—	—	—
-840	2.66	3.00	1:1.13	2.56	13.50	1:5.27	—	—	—	—	—	—
-870	1.23	3.96	1:3.22	3.33	4.35	1:1.31	—	—	—	—	—	—
-930	1.12	3.70	1:3.30	3.39	8.37	1:2.47	5.51	3.30	1:0.60	—	—	—
-960	—	—	—	1.11	6.20	1:5.59	2.90	1.96	1:0.68	1.62	5.20	1:3.21
-1000	—	—	—	—	—	—	9.26	7.05	1:0.76	8.41	5.28	1:0.63
-1020	—	—	—	—	—	—	4.17	5.23	1:1.25	7.32	15.13	1:2.07
-1050	1.18	1.22	1:1.03	—	—	—	2.13	2.69	1:1.26	—	—	—
-1070	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.75	2.80	1:0.59

## (2) 研究矿体金银含量比应注意的问题

“焦家式”金矿金银比值总的看具有一定规律, 对深部找矿具有指导意义。但该区三山岛—仓上断裂成矿带的仓上金矿床、招远—平度断裂成矿带的大尹格庄矿床, 则与大多数“焦家式”矿床截然不同。

仓上矿床银普遍含量较高, I-1 号主矿体的原生矿金平均品位  $4.78 \times 10^{-6}$ , 银平均品位为  $24.76 \times 10^{-6}$ , 二者比值达到 1:5.18, 局部可达 1:10。含银矿物以银黝铜矿为主, 尚有自然银、硫银铋矿、铋硫砷铜银矿、含银斑铜矿、含银辉铜矿等。这些银矿物的共同之处是不含金或含量极微, 据电子探针资料, 自然银含银 98.87%, 含金 0.02%, 其他含银矿物金含量 0.04% ~ 0.28%。银矿物的粒度较金矿物粗, 形态更复杂。金、银比值在横向及纵向上变化较大, 无规律可循。另外, 矿体中金品位高, 则银品位亦高, 但往往在矿体两侧围岩或矿体尖灭处, 金品位小于  $0.5 \times 10^{-6}$ , 而银品位在  $10 \times 10^{-6}$  ~  $15 \times 10^{-6}$ , 最高可达  $54.50 \times 10^{-6}$ 。

大尹格庄矿床的 I 号、3 号、23 号矿体, 金与银之比分别为 1:2.89, 1:7.81, 1:50.11, 而 II 号主矿体为 1:1.86, 与大多数“焦家式”金矿床相当。主要含银矿物以辉银矿为主, 还有碲银矿、银黝铜矿、硫银铋矿、硫铋铜银矿、铋硫砷铜银矿、铋银铅矿、硫铋铋矿、自然铋等种类繁多的含银矿物, 但未发现自然银。上述含银矿物不含金, 据电子探针资料, 只有铋硫砷铜银矿含金 0.05%。从矿体的产出部位看, I 号、3 号、23 号等靠近主裂面的矿体往往含银较高, 而位于主裂面之下 20 ~ 40 m 的 II 号主矿体银含量与一般“焦家式”金矿床大致相当。

综合以上资料认为, 该区金矿在金主要成矿阶段之后, 接着发生了以银矿化为主的银—石英—多金属硫化物矿化, 银矿化主要沿先期金矿化的构造空间发育。仓上、大尹格庄矿床的银矿化较强, 它们的金银比与晚期银矿化强度有关, 无一定规律。另外, 焦家矿床深部部分见矿工程金银比达到 1:3.04 ~ 1:11.49, 与仓上、大尹格庄矿床有相似的情况。所

以在研究金矿的金银比值问题上,必须区别对待。

(3)研究矿体金银比值的重要性。通过较系统的研究矿体在横向及垂向的金银比及变化,可以大致推测矿体向下延深的深度及其规模,为深部勘查工作及深部矿体定位预测提供重要依据,为深部主要矿体的圈定与连接提供重要依据。在开展焦家金矿床深部矿体金银含量对比时发现,136~176线的深部矿体,在-930~-1070 m,矿体厚度明显增大,品位相对偏高,在投影面积只占I号矿体21%的情况下,资源量却占46%。此处矿体单工程金品位一般在 $2.13 \times 10^{-6}$ ~ $9.26 \times 10^{-6}$ ,平均品位大于 $5.00 \times 10^{-6}$ ,银品位一般在 $1.96 \times 10^{-6}$ ~ $7.05 \times 10^{-6}$ ,平均品位小于 $4.00 \times 10^{-6}$ ,金银比多在1:0.59~1:0.76之间,仅个别在1:1.25~1:3.21之间。上述情况与整个I号深部矿体有较大差异,该范围内的矿体根据其金、银品位及比值并考虑矿体形态等,有可能属于另一个单独矿体。

### 3.3 蚀变及矿化特征对比

#### 3.3.1 蚀变特征

通过对三山岛、焦家等金矿床的资料分析认为, $Al_2O_3$ 、 $Na_2O$ 成分在蚀变矿化演变过程中始终为带出成分,而 $Fe_2O_3$ 、 $MnO$ 、 $K_2O$ 等始终为带入成分;在整个蚀变矿化演化过程中易发生活化迁移的元素主要有 $K^+$ 、 $Na^+$ 、 $Si^{4+}$ ,其次为 $Al^{3+}$ 、 $Fe$ 等。

$Si^{4+}$ :主要赋矿部位较高,远离主裂面总体呈降低趋势,说明在构造及蚀变矿化过程中,除了成矿主体所携带的少量硅质外,花岗岩中的硅酸盐矿物在构造动力作用下发生分解、活化、迁移的结果。 $K^+$ :钾化是成矿作用早期的面状蚀变,由于钾化学性质活泼,极易从岩石中分离出来,但在整个蚀变矿化过程中钾始终为带入成分。“焦家式”金矿钾化带 $K_2O$ 含量最高,至主裂面有相对减少趋势,仅个别矿床的矿体 $K_2O$ 含量高,可能是早期钾化在黄铁绢英岩中基本保留,并叠加了后期钾化作用而致。 $Al^{3+}$ :从钾化带至主裂面,其含量呈逐渐降低趋势。 $Ca^{2+}$ 及 $Na^+$ :有相同的迁移规律,在蚀变矿化作用期间,始终被 $K^+$ 从矿物中置换出来,进入溶液,因此,从主裂面向外含量逐渐升高。 $SiO_2$ :焦家矿床浅部花岗岩中含量为69.18%,矿体中为72.51%~75.36%;寺庄矿床深部矿体为63.12%~68.98%,含量偏低,接近花岗岩中的含量。 $Na_2O$ :焦家矿床浅部矿

体较低,为0.30%~1.00%;寺庄矿床深部主矿体为0.22%~1.32%,其他矿体为0.81%~4.10%。 $K_2O$ :焦家矿床浅部矿体中含量为4.16%~5.43%,寺庄矿床深部主矿体为5.22%~6.02%,其他矿体为4.28%~5.95%。 $Al_2O_3$ :焦家矿床浅部矿体中含量为12.59%~12.82%,寺庄矿床深部主矿体为13.16%~15.00%。

综合上述对比资料说明:①主要常量元素含量由浅而深有一定变化,反映了浅部矿体是较强烈的构造热动力作用下的产物,而深部矿体相对较弱,这与浅部矿体的品位高于深部的认识相吻合。② $K^+$ 与 $Na^+$ 含量变化明显地制约金的迁移、活化和成矿过程,而影响矿化有效碱质差别的原因主要是 $K^+$ 而不是 $Na^+$ 的化学性变化。富钠的热液有利于金的溶解和运移,富钾的热液有利于金的富集。③ $K^+$ 和 $Na^+$ 含量变化对指导深部找矿工作及矿体定位预测具有重要意义。寺庄深部矿体尤其是Ⅲ号矿体群, $Na_2O$ 由浅而深呈增加趋势,-860 m以深更加明显,与Ⅲ号矿体群分布位置大致吻合,由此标高以深矿体数量减少,预示着这些矿体向下有尖灭趋势。

#### 3.3.2 矿化特征

首先,纵观招远-平度断裂带与焦家断裂带,靠近主裂面多赋存“焦家式”金矿,以细脉浸染状矿化为主;远离主裂面多发育“玲珑式”金矿,以含金石英脉矿化为主。二带之间经常出现过渡类型的复合型矿化。其次,就一个矿床而言,在横向上由主裂面向外,矿化特征也具有一定的变化规律,即由细脉浸染型矿化逐渐向以脉状、网脉状矿化过渡。

焦家金矿床由主裂面向外可划分出3个较明显的控矿岩性带,即黄铁绢英岩化碎裂岩带、黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带、黄铁绢英岩化花岗岩带,它们各自特有的矿化类型分别为细脉浸染状矿化、浸染状-细脉状-脉状矿化、脉状-网脉状矿化。

寺庄矿床深部总的趋势由浅而深由细脉浸染型矿化向脉状、网脉状矿化过渡,越向深部越明显,而远离主矿体的Ⅲ号矿体群表现得更加突出。Ⅲ号矿体群矿化裂隙发育,其中倾角在 $30^\circ$ ~ $50^\circ$ 的裂隙内发育单条矿化细脉,相对较宽,特征是平而直,反映出剪切性质;倾角为 $60^\circ$ ~ $80^\circ$ 的陡倾裂隙单条矿化细脉,相对较窄,特征是不对称的折线状,反映了张扭性活动性质。从深部矿体矿化细脉的宽度看,0.1~2.0 cm宽的细脉共741条,占统计总数的

89.60%,少数矿化细脉宽度可达10~12 cm。上述矿化细脉金品位一般较高,往往1~2条细脉就可以使矿体达到品位要求。深部矿体的矿化特征在浅部矿体中很少出现,笔者认为,寺庄金矿床深部的Ⅲ号矿体群其中应有一部分属于与焦家金矿床浅部主矿体之下的Ⅲ号矿体群相类似的陡倾斜矿体,这一认识有待今后矿山开发过程中加以确定。

### 3.4 金矿物特征对比

#### 3.4.1 形态和粒度

从矿区浅部矿体与深部矿体的统计数据综合分析,金矿物形态和粒度有如下规律:①金矿物形态以简单的粒状为主,浅部占54.77%~76.37%,深部为77.51%~83.79%;形态较复杂的枝叉状、脉状及网脉状金矿物浅部占46.23%~33.63%,而深部为16.21%~22.49%。由浅而深金矿物形态趋于简单。②金矿物的粒度以细粒金、微粒金为主,浅部占的比例为62.59%~87.85%,由浅而深,金矿物粒度逐渐变细。

#### 3.4.2 赋存状态

浅部矿体与深部矿体金矿物的赋存状态无一定规律。寺庄及焦家矿床勘查深度大致相同,但金的赋存状态差别很大,焦家矿床裂隙金只占3.72%,而晶隙金占73.66%,与寺庄矿床深部及其他矿床浅部矿体相差较大。

#### 3.4.3 金银含量对比

从焦家、寺庄、台上、大尹格庄等矿床资料对比发现,浅部矿体与深部矿体在金矿物中金、银含量及变化情况具有一定规律。在自然金中金含量由浅而深由82.15%增至84.81%,而银含量由16.34%降至13.87%,说明自然金中金、银含量的变化有一定规律。在自然金中金、银总量浅部为98.49%,深部为98.68%,二者相差不大。在银金矿中,浅部矿体金、银含量分别为69.66%,28.43%,深部矿体分别为77.68%,19.35%。在银金矿中由浅而深,金含量增高,银含量减少,金、银总量浅部为98.09%,深部为97.03%,说明深部银金矿除金、银外,含有的杂质较浅部多。

从自然金、银金矿、金银矿等金矿物分布情况看,焦家矿床浅部矿体的金矿物以银金矿为主,只有少量金银矿、自然金,所占比例分别为85%,11%,4%。深部矿体以自然金为主,有少量银金矿,未见金银矿,自然金及银金矿所占比例分别为71%和

29%,金矿物的种类由浅而深有一定变化规律。从与焦家矿床相邻的寺庄矿床深部勘查资料分析,出现了与焦家矿床不同的对比结果。寺庄矿床根据28件电子探针分析资料,中深部分布大量的银金矿,深部则以金银矿为主,未见自然金。从取样位置及所代表的矿体不难发现,I-1号主矿体只取样1件,为金银矿,其他分析资料绝大多数来自远离主裂面的Ⅲ号矿体群,因此对比结果只是反映了Ⅲ号矿体群金矿物的分布特征。显而易见,主矿体与远离主裂面的矿体有较大差别。

#### 3.4.4 成色对比

以焦家金矿床76件电子探针资料为例进行对比分析研究。总体上,浅部矿体金矿物的平均成色为670.07,深部矿体为826.85,由浅而深金矿物平均成色明显增高。

自然金成色对比:浅部矿体自然金成色为801.40~841.60,平均值为821.50;深部矿体自然金成色为801.80~903.40,平均值为847.30。由浅而深自然金的成色明显增高。银金矿成色:浅部矿体银金矿成色为532.40~784.80,平均值为659.07;深部矿体银金矿成色为726.60~798.50,平均值为776.83。由浅而深银金矿的成色增高更为明显。金银矿只在浅部矿体中出现,平均成色为419.50。

一般金银系列矿物生成顺序为自然金→银金矿→金银矿→自然银,其生成温度由中等偏高至中等偏低。结合焦家矿床上述对比资料认为:①浅部矿体与深部矿体金矿物成色差异较大,说明浅部成矿温度中等偏低,与其中等偏浅的成矿深部相对应;深部成矿温度为中温偏高,与其成矿深度偏深相对应。②偏离系数相差较大,浅部为-1.11,深部为-0.28,说明浅部矿体的金矿物成色相差较大,是多期次成矿阶段叠加的产物;深部矿体偏离系数较小,成色差异也小,金矿物生成时间较接近,成矿阶段较单一。

## 4 结语

(1)由浅到深,矿体规模变大,产状变缓,大部分矿体无明显的侧伏,矿体形态由复杂到简单。

(2)矿体主要有益组分金、银含量在矿体浅部的中上部相对较高,向下逐渐变贫;深部矿体总是品位较浅部低,较均匀,变化较小;在主矿体之下远离主裂面分布在黄铁绢英岩化花岗岩带内的矿体,

金品位明显高于主矿体,品位变化较大;由浅而深金银品位比值有逐渐增大趋势。

(3)靠近主裂面多赋存“焦家式”金矿,以细脉浸染状矿化为主;远离主裂面多发育“玲珑式”金矿,以含金石英脉矿化为主。二带之间经常出现过渡类型的复合型矿化。

(4)由浅而深,金矿物形态趋于简单,粒度逐渐变细;各矿床浅部和深部金矿物种类不同,金矿物中金银含量呈现不同的变化规律;由浅而深金矿物平均成色明显增高。

(5)寺庄、焦家金矿床较系统的勘查深度已达-1 000~-1 100 m,许多其他大型以上金矿床探矿深度已达到-800~-1 200 m,有的深部矿体并未尖灭。因此,开展-1 500~-2 000 m的深部找矿工作非常重要。

(6)焦家金矿床深部勘查工作在136~176线

间发现的深部矿体有可能是主矿体之外的单独矿体,152~176线揭露矿体深部未封闭;据寺庄金矿床主矿体显示中深部的矿体特征,向下应有较大延深。另外,从台上、夏甸、大尹格庄等矿床部分研究资料分析,深部矿体特征与焦家金矿床有一定差别,从品位及厚度变化,矿体形态,金银比值、金矿物成色等方面分析对比,向深部应有较大延深,矿床规模有可能超过焦家金矿床。另外,各矿床深、浅部矿体之间普遍具有无矿间隔或弱矿化带,表现为尖灭再现、膨胀夹缩关系。这些都可以作为深部探矿以及开展深部矿体定位预测工作的重要依据。

### 参考文献:

- [1] 孔庆友,张天桢,于学峰,等.山东矿床[M].济南:山东科学技术出版社,2006:225-236.

## Contrast Study on Orebody Characteristics between Deep and Shallow Part of "Jiaojia Type" Typical Gold Deposits in Northwestern Shandong Province

YUAN Wen-hua, WANG Hua-jiang

(No. 6 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Zhaoyuan 265400, China)

**Abstract:** On the basis of ore exploration information in deep part of "jiaojia type" gold deposit with large scale, orebody characteristics in deep and shallow part are contrasted and studied from the body shape, scale, attitude change, alteration, mineralization, the main beneficial components of gold, silver content and changes and gold ore characteristics. As showed by the results, deposits scales will become large in deep part and occurrence will become slow down. The majority ore bodies do not have obvious side-volt, and ore bodies will change from simple to complex forms. Major beneficial components, such as gold and silver contents are rather high in upper and middle part of shallow ore bodies and reduced gradually; while ore bodies in deep part have low grade and changed a little. Average gold grade of ore bodies which distributed in pyrite sericitized granite belt away from the main ore bodies below the surface are higher than its in main ore bodies and changed greatly. The ratio between gold and silver grade will increase gradually from shallow to deep part.

**Key words:** "Jiaojia" type gold deposit; orebody characteristics; shallow part; deep part; change rule; northwestern Shandong province