

河南省九丈沟金矿控矿构造分析

张 伟^{1,2}, 伍 刚²

(1. 中国地质调查局 资源评价部, 北京 100011; 2. 中国地质大学, 武汉 430074)

摘 要:通过研究断裂的几何特征、构造特征等, 分析区域应力场和矿区构造应力场, 揭示九丈沟金矿床控矿构造规律。九丈沟金矿床矿区位于华熊台隆西缘, 马超营断裂带北侧。区内 NE 向深大断裂(F1)构造以导矿为主, 局部容矿, 并总体控制各成矿带分布, 次级 NW 向构造则以容矿为主, 并与 NE 向次级构造复合控制金矿床、矿体的产出。控矿断裂 F1 具有明显构造控矿的层次性和规律性及构造活动多期次的特点。

关键词:采矿工程; 金矿床; 控矿断裂; 构造应力场; 九丈沟

中图分类号: TD863; P613 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0211(2007)02-0070-05

九丈沟金矿矿区位于河南嵩县县城西南 30km 处, 属于华北地台南缘, 华熊台隆, 熊耳山断裂区西部。东西向马超营断裂北侧之北北东向万岭断裂组内。区域内出露地层较老, 地层划属华北区, 豫西分区, 熊耳山小区, 主要有太古界太华群、中元古界长城系熊耳群和蓟县系下栾川群, 中生界白垩系、新生界第三系和第四系。区域内褶皱简单, 断裂极为发育, 北东、北西两组断裂相互交切构成了区域复杂的地质构造格局。区域内岩浆活动频繁, 其中熊耳群火山岩是本区最主要的地质单元, 也是主要的出露地层。是一套以玄武安山岩-安山岩-英安岩-流纹岩为组合的火山岩系。岩石结构以玻璃质、隐晶质为主, 由于叠加了区域变质作用, 原岩成分、结构、构造发生了一定变化^[1]。

1 矿区地质概况

九丈沟金矿矿区位于外方山断隆的中西部, 大庄-中胡背斜之北翼, 万岭断裂组之东侧断层带内。地层呈单斜产出, 倾向北东, 倾角 20°左右。

矿区面积较小, 地层出露较单一, 出露地层主要是中元古界熊耳群焦园组上段(chj3)岩性主要是厚层状青灰色流纹斑岩、深灰色英安斑岩, 岩石具霏细微嵌晶结构、斑状结构、块状构造, 斑晶主要为斜长石、钾长石、呈半自形板状结构, 斑晶在 0.3~3mm 之间, 含量为 15%~20%, 基质成分主要为长石、石英, 其次是暗色矿物。另在九丈沟及山顶有第四系

分布, 岩性主要为黄土色, 灰黄色, 黄土层夹粗砂层, 有些地段含砾岩, 一般粒径 1~2cm, 黄土层垂直节理发育^[1]。

矿区内褶皱构造不发育, 地层呈单斜产出, 倾向北东, 倾角 19°左右。断裂构造较发育, 规模较大的断裂构造较少, 主要以 F1, F2, F3 三条断裂为主, 次级断裂发育, 仅在 F1 断裂中发现有矿体。

F1 断裂为于万岭断裂组之东侧, 北起蛮峪河, 经老和尚沟、九丈沟, 向南过伊河至庙岭一带, 全长约 6km。矿区内出露长度约 500m。金矿体就赋存于 F1 断裂中。此断裂走向 20°~30°, 倾向北西, 倾角 47°~60°。断裂向深部延伸, 倾角由变缓的趋势。矿区内无岩浆岩出露地表。

2 主断裂构造带地质特征

F1 断裂(九丈沟断裂)是万岭断裂组的主断裂构造, 位于伊河北岸万岭一带, 在 F1 断裂中分布有赵岭金矿和九丈沟金矿。F1 内构造岩蚀变较强, 构造蚀变带宽约 30~50m, 其中强蚀变带(内带)宽约 15~30m 带内岩性为硅化黄铁矿化蚀变岩、硅化蚀变岩, 弱蚀变带位于强蚀变带两侧宽 18m 左右(由于区内构造以断裂形式为主, 其他构造不发育, 故主要是研究 F1 断裂的控矿作用)。

2.1 主断裂(F1)几何学特征

F1 断裂, 总体走向为 20°~30°, 倾向北西, 倾角约 65°断裂面清晰平直, 形成的破碎带规模比较大, 最大宽度约为 30m, 最小的宽度也有 10m, 并且宽度向北东方向逐渐地变窄。断裂虽在整体上是平直的, 但在南端的赵岭金矿和九丈沟金矿的矿体部位发生了微小的方向改变即向北偏了约 10°, 所以 F1

收稿日期: 2005-10-18

作者简介: 张伟(1979-), 男, 河北滦县人, 硕士生, 主要从事矿床及同位素地球化学等方面的研究。

断裂在走向线上并非一条直线,而是在北东方向上呈较小的转折追踪状,并且断裂向深部延伸倾角有变缓的趋势。

在510中段洞口处,在F1断裂的上断面上发育一个大的构造透镜体,并且透镜体上发育两组节理产状为 $96^{\circ}SW\ 81^{\circ}$ 和 $295^{\circ}NE\ 42^{\circ}$,由构造透镜体的XY面(13面)与断裂面所夹锐角判断F1断裂是逆断层,见图1。

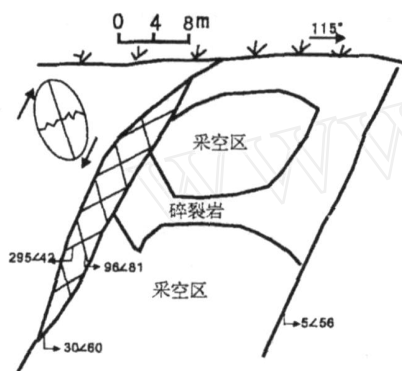


图1 F1断裂素描

Fig. 1 Scheme of F1 - fault belt

同时在下盘主断面上发育不规则擦痕,如图2所示,表明下盘向上运动,所以F1断裂至少经过两期或两期以上的构造运动,并且擦痕指示了最近一期的活动为张性,但是从上下盘相对位移来判断,断层仍为逆断层。



图2 断面上擦痕特征示意

Fig. 2 Scheme of scratches on fault plane

综上所述,F1断裂几何形态较简单且显示出多期活动迹象。

2.2 构造岩特征

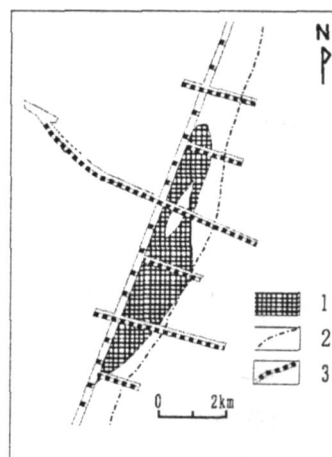
构造岩发育主要有断层角砾岩、碎裂岩、断层泥^[6]。

2.2.1 构造角砾岩。具碎裂结构,角砾状构造,角砾碎块多呈棱角状,大小混杂,一般在0.5~5cm,大者可达10-20cm。角砾内部仍保留着原岩特点,角砾的胶结物为磨碎的岩粉、岩屑及岩石压熔物质,成分为次生的铁质、钙质及泥质硅质等。角砾形状不规则,大小不一,其中角砾岩中的角砾有部分被磨成透镜状、椭圆状,同时不在断层中见有定向排列的特

点,从角砾岩的力学分析即角砾的XY面与断层面所夹锐角指示对盘运动方向由此可判断520中断的后期断裂为逆断层。

2.2.2 碎裂岩。岩石具碎裂结构、块状构造,原岩整体略有破坏但从镜下观察仍可断定为英安岩,碎基含量约60%,其裂隙纹中由磨碎物质及次生的粉末状铁质氧化物、泥质、硅质物质组成,岩石定名碎裂英安岩^[2]。该F1断裂中碎裂岩所占总体碎裂岩系比重不大约30%。

2.2.3 断层泥。是断裂强烈研磨的结果,其单个颗粒不易分辨,且未固结成岩^[3]。其发育与断层的裂隙之中,断层泥的发育说明断裂经过强烈的挤压过程。其位于断裂裂隙中呈层状分布说明其后期为压扭性的力学性质。



1 - 矿体;2 - 构造蚀变带边线;3 - 坑道

图3 435中断素描

Fig. 3 435 interrupted profile

由以上可知,主断裂(F1)为脆性断裂,且断层泥的层状分布说明断裂压扭性质的存在。

2.3 矿体分布的构造部位特征

矿体形态与断裂关系密切,矿体位于构造蚀变带中,分布严格受构造蚀变带控制,矿体全部附存于断裂的下盘故构造严格控制着矿体的形态和产出位置,见图3^[4]。矿体产状与构造带基本相同,总体走向 17° ,倾角 $282^{\circ}\sim 295^{\circ}$,平均 287° ,倾角 $47^{\circ}\sim 60^{\circ}$,平均 54° ,在矿体的中部附近矿体倾角明显变缓。同时矿体沿倾向具有向北倾伏的趋势。

2.3.1 定位性。九丈沟金矿矿体的规模、形态、产状严格受F1断裂的控制,矿体全部赋存于F1断裂带内,远离断裂带,金矿化明显变弱,直至消失。

2.3.2 波动性。结合处于同一断裂带中的九丈沟金矿南端的赵岭金矿,工业矿体多分布于控矿断裂走向拐弯处和倾角变化处,尤其是倾角由陡变缓部

位。通过分析断裂走向拐弯处是断裂水平方向易于引张的部位,倾角变化处是控矿断裂在垂向上的易于引张的地段。

结合以上可知,断裂面的转换处是走向拐弯及倾角交汇地段,是断裂面中引张最大的地段,所以,断裂拐弯处,倾角变化处及断裂面转换处是矿体富集的可利部位。

3 构造应力分析

3.1 区域应力分析

区域内褶皱不发育,断裂极其发育,有嵩县中南部地区断层走向玫瑰花图,见图4,显示区内发育北东向和北西向两组断裂,其中中北西向是马超营断裂带,南北向是旧县—下蛮峪断裂带,北北东向是F1所在的万岭断裂带,其三组断裂带控制着整个区域的构造应力场。

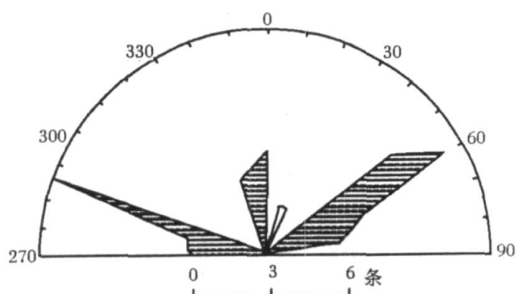


图4 嵩县南部地区断层走向玫瑰花图

Fig 4 Rose showing for fault trending in southern area of Songxian

F1断裂位于马超营大断裂带的北部,其应力场受其控制,在近南北向上挤压应力较大,同时九仗沟断裂位于潭头大章新生代断陷的东侧,其应力场受断陷边缘旧县—下蛮峪断裂的控制(其主要表现为拉张作用形成的正断层)即受近东西方向上拉张力的作用由此作以下应力分析。

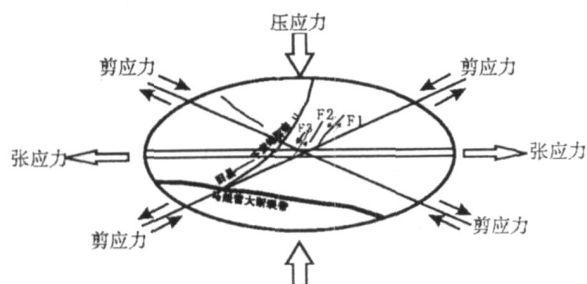


图5 九仗沟金矿床区域构造应力分析

Fig.5 Regional tectonic stress field analysis in Jiuzhanggou

根据前述可知九仗沟断裂属于地表近地表断裂

符合按德森(E. M. Anderson, 1951)模式(安德森认为断层面是一个剪裂面, σ_1 与两剪裂面的锐角分角线一致, σ_3 与两剪裂面的钝角分角线一致, σ_2 所在盘向锐角角顶方向滑动,就是说断层两盘垂直于 σ_2 方向滑动)所需条件,根据安德森模式作了应力状态分析,由于九仗沟断裂受马超营断裂的影响,在近南北方向上受水平上的挤压应力即为最大的挤压应力轴(σ_1) (方向与马超营断裂带垂直产状水平),由于受到潭头大章新生代断陷的影响,其最大拉伸轴(σ_3)为水平近南东方向(与旧县—下蛮峪断裂带垂直)。由以上应力分析可知九仗沟断裂的应力状态是最大主应力轴(σ_1)和最小主应力轴(σ_3)是水平的,中间主应力轴(σ_2)是直立的,其结果是断裂面走向垂直于 σ_2 ,滑动方向也垂直于 σ_2 ,两盘顺断层走向滑动,断层走向与 σ_1 和 σ_3 成一定角度,如图5所示^[3,5]。

以上分析结果及有关资料表明^[1,4],F1断裂是马超营断裂或旧县—下蛮峪断裂的次级断裂,区域应力场分析说明其构造前期的活动,同时分析结果与现在F1断裂的平移构造性质基本一致,说明区域构造应力场对九仗沟断裂的形成和演化有巨大的影响。

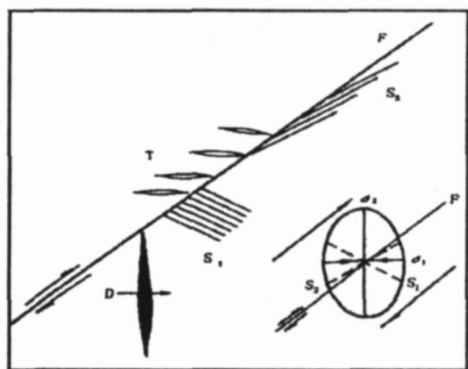
3.2 矿区构造应力场分析

本区控矿断裂的形成和发展受区域应力场的制约,同时矿区的构造应力场的研究可以很好地分析矿床的成矿期次及成矿阶段等问题。

由于本区的共轭剪节理与构造透镜体均发育,构造透镜体长径从数十厘米至数米均发育,有时成组成带产出,这主要是由挤压作用产出的两共轭剪节理所形成,众所周知,剪节理的产生与断层的力学性质紧密联系,见图6,共轭节理测量是目前构造应力场研究最有效的方法之一,本区地层单一,产状基本水平,应用效果会较好。下面利用共轭节理测量方法对矿区做共轭剪节理的构造应力分析。

(1)构造剪节理在构造破碎带中发育。经实地测量,把野外露头上同期的共轭剪节理分组配套,凡交叉的两组节理分别测量产状并记录,做成曲线图,如图7所示。从图7可见,最发育的走向是NW300°50'和SE100°70',其在宏观上共轭的。

(2)将两组共轭节理产状投影于吴氏网上,利用安德森(E. M. Anderson)模式确定 σ_1 和 σ_3 的方向,即与 σ_1 锐角分角线一致, σ_3 与钝角分角线一致, σ_2 所在盘向锐角角顶方向滑动,如图8所示。



F- 主断层; σ_1 - 派生应力场主压应力轴; σ_3 - 派生应力场主张应力轴; S_1, S_2 - 剪节理; T- 张节理; D- 小褶皱轴面

图6 主断层及其派生节理示意

Fig. 6 Scheme of main fault and it's outgrowth joints

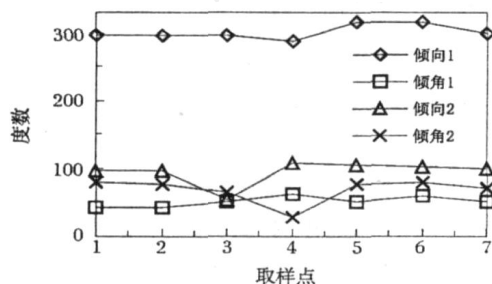


图7 节理产状曲线

Fig. 7 Curve of joints occurrence

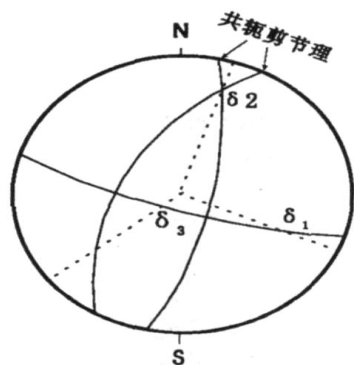


图8 吴氏网分析图

Fig. 8 Wu diagram showing analysis result

(3) 由以上可得最大主应力 σ_1 为 SE 向, 倾角 8° ; 最小主 σ_3 应力近于直立, 中间应力轴倾向北北东, 倾角约 10° 。说明最大主应力轴 σ_1 和中间应力轴 σ_2 是近水平的, 最大拉伸轴 σ_3 是近直立的, σ_2 近似平行于断层面走向。根据逆冲断层的应力状态和莫尔圆, 在水平方向上 σ_1 逐渐增大或 σ_3 逐渐减小即水平挤压有利于逆断层的发育。

(4) 由以上共轭节理测量方法获得的应力场较逼近矿区主构造其应力场, 即中后期的构造应力场,

其结果显示 F1 断裂为逆断层, 同时由于 σ_3 轴向南西倾斜, 结合区域应力场的分析可知断裂经过区域应力的作用产生平移断层。又由于南北向挤压, 导致具逆断层的性质, 同时结合前人资料可知区域应力场为主构造期即平移是主要运动分量, 说明 F1 断层性质是逆-左行平移断层。

4 构造期次的划分

九丈沟断裂的发展演化是长期的, 复杂的同时具有继承性, 根据 F1 断裂的产状、构造岩特点及区域应力场和矿区应力场相结合分析, 并结合前人资料^[4], 依据 F1 断裂与成矿作用的时间关系, 可将其活动发展划分为三个阶段。

4.1 成矿前构造活动

在区域的马超营断裂活动的南北向挤压应力作用下, 沿北北东方向产生了拉张作用具有左行拉张面岩石破碎, 形成 F1 断裂带, 带内形成了角砾岩和构造岩块, 分布杂乱无章呈棱角状。在断裂带两侧岩石破碎, 伴随构造活动, 上盘硅化强烈故岩层破碎程度较低, 使成矿热液沿构造破碎带运移交代、交代蚀变, 形成了钾长石化英安岩, 钾长石化角砾岩, 局部形成钾长石细脉。

4.2 成矿期构造活动

随着燕山晚期熊耳山地区南北向陆内俯冲作用的结束, 区域应力表现为近南北方向上的拉扭, 导致熊耳山地区的大多数金矿主要呈 EW 向 NE 向, 九丈沟近南北方向断裂发生左行剪切, 其结果是走向 NE 向的部分张开, 使得 F1 断裂破碎加强, 角砾变小且为次棱角状, 同时, 产生了大量的构造透镜体, 部分被完好的保存下来。伴随五丈山花岗岩的侵入作用, 使成矿热液沿构造带活动, 带内形成了较强的黄铁矿化、硅化、绢云母化、高岭石化。热液蚀变后期形成了较强的方铅矿化、闪锌矿化、碳酸盐化等。

4.3 成矿后期构造活动

在构造带内发育有一系列的以北北东向为主的结构面, 并切割了角砾岩, 从滑动面、擦痕、阶步观察, 该结构面为压扭性, 从而反映出受近南北向压扭应力的多次作用, 形成了构造带内的多组滑动面、斜擦痕、断层泥等。然而, 总体来看, 矿体破碎不强烈, 多是岩石的再次破碎。对矿体制产生了破碎作用, 为止没有改变。

综上所述, 矿区金矿具有明显的断裂控矿规律, 大规模的金矿化主要发生于总体呈南北向断裂中的 NE 向断裂内, 是矿化主要发生于其中走向 NE 向的

构造部位,矿化主要分布于断裂构造的拐弯部位。布,故向北东方向还有成矿的可能。
由以上的分析,在较大的范围内矿化会有等距性分

参考文献:

- [1] 河南省地矿厅. 区调地质调查报告(地质部分、矿产部分) [R]. 郑州: 河南省地矿厅, 1992: 24 - 25.
- [2] 路凤香, 桑隆康, 邬金华, 等. 岩石学[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2000: 77 - 78.
- [3] 朱志澄. 构造地质学[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1998: 151.
- [4] 河南省地质二队. 河南嵩县赵岭金矿地质勘探报告[R]. 保存城市?: 河南省地质二队 1999: 34 - 35.
- [5] 袁见齐. 矿床学[M]. 北京: 地质出版社, 1984: 53 - 55.
- [6] 万天丰. 构造应力场[M]. 武汉: 武汉地质学院, 1983: 89 - 90.

Structure Analysis for Ore Body Controlling of Jiuzhanggou Gold Deposit in Henan

ZHANG Wei^{1,2}, WU Gang¹

(1. Department of Mineral Resources Assessment, China Geological Survey, Beijing 100011, China;

2. The Faculty of Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract

Through researches on geometrical and tectonic characters of fracture, analysis on regional stress field and tectonic stress field of ore district, the rule of ore body controlling of Jiuzhanggou Gold Deposit is revealed. This gold deposit is located on the west of Huaxiongtai promontory and the north of Machaoying fracture zone. Within the field, NE large rupture (F1) which is mainly of ore conforming, locally of ore bearing controls the distribution of every metallogenic belt. Sub- NW structure which is mainly of ore bearing co-controls the output of gold deposit and ore together with NE sub-structure. Mine-controlling rupture (F1) has obvious arrangement, orderliness and the character of multi-periods of tectonic activities.

Keywords: mining engineering; gold deposit; ore-controlling faults; tectonic stress field; Jiuzhanggou

(上接第 65 页, Continued from p. 65)

Technology of Tourmaline Superfine Powder Production by Jet Mill

HU Zhenfeng, JIA Muxin

(Beijing General Research Institute of Mining and Metallurgy, Beijing 100044, China)

Abstract

The effect of the technical parameters on the particle size of the tourmaline powder product from the jet mill is investigated by the QLM - fluidized bed opposed jet mill. The results show that under the condition of the muzzles size (13mm and the rotating speed of classification wheel 3900 r/min, the powder products with d_{50} -size 3.390 μ m and 1.961 μ m are obtained from the cyclone classifier and the hop-pocket dust collector, respectively. The tourmaline ultra-fine powders with the characters of narrow size distribution, fully-disagglomerated and without pollution can be produced with the jet mill system by adjusting the process parameters such as the rotating speed of classification wheel, the size of the muzzle and the comminution times. Moreover, the powder can be as the stirred ball mill to produce even finer powder.

Keywords: mineral processing; tourmaline; jet mill; ultra-fine comminution; particle size