

12 — 14 北祁连西段寒山剪切带的变形作用及其与金矿化的关系 * p6.18.511.5 p542.2

吴茂炳

毛景文

杨建民

(甘肃省地质矿产局地质科学研究所·兰州·730000) (中国地质科学院矿床地质研究所·北京·100037)

张招崇

左国朝

(中国地质科学院地质研究所·北京·100037) (甘肃省地质矿产局地质科学研究所·兰州·730000)

寒山金矿床赋存的剪切带有两期变形活动。早期韧脆性变形作用是以位错滑移、双晶作用和重结晶作用等变形机制为主,形成各种类型的片糜岩。在变形过程中,大量流体进行水/岩反应。晚期变形作用以碎裂和破裂机制为主,形成各种脆性裂隙和角砾岩带。在早期开放的变形环境下,有利于成矿热液的活动和富集,是寒山金矿的主成矿期;晚期的脆性变形使金矿进一步富集。

关键词 韧脆性剪切带 变形作用 金矿床 寒山

1 剪切带的区域构造背景和宏观地质特征

寒山金矿床位于北祁连加里东褶皱带的西端,昌马盆地的西部,西侧被 NEE 向的阿尔金断裂所阻隔。断裂构造以 NWW 向和 NEE 向为主。

寒山剪切带发育于奥陶纪下统阴沟群中酸性火山凝灰岩、碎屑岩和玄武质安山岩中,呈 NWW 方向延伸,全长约 10 km,最宽达 500 多 m(图 1)。向西被阿尔金断裂所截,向东延伸逐渐变窄,最后尖灭。南北分别被明茨沟断裂(F_1)和明茨沟北断裂(F_2)所隔。该断层带内构造岩及构造透镜体和不对称小褶皱显示其早期为逆向斜冲运动,晚期为斜向下滑运动。剪切带倾向与断层面倾向一致,倾角 $50^\circ \sim 80^\circ$ 。

2 剪切带的变形期次划分

2.1 早期韧—脆性变形作用

该期变形主要形成了各种类型的片状、千枚状糜棱岩和一些糜棱岩化岩石,以及一些面状、线状构造和褶皱构造。同时,在变形过程中有长英质脉、闪长质脉、石英脉和碳酸盐脉沿片理和破裂理贯入,并遭受较强的变形改造。

片糜岩:主要由中酸性火山熔岩、火山凝灰岩和正常沉积的碎屑岩经变形作用改造而成,岩石中以新生片状矿物的大量出现和石英重结晶为特征,主要岩性有糜棱岩化云母石英片岩、千糜化英安质凝灰岩和绢云母千枚岩等。

糜棱岩化云母石英片岩为鳞片粒状变晶结构。

含石英达 65%,呈细粒状或拉长状,并定向排列。斜长石 10%~15%,定向至半定向排列。云母占 15%~20%,以白云母为主,也呈定向排列。

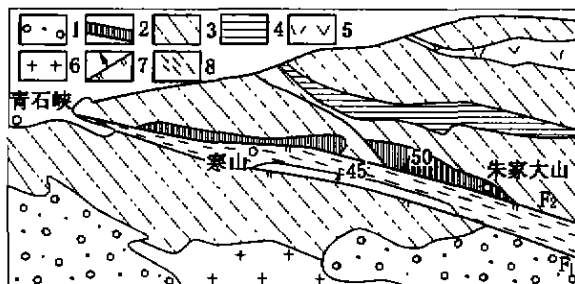


图 1 寒山剪切带地质简图

1—第四系;2—妖魔山组灰岩;3—阴沟群上组中酸性火山岩;
4—阴沟群中组板岩;5—加里东晚期英安岩;6—加里东晚期
斜长花岗岩;7—逆断层;8—剪切带

千糜化英安质凝灰岩为变斑状结构或鳞片粒状变晶结构。变斑晶为斜长石,也见长英质岩屑,含量 5%~15%,呈定向至半定向排列,有的呈眼球状。韧性基质为细粒状长英质矿物,含量 60%~65%,含绢云母、绿泥石和绿帘石等 10%~15%,定向排列。

绢云母千枚岩呈变余斑状结构,基质为显微粒状鳞片变晶结构,千枚状构造。主要矿物为绢云母 65%、石英 30%,少量长石和含铁矿物。石英和绢云母分别以微细的粒状和片状集合体分布为主,定向排列。

上述片糜岩及糜棱岩化岩石是在低绿片岩相条件下发生的韧—脆性变形,其显微组构以机械双晶、变形纹和变形条带等组构为主,常见于石英和长石

本文 1997 年 7 月收到,1998 年 2 月改回,张启芳编辑。

* 为原国家计委科技找矿项目(JC9471902)的部分研究成果。

矿物中,石英晶体中的亚晶粒也较常见,说明该剪切带中存在双晶作用和位错滑移等变形机制。绢云母、白云母和绿泥石等新生片状矿物的大量出现,表明在变形过程中有大量流体的存在。

面状构造和线状构造:面状构造主要表现为由云母和绿泥石等片状矿物定向排列构成的剪切片理,也有折劈理和破劈理发育。破劈理一般平行于剪切片理,密集而平直,为一组透入性剪切破裂面。而折劈理局部发育,改造了同期的剪切片理。

在片状糜棱岩中也发育条带状构造,它们由沿着剪切片理和破劈理贯入的石英脉,长英质岩脉和碳酸盐脉组成,脉体规模不大,一般延伸数米,并遭受韧性变形改造,认为是同构造期分泌的。

在标高 27680 m 的 4 号矿体 I 号矿内,糜棱岩化绢云石英片岩中能清楚看出剪切叶理和糜棱叶理(图 2),沿左旋剪切叶理矿物表现为更强烈的变形,而且剪切叶理改造了糜棱叶理。剪切叶理和糜棱叶理的出现,说明该岩石遭受了较强的塑性变形,也反映了该剪切带的变形是不均一的。

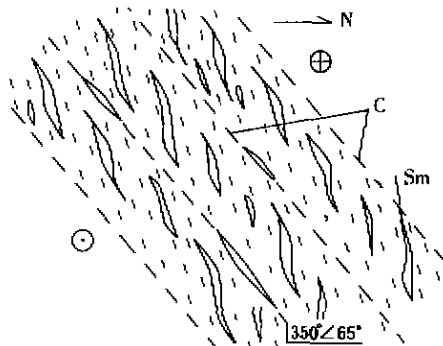


图2 糜棱岩化绢云石英片岩中发育的二组叶理
C—剪切叶理;Sm—糜棱叶理

线状构造主要表现为矿物拉伸线理、石香肠构造、石英杆和窗棱构造。在糜棱岩化长英质岩石中,拉伸线理由石英或长石构成,在片糜岩中,拉伸线理在剪切片理面上发育,主要由绢云母、石英、长石和黄铁矿构成。在剪切片理产状为 $350^{\circ}/65^{\circ}$, $5^{\circ}/70^{\circ}$ 的面上,测得拉伸线理走向为 $235^{\circ}\sim 250^{\circ}$,侧伏角为 $18^{\circ}\sim 30^{\circ}$,表明该剪切带的变形以斜向滑移为主。

石香肠构造、石英杆和窗棱构造是重要的“b”型线理。剪切带内石香肠由石英脉和碳酸盐脉构成,石英杆发育于“b”型小褶皱的转折端,窗棱构造仅见于 12 号矿体南 200 m 的绢云母千枚岩夹粉砂质板岩中,其走向为 275° ,侧伏角 15° 。

褶皱构造:该剪切带内发育“b”型褶皱、鞘褶皱,不规则状的流动褶皱和膝折带。“b”型褶皱以窗棱

构造为代表,露头长 5 m,宽 4 m,褶皱轴面与剪切片理面平等。鞘褶皱仅见于 12 号矿体中,宽约 3 m,在 yz 面上表现为半封闭状褶曲。流动褶皱较常见,由剪切片理,长英质脉和碳酸盐脉变形形成,规模较小,形态很不规则,膝折带由剪切片理弯曲形成,仅局部发育。

2.2 晚期脆性变形作用

由于地壳的不断抬升,该剪切带在近地表的条件下继续活动,发生脆性变形,对早期变形进行改造。主要形成两种裂隙和脆性破裂的构造岩。剪切裂隙以平行于剪切片理的一组为主,其规模较大,中酸性浅成岩脉的走向近北西西,顺该裂隙侵入。张性裂隙横切剪切片理规模也较大,沿此裂隙有石英脉贯入,在剪切带中心部位一般为细晶粒状石英脉(图 2),含铁质硫化物,是品位较高的金矿石。

沿剪切带南缘至 12 号矿体一线,出露宽 175 m 的断层角砾岩带,发育角砾岩和构造透镜体,岩性主要为安山质凝灰岩,安山质熔岩和凝灰质砂岩,粉砂质板岩等,砂板岩中原岩的面貌保存良好。

3 剪切带的变形机制和变形环境

该剪切带内宏观及微观上发育的大量不对称应变组构,如不对称的石香肠,压力影,眼球状构造及不对称的小褶皱等,表明其变形作用是非共轴的。在 Flinn 图解上,各类糜棱岩的投点都落在 $K=1$ 的直线偏下方不远处,其 x/y 和 y/z 值在 1~3 范围内,表明其变形以简单剪切作用为主,也存在一定的压扁作用。

早期显微变形机制以位错滑移双晶作用、重结晶作用为主,变形过程中有大量热流体的参与,表现为岩石普遍发生绿泥石化、绢云母化和硅化,而黄铁绢英岩化和云英岩化与矿化关系十分密切,其发育部位就是矿体。晚期的变形机制以碎裂作用和显微破裂作用为主,该期的石英脉沿着这些张性裂隙贯入,使金矿进一步富集,形成石英脉型的富矿石。

此次工作用亚颗粒粒径和重结晶颗粒粒径对早期变形岩石的差异应力进行了计算。亚颗粒粒径用直接量取法。动态重结晶颗粒粒径用 Etheridge 等(1981)公式 $D = K(L/n)$ 计算求得平均粒径。经计算,两种方法所得的应力值接近,说明该剪切带曾遭受了 71 MPa~194 MPa 差异应力的变形作用(表 1)。该值与怀柔大水峪剪切带的值 77 MPa~186 MPa 接近^[1]。

寒山剪切带的变形是在低绿片岩相条件下形成

的,同构造新生矿物组合为:绢云母、白云母、绿泥石等。李树勋等(1988)^[2]认为初—脆性变形变质带是在低绿片岩相条件下形成的,其形成温度为 300℃~360℃。经对比国内外一些研究程度较高的剪切带,我们认为寒山剪切带形成温度估计 250℃~350℃,形成深度约 10 km 左右。晚期变形作用是在近地表条件下发生的,温度应更低。

表 1 寒山剪切带差异应力值计算

采样位置	亚颗粒粒径(μm) ($\pm$ 标准偏差)	差异应力 (MPa) ^①	重结晶颗粒 粒径(μm)	差异应力 (MPa) ^②
外带	1.5(± 0.21)	76.7	23.2(± 5.6)	71
内带	0.6(± 0.11)	191.7	5.3(± 1.2)	194

①亚颗粒粒径(D):差异应力($\sigma_1 - \sigma_3$) = $115D^{-1}$ (Mercier et al., 1977)^[3]; ②重结晶颗粒粒径(D):差异应力($\sigma_1 - \sigma_3$) = $603D^{-0.68}$ (Twiss, 1977)^[4]。

4 变形作用与金矿成矿作用的关系

寒山金矿严格受剪切带的控制,目前仅限于明茨沟西段约 5 km 范围内,东部的朱家大山南及西部的青石峡一带有矿化线索。在剪切带内初—脆性变形作用强、片理化发育的地段,岩石普遍发生绿泥石化、绢云母化、硅化、云英岩化和黄铁绢英岩化等,其中后二种蚀变与矿化关系十分密切。糜棱岩化英安质凝灰熔岩,糜棱岩化英安岩、千糜化英安质凝灰岩和绢云母千枚岩等受早期初—脆性变形的岩石本身皆属含金矿化带范畴。

晚期脆性变形主要形成各种张裂隙和角砾岩带。张裂隙中充填的石英脉和破碎带中的碎裂岩是主要金矿石。同时,在近地表的氧化条件下,使金进一步富集,并生成了黄钾铁矾、孔雀石、水绿矾、褐铁矿和臭葱石等次生矿物。黄钾铁矾化是最明显的找

矿标志。

5 结论

(1)寒山剪切带有两期变形,早期为初—脆性变形,差异应力 71 MPa~194 MPa。变形机制以双晶作用,位错滑移和重结晶作用等为主。变形过程中有大量流体的参与,为开放系统。晚期是在近地表条件下发生的,变形机制以碎裂作用和破裂作用为主;(2)由于地壳不断抬升,剪切带内表现为早期形成糜棱岩化岩石和片糜岩,晚期为角砾岩和碎裂岩,早期岩石受到后期的改造,共同组成蚀变—破碎岩带。其内部的宏观和微观运动学标志显示其变形作用为左旋,早期表现为逆—平移剪切作用,晚期在重力作用下有斜向下滑及平移迹象;(3)剪切变形对金成矿有着十分重要的意义。早期的初—脆性变形作用改变了岩石建造的物化条件,有利于成矿元素的活化迁移和富集,是金的初步富集期,晚期的脆性变形和表生作用使金元素进一步富集,构成金矿体;(4)在本区外围开展金矿找矿普查时,应注意初—脆性剪切变形地带的找矿工作。就寒山剪切带而言,其走向上及深部找矿工作应予以重视。

参考文献

- 1 郑亚东,等.岩石有限应变测量及韧性剪切带.北京:地质出版社,1985
- 2 李树勋,等.韧性剪切带特征及金矿化关系.中国地质,1988(5):19~22
- 3 Mercier J C C, et al. Stress in the lithosphere: inferences from steady state flow of rocks. Pure Appl Geophys, 1977, 115, 199~226
- 4 Twiss R J. Theory and applicability of recrystallized grain size paleopiezometer. Pure Appl Geophys, 1977, 115, 227~244

DEFORMATION OF THE HANSHAN SHEAR ZONE AND ITS RELATIONSHIP TO GOLD MINERALIZATION IN WEST PART OF NORTH QILIANSHAN

Wu Maobing, Mao Jingwen, Yang Jianmin, Zhang Zhaochong, Zuo Guochao

The shear zone hosting the Hanshan gold deposit indicates two periods of deformation. Early ductile deformation is characterized by dislocation glide, twinning displacement and recrystallization, forming schist and mylonite. A great amount of fluid took part in water/rock reaction during deformation. Late period of deformation is characterized by cataclasis and breakage forming varied sorts of brittle fractures and breccia zones. The early deformational environment was favourable for movement of ore-forming hydrothermal solution and precipitation of gold and other metals. The late brittle deformation caused gold to be enrichment again.

Key words ductile-brittle shear zone, deformation, gold deposit, Han shan

第一作者简介:

吴茂炳 男,1964年生。1988年毕业于兰州大学地质系,1991年在西北大学地质系获硕士学位。主要从事构造与成矿学的关系和气体地球化学的科研工作。

通讯地址:甘肃省兰州市 中国科学院兰州地质研究所气体地球化学实验室 邮政编码:730000

