

酸岩层和蒲圻组砂页岩层的接触面附近,与地层呈小角度相交,向南倾斜,沿接触带发生多次构造活动,可见成矿前的砂卡岩沿石英二长岩接触带的破碎带产出,而成矿时的砂卡岩-磁铁矿又胶结了棱角分明的成矿前砂卡岩的角砾,成矿后的断裂又沿矿体壁发育,从断层角砾及擦痕面可判断成矿后断层仍属正断层性质。这种多次活动的滑脱拆离构造无疑对成岩成矿起了决定性的作用。

吉林省四平市山门银矿区构造应力场研究

林建平 万天丰 冯 明

(中国地质大学,北京 100083)

1 区域构造演化概述

本矿区位于天山—兴安褶皱带吉黑褶皱区大黑山条垒南段的西南部,西北侧为松辽拗陷,东南侧为伊通—依兰地堑,南距中朝板块约 50km,区域构造线为 NE—NNE 向。

大黑山条垒南段经历了海西—印支期、燕山期和四川期等构造演化阶段。在海西—印支期,本区受近 SN 向挤压作用(最大主压应力轴 σ_3 的优选产状为 SE $178^\circ \angle 6^\circ$)而发生了褶皱运动,广泛发育由下古生界构成的近 EW 向的斜歪褶皱和压剪性断裂,以及近 SN 向的张性或张剪性断裂。在燕山期(J),最大主压应力呈 NW—SE 向(σ_3 为 SE $142^\circ \angle 7^\circ$),发育了一系列 NE—NNE 向的压剪性逆断层和 NW 向的张性、张剪性正断层,它们切割了侏罗纪及前侏罗纪的地层和岩体及近 EW 向构造,形成糜棱岩、构造透镜体和片理化等现象。在四川期(K—E₁),受 NNE 向挤压应力作用(σ_3 为 NE $18^\circ \angle 13^\circ$),发育了 NW 向压剪性断裂和 NNE 向张剪性断裂,或使已有的 NW 向正断层转为逆断层, NNE 向逆断层转为正断层。

对于本区燕山期和四川期的构造应力值,我们采用石英晶内位错密度法作了估算(具体步骤见以下部分),得出两期的平均差应力值分别为 112.5 MPa (3 个样品)和 101.4 MPa (15 个样品),看来四川期的构造作用强度可能比燕山期的稍弱。燕山期和四川期的构造活动奠定了本区的基本构造格局。四川期以后所产生的构造变形是很微弱的。

2 成矿期(四川期)主应力方向的确定

山门银矿区成矿时代为 $122 \times 10^6 \sim 67 \times 10^6$ a,成矿期为四川期。矿体充填在 NNE 向断裂带中,这些断裂在成矿期呈张性或张剪性活动特征。根据 11 个地点的共轭剪节理产状和 1 个小褶皱的产状恢复了本矿区成矿期的构造应力场,最大主压应力轴的优选产状为 NE $13^\circ \angle 13^\circ$,中间主应力轴为 SW $200^\circ \angle 64^\circ$,最小主压应力轴为 SE $110^\circ \angle 12^\circ$ 。可见在四川期本矿区与大黑山条垒南段地区,两者的主应力方向是几乎一致的。

在山门银矿区及其附近,受燕山期构造作用发育了一些 NE—NNE 向的韧性剪切带(绢云母 K—Ar 年龄 155×10^6 a)。在四川期 NNE 向挤压应力作用下,在这些韧性剪切带或其它岩性分界面的基础上发育了一系列 NE—NNE 向的脆性或脆—韧性正断层,由深部循环热液所带来的富含 Ag、Au 的物质在这类断层的适当部位富集成矿,从而形成规模巨大的山门银矿床。

3 成矿期构造应力值估算

在透射电子显微镜下观察石英晶内位错构造以估算构造应力值,是目前在应力场研究中相对准确又比较可行的方法。我们在本矿区采集了13个成矿期样品,它们大多是含矿硅质岩,其余为硅化角砾岩、花岗斑岩脉或硅质岩。首先将岩石切成双面抛光的厚0.3mm的薄片;接着把石英颗粒移到铜网上,放入离子减薄器中用氩离子轰击,将薄片减薄至0.5 μm左右,制成超薄薄片;然后在H-800透射电镜下观察石英晶内的自由位错,平均每个样品拍10张照片;最后统计位错密度并计算差应力值。

根据13个样品的估算结果,得出本矿区四川期的平均差应力值为101.2 MPa。从北向南构造应力值有增强的趋势,即龙王矿段3个样品,平均值为86.8 MPa;卧龙矿段3个样品,平均值为101.4 MPa;云潘矿段至大窝堡7个样品,平均值为107.3 MPa。另外,从单个样品的差应力值来看,储量大、品位高的卧龙矿段和龙王矿段大多在73.0~94.2 MPa之间,最大值为125.0 MPa,而含矿性较差的云潘矿段至大窝堡却有3个样品的差应力值为132.0~141.6 MPa。看来差应力过大的地段并不十分有利于形成大、中型的富矿体,差应力值适度的地段才是有利于储矿的部位。

4 成矿期构造应力场数学模拟

在搜集并观测了成矿期构造应力方向和大小,掌握了地质体的分布特征并且测定了岩石物性参数的基础上,我们采用有限单元法弹塑性平面问题增量法源程序,进行了成矿期构造应力场数学模拟。

(1) 地质模型的确定:地质模型必须尽可能真实地反映地质内容,并且考虑到数学模拟的计算费用。我们选用山门-叶赫地区地形地质图(1:2.5万)作为模拟底图,对于破碎带和韧性剪切带绝大部分予以保留。单元划分时,尽可能把节点和单元边界放在岩性分界线上,即用多个三角形的边来拟合地质体边界,而且尽量采用等面积划分,共有616个三角形单元,计346个节点。

(2) 力学模型和外荷作用力方式:自然界岩石的变形主要为流变方式,在流变状态下,应力-应变曲线大体呈抛物线型。由于流变时的参数难以确定,因此我们采用增量法,就是把流变状态的非线性应力-应变曲线分成斜率不等的几段直线(用弹性变形模拟流变状态),以此进行模拟计算,本文模拟采用了三个直线段。

我们在本矿区采集了奥陶系大理岩、燕山期花岗岩和闪长岩及下白垩统砂岩等四种岩石样品,测定其物性参数(弹性模量 E 、泊松比 μ)。

所有单元都以实际情况为准,确定为物性不同的岩石,即每个单元内的物性都是均一的。模型的外荷作用力大致选取与实测的主应力方向和大小相当,并且满足力系平衡条件:

$$\Sigma F_x = 0, \Sigma F_y = 0, \Sigma \tau_{xy} = 0$$

以保证模型在受力后,不发生整体移动和转动。

为了保证模型不发生大幅度“漂移”,本文选取模型的两个边角节点作为约束点,规定其在 x 和 y 方向上的位移量均为零,其余各点为自由点。为了计算方便,沿 x 轴和 y 轴将外荷作用力分解成 F_x 与 F_y ,并规定每个节点三次变形增量段的外力分别为该点总外力的80%、15%和5%。

(3) 模拟结果分析:通过在VAX 11/780大型电子计算机上近10个小时的多次模拟试算,取得了较好的成果,试算的目标是使各单元的应力方向和大小与实测的资料趋于一致。在此基础上,绘制了山门银矿区成矿期主应力分布图和最大剪应力(等于1/2差应力

值)等值线图。计算得到的最大主压应力方向主要在 $NE\ 13^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 之间,与野外实测结果基本一致。剪应力值大小的变化具有一定的规律性,在岩石弹性模量较大的地段,形成剪应力高值区,即由西往东剪应力值由强变弱;在破碎带和韧性剪切带中,由于弹性模量较小,泊松比较大,因而剪应力值很低(为 $15 \sim 25\ MPa$),模拟了断层形成后应力释放的状态;由龙王矿段往南西至古洞一带,无论是软弱带还是岩体中,均有剪应力值逐渐增强的趋势,这和实测估算值从北向南逐渐增大的变化完全吻合。可以说,应力场数学模拟的结果是比较令人满意的,为构造成矿预测工作提供了一定的依据。

云南哀牢山北段韧性剪切带型金矿床的变形显微构造

林文信

(云南省地质研究所,昆明 650000)

位于云南中部哀牢山北段的镇源金矿,属于哀牢山韧性剪切带的一个组成部分,矿带的走向亦与哀牢山带一致,呈北西向延伸,长达十多公里。带内的岩石具有强烈的韧性变形特征,同时又经受了构造变质作用,因此,该带岩石在空间分布、变形特征、显微构造及成矿作用等方面皆有其独特性,是一个韧性变形-变质的含金矿带(以下简称韧性变质带)。本文将主要简述其岩石的变形及显微构造特征。

1 区内岩石变形及分布特征

含矿带总体上呈北西向分布,但带内的岩石(层)都被断层分割成大小不等的断块,透镜状或条带状的块体,致使矿区内的岩石完全失去了连续性和完整性。其中尤其以超基性岩最为明显。超基性岩都成了透镜体,与外围呈断层接触,外围的岩石与断层一致呈条带分布。岩石的这种分布特征,从地质图上看酷似显微镜下糜棱岩的“残斑结构”,透镜状的岩块似残斑,周围呈长条状分布的岩石相似于“糜棱基质”形成的线纹状条带。超基性岩的多个透镜体沿断裂断续出露以及细颈状条带,显示了宏观上的“石香肠”构造(附图略)。这些成为“残斑”的坚硬岩块和透镜体,它们的原岩是能干性强的岩石如砂岩、超基性岩,而相似于“基质”的原岩则是能干性弱的泥质岩类岩石。这种由韧性变形变质岩加坚硬岩石残块构成的变形-变质地体,反映了多期变形-变质的特征,也是金矿沉淀、富集的有利部位。同时也可以看出矿区岩石宏观的这种分布特征,与微观的岩石结构有一定程度的相似。

2 韧性剪切变质带的变形显微构造

(1) 拉伸线理:区内糜棱岩及千糜岩中拉伸线理发育,主要以矿物的定向拉长显示出来。在绿泥石英千糜岩中石英形成拉伸线理,碳酸盐中千糜岩中的鲕粒被拉长形成椭圆并定向,硅质糜棱岩中石英集合体形成拉伸线理,构造混杂岩中砾石被拉成透镜体并定向形成拉伸线理。但由于这些岩石又有后期构造的破坏,因此上述这些岩石的拉伸线理已不代表当初的运动方向和矢量。

(2) 压力影:在千糜岩和糜棱岩中压力影发育:千糜岩中主要是黄铁矿成多核晶,两端由丝状的石英充填于影子区。在碳酸盐千糜岩中由鲕粒旋转形成压力影,在糜棱岩中,变余的石英砂粒形成压力影。

(3) 岩石的 S-C 面理组构发育。该区的 S-C 组构不仅在薄片中能观察到,在野外露