

鲁西地区韧性剪切带 显微构造研究及岩组分析

张拴宏 周显强

(中国地质科学院地质力学研究所 北京 100081)

摘 要 通过对鲁西地区韧性剪切带显微构造及岩组特征等的研究,认为该区韧性剪切带具有多期次、多方向、多性质的变形特点,韧性变形主体具有右行剪切性质,最大主压应力方位为 NE-NEE。从岩组分析结果可知,区内岩石韧性变形较强,并且复杂,变形以压剪性变形为主,石英变形机制主要为柱面滑移,韧性变形时温度较高。石英自由位错密度法应力估算结果说明,区内最大差应力为 75.4 MPa,平均值 68.45 MPa,金矿体的赋存与构造应力的关系无直接关系,但与变形强度直接相关。

关键词 韧性剪切带,显微构造,岩组分析,构造变形,鲁西

1 区域地质概况

鲁西地区地处华北陆块的东南缘,郯庐断裂带西侧。区内出露的地层主要有中太古宇沂水岩群麻粒岩,晚太古宇泰山岩群斜长角闪岩、角闪变粒岩、黑云变粒岩、二云变粒岩、变质砾岩、斜长角闪片麻岩、含铁石英岩及其它变质中酸性火山岩;太古宙侵入岩有紫苏花岗岩、奥长花岗岩、云英闪长岩、石英闪长岩、片麻状花岗岩、闪长岩、辉长岩等;早元古代侵入岩有黑云闪长岩、黑云石英闪长岩;中元古代侵入岩有辉绿岩、辉长岩、伟晶岩和细晶岩;另外区内还存在一些后期侵入的花岗斑岩、闪长玢岩等(图 1)^[1]。

在鲁西泰山-新甫山-蒙山断块凸起区内呈北西向展布的下港-化马湾-蒙山构造活动带,是韧性剪切带、断裂活动带、岩浆及热液长期活动、多次叠加的复杂构造带。该带断续长 160 km,并保存了相对完整的绿岩带。沿此带分布有规模较大的以金为主的多元素组合异常,初步证实与含金蚀变矿化有关。区内的已知金矿有化马湾、岳庄、埠洼等,均分布于韧性剪切带或其附近。

分布于韧性剪切带内的岩石,普遍遭受不同程度的糜棱岩化,主要有糜棱岩化的云英闪长

收稿日期 1998-11-16 改回日期 1999-01-04

第一作者简介:张拴宏,男,1974年5月出生。中国地质科学院硕士研究生,金矿构造及成矿规律。

山东省地质科学实验研究院.鲁西地区绿岩带型金矿地质特征及成矿预测研究设计书.1997

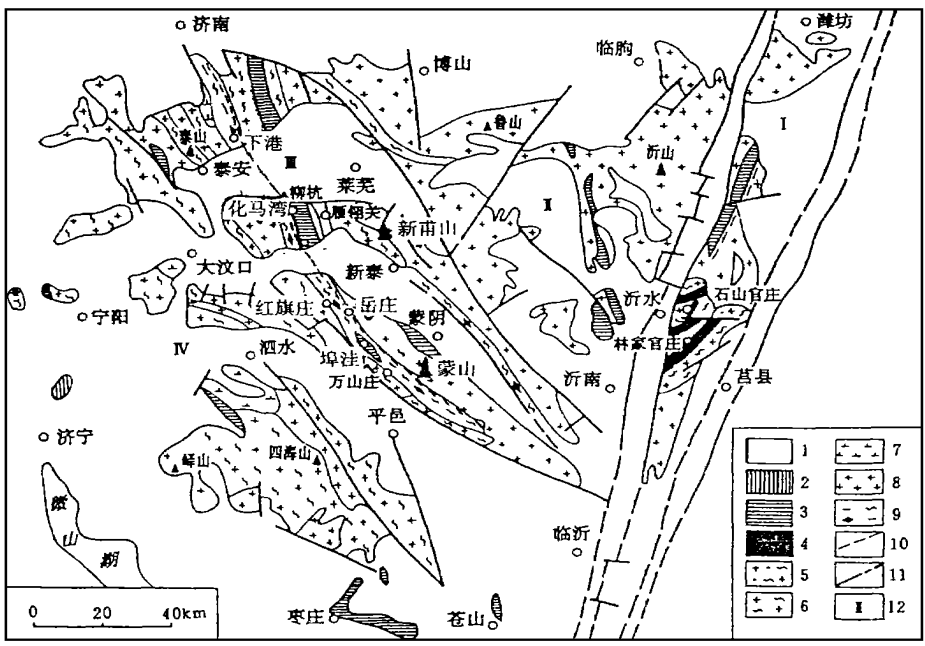


图 1 鲁西早前寒武纪(岩)层及侵入岩分布图(据曹国权,有修改,1996^[1])

Fig 1 Early Precambrian geological map of west ren Shandong

(modified after Cao Guoquan, 1996)

- 1. 新生界-上元古界 2. 济宁岩群 3. 泰山岩群 4. 沂水岩群 5. 沂水期紫苏花岗岩 6. 新甫山期 TTG 岩类 7. 中天门期闪长岩类 8. 傲来山期二长花岗岩类 9. 构造糜棱岩 10. 韧性剪切带 11. 断层 12. 构造分区

岩、糜棱状花岗岩、石英片岩、滑石片岩等。

2 韧性剪切带显微构造特征研究

在研究区内韧性剪切带发育的糜棱岩,由于所处构造部位的不同及岩性的差异,糜棱岩化的程度有明显的不同,从而表现出不同的显微构造特征。

(1) 石英的波状消光及变形纹。在二长花岗岩、糜棱状花岗岩、云英闪长岩中,常见到石英的波状消光,显示石英是经历了韧性变形改造的。在奥长花岗岩中,可见到明显的石英变形纹,反映在构造应力作用下石英晶格受到歪曲所至^[2](图 2-a)。

(2) S-C 组构:为糜棱岩最显著的特征之一。区内所见岩石中 S-C 组构主要有角闪石、白云母、黑云母、石英等组成,且多反映了右行剪切的运动性质(图 2-b)。

(3) 动态重结晶的石英颗粒。镜下观察表明,虽然区内岩石中早期可能存在较多的动态重结晶颗粒,但后期多静态恢复,恢复后颗粒粒度明显增大,边界也变得平直,薄片中共存在少量

动态重结晶颗粒残留。

(4) 眼球状构造及核幔构造。眼球体一般由石英组成,呈强烈破碎状,周围为糜棱基质所包围,反映岩石曾受到了较强的挤压应力作用(图 2-c)。在糜棱状花岗岩中,可以看到由变形的石英核和周围细小的动态重结晶颗粒(大部分已静态恢复)组成的核幔构造(图 2-d)。

(5) 旋转碎斑系。薄片中所见旋转碎斑主要由辉石、石英、长石等(图 2-e)组成。由不对称旋转碎斑判断的剪切指向,既有右行,又有左行,但以右行为主。

(6) 扭折和扭折带。这类构造主要发育于云母类矿物中,表现为云母解理面的弯曲(图 2-f)。另外薄片中也可见到由近定向排列的绿色普通角闪石所形成的扭折带(图 2-g)。

(7) 云母鱼构造。是一种特殊的 S-C 组构。由云母鱼头尾的延伸方向可以推断出区内岩石右行剪切的运动性质。(图 2-h)。

(8) 书斜构造。在云英闪长岩中,可以看到由黑云母受到剪切应力作用所形成的书斜构造,指示右行剪切的运动性质(图 2-i)。

(9) 显微错动构造。在糜棱状花岗岩中,可以看到褐铁矿脉被糜棱面理左行错动;在云英闪长岩中见到定向排列的绿色普通角闪石被右行错断;含铁石英岩中绿泥石条带被右行错动而呈雁列式(图 2-j)。这一现象说明区内韧性剪切变形之后有非常复杂的脆性变形存在。

(10) 溶蚀构造。在大的绿色普通角闪石中可以看到断续分布的石英和磁铁矿,很可能是在韧性剪切过程中较高的温压条件下,角闪石发生溶蚀作用所形成^[4]。在云英闪长岩中,可以看到残缺不全的白云母,中间为溶蚀产物石英,在云母周围也可见到一边平直的半圆形石英,系剪溶成因(图 2-k)。这些现象说明,在韧性剪切变形时热液活动是很明显的,这也是促使区内金矿形成的一个重要因素。

(11) 斜长石双晶的弯曲。由于长石的塑性变形,导致了长石双晶纹的弯曲,由双晶纹的弯曲方向可以判断韧性剪切运动的指向(图 2-l)。

从对本区岩石显微构造特征及其成因机制的粗略分析中,可知区内岩石的韧性变形是非常明显的。镜下判断的剪切指向既有右行,又有左行,但以右行为主。说明剪切变形虽然是复杂的,但主体上为右行剪切,在韧性变形的某一时期、某一部位可能存在左行运动。由镜下观察结合野外宏观地质构造特征,可知区内韧性变形时曾受到了近 NE-NEE 向的挤压应力作用,形成了近 NW 向展布的韧性剪切带。

3 韧性剪切带 X 光岩组分析

本次研究中所采集的定向标本,除了韧性剪切带内的构造岩外,同时为了研究区内后期变形特点并与前者进行了对比,还采集了少量岩脉(或岩体)的标本。所有标本均磨制定向水平切片,用 X 光测定其某一晶面的优选方位,利用计算机绘制岩组图(图 3),岩组图反映的特征如下:

(1) 二长花岗斑岩显示均匀组构(图 3-a),而闪长玢岩脉则显示出极低的极密(最大 1.5%)(图 3-b),与这些岩石形成较晚(韧性变形之后)的事实相吻合。这一事实也说明,区内

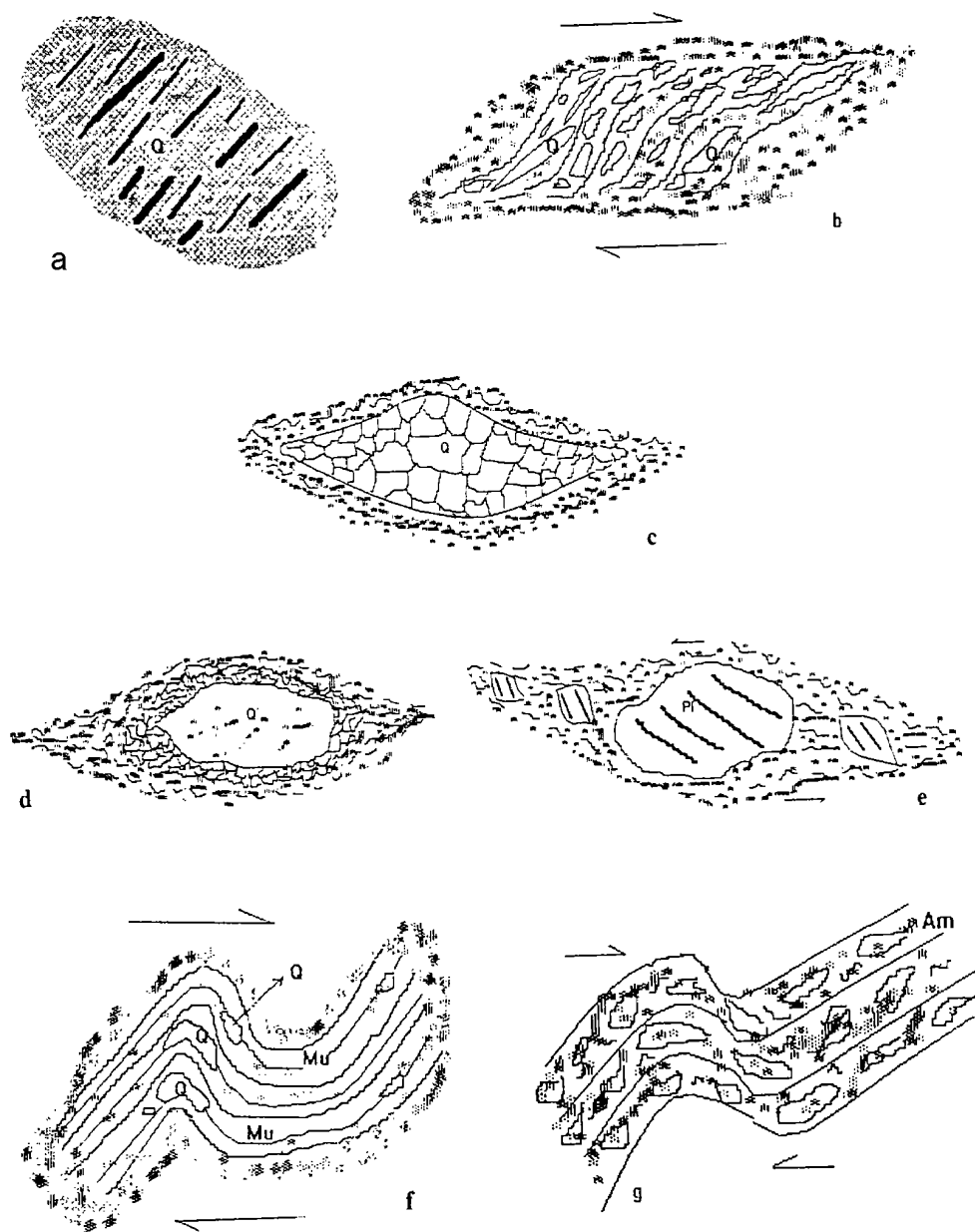
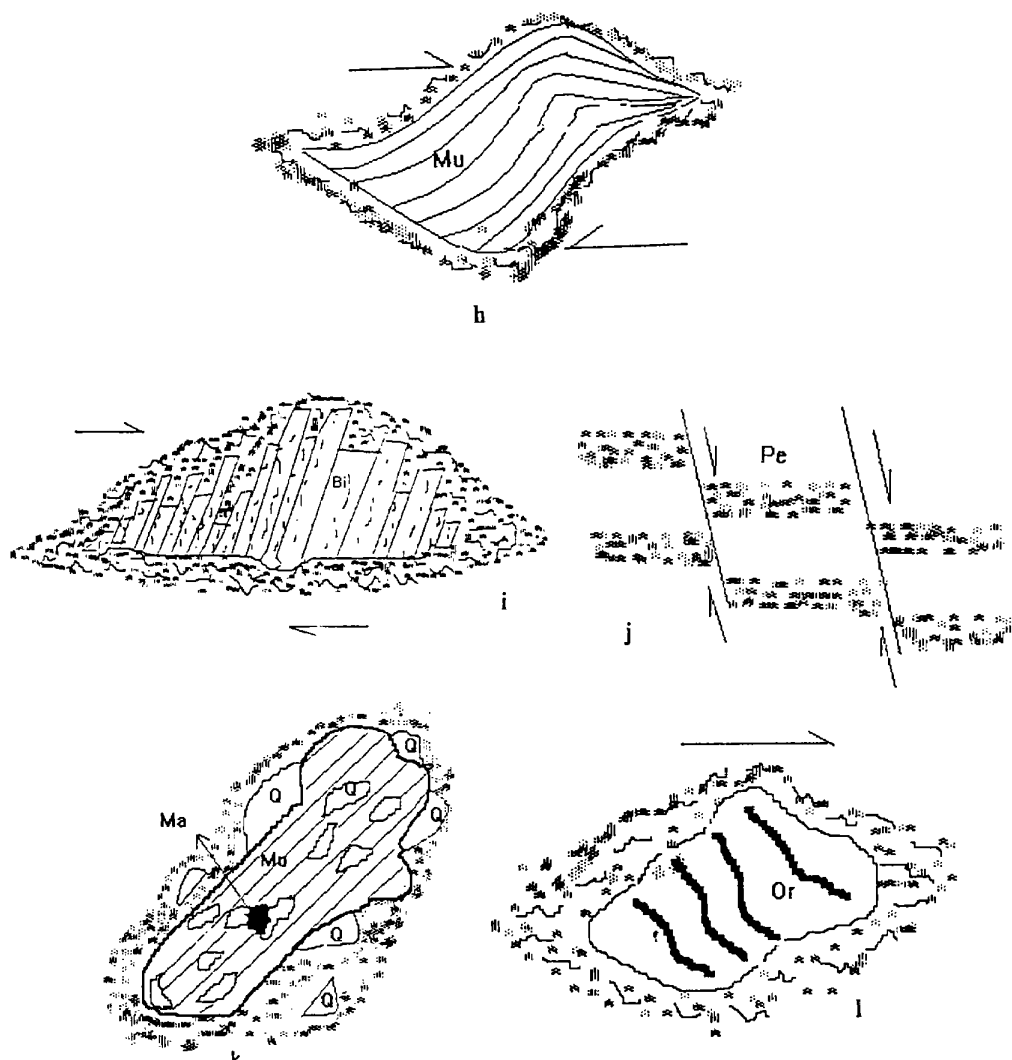


图2 鲁西地区显微构造素描图

Fig 2 Schematic diagram of microstructure in western Shandong

a. 石英变形纹 b. S-C 组构 c. 眼球状构造 d. 核幔构造 e. 旋转碎斑系 f. g. 扭折带 h. 云母鱼 i. 书斜构造
j. 后期显微错动脉 k. 溶蚀构造 l. 斜长石双晶纹的弯曲

M.a. 磁铁矿 Mu. 白云母 Bi. 黑云母 Am. 角闪石 Pl. 斜长石 Pe. 绿泥石 Q. 石英 Or. 正长石



续图 2

后期无大的韧性变形, 岩石变形以脆性为主。

(2) 晶面岩组图常表现出多个大圆环带, 转换成光轴图后出现多个极密, 极密度不高($< 5\%$), 反映了区内岩石韧性变形的多期次性^[4]。

(3) 石英等矿物光轴组构多为三斜对称, 少数为单斜或轴对称, 反映了多方向、多性质、多期次应力作用下的复杂变形^[4-5], 这与野外所见韧性剪切带宏观特征(糜棱面理发育、线理不发育, 剪切运动方向既有左行又有右行)相符合。

(4) 将变形岩石中石英晶面极图转变成石英光轴方位图后可发现, 多数样品的石英光轴点极密接近或平行于面理, 这种组构类型反映石英以柱面滑移为主的变形机制, 代表高温条件下的韧性变形^[6]。

(5) 由石英光轴及白云母节理与构造面理所夹锐角判断, 剪切运动的方向既有右行也有左

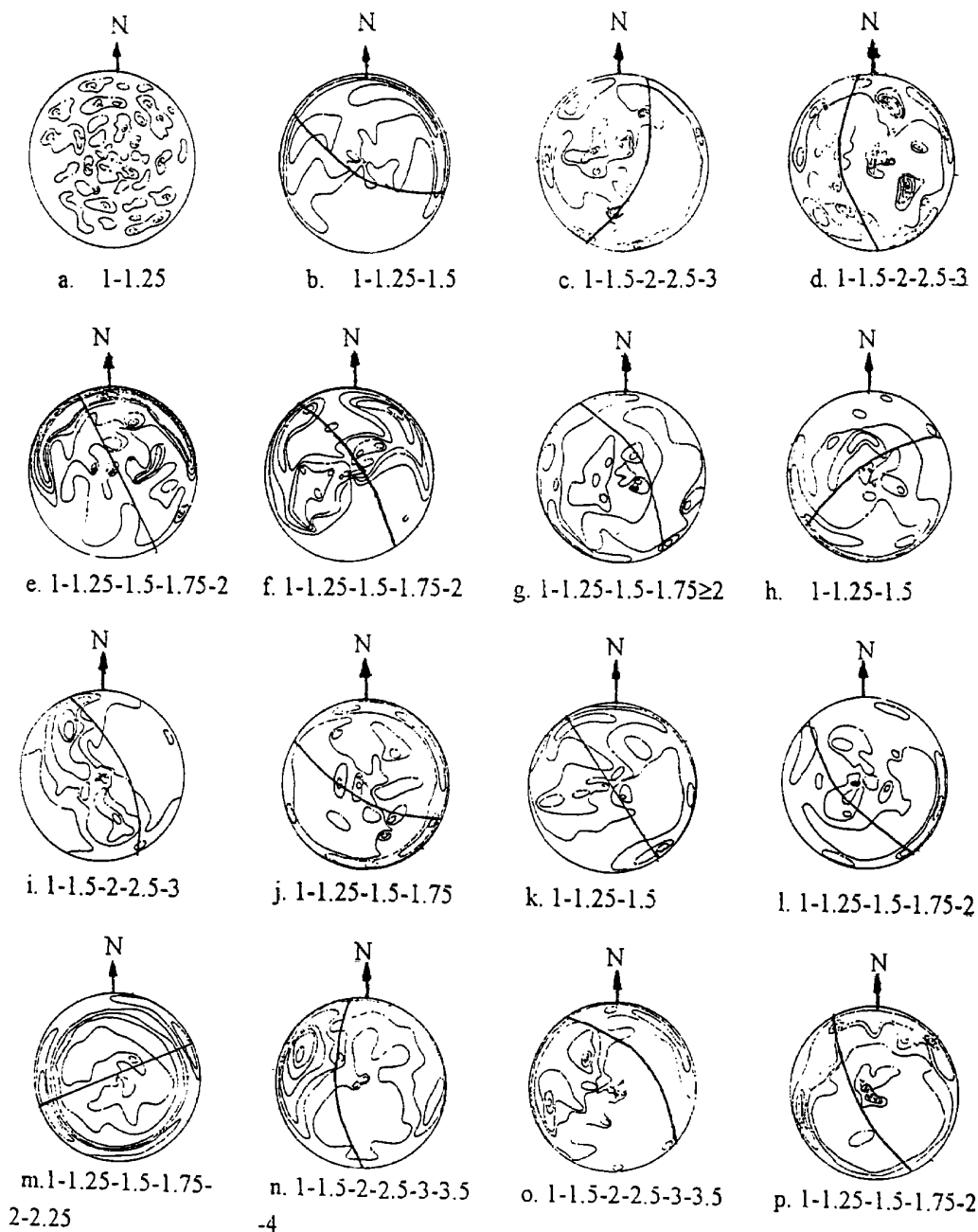


图3 鲁西地区X光岩组图

Fig 3 X-ray petrofabric diagram in western Shandong

a, c, d, g, h, j, k, l, o, p. 石英(1120)晶面 m. 方解石(1120)晶面 e. 辉石(310)晶面 i, n. 角闪石(310)晶面
b, f. 云母(110)晶面

行但以右行为主,与野外及镜下观察结果相一致。

总之,区内岩组分析结果表明,岩石变形以压剪性变形为主,韧性剪切变形时温度较高。同时分析结果也显示区内韧性变形相对较早,并且比较复杂,具有多期次、多方向、多性质的特点,但韧性变形时最大主压应力主体方位为 NE-NEE 向。

4 韧性剪切带中构造应力大小的估算

为了研究区内构造应力的 大小,空间分布规律及其与成矿的关系,特选择一些样品,用石英位错密度法来估算古构造应力的 大小,其中石英自由位错密度法所采用的公式为:

$$\sigma = 1.64 \times 10^{-4} \rho^{0.66} \text{ (McCormick 等, 1977) }^{[7]}$$

式中位错密度 ρ 是以每单位面积内的位错数来确定的, σ 的单位为 MPa, ρ 的单位为 cm^{-2} 。估算的应力值如表 2 所示。

表 2 利用石英自由位错密度法估算的差应力值
Table 2 Differential stress values of free dislocation density of quartz

标 本 号	采 样 地 点	岩 石 名 称	差应力值/MPa	平均差应力值/MPa
970629—2	化马湾金矿	石英片岩	75.4	68.45
970624—6	雁翎关	奥长花岗岩	72.1	
970626—1	岳庄金矿	云英闪长岩	68.5	
红—1	红旗庄金矿	石英片岩	57.8	

测试单位:中国地质大学(北京)岩石圈构造与地球动力学开放研究实验室

- 从表中估算结果可以看出,区内构造应力(差应力)大小分布有如下规律:
- (1) 沿韧性剪切带西北部(化马湾、雁翎关)构造应力较大,东南部(岳庄、红旗庄)则较小,反映区内构造应力大小有从北西向东南递减的趋势。
 - (2) 岩性相同、构造变形接近,但位于不同地区的岩石(如区内化马湾金矿石英片岩与红旗庄金矿石英片岩),所测构造应力大小有所不同。说明构造应力大小是决定变形的一个因素,但不是唯一因素,岩石的变形行为还受到区内热力学条件及变形时间的影响。
 - (3) 金矿的形成与构造应力的 大小无直接对应关系,但与岩石变形强度密切相关。化马湾石英片岩、岳庄云英闪长岩、红旗庄石英片岩均具有明显的变形,而这些地区均有金矿体存在,说明变形强烈地带是金矿体的有利赋存地段。
 - (4) 与脆性断裂带(如中国的阿尔金断裂带,王小凤等 1984^[8]测得石英自由位错密度 $\rho = 6.72 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}$,由上述公式求得 $\sigma = 109 \text{ MPa}$)区相比,韧性剪切带地区的构造应力是比较小的,这一点与韧性剪切带形成深度较大及构造应力由地表向地下深处逐渐递减的规律是非常吻合的。

5 结论及认识:

通过对区内构造微观及宏观特征的研究,可以得到如下结论及认识:

(1) 在鲁西太古代地层(同位素年龄 25~30 亿年)中存在着明显的韧性剪切带,该剪切带近北西向展布,断续延长 160 km。

(2) 显微构造、岩组分析及野外观察都证明,区内韧性变形性质复杂,但总体以右行剪切为主,挤压应力近 NE~NEE 向。

(3) 岩组分析结果说明,区内岩石变形中石英以柱面滑移为主,反映了区内韧性变形时温度较高。

(4) 由差应力估算结果可知,差应力平均值为 68.45 MPa(石英自由位错密度法),比一般脆性断裂带(如中国的阿尔金断裂带)偏低,证明了韧性剪切带形成深度较大及构造应力从地表向下逐渐递减的规律。同时估算结果也显示了区内构造应力由西北向东南逐渐递减的规律。

(5) 区内韧性剪切带对金矿的形成有明显的控制作用,即韧性变形强烈的区域是矿体赋存的有利场所,但构造应力的大小与矿体则无直接对应关系。

致谢:文中部分资料来自山东省地质科学实验研究院《鲁西地区绿岩带型金矿地质特征及成矿预测》项目,在此表示衷心的感谢。另外在岩组图解释过程中得到了孙恺荪高级工程师的指导,文章及图件打印得到了王书兵工程师的大力协助,在此谨致谢意。

参考文献

1. 曹国权,等.鲁西早前寒武纪地质.北京:地质出版社,1996
2. 钟增球,等.构造岩与显微构造.武汉:中国地质大学出版社,1991
3. 杨承运.光性矿物学教程.北京:地质出版社,1989
4. 钱光谟,等.河北三家金矿区构造研究及找矿方向.矿床地质,1993,12(2):156~167
5. 何永年,等.构造岩石学基础.北京:地质出版社,1988
6. 陈柏林,等.构造地质研究中应用 X 光岩组方法需注意的几个问题.地质力学学报,1996,2(4):73~79
7. 万天丰.古构造应力场.北京:地质出版社,1988
8. 王小凤,等.阿尔金断裂带中乌苏肖变形石英的位错组态特征和差应力值的估算.中国地质科学院地质力学研究所所刊,1985,(5):145~149

MICROSTRUCTURE STUDY AND PETROFABRIC ANALYSES OF THE DUCTILE SHEAR ZONES IN WESTERN SHANDONG

Zhang Shuanhong Zhou Xiangqiang

(Institute of Geomechanics, CAGS, Beijing, 100081)

Abstract

From microstructure study and petrofabric analysis of the ductile shear zones in western Shandong, we found that the deformation in the ductile shear zones is in polyphase and poly-direction, but the major part of the deformation is right-handed, and the direction of the maximum compressive stress is nearly NE~NEE. The results of petrofabric analysis show that: (1) quartz in the rocks was deformed by prism slip, so the temperature was very high during the ductile shear deformation; (2) the deformation in the area is very complex, and the deformation of rocks is mainly compressive shear deformation.

The differential stress values of free dislocation density of quartz in the area suggest that the maximum differential stress value is 74.5 MPa, and the average differential stress value is 68.45 MPa. Compared with the differential stress values in many brittle faults (such as Altun fault in China), the differential stress value in the area is a little lower, which is correspondent to the fact that the ductile shear zones formed in deep area and the differential stress decreases from the surface to the depth.

Key words ductile shear zones, microstructure, petrofabric analysis, structural deformation, western Shandong

天津市石头城有限公司简介

天津市石头城有限公司是以珠宝行业为主的新型企业。现在石头城拥有自己的珠宝鉴定中心, 珠宝金店和珠宝镶嵌厂。鉴定中心由世界知名学者, 高级宝玉石专家主持珠宝鉴定咨询工作, 利用电子探针等先进仪器为顾客提供权威的珠宝咨询鉴定服务。石头城公司还拥有自己的珠宝金店, 主要经营天然珠宝首饰, 品种有高档的钻石, 红蓝宝石, 祖母绿, 金绿宝石, 翡翠等。石头城有限公司从国外引进一套 18K 珠宝首饰镶嵌加工设备, 现已具备批量生产加工镶嵌珠宝首饰的能力。如今石头城镶嵌的珠宝首饰无论从款式或质量方面堪称上乘, 得到广大用户的好评。

石头城有限公司是一个真正由科技人员开办的企业, 从董事长, 总经理到部门经理均由教授、高工、工程师担任, 他们把本身掌握的专业技术知识用于商业, 奉献给广大珠宝消费者, 让顾客买到称心如意的珠宝首饰。