

沂沭断裂带显微构造及变形叠加分析

胡 玲 顾德林

(中国地质大学,北京)

摘 要 本文主要论述了沂沭断裂带中碎裂岩的类型及特征、变形机制、变形叠加特征,并根据显微构造分析探讨了变形叠加期次及相应的断裂活动时间。

关键词 沂沭断裂带 变形叠加

0 引 言

沂沭断裂带是我国东部巨型深大断裂——郯庐断裂带,通过山东省中部段落的俗称。它主要由 4 条深断裂组成。由东向西分别为:昌邑—大店深断裂(F_1),安丘—莒县深断裂(F_2),沂水—汤头深断裂(F_3), 一葛沟深断裂(F_4)(图 1)。该断裂带具有地堑地垒构造特征,并且是一条自中生代以来多期活动的复杂断裂带。对该断裂带,前人已有大量的研究和成果^[1-4],但对断裂活动的物质基础——构造岩及其微观特征,特别是对构造岩变形叠加研究十分薄弱。而这一研究不仅可丰富断裂带不同构造尺度的特征,更能为断裂带多期活动提供最为直接可靠的证据。本文通过对 F_3 、 F_4 在沂水县境内,出露长约 40km 地段内的 14 条构造剖面约 80 多个薄片进行了显微构造分析,主要根据构造岩变形叠加分析了断裂带的活动期次等特征,并试图对沂沭断裂带其它地区类似的研究提供可供对比的典型范例。

1 宏观变形特征

F_3 、 F_4 断裂所表现的主要是中新生代以来的脆性变形特征。它们均由近似平行的规模不等的若干条次级断层及其所夹断片组成的断裂带。在航卫片上都有非常清晰的影象特征。其中沂水—汤头断裂(F_3)是马站地堑与汞丹山地垒的分界断裂,其总体展布方位为 NNE(25°),断裂向 NW 倾斜,倾角 60° — 85° 不等,断裂东盘主要为太古代变质侵入体,西盘为白垩系火山沉积地层,局部分布有新元古代—古生代地层,断裂宽约 200—600m。次级断层在平面上构成平行带状或辫状,断片成分复杂,既有白垩系地层,也有新元古代—古生代地层,更有太古代变质侵入体断片。一葛沟断裂(F_4)则是沂沭断裂带最西侧的主干断裂,是鲁西与郯庐断裂带的分界线。断裂总体呈 NNE(17°)方向展布,向 SEE 陡倾,倾角变化为 50° — 90° 。在其西侧主要为太古代变质侵入体,东侧则主要为白垩系火山沉积地层,断裂宽约 50—300m。由于第四系

部分覆盖,断裂在走向上时隐时现,并常有一组NW向正断层切割。

两条断裂带内构造岩类型多,成分复杂,并发育有断层牵引褶皱、多期多组方解石脉、多组解理裂隙等,各种构造岩不对称特征既有左行扭动又有右行扭动,既反映了有挤压的应力状态又反映了有拉张应力状态,等等;显示了断裂带活动的长期性和复杂性

2 微观变形特征

2.1 构造岩的主要类型及特征

沂沭断裂带的构造变形主要为碎裂变形作用,所形成的构造岩根据不同的碎裂程度可分为碎裂的原岩(碎基含量 < 10%),构造角砾岩(碎基含量大约 < 50%,碎块一般在 2mm 以上)碎斑岩(碎基含量在 50-90% 之间,碎块在 0.1-0.2mm 之间),碎粉岩(碎基含量 > 90%,碎块粒径在 0.1mm 以下)及玻化岩(具隐晶质—玻璃质或玻基碎斑结构,部分玻化岩可具流动构造(图版 1),主要由残留的炭质或铁质、碎基等及新生的绿泥石、碳酸盐岩等构成定向)。

上述构造岩的类型主要是针对已固结的构造岩而言,断裂带中还发育有大量未固结的构造岩,其大致可用断层泥及构造透镜体带来描述:

(1)断层泥 碎基含量 > 70%,呈膏泥状, F₃ 断裂的有些部位断层泥宽可达 10 多米,如道托等地。这些断层泥已被作为烧制陶罐、缸等陶制品的主要原料。断层泥内常包裹有磨圆极好的磨砾,砾径一般 < 10cm,形态主要为浑圆—扁圆状,并常常发育一组剪裂隙。

(2)构造透镜体带 碎基含量 < 70%,大小不等的构造透镜体常常由碎基等包裹形成强烈定向的片理化带,这一现象在断裂中多处可见。古生代灰岩角砾、变质岩角砾、中生代火山角砾岩等不同时代不同成因的角砾岩常混杂在一起,与暗色碎基、细小的方解石脉等共同构成强片理化带并叠加在早期绿泥石化强烈的已固结碎裂岩带内,充分显示了断裂带的多期叠加特性。

在上述各类具不同特征的碎裂岩中,碎块可以大小混杂无分选,且棱角明显无磨圆,构成典型的张(扭)性角砾岩(图 2a);也可以有分选性,并具有次棱角—次圆状等不同程度的磨圆性,角砾或碎斑常成透镜状、椭圆状等,并且可形成一定的定向排列(图 2b,图版 2),从而可以判断剪切运动方向,显示了压扭性碎裂岩的特征。二者的碎裂程度也不同,压扭性碎裂岩可以

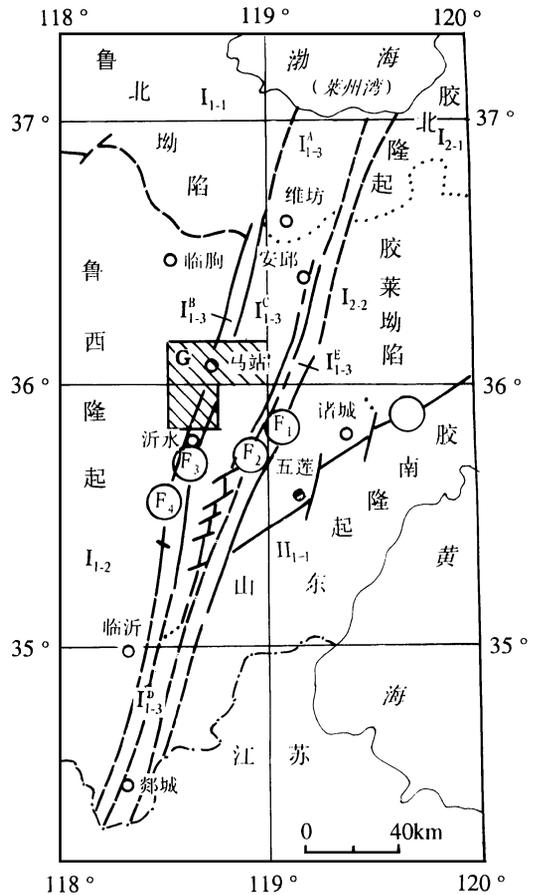


图 1 沂沭断裂带大地构造位置图

Fig. 1 The geotectonic map of Yishu fault belt

I. 华北地台: I₁₋₁ 鲁西台背斜; I₂ 胶辽地盾; I₃ 沂沭断裂带; I_{A3} 昌潍凹陷; I_{B3} 马站—苏村凹陷; I_{C3} 承丹山凸起; I_{D3} 郯城凹陷; I_{E3} 莒县凹陷。II. 扬子地台: F₁ 昌邑—大店断裂; F₂ 安邱—莒县断裂; F₃ 沂水—汤头断裂; F₄ 葛沟断裂; G. 薄片采样区

(据山东省区域地质志改编)

达到碎斑岩及碎粉岩、玻化岩,表现了强烈的破碎及研磨作用,并常有新生的含水矿物如绿泥石、绢云母等出现。而张性角砾岩碎基一般 $< 50\%$, 碾磨作用弱或无,且常常以各种脉岩活动为主。

碎裂岩中碎块或碎斑的成分主要有原岩、早期碎裂岩角砾、早期糜棱岩角砾(主要出现在长安庄一带,为 NEE向韧性剪切带内糜棱岩)以及各种矿物如长石、石英、方解石等。碎裂岩的碎基或胶结物一般为磨碎的岩屑及岩粉,也可以是外来成分如铁质、碳酸盐类等,或新生的含水矿物,可有石英的雏晶化,他们应是断裂带内的摩擦热能、压溶作用及含水热液等共同作用的产物。本断裂带中每次构造活动的胶结物特征均不相同,据此可分析断裂的活动期次及变形叠加等变形特征。

2.2 构造岩显微构造特征及变形机制分析

前已述及,断裂带内构造岩以碎裂岩为主,微观上表现为破裂作用和碎裂流及摩擦滑动,形成了各种微裂隙如张裂、剪裂、共轭剪裂、各种碎裂岩及断裂带的宏观位移。除此之外,沂沭断裂带内构造岩中还可可见以下几种变形现象:

(1)机械双晶:在方解石中常见,一组及两组 e 双晶均很发育。在斜长石少量晶粒中或局部也可见到机械双晶的扭曲、尖灭等,不均匀性也很明显。

(2)不均匀消光:在石英中最常见,偶见少量变形纹。

(3)压溶构造:主要表现为压溶残余形成的流劈理及易溶组分沉淀形成的脉体,如方解石脉。压溶流劈理在碳酸盐岩(主要在隐晶质灰岩)及火山岩(凝灰岩)构造岩中常见,难溶残余主要有粘土质、泥质、炭质等,有时还可见不同方向不同时期的两组流劈理叠加现象(图 2c)。方解石脉则可出现在各种类型的碎裂岩中,并且多期脉体交叉穿切叠加更为普遍(图 2d)。这些也是该断裂带多期活动的特征和证据之一。该断裂带的构造岩变形所涉及的主要变形机制有:

① 微劈理、碎裂流及其摩擦滑动,形成各种丰富的微裂隙和碎裂岩以及断层的位移;② 晶内滑移,形成不均匀消光、机械双晶及变形纹;③ 构造压溶作用形成压溶流劈理及方解石脉。

3 断裂带内构造岩变形叠加特征

沂沭断裂带内多期变形叠加不仅表现在宏观上多期角砾、多期裂隙、多期脉体等等,更反映在构造岩内微观叠加特征的多样性。其中,两期变形叠加现象有:① 早期破裂的裂隙为晚期裂隙所切割,并分别为不同成分的胶结物所充填胶结。如图 2e,早期裂隙为铁质充填,晚期裂隙为方解石脉充填;② 早期碎裂岩为晚期显微裂隙切割;③ 早期碎裂岩为晚期方解石脉穿切叠加;④ 早期破裂岩裂隙为方解石脉胶结,晚期破裂则使胶结物成为碎粉状(图版 3);⑤ 早期碎裂岩成为晚期碎裂岩的角砾(图 2b, f,图版 4),这一现象在沂沭断裂带内十分常见;⑥ 早期糜棱岩成为晚期角砾;⑦ 碳酸盐中两期流劈理的叠加(图 2c);⑧ 两期方解石脉交切;等等。

三期变形叠加现象:① 三期方解石脉的叠加,如图 2d,其中早期方解石脉脏化严重,边界模糊,而晚期方解石脉表面干净,边界清晰;② 两期复合碎裂岩再次被晚期方解石脉穿切(图 2b, c);③ 两期复合碎裂岩再次成为第三期破裂的角砾,如图 2f,早期玻化岩成为第二期碎裂岩角砾,并被铁质胶结,在后来的破裂变形中,铁质胶结物再次成为(张性)角砾;等等。

在本断裂带构造岩中,尚可见到三期以上更为复杂的变形叠加现象,如在 R₃断裂的武家沟一带构造岩(剖面 D434-5b)中(图 2b),第一期玻化岩(石英已部分脱玻化)及碎粉岩成为第二期碎裂岩的角砾或碎斑,并被铁质胶结;在第三次破碎作用中,含铁质胶结的复合碎裂岩再

次成为次棱角状角砾。第三期胶结物为方解石(结晶较粗),在第四次破碎作用中,部分方解石再次被破碎,且碎基发暗,粘土质含量较高。岩石的第五次构造活动表现为张性具对壁生长特征的白云石脉体,第六次活动表现为方解石脉。这表明岩石至少经历了六次程度不同且应力方式也不同的脆性破裂构造活动,每次构造岩胶结物成分及特征均不同;并且前两次破裂作用程度强,应为压扭性构造的产物。第三期为张(扭)性构造活动的产物,在随后的数次变形过程中,破裂程度减弱。

以上叠加变形现象进一步说明了沂沭断裂带活动的长期性和复杂性。

4 从构造岩特征分析 F_3 、 F_4 断裂活动期次

通过上述构造岩特征及变形叠加现象等分析,剔除不同剖面内其它构造因素的影响,如 F_3 长安庄附近的韧性剪切变形为近 EW 向韧性剪切带成分, F_4 武家沟剖面叠加有 NW 向张扭性断裂等,也排除了不同序次、不同级别破碎的干扰,并主要根据 F_3 、 F_4 断裂中每期主断裂活动中构造岩胶结物的共性分析,从构造岩的角度, F_3 、 F_4 断裂的主要活动期次及构造岩特征和宏观表现分别如下:

(1)第一期压扭性活动:其构造岩主要以角砾形式残存于后期构造岩中,沿断裂带分布较局限。所涉及的原岩主要为早前寒武纪变质岩及古生代沉积地层;变形特点是角砾中碎裂程度有强有弱,且强可到玻化岩(石英有一定脱玻化,胶结物主要为同成分的碎粒、碎粉)在碳酸盐岩中可能形成了第一期流劈理。

(2)第二期张性断裂活动:该期张扭性构造角砾岩的宏观表现十分清楚,沿断裂带多有分布。构造岩如图 2a 所涉及的地层主要为古生代灰岩及太古—元古代变质岩,胶结物风化严重,粘土含量高。

(3)第三期压扭性活动:该期破裂变形碎裂岩十分发育,角砾或碎斑磨圆程度好,碎裂程度强,其碎裂程度最高可达玻化岩,并且发育有强烈定向的流动性构造。该期胶结物最为显著的特征或标志是绿泥石化强烈,铁质含量高。宏观上该期构造岩构成了沂沭断裂带碎裂岩的主体。构造岩所涉及的原岩有太古—元古代变质岩、古生代灰岩及中生代火山岩。该期变形可能形成了碳酸盐岩中第二期流劈理及凝灰岩中的压溶劈理。各种显微构造标志均反映了近水平的左行剪切运动特点。

(4)第四期张(扭)性活动:该期碎裂作用程度弱,但沿断裂带分布较普遍,岩石中常发育一组或两组共轭裂隙,并不论原岩成分如何差异,其胶结物几乎均为方解石脉。

(5)第五期压扭性活动:该期断裂活动构造岩未被胶结,碎裂程度强的岩石主要表现为断层泥及片理化带,宏观表现清楚,并且有右行压扭性运动学特点。

以上五期变形在 F_3 、 F_4 断裂中具有普遍性,但却存在不均匀现象。其中,第一期碎裂岩在两条断裂中均有发现,但因后期构造破碎的强烈改造,已很难分析判断更为详细的构造特征。第二、三、四、五期断裂活动在 F_3 断裂中构造岩显示更为强烈,而在 F_4 断裂中虽然每次构造活动的证据均有显示,但相对较局部,这可能反映了 F_4 断裂的分区段性活动特点。

通过宏观变形及工作区地质资料分析,这五期变形的活动时间及性质分别为:

(1)燕山晚期 (J_1 — K_1)左行压扭性活动。该期可能发生了大规模的平移,并伴生或派生了 NNE、NEE、NW 及 NE 向次级断裂及 NE 向的官庄向斜;

(2)燕山晚期 (K_2)张性活动。形成马站盆地及官庄盆地,堆积了大量的中性火山碎屑岩及

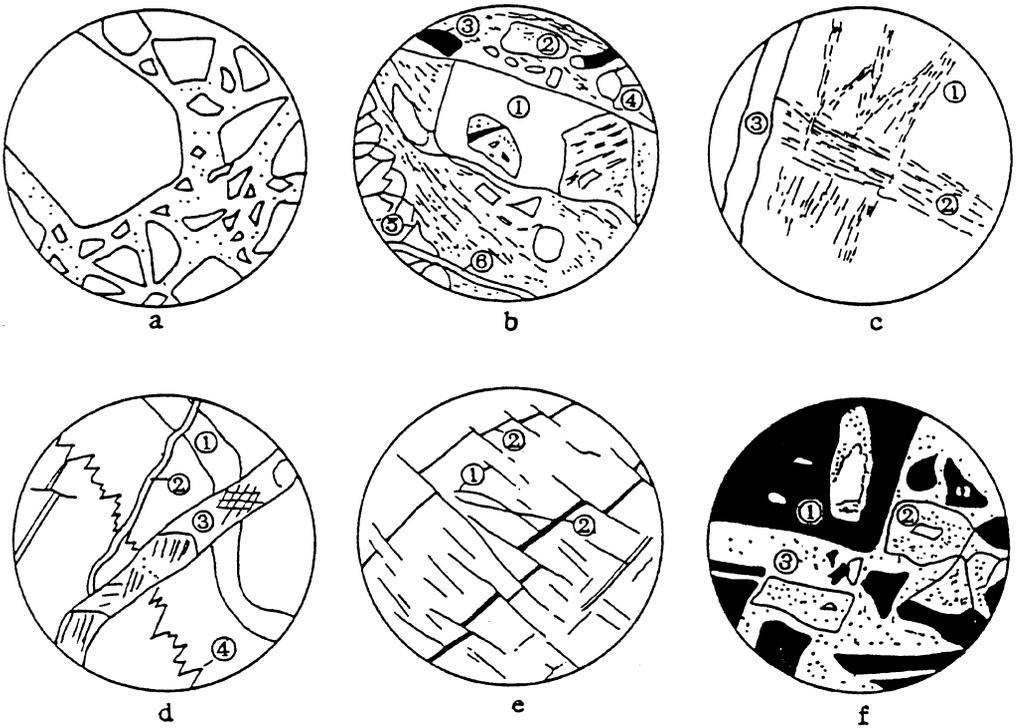


图 2 显微构造特征素描图

Fig. 2 Sketch maps of microstructures

- a. 哨虎峪 F_3 断裂中张(扭)性角砾 (Pg4- 21); b. 武家沟 F_4 断裂多期复合碎粉构造岩 (D434- 5b1): ① 碳酸盐(方解石)角砾, 内含铁质胶结的最早期碎裂岩角砾; ② 最早期长英质碎裂岩角砾; ③ 铁质胶结物角砾; ④ 方解石角砾; ⑤ 白云石脉; ⑥ 方解石脉; c. 南郭家湖 F_3 断裂构造两期流劈理叠加 (Pg6- 11Db1): ① 早期流劈理; ② 晚期流劈理; ③ 后期方解石脉; d. 长安庄 F_3 断裂构造岩中三期方解石脉的交切关系 (Pg10- 16Db1): ① 第一期方解石脉; ② 第二期方解石脉; ③ 第三期方解石脉; ④ 压溶缝合线; e. 富山坡 F_3 断裂构造岩中两期裂隙切割关系 (Pg9- 13Db1): ① 早期裂隙被铁质充填; ② 晚期裂隙为方解石脉充填; f. 武家沟 F_4 断裂三期复合碎裂构造岩 (D434- 3b1): ① 铁质角砾; ② 碎粉岩角砾; ③ 铁质角砾, 内含碎粉岩角砾

河湖相陆源碎屑沉积;

(3) 燕山晚期 (K_2-E) 以挤压为主伴有左行扭动的活动。使马站盆地及官庄盆地形成了宽缓的 NNE 向褶皱, 并再次伴生或派生了 NNE NEE NW 及 NE 向次级断裂;

(4) 喜马拉雅期 (E_3-N) 以张性为主的活动。基性岩浆沿裂隙溢出, 形成了上第三系的玄武岩被;

(5) 新构造期 (Q_3) 右行压扭性活动。使上第三系玄武岩发生破裂和右行位移, 并改造了先期形成的构造岩, 使其透镜体化、叶理化及碎粉岩化, 形成大量断层泥

5 关于断裂带形成时期的讨论

自 50 年代地矿部航空物探大队首次将郯庐断裂带确定为一条大型断裂带以来, 就一直引起国内外学者广泛关注和讨论研究。到目前为止, 关于郯庐断裂带的形成主要有两种不同意

见:一是以徐嘉炜(1993)^[2]为代表,认为该断裂带主要断裂活动发生在晚侏罗—早白垩世;二是以万天丰等(1996)^[3,4]为代表,认为该断裂带主要形成于印支期中、晚期即中、晚三叠世。他们的主要依据是:古地磁数据表明侏罗纪以来断裂带两盘没有大幅度的走滑活动。本文则倾向于第一种认识。沂沭断裂带内主要宏观变形依据有:沂沭断裂带使大别—胶南构造带在印支期形成的构造线发生了错移,如胶南隆起北缘在印支期形成的韧性剪切带及褶皱轴线等到沂沭断裂带后即中止而没有向西延伸。这说明该断裂带的平移应在印支期后,而断裂带两侧的白垩系火山碎屑岩的沉积地层却可以对比,说明该时期大规模平移已结束。万天丰等的研究成果中,三叠纪以后的五期变形的性质及活动时间可大致与本文所述的五期构造变形相对应。

沂沭断裂带中——葛沟(F₄)、沂水—汤头(F₅)深断裂带内构造变形复杂,碎裂岩类型十分丰富,微观变形机制主要有微劈理、碎裂流及其摩擦滑动、晶内滑移、构造压溶作用等。断裂带内构造岩变形叠加十分强烈,叠加特征反映有五期断裂构造活动。

本文是在1:5万区调基础上完成的。在编写过程中得到了苏尚国讲师和胡道功博士的大力帮助,特此致谢!

参 考 文 献

- 1 徐嘉炜,郯庐裂谷系概述 构造地质论丛(3),北京:地质出版社,1984
- 2 Xu Jiawei(ed.), The Tancheng—Lujiang Wrench Fault System. New York: John Wiley & Sons Ltd, 1993.
- 3 Wan Tianfeng, Zhu Hong, Zhao Lei et al., Formation and Evolution of Tancheng—Lujiang Fault Zone. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1996.
- 4 万天丰,朱鸿,赵磊等,郯庐断裂带的形成与演化:综述 现代地质——中国地质大学研究生院学报,1996,10(2),158-168

图 版 说 明

1. 长安庄 F₃断裂中具流动、定向构造的玻化岩。P_{g10}-7DB₁, 4×10(-)
2. 申家庄 F₃断裂中压扭性碎斑岩。碎斑的排列方向反映了“左行”剪切运动特征。P_{g7}-2DB₁, 4×10(-)
3. 瑞龙口 F₃断裂中复合碎裂岩,一侧斜长石中发育“X”型裂隙并为方解石充填。
4. 南郭家湖 F₃断裂中复合碎斑岩,早期碎粉岩成为晚期碎裂的角砾。P_{g6}-12DB₂, 4×10(+)

ANALYSIS OF MICROSTRUCTURES AND SUPERIMPOSED DEFORMATION IN YISHU FAULT BELT

Hu Ling Gu Delin

(China University of Geosciences, Beijing)

Abstract This paper describes the microscopic structural features and superimposed deformation of the Yishu fault belt. The results show that the belt has experienced five active periods of structural deformation.

Key words Yishu fault belt, superimposed deformation

第 一 作 者 简 介

胡玲,女,1965年生,讲师,在职博士。1988年7月毕业于中国地质大学(北京),获硕士学位。现从事显微构造的教学与科研工作。通讯地址:中国地质大学(北京)区调研究所。邮政编码:100083