

山东招远市前孙家金矿构造控矿 规律和构造地球化学找矿

钱建平¹, 孙涛^{1,2}, 陈宏毅¹, 王自国^{1,3}

(1. 桂林理工大学地球科学学院, 桂林 541004;

2. 山东招远市灵山金矿, 招远市 265400; 3. 江苏煤炭地质局, 南京 210046)

[摘要]通过对前孙家金矿矿区构造控矿规律研究可知, 本区控矿构造型式为成矿前北东向压扭性断裂构造系统中构造透镜体四周的环边式“X”型断裂, 控矿构造具有北北东向、近南北向的优选性, 成矿期的构造应力场表现为左旋斜滑运动, 主断裂带上的南西向侧伏构造控制了矿体延深。矿区成矿元素组合为 Au、Ag、As、Co、Mo、Sn。构造地球化学高值带具有与矿体侧伏方向的一致性。根据控矿构造型式、矿体产出规律、成矿期构造应力场分析和数值模拟以及 Au 构造地球化学异常和成矿因子得分等值线图等方面成果综合分析, 提出矿区下一步找矿有利地段有三处: 4 号脉的南西深部、2 号脉的南西深部和新 1 号脉西侧。

[关键词]控矿构造型式 构造控矿规律 成矿期构造应力场 构造地球化学找矿 金矿

[中图分类号] P618.51+P613 **[文献标识码]** A

[文章编号] 0459-5331(2010)01-0010-10

Qian Jian-ping, Sun Tao, Chen Hong-yi, Wang Zi-guo. Structural ore-controlling regularity and tectonic geochemical exploration in Qiansunjia gold deposit in Zhaoyuan city, Shandong [J]. *Geology and Exploration*, 2010, 46(1): 0010-0019.

无论地质找矿技术手段如何发展, 成矿构造分析都是成矿预测的最基本、最经济、却行之有效的方法手段。成矿构造的研究历来受到国内外地质工作者的广泛重视(陈国达等, 1978, 1991; 张湘炳, 1982; 曾庆丰, 1986; Ф. И. 沃尔弗松等, 1989; 翟裕生等, 1993, 2002; 吴淦国, 1998; 彭恩生等, 2000; 陈广浩等, 2002)。在成矿构造分析的基础上, 再辅以地球化学找矿研究是已知矿区深部找矿的常用方法, 也是矿区构造地球化学方法找矿的基本思路(钱建平等, 1998, 1999, 2008, 2009)。金华山—洼孙家断裂是位于焦家断裂与灵北断裂之间一条重要的区域性断裂, 在此断裂带上分布了洼孙家金矿、后孙家金矿、前孙家金矿和金华山金矿等一系列金矿床(图1)(钱建平等, 2009)。但前人仅对洼孙家金矿、后孙家金矿做过部分工作(俞广钧等, 1992; 王翠芝等, 2001), 而前孙家金矿和金华山金矿迄今未见有关文献发表。本文作者近年应前孙家金矿和金华山金矿邀请, 先后开展了两个矿区的深部找矿研究项目。本文试图在对前孙家矿区构造控矿规律系统研

究和总结的基础上, 进而开展构造地球化学找矿研究, 为矿区深部成矿预测提供可靠的依据。

1 矿区地质

前孙家金矿矿区出露地层简单, 主要为胶东群富阳组和第四系。胶东群富阳组岩性主要为混合岩化斜长角闪岩、黑云变粒岩及黑云母斜长片麻岩, 且多以残留体形式出现。

矿区构造主要有前孙家—洼孙家主干断裂及其两侧的次级断裂。前孙家—洼孙家主干断裂位于焦家断裂与灵北断裂之间(图1)。断裂延长 12 km, 宽 0.5 ~ 20 m, 走向北东 40°, 倾向南东, 平均倾角 72°。该断裂南北两段发育于玲珑花岗岩之中, 中间地段切割郭家岭花岗闪长岩。

断裂带由绢英岩化花岗质碎裂岩、断层泥(宽 5 ~ 10 cm)、角砾岩、绢英岩和含石英脉等组成。断裂带连续而稳定, 主裂面呈舒缓波状弯曲, 见有斜冲擦痕。沿走向及倾向均有明显膨胀夹缩、分支复

[收稿日期] 2009-09-25; **[修订日期]** 2009-11-12; **[责任编辑]** 陈喜峰。

[基金项目] 有色及贵金属隐伏矿床勘查教育部工程研究中心, 广西地质工程中心重点实验室和中国科学院地球化学研究所矿床地球化学国家重点实验室资助开放基金(200913)资助。

[作者简介] 钱建平(1953年—), 男, 教授, 长期从事构造地质和地球化学教学与科研。

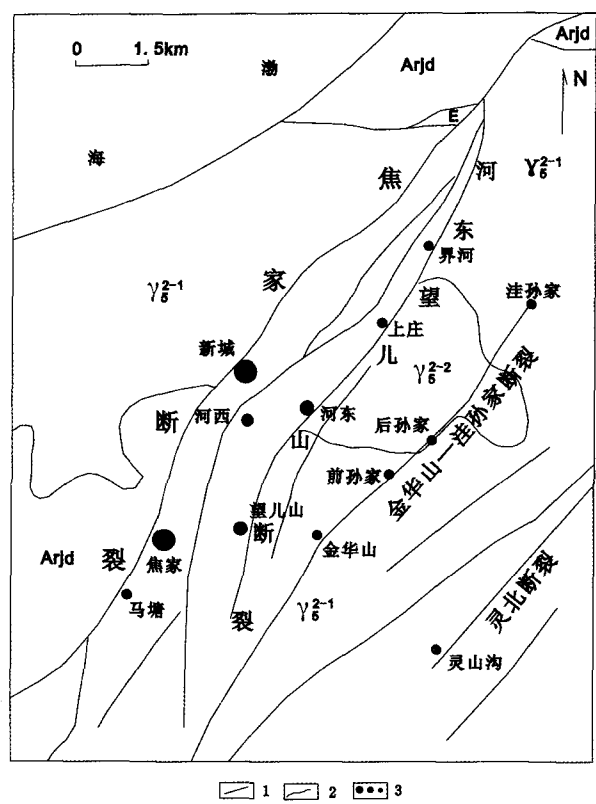


图1 胶东西北部区域构造地质略图
(据山东地质六队资料修编)

Fig.1 Regional tectonic map of northwest Jiaodong
Arjd-太古宙; γ_5^{2-1} -玲珑花岗岩; γ_5^{2-2} -郭家岭花岗闪长岩;
1-断裂; 2-地质界线; 3-矿床(特大型、大型、中小型)
Arjd-Archean; γ_5^{2-1} -linglong granite; γ_5^{2-2} -Guojialing granodiorite; 1-fault; 2-geological boundary; 3-deposit (oversize, large, middle-small)

合现象。该断裂多期次继承性活动比较明显,从其构造形迹分析,属压扭性断裂,含矿热液沿断裂上升,充填交代构造岩,形成含矿蚀变带,其中赋存着多个透镜状金矿体。

次级断裂主要有两组:一组走向 NEE,倾向多为 NW,倾角 $45^{\circ} \sim 75^{\circ}$,与主断裂夹角约 $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$,控制长度 100 ~ 300m,宽约 0.4 ~ 2.0m,可见断层泥和断层角砾。断裂沿走向呈舒缓波状,膨胀夹缩明显,为压扭性。该组断裂内多有蚀变及矿化,个别断裂内有较富的工业矿体。一组走向近 SN 或 NNE,倾向西或东,倾角 $70^{\circ} \sim 80^{\circ}$,这组断裂多与主断裂有 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 的夹角,走向长 50 ~ 100m,宽 0.4 ~ 1.2m,局部有断层泥和断层角砾,断裂面形状不规则,呈锯齿状,在与主断裂相交处多有矿化,断裂多为张扭性。该断裂在形成后多被脉岩充填或发生矿化,是与成矿关系较密切的一组断裂。

矿区岩浆岩可分为两种不同类型,即玲珑花岗岩(γ_5^{2-1})和郭家岭花岗闪长岩(γ_5^{2-2}),两者均为燕山早期岩体,郭家岭岩体相对较晚,二者呈侵入接触或渐变过渡关系。在研究区内以玲珑花岗岩为主,郭家岭花岗闪长岩隐伏在深部,在井下可见两岩体的接触带。

2 矿床地质

2.1 矿体产出特征

矿区主要有 2 号脉、4 号脉、9 号脉、1 号脉、新 1 号脉等(图 2)。

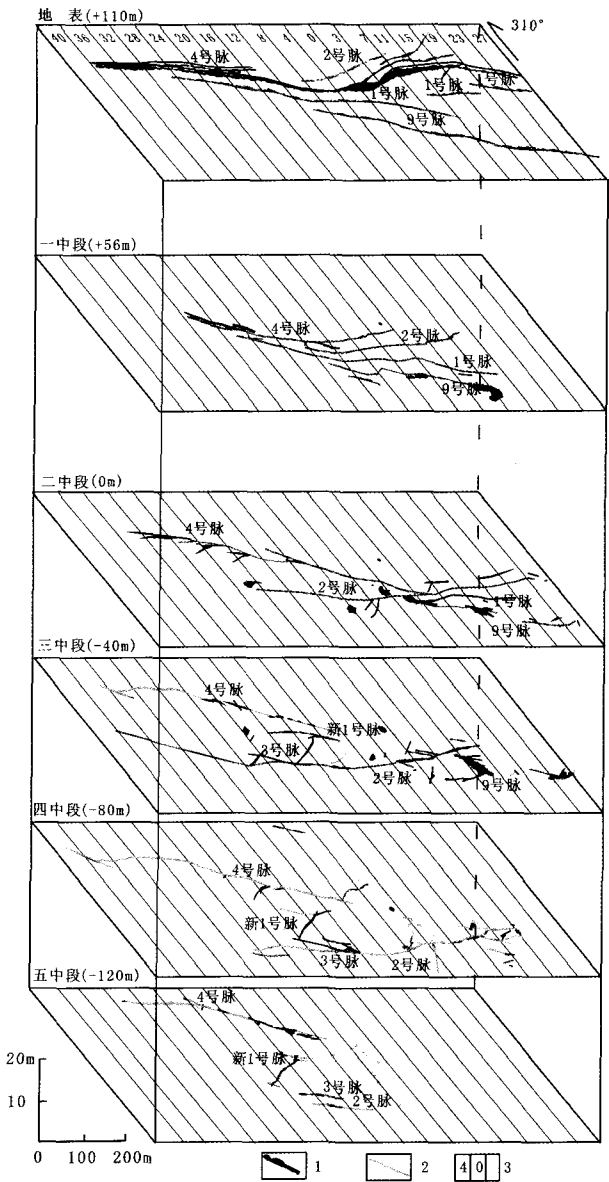


图2 前孙家矿区中段立体图
Fig.2 Stereogram of Qiansunjia mine

1-矿体; 2-石英脉; 3-勘探线及编号
1-orebody; 2-quartz vein; 3-prospecting line and number

2号脉赋存在前孙家-洼孙家主断裂破碎带上,走向NE30°,倾向SE,倾角65°~75°,矿体在二中段以上12~19线间矿化较好。矿体呈脉状,走向长可达120m,水平厚0.4~1.5m。二中段以下矿化变弱,分布于20~24线、12~16线、8~12线及7~15线间,多呈透镜状,矿体走向长约15~60m,水平厚0.4~1.5m,矿体的品位、规模都比浅部要小。

4号脉主要位于2号脉西侧,分布在8~36线,走向NE40~55°,倾向NW,倾角55°~72°。主矿体呈脉状,走向长约220m,水平厚度0.5~2.0m。其他的小矿体呈透镜状,走向长15~40m,水平厚度在1.2m左右。

9号脉主要位于2号脉东侧,矿脉走向NE60°左右,倾向NW。沿走向近等间距分布三个主要矿体,分别在3~7线、11~15线及23线~27线。单个矿体呈囊状、不规则状,空间上呈柱状,与断裂破碎带关系不明显,三个矿体在走向上呈串珠状排列,矿体一般厚约10~15m,长25~30m。由图2不难看出,前人一分为二的4号脉与9号脉无论走向或倾向均相似,实质上应属受同一条断裂控制。

1号脉主要赋存在二中段以上,位于2号脉和9号脉之间,走向45°左右,倾向南东,局部北西,倾角76~85°,地表出露长800m,宽0.5~2m。

新1号脉是在二中段以下发现的一个盲矿体,其位于2号脉和4号脉之间,走向近SN,倾向西,倾角较陡,在72°~78°之间。矿脉走向长55m,水平厚0.3~1.7m,呈长透镜状。

2.2 矿石特征

矿石的结构主要为自形粒状结构、自形-半自形粒状结构,次为它形粒状结构、交代结构、骸晶结构、压碎

结构、乳滴状结构、包含结构、共结边结构等。

矿石构造主要有块状构造、浸染状构造、脉状构造,其次为斑点状构造、角砾状构造等。

矿石矿物成分分金属矿物和脉石矿物两大类。金属矿物以银金矿为主,自然金不见或很少;主要金属矿物为黄铁矿,次要金属矿物有黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等,其中黄铁矿是主要的载金矿物,具有强烈的破碎特征。黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等硫化物以不规则形状赋存于黄铁矿内部裂隙或单独分布于脉石中。脉石矿物主要有石英、钾长石、斜长石、绢云母、普通角闪石、方解石等。

矿区主要的蚀变类型有钾化、绢英岩化、硅化、碳酸盐化等。

3 构造控矿规律

3.1 控矿构造型式

在平面上,2号脉与4~9号脉走向呈小角度相交,构成“X”型构造;在剖面上,2号脉与4~9号脉倾向相反,亦构成“X”型构造。综合平面和剖面资料分析,其在三维空间上当属交迹向北东陡倾斜的“X”型构造,鉴于二者断裂呈小角度相交,断面均呈舒缓波状,带内劈理、构造透镜体发育,加之夹于其间的1号脉、新1号脉亦呈舒缓波状,因此可以确定,矿区控矿构造型式属成矿前形成的北东向压扭性断裂构造系统中构造透镜体四周的似网格状环边式“X”型断裂(图3)。

3.2 构造控矿方向的优选性

对前孙家金矿含矿断裂裂隙统计分析,含矿裂隙的优势走向为北北东向和近南北向,多倾向北西西或西,部分倾向南东,倾角多很陡(图4-a、图4-b)。含矿裂隙极点等密度图所示,含矿裂隙最主要的优势倾

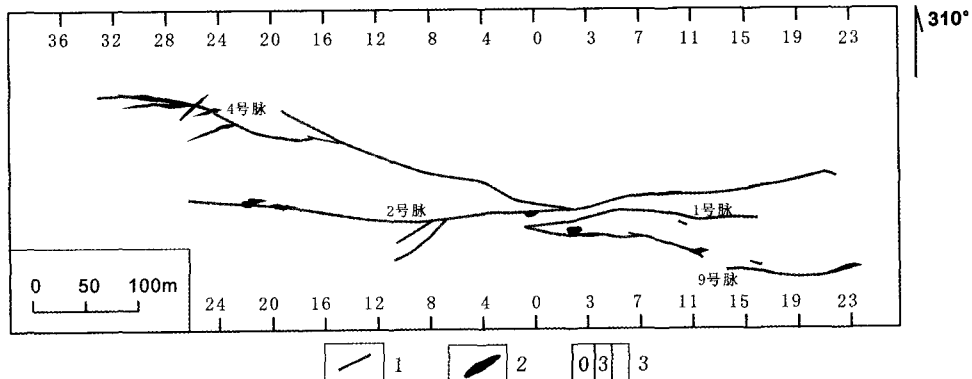


图3 前孙家矿区二中段(0m)矿体分布图

Fig.3 Orebody distribution on level 0m in Qiansunjia mine

1-断裂;2-矿体;3-勘探线及编号

1-fault;2-orebody;3-prospecting line and number

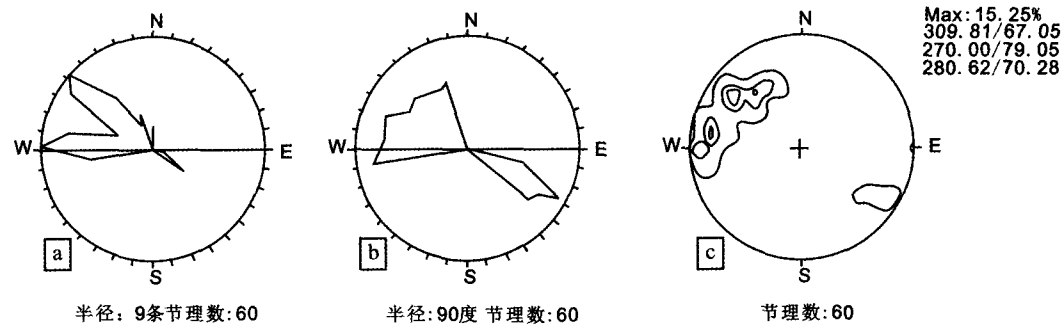


图4 前孙家矿区含矿裂隙玫瑰花图和极点等密度图

Fig.4 Rose diagram and pole contour diagram of ore bearing fractures in Qiansunjia mine

a-含矿裂隙倾向玫瑰花图;b-含矿裂隙倾角玫瑰花图;c-含矿裂隙极点等密度图

a-rose diagram of tendency of ore bearing fractures; b-rose diagram of angle of ore bearing fractures;c-contour diagram of pole of ore bearing fractures

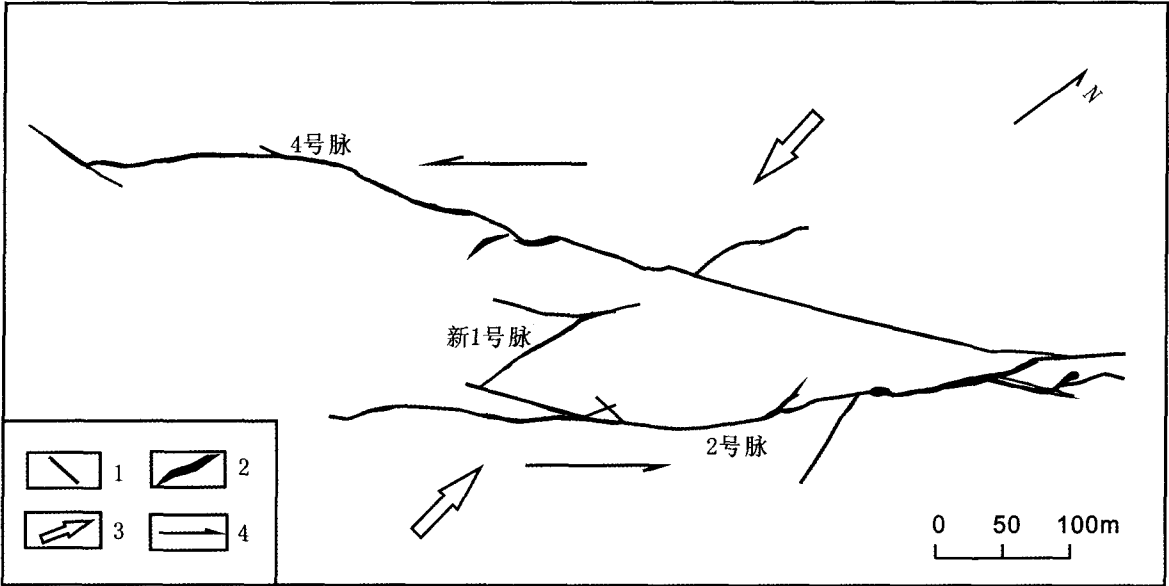


图5 前孙家金矿断层应力分析示意图

Fig.5 The schematic diagram of stress analysis of fault in Qiansunjia gold mine

1-断裂;2-矿体;3-受力方向;4-断层运动方向

1-fault;2-orebody;3-stress direction;4-moving direction of fault

向为309°,倾角为67°,其次倾向为270°,倾角为79°(图4-c)。

矿区成矿构造的优势方位呈NNE向和近SN向,仔细分析可分为三种情况:

其一是主干压扭性断裂舒缓波状由北东转为北北东的走向变化处;

其二是主干压扭性断裂旁侧的北北东分支断裂处;

二者均是主干压扭性断裂系统在走向滑动过程中产生的局部引张扩容空间。

其三是大型构造透镜体构造中的次级构造透镜体的环边断裂,如1号脉、新1号脉。

所有这些容矿断裂都显示,成矿期的构造应力场表现为左旋剪切作用(图5)。

3.3 主断裂带上的南西向侧伏构造控矿

作矿体纵剖面图分析,矿区2号脉、4号脉均有向南西侧伏的规律,其中2号脉侧伏角约80°,4号脉侧伏角约为45°。矿体这种向南西侧伏的规律与成矿期构造应力场的压扭性特征一致,控矿断裂运动学特征相应地表现为左旋斜滑运动,其中4号脉-9号脉断裂表

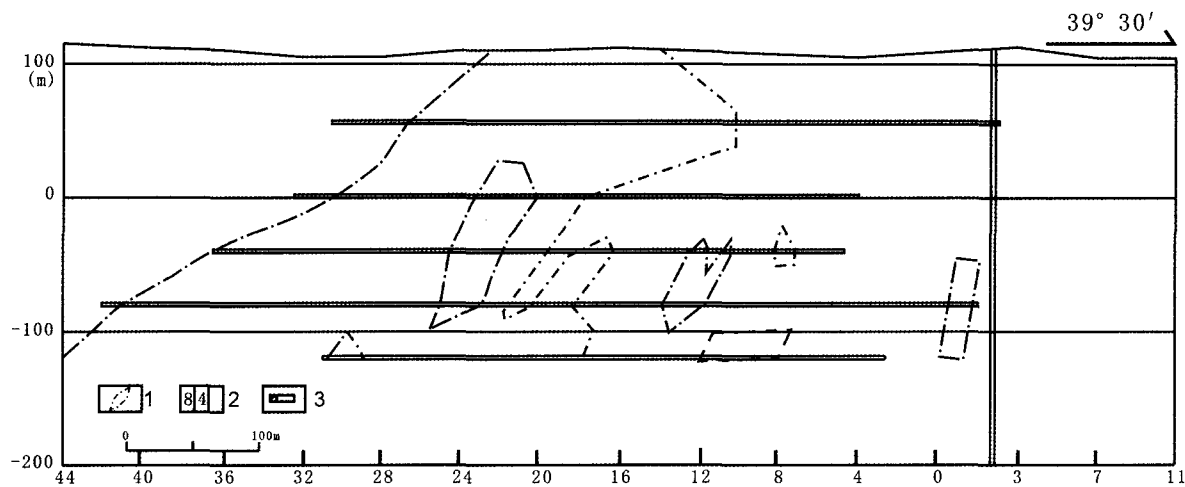


图 6 前孙家矿区 4 号脉垂直纵投影图

Fig.6 Vertical projection map of vein No.4 in Qiansunja mine

1-矿体;2-勘探线及编号;3-井巷工程

1-orebody;2-prospecting line and number;3-adit and shaft engineering

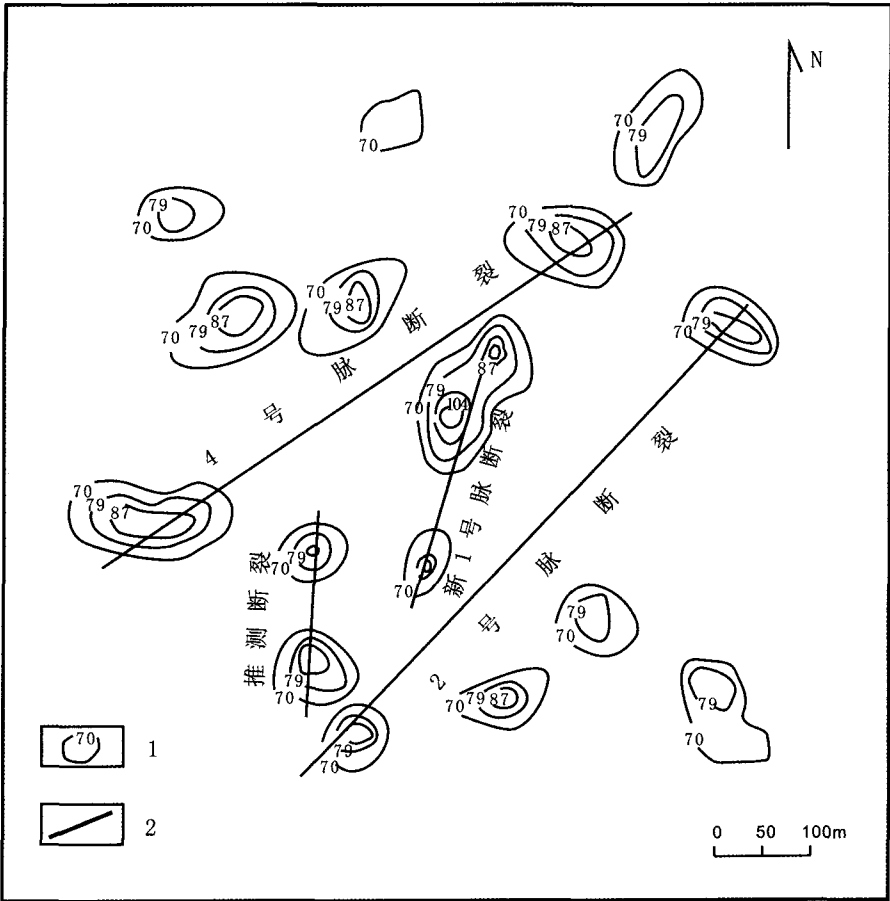


图 7 前孙家金矿区成矿期最大张应力分布图

Fig.7 The largest tensile stress distribution map of mineralization

period in Qiansunja gold mine

1-应力等值线;2-断裂

1-stress contour;2-fault

现为左旋斜落断层,2号脉断裂表现为左旋斜冲断层。

4 成矿期构造应力场有限元数值模拟

4.1 边界条件的确定

实验边界条件的确定一般要考虑研究对象的范围和边界四周的地质情况,通常取断层面、岩体接触界面和不整合面等天然界面作为边界,也可以以任一界面作为边界(姜喜荣等,1995)。根据前孙家金矿成矿前构造的特征,实验模型东、西、南、北各选一任意界面为边界。使南、西两边固定,在北、东两边的边界上相对加力,为使模型不发生刚体位移,在西南角加一固定约束。

基于 ALGOR 有限元数值模拟软件平台对成矿期构造应力场进行数值模拟,得出成矿期最大张应力分布图(图7)。

4.2 模拟实验结果分析

由前孙家金矿区成矿期最大张应力分布图(图7)可以看出,在2号脉断裂与4号脉断裂之间,部分

应力集中区位于新1号脉附近,与新1号脉基本吻合;部分张应力集中区位于新1号脉西侧,其走向大致呈近SN,其可能预示未知脉体出现的部位。

5 构造地球化学找矿研究

对矿区井下矿体、断层构造岩、劈理化带、破碎带、蚀变带和石英脉等系统地进行构造地球化学取样,测试 Au、Ag、As、Sb、Cu、Pb、Zn、Bi、Mo、Sn、Mn、Cr、V、Ti、Co、Ni、Sr、Ba、Rb19个元素,以便确定成矿元素组合和元素分带,并分别圈定成矿元素、成矿元素组合以及矿化因子等值线图进行分析对比。

5.1 金元素的地球化学等值线图

成矿元素的含量分布趋势可以直接反映矿化的特征。以4号脉为代表作金元素地球化学等值线图(图8)。从图8可以看出,4号脉的Au元素地球化学高值带分布比较连续,随着深度的增加,出现多个与主矿脉平行排列的高值带,且高值带有向南西侧伏的规律。

表1 前孙家金矿4号脉R型因子分析正交(旋转)因子载荷矩阵(N=129)
Table 1 Rotated component matrix of vein No.4 in Qiansunjia gold mine (N=129)

元素	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Cu	0.268	-0.047	0.041	-0.112	0.870	0.059	-0.014	0.123
Pb	0.202	0.009	0.902	0.066	0.215	-0.096	0.016	-0.002
Mn	-0.046	0.255	-0.027	0.079	0.037	-0.001	0.086	0.905
Cr	-0.005	0.838	0.078	0.093	0.029	-0.102	-0.017	0.186
Ni	0.326	0.840	0.007	0.169	-0.076	0.001	0.032	0.032
Mo	0.505	-0.195	0.125	0.514	-0.185	-0.116	0.225	0.015
Sn	0.699	0.278	0.084	0.222	0.078	-0.196	0.044	-0.064
V	0.111	0.590	-0.134	0.643	0.094	0.023	-0.004	0.106
Ag	0.822	-0.054	0.313	-0.027	0.134	-0.018	-0.017	0.017
Ti	0.051	0.359	0.023	0.826	-0.112	0.157	-0.008	0.050
Zn	-0.081	0.048	0.512	0.035	0.711	-0.052	0.168	-0.097
Co	0.777	0.375	0.119	0.065	-0.147	0.051	-0.003	-0.113
Ba	-0.109	-0.218	-0.158	0.165	0.198	0.733	-0.103	0.391
Rb	-0.354	-0.115	-0.097	0.390	0.176	-0.490	-0.325	0.190
Sr	-0.438	0.010	-0.078	0.063	-0.061	0.753	0.019	-0.190
As	0.687	0.072	0.092	0.227	0.216	-0.186	0.338	-0.075
Sb	0.144	-0.006	0.001	0.022	0.069	0.011	0.927	0.083
Bi	0.437	0.050	0.789	-0.099	-0.004	-0.036	-0.026	-0.036
Au	0.814	0.043	0.115	-0.097	0.111	-0.094	0.100	0.061
方差贡献	3.942	2.285	1.923	1.731	1.557	1.497	1.191	1.154
累计方差贡献	20.745	32.773	42.893	52.002	60.198	68.074	74.341	80.414

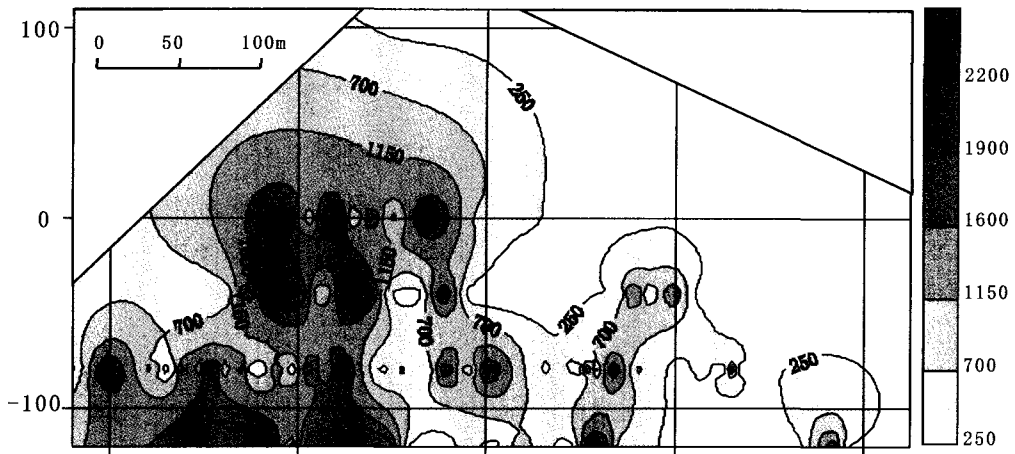


图8 前孙家金矿4号脉 Au 元素构造地球化学分布图

Fig. 8 Tectonic geochemical distribution map of Au of vein No. 4 in Qiansunjia gold mine

5.2 成矿因子得分等值线图

因子分析是以各种变量原始数据的相关关系为基础,通过数学方法将许多彼此间具有错综复杂关系的现象归结为几个因子,以较少的几个因子反映原资料的大部分信息。它能归纳和提炼元素组合,并可以通过元素组合特征推算、解释成矿过程和成矿元素的迁移、富集变化,划分成矿阶段,确定成矿物质来源(曹新志等,2005)。

通过对4号脉129个样品运用SPSS软件作因子分析,以累计方差贡献80.41%为界,可得8个因子(表1)。第一因子(F1):Au、Ag、As、Co、Mo、Sn,为金主成矿阶段元素组合;第二因子(F2):Cr、Ni、(V)、第四因子(F4):V、Ti、Mo为胶东群变质岩元素组合;第三因子(F3):Pb、(Zn)、Bi,为铅锌铋硫化物阶段元素组合;第五因子(F5):Cu、Zn为铜锌硫化物阶段的元素组合;第六因子(F6):Ba、Sr、(Rb)为花岗岩和花岗闪长岩特征元素组合;第七因子(F7):Sb;第八因子(F8):Mn。因子分析显示本区具有多个成矿阶段叠加,但从因子载荷分析,金的主要成矿阶段为Au、Ag、As、Co、Mo、Sn元素沉淀阶段。

作因子得分等值线图(图9),可看出如下规律:

1. 与4号脉向南西侧伏特征一致,第一因子Au、Ag、As、Co、Mo、Sn得分等值线高值带亦明显向南西侧伏,且向上出现多个分支。

2. 与金元素等值线图特征一致,在纵剖面上,主要成矿元素组合F1(Au、Bi、As、Co、Ag、Sn)得分等值线的高值带地表未出露,向下并未封闭,说明4号脉南西深部仍有较大延伸。

3. 在纵剖面上,由深至浅,成矿元素组合依次有Pb、(Zn)、Bi→Cu、Zn→Au、Ag、As、Co、Mo、Sn。反映本次成矿阶段依次有含Au、Ag、As、Co、Mo、Sn热液矿化→含Cu、Zn热液矿化→含Pb、(Zn)、Bi热液矿化的成矿能量逐渐衰减过程。

6 成矿预测

通过对控矿构造型式、矿体的产出规律、成矿期构造应力场模拟和构造地球化学异常等方面成果综合分析,提出矿区下一步找矿有利地段:

其一是4号脉南西深部。其理由是:该处位于4号脉控矿断裂由NE向转为NNE向的部位,在成矿期有利于张开;矿体明显向南西侧伏,且倾角较大;矿体在已控制的最深中段品位高,且产状稳定,在深部应该有一定的延伸;Au地球化学等值线高值带和构造地球化学成矿因子等值线高值带均向南西侧伏且未封闭,显示向下仍有一定的延伸(图10)。

其二是2号脉南西深部。其基本特征与4号脉南西深部相似。

其三是根据成矿期构造应力场模拟实验成果,位于2号脉与4号脉之间,与新1号脉西侧大致平行的张应力高值区,有可能出现新1号脉的雁列脉。

7 结论

通过上述工作,可以得出以下几点认识:

(1)本区控矿构造型式为成矿前北东向压扭性断裂构造系统中构造透镜体四周的环边式“X”型断裂。

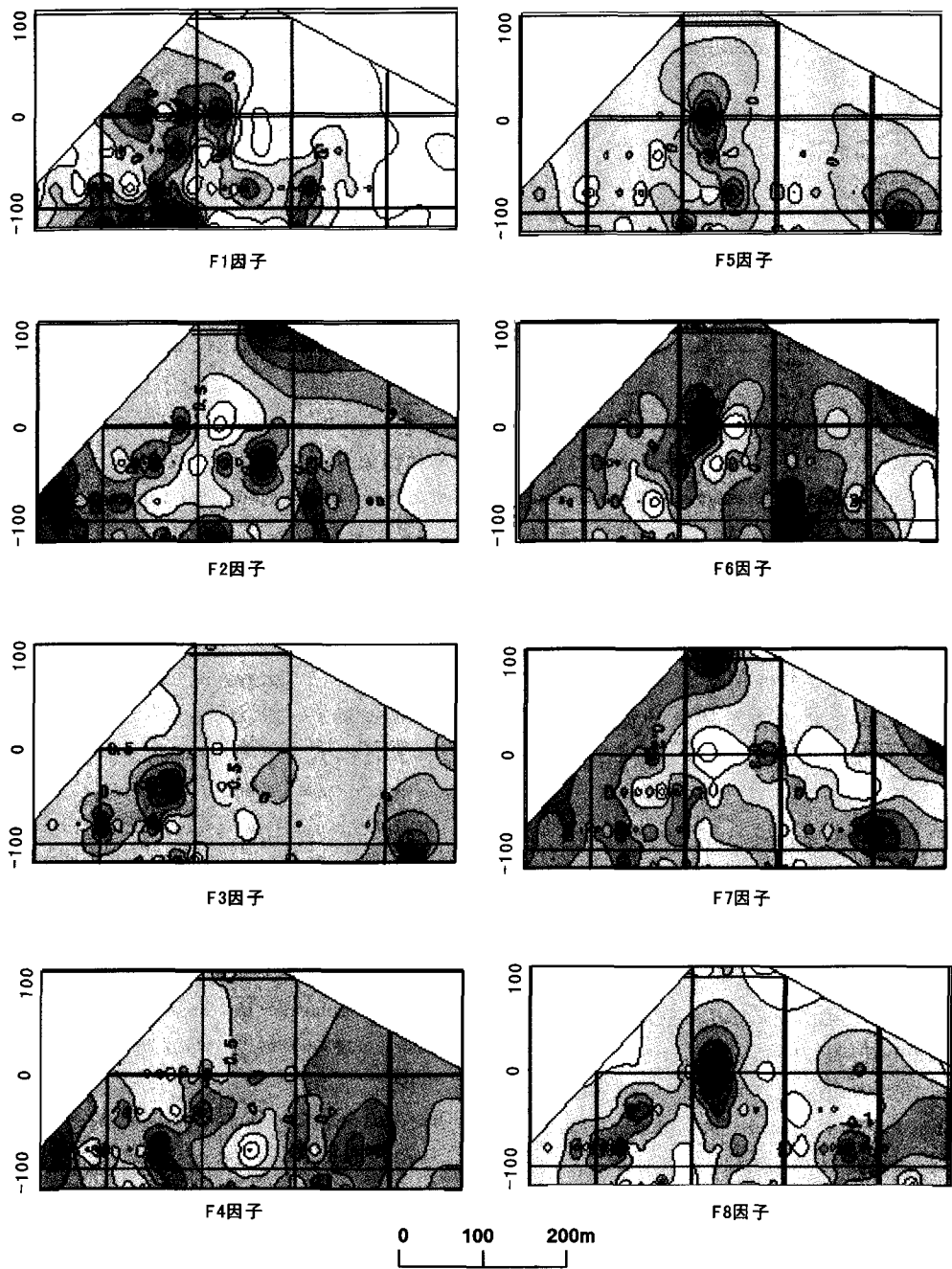


图 9 前孙家 4 号脉构造地球化学因子得分等值线
Fig. 9 Contoar of tectonic geochemisal factor scores of vein No. 4 in Qiansunja gold deposit

(2) 控矿构造具有北北东向和近南北向的优选性,成矿期的构造应力场表现为左旋剪切。

(3) 主断裂带上的南西向侧伏构造控矿,构造地球化学高值带具有与矿体的侧伏规律一致性。

(4) 矿区成矿元素组合为 Au、Ag、As、Co、Mo、Sn。由深至浅,成矿元素组合依次有 Pb、(Zn)、Bi→

Au、Ag、As、Co、Mo、Sn→Cu、Zn。

(5) 根据控矿构造型式、矿体产出规律、成矿期构造应力场分析和数值模拟以及 Au 构造地球化学异常图和成矿因子得分等值线图等方面成果综合分析,提出矿区下一步找矿有利地段有三处: 4 号脉的南西深部、2 号脉的南西深部和新 1 号脉西侧。

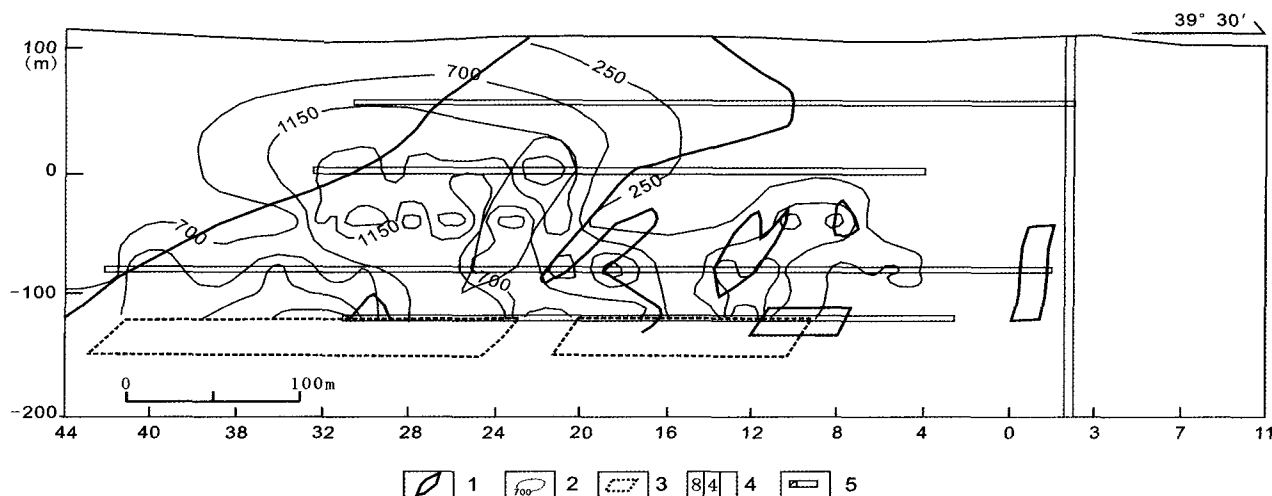


图 10 4号脉深部矿体预测图

Fig. 10 Deep orebody prediction map of vein No. 4 in Qiansunjia gold mine

1-矿体;2-Au 元素等值线及含量(10^{-9});3-预测区;4-勘探线及编号;5-井巷工程1-orebody; 2-contour of Au(10^{-9}); 3-predicted area;

4-prospecting line and number;5-adit and shaft engineering

致谢:项目完成过程中得到了前孙家金矿领导和技术人员以及河西金矿王来军矿长的大力支持和协助,曹超、凌日耀参加了部分野外工作,在此一并致谢!

[References]

- Chen Guo—da. 1978. Methods of metallotectonic researches [M]. Beijing: Geological Publishing House; 1-421
- Zhang Xiang—bing. 1982. Comment on metallotectonic theoretic research[J]. Geotectonica et Metallogenia, 6(2): 141-152
- Zeng Qing—feng. 1986. Discuss on Ore-forming conditions of the hydrothermal fluid [M]. Beijing: Science Press; 1-286
- Ф. И. Вольфсон, П. Д. Яковлев, Translated by Wu Gan—guo. 1989. Orefield and deposit structures [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press; 1-182
- Chen Guo—da, Huang Rui—hua. 1991. Metallotectonics [J]. Advances in Earth Science, 6(1): 60-62
- Zhai Yu—sheng, Lin Xin—duo. 1993. Orefield tectonics [M]. Beijing: Geological Publishing House; 1-214
- Wu Gan—guo. 1998. The orefield structures and metallogenetic prediction [J]. Journal of Geomechanics, 4(2): 1-4
- Peng En—sheng, Sun Zheng—jia. 2000. New knowing of metallogenetics of stockwork deposit [J]. Mineral Resources and Geology, 14(3): 204-206
- Zhai Yu—sheng. 2002. A brief retrospect and prospect of study on ore-forming structures [J]. Geological Review, 48(2): 140-146
- Chen Guang—hao, Su Yong and Zhang Xiang—bing. 2005. Examples of application of metallotectonic research method to ore prospecting in hazardous ore deposits [J]. Geotectonica et Metallogenia, 29(1): 63-70
- Qian Jian—ping. 1998. The coupling of tectonic stress field of metallogenic epoch, thermodynamic field and geochemical field and metallogenetic analysis in the middle of Shanhu, Guangxi [J]. Acta Mineralogica Sinica, 18(4): 514-524
- Qian Jian—ping. 1999. Tectono-geochemistry-A brief discussion [J]. Geology-geochemistry, 27(3): 94-100
- Qian Jian—ping. 2009. Tectono-geochemical prospecting method and its application in searching for sediment-hosted, disseminated gold deposits [J]. Geology and Exploration, 45(2): 60-67
- Qian Jian—ping, He Sheng—fei, Wang Fu—min. 2008. Geological and geochemical characteristic and tectono-geochemistry prospecting work in Liaoja of Qimen, Anhui province [J]. Geophysical and geochemical exploration, 32(5): 519-528
- Qian Jian—ping, Chen Hong—yi, Sun Tao. 2009. Ore-controlling regularity and tectono-geochemistry prospecting of Qian Sunjia—Jin Huashan fault zone [C]. Abstract of 2009 annual conference of academy of the geological society of China, China land press; 357-358
- Yu Guang—jun, Lin Zhong—sheng. 1992. Geological characteristics and metallogenetic regularities of the Wasunjia gold deposit in Shandong province [J]. Journal of Kunming institute of technology, 7(1): 1-10
- Wang Cui—zhi, Liu Jing—guang. 2001. Geology and prospect direction of the Housunjia gold deposit in Zhaoyuan, Shandong [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Re-

- search, 16(1):42-46
- Jiang Xi-rong, Zhao Ying-zhen, Xiao Jin-min. 1995. Modelling of mineralization stress field and concealed deposits prediction in Lianhuashan gold-ore field of Inner Mongolia [J]. Journal of Geomechanics, 1(1):82-87
- Cao xin-zhi, Gao qiu-bin, Xu bo-jun. 1989. The effect way and method research of the location prognosis of deep oreboard deposit structures [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press:1-182

[附中文参考文献]

- 陈国达. 1978. 成矿构造研究法 [M]. 北京:地质出版社:1-421
- 张湘炳. 1982. 成矿构造理论的研究 [J]. 大地构造与成矿学, 6(2):141-152
- 曾庆丰. 1986. 论热液成矿条件 [M]. 北京:科学出版社:1-286
- Ф. И. 沃尔弗松, П. Д. 雅科夫列夫编著, 吴淦国译. 1989. 矿田和矿床构造 [M]. 武汉:中国地质大学出版社:1-182
- 陈国达, 黄瑞华. 1991. 成矿构造学 [J]. 地球科学进展, 6(1):60-62
- 翟裕生, 林新多. 1993. 矿田构造学 [M]. 北京:地质出版社:1-214
- 吴淦国. 1998. 矿田构造与成矿预测 [J]. 地质力学学报, 4(2):1-4
- 彭恩生, 孙振家. 2000. 脉状矿床成矿构造新认识 [J]. 矿产与地质, 14(3):204-206
- 翟裕生. 2002. 成矿构造研究的回顾和展望 [J]. 地质论评, 48(2):140-146

- 陈广浩, 苏勇, 张湘炳. 2005. 成矿构造研究法在危机矿山找矿中的几个应用实例 [J]. 大地构造与成矿学, 29(1):63-70
- 钱建平. 1998. 广西珊瑚矿区中部成矿期构造应力场、热力场和地球化学场的耦合作用及成矿分析 [J]. 矿物学报, 18(4):514-524.
- 钱建平. 1999. 构造地球化学浅议 [J]. 地质地球化学, 27(3):94-100
- 钱建平. 2009. 构造地球化学找矿方法及其在微细浸染型金矿中的应用 [J]. 地质与勘探, 45(2):60-67
- 钱建平, 何胜飞, 王富民. 2008. 安徽省廖家地区地质地球化学特征和构造地球化学找矿 [J]. 物探与化探, 32(5):519-528
- 钱建平, 陈宏毅, 孙涛. 2009. 金华山-洼孙家断裂带构造控矿规律和构造地球化学找矿 [C]. 中国地质学会 2009 年学术年会论文摘要汇编, 中国大地出版社:357-358
- 俞广钧, 林中胜. 1992. 山东洼孙家金矿地质特征及成矿规律 [J]. 昆明工学院学报, 7(1):1-10
- 王翠芝, 刘景广. 2001. 山东招远后孙家金矿床地质特征及找矿方向 [J]. 地质找矿论丛, 16(1):42-46
- 姜喜荣, 赵寅震, 肖劲民. 1995. 内蒙古莲花山金矿区成矿应力场数值模拟与隐伏矿床预测 [J]. 地质力学学报, 1(1):82-87
- 曹新志, 高秋斌, 徐伯骏. 2005. 矿区深部矿体定位预测的有效途径和方法研究—以山东招远界河金矿为例 [M]. 武汉:中国地质大学出版社:1-137

Structural Ore-controlling Regularity and Tectonic Geochemical Exploration in Qiansunjia Gold Mine in Zhaoyuan City, Shandong

Qian Jian-ping¹, Sun Tao^{1,2}, Chen Hong-yi¹, Wang Zi-guo^{1,3}

(1. College of Earth Science, Guilin University of Technology, Guilin 541004; 2. Lingshan Gold Mine, Zhaoyuan 265400; 3. Coal Geological Bureau of Jiangsu Province, Nanjing 210046)

Abstract: Based on the investigation of structural ore-controlling regularity in mining area, it is known that the ore-controlling structure type is "X" ring faults around the tectonic lens in NE compresso-shear fault system. The optimum direction of ore-controlling structure is NNE and near SN. The tectonic stress field of mineralization of sinistral oblique-slip shear, and the deepening of orebody is controlled by the structure of SW lateral trending of main fault. Ore-forming elements composition of mining area is Au, Ag, As, Co, Mo and Sn. Tectonic geochemical high value zone is consistent with orebody's lateral trending regularity. Ore-controlling structure type, ore-body occurrence regularity, structural stress field analysis of mineralization period and numerical simulation, tectonic geochemical anomaly of Au, and metallogenic factor scores contour map reveals the favorable prospecting districts: the deep of SW of vein No. 4, the deep of SW of vein No. 2 and the second is the west of new vein No. 1.

Key words: ore-controlling structure type, structural ore-controlling regularity, structural stress field of mineralization period, tectonic geochemical prospecting, gold mine