

浅变质细碎屑岩中韧性剪切变形 构造岩特征及其类型划分*

陈柏林

(地质科学院地质力学研究所, 北京 100081)

主题词 构造岩分类 韧性剪切变形 浅变质碎屑岩

提要 作者首次研究了浅变质细碎屑岩中韧性剪切带变形构造岩的特征, 并进行构造岩类型划分; 同时, 对该类型构造岩与典型长英质糜棱岩的特征进行了对比分析; 而后在构造岩岩石组构及综合研究基础上提出: 这种构造岩的变形机制以粒间滑动为主, 伴有细粒化, 它们成生于地壳 5—8km 的较浅层位和较低的温度、压力条件下。

1 引言

韧性断层一词最早出现于上世纪末, 但对岩石的韧性行为一直重视不够。本世纪 30—60 年代, 岩石力学实验证明在高温高压和低应变速率条件下岩石具有韧性行为。韧性剪切带最早由 Ramsay, J. G. 和 Graham, R. H. 于 1970 年提出, 他们在《剪切带中应变的变化》一文中系统地介绍了韧性剪切带的研究成果, 受到普遍的注意。1979 年在西班牙、1981 年在美国加州彭罗斯分别召开了国际剪切带会议和国际糜棱岩会议, 总结了韧性剪切带和糜棱岩的研究成果和主要特征: 即韧性剪切带具有韧性形变、剪切变形为主和呈带状分布的特征; 糜棱岩具有明显细粒化、呈带状产出、面理和线理发育的特征^[1, 2]。八十年代主要对韧性剪切标志进行了详细研究^[3], 近年来则更深入地研究了韧性剪切带的形成机制。

然而, 直至八十年代中后期, 研究最深入的是发育于长英质和花岗质岩石中的韧性剪切带, 仅有少数学者对发育于其它岩石, 特别是浅变质碎屑岩中的韧性变形开展了研究, 并对岩性和组成岩石的矿物粒度等因素在韧性形成中的效应给予了关注^[4, 5]。当然对于浅变质细碎屑岩中韧性剪切变形所形成的构造岩特征及其分类的研究就更少了。

2 岩石分类原则

自 Sibson, R. H. (1977) 将断层岩划分为韧性形变的糜棱岩系列和脆性形变的碎裂岩系列岩石后, 糜棱岩被赋予了新的涵义, 即特指韧性形变形成的岩石, 它具有三大典型特征: 细粒化、带状产出、面理和线理发育^[6]。同时, 在韧性剪切带中, 均有同构造新生矿物形成。

* 本文为地矿部定向研究项目(直科定 9309)的部分研究成果。

作者简介 陈柏林, 男, 1962 年生, 副研究员, 硕士, 从事区域、矿田、显微构造等专业研究。

本文于 1997 年 4 月收到, 1997 年 10 月改回。

对于浅变质细碎屑岩中韧性剪切带内的构造岩来说, 它们具有呈带状分布、面理和线理发育的特征, 只是由于原岩粒度比较细小, 细粒化现象就表现得不那么明显, 然而由于变形变质作用的发育, 同构造新生矿物比较发育, 主要有定向排列的绢云母和变斑晶。因此, 按前述的糜棱岩概念和涵义, 细碎屑岩中的韧性剪切变形岩石仍可用糜棱岩来命名。

岩石的分类原则一般是既能明确反映岩石的结构构造、矿物成份、成因及变形特征, 又易于使用为宗旨^[7]。考虑到浅变质细碎屑岩中韧性变形的特殊性, 该类糜棱岩的变形程度、结构构造等因素, 对细碎屑岩中糜棱岩类进行划分的原则是: 主要标志是细碎屑岩原始结构构造是否保留或者其被破坏的程度、变形机制、细粒化强度和同构造新生矿物; 次要的标志是原岩的岩性和碎屑粒度; 进一步细分的标志是变形后岩石的矿物成分、变斑晶成分和含量。依据主要划分标志可划为糜棱岩化碎屑岩、碎屑质糜棱岩和超糜棱岩三大类, 依据次要标志可将每一类划分为若干亚类(表 1)。

表 1 碎屑质糜棱岩系列岩石分类表
Table 1 Classification of clastic mylonite series

原岩结构构造破坏程度		原岩结构基本保留	原岩结构基本破坏	原岩结构彻底破坏
糜棱岩类型	变形机制	粒间滑动为主, 少见粒内变形和细粒化	粒间滑动为主, 但粒内变形强烈, 细粒化明显	粒内变形强烈, 细粒化极为普遍。
	同构造新生矿物	较少, 较细 < 20%	较多 20—60%	很发育 > 60%, 粒度较大
原岩粒度减小	原岩类型			糜棱岩
	变质细砂岩	糜棱岩化变质细砂岩	细砂质糜棱岩	
	变质粉砂岩	糜棱岩化变质粉砂岩	粉砂质糜棱岩	
	粉砂质板岩			
	板岩	糜棱岩化板岩	千枚状糜棱岩	

3 糜棱岩主要类型及其特征

本文以江西大背坞地区为例, 对发育于浅变质碎屑岩中韧性剪切带的糜棱岩类型及其特征进行说明和分析。

3.1 糜棱岩化变碎屑岩

原岩中浅变质碎屑岩的结构构造基本上保留, 但宏观和微观上可见各种变形的痕迹, 如宏观上可见发育面理、线理构造; 在微观上可以发现较粗的石英砂粒出现波状消光, 颗粒发生形态定向(眼球化), 基质或较细的板岩中可见少量定向排列的动力变质绢云母, 也可见细小的同构造变斑晶等。这类构造岩变形总体较弱, 变形机制以粒间滑动为主, 细粒化作用不明显, 宏、微观上均很容易确定原岩的特征。因此, 依据原岩岩性和粒度可划分为糜棱岩化变质砂岩、糜棱岩化变质粉砂岩、糜棱岩化板岩。

3.2 碎屑质糜棱岩

原岩中的变余碎屑结构基本上被破坏, 宏观和微观上可见强烈的变形表现: 糜棱面理和 α 线理非常发育, 石英碎屑强烈波状消光、形态定向明显, 边部出现明显的细粒化和动态重结晶; 基质和板岩中的泥质成分普遍发生同构造重结晶, 形成定向排列的绢云母; 同构造变

斑晶发育,成矿成分有菱铁矿和黄铁矿,形态为椭球状(菱铁矿)和长方体状(黄铁矿),且变斑晶粒度较大,可达2—5mm;岩石具鳞片变晶结构、糜棱状构造;S—C组构表明原岩成分层的不均匀变形;变形机制总体上碎屑颗粒以粒间滑动为主,但对较大的碎屑来说,具有明显的细粒化作用和动态重结晶。岩石尚残留一些原岩结构构造特征,基本上可判断原岩的成分和粒度,据此可划分为细砂质糜棱岩、粉砂质糜棱岩和千枚状糜棱岩。

3.3 超糜棱岩

原岩的变余碎屑结构被彻底破坏,无法判断原岩的成分、粒度和结构。岩石变形强烈、面理极发育,石英等碎屑颗粒发生强烈的细粒化和动态重结晶;同构造新生矿物发育,石英和绢云母往往分别集中分带,形成构造动力分异条带;同构造变斑晶往往粒径大(3—5mm或更大)、变形强烈,呈长椭球状;岩石往往具千枚状或微晶片状构造,变形机制上表现为在碎屑颗粒的粒间滑动基础上,粒内变形和细粒化逐渐占据主要地位。

需要指出的是,碎屑岩区的超糜棱岩和长英质岩石中的超糜棱岩在糜棱岩的结构构造上已无明显的差异,均表现为残斑含量<90%,细粒化彻底,同构造新生矿物发育等,它们之间的差异只能从新生矿物成分、少量残斑特征、变斑晶,特别是它们的产出部位和两侧岩石等方面加以区别。由于原岩含有较多泥质成分,同构造新生矿物中绢云母含量较高,有变斑晶,而且产在浅变质碎屑岩区。

同时,碎屑岩区的超糜棱岩与强烈脆性破碎形成的超碎裂岩也有明显不同,后者仅以破碎和碎粒流动为机制,无明显粒内变形,不发育同构造新生矿物,无明显的面理和线理构造。

上述各类糜棱岩还可以冠以变斑晶成分和含量、同构造新生矿物的成分和含量进行更详细的划分和命名,如含黄铁矿变斑晶粉砂质糜棱岩、含菱铁矿变斑晶千枚状糜棱岩、绢云质(片状)超糜棱岩等。

4 细碎屑糜棱岩与长英质(花岗质)糜棱岩特征对比

发育于浅变质细碎屑岩中的韧性剪切带糜棱岩与发育在长英质岩石中韧性剪切带的糜棱岩既具有许多相似之处,但也存在明显的差异,它们的差异主要表现在分布、剪切带两侧岩石、残斑与变斑晶构造、变质作用、变形机制、变形温压条件、组成面理和线理的矿物等方面(表2)。

5 细碎屑质糜棱岩岩石组构特征及其变形物化条件探讨

为了解变形岩石组构特征,对细碎屑质糜棱岩进行X光岩石组构分析。考虑到岩石的矿物成分和结构特点,在同一岩片中分别进行石英和绢云母两种矿物的组构测试,现选2个样品测试结果进行分析(图1)。

从图中看出,糜棱岩的石英(1010)极图显示球对称,即石英无优选组构;绢云母(110)极图为明显的环带构造,且环带与片理一致。

石英光轴无定向或无优选方位反映了细碎屑质糜棱岩在其形成的变形过程中,虽然引起了部分石英颗粒的形态定向(形成集合体条带等),但并未引起石英砂粒的光轴定向^[8]。

表 2 长英质糜棱岩与细碎屑质糜棱岩特征对比表

Table 2 Comparison between felsic mylonite and microclastic mylonite

		长英质岩石中韧性剪切带内糜棱岩	浅变质细碎屑岩中韧性剪切带内糜棱岩
相同特征	分 布	均呈带状分布于韧性剪切带中	
	面理线理	面理和线理均很发育	
	粒 度	粒度细小	
	结构构造	糜棱状构造	
不同特征	分 布	分布于长英质、花岗岩等深变质岩区	分布于浅变质细碎屑岩区
	剪切带两侧岩石	花岗岩、片麻岩	变质砂岩、板岩
	残斑构造	具残斑构造	无残碎斑晶
	变斑晶构造	无变斑晶	有同构造变斑晶
	变形变质作用	退变质作用为主	进变质作用
	变形机制	粒内变形	粒间滑动
	基质成因	细粒化	原来就细小, 也有细粒化
	组成线理、面理矿物	定向排列动态重结晶石英	定向排列的重结晶绢云母、变斑晶等
	变形温压条件	$h \geq 10-15\text{km}$, $T = 300-350\text{ }^\circ\text{C}$ $P \geq 0.25-0.40\text{ MPa}$ ^[1,2,3]	$h = 5-8\text{km}$, $T = 200-300\text{ }^\circ\text{C}$ $P = 0.12-0.20\text{ MPa}$ ^[4,5]

绢云母的结晶学特点是形成以(001)面为长轴边界的鳞片状晶体, 并具(001)极完全解理^[9]。因此, (110)极图环带与面理一致表明同构造变形结晶的绢云母, 以其鳞片变晶的长轴平行片理为特征, 随变形的发展, 绢云母又沿其(001)面解理成细小鳞片, 且平行剪切带面理。

在相同的构造变形条件下, 岩石中石英和绢云母两种矿物在组构上的差异反映了碎屑质糜棱岩的变形机制和变形条件的特殊性, 而且这种特殊性又与碎屑岩的结构构造和成分、粒度有密切的关系。

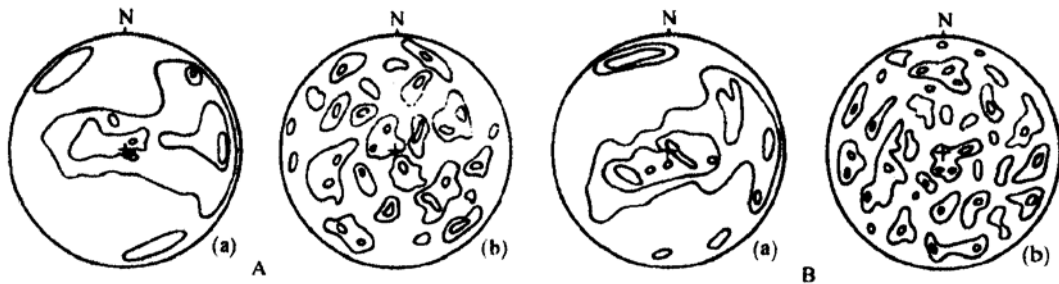


图 1 细碎屑质糜棱岩 X 光岩组图

Fig. 1 X-ray petrofabric diagram of microclastic mylonite

A—F49—2; B—PD8—5; a—绢云母(110)极图; b—石英(1010)极图

(水平切片, 等密线 1—1.25—1.5—2%)

碎屑岩的韧性变形机制是石英颗粒粒间滑动为主, 仅在强变形时才发生粒内变形和细粒化, 而粒间滑动的基质是泥质成分, 其结果是导致泥质成分结晶形成绢云母, 且鳞片沿面

理定向排列。因此细碎屑岩的变形,其应变绝大部分都由泥质成分(胶结物)及其构造重结晶的绢云母所承担了,长英质砂粒以粒间滑动形式重新排列,而颗粒内的变形相对较弱,正是这种变形机制导致岩石组构特征,而以这种机制发生变形的原因是细碎屑岩的结构构造,岩性特征以及砂粒与泥质胶结物之间的韧性差异。

根据细碎屑质糜棱岩中矿物的变形表现及石英、绢云母等矿物韧性形变的物化条件,可以推断细碎屑质糜棱岩形成的物化条件相当于细碎屑岩与泥质岩变形的韧性转化深度^[5]。即深度5—8km,温度200~300℃,压力为0.12—0.20MPa。其变形过程是一种发育于地壳浅层次的低温低压条件下的韧性变形,形成该类糜棱岩的变形变质作用相当于极低绿片岩相。

参 考 文 献

- 1 郑亚东、常志忠等. 岩石有限应变测量及韧性剪切带. 北京: 地质出版社, 1985.
- 2 刘瑞珣. 显微构造地质学. 北京: 北京大学出版社, 1988.
- 3 Passchier J. G and Simpson C. Porphyroclast systems as kinematic indicators. *J. Struc. Geol.* 1986, 8: 831—843.
- 4 索书田. 江南隆起前寒武纪地壳内大型剪切带系统. *江西地质*, 1988, 2(2).
- 5 Ramsay J. G and Huber M. I. *The techniques of modern structural geology. Vol. 2: Folds and Fractures.* Academic Press. London. 1987, 309—700.
- 6 Sibson R. H. Fault rocks and fault mechanisms. *J. Geol. Soc. London.* 1977, 133: 191—213.
- 7 成都地质学院岩石教研室. 岩石学简明教程. 北京: 地质出版社, 1979.
- 8 姜光喜等. X光岩组分析方法. *地质力学论丛(六)*, 北京: 地质出版社, 1982.
- 9 武汉地质学院矿物教研室. 结晶学及矿物学. 北京: 地质出版社, 1979.

Characteristics and Classification of Tectonite of Ductile Shear Deformation in Epimetamorphic Microclastic Rocks

Chen Bailin

(Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081)

Key words: classification of tectonite; ductile shear deformation; epimetamorphic microclastic rock

Abstract

In this paper, the author first studied characteristics of tectonite of ductile shear deformation in the epimetamorphic microclastic rocks, and made classification of tectonite. Then, the difference of this tectonite from typical felsic mylonite was elaborated. Based on petrofabric characteristics and comprehensive analysis, the author holds that the deformation mechanism of tectonite was mainly intergranular movement and partly intragranular deformation, and that it occurred in the superzone of the crust at the depth of 5—8 km under the conditions of lower pressure and lower temperature.