

河北三家金矿区构造研究及找矿方向

钱光谟 莫时旭

(中国矿业大学北京研究生部, 北京)

王永和 雷武明

(冶金部第一勘探公司 522 队, 唐山)

提要: 文章论述了青龙县三家金矿区构造特征、矿床特征、矿床与断裂构造的成因联系。在多种手段综合研究的基础上, 指出了矿区导矿构造和容矿构造, 提出了本区中生代的三期主要构造应力场, 强调了区内局部应力场与相应方向的优势节理相配合是本区金矿床形成的主要模式。在综合分析各项研究成果的基础上提出了本区控矿因素及找矿方向。

主题词: 三家金矿区 构造应力场 岩石组构 控矿因素 找矿方向

1 矿区地质概况

冀东地区是河北省重要黄金产地, 该区属于中朝准地台燕山台褶带东段, 经历了多次构造运动, 岩浆活动频繁。三家金矿区位于该区东部, 属青龙县, 面积约 55km²。

1.1 地层

矿区内分布的主要地层是太古界迁西群三屯营组片麻岩, 片麻岩总体走向北东, 倾向北西, 倾角 18°~82°。矿区东北部 (F₇ 断层以东) 有中、上元古界长城群分布, 为一套碎屑岩、碳酸盐岩岩层, 总体走向 NE, 倾向 NW。

1.2 断裂构造

本区断裂构造发育。主要断层有 F₆、F₃、F₇、F₈, 均为 NNE—NE 走向, 倾向 NW, 倾角较陡。平面上大致平行排列, 呈等间距分布, 构成本区构造格架。诸断层在马圈子北沟、三家子北沟呈向 SE 突出的弧形 (见图 1)。

F₇ 断层贯穿矿区南北, 是本区主干断层。其破碎带宽度数米至数十米, 在马圈子北沟该断层弧形部位破碎带宽度最大, 达 80 余米。从其上、下盘地层分布、下盘长城群沉积岩层厚度及其中伴生褶皱的产状、断层破碎带中直立白云岩层产状、被错断白云岩层的拖曳方向及推移距离推断: F₇ 断层为左行平移-逆断层, 平移距离在 800 米以上。

南北向断层, 主要分布于 F₃ 与 F₆ 之间, 断层倾角 60°~90°, 多为花岗斑岩、闪长岩充填, 受 NNE 向断层限制, 规模较小。

北西向断裂构造, 本区北部发育三条倾角陡的花岗斑岩脉。值得注意的是本区北西向沟

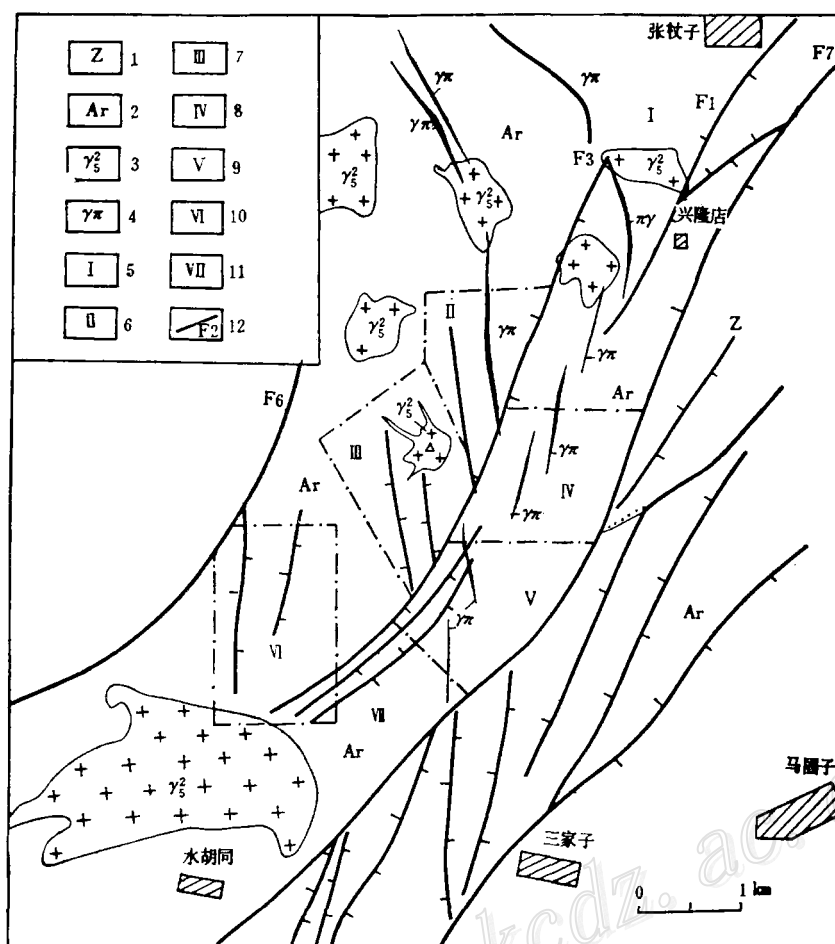


图1 三家金矿区地质略图

1—中上元古界; 2—太古界; 3—花岗岩; 4—花岗斑岩脉; 5—兴隆店矿床; 6—兴隆沟矿床; 7—望头山矿床;
8—王家沟矿床; 9—三家子矿床; 10—马司峪矿床; 11—三道河矿床; 12—断裂及编号

Fig. 1. Geological sketch map of the Sanjia district.

1—Middle and Upper Proterozoic; 2—Archean; 3—Granite; 4—Granite porphyry vein; 5—Xinglongdian ore deposit; 6—Xinglonggou ore deposit; 7—Wangtou ore deposit; 8—Wangjiagou ore deposit; 9—Sanjiazzi ore deposit; 10—Masiyu ore deposit; 11—Sandaohe ore deposit; 12—Fault and its serial number.

谷十分发育, 沟谷直, 呈线形, 各沟谷旁节理统计结果表明, 均有一组与沟谷方向一致的NW向节理发育, 表明这些被第四系覆盖的沟谷可能隐覆断裂。

1.3 岩浆活动

矿区内主要岩浆活动为燕山期侵入活动。西南部的水胡同花岗岩体是区内最大的岩体, 出露面积约2.4km²。此外还有望头山、天桥沟、杨树沟、广菜沟、梨树沟等小型花岗岩体。平面上它们呈NE向展布。

矿区内岩脉十分发育, 以花岗斑岩脉最为广泛, 多为SN、NNE及NW向, 倾角多近于直立, 长数十米至2 km, 宽数十公分至30m。最为醒目是F₃与F₇之间的六条NNE向左行斜

列的花岗斑岩脉,反映了强烈的左行扭动。其次还发育闪长玢岩脉、煌斑岩脉等。上述不同岩性、不同产状的岩脉分布表明本区岩浆活动的多期性。

1.4 矿脉特征

三家金矿属于含金石英脉型金矿。本区矿脉绝大部分发育于变质岩中,偶见产于花岗岩体内(如水胡同岩体)。其产出有两种形式:一为断层充填的含金石英脉,如F₇、F₁、F₃等断层,矿脉的厚度、Au品位均变化很大,目前只有民采;一为充填剪裂隙的含金石英脉,此类矿脉顶底板平直,厚度及Au品位均较稳定,矿区现有的生产矿均开采此类矿脉。据全区含金石英脉统计结果,全区矿脉主要有两组:一组走向50°—70°,一组走向10°—20°。

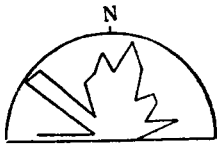


图2 三家金区节理走向玫瑰图

Fig. 2. Joint rosette of the Sanjia gold district.

1.5 节理特征

本区进行了80个观测点、7000余条节理的测量统计。其特征如下:

1. 节理平直、光滑,常见擦痕,延展性好,绝大部分为剪节理。
2. 根据各测点的等密图优选方位得出全区有六组主要节理: NW、NE、NNW、NWW、NNE、NEE等向节理(见图2)。
3. 节理优势方向与区内断层走向、矿脉及岩脉走向、NW向沟谷方向均有很好的 consistency。说明本区节理与断层、矿脉、岩脉、地貌有着密切的成因联系^[1]。节理产状、分布状况是决定区内断层、岩脉、矿脉分布的基础。

2 构造应力场分析

2.1 构造应力场期次及方向: 野外根据大量剪节理统计和分期配套,得出本区中生代有三期构造应力场。第一期为近SN向构造应力场(见图3),第二期为NW-SE向构造应力场,第三期为NE-SW向构造应力场。此外还有铅垂方向构造应力场。

将各测量点所求出的 σ_1 产状作赤平投影,得到全区 σ_1 散点图和等密图(见图4),该图上(除铅垂方向外)很好地反映出全区三个方向最大主应力轴 σ_1 的产状及密度。NW-SE向主应力轴 σ_1 倾角最小,为10°—20°,近SN向 σ_1 倾角40°左右,密级最大,NE-SW向 σ_1 倾角50°,密级最小。

2.2 构造应力相对大小的推测: 根据王维襄、韩玉英(1977)提出在脆性破裂条件下,共轭角(θ)与应力大小有如下关系^[2]:

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{\sigma_c - 2\kappa}{\cos\theta}$$

$$\tau_m = \frac{\sigma_c - 2\kappa}{2\cos\theta}$$

式中 σ_1 、 σ_3 分别为最大、最小主压应力, σ_c 为岩石的抗压强度, κ 为岩石的初始抗剪强度, $\sigma_1 - \sigma_3$ 为差应力, τ_m 为剪应力。本区节理绝大多数是在片麻岩中测得,可视片麻岩为均质体,即片麻岩的 σ_c 和 κ 为某一固定值,这样上述关系式中差应力($\sigma_1 - \sigma_3$)和剪应力(τ_m)

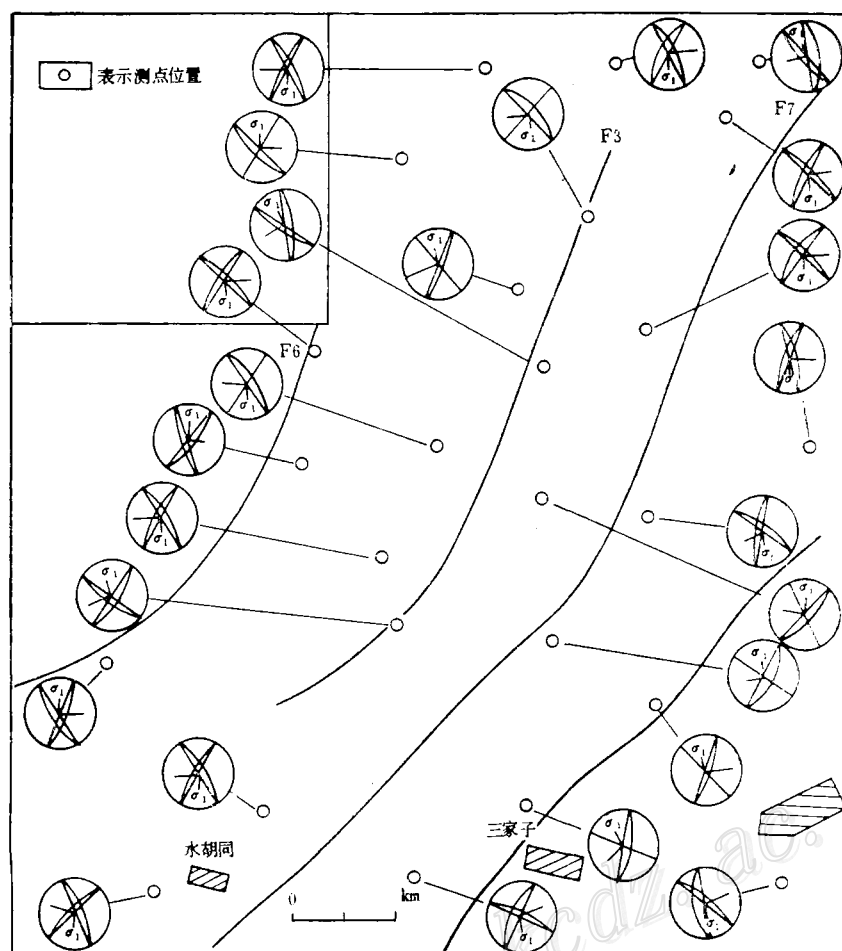
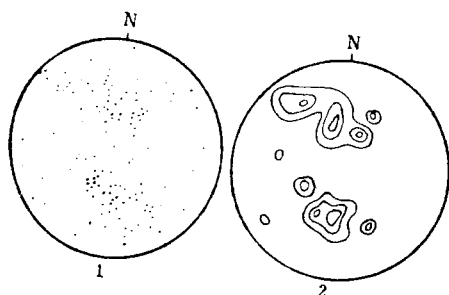


图3 三家金矿区近SN向构造应力场主应力方向图

(小圆圈为测点位置线比例尺同图1)

Fig. 3. Sketch map showing principal stress directions of the nearly SN-trending tectonic stress field.

Small circles stand for localities of measuring points.

图4 三家金矿区各测点 σ_1 方向赤平投影图
1—散点图；2—等密线图Fig. 4. Stereographic projections of σ_1 directions of various measuring points in the Sanjia gold district.

1—Scattergram; 2—Isopycnic diagram.

与共轭角(θ)有正相关关系,即共轭角大,岩石承受的差应力和剪应力就大,因而可以用共轭角(θ)大小变化反映本区构造应力相对大小的变化。

按各测点计算出的同方向构造应力场共轭角(θ)的值编绘成共轭角等值线图(见图5)。从三张构造应力场共轭角等值线图上明显反映出:本区F₇断层分布地带、北部张杖子一带、中部望头山及王家沟一带、东南部三家金矿床一带为高值区,说明这些地段经受的构造应力较大。这些地段也正是含金石英脉富集地带。

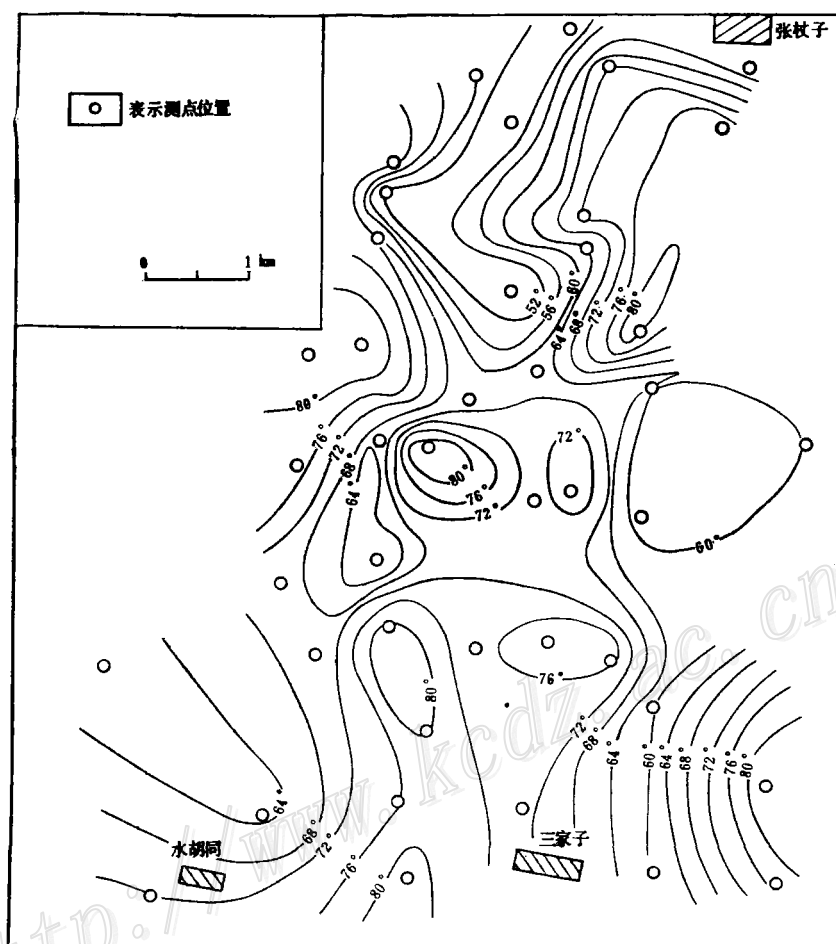


图 5 三家金矿区近SN向构造应力场共轭角等值线图

(小圆圈表示测点位置)

Fig. 5. Contour diagram of conjugate angles in the nearly SN-trending tectonic stress field of the Sanjia gold district.

Small circles stand for localities of measuring points.

3 显微构造与岩组分析

3.1 显微构造

显微构造是岩石在应力作用下,在晶体尺度上所表现出来的各种形变。本次研究中,对

F₇断层的构造岩采集了定向标本,作了镜下薄片观察,发现构造岩中既有丰富的反映岩石塑性变形的石英波状消光、变形纹、博姆纹,也有反映岩石脆性变形的剪破裂、张破裂及碎裂结构。说明变形岩石经受过深、浅多层次的变形。根据x型博姆纹、x型剪破裂及张破裂统计结果,推测构造主应力(σ_1)方向主要有NE及近SN向。

3.2 岩组分析

本次研究中主要采集了F₇、F₈断层构造岩(片麻岩)定向标本、磨制定向水平切片,在费氏台上测石英光轴方位,所测数据用PC-1500计算机绘制岩组图(图6),由岩组图反映出构造岩有以下特征:

1. 组构对称型绝大多数为三斜对称,少数(例如Y₂)为斜方对称,反映了多方向、多性质应力作用的复杂变形,这与F₇断层宏观特征(挤压逆冲、剪切平移性质)是一致的。
2. 岩石组构除一个主极密外,常有多个次极密,而且极密程度较低,最高为4%~5%,反

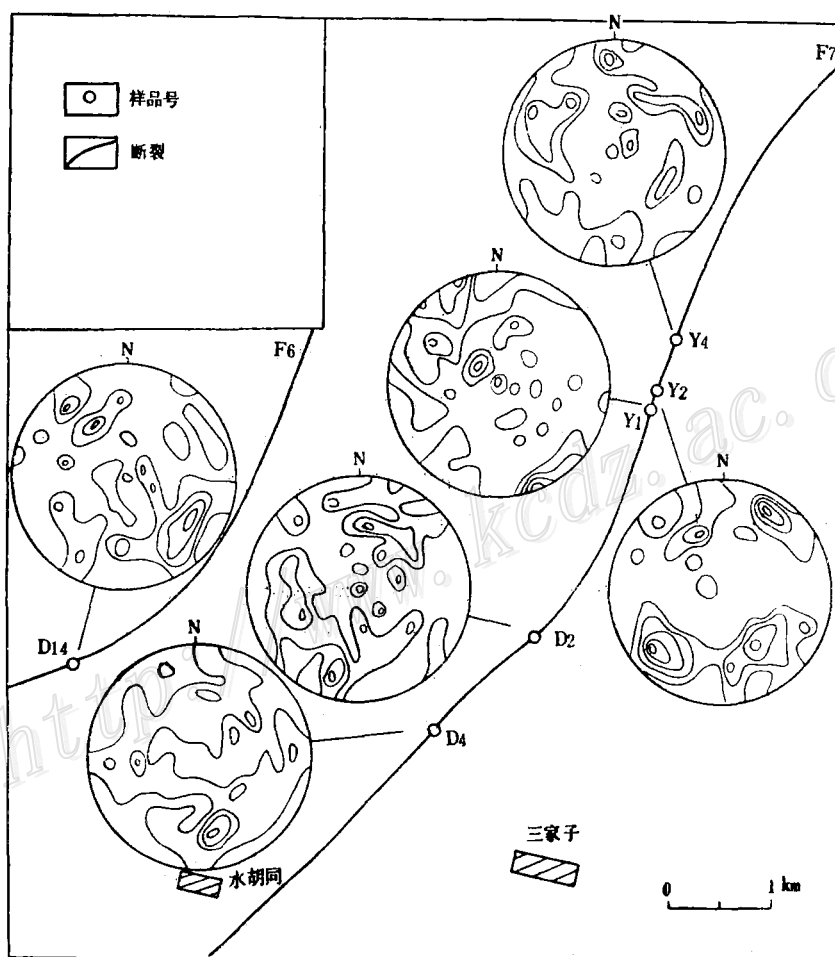


图6 三家金矿区岩组分析采样位置及岩组图

Fig. 6. Sampling locations for petrofabric analysis and petrofabric diagram of the Sanjia gold district.

映出岩石经受了多次变形。

3. 根据变形岩石石英光轴方位与最大主压应力 (σ_1) 方向一致的原则, 按岩组图极密中心产状统计 (表 1) 得出最大主压应力 (σ_1) 方向为 NW、近 SN、NE 向, 次极密也多在这三个方向中。这一结果与前述分析结果相符。

表 1 三家金矿区岩组图动力学解释表

Table 1. Dynamic interpretation of petrofabric diagram of the Sanjia gold district

薄片号	采样位置	极密中心	σ_1 方向
Y ₁	F ₇ 北段	158°∠2°	158°∠2°
Y ₂	F ₇ 北段	230°∠10°	230°∠10°
Y ₄	F ₇ 北段	354°∠10°	354°∠10°
D ₂	F ₇ 中段	200°∠10°	200°∠10°
D ₄	F ₇ 南段	170°∠20°	170°∠20°
D ₁₄	F ₈ 中段	120°∠20°	120°∠20°

3.3 变形岩石磁性组构特征

在构造应力作用下, 岩石内磁性矿物产生定向排列、韧性变形或定向重结晶, 导致岩石产生磁化率各向异性。岩石磁化率各向异性以磁化率椭球体的形状和方向来表示。许多学者的研究已建立起岩石磁化率椭球体 (K) 与应变椭球体 (e) 的关系^[3], 即 $K_{\max} \parallel e_1$, $K_{int} \parallel e_2$, $K_{min} \parallel e_3$ ($e_1 \geq e_2 \geq e_3$, 为主应变轴), 亦即主应力轴 (σ) 与主磁化率轴 (K) 之间有如下关系: $\sigma_1 \parallel K_{min}$, $\sigma_2 \parallel K_{int}$, $\sigma_3 \parallel K_{max}$, 磁面理 (K_{max} 与 K_{int} 组成的面) 平行于最大压性结构面, 最小磁化率轴 (K_{min}) 平行于最大主压应力轴 (σ_1)。

表 2 三家金矿区构造岩磁组构测试成果表

Table 2. Principal magnetic susceptibilities and directions of tectonites from major faults of the Sanjia gold district

标本号	采样位置	磁化率椭球体方位			σ_1 方向
		$K_{\max}$	K_{int}	K_{min}	
D ₁	F ₇ 中段	267°∠44°	31°∠29°	141°∠31°	141°∠31°
D ₂	F ₇ 中段	26°∠74°	221°∠15°	130°∠4°	130°∠4°
D ₄	F ₇ 南段	295°∠9°	32°∠40°	194°∠49°	194°∠49°
D ₁₄	F ₈ 中	250°∠38°	110°∠45°	358°∠21°	358°∠21°
Z ₁	王家沟	81°∠11°	173°∠10°	304°∠75°	304°∠75°
Z ₄	F ₇ 中段	98°∠5°	352°∠71°	189°∠18°	189°∠18°
Y ₁	F ₇ 北段	342°∠50°	248°∠3°	155°∠39°	155°∠39°
Y ₄	F ₇ 北段	237°∠18°	107°∠63°	334°∠19°	334°∠19°

本次研究中对主要断层中采集定向标本，在中国地质大学（北京）古地磁室测得各标本的15个方向磁化率，然后用 PC-1500 计算机处理而得到各标本的主磁化率及方向（表2），结果表明主要断层中构造岩最小磁化率轴方向即最大主压应力（ σ_1 ）方向主要为 NW 向、其次为近 SN 和 NE 向，与前述研究结果基本相符。

4 物、化探资料处理及解译

4.1 航磁资料处理及解译

本次使用冶金部物探公司航测一队1975年测制的《冀东秦唐地区航磁 ΔT 等值线图》（1/5万），用数字化仪在该图上取数据，送入 VAX-780 计算机进行了化极、上延、方向导数等处理。这些处理的目的在于使深、浅两种磁异常分开，便于突出深部或浅部地质因素引起的磁异常。三家金矿区及周围地区磁异常的特征：

1. 沉积岩、花岗岩分布区为负异常，片麻岩分布区为正异常。在上延 1000 米的航磁图上，沉积岩分布区仍有负异常显示，在上延 2000 米的航磁图上仅矿区西侧都山岩体分布区为负异常，而其余地区均为正异常，这说明大部分地区为片麻岩基底，仅矿区西侧为花岗岩基底（图7）。

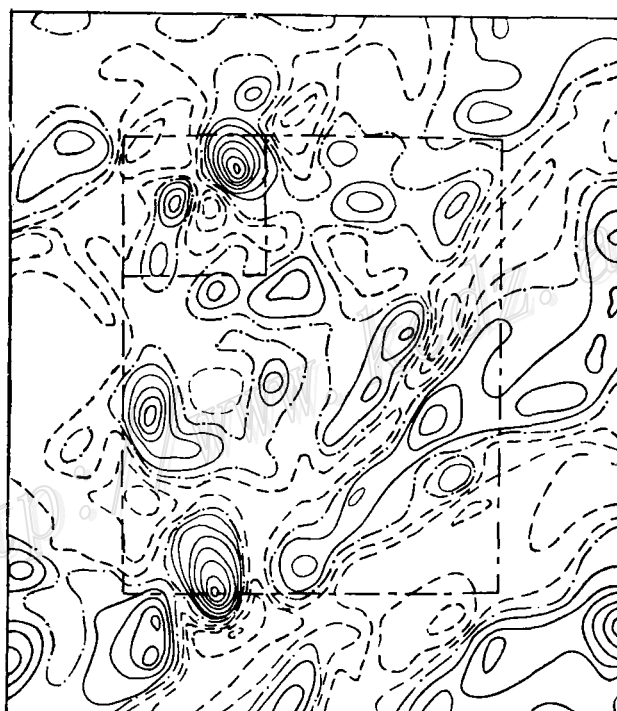


图7 三家金矿区及其周围航磁化极上延250米垂向导数
（实线为正，虚线为负，点划线为0线）

Fig. 7. The Sanjia gold district and neighboring areas, vertical derivative of aeromagnetic anomaly, reduced to the pole, upward continued to 250m.

Solid lines and broken lines represent positive and negative values respectively; dotted-dash lines stand for zero lines.

2. F_7 断层显示为负异常或低正异常带,其东、西两侧磁异常有明显差异,西侧为低的正异常或负异常,且异常变化不均匀,而东侧为较高的正异常,且变化较均匀。表明 F_7 西侧岩浆活动强烈,显示出的小岩体呈NE向分布,与 F_7 断层走向一致(图8)。

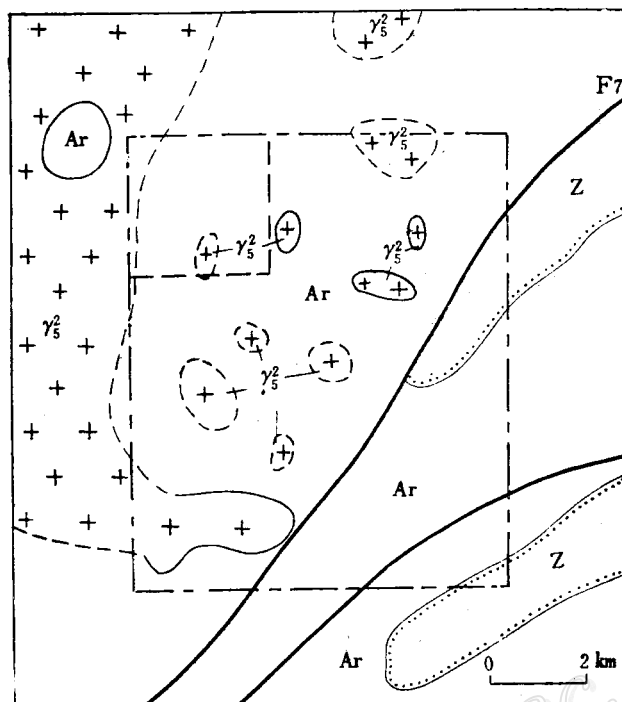


图8 三家金矿区及其周围航磁综合解释图

Z—中、上元古界; Ar—太古界; γ_5^2 —花岗岩(虚线表示隐伏岩体)

Fig. 8. Composite aeromagnetic interpretation map of the Sanjia gold district and neighboring areas.

Z—Middle and Upper Proterozoic; Ar—Archean; γ_5^2 —Granite (broken lines denote concealed rock bodies).

4.2 矿区地化异常特征

本区Au及其伴生元素(Ag、Cu、Pb、Zn、Co、Mo等)的次生晕异常区主要分布于 F_7 断层附近及望头山岩体周围。总体上,异常的分布呈NE向,反映了本区总体的断裂构造方向,同时也说明该方向的断裂构造是本区主要的成矿构造。望头山岩体附近异常呈云团状,反映出望头山岩体在成矿中的重要意义。

5 三家金矿区控矿因素及找矿方向

5.1 控矿因素

本区金矿床属中温热液裂隙充填含金石英脉型矿床,明显受地层、岩浆活动、构造及构造运动的控制。

1. 地层对金矿床的控制 本区太古界片麻岩Au含量达 $30 \times 10^{-3} \sim 40 \times 10^{-3}$, 明显高于地壳平均Au丰度值, 能够为Au的富集提供足够的Au来源。从本区含金石英脉中硫同位素成分测定结果看, $\delta^{34}\text{S}$ 为正向偏离在0.4‰~4.4‰之间, 说明成矿物质来源于深部岩浆源。而本区花岗岩具高硅、富钾钠、贫铁镁的特征, 是深部大陆壳重熔的产物, 因而太古界地层是本区Au矿源层^[4]。

2. 岩浆活动对金矿床的控制 岩浆活动给成矿带来了成矿热液及部分Au, 岩浆侵入过程中提供的热源和热水溶液使片麻岩中的Au活化、迁移、聚集到成矿热液中, 随着热液分异作用的进行, Au逐渐富集, 在有利的构造部位和有利的成矿条件下成矿。此外, 岩浆侵入过程中产生巨大上顶压力, 形成铅垂方向的构造应力场, 使一些产状较陡的断裂面张开, 有利于岩浆和成矿热液运移及充填其中。

3. 构造对矿床的控制 岩浆的侵入、矿液的运移和聚集都是在不同规模的构造空间进行的, 断裂构造对成岩、成矿均起着重要的控制作用。

NNE-NE向断裂是本区导矿构造。从区域上看, 该方向断层十分发育, 规模巨大。矿区内规模最大的断裂 F_7 也是NNE-NE向, 数个小岩体亦呈NE向排列, 推断为隐伏断层控制, 该方向的断层中常发育含金石英脉, 例如 F_7 、 F_1 、 F_3 的局部地段。所以, NNE-NE向断裂是本区导矿构造, 也是重要的容矿构造。

由野外观察确定, 本区容矿构造是矿液充填的剪裂隙。节理和矿脉的大量统计结果表明: 一个矿床的矿脉与该矿床的一组主要剪节理产状一致(表3), 说明本区矿脉受剪节理发育的控制。

表3 三家金矿区各矿床矿脉走向及较发育的一组节理走向统计表

Table 3. Statistics of runs of lodes and strikes of a set of well-developed joints in each ore deposit of the Sanjia gold district

矿床名称	矿脉走向	统计条数	节理走向
兴隆店	$10^\circ \sim 20^\circ$	24	5°
兴隆沟	$60^\circ \sim 70^\circ$	47	60°
望头山	290°	5	320°
王家沟	$30^\circ \sim 70^\circ$	21	50°
马司峪	$10^\circ \sim 20^\circ$	28	0°
三道河	$70^\circ \sim 80^\circ$	12	75°
三家子	$50^\circ \sim 60^\circ$	33	55°

根据共轭剪节理确定本区存在三期构造应力场。第一期近SN向构造应力场是本区最主要的一期构造应力场, 在近SN向构造应力作用下形成了本区NE向主干断裂构造及近SN向花岗岩脉和矿脉。第二期NW-SE向构造应力场使本区NE向断层具有压性特征同时形成本区NW向岩脉。第三期NE-SW向构造应力场形成本区NNE及NEE向矿脉。

剪破裂面产状变化的部位利于成矿, 例如具有左行平移性质的 F_7 断层在马圈子北沟附近走向变化的弧形部位易于形成张性空隙, 从而破碎带变宽且含金石英脉发育。另外, 剪破裂

面倾角由陡变缓部位易形成张性空隙,利于矿脉发育,例如三道河一村办矿浅部矿脉产状 $355^{\circ}\angle 57^{\circ}$,厚度为0.05m,深部产状 $340^{\circ}\angle 30^{\circ}$,厚度达1.70m。

两组断裂交叉的三角形部位利于成矿,例如兴隆沟矿处于NE与SN向断裂交叉的三角形部位。这主要是因为三角形部位的剪裂隙以两断层为自由边界,在平行剪裂隙走向的构造应力作用下更易于张开而为矿液充填。

5.2 三家金矿区找矿方向

1. 找矿依据

地层依据 太古界迁西群片麻岩是本区Au矿源层,矿脉多产于其中。对于元古界沉积岩与片麻岩接触带也应充分注意。

岩浆活动依据 岩体及岩脉发育地段附近是重要的找矿区。

构造依据 有利于成矿的构造部位是重要的找矿依据。这些部位有:断裂面产状变化部位、相交断裂的三角形部位、剪节理产状及频率优势方向地段。局部构造应力场主压应力方向与节理优势方向一致的地段,构造应力相对集中的地段是成矿有利地段。

航磁依据 磁负异常或低正异常区往往是花岗岩体及隐伏花岗岩体的反映,这些地区有利于成矿。

化探依据 Au及其伴生元素(Ag、Cu、Pb、Zn、Co、Mo等)次生晕含量异常是找矿的直接依据。

2. 三家金矿区中值得重视的找矿区

通过野外矿点调查及地层、岩浆活动、构造、航磁资料、化探资料、构造应力场等找矿依据的综合分析,我们认为兴隆店以北地区及王家沟至三家子西沟地段是三家金矿区今后找矿工作中值得重视的地区。

本文是《三家金矿区综合研究》课题的主要部分,是我部与冶金部一公司522队合作进行的。工作中得到522队李再禄队长、张文志总工程师的大力支持,李永柱工程师、林青枚和冀天方同志参加了部分野外工作,在此致以衷心感谢。

参 考 文 献

- 1 翟裕生等,矿田构造与找矿,北京:地质出版社,1981。
- 2 万天丰,古构造应力场,北京:地质出版社,1988。
- 3 贺绍英,岩石磁化率各向异性,北京:地质出版社,1986。
- 4 赵寅震、尚劲力,青龙县及其邻区金矿找矿规律与找矿方向,冶金地质科技,1988(5)

STRUCTURAL STUDIES OF THE SANJIA GOLD DEPOSIT, HEBEI PROVINCE, AND ORE-PROSPECTING DIRECTIONS

Qian Guangmo and Mo Shixu

(Beijing Graduate School, China University of Mining Industry, Beijing)

Abstract

The Sanjia gold deposit in Qinglong County, Hebei Province has an area

of some 55 km². The exposed strata are mainly Archean gneisses with small quantities of Lower Paleozoic strata in the east. In the ore district, NE-trending faults are dominant, dikes are well developed with the distribution of small-sized acid intrusives, and shear joints are ubiquitous.

In the whole area, 81 measuring points have been arranged covering some 5500 joints. From the rose diagram, pole diagram and isopycnic diagram, the conclusion may be drawn that the ore veins and dikes in various parts of the whole area strike parallel to the major joints in wall rocks, and the major faults also strike in the same directions as the major joints across the rocks. It is known that the ore veins, dikes and faults in the ore district are developed on the basis of several sets of principal joints in the whole area.

According to statistics in combination with field observations, the joints have been assigned to various phases and groups, the attitude of triaxial stress at each measuring point has been calculated, and the opinion about three phases of tectonic stress field as well as their sequence has been advanced. Based on characteristics of each phase of tectonic stress field, the formation styles and order of ore veins, dikes and faults in the area have been explained reasonably.

The principal fault— F_1 is controlled by six transverse profiles. From lateral structure, stress field analysis and petrofabric analysis, it is suggested that F_2 was characterized by thrusting at the early stage and by left-lateral translation at the late stage. This implies that F_1 serves as the passage way for ore fluids and the host structure.

In the microscopic aspect, magnetic fabric analysis and petrofabric analysis were performed. The minimum magnetic susceptibility obtained from the former analysis is basically consistent with the direction of the principal compressive stress at the corresponding place. The tectonic mechanical property reflected by the petrofabric diagram based on the latter analysis is also generally in agreement with the conclusion got from field observations.

In the macroscopic aspect, aeromagnetic data were processed, and a conclusion was reached that there exist some differences between the basements on the two sides of F_1 . It is found from the processed aeromagnetic map that NE-trending concealed intrusives are probably present.

Finally, the ore-controlling factors of this area are summarized, the problem of structural ore-control is discussed in detail and, on such a basis, some ore-prospecting directions are given.