

冀东地区构造演化与金矿分布规律

赵寅震 姜喜荣

(东北大学秦皇岛分校)

摘要 作者研究了冀东地区构造特征及其成生联系,建立了构造体系。根据构造运动时期的鉴定,研究了构造演化过程,探讨了矿化与构造之间的关系。根据同成矿构造体系展布特点,分析了金矿的分布规律和富集部位,并对典型矿区进行了同成矿应力场的模拟实验,预测了隐状矿体。部分靶区经过工程验证,获得很大的经济效益。

关键词 构造演化 同成矿构造体系 模拟实验 冀东

冀东地区是我国重要金矿基地之一。区内地层以变质岩为主,中生代岩浆岩分布广泛,构造活动强烈,金矿床及矿点星罗棋布,具有良好的成矿条件。

1 构造特征

该区在构造体系图上,位于阴山—天山复杂构造带内,马兰峪—山海关东西向隆起带与新华夏系大兴安岭 NNE 向隆起带交汇部位。此外,祁吕贺兰山字型东翼反射弧的 NW 向构造带影响到该区。根据卫片、航片、物探资料及地表观察,区内构造常成群、成带分布,规模较大者有 EW 向构造带、NW 向构造带、NE 向弧形构造带及 NNE 向构造带等(图 1)

1.1 EW 向构造带

又可划分为若干亚带,均由压性构造形迹所组成。它们大致平行排列,有规律的分布,与其伴生的有 SN 向张性断裂和 NE-NW 向扭性断裂。它是阴山—天山复杂构造带的一部分,早期控制变质岩带的展布,晚期又切割侏罗纪火山岩系,显示多期反复活动的特点。其中喜峰口—木头凳构造带的规模和强度最大,航磁和重力图上表现为明显的陡梯度带。

1.2 NW 向构造带

冷口—桦尖构造带规模较大,由右行压扭性断裂、压碎带、片理化带等组成。该区 NW 向构造带属祁吕贺兰山字型东翼反射弧的一部分,某些地段,它叠置在早期扭性断裂上;另一些地段它又被晚期张性断裂所改造。

1.3 NE 向弧形构造带

该区 NE 向弧形构造带十分醒目,由走向 NE—NNE 向褶皱、左行压扭性断裂、挤压破碎带和片理化带所组成。当其与 EW 向构造带相遇时形成向东南突出的弧形弯曲,在 EW 向构造带之间,呈 S 状展布。这种形体特殊的构造发生在燕山运动早期。它所控制的岩体时代在 160—190Ma 之间,时而可见它利用或改造早期的 NE 向构造、北偏东向张性断裂和 NE 向扭

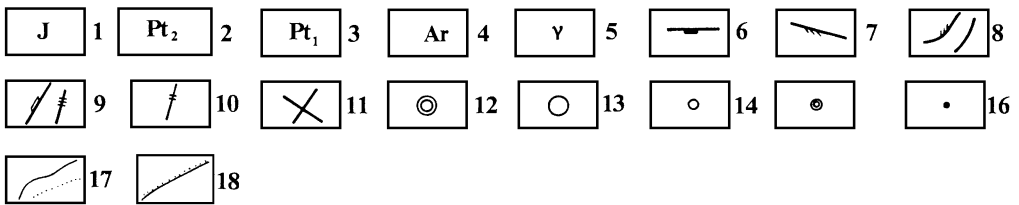
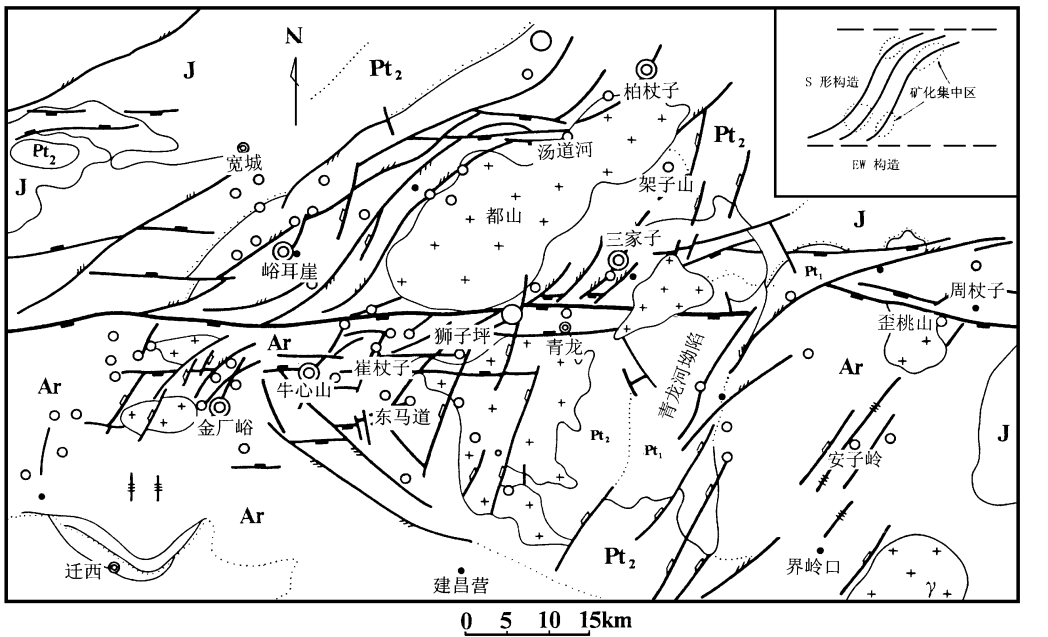


图 1 冀东金矿地质图

Fig. 1 Geological map of gold deposits in Eastern Hebei

1. 侏罗系; 2. 中元古界; 3. 下元古界; 4. 太古界变质岩系; 5. 花岗岩; 6. EW 向构造; 7. NW 向压扭性断裂; 8. NE 向弧形构造; 9. NNE 向压扭性断裂; 10. SN 向挤压带; 11. 伴生构造; 12. 大型金矿; 13. 中型金矿; 14. 金矿点; 15. 县; 16. 镇; 17. 地质界线; 18. 不整合面

性断裂,但又被晚期 NNE 向断裂所错断,与之伴生的构造有 NW 向张性断裂

1.4 NNW 向构造带

由左行压扭性断裂、压碎带、片理化带等组成,常呈多字型斜列。与其伴生的有 NNW (N65°—80°W) 向张性断裂、NNW (N10°—30°W) 向扭张性断裂和 NEE (N65°—75°E) 向扭压性断裂。它是区域上新华夏系的一部分。

2 构造的演化

一套构造体系的各个组成部分,大都是一次构造运动的产物。研究构造的演化首先必须查清构造体系之间的联合或复合关系。

2.1 构造体系的联合

构造体系的联合表现在 NE 向弧形构造带是由形成 NNE 向构造带的挤压力和形成 EW

向构造带的挤压力联合作用形成的。这种弧形构造带也是李四光教授提出的蒙古东南边缘弧的次级构造。

2.2 构造体系的复合

该区构造体系的复合主要有四种类型:

2.2.1 归并 该区三家子金矿区 F_7 弧形断裂形成时,归并了早期 EW向构造带伴生的张性断裂,将其改造成左行压扭性质,后来又被晚期 EW向构造体系的张性断裂所改造而归并到晚期 EW向构造体系中去,形成张-压扭-张的复性断裂(图 2)。

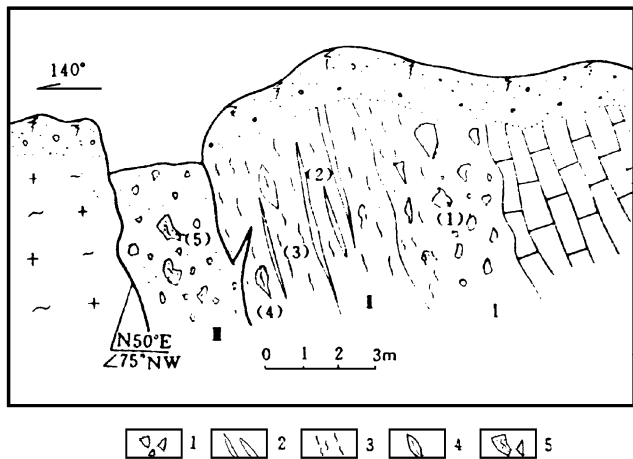


图 2 三家子金矿区 F_7 复性断裂控矿图

Fig. 2 Profile showing the ore control of the F_7 compound fault in Sanjiazhi gold deposit

I. 张性断裂; II. 压扭性断裂; III. 张性断裂; 1. 断层角砾岩; 2. 含金石英细脉; 3. 片理化; 4. 构造透镜体; 5. 含矿的断层角砾

2.2.2 斜接 区内峪耳崖和三家子金矿区,含矿 NE向压扭性断裂被 NNE向压扭性断裂穿切,凌源—喜峰口断裂被新华夏系 NNE向断裂穿切等现象,均为斜接复合。

2.2.3 反接 这种复合现象在该区十分普遍。比如在宽城县牛心山金矿区,可见 NW向压扭性断裂切断 EW向构造带和 NE向弧形断裂错断 EW向构造带,同时还见到 NW向构造 (F_9)被石英正长斑岩和花岗斑岩脉穿切,又被 NE向压扭性断裂切断;而 NE向断裂又被新华夏系 NNE向断裂错断(图 3),形

成复杂的反接及斜接复合现象。显示上述各类构造的形成顺序为 EW → NW → NE → NNE

2.2.4 重叠 该区 EW向隆起褶

皱带横贯中部地区,核部出露太古界变质岩系。在王厂—青龙县城一带,由于 NE向隆起构造的叠加,致使 EW向构造显得加强了,而青龙县以东地区,如马圈子、双山子一带,由于青龙河拗陷的影响,EW向构造显得削弱了,实际上并未削弱,而是由于后来构造的叠加造成的。

根据上述构造体系之间的联合、复合关系,不难看出,该区各主要构造体系的形成顺序为:早期 EW向构造 → NW向构造带 → 弧形构造体系 → 新华夏系 → 晚期 EW向构造。

2.3 构造演化过程

根据上述构造体系的联合、复合关系和各类构造活动时期的鉴定,对该区构造演化过程有如下认识:

EW向构造带形成时期很早,从岩相古地理来看,至少在中、上元古宙时,就已存在规模巨大的 EW向隆起和沉降带。古生代时,受 SN向挤压和扭动,该区与华北其它地区整体上升,缺失志留和泥盆纪地层。古生代晚期,由于 SN向挤压的不均衡,发生西部向南、东部相对向北的对扭运动,形成了 NE向褶皱和冲断带,即华夏系,它控制某些海西期基性、超基性小岩体的分布。中生代早期,祁吕贺兰山字型东翼反射弧影响该区,出现 NW向压扭性构造带。它切割寒武—奥陶纪地层,控制侏罗纪部分地层的分布;其后,由于 SN向强烈对扭运动,形成规模巨大的 NNE向以隆起、褶皱、拗陷和压扭性断裂为主的构造带,即新华夏系。其中,大兴安岭隆起

带通过该区。新华夏系早期构造带走向偏东,压性特征明显,当与 EW 向构造带相遇时,发生自然弯转形成弧形构造。这种弧形构造带乃是由新华夏系和 EW 向构造体系联合应力场作用形成的,它在形态上不同于标准的 NNE 向构造带。该构造体系控制的岩体时代多在 160-190Ma。该体系的某些地段利用改造早期华夏系,发生重接复合,致使海西期基性、超基性小岩体发生强烈挤压破裂。联合弧构造体系之后,曾发生一场 EW 向挤压的区域性构造运动。该区东部邻区,向北延至内蒙红花沟金矿田一带,有一个经向构造带并控制某些金矿田的分布。燕山运动时发生强烈的 SN 向反钟向对扭,至燕山运动中晚期叠加 EW 向挤压力,二者合力形成新华夏系 NNE 向构造带及其伴生构造。燕山运动晚期以来仍有 EW 向构造活动。

3 同成矿构造体系及矿化阶段

我们在选定的典型矿区内,综合研究了金矿与前述构造体系之间的关系、含矿断裂组合规律与体系归属、含矿断裂与矿体形态、矿化和矿石结构构造与断裂的关系、成矿期与构造运动期的关系等等,鉴定出同成矿构造体系并与区域上已知矿化点进行对比、验证。认为联合弧构造体系和新华夏系为该区同成矿构造体系,并划分出两个成矿期和相应的构造岩浆矿化阶段。

燕山运动早期,联合弧构造体系强烈活动,伴随均质混合岩的形成(200Ma)和斜长角闪岩的变质(195Ma)(表 1),导致黑云母石英闪长岩和花岗闪长岩的侵位(190-160Ma),其后的构造、岩浆、矿化阶段为:闪长岩脉(三家子金矿区 153.8Ma)-闪长玢岩脉-花岗斑岩脉(三家子 156.5-168.5Ma)-含金石英脉-细粒黄铁矿-碳酸盐等阶段,其中细粒黄铁矿为主要成矿阶段。由此可见,金矿形成于联合弧构造体系演化的较晚阶段。

燕山运动中晚期,新华夏系强烈活动,引起花岗岩(110-136Ma)的侵位,其后的构造、岩浆、矿化阶段为:细晶岩脉-煌斑岩脉(110.2Ma)-含金石英脉-细粒黄铁矿-含金多金属硫化物-碳酸盐等,其中细粒黄铁矿和多金属硫化物阶段为主要成矿阶段。可见,金矿受同成矿构造体系中较晚阶段的构造控制。

4 金矿分布规律与富集部位

该区金矿严格受同成矿构造体系的控制。从空间分布来看,NE 向弧形构造带与 NNE 向构造大体一致,只是强度有所不同。区内可划分出 4 个构造岩浆成矿带,即金厂峪-汤道河带;青龙-架子山带;青龙河拗陷带;周杖子-界岭口带。上述各带对金矿的分布和赋存有如下规律:

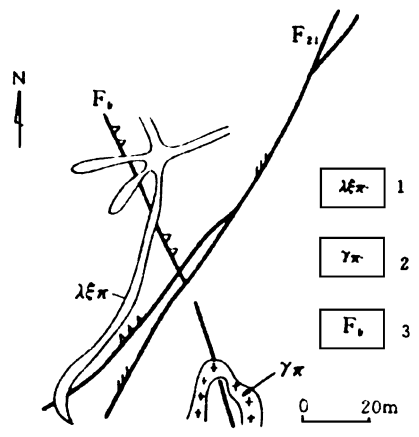


图 3 NW、NE 和 NNE 向断裂复合关系图(牛心山金矿区)
Fig. 3 Sketch plan showing the relation of compounding of NW, NE, NNE-trending faults (Niuxinshan gold deposit)

1. 石英正长斑岩; 2. 花岗斑岩; 3. 断层及编号

表 1 冀东地区同位素年龄表

Table 1 Isotopic age in Eastern Hebei

地区	样品名称	测定方法	年龄值 Ma	备注
青山口	花岗岩	Rb-Sr	186.81	长春地质学院, 穆克敏等
牛心山	浅色中细粒花岗岩	Rb-Sr	160	徐毓祺
金厂峪	均质混合岩	铅同位素	200	据金厂峪金矿区资料
金厂峪	斜长角闪岩	铅同位素	195	郭裕嘉, 1985
三家子	闪长岩脉	K-Ar	153.8	天津地矿所
三家子	花岗斑岩脉	K-Ar	156.5	天津地矿所, 李铁庆, 1987
娄子山	花岗岩	K-Ar	110	孙大中
青山口	花岗岩	K-Ar	136	林尔为, 1985
三家子	煌斑岩	K-Ar	110.2	天津地矿所

4.1 同成矿构造活动的强带是重要的成矿带

区内两个同成矿构造体系控制的成矿带,在空间分布上虽然大体一致,但活动强度有所不同。NE向弧形构造带西强东弱,大致间隔 25km 出现一个构造密集带; NNE 向构造带东西两侧较强,中间两带较弱。从图 1 可以看出金厂峪-汤道河带乃是两个同成矿构造体系的强烈活动带相复合的构造岩浆成矿带,是区内重要成矿带,其中几个大、中型金矿床都分布在该带中。如金厂峪、峪耳崖、牛心山及北部邻区的柏杖子、毛家店等;由此向东,青龙-架子山为第二条构造岩浆成矿带,内中有三家子金矿;最东面的界岭口-周杖子带是 NNE 向构造的强带,该带新华夏系张性断裂与 EW 向构造带的 NW 向压性断裂复合,改造了原断裂的构造性质并控制成矿的赋存,如歪桃山金矿床。

4.2 弧形构造带控矿特征

如上所述,弧形构造是 NNE 向构造与 EW 向构造体系的联合作用的产物。EW 向构造带之间的弧形构造呈弧形弯曲,状如 S 形,其两端内侧弧形旋回面和外侧旋回层曲度最大的部位是应力集中部位,也是重要的成矿赋存部位,如金厂峪-汤道河成矿带中的金厂峪、牛心山、峪耳崖、柏杖子金矿等;青龙-架子山成矿带中的三家子金矿、兴隆沟金矿及响水沟金矿等,均在弧形构造旋回层曲度最大的地段。

4.3 NE 向弧形构造带与 NNE 向构造带复合控矿

两个同成矿构造体系的复合导致两期矿化的叠加,往往形成储量可观的金矿。如金厂峪(大型)、峪耳崖(大型)、牛心山(中大型)等矿区即是上述两种构造体系复合控矿的典型实例。

4.4 新华夏系构造控矿模式

该区都山岩体以南,牛心山以东地区,同成矿构造体系以新华夏系为主, NNE 向构造带与 EW 向构造带形成格子状构造,二者反接复合部位应力集中,构造发育,为矿化局部富集地段如东马道、崔杖子、狮子坪等金矿点。

新华夏系除了在 NNE 向断裂的应力集中部位直接控矿外,其伴生构造如 NW 向张性、NNW 向扭张性或 NEE 向扭压性断裂往往利用和改造成矿前走向近似的构造软弱带,使其归并到新构造体系中去。这种两个或两个以上构造体系归并复合控矿的典型实例如桦尖金矿的 14 号矿体。该矿体产于 EW 向构造带中,在构造带走向接近 NW 地段,由于新华夏系张性断裂的叠加和改造,矿体显示张性断裂控矿的特点;构造带走向接近 NEE 地段,新华夏系伴生

的 $N70^{\circ}E$ 扭压性断裂以微小角度斜切 EW 向构造带的片理化带, 是主矿体的主要控矿构造。马尾沟金矿含金石英脉产于 $N30^{\circ}W$ 片理化带中, 同方向的扭张性断裂改造片理化带而控矿; 峪耳崖金矿区 NEE 向同成矿构造与弧形断裂重接复合, 导致矿化作用叠加而控矿; 而歪桃山金矿则为 NWW 向张性断裂改造 EW 向构造带而控矿。上述控矿构造均为新华夏系的伴生构造。

5 隐伏矿体预测及验证

大家知道, 构造的发生与地应力的集中有关, 构造破坏的程度与地应力释放 (应力降) 的多少相对应。一般来说, 应力集中有利于成矿元素的活化、迁移; 应力释放则有利于元素向应力降低的构造带中聚集、沉淀。由此可见, 应力降可以反映同成矿构造破碎的强度和成矿元素富集的程度。我们在研究区内选择几个典型矿区, 深入研究它们的成矿条件、矿田构造特征及其组合型式; 鉴定同成矿构造体系, 探讨它们的演化过程和分布规律及其控矿规律; 研究了成矿物质来源、成矿期和成矿阶段, 并对不同类型的岩石力学参数进行了测定。在此基础上, 我们首先制作模型, 并针对主要成矿阶段的应力场进行有限元数值模拟, 作出应力降等值线图, 同时结合地质情况, 优选出隐伏矿体找矿靶区, 获得了较满意的结果。

例如: 我们根据峪耳崖金矿区应力降异常图优选出三个靶区 (图 4), 三个靶区均处于应力

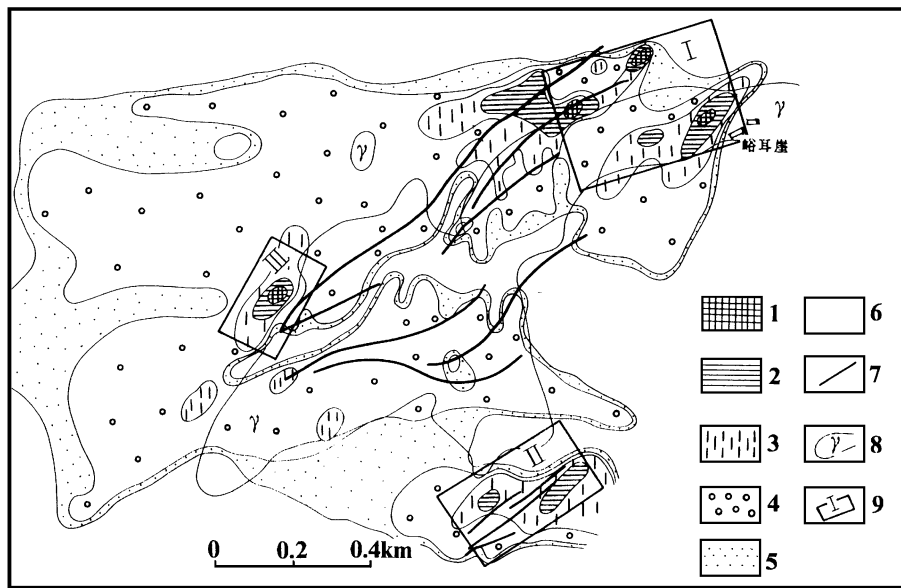


图 4 峪耳崖金矿应力降异常图

Fig. 4 Anomaly map of the stress difference in Yuerya gold ore deposit

1. 一级 100M Pa; 2. 二级 70-100M Pa; 3. 三级 40-70M Pa; 4. 四级 10-40M Pa; 5. 五级 1-10M Pa;
6. 六级 < 1M Pa; 7. 断层; 8. 花岗岩; 9. 靶区及编号

降高值区。其中第一预测区过去勘探队曾在浅部作过一些勘探工程, 认为远景不大。我们发现该矿区控矿构造以弧形构造为主, 而且弧形构造在预测区中逐步弯转, 由 $N65^{\circ}E$ 到 $N75^{\circ}E$, 在 7 中段新华夏系伴生控矿构造开始出现。因此认为, 二者的归并复合控矿应值得重视, 关键在于钻探的深度不够, 经过讨论下定决心, 当年 4 钻便获得黄金储量 4t, 截止 1996 年底已获黄金

储量 15t 第二预测区内应力升高值区与地下已知盲矿体套合较好。我们根据同成矿构造的规律进一步提出在盲 10号脉的东南大致 80m处可能存在新的隐伏矿体的预测,并推断矿体较大但较盲 10号脉为深 我们建议从 5中段向东南追索,经坑探证实 80m处见矿,截止 1996年底,从该矿体中获黄金储量 4.02t 1989年时,该矿山保有储量 1.1t,到 1996年底,这两个靶区新增储量 19.02t,使一个中型金矿变为大型金矿。该矿区第三预测区位于主矿体的南端,虽然矿体浅部业已采空,但深部第二层次隐伏矿体值得重视,推断可能不亚于第二预测区。

又如,我们根据三家子金矿田应力降异常图形态特征(图 5),优选出 10个找矿靶区,其中

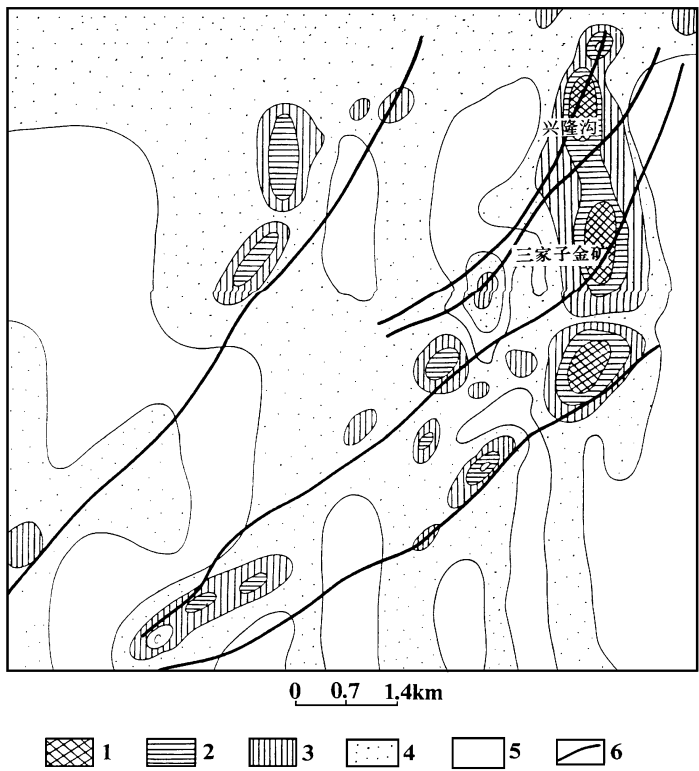


图 5 三家子金矿田 最小主应力降异常图

Fig. 5 Anomaly map of the minimum principal stress difference in Sanjiazi gold ore field

1. > 215 M Pa; 2. 166- 215 M Pa; 3. 94- 166 M Pa; 4. 22- 94 M Pa; 5. < 22 M Pa; 6. 断裂

兴隆沟靶区为一级应力升高值区。该区段同成矿构造为一条微向西突的 NE向弧形压扭性断裂,上盘(西盘)发育 7条走向 NEE的分支断裂 应力升高值区位于主干断裂与分支断裂的交汇部位,其中一条位于高值区边部的分支断裂经过勘探验证已获黄金储量 3.7t,引起有关单位的重视,现已投资建矿,下一步拟对其余靶区进行验证。

由此可见,同成矿构造体系的研究结合数值模拟方法,对于解决构造控矿规律和隐伏矿体预测有着重要的实际意义。

参 考 文 献

- 1 孙殿卿、高庆华,地质力学与地壳运动。北京:地质出版社,1982
- 2 王义文,我国主要类型金矿床同位素地质学研究。地质论评,1982,28(2)
- 3 林尔为等,冀东金矿集中区的铅同位素研究。长春地质学院院报,1985,(4)
- 4 赵寅震等,商城—罗山地区同成矿构造与矿产预测。北京:地质出版社,1986
- 5 赵寅震,同成矿应力场与矿床形成、分布关系。国际地质力学讨论会论文集,第9集,北京:地质出版社,1989
- 6 赵寅震、姜喜荣、肖劲民,冀东金矿区同成矿构造与优选靶区的模拟实验。北京:地质出版社,1996

TECTONIC EVOLUTION AND THE GOLD DISTRIBUTION IN EASTERN HEBEI

Zhao Yinzhen Jang Xirong
(Northeastern University at Qinhuangdao)

Abstract After a study of the structural features and their genetic relations in Eastern Hebei, the authors establish the structural systems of the region. A discussion of the tectonic evolution and their relation with mineralization is made on the basis of the determination of the age of the tectonic movements. It was found that the distribution of the gold deposits is controlled by synmetallogenic structural system, a system which was active during mineralization.

At the same time, the authors carried out a model experiment of the synmetallogenic stress field of some typical gold areas for the prediction of the blind ore bodies, and achieved good success, yielding 22.72t of pure gold.

Key words tectonic evolution, synmetallogenic structural system, model experiment, Eastern Hebe

第 一 作 者 简 介

赵寅震,男,1926年生,教授。1952年毕业于清华大学,主要从事矿床学、地质力学和矿田构造研究。通讯地址:秦皇岛东北大学分校。邮政编码:066004