

# 胶东招掖金矿带控矿断裂演化规律<sup>①</sup>

苗来成 罗镇宽 关康 黄佳展

(冶金部天津地质研究院, 天津 300051)

**提 要** 招掖金矿带金矿床受断裂构造控制的特点十分明显, 研究表明这些控矿断裂具有复杂的演化历史, 经历过至少四期变形作用, 但金矿化主要发生在控矿断裂的张性演化阶段。断裂构造不仅控制着金矿化的时间, 而且控制着金矿体(床)的空间分布及产状, 同时也控制着金矿化类型。

**关键词** 招掖金矿带 控矿断裂 演化

胶东招掖金矿带是我国最负盛名的黄金产地。带内金矿床(田)的产出主要受三条区域性断裂及其旁侧的次级断裂控制。本文在区域调查的基础上, 对区内控矿断裂构造的演化及其对成矿的控制作用进行了研究。

## 1 地质背景和金矿化类型

### 1.1 地质背景

招掖金矿带处在环太平洋成矿带内, 位于华北地块东南缘的胶北隆起西北部, 其西侧 NNE 向的郯庐断裂和南侧 NE-NEE 间的五莲—荣成断裂是两条深切地壳的深断裂。有研究表明, 五莲—荣成深断裂是华北地块与华南地块的“缝合线”<sup>[1]</sup>, 亦即秦岭—大别造山带的东延部分, 它目前的位置是经郯庐断裂左旋平移的结果。区内大面积出露的是中生代重熔系列花岗岩类, 一般将其分为四种类型, 即玲珑型、滦家河型、郭家岭型和艾山型<sup>[2]</sup>, 其中玲珑型和滦家河型组成玲珑岩基的主体, 大致呈北东向分布(图 1)。在花岗岩类两侧有晚太古代—元古代变质岩地层发育。南侧胶莱盆地中发育有晚中生代白垩纪火山岩及碎屑沉积岩地层。区内构造以断裂构造为主。

### 1.2 区域金矿化类型

根据矿体形态及其内部组构, 招掖金矿带内的金矿化可划分为石英脉和破碎蚀变岩二种类型。石英脉型矿化(又称为“玲珑式”)主要发育在宽大石英脉内, 这种石英脉大都充填在区域断裂旁侧的低序次断裂中, 金矿化在石英脉内一般是不连续的, 但品位较高, 工业矿体多呈透

① 收稿日期 1996-12-09 改回日期 1997-03-04

镜状,规模较小。蚀变岩型矿化(又叫“焦家式”)主要发育在区域规模的缓倾斜韧、脆性叠加断裂带内,以浸染状、细脉及网脉状硫化物矿化为特征,矿化连续性好,但金品位较低,工业矿体一般规模较大。两种矿化类型在矿物组合、形成温度及压力和围岩蚀变类型等方面表现出许多相似的特征。

## 2 断裂构造发育特征

招掖金矿带内断裂构造十分发育,主要发育有北东向断裂和北北东向断裂,其次是近东西向及北西向断裂(图1)。北东向断裂规模较大,从东至西依次主要有招远—平度(以下简称为招平)、焦家—新城(以下简称为焦新)和三山岛—仓上(以下简称为三仓)三条断裂,它们构成本区构造的基本格架,也是本区金矿最主要的控矿构造。这组断裂总体走向为 $30^{\circ}\sim 50^{\circ}$ ,但变化较大,如招平断裂南段走向为 $10^{\circ}\sim 30^{\circ}$ ,至北段即破头青段走向变为 $70^{\circ}$ ;倾向南东、北西均有,招平断裂和三仓断裂向南东倾,而焦新断裂向北西倾斜;倾角较缓,一般 $30^{\circ}$ 左右。在它们旁侧常发育有一些与之平行的或呈小角度相交的次级断裂,也是较重要的赋矿构造。

上述三条北东向的断裂表现出许多相似的特征,如均沿着花岗岩类侵入体和前寒武纪变质岩地层的接触带发育,局部沿两花岗岩类侵入体的接触带发育;沿断裂带均发育有宽几十米至几百米不等的破碎蚀变带;断裂带内一般都有一条明显的分割性裂面,即人们所称之的“主裂面”,在主裂面之下产有一层或多层断层泥。

北北东向断裂在该带东部发育,以玲珑断裂最为典型,走向一般 $NE10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ ,倾角较陡。

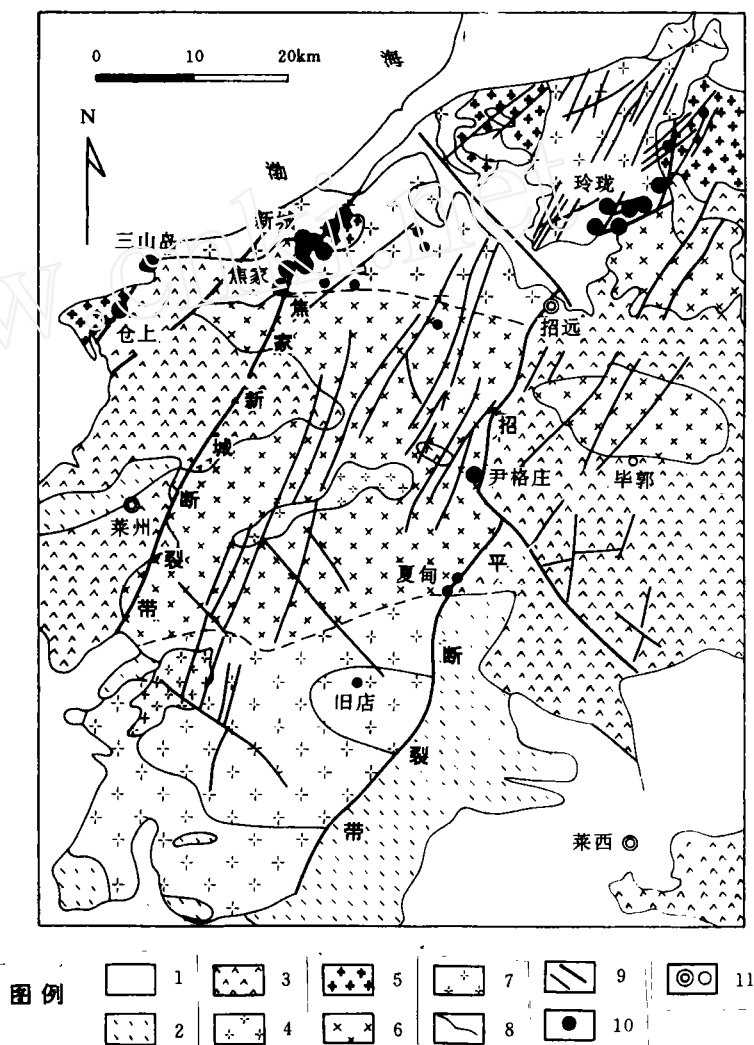


图1 招掖成矿带地质图

Fig. 1 Geological map of the Zhaoye Gold Belt

该组断裂主要发育在花岗岩体内,通常被中酸性脉岩充填。近 EW 向断裂以破头青断裂及其下盘发育的一系列次级断裂为代表,也是重要的控矿断裂。北西向断裂数量较少,主要在南部地区发育,为成矿后断裂。

### 3 控矿断裂的发展演化

该区前中生代的构造变形主要发育在胶东岩群和荆山群或粉子山群变质岩地层中,经过后来多期次的构造改造、破坏,其构造形迹很少保留下来,加之研究区内变质岩地层出露较少,所以本文对前中生代,尤其是前寒武纪的构造变形未涉及,而主要研究了与金矿化关系密切的北东向断裂构造。中生代及其以后,该区构造变形以断裂活动为主。根据野外调研并结合前人资料<sup>[3][4]</sup>,将区内控矿断裂的构造变形划分为四期(表 1)。下面分别讨论。

表 1 胶东招掖地区区域构造变形期次划分

Table 1 The division of the regional tectonic deformation in the Zhaoye Gold Belt

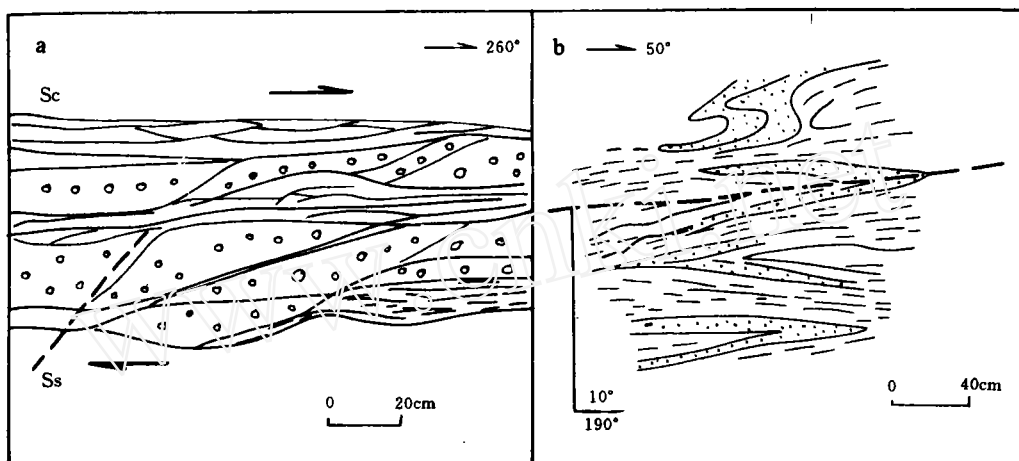
变形期或阶段	应力作用方向	构造形迹及变形特征
D <sub>1</sub> 变形	S-N 向挤压	E-W 或 NEE-SWW 向韧性剪切带(成矿前)
D <sub>2</sub> 变形	NW-SE 挤压	NE 至 NNE 向的左旋逆冲韧性剪切带(成矿前)
D <sub>3</sub> 变形	NW-SE 或 NWW-SEE 拉伸	使 D <sub>2</sub> 韧性剪切带发生脆性叠加变形(成矿期)
D <sub>4</sub> 变形	NNW-SEE 和 NEE-SWW 挤压	NNE 向、NW 向和 NWW 向陡倾斜左旋或右旋压扭性断裂(成矿后,未细分)

#### 3.1 D<sub>1</sub> 变形

D<sub>1</sub> 变形以韧性变形为特征,为成矿前构造变形,形成的构造形迹保留较少,主要以小规模糜棱岩条带形式残存于断裂带中。如在招平断裂北段的破头青断裂中,发育有一层糜棱岩带,其走向与破头青断裂的走向基本一致,即 NEE80°,倾向南,但倾角较缓,大约 15°~20°。其中发育的 S-C 组构指示其运动方向为右旋扭动(图 2a)。另外,在招远市西 12km 的一个露头上,发育有一条强烈变形的糜棱岩带,其产状为 190°∠10°,其中发育有同斜褶皱(图 2b)和石英拉伸线理,线理产状为 120°∠10°。从上述组构特征推测,D<sub>1</sub> 变形时的主压应力的作用方向是近南北向的,可能是由华北地块和华南地块的碰撞作用引起的。但因为露头有限,其详细特征较难确定。

#### 3.2 D<sub>2</sub> 变形

D<sub>2</sub> 变形是主要的变形期,也为成矿前变形,以韧-脆性变形为特征,产生 NE 向的缓倾斜左旋逆剪切带。前面提到的三条区域性断裂就是该期变形的产物,其中,招平断裂是它们中规模最大最具代表性的一条,而三仓断裂和焦新断裂地表全部被第四系覆盖,未见出露,仅在矿区坑下见到。



(a) 破头青断裂中残留糜棱岩的 s-c 组构  
(示右旋剪切, 玲南金矿地表)

(b) 剪切带内同斜褶皱 (招远城西约 12km)

图 2  $D_1$  构造形迹素描图

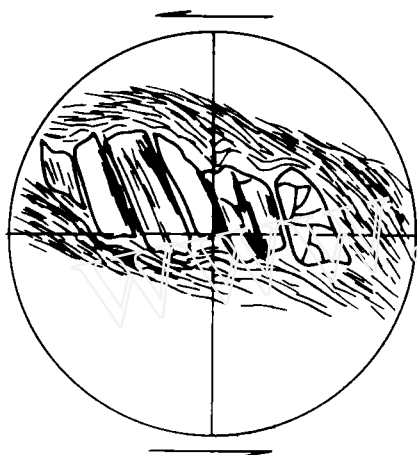
Fig. 2 Sketch of the  $D_1$  structures

招平断裂带南段保存有完好的糜棱岩带, 糜棱岩带内的组构指示该期变形以逆冲(推覆)运动为主, 兼具左旋扭动。如在平度县境内的小埠子村北招平断裂出露的一个露头上, 断裂表现为宽约 300m 的糜棱岩带, 发育在花岗岩与下元古界荆山群变质岩的接触带靠花岗岩的一侧。糜棱岩带中发育有斜长石的书架滑动构造(图 3a)、S-C 组构(图 3b)和剪切成因的同斜褶皱(图 3c), 同斜褶皱的轴面产状为  $130^\circ \angle 44^\circ$ , 与轴面平行的面理面上矿物拉伸线理的产状  $160^\circ \angle 40^\circ$ , 褶皱枢纽向 NE 倾伏。这些面状和线状组构的关系(图 4)清楚地指示招平断裂在  $D_2$  韧性剪切变形中具左旋逆冲运动的特征。这一点与在北泊村附近招平断裂带中糜棱岩的旋转斑晶及其压力影组构(图 3d)指示的断裂运动方向是一致的。上述特征均反映产生  $D_2$  韧-脆性剪切变形的构造应力场是 NW-SE 向的侧向挤压。此挤压应力可能是太平洋板块向北西方向欧亚大陆下俯冲的结果。

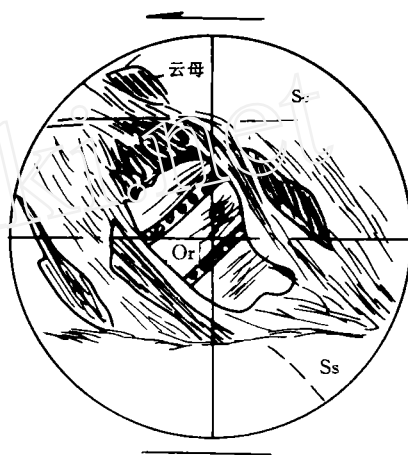
焦新断裂和三仓断裂带内也发育有糜棱岩, 但由于后来构造的改造和强烈的热液蚀变, 使该期韧性变形表现的不如招平断裂南段那么明显, 糜棱岩大都呈角砾的形式产出, 因此要从糜棱岩组构上判断其剪切方向是比较困难的。根据石英岩组分析研究<sup>[5]</sup>, 焦家断裂及其下盘的北东向断裂都经历了早期( $D_2$ )的剪切流变及压扁作用, 表现为环带轴与断裂走向垂直的小园环带; 后期( $D_3$ )表现为张扭性, 体现在直立轴的小园环带的叠加。同时认为断裂早期的剪切流变是左旋扭扭性为主。三仓断裂带只见有糜棱岩角砾, 无法确定其剪切方向, 但在三山岛金矿区与三仓断裂平行的一条规模较小的糜棱岩带中发育的 S-C 组构及剪切褶皱指示为左旋剪切<sup>[2]</sup>, 与招平断裂和焦家断裂相似。

### 3.3 $D_3$ 变形

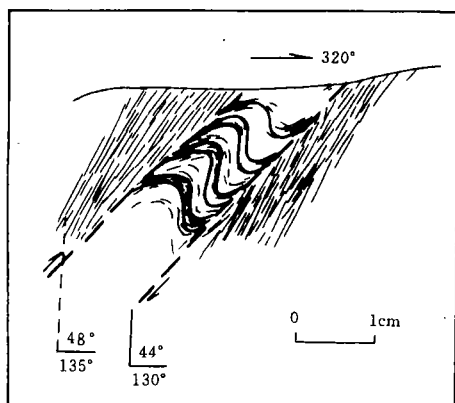
$D_3$  以脆性变形为特征, 叠加在先存的韧性剪切之上, 同时也产生一系列次级断裂, 如破头



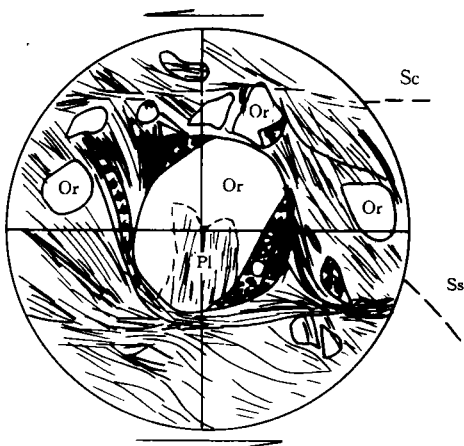
(a) 长石的书架滑动构造指示左旋剪切(+)  $d=6.8\text{mm}$  (XPZ-2 平行走向定向切片, 小埠子村北约 500m)



(b) s-c 组构指示左旋剪切 (+)  $d=1.7\text{mm}$  (XPZ-2 平行走向的定向切片, 小埠子村北约 500m)



(c) 剪切褶皱指示逆冲运动 (小埠子村北)



(d) 钾长石碎斑的压力影及 s-c 组构指示逆冲运动 (+)  $d=6.8\text{mm}$  (影子区为重结晶石英, Or 为钾长石, Pl 为斜长石, BB-1 垂直走向定向切片, 北泊村附近)

图 3  $D_2$  韧性剪切带剪切指向组构

Fig. 3 Shear sense fabric in  $D_2$  ductile shear zone

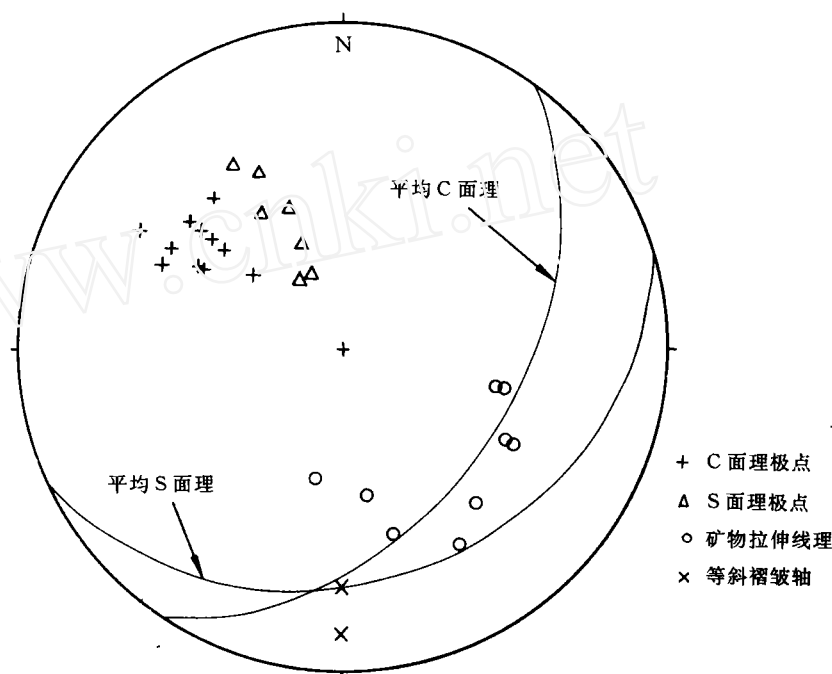
青断裂下盘的一系列控制石英脉产出的断裂构造。 $D_3$ 变形的脆性叠加使先存剪切带内岩石(糜棱岩)发生强烈破碎、碎裂,形成碎斑岩、碎裂岩和碎粉岩及断层泥,断层泥中含有糜棱岩角砾。有趣的是金矿体,尤其是蚀变岩型金矿体大都产在断层泥的下盘,可能是因为断层泥对矿液的屏蔽作用所致。 $D_3$ 变形期是主要的成矿期,断裂大都表现为右旋张扭性活动,这一点在石英脉型矿床和蚀变岩型矿床中均表现的比较明显。如玲珑矿田内的石英脉及其羽状分支显示成矿期的上盘下滑、下盘上升的相对运动特征(图5);仓上

蚀变岩型金矿床是赋存在三仓断裂走向由北东转为北北东的部位,这是一个张性扩容地段;焦家金矿床的矿体组合指示成矿期断裂的右旋拉张性质。上述特征均反映该期变形的应力场是NW-SE向的拉伸,可能代表了 $D_2$ 强烈挤压变形后的一个缓释期。

### 3.4 $D_4$ 变形

$D_4$ 变形(包括不只一期,未细分)一般晚于金矿化,以左旋压扭性活动为特征。它们形成的断裂通常切错、位移金矿脉及先存断裂,同时也使先前断裂复活,使这些断裂结构面力学性质发生复合或叠加转变。这期变形主要形成陡倾斜的NNE、NW和NNW向的断裂,其中NNE向断裂最为发育。最具代表性的是成矿带东部的玲珑断裂,其走向 $NE10^\circ \sim 20^\circ$ ,呈陡倾斜切割整个玲珑矿田,并将主要矿脉左行位移 $1.8\text{km}^{\text{①}}$ 。在玲珑矿田内,与玲珑断裂平行的一条小断层将51号含金石英脉(又称“玲珑背”)左旋位移 $25\text{m}$ 。

对于NW和NNW向的断层,最为典型的例子是位于大尹格庄金矿区南部的马连庄断裂,该断裂呈NW走向,将招平断裂左行位移 $3\sim 4\text{km}$ (图1)。在大尹格庄矿区内,一条NNW



1. C面理极点 2. S面理极点 3. 矿物拉伸线理 4. 等斜褶皱轴

图4 招平断裂糜棱岩面状和线状赤平投影图

Fig. 4 Lower-sphere projection of the foliation and lineation of the mylonite in Zhaoping fault

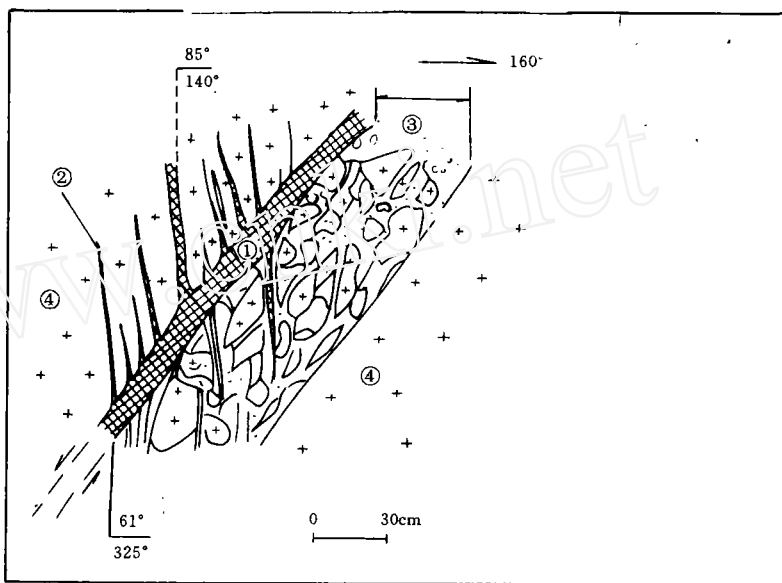
① 孔庆存等. 玲珑金矿田构造控矿规律及深部成矿预测. 科研报告, 1988

向的断层将该矿床的主矿体左旋位移了近300m<sup>[6]</sup>。

D<sub>4</sub> 变形可能是太平洋板块继续向欧亚大陆下俯冲引起的。

因为上述主要控矿断裂大都切割中生代花岗岩类,因此它们形成在这些花岗岩类侵位之后或与之同时,而这些断裂又被白垩纪—新生代的胶莱盆地边界断裂切割,所以主要变形期大体发生在侏罗纪和早白垩世之间。这与最近研究<sup>[8]</sup>得出的本

区中生代花岗岩类侵入体的最老年龄为 165Ma 左右,充填在 NNE 向断裂中的成矿后花岗斑岩脉的年龄为 120Ma 左右的结果相一致。



1. 含硫化物石英脉 2. 黄铁矿细脉 3. 构造破碎带 4. 花岗岩(有浸染状黄铁矿化)

图5 石英脉充填张性断裂素描图

(107号脉+150m中段东沿穿脉坑道)

Fig. 5 Sketch showing quartz-vein filling in the tensile fault

## 4 断裂构造对成矿的控制作用

### 4.1 断裂构造控制着区内矿床(田)产出的空间位置

断裂构造是控制脉金矿床分布与产出的最重要的因素之一,这在西澳和加拿大的太古代绿岩型金矿床中均表现的十分明显<sup>[7]</sup>。胶东招掖金矿带也是如此,主要表现在:从区域规模上看,本区四个主要金矿田的分布和产出受上述三条区域断裂带的控制;从矿田规模上看,金矿床或赋存于区域断裂带内,或产于次级断裂中;从矿床规模上看,金矿体一般产于主断裂面下盘且与其大致平行,或充填于主断裂及次级断裂的有利构造部位。区内有利的金矿化构造部位主要有以下四种类型(图6):

- 1)被区域断裂叠加-复合的岩性接触带;
- 2)主断裂面断层泥的下盘;
- 3)容矿断裂膨胀部位、断裂交切处、断裂分支处和断裂走向及倾向上的弯曲部位;
- 4)张裂隙、雁行状裂组合及有关的构造裂隙。

## 4.2 断裂构造的张性演化阶段控制主金矿化期

前已提到, $D_3$  变形可能是  $D_2$  挤压变形后的一个松弛阶段,但却是该区发生金矿化的主要时期。研究表明,区内四个主要金矿田的金矿化均发生在控矿断裂的  $D_3$  右旋张扭性变形时期。这是因为  $D_2$

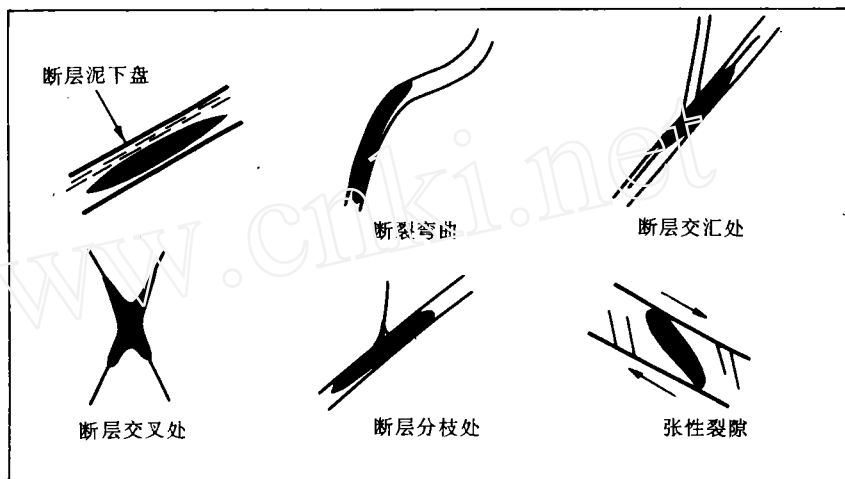


图 6 招掖成矿带内有利的成矿部位示意图

Fig. 6 Simplified map showing the favourable ore-forming positions in Zhaoeye Gold Belt

及  $D_1$  为韧性变形,形成的剪切带是成矿流体的通道,但由于是韧性侧向挤压变形,成矿流量及其流体循环受到限制,而  $D_3$  变形时间上发生在与成矿关系密切的含角闪石花岗岩闪长岩侵位后不久<sup>[8]</sup>,成矿流量大,又因为是脆性拉伸变形,使先存剪切带内岩石发生强烈破碎,产生脆性裂隙,有利于深部成矿流体和大气水的混合及循环,在有利的构造部位成矿。

## 4.3 赋矿断裂变形程度控制着金矿化类型

本区两种主要的矿化类型,即蚀变岩型和石英脉型是构造变形程度不同的产物,赋存在区域规模断裂带中的金矿体通常以蚀变岩型为主,而赋存在主断裂旁的次级断裂中的金矿体一般以石英脉型矿化为特征。这是因为区域规模的主断裂应力集中,构造岩破碎程度高,形成的空间为连续的弥散状,有利于成矿流体的渗透和交代而形成浸染状矿化;规模较小的次级断裂应变程度较低,易形成不连续的开放性空间,有利于成矿流体的充填而形成石英脉。这一点在玲珑矿田内表现的比较明显,如从破头青断裂带即招平断裂的北段,向下盘北西方向,矿化类型表现出有规律的变化:赋存于破头青主断裂带中的台上金矿床矿化类型是蚀变岩型;赋存在破头青主断裂下盘附近与其平行的次级断裂中的九曲金矿床以蚀变岩型和石英脉型共存为特征;而产在离破头青主断裂较远的次级断裂中的玲珑西山金矿床则以单个石英大脉为主。

金矿化类型的不同是断裂构造变形程度不同的结果,这一认识对该区金矿的勘查具有重要意义,因为有一部分研究者认为该区金矿化类型存在垂直分带,即石英脉型矿化向深部变化为蚀变岩型或相反<sup>[9]</sup>。作者认为,如果这种分带现象存在的话,也应该是水平分带,即从主断裂带中的蚀变岩型,向外远离主断裂渐变为石英脉型。



## 5 结论

(1)招掖金矿带控矿断裂构造经历了至少四期或四个阶段的演化历史, $D_1$ 和 $D_2$ 均表现为成矿前韧性剪切变形,其中 $D_2$ 的NW-SE向斜向挤压是主要的变形期,形成NE或NNE向的左旋逆冲剪切带; $D_3$ 脆性变形为NW-SE向的拉伸,可能是 $D_2$ 挤压变形后的一个松弛阶段,它使 $D_2$ 及 $D_1$ 剪切带重新活动,同时伴随着成矿流体的渗透,是主要的成矿期; $D_4$ 是成矿后变形。

(2)断裂构造控制着区内金矿床(田)的空间分布和金矿体的具体产出位置及产状,表现在金矿田及矿床主要产在断裂复合-叠加的岩性接触带;金矿体主要赋存在几个有利的成矿部位,如断裂走向和倾向上的弯曲部位、断裂分枝复合部位和断裂交叉部位等;当断裂带中有断层泥发育时,矿体常产于断层泥的下盘并与主断裂面平行。

(3)时间上,断裂构造演化中的张扭性活动期(或阶段)控制着主要的金矿化期,体现在区内四个金矿田即三一仓、焦一新、玲珑和大尹格庄金矿田的金矿化均发生在 $D_3$ 拉伸变形时期。

(4)区内两种金矿化类型即石英脉型和蚀变岩型是赋矿构造变形程度不同的产物,规模较大的区域性断裂构造岩破碎程度高,金矿化以蚀变岩型为主,而规模较小的次级断裂易产生脆性破裂,形成宽大石英脉。这一点对该区金矿床的勘查具有重要的指导意义。

## 参考文献

- 1 曹国权. 试论“胶南地体”. 山东地质, 1990, 6(2)
- 2 袁有守, 王孔海, 等. 山东招远-掖县地区金矿区域成矿条件. 辽宁: 辽宁科学技术出版社, 1988
- 3 范永香, 高秋波, 等. 山东招远-掖县金矿带构造控矿规律研究. 武汉: 中国地质大学出版社, 1993
- 4 卢作祥, 等. 山东玲珑金矿田构造控矿作用探讨. 地球科学, 1984, (3)
- 5 曹兴南, 刘秉耀. 山东焦家金矿田断裂构造控矿作用探讨. 地质地球化学, 1991, 5
- 6 于瑞业. 尹格庄金矿床地质特征. 宫润潭, 王义文主编: 招远黄金地质, 1989
- 7 Ho S. E. Groves D I & Bennett J M. Gold Deposits of Archean Yilgarn Block, Western Australia: Nature, Genesis and Exploration Guides. The University of Western Australia, Publication No. 20, 1990
- 8 Wang L G, Luo Z K, et al. SHRIMP U-Pb in Zircon Studies of Plutonic Rocks from the Jiaodong Peninsular, Shandong Province, China: Constraints on Crustal and Tectonic Evolution and Gold Metallogeny. Geology and Mineral Resources Proceedings of Ministry of Metallurgical Industry. Beijing: International Academic Publishers, 1996
- 9 刘星. 山东玲珑金矿成因矿物学 and 找矿矿物学. 中国地质大学(北京)博士论文, 1988

## THE EVOLUTION OF THE ORE-CONTROLLING FAULTS IN THE ZHAOYE GOLD BELT, EASTERN SHANDONG PROVINCE

*Miao Laicheng Luo Zhenkuan Guan Kang Huang Jiazhan*

*(Tianjin Geological Academy, MMI, Tianjin, 300061)*

### Abstract

The ore-controlling faults in the Zhaoye Gold Belt have complex activity history, which have undergone at least four phases of deformations. Gold mineralization in the belt took place at the tensile deformation phase of the faults. The faults not only controlled the timing and the type of gold mineralization, but also the distribution and occurrence of gold ore bodies.

**Key words:** Zhaoye Gold Belt Ore-controlling faults evolution