

文章编号: 1006-6616 (2001) 03-0245-09

山东阜山金矿区构造应力场及其转化

刘杜娟, 郭 涛, 吕古贤

(中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081)

摘要:在估算了阜山金矿区成岩成矿期的构造差应力值后, 获得约 2km^2 区域内的主压应力和差异应力的空间分布规律。结果表明, 矿体部位往往对应于应力或应变强烈变化的区段, 而非应力或应变的极高值或极低值处。依据应变测量和磁组构分析, 研究了阜山金矿成岩期和成矿期的构造应变场特征, 指出: 阜山金矿在成岩和成矿期间构造应力场经历了由 NE 向挤压转为 NW 向挤压, 构造应力场的这种转化对该区的成矿意义重大。

关键词:阜山金矿区; 构造应力场; 构造应变场; 应力场转化; 界面成矿

中图分类号: P553

文献标识码: A

0 引言

构造力作用于岩石引起岩石变形和相应的相变, 由此引起的岩浆活动及原物质的重新分配导致新的成岩成矿作用^[1, 2]。这些受构造应力作用的岩石能够记录不同时期构造作用力的大小和方向。通过对这些岩石的研究, 以企恢复不同时期的应力场和应变场, 探索成岩成矿特征, 进而为研究构造动力成岩成矿提供基础资料。

在玲珑金矿田阜山金矿区许多科研单位和学者开展了多方面的地质工作, 主要有刘志刚^[3]、姚凤良^[4]、吕古贤^[5-7]以及山东省地质六队、冶勘二队等。刘志刚最早开展玲珑金矿的矿田构造研究, 山东省地质六队和冶勘二队从岩石学、地层学、构造地质学等方面做了大量工作, 冶金部天津地质研究院完成了玲珑矿田 1:1 万地质填图。此后, 吕古贤等在该区进行了持续详实的野外和室内研究工作, 从构造物理化学特征和成矿深度等方面对金矿区进行了探索。然而, 关于构造应力场和应变场方面的研究仍显薄弱, 对成矿动力学方面的探讨也尚嫌不足。

本文在前人工作的基础上, 补充了阜山金矿南部野外地质考察资料, 并对岩石样品进行了详细的实验研究, 试图恢复成岩、成矿期的构造应力场和应变场, 进而探讨它们对成矿的影响。

收稿日期: 2001-04-04

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目《隐伏大矿—巨矿的综合定位方法》(G1999043214); 国家攀登计划预选项目(95-预-39); 国家计委科技找矿项目(JG947110); 国土资源部自由探索项目(992027)

作者简介: 刘杜娟(1973—), 女, 硕士研究生, 构造地质学专业, 从事矿田构造领域的构造物理化学研究。

1 矿区地质特征

阜山金矿区位于玲珑矿田东北部,处于滦家河型中粗粒二长花岗岩体的外接触带。赋矿围岩主要是玲珑型似片麻状黑云母花岗岩,其中零星分布有郭家岭型似斑状花岗闪长岩以及胶东群变质岩残留体。矿区东南部为滦家河型花岗岩。矿化受 NE 向、NNE 向及 NEE 向断裂系统控制。矿体产于九曲蒋家断裂下盘约 0.5Km 的破碎带内(图 1)。该断裂带经历过多次活动,早期为韧性剪切作用,晚期为脆性活动。在矿田内,该断裂矿化蚀变带形成较晚,Rb-Sr 等时线年龄为 $71.89\text{Ma}^{[5]}$ 。

2 构造变形岩相特征

构造变形岩相形迹是反映地壳物质在构造应力作用下形成的地质要素,包括地壳物质结构、组成、物理性质及其形成时的地质构造环境和物理化学环境,可简称为变形岩相^[5,8]。

矿田或矿床构造变形岩相形迹大比例尺填图是调查矿产分布规律的重要手段^[7]。通过这种方法,可以把成岩成矿各阶段所体现出的构造岩石单元区分开来,为恢复变形场和应力场,探讨矿化分布规律,分析流体成矿的构造物理化学过程提供基础地质资料,提高预测隐伏矿区的能力和评价的科学性。

吕古贤等人认为^[9],花岗岩的似片麻理是由黑云母、角闪石及大量呈塑性流动状态的石英定向排列所成,它反映了成岩期构造应力场状况。而黄铁绢英质蚀变岩的构造叶理主要为石英和绢云母颗粒拉长及定向排列的结果,反映了成矿期构造应力场特征。根据变形岩相的蚀变程度本区岩石可以划分为以下几类:未蚀变的重熔花岗岩——滦家河花岗岩和玲珑花岗岩(γ_5^{2-3} 、 γ_5^{2-1})、弱变形蚀变岩(DH₃)、变形蚀变岩(DH₂)和强变形蚀变岩(DH₁)。此外,从九曲蒋家断裂下盘向 NW 方向构造蚀变强度逐渐减弱,矿化类型由黄铁绢英岩型逐渐转变为黄铁石英脉型的分带非常典型(图 1)。

3 构造应变场

3.1 根据变形石英颗粒轴比值估算岩石应变

在阜山金矿区 1.5Km^2 范围内共采集定向标本 11 块,每块标本切制 ac 和 bc 变形面定向薄片,在显微镜下连续测出每块薄片 50 个石英颗粒的长轴和短轴的长度及夹角,然后计算应变椭球轴比和付林参数^[10,11],并将应变椭球投影到构造变形岩相形迹图上(图 1)。

此外,根据应变椭球主平面上的应变轴比,即 R_{XY} 、 R_{YZ} 、 R_{XZ} ($R_{XZ} = R_{XY} \cdot R_{YZ}$),可以获得应变椭球的付林图解(图 2)。

应变测量结果显示:

(1) 区内岩石总体变形比较强,变形轴比 R_{XZ} 大多在 3 以上。变形最强的是绢英岩化花岗岩,其变形轴比平均 3.95;变形较强的是黄铁绢英岩和钾化花岗岩, R_{XZ} 平均为 3.4;玲珑花岗岩次之, R_{XZ} 平均为 3.12;变形最弱的是硅化蚀变岩, R_{XZ} 平均为 2.95。

(2) 研究区付林图解的付林参数 K 值皆小于 1,位于视收缩区,具饼状(扁椭球)。表明数值椭球呈挤压状,反映在成矿过程中构造作用以挤压应变为主,岩石变形较为强烈。这

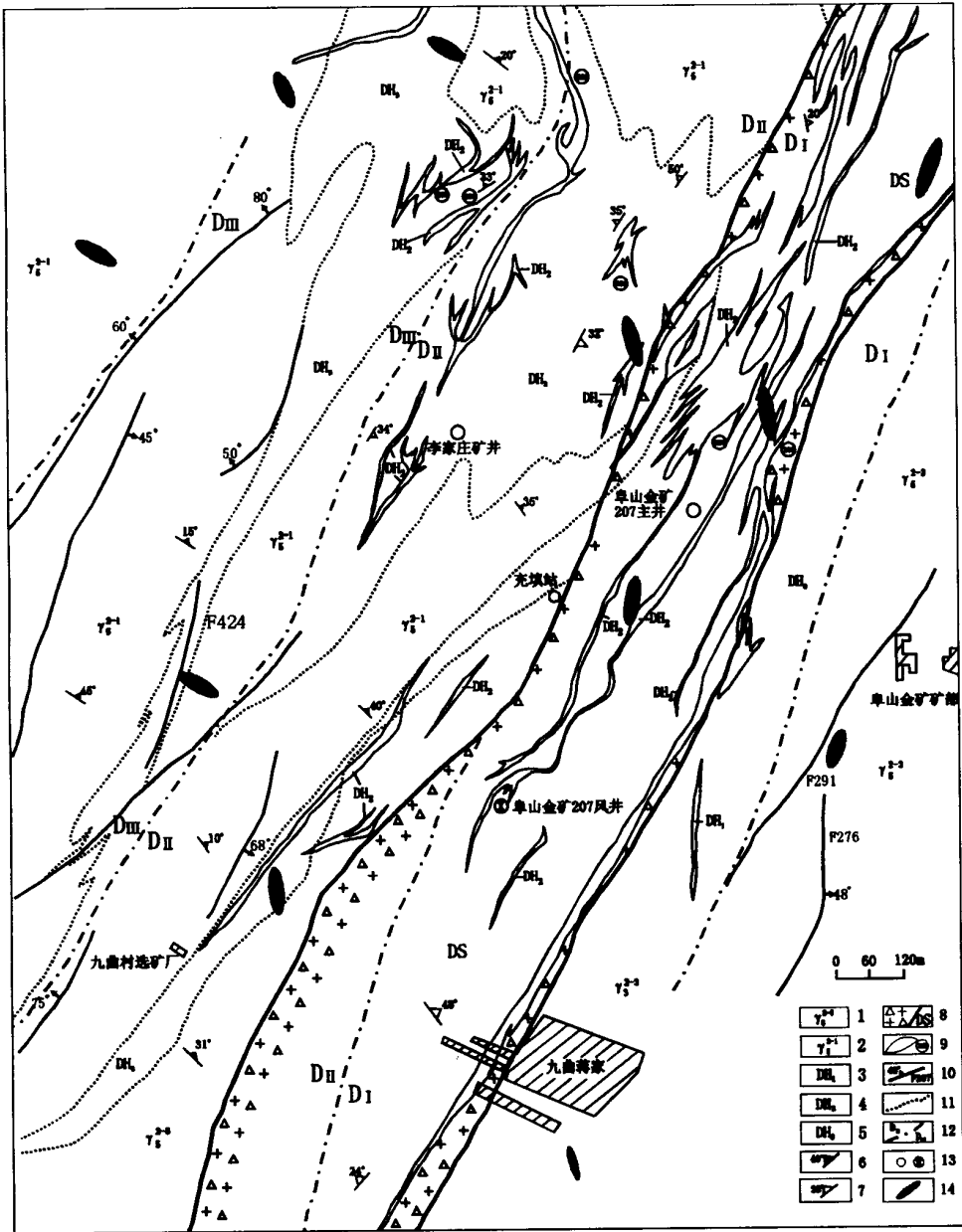


图 1 阜山金矿构造变形岩相形迹图

Fig.1 Geological map of tecton-facies features in Fushan gold field

- 1. 滦家河二长花岗岩； 2. 玲珑黑云母花岗岩； 3. 强变形黄铁绢英岩化蚀变岩； 4. 变形黄铁绢英岩化蚀变岩； 5. 弱变形黄铁绢英岩化蚀变岩； 6. 片麻理产状； 7. 叶理产状； 8. 破碎带； 9. 蚀变岩带及编号； 10. 断裂及产状； 11. 岩性界线； 12. 岩相界线及编号； 13. 主井和风井； 14. 应变椭球平面投影示意

与区域应力场所反映的变形特征相吻合。

(3) 阜山金矿区花岗岩有限应变椭球体长轴方向集中于 NNW 方向, 说明成岩期区域主压应力方向为 NNE 向。代表成矿期的有限应变椭球体长轴方向集中于 NNE—NNW 向, 应变轴较平缓。表示主压应力方向转为近于 EW 方向, 变化于 NEE—NNW 之间, 这与区域及矿田构造研究结果一致^[5]。

3.2 根据磁化率椭球与应变椭球之间的关系估算应变

3.2.1 根据磁化率椭球轴比求应变椭球轴比

岩石应变椭球的 3 个主轴与磁化率椭球的 3 个主轴相互平行, 具共轴关系, 它们的长度之比存在幂指数的关系, 即 $R_i/R_j = (L_i/L_j)^a$ ($i, j = 1, 2, 3$), 式中 R_i, R_j 为相互垂直的主磁化率值, L_i, L_j 为相互垂直的主应变轴长度, a 为幂指数。这是磁组构应用于构造变形研究的基础^[12]。本文依据这种关系来估算本区的岩石应变。式中幂指数 a 依据文献^[13, 14]取值。由磁组构的磁化率椭球轴比 R_1/R_3 (即 P 值) 求得的应变椭球轴比 R_{XZ} 见表 1。

由表中可以看出, 区内岩石总体变形比较强, 应变椭球轴比 R_{XZ} 在 3 以上的是经过蚀变的岩石。其中变形最强的是绢英岩化花岗岩, 较强的是黄铁绢英岩, 最弱的是滦家河花岗岩, 而玲珑花岗岩的变形弱于蚀变岩。这与变形石英颗粒的应变测量结果是一致的。

3.2.2 磁组构参数与构造变形的关系 ① P 参数频谱图。磁各向异性度表示最大、最小磁极化率值的空间变异情况。磁各向异性强度越大, 说明应变、应力强度越大, 但却不一定对成矿越有利。图 3 反映出阜山金矿区磁各向异性度在横向上的变化规律。在 31 勘探线和 61 勘探线, P 值较高, 金品位却比较低, 而具有较低 P 值的 37 线和 49 线的金品位却比较高, 这与矿区已知富集带较为吻合。② 磁组构 P 参数平面分布图。从磁化率各向异性度 P 值的平面分布图 (图 4) 也可以看出同样规律。金矿化比较好的地区都位于

表 1 由磁组构各向异性度 P 值推算的应变 R_{XZ} 值

Table 1 Inferred values of R_{XZ} from susceptibility anisotropy

岩 类	1/a 取值	岩 类 平 均	
		P 值	R_{XZ}
玲珑花岗岩	6	1.1522	2.4299
绢英岩化花岗岩	8	1.1737	4.2749
黄铁绢英岩	7	1.1942	3.7760
滦家河花岗岩	6	1.1270	2.1267

测试单位: 中国地质大学 (北京) 古地磁实验室, 候国良

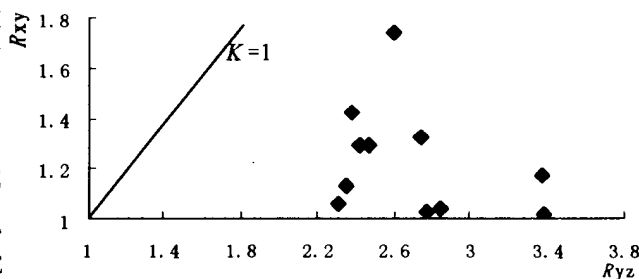


图 2 付林图解

Fig. 2 Diagram of Fry

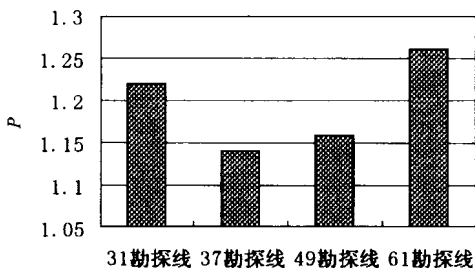


图 3 各勘探线 P 参数频谱图

Fig. 3 Spectroscopic map of P parameter of prospecting lines

P 值低的地区, 即金品位与磁各向异性度呈负相关关系。这表明, 构造带内的含矿热液的蚀变矿化作用对岩石中原有的磁组起到一定的均一化作用, 而热事件后的构造变形又较弱, 所以在矿化带 P 值表现为低值区; 矿化蚀变弱的部位较完整的保留成矿前的磁组。

综合以上应变测量结果, 可得以下几点认识:

(1) 阜山金矿区的蚀变岩和花岗岩普遍遭受了强烈的挤压作用, 岩石的变形强度较大。

(2) 不同构造岩相或岩性的岩石其应变强度和应变特征不同。在本区, 变形最强的是绢英岩化花岗岩, 其次是黄铁绢英岩。玲珑花岗岩和滦家河花岗岩的变形较弱。

(3) 处于不同构造部位的岩石变形程度不同, 靠近九曲蒋家断裂带的蚀变岩和花岗岩的变形程度明显高于远离该断裂带的同种岩石。

(4) 应变与矿化的关系。三维应变测量结果和磁各向异性度分布图都说明了同一个事实: 矿化带并不都是位于岩石发生强烈变形的区域。

(5) 阜山金矿区构造变形场在成矿前为 NNE 向挤压到成矿期转为近 EW 向挤压, 这种转化过程对该区成岩成矿有意义。

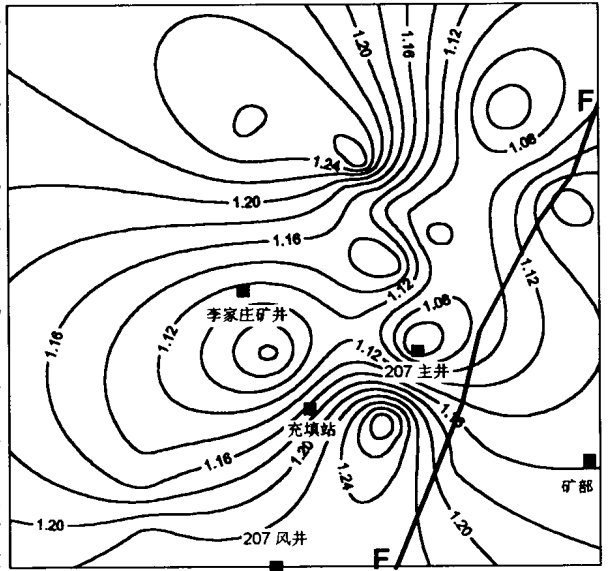


图 4 磁组构 P 参数平面分布图

Fig.4 Contour diagram of susceptibility anisotropy

4 构造应力场的定量解析

4.1 构造差应力值的估算

4.1.1 利用石英动态重结晶颗粒大小估算差应力值 采用交截法亦即 $D = 1.5L/n$ 统计动态重结晶颗粒的大小, 其中 D 为动态重结晶颗粒的平均粒径, L 为随机曲线的总长度, n 为被随机直线所截的颗粒总数, 测量结果见表 2。差应力值主要分布于 $40 \times 10^6 \sim 90 \times 10^6 \text{Pa}$ 。

4.1.2 利用石英自由位错密度估算差应力值 选取阜山金矿区不同地点的样品, 制样后在 H-700 透射电子显微镜下观察, 利用厚度-线条法统计位错密度, 计算出差应力的大小 (表 3), 比用动态重结晶法测算值高, 分布于 $96 \times 10^6 \sim 134 \times 10^6 \text{Pa}$ 。

4.2 构造差应力空间分布规律

由阜山金矿差应力空间分布图 (图 5) 可知:

(1) 钾化花岗岩、细粒花岗岩和片麻状花岗岩的差应力总体偏低, 在 $50 \times 10^6 \sim 80 \times 10^6 \text{Pa}$; 中粒花岗岩最低, 其应力值为 $32.56 \times 10^6 \sim 51.81 \times 10^6 \text{Pa}$; 而黄铁绢英质岩石偏高, 在 $70 \times 10^6 \sim 90 \times 10^6 \text{Pa}$ 。值得注意的是其中一个黄铁绢英岩和硅化蚀变岩应力值较低, 仅在 $45 \times 10^6 \text{Pa}$ 和 $69 \times 10^6 \text{Pa}$ 之间。

表 2 根据石英动态重结晶颗粒估算的差应力值

Table 2 Differential stress values calculated from dynamic recrystallization of quartz

序号	样品号	岩性	粒度/mm	差应力/ 10^6 Pa
1	DF6117G (1)	绢英岩	0.0253	74.42
2	DF6117G (2)		0.0245	75.90
3	DF6120K (1)	黄铁绢英岩	0.0184	92.45
4	DF6120K (2)		0.0067	183.67
5	W9803 (1)	钾化花岗岩	0.0526	45.22
6	W9803 (2)		0.0263	72.33
7	W9817 (1)	细粒钾化花岗岩	0.0208	84.87
8	W9817 (2)		0.0276	70.07
9	W9815 (1)		0.0229	79.50
10	W9815 (2)		0.0347	59.92
11	DF6112 (1)	黄铁绢英岩	0.0430	51.86
12	DF6112 (2)		0.0598	41.44
13	W9818 (1)	细粒钾化花岗岩	0.0373	57.13
14	W9818 (2)		0.0401	54.31
15	DF6144 (1)	中粒花岗岩	0.0430	51.81
16	DF6144 (2)		0.0852	32.56
17	W9808 (1)	钾化花岗岩	0.0208	84.87
18	W9808 (2)		0.0496	47.02
19	W9828 (1)	片麻状花岗岩	0.0375	56.88
20	W9828 (2)		0.0298	66.57
21	DF6130 (1)	硅化蚀变岩	0.0281	69.30

注：差应力值计算公式： $\Delta\sigma = 6.1 \times D^{-0.68}$ 。

表3 根据石英位错密度估算的差应力值

Table 3 Differential stress values calculated from dislocation density in quartz

样号	差应力值/MPa		样号	差应力值/MPa	
	$\sigma_1 - \sigma_3$	$\sigma_2 - \sigma_3$		$\sigma_1 - \sigma_3$	$\sigma_2 - \sigma_3$
DF59102	93.5	89.6	W9817	100	108.1
DF59103	101.6	95.3	W9815	117.9	134.6
DF6134	135.4	127.1	DF6112	130.4	133.4
DF6628	119.2	108.4	W9818	104.9	96.9
DF6117G	125.3	118	DF6144	133.3	141.7
DF6120K	138.8	127.2	W9808	126.7	127.5
W9803	104.2	99	W9828	117.2	128.9

注：1. 差应力值计算公式： $\Delta\sigma = 1.64 \times 10^{-4} \cdot \rho^{0.66}$ ； 2. 测试单位：中国地质大学（北京）透射电镜实验室，曹秀华

(2) 从差应力和矿化关系来看，矿体所处部位往往对应于应力梯度带，而非应力值极高或极低处；应力值过大和过小都不利于成矿。

(3) 在主断裂下盘，随着远离主断面，差异应力值总体呈下降趋势，但其峰值并不出现在主断面附近，而与其有一定的距离。这可能与岩石应变软化有关，是晚期脆性应变叠加在

早期韧性变形之上的结果，反映出应变最强的部位却不是应力的 高值区。

4.3 构造应力场主应力方向的确定

最小磁化率椭球轴代表最大应变压缩轴，也就是最大主压应力方向^[12]。将各样品的最小磁化率轴产状进行统计，并制作玫瑰花图(图 6)，可以看出成岩期最大主压应力方向主要为 N20°~30°E 左右，与区域构造线方向一致；而蚀变成矿期的主压应力为 NW—NNW (330°~340°) 方向，反映了 NNE 方向的断裂与蚀变带发育时的构造状态。

通过对阜山金矿的构造形迹和磁组构的研究表明，阜山金矿花岗岩成岩期主压应力方向为 NNE，成矿期前主压应力方向为 NW。可见，成岩期与成矿期构造应力场方向曾发生较大的变化。这对成矿具有重大意义。

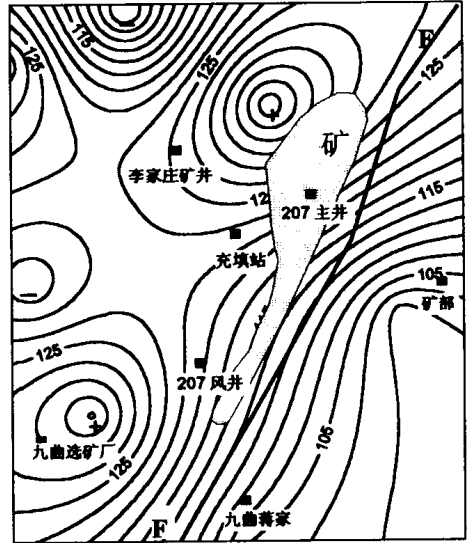


图 5 差异应力等值线图

Fig.5 The contour diagram of differential stress
图中等值线单位：MPa

5 构造应力场转化与界面成矿

对于构造应力场与矿化作用之间的关系，长期以来人们多注意压性、压剪性构造体制的成矿作用，认为成矿作用与大规模剪切带的挤压应力、应变作用有关^[15]。然而，大量的野外证据和实验研究表明^[12,16~19]，矿化富集多是在一种应力较为松弛的环境下进行的，矿化作用和张剪性破裂有着密切的关系，这就为研究构造应力场对成矿的作用提出了新的问题，即热液矿床成矿过程中构造应力场的转化问题。

在野外地质调查和室内测试分析的基础上，得出的阜山金矿应力场和应变场的分布及其变化规律，进一步证实了热液型金矿床的矿化大多数是在构造应力较为松弛的环境下形成的；构造变形岩相形迹的大比例尺填图及测量分析表明，热液金矿成矿早期的热液蚀变矿化作用是在压剪性构造背景下进行的，而主要工业矿化与张剪性破裂即引张构造有着密切的关系；在交代蚀变矿化过程中，构造应力场最大主压应力方向发生近于 90°的转化并且应力值也发生由强到弱的转化^[17]。

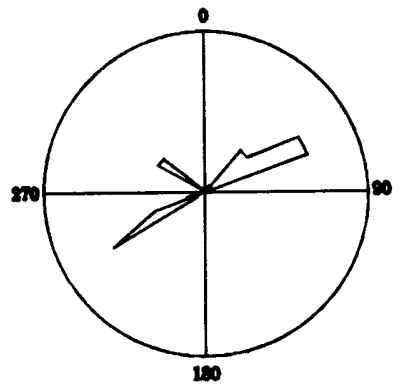


图 6 最小磁化率轴倾向玫瑰花图

Fig.6 Rose diagram of dipangles of minimum susceptibility axes

由于不同时期、不同构造部位的构造应力参数的变化，导致含矿热液的物理化学场的差异，形成不同的构造物理化学界面，从而形成含金矿化热液蚀变与矿化作用^[5,8]。

6 结论

(1) 阜山金矿区显示出构造控制岩相变化和矿床类型。从九曲蒋家断裂带向 NW 方向, 有从黄铁绢英岩型金矿转变为黄铁石英脉型金矿的分带特征, 两带之间为过渡型矿脉。

(2) 矿化带都位于岩石发生强烈变形的区域; 从差应力和矿化关系来看, 矿体赋存部位往往对应于应力强烈变化的梯度带, 而非差应力极高或极低处。

(3) 阜山金矿花岗岩成岩期主压应力方向为 NNE, 而在蚀变成矿期间呈现 NW—NNW 向挤压的应力场转化的特征。

此外, 阜山金矿成矿早期的热液蚀变矿化作用是在压剪性构造背景下进行的, 而主要工业矿化与张剪性破裂即引张构造有着密切的关系; 在热液交代蚀变矿化阶段的演化过程中, 构造应力场最大主压应力方向发生近于正交的转化和应力值由强到弱的变化。这次转化对该区成矿作用有重要影响。构造应力场转化对热液型金矿成矿作用的影响是通过对成矿构造物理化学场的改变而实现的。这方面的研究将在其它的文章中给以报道。

参 考 文 献

- [1] 李四光. 关于地质构造的三个基本概念 [J]. 地质学报, 1953, 23 (4): 233 ~ 260.
- [2] 杨开庆. 关于构造控岩控矿与构造动力成岩成矿问题 [J]. 地质力学论丛第 6 号, 1982. 9 ~ 19.
- [3] 刘志刚. 玲珑金矿田控矿构造研究 [J]. 长春地质学院院报, 1983, (3): 47 ~ 54.
- [4] 姚凤良, 刘连登, 孔庆存, 等. 胶东古北部脉状金矿 [M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 1990. 1 ~ 234.
- [5] 吕古贤, 孔庆存. 胶东玲珑-焦家式金矿地质 [M]. 北京: 科学出版社, 1993. 1 ~ 266.
- [6] 吕古贤. 山东省玲珑金矿田成矿深度的研究与测算 [J]. 科学通报, 1995, 40 (15): 1398 ~ 1402.
- [7] 吕古贤, 郭涛. 阜山金矿区构造变形岩相特征与成矿流体构造物理化学特征研究 [J]. 矿床地质, 1998, 17 (增刊): 939 ~ 942.
- [8] 吕古贤, 林文蔚, 罗元化, 等. 构造物理化学与金矿成矿预测 [M]. 北京: 地质出版社, 1999. 1 ~ 425.
- [9] 吕古贤. 胶东半岛构造—岩相型式及玲珑—焦家式金矿的构造动力成岩成矿地质特征研究 [J]. 中国地质科学院院报, 1991, (23): 65 ~ 80.
- [10] 吕古贤, 孔庆存, 邓军, 等. 山东玲珑和焦家金矿成矿深度研究与测算 [J]. 地质论评, 1996, 42 (6): 550 ~ 559.
- [11] 兰姆赛 J G, 胡伯 M I, 刘瑞 等译. 现代构造地质学方法, 第一卷: 应变分析 [M]. 北京: 地质出版社, 1991. 1 ~ 337.
- [12] 郭武林. 岩石磁化率各向异性及其地质应用 [J]. 国外地质勘测技术, 1984, 3 : 9 ~ 17.
- [13] Rathore J S. The magnetic fabrics of some slates from the Borrowdale volcanic group in the English Lake rocks [J]. Tectonophysics, 1981, 77 : 151 ~ 168.
- [14] 陈柏林, 李中坚, 董法先, 等. 北京怀柔崎峰茶-玻璃庙地区岩石磁组构的研究 [J]. 地球学报, 1997, 18 (2): 134 ~ 141.
- [15] 陈衍景. 准噶尔造山带碰撞造山过程的成矿作用和金等矿床分布规律 [J]. 地质学报, 1996, 70 (3): 253 ~ 261.
- [16] 杨开庆. 构造带的特征与超基性岩体和铬铁矿的分布关系 [J]. 地质力学论丛第 5 号, 1979, 44 ~ 57.
- [17] 吕古贤, 邓军, 郭涛, 等. 玲珑—焦家式金矿构造变形岩相形迹大比例尺填图与构造成矿研究 [J]. 地球学报, 1998, 19 (2): 177 ~ 186.
- [18] 邓军, 方云, 周显强, 等. 山东胶西北金矿成矿构造应力场反演及其控矿作用 [J]. 中国区域地质, 1995, 14 (3): 252 ~ 260.
- [19] 邓军, 吕古贤, 杨立强, 等. 构造应力场转换与界面成矿 [J]. 地球学报, 1999, 19 (3): 244 ~ 250.

THE METALLOGENETIC STRESS FIELD AND RECONSTRUCTION OF DYNAMIC MECHANISM IN FUSHAN GOLD FIELD, SHANDONG

LIU Du-Juan, GUO Tao, LU Gu-xian

(*Institute of Geomechanics, CAGS, Beijing 100081, China*)

Abstract: The space distributions of differential stress and principal stress in Fushan gold field are got from measuring tectonic differential stress value. Results show that the gold orebodies are always located in the areas where the tectonic stress value varies highly, not the minimum or maximum. Based on strain measurement and analysis of susceptibility anisotropy, the tectonic strain fields of the diagenetic and mineralization periods in Fushan gold field are given respectively. There was a transition of stress field from NW trending compression to NE trending compression during mineralization, and the tectonic environment of mineralization was changed from shear-compress to shear-extension.

Key words: Fushan gold field; tectonic stress field; tectonic strain field; transition of stress field; interfacial metallogenesis

吴锡浩同志逝世

我们沉痛宣告：中国地质学会第 35、36 届理事会理事、第四纪地质专业委员会主任，《地质力学学报》编委会委员，中国地质科学院地质力学研究所研究员吴锡浩同志，因病医治无效，于 2001 年 7 月 11 日 13 点 55 分在北京逝世，终年 64 岁。

吴锡浩同志 1937 年 8 月 26 日生于江苏省无锡市。1962 年 9 月毕业于南京大学地理系地貌专业，近 40 年来一直从事地貌、第四纪地质及第四纪冰川的研究工作。

吴锡浩同志在他从事的诸多研究领域做出了开拓性的贡献。多年来，在“黄土与古季风”研究中，他参与并提出解释东亚自然环境变迁的“季风控制论”；在“黄土、第四纪地质、全球变化”研究中积累了较丰富的理论知识和实践经验；在第四纪构造和第四纪冰期研究的基础上，首先提出构造气候旋回理论，并致力于把构造气候旋回、冰期气候旋回和季风气候旋回与中国表层系统巨变研究紧密结合起来，以揭示第四纪以来中国自然环境的时空演变过程。同时，他还进行了湖泊与第四纪冰川研究，发表论文近百篇，专著近 10 部。其中，“黄土与古季风”研究成果获得 1993 年度陕西省科技进步一等奖；“东亚古季风”获中国科学院 1997 年度自然科学奖一等奖；“中国黄土与东亚古季风”获 1998 年国家自然科学奖三等奖。

吴锡浩同志是我国第四纪地质、地貌与环境研究领域具有独到见地的科学家，是有创新精神和丰硕成果的学者。他毕生追求真理，勤奋工作，严谨治学，诲人不倦，严于律己，宽以待人，淡泊名利，一生清廉，为我们树立了榜样。他的不幸逝世，是我国第四纪地质界的重大损失，我们为失去这样一位好同志感到万分悲痛。

吴锡浩同志安息吧！

中国地质科学院地质力学研究所
中国地质学会第四纪地质专业委员会
二〇〇一年七月十五日