

磁组构分析在韧性变形带研究中的应用

马天林 王连庆 孙立倩 舒 斌

(中国地质科学院地质力学研究所,北京,100081)

摘 要 本文系新疆东天山土屋铜矿一带韧性变形带磁组构研究成果。笔者通过该区 600 km² 系统的磁组构测量工作,查清了韧性变形带的结构和变形特征以及土屋大型铜矿床产出的构造部位,为找矿工作的区域展开提供了比较确切的构造背景资料。从而表明,磁组构分析方法在韧性变形带研究中是行之有效的方法手段之一。

关键词 磁组构 韧性变形带 土屋铜矿

Application of Magnetic Fabric Analysis to the Ductile Deformation Belt in the Tuwu Copper Deposit, East Tianshan, Xinjiang

MA Tianlin WANG Lianqing SUN Liqian SHU Bin

(Institute of Geomechanics, CAGS, Beijing, 100081)

Abstract Based on the measurement of 600 km² magnetic fabrics in the Tuwu copper deposit, East Tianshan Mountains, Xinjiang, the authors divided the study area into the southern strong ductile deformation domain and the northern weak domain according to values of the magnetic anisotropy. The measurement results show that the southern deformation domain is dominated by flasers, while the northern one is characterized by plane strain and contraction strain besides the flasers. It is pointed out that the ductile deformation belt consisting of a series of parallel compressive schistosity is a ductile compressive belt derived from coaxial deformation instead of a ductile shear belt. The Tuwu, Yandong and Linglong copper deposits and the Longxi gold ore spot occur in the local small deformation zones of the northern weak deformation domain, showing the marginal ore-forming features in the regional large ductile compressive belt.

Key words magnetic fabric ductile deformation belt Tuwu copper deposit

1 方法

岩石磁组构指岩石内部磁性矿物颗粒或晶格的定向性,其物理实质是磁化率各向异性,由于它保留有岩石变形变质、成岩环境信息,可用于构造应变和环境科学研究中。国内外在构造地质、矿床地质、石油地质、水文地质和环境科学等方面已取得许多成功实例。

磁组构测量分析方法作为一种地质分析工具,最早由 Graham(1954)提出,他指出“几乎所有的岩石都可以观察到磁各向异性,岩石的磁化率椭球可以反映岩石铁磁性颗粒长轴的主要分布方向,与变质的叶理及线理方向存在对应现象。”

由于岩石磁化率椭球与应变椭球具有“等价性”,因此磁组构分析是一种快速应变分析手段,可从定量方面厘定韧性变形带的分布、中心、组构、剪切向及应变类型等岩石应变的基本特征。

2 步骤

2.1 采样与测试

研究区位于哈密市土屋铜矿一带,西起沟权山,东达赤湖,长 60 km、宽 10 km,横跨康古尔大断裂两侧(图 1)。

以 3~5 km 间距布置 15 条采样剖面,以 500 m 间距取样 270 件,试样采自石炭系企鹅山群、干墩组砂岩和火山岩、华力西期各类侵入岩、铜矿石等。

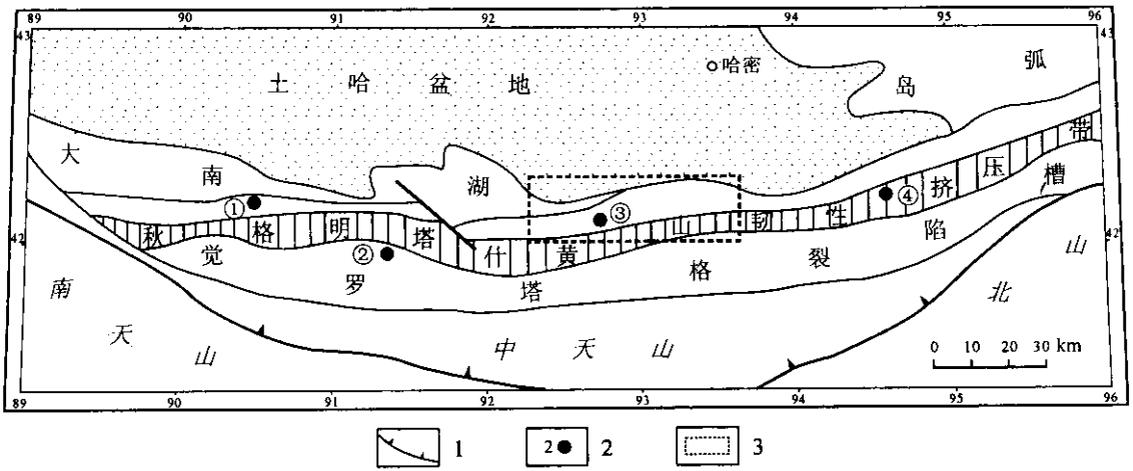


图1 研究区大地构造位置图

Fig.1 A tectonic sketch map of the working area

1-板块缝合线 2-矿床及编号 3-研究区位置矿床 ①-小热泉子铜矿 ②-康古尔金矿 ③-土屋铜矿 ④-黄山铜镍矿
 1-plate suture line 2-deposit and its serial number 3-position in the working area
 deposit ①-Xiaorequanzi copper deposit ②-Kanggure gold deposit ;
 ③-Tuwu copper deposit ④-Huangshan Cu-Ni deposit

试样由中国地质大学(北京)古地磁实验室侯国良教授主持测试,共测得磁组构数据4 050项,磁面理图265个。

2.2 数据处理与制图

磁组构测试数据经处理获得如下反映变形特征参数:

平均磁化率: $K = (K_1 + K_2 + K_3) / 3$

磁化率各项异性度: $P = K_1 / K_3$

磁面理: $F = K_2 / K_3$

磁线理: $L = K_1 / K_2$

磁化率椭球的扁率: $E = (K_2)^2 / K_3 \cdot K_1$

磁化率椭球的形状因子: $T = (2\eta_2 - \eta_1 - \eta_3) /$

$(\eta_1 - \eta_3)$

K_1, K_2, K_3 为最大磁化率、中间磁化率和最小

磁化率, η_1, η_2, η_3 为主磁化率自然对数。

根据磁组构参数绘制如下图件:

(1) 韧性变形带分布图: 根据磁各向异性度 P 大于等于 1.10 和 P 等于 1.06~1.09 两项指标, 分别圈定强、弱韧性变形域 (陈柏林, 1997)。

(2) 磁组构参数剖面曲线图: 根据各采样剖面点的 P, T, E, L, F 数据绘制剖面曲线。

(3) 付林图: 根据 L, F 数据投点绘制测区付林图解。

3 结果

3.1 韧性带结构的厘定

根据岩石磁组构参数绘出的韧性变形域分布图和剖面曲线图如图2、图3。

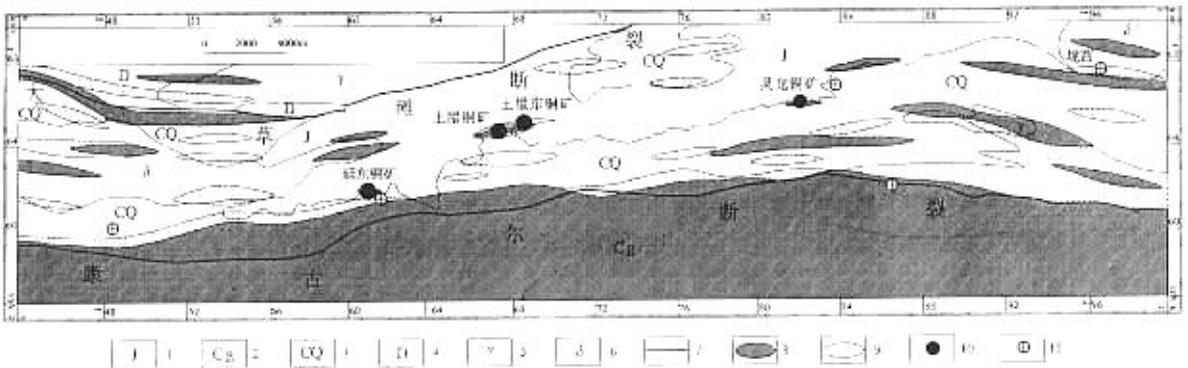


图2 土屋铜矿一带韧性变形带分布图

Fig.2 Ductile deformation belts in the Tuwu copper deposit area

1-侏罗系 2-上石炭统干墩组 3-中石炭统企鵝山群 4-泥盆系 5-花岗岩 6-闪长岩;
 7-断裂 8-强韧性变形域 9-弱韧性变形域 10-铜矿床 11-金矿点

1-Jurassic 2-Gandun Formation of Upper Carboniferous 3-Qi'eshan Group of Middle Carboniferous 4-Devonian 5-granite 6-diorite ;
 7-fault 8-strong ductile deformation domain 9-weak ductile deformation domain 10-copper deposit 11-gold ore spot

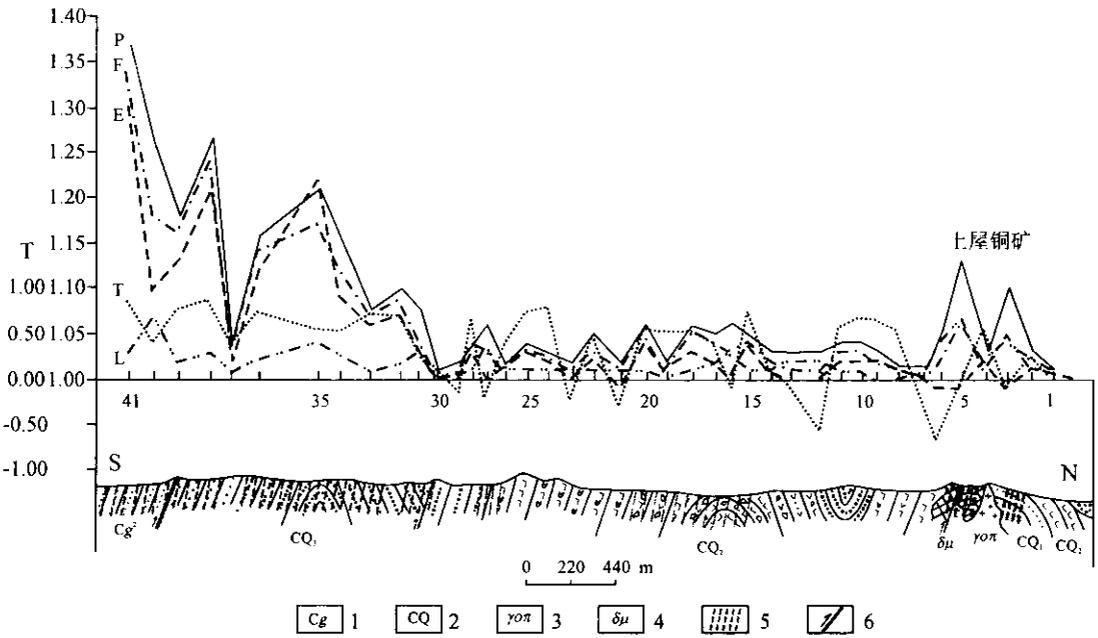


图 3 土屋铜矿床磁组构参数剖面曲线图

Fig. 3 Curves of magnetic fabric parameters at the Tuwu copper deposit

1-上石炭统干墩组 2-中石炭统企鹅山群 3-斜长花岗斑岩 4-闪长玢岩 5-逆断层 6-韧性挤压带
 1-Gandun Formation of Upper Carboniferous 2-Qi 'eshan group of Middle Carboniferous 3-plagiogranite-porphry ;
 4-diorite pophyrite 5-thrust 6-ductile compressive belt

由图可见：

(1) 测区韧性变形域明显分南北两部分，南部为强韧性变形域，北部为弱韧性变形域。二者的分界线位于康古尔大断裂一带。

(2) 南部强韧性变形域中，以 P 大于等于 1.10 的测点连续成片分布为特征， P 值多在 1.20~1.30 间，最大达 1.59。磁组构剖面曲线呈明显高值“台阶”，北部弱韧性变形域由大小不等的 30 个 P 大于 1.06 的局部窄带状或扁豆状变形体平行间列组成，磁组构剖面曲线为仅有局部高值的低值“台阶”，以大面积无变形域与中等—弱变形域相互参杂分布为特征。总体显示该区韧性变形由南向北逐渐减弱的构造边缘过渡带格局。

区域构造对比研究表明，测区处于东天山中部秋格明塔什-黄山大型韧性变形带的北部边缘地带，南部强带和北部弱带分别隶属于该大型韧性带的主变形带和边缘影响带。

(3) 强韧性带主体发育于上石炭统干墩组复理石，其边缘波及中石炭统企鹅山群砂岩，弱韧性变形带主体发育于企鹅山群火山岩系，向北亦波及到泥盆系。作为地层分界的康古尔大断裂大体构成强、弱韧性带分界线，大草滩断裂一线没有发生强烈韧性变形。

(4) 土屋、延东、灵龙斑岩铜矿床均处于北部弱

韧性变形域，矿带产于局部韧性变形带内，南部强变形带没有矿床(点)分布。

3.2 韧性带应变类型的判别

3.2.1 磁组构参数曲线反映的岩石应变类型 E 、 T 曲线与 P 、 F 、 L 曲线呈消长关系，南部强变形带呈正消长， E 大于 1， T 大于 0。反映强带为压扁型应变，弱带既有压扁型应变也有收缩应变，且远离强带收缩应变增加，如离主强带 2.5 km 的土屋铜矿含矿韧性带即为收缩应变 ($E < 1, T < 0$)。

3.2.2 L - F 图反映的岩石应变类型 将测区分成 6 个地段分别制做 L - F 图(陈宣华, 2001)，并将获得的 6 个平均应变点投入测区付林图中(图 4)。其结果显示 6 个不同变形域的投点均落于压扁应变区，南部强带 3 个投点落于靠近 K 等于 0 的应变区， K 等于 0.21；北部弱带 3 个投点落于靠近 K 等于 1 的应变区， K 等于 0.63。这反映南部强带发生强压扁应变，北部弱带发生弱压扁-平面应变。

3.3 韧性带应变方式的判别

变形岩石的组构类型是判断应变方式的准则。磁组构测试获取的磁面理产状与野外面理产状对比研究显示，二者是相同或相近的(图 5)，反映宏观面理实为挤压性片理。仅由这组片理组成的韧性变形带显然具有对称组构，故测区韧性变形带应起源于纯剪切体制下的共轴压缩，其力学性质属韧性挤压

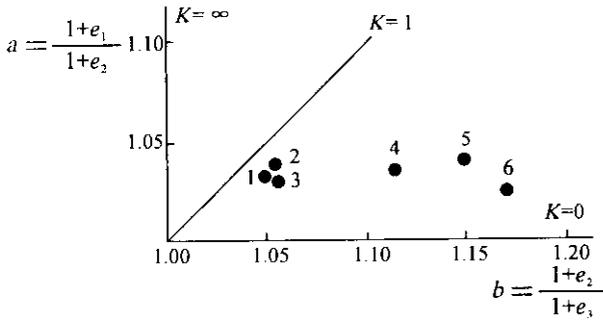


图4 测区有限应变付林图解

Fig. 4 Fry diagram of the finite strain measurement at the study area

1~3 北部弱韧性变形域投点 4~6 南部强韧性变形域投点
 1~3 Projection of measurement points in Northern weak deformation domain 4~6 Projection of measurement points in Southern strong deformation domain

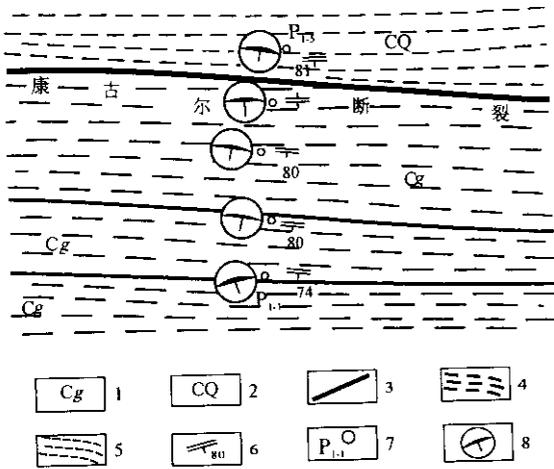


图5 P₁剖面磁面理分布图

Fig. 5 Magnetic foliation distribution at the section P₁

1-上石炭统干墩组 2-中石炭统企鹅山群 3-断裂;
 4-强韧性挤压带 5-弱韧性挤压带 6-片理产状;
 7-采样点及编号 8-磁面理及压扁轴赤平投影

1-Gandun Formation of Upper Carboniferous 2-Qi'eshan group of Middle Carboniferous 3-fault 4-strong ductile compressive belt 5-weak ductile compressive belt 6-foliation attitude 7-sampling spot and its number 8-magnetic foliation and flaser axis and their stereographic diagram

带,而非韧性剪切带。

4 结论

应用磁组构分析方法解决了研究区如下几个重要地质问题:

①查明了测区韧性变形带精细结构,确立该区属区域秋格明塔什-黄山大型韧性变形带北部边缘过渡带格局。

②查明了测区韧性变形带的组构运动学和动力学特征及应变类型,确认该韧性带属共轴压缩成因的韧性挤压带。

③查明了土屋斑岩铜矿与区域韧性变形带具有时空联系和边缘成矿特征。

本研究结果显示,磁组构测量在韧性变形带研究中是一种方便、快捷、准确、可信的方法,在韧性带“定量化”研究中可以发挥重要作用。

参考文献

陈柏林,李中坚,谢艳霞. 1997. 北京怀柔崎峰茶-琉璃庙地区岩石磁组构特征及其构造意义. 地球学报, 18(20):134.
 陈宣华,马天林,孙立清等. 2001. 萨瓦亚尔顿金矿床磁组构特征及与金矿化关系. 地质力学学报, 7(3):221.

References

Borradaile G J, Tratning D H. 1981. The influence of deformations on magnetic fabric in weakly deformed rocks. Tectonophysics, 77.
 Chen Bailin, Li Zhongjian, Xie Yanxia. 1997. Analyses of the rock magnetic fabric, deformation and kinematics in the Qifengcha-Liulimiao Area, Huairou County, Beijing. Acta Geoscientia Sinica, 18(2):138 (in Chinese with English abstract).
 Chen Xuahua, Ma Tianlin, Sun Liqian et al. 2001. The characteristics of rock magnetic fabric and its relationship to gold mineralization in Sawayaerdun gold deposit, Xinjiang. Journal Geomechanics, 7(3):221 (in Chinese with English abstract).
 Kligfield R, Lowrie W, Dalziel I WD. 1977. Magnetic susceptibility anisotropy as a strain indicator in the subbury basin Ontario. Tectonophysics 40.