

胶东东部金牛山断裂带多阶段变形 及其对金矿化的制约*

Multistage Deformation of Jinniushan Fault Belt and Its Structural Control for Gold Mineralization in Eastern Jiaodong Peninsular

李光明 申 萍 沈远超 李厚民

(中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029)

Li Guangming, Shen Ping, Shen Yuanchao, Li Houming

(Institute of Geology and Geophysics, CAS, Beijing 100029, China)

摘 要 通过对胶东牟乳地区金牛山断裂带的几何学、构造组合样式及其成生与演化特征的研究表明, 金牛山断裂带在平面上表现为膨大收缩、波状弯曲的特点, 在剖面上表现为陡缓相间的变化、或为“S”形; 主断裂带及其次级断裂在平面上表现为右阶式雁行排列, 在剖面上构成了“N”字型构造; 金牛山断裂带为多阶段构造变形活动的产物, 其变形事件大致可以分为 4 个阶段, 与金矿化密切相关的主要是第二阶段变形。在上述研究的基础上探讨了金牛山断裂带对金矿化的控制, 即在断裂带的膨大部位和断裂带的陡倾、或反倾部位控制了主矿体及富矿体的产出。

关键词 金牛山断裂带 多阶段变形 金矿化 胶东

胶东牟乳地区 NNE 向断裂构造纵贯全区, 为区内金矿床的主要控矿构造。区内数十个金矿床(点)主要分布于青虎山—唐家沟断裂、金牛山断裂、将军石—曲格庄断裂、马家庄—葛口断裂带上。这四条断裂带自西向东近等距分布, 间距在 3~5 km, 出露长度达 60 km, 宽度从几米到数十米, 倾向 SE、局部 NW, 倾角 65°~85°。金牛山断裂带即为上述断裂带中的一条重要控矿断裂, 虽然前人对胶东牟乳地区的金矿进行了多方面的研究(安家桐等, 1988; 赵伦山等, 1994; 孙丰月等, 1995; 杨敏之等, 1996; 高太忠等, 1998; 张德全等, 1997), 但对金牛山断裂带及其控矿作用的研究还是空白。60 年代, 对该断裂带进行了金矿普查工作, 但没有取得进展。矿山近年来的探矿实践证明该断裂既是导矿构造也是容矿构造, 探矿工作取得了较大进展。在金牛山矿区内, 我们对该断裂带进行了详细研究, 本文主要就该断裂带的几何学特征、成生与演化及控矿作用进行探讨。

1 金牛山断裂带地质特征

1.1 金牛山断裂带的几何学特征

发育于昆嵛山复式花岗岩体内的金牛山断裂带地表出露长度约 60 km, 宽度变化于数米至数十米间, 一般由数条平行、或分枝复合的断裂构成。断裂带呈 NNE 5°~15° 展布, 有的部位走向近南北。断裂面一般倾向 SEE, 局部倾向 NWW, 倾角较陡, 为 60°~82°。断裂面呈舒缓波状, 断裂带内见大量的碎裂岩、角砾岩、断层泥及挤压透镜体。带内见规模不等的石英脉呈雁行排列、或尖灭再现分布, 并被挤压破碎, 地表一般见有褐铁矿化。整个断裂带在平面上并不是连续的, 而是呈右阶式排列。另外, 在该断裂带的西

* 中科院创新工程重大项目(KZCX1-Y03)资助

第一作者简介 李光明, 男, 1964 年生, 博士, 主要从事矿床学及成矿预测方面的研究工作。

侧和东侧发育一系列次级断裂,而且这些断裂均倾向 NW,倾角较主断裂带为缓,一般为 $50^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 。在金牛山矿区内该断裂带分布于小肖家 - 金牛山 - 腊子巷 - 张家碛一带,长约 5100 m (图略),平面上表现为膨大收缩、波状弯曲的特点,至少有 3 个较大的膨大部位:金牛山段、婆婆顶段、张家碛段,主要表现为由东、西两条断裂所夹持的部位为膨大部位。主要的矿体产于断裂带膨大部位。

根据矿山实际开采中段平面图所作的剖面图(图略)可以看出该断裂带在剖面上同样表现为波状弯曲、膨大狭缩的特点,并且分枝复合的特点也较明显。在剖面上,整个断裂带具陡缓相间的特点,类似于断坡、断坪几何学特征,如在 72 勘探线剖面上,断裂表现为近“S”型,断裂上部倾向西,倾角为 85° ,从 0 ~ -200 m 标高,断裂倾向东,倾角为 75° ,并向下有变陡的趋势。在张家碛段的 89 勘探线 50 m 标高以上断裂近直立,而在 50 ~ -40 m 标高,断裂反倾向北西西,倾角为 $70^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 间变化。因此,断裂带在剖面上的变化主要表现为陡缓相间的变化、已有工程控制的区段为上陡下缓、或为“S”变化。以上特征表明,在断裂的活动过程中不仅有水平方向上的位移分量,同时在倾向上也有正向拉张的位移分量。

在断裂带内多期多阶段的煌斑岩脉、石英脉充填,早期石英脉被挤压破碎,说明该断裂带具多期次活动的特点。

1.2 金牛山断裂带的构造组合样式

在金牛山主断裂的西侧 100 ~ 500 m 的范围内发育一组 NNE 向断裂,为邓格庄金矿区内的主要控矿构造,同属于金牛山断裂的一部分,其中金牛山断裂为主干构造,走向为 $\text{NNE}10^{\circ}$ 左右,倾向以 SEE 为主,局部呈直立反倾,倾角 $70^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 。邓格庄金矿的控矿构造为金牛山断裂的低序次构造,与金牛山主干断裂之间成锐角相交成近平行展布,其断裂方向为 $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$,倾向 NW,倾角 $50^{\circ} \sim 80^{\circ}$,这组 NNE 向断裂一般断面平直,片理化明显,沿走向与倾向均呈波状弯曲,有的见断层泥发育,见有斜冲擦痕,说明这组断裂的活动有一期为压扭性质。这组断裂中常有矿化石英脉,或煌斑岩脉贯入,说明该断裂具有多期活动特点,为主要的控矿构造。同时在金牛山断裂带的东侧也有一系列的 NNE 向的雁行式断裂,断裂一般倾向 NWW,倾角在 $70^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 间变化,如岔河断裂、小肖家断裂和猫山东断裂等,一般都有含矿石英脉充填,在充填的石英脉中见晶洞构造。因此,根据我们对金牛山断裂带及其次级断裂的平面、剖面上的表现形式所进行的分析与论述,在金牛山地区,金牛山断裂带与其次级断裂在平面上表现为右阶式雁行排列,在剖面上主断裂带与次级断裂组合构成了“N”字型构造(图略)。

2 金牛山断裂带的动力学分析

金牛山断裂带的膨大部位主要表现为两个断层夹持其中的断夹块,有时为两个高密度破裂带,在这两个带间次级雁行断层围限着断夹块,类似于走滑双重构造的几何学特点,这些断层的位移既具有走滑分量又具有正断分量。一般来说,走滑断层系由于断层两侧围岩的限制,不可能存在直立的自由表面,走滑系里收缩双重构造的增厚和伸展双重构造的减薄分别为它们各自附近的自由地表面的隆起和拗陷所调节(庄培仁等,1996)。因此,走滑双重构造中断层上的滑移不可能是纯走滑的,而必定是斜向的。由此可能控制着矿体的侧伏。

3 金牛山断裂带的成生与演化

根据我们对金牛山断裂带地表、井下的地质观察所取得的资料表明,金牛山断裂带为多阶段构造变形活动的产物,其活动阶段大致可以分为 4 个:

第一阶段变形(D1):为早期的右行剪切所形成的右阶式雁行断裂,充填结晶粗大的白色石英脉,石英脉中晶洞构造比较发育(图略)。相关围岩蚀变有硅化、钾化、绿泥石化、黄铁矿化等。硅化主要表现为在断层带的上下盘数米到十几米的范围内有密集的白色石英细脉及网脉分布,其走向一般平行于主断裂带,同时伴随有钾化,钾化主要是沿裂隙分布的线性钾化,绿泥石化表现为围岩即花岗岩中黑云母的绿泥

石化。与该期石英脉共生的硫化物主要为黄铁矿，呈斑点状、浸染状，颜色较浅，结晶粗大，其晶形主要为立方体。

第二阶段变形（D2）：为左行剪切，具体在某些部位表现为压剪性，而在某些部位表现为张剪性。表现为早期白色粗粒石英脉破碎、角砾岩化，并被黄铁矿-石英所胶结形成角砾状矿化及脉状烟灰色黄铁矿石脉的充填，伴随的热液蚀变主要为硅化、绢云母化、黄铁矿化等，硅化主要有两种形式：为烟灰色不纯石英与黄铁矿胶结早期白色石英脉角砾，构成角砾状矿化；为条带状黄铁矿化烟灰色石英脉充填，构成脉状矿化，以及在矿体的上下盘数米的范围内有石英-黄铁矿细脉、网脉带。而绢云母化则为早期的绿泥石化进一步发展形成绢云母，并常与硅化一起构成绢英岩化，该期石英脉中的硫化物主要为细粒他形、五角十二面体、八面体黄铁矿，以及他形磁黄铁矿，磁黄铁矿的粒度一般较大；另外在该阶段晚期有多金属硫化物产出，主要为闪锌矿、方铅矿和黄铜矿（图略）。

第三阶段变形（D3）：为右行张剪性，主要表现为石英-碳酸盐脉的充填、以及石英-碳酸盐脉穿切早期形成的白色石英脉和脉状、角砾状矿体，在碳酸盐脉可见煌斑岩脉、第二阶段形成的黄铁矿-石英脉呈角砾状产出（图略），根据黄铁矿-石英脉角砾中的剪裂特征判断该期断裂活动为右行张剪性。

第四阶段变形（D4）：为东西向的挤压变形，有时为了调整应力分布情况，产生横推断层，横切主断裂带，并破坏矿体。该期变形主要表现为在主断裂带中形成的构造破碎带、片理化带，在破碎带中可见黄铁矿化石英脉的透镜体，在断层面上可见镜面、擦痕及阶步等压性构造的活动形迹，有时该期构造所产生的横推断层中可见煌斑岩脉充填，横推断层一般为右行剪切（图略），断距一般几米到十余米。

在上述 4 个变形阶段中与金矿化密切相关的主要是第二阶段变形。

4 金牛山断裂带的控矿作用

从上述金牛山断裂带的几何学、动力学特征分析，结合其成生与演化历史，金牛山断裂带的控矿作用主要表现为不仅金牛山的次级断裂系，如邓格庄次级断裂系、小肖家、岔河及猫山东断裂为控矿构造，同时金牛山主断裂带是重要的导矿构造，也是重要的容矿构造。在金牛山金矿区，金牛山主断裂带控制了四个矿段的产出：小肖家、金牛山、腊子巷和张家碛矿段。在每个矿段，平面上，矿体主要产于断裂带的膨大部位；剖面上，矿体主要产于断裂带陡倾、或反倾部位，类似于正断层中的断坡部位，在上述部位主要为断裂的扩张膨大部位。而且主要是该断裂带的第二变形阶段控制了含金石英脉的定位（表 1）。

表 1 与变形、热液蚀变及金矿化相关脉系的发育特征

变形事件	脉 的 形 成	热 液 蚀 变	金 沉 淀
D1：右行张剪性	充填早期白色粗粒石英脉	硅化、钾化、绿泥石化、黄铁矿化	贫金
D2：左行压剪与张剪	早期石英脉破碎，被第二期的黄铁矿-石英所胶结形成角砾状矿化 + 脉状烟灰色黄铁矿石脉的充填	硅化、绢云母化、黄铁矿化等	富金
D3：右行张剪	石英-碳酸盐脉	硅化、碳酸盐化	
D4：挤压	横推断层，破坏矿体	高岭土化	

5 结 论

（1）金牛山断裂带为在平面上表现为膨大收缩、波状弯曲的特点，在剖面上表现为陡缓相间的变化、或已有工程控制的区段为上陡下缓、或为“S”变化。

（2）断裂带的组合样式表现为金牛山主断裂带及其次级断裂在平面上表现为右阶式雁行排列，在剖面上主断裂带与次级断裂组合构成了“N”字型构造。

（3）研究表明，金牛山断裂带为多阶段构造变形活动的产物，大致可以分为 4 个阶段，与金矿化密

切相关的主要是第二阶段变形。

(4) 金牛山断裂带是胶东牟乳地区重要的控矿断裂,在断裂带的膨大部位和断裂带的陡倾、或反倾部位控制了主矿体及富矿体的产出。

致 谢 在本项研究中,得到山东东方冶炼有限公司大力支持,特别要感谢王学乾经理、刘宏闻工程师等人的无私帮助。

参 考 文 献

- 安家桐,于东斌,沈昆,等. 1988. 山东牟平—乳山地区金矿控矿条件的研究. 见:沈阳地质矿产所编. 中国金矿主要类型区域成矿条件文集(5). 北京:地质出版社. 1~38.
- 高太忠,魏广庆,吴学益,等. 1998. 牟乳石英脉型金矿成矿构造地球化学实验研究. 地质找矿论丛, 13(1): 13~23.
- 孙丰月,石准立,冯本智. 胶东金矿地质及幔源 C-H-O 流体分异成岩成矿. 长春:吉林人民出版社. 1995.
- 杨敏之,吕古贤. 1996. 胶东绿岩带金矿地质地球化学. 北京:地质出版社. 1~228.
- 张德全,徐洪林,孙桂英. 1997. 山东牟平邓格庄金矿的地球化学特征及成因. 矿床地质, 6(3): 204~213.
- 赵伦山,高太忠,李嘉. 1994. 热液成矿的地质地球化学动力学——以胶东牟平乳山金矿带为例. 地球科学, 19(3): 337~344.
- 庄培仁,常志忠. 1996. 断裂构造研究. 北京:地质出版社. 1~346.