

文章编号: 1009-3850(2008)03-0015-06

磨西断裂变形与运动学特征研究

赵德军, 王道永, 吴德超, 刘援朝

(成都理工大学 地球科学学院, 四川 成都 610059)

摘要: 磨西断裂位于鲜水河活动断裂带的东南侧, 北段为松潘 甘孜地槽褶皱系与扬子陆块的分界, 南段则伸入扬子地台内部, 成为扬子地台西缘拗褶带与康滇地轴的分界, 是扬子西缘不同构造单元的控制性断裂构造。通过宏观分析地层分布, 磨西断裂北段磨西磨子沟(新近崩塌出露)、中段湾东剖面和南段新民腊树岗剖面的构造变形、几何学与运动学特征, 收集整理擦痕资料, 再结合糜棱岩微观石英 C 轴组构特征, 认为磨西断裂曾经历 5 次强烈活动: 早期为正断性质, 西低东高, 控制两侧沉积分异(晋宁期); 中期为韧性逆冲(印支期), 形成糜棱岩; 晚期新近纪中新世又一次韧性逆冲, 之后又经历了脆性左旋逆冲、脆性左旋逆冲平移两次强烈活动(喜马拉雅期)。

关键词: 磨西断裂带; 构造变形; 运动学; C 轴组构

中图分类号: P542

文献标识码: A

1 区域宏观特征

磨西断裂是康定 石棉地区最大的断裂之一, 大多数地质学家把磨西断裂作为鲜水河断裂的南东段, 鉴于鲜水河断裂带是我国大陆内部以走滑为主的强烈活动断裂带之一, 也是西南地区一条主要的强震活动带, 因此, 它的断层的几何学与运动学特征、断层的活动性就成了这一地区水电站等大型工程选址的关键所在。长期以来, 众多的地质工作者对该断裂带进行了大量的研究, 并取得了丰富的成果。但是由于第四系松散堆积物覆盖严重, 影响了断层宏观特征的观察, 许多断层特征是通过微观构造展开, 对断裂的区域分析也不够全面。笔者通过对区域地层与构造演化的分析, 在野外对北段磨西磨子沟(新近崩塌后出露)、中段湾东剖面和南段新民腊树岗剖面的构造变形、几何学与运动学特征的观测, 对区域擦痕资料的收集, 再结合微观构造特征和前人的资料, 系统的揭示了磨西断裂的变形特征与运动学演化历史, 其结果对于磨西断裂特征的研究

与这一地区的工程建设具有一定的科学价值。

磨西断裂北端与康定色哈拉断裂呈左行侧列^[1], 向南终止于石棉以南的公益海, 总长达 150 km, 主体呈 NNW-SE 向延伸。磨西断裂则位于扬子地台西缘, 其北段构成了松潘 甘孜地槽褶皱系与扬子陆块的分界, 南段伸入扬子地台内部, 成为扬子地台西缘边缘拗褶带与康滇地轴的分界, 是扬子西缘不同构造单元的控制性断裂构造。

2 空间展布及构造变形特征

磨西断裂与鲜水河断裂相比, 其结构比较复杂, 断裂走向为北 10° ~ 30° 西, 总体呈略向北东凸出的弧形状磨西断裂带具有变形强烈、性质复杂、多期活动的特点。本文根据断裂的变形性质、空间展布等特征, 可将其划分为北段(康定 磨西段)、中段(磨西 田湾段)和南段(田湾 公益海段)。

北段(康定 海螺沟)呈 $N10^{\circ}W$ 展布, 线性特征明显; 中段(海螺沟 田湾)呈明显的舒缓波状弯曲, 断层线时而 SN 时而 NNW 向展布, 整体呈 $N15^{\circ}W$; 南

收稿日期: 2007-03-16 改回日期: 2007-08-18

作者简介: 赵德军(1974—) 博士生, 主要从事构造地质学。Email: zhao dejun@ cudt. cn Tel: (028) 66632178 13550347840

段(田湾 石棉公益海)呈 $N20^{\circ}\sim30^{\circ}W$ 展布,线性特征也较明显。断层呈向 W和 SWW倾,倾角较陡,通常在 60° 以上,断裂面沿倾向均较平直。在研究区可见磨西断裂有一系列的次级分叉活动断裂伴生。

2.1 北段(康定 磨西段)

磨西断裂北段长约 50 km,沿磨西河(沟)谷分布,地貌线性特征极为清晰。呈 $N15^{\circ}W$ 的直线状展布,倾向 W-SWW,倾角约 $50^{\circ}\sim70^{\circ}$ 。断层面沿走向

和倾向均表现为较为平直,断层上(西)盘为松潘 甘孜地槽,由上二叠统三道桥组千板岩、大理岩和片岩组成;断层下盘为扬子地台康滇地轴,由康定岩群英云闪长片麻岩组成。新近由于磨西磨子沟附近公路滑塌,磨西断裂主断裂带露头特征清楚,对于研究磨西断裂的脆性变形特征具有重要的意义,其剖面特征如图 2所示:

①断裂上盘:上二叠统三道桥组杂色大理岩夹

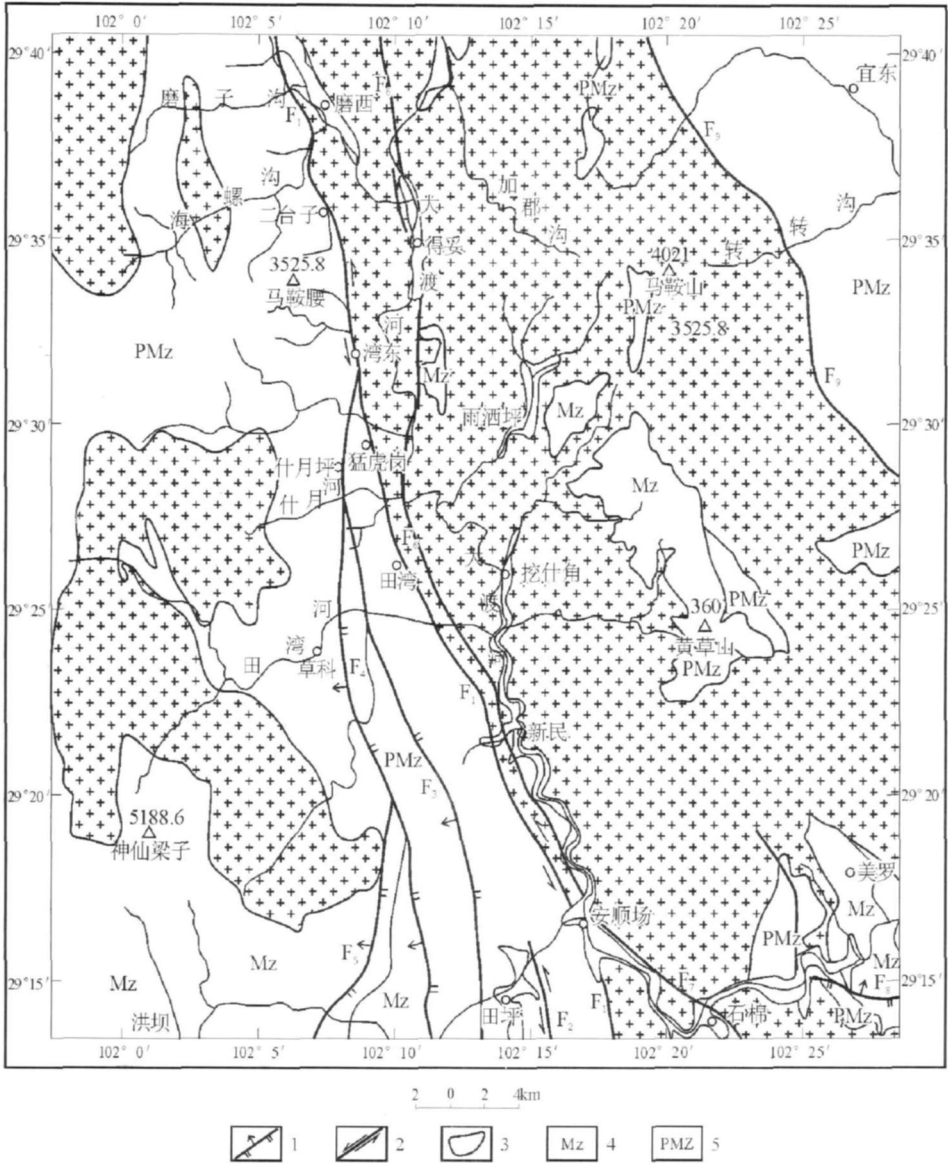


图 1 研究区区域地质构造略图

1 走滑断裂; 2 逆冲断裂; 3 第四系; 4 中生界; 5 前中生界。 F_1 鲜水河断裂; F_2 安宁河断裂; F_3 庙子坎断裂; F_4 西油房断裂; F_5 宾东断裂; F_6 大渡河断裂; F_7 大凉山断裂; F_8 美罗断裂; F_9 金坪断裂

Fig 1 Sketch map of geological structures in the study area

1= strike-slip fault 2= thrust fault 3= Quaternary 4= Mesozoic 5= preMesozoic F_1 = Xianshuhe fault F_2 = Anninghe fault F_3 = Miaozikan fault F_4 = Xiyoufang fault F_5 = Biding fault F_6 = Daduhe fault F_7 = Dajiangshan fault F_8 = Meiwo fault F_9 = Jinping fault

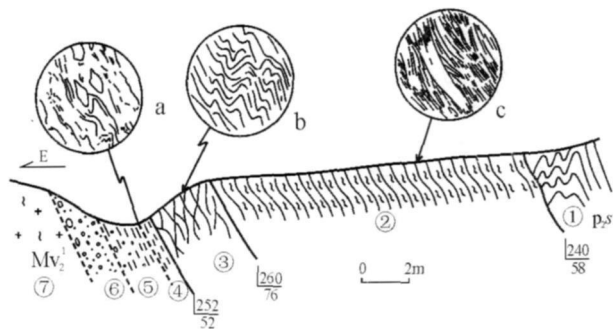


图2 磨西断裂磨西磨子沟构造剖面图

Fig 2 Structural section of the Moxi fault in the Mozi valley

钙质片岩、玄武质片岩。近断裂处片理构造发育,片理产状: $240^{\circ} \angle 50^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 。

断裂构造带: 构造片岩片理化构造角砾岩带: 根据变形强弱可划分为两个亚变形带:

②构造片岩带: 由灰黑色炭质构造片岩组成, 带宽 15m 左右, 带中片理、劈理构造、折劈褶皱构造、构造透镜体等极为发育, 并形成清楚的显示逆冲运动的 SC 组构。折劈褶皱的枢纽均很陡, 折劈面与轴面片理一致。构造片理产状 (也是与断层上盘围岩接触面): $282^{\circ} \angle 52^{\circ}$ 。

③片理化构造透镜体带: 由浅灰白色劈片理化条带状白云大理岩组成, 为断裂带中的弱变形带, 宽 3m 左右。岩石 (层) 仍保留着一定的层状结构, 但已明显的劈理化和顺层的透镜体化, 构造透镜体长短轴比: $a:b=38:4$ 。

断层泥带: 根据断层泥的成分和结构划分为 3 个亚变形带:

④深灰色炭质断层泥亚带: 带宽 $50 \sim 80\text{m}$ 断层泥呈黑色、钢灰色, 泥化强烈而均匀, 无碎斑, 主要成分为钙质和炭质, 与断层上盘千板岩、大理岩成分相当。与劈理化构造透镜体带接触截然, 接触面 (断面) 平直如刀切, 面上发育斜冲带或透镜。泥化、劈理化强烈, 含有少量带石英碎斑。

⑤灰白色/白色断层泥亚带: 带宽 2m 左右, 断层泥呈白色、灰白色, 夹浅褐色、钢灰色。主要矿物成分为长石和石英, 少量铁质, 与断裂下盘英云闪长岩成分相当。断层泥松散, 未固结, 电子自旋共振 (ESR) 测年结果为 $1.1\text{万年}^{\text{①}}$, 显示断层最后一期强烈活动时代较晚。亚带从颜色和成分与炭质断层泥亚带接触截然, 但无明显的构造 (断层) 面。

⑥泥化英云闪长质构造角砾岩带: 带宽 $1 \sim 1.5\text{m}$, 角砾成分主要为下盘岩石。角砾大小不等, 靠下盘围岩一侧角砾较粗、含量高、泥化弱; 近断层泥亚带一侧角砾细 (并出现碎粒岩、碎斑岩), 角砾 (碎斑) 含量相对较低、泥化较强。

⑦断层下盘:

下盘为康定岩群英云闪长片麻岩质破裂岩。

断裂带变形 (应变) 相对集中, 断层带宽 $20 \sim 50\text{m}$ 由未固结断层泥带 (照片 1) 和构造片岩片理化构造角砾岩带组成, 并有明显的变形强弱的分带性 (图 2), 根据以上特征, 磨西断裂带北段具有明显的两期脆性叠加变形: 早期受逆冲推覆作用形成构造片岩和片 (劈) 理化构造角砾岩等, 构造变形以脆性为主、兼有不太强烈的韧性。晚期受鲜水河剪切带的影响, 产生左旋斜冲形成断层泥和泥化构造岩, 构造变形以浅构造层次的快速脆性变形为主。



照片1 磨西断裂主断裂带 (磨子沟)

Photograph 1 Main fault zone of the Moxi fault in the Mozi valley

2.2 中段 (磨西田湾段)

磨西断裂中段长约 30km , 沿湾东沟、田湾河谷分布, 地貌线性特征极为清晰。呈 $\text{SN-N}15^{\circ}\text{W}$ 舒缓波状展布, 倾向 W-SWW, 倾角约 $60^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 。断层北段上 (西) 盘为松潘地槽中三叠统扎嘎山组条带状大理岩、石英片岩和震旦系苏雄组英安岩断片组成; 断层南段上 (西) 盘断层为扬子地台北缘拗褶带震旦系—古生界火山岩碳酸盐碎屑岩建造组成。断层下盘为扬子地台康滇地轴, 由康定岩群英云闪长片麻岩组成。断裂带变形 (应变) 相对集中。由宽

和倾向均表现为起伏波状,断层上(西)盘为扬子地台西缘拗褶带,由震旦系—古生界火山岩 碳酸盐—碎屑岩建造组成。断层下盘为扬子地台康滇地轴之晋宁期—澄江期黄草山杂岩体,由多种类型的花岗岩组成。断裂带变形强烈,破碎带由宽 70~100m 的破裂岩—构造角砾岩—碎裂岩带等组成。此段具代表性的剖面为石棉新民腊树岗剖面,如图 5 所示。

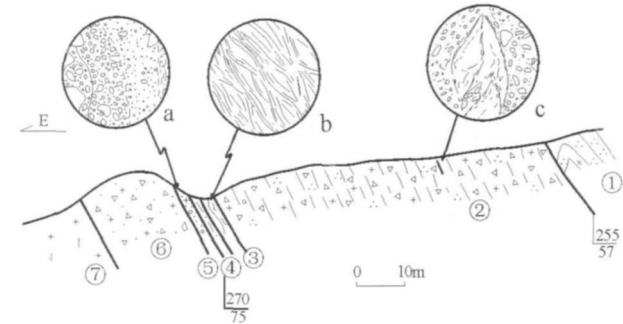


图 5 石棉新民腊树岗磨西断裂带构造剖面图

①. 断裂上盘: 下震旦统苏雄组劈(片)理化英安岩、英安质流纹岩夹玄武岩; ②. 流纹质、英安质构造角砾岩带; ③. 绢云绿泥构造片岩带; ④. 英安质初糜棱岩带; ⑤. 花岗质碎裂岩带; ⑥. 花岗质构造角砾岩带; ⑦. 断裂下盘: 晋宁期—澄江期浅玫瑰红色片麻状花岗岩。

Fig 5 Structural section of the Moxi fault in Lashugang Ximijin Shimen

① = hanging wall of the Moxi fault Lower Sinian Suxiong Formation cleavagized (schistositized) dacite and dacitic rhyolite intercalated with basalt ② = rhyolitic dacitic tectonic breccia zone ③ = sericitic chloritic tectonic schist zone ④ = dacitic mylonite zone ⑤ = granitic cataclastic rock zone ⑥ = granitic tectonic breccia zone ⑦ = footwall of the Moxi fault Jinningian-Chengjiangan light rose red gneissic granite

根据剖面特征,磨西断裂带南段主要受晚期逆冲推覆作用形成以构造角砾岩、碎粒岩为主,局部发育构造片岩和片(劈)理化构造角砾岩等,构造变形以脆性为主,兼有不太强烈的韧性。

综上所述,根据露头构造变形特征和空间展布形态,可以把磨西断裂分为三段,即:北段(康定—磨西段)、中段(磨西—田湾段)和南段(田湾—公益海段)。磨西断裂的韧性变形主要集中于在中段(磨西—田湾),脆性变形则在整个断裂带上均较明显,且自北向南有减弱的趋势,这与鲜水河断裂地震活动带的影响具有直接的联系。

3 运动学特征

从野外收集的磨西断层产状及擦痕、阶步、牵引

构造和线理等运动学资料(表 1)表明,断层的产状变化不大,但断层表现为多次不同方式方向的运动性质。大体归纳为两大组:一组较陡(侧伏角 $70^{\circ} \sim 85^{\circ}$),基本侧伏向为西北,一般比较清晰,与矿物生长线理(“线理”)平行;另一组侧伏角在 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 之内,侧伏向也为西北,总体不发育,发育时则较清晰,并且覆盖前一组擦痕。由此分析出两种不同的运动方式:早期左行斜冲或逆冲和晚期左行平移。依据擦痕的清晰程度和叠盖关系判断,磨西断层这两种运动方式发生的相对时间也逐次变新。

表 1 磨西断裂产状及运动方式

Table 1 Modes of occurrence and motion of the Moxi fault

观察点	断层面产状	擦痕侧伏角	矿物生长线理 / α	运动方式
磨西	$242^{\circ} \angle 52^{\circ}$	37°W	$258^{\circ} \angle 62^{\circ}$	逆冲+左旋走滑
磨西沟	$252^{\circ} \angle 52^{\circ}$	75°W		逆冲为主+左旋走滑
湾东	$260^{\circ} \angle 85^{\circ}$ $267^{\circ} \angle 78^{\circ}$	48°W 85°W	$271^{\circ} \angle 80^{\circ}$	逆冲+左旋走滑 逆冲
什月河	$287^{\circ} \angle 78^{\circ}$	42°W 79°W	$292^{\circ} \angle 73^{\circ}$	逆冲+左旋走滑 逆冲为主
田湾	$267^{\circ} \angle 73^{\circ}$ $287^{\circ} \angle 81^{\circ}$	81°W 75°W	$263^{\circ} \angle 76^{\circ}$	逆冲
出路沟	$255^{\circ} \angle 57^{\circ}$ $270^{\circ} \angle 85^{\circ}$	12°W 73°W	$282^{\circ} \angle 82^{\circ}$	左旋走滑 逆冲为主

从大区域的构造格局、构造组合的发展以及区域构造应力场的演变来看,磨西断层浅层次的脆性运动方式变化基本吻合,即早期(印支期—燕山期)受东西向挤压产生逆冲推覆;晚期(喜马拉雅期)受鲜水河 NW 向剪切带走滑的影响而叠加左上行斜冲或逆冲性质的运动。

4 演化史

从区域岩层分布、断裂变形特征、糜棱岩石英 C 轴组构、擦痕等分析结果与前人的研究^[5-6]表明,磨西断裂的运动演化为:早期正断,中期韧性逆冲,晚期脆性左旋逆冲和脆性左旋平移。

磨西断裂在晋宁末期已具雏形,在拉张应力下形成正断层,控制了东、西两侧的沉积地层分布(图 1),断裂东部强烈抬升而缺失沉积,形成康滇地轴,古近纪地层直接角度不整合于震旦纪地层之上;断裂西部则差异下降接受沉积,形成盐源—丽江台缘拗陷,构成扬子地台内部二级大地构造单元的分界;晚三叠世末印支运动,随着东西向挤压应力的作用,是磨西断裂强烈活动时期,松—甘地槽褶皱回返,磨西断裂成为扬子西缘台褶带震旦纪—晚古生代沉积推覆构造带与康滇地轴推覆构造带的结晶基底(康

定杂岩 断片, 晋宁期—澄江期杂岩体断片之间的推覆断裂构造, 运动形式为逆冲; 中新世以来, 伴随川西高原的强烈隆升和扬子板块边缘推覆作用的持续进行, 在东西向挤压构造应力场作用下, 沿北西向剪切应力作用面形成了一条左旋剪切破裂带——鲜水河剪切带, 并作多重羽列排列, 断裂带北西部和中部的剪切断层走向呈北西向, 表现为以左旋走滑性质, 南东段则利用先成的磨西断裂, 活动性质表现以挤压为主, 兼有左旋走滑的多期运动特征, 在新近纪中新世有一次强烈的韧性剪切逆冲活动, 形成糜棱岩; 随着扬子地台的整体抬升与剥蚀作用, 断层表现为浅层次的脆性活动。中新世以来发生一次左旋逆冲脆性活动, 近于直立的擦痕即为这一阶段断层活动的产物。由于应力方向的改变, 断裂最后一期强烈活动以左旋走滑为主, 形近水平的擦痕。北段磨西磨子沟剖面内的未固结断层泥, 其形成时代约

为 1. 1 万年。

参考文献:

[1] 李天. 鲜水河活动断裂带及强震危险性评估 [M]. 成都: 成都地图出版社, 1998

[2] 郑伯让, 金淑燕. 构造岩组学 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1989.

[3] Sisson R R 河永年, 林传舅译. 地震与地壳断层带中的岩石变形 [J]. 工程地质译丛, 1988 8(8): 1—10

[4] 吴香尧, 陈建平, 李联康, 等. 磨西剪切带的变形特征及机制 [A]. 扬子地台西南缘陆内造山带地质与矿产论文集 [C]. 成都: 四川科学技术出版社, 1996 74—82.

[5] 史兰斌, 祢传勇, 何永年, 等. 康定磨西断裂带断层岩及断层活动特征 [J]. 地震地质, 1992 14(2): 97—112

[6] 刘行松, 胥怀济, 史兰斌, 等. 基岩区断层活动特征和时间的研究: 以康定磨西断裂为例 [J]. 地震地质, 1993 123—130

Structural deformation and kinematics of the Moxi fault in western Sichuan

ZHAO De-jun, WANG Dao-yong, WU De-chao, LIU Yuan-chao

(College of Earth Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

Abstract: Located on the southeastern flank of the Xianshuihe fault, the Moxi fault constitutes the boundary between the Songpan-Garze geosynclinal fold system and Yangtze landmass in the north, and between the western Yangtze platform fold zone and Xikang-Yunnan axis in the south. In the light of the structural deformation geometry and kinematics, striation and microscopic quartz C-axis petrofabrics of the mylonite in the Mozgou, Wandong and Lashugang sections, the Moxi fault has spanned five phases of intense faulting, including the normal faulting in the early stage (Jinningian), ductile thrusting resulting in the formation of mylonite in the middle stage (Indosinian), ductile thrusting once again in the later stage during the Miocene, brittle sinistral thrusting and brittle sinistral thrusting translation (Himalayan).

Key words: Moxi fault, structural deformation, kinematics, C-axis fabric