

毛毛山断裂带位移累积滑动亏损特征及其分段意义讨论^{*}

袁道阳 刘百簾 吕太乙 何文贵 刘小凤

(国家地震局兰州地震研究所, 兰州 730000)

摘要 在对毛毛山断裂带断错微地貌划分对比的基础上详细分析了其位移分布特征。结果表明, 毛毛山断裂的水平位移和垂直位移均具较明显的分组现象和可公度性特点。在空间分布上具明显的互补性, 从东到西水平位移具累积滑动亏损特征, 垂直位移则具累积滑动补偿性, 这反映了沿断裂带活动性质与活动强度的差异性和非均匀性。位移累积滑动亏损直接反映了断裂在一定时段内的特征滑动行为, 是进行分段的重要依据。

主题词: 位移 滑动 断裂分段 毛毛山断裂带

1 引言

毛毛山断裂为北祁连山活动断裂带东段的重要组成部分, 东端在马圈沟台与老虎山断裂相接, 经西大滩、龙沟, 西端以天祝拉分盆地与金强河断裂相连, 总体走向北西西, 长约 51 km。自中更新世晚期以来, 毛毛山断裂的力学性质由原来的挤压逆冲为主变为以左旋走滑为主兼具倾滑运动特性, 因此在原有的垂直断错地貌的基础上, 又经历了后期左旋断错的叠加改造, 使得断裂两侧不同时代、不同规模的各级地貌单元更加丰富和复杂化。通过对这些断错微地貌的全面考察、统计和研究, 再结合多种样品测试年代, 我们就可以对断裂带沿线断错微地貌进行划分对比, 从而分析不同级别的地貌单元的位移分布特征, 探讨断裂的晚第四纪运动学性质。

2 断错微地貌特征

由于毛毛山断裂带中更新世晚期以来其断裂力学性质为左旋走滑兼具倾滑运动分量, 沿断裂带最突出的特点是各级断错地貌非常发育。总体上可以分为两大类: 一类为断裂走滑运动分量所产生的错移地貌, 如水系、山脊等的左旋断错; 另一类为断裂倾滑运动分量所产生的差异层状地貌, 如断坎等。两类地貌既可单独发育, 也可同时并存。

2.1 水平断错地貌现象

由于毛毛山断裂的左旋走滑运动, 使得穿过断裂的山脊、水系等地貌要素发生断错, 产生同向偏转, 形成许多曲颈山脊和相应的“S”型水系, 断距从几米到几百米不等。

^{*}地震科学联合基金资助项目(95-020)

第一作者简介: 袁道阳 男, 31岁, 助研, 现主要从事地震地质研究。

收稿日期: 1995-06-13; 修改稿: 1995-08-22

2. 1. 1 水系断错

水系是反映构造变动最灵敏的地貌因素,断裂的左旋走滑运动造成断裂沿线出现了一系列的水系断错现象,主要表现为横跨断层的冲沟发生肘状拐弯。一般地讲,水系越长,规模越大,其形成时间也越老,因而断距也越大。水系断错比较醒目的地段为东端的香水沟—柏林沟一段及西端的大洪沟附近。目前测得的水系断错最大的沟为金家直沟,左错达 360m,断距最小的仅几米。

2. 1. 2 山脊断错

发生水系断错的同时,冲沟两侧的山梁也随之发生断错,形成错动脊或被拉长而产生细颈化现象。比较典型的地段为大洪沟以西,多数山脊均被左旋断错,最大错距在大台西梁达 540m。大台西梁相当于 IV 级高台地(与之相邻的老虎山断裂带 IV 级冲洪积阶地 TL 年代为 21.7 ± 3.5 万 a^[1]),时代大致为中更新世中晚期。由此推断毛毛山断裂力学性质转变为左旋走滑运动的时代大约为中更新世晚期。

大洪沟以东的夹皮沟,断裂通过处出现一系列左旋断错冲沟和山脊,并有断层泉线状分布,在地形低洼处还形成断陷洼地。实测断距分别为:56.8m(冲沟),45.7m(阶地),27.3m(阶地),47.1m(山脊)(图 1)。

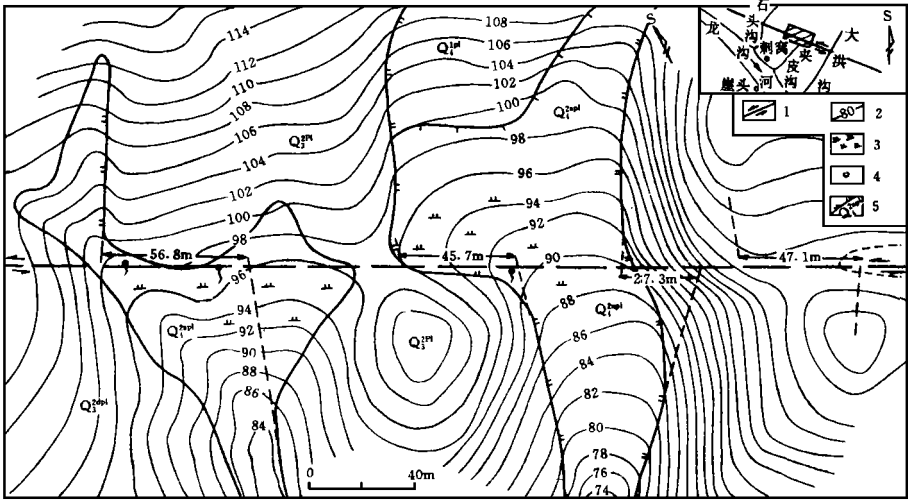


图 1 夹皮沟脑实测断错地貌地形

Fig. 1 Geomorphic features dislocated at the head of Jiapiugou gully.

1 断裂带; 2 等高线(m); 3 洼地 4 断层泉; 5 阶地及时代

2. 1. 3 阶地断错

阶地断错往往与冲沟断错相联系,许多穿过断裂带的较大冲沟,沟内普遍发育有 I、II 级冲洪积阶地,阶地面平整,二元结构清晰。断裂的左旋走滑运动造成阶地断错,往往形成不对称阶地,一侧很窄或不发育,而另一侧很宽,有时还可见到被废弃的断头沟。在西香水沟、下干柴沟、东台沟等处阶地断错现象非常清晰。

东台沟为龙沟河南侧的较大支沟,断裂横穿冲沟而过,由于断裂的左旋走滑运动造成东台沟沟口发育两级冲洪积阶地,冲沟东岸 I 级阶地边缘左旋断距 15m,西岸 I 级阶地边缘左旋断

距 17m, 地貌上还保留有较清晰的正向陡坎, 东边不远处还有断层泉出露(图 2)。

2.2 垂直断错地貌现象

2.2.1 断层崖和断层陡坎

由于断裂具有倾滑运动分量, 沿断裂带高大的断层崖和断坎随处可见, 并在许多地段形成断层陡坎组, 沿断裂走向断续延伸。上、下干柴沟为龙沟河南岸一级支沟, 该支沟切割龙沟河南岸 II 级阶地, 断裂的构造活动形成了 3 条断层陡坎, 坎的主坡角为: $25^{\circ} \sim 33^{\circ}$, 坎高 4.4 ~ 6.1m。

天祝盆地位于毛毛山断裂西端, 为毛毛山断裂与金强河断裂的分界线, 为一左旋左阶拉分盆地, 断裂在盆地段的走滑运动分量已转化为倾滑运动分量, 断裂活动主要表现为一系列基岩断层陡崖及晚第四纪冲洪积物上的断层陡坎, 它们控制了该盆地的北部边界。

2.2.2 断裂沟槽

由于断裂的倾滑运动, 在一些地势低洼狭窄地段就形成断裂沟槽状地貌。如东端的马圈沟台即形成一条长近 500m、宽 35m、深达 3 ~ 4m 的断裂沟槽, 其内有新断塞塘淤泥质沉积。

2.2.3 断错洪积扇

毛毛山地区雨量充沛, 冲沟多因季节性流水而形成, 受气候因素的影响较大, 由于山势陡峭, 坡降大, 沿断裂带洪积扇较发育。断裂的倾滑运动使穿过断裂带的洪积扇被断错的现象时有发生。如在天祝盆地的上窑洞沟, 野狐湾吃水沟及龙沟河内挡马沟以东的洪积扇之上均保存有数条清晰的断层陡坎, 坎高 3 ~ 8m 不等, 总趋势为洪积扇越老, 坎也就越高。

3 位移分布特征

依据上述断错微地貌的证据和标志, 我们采用室内航片解译与野外皮尺测量以及对局部典型地段进行大比例尺平板仪实测相结合的方法, 沿毛毛山断裂带共获得水平断错值 95 个, 垂直断距 44 个(表 1, 表 2)。将上述断错值沿断裂走向方向标绘于坐标图上, 并以几处较标准的具代表性的阶地断错值(其中: I 级阶地水平断距 15 ~ 18m, 垂直断距在盆地段为 3 ~ 3.2m, 龙沟河段约为 0.5m; II 级阶地水平断距 80m 左右, 垂直断距在天祝盆地为 10 ~ 12.6m, 在龙沟河段为 4.5 ~ 6.9m)为基准线, 结合样品年代, 在对断错微地貌进行对比的基础上, 将断错值进行分级连线, 得到毛毛山断裂展布与位移分布(图 3)。

从图 3 我们发现毛毛山断裂的位移分布具有以下特点:

(1) 水平位移和垂直位移均具较明显的分组现象, 并具可公度性特点, 这反映了断裂构造活动主要以粘滑运动为主(这与由断层岩性划分的本段为粘滑段的结果^[4]相一致), 具有分期活动的特点。

(2) 水平位移和垂直位移沿断裂展布方向具明显的互补性, 并可划分为明显的两段: ①独山子—龙沟河走滑段, 主要以左旋走滑运动为主, 水平断错幅度远大于垂直断错幅度, 水平断

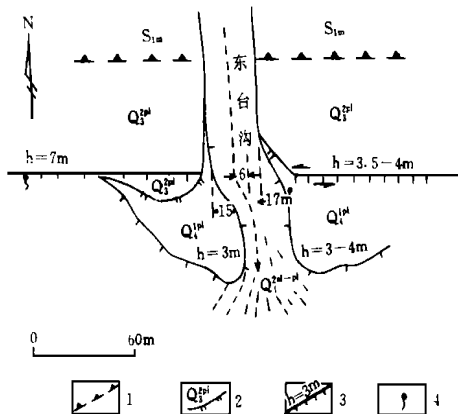


图 2 东台沟断错地貌示意图

Fig. 2 Sketch of dislocation geomorphology at Dongtaigou.

- 1 断层三角面; 2 阶地线;
3 断坎及高度(m); 4 断层泉

表 1 毛毛山断裂水平断错数据

断层段	编 号 及 位 置	断错微地貌	断距(m)	精 度	备 注
独 山 子 二 冰 峡 段	(1)大峡东第二支沟	冲 沟	160、60	B	两次错动
	(2)大峡东第三支沟东梁	山 脊	180	B	
	(3)大峡西第三支沟东梁	山 脊	180	B	
	(4)大峡西第三支沟	冲 沟	170	B	
	(5)大峡西第二支沟东梁	山 脊	80	B	
	(6)大峡西第二支沟	冲 沟	80	B	
	(7)马圈沟东侧	山 脊	70	B	
	(8)马圈沟	冲 沟	68	B	
	(9)马圈沟西第一纹沟	纹 沟	17、15	A	两条断裂
	(10)马圈沟西第三纹沟	冲 沟	51、60	B	两条断裂
	(11)马圈沟西第四纹沟	冲 沟	43、18	A	两条断裂
	(12)上湖滩沟东支沟	冲 沟	100	B	
	(13)上湖滩沟东梁	山 脊	68	B	
	(14)上湖滩沟	冲 沟	30、136	B	两条断裂
	(15)东香水沟东冲沟	冲 沟	136、51	B	两条断裂
	(16)东香水沟	冲 沟	42	A	
	(17)西香水沟东梁	山 脊	255、102	B	两条断裂
	(18)西香水沟西Ⅱ级阶地前缘	阶 地	50	A	
	(19)柏林沟脑东梁	山 脊	119	B	
	(20)柏林沟脑东纹沟	冲 沟	34	A	
	(21)柏林沟脑	冲 沟	69	A	
	(22)上石头沟东支沟	冲 沟	40	A	
	(23)上石头沟脑东梁	山 脊	120	B	
	(24)上石头沟脑	冲 沟	40	A	
	(25)上石头沟西支沟	冲 沟	40	A	
	(26)营盘台子东纹沟	冲 沟	40	B	
	(27)营盘台子东第二纹沟	纹 沟	40	B	
	(28)营盘台子东两纹沟间山梁	山 脊	40	B	
龙 沟 河 段	(29)冰峡西第二冲沟	冲 沟	45	A	
	(30)冰峡西第四冲沟东梁	山 脊	90	B	
	(31)冰峡西第四冲沟	冲 沟	81	B	
	(32)银洞沟东梁	山 脊	108	B	
	(33)银洞沟	冲 沟	102、18	A	
	(34)银洞沟西第一冲沟	冲 沟	30	A	老断裂
	(35)银洞沟第二纹沟	冲 沟	27	A	
	(36)上干柴沟东第二大冲沟	冲 沟	36、18	A	两条断层
	(37)上干柴沟东第一大冲沟	冲 沟	18	A	
	(38)下干柴沟口	冲 沟	36	A	南侧断裂
	(39)下干柴沟口阶地边缘	阶 地	15(Ⅰ)、38	A	北侧断裂
	(40)挡马沟	冲 沟	30	B	南侧老断裂
	(41)挡马沟沟口	阶 地	30、15(Ⅰ)	A	
	(42)挡马沟与东台沟间纹沟	纹 沟	6	A	
	(43)挡马沟西第二冲沟	冲 沟	90	B	
	(44)东台沟沟口	沟 床	6	A	
	(45)东台沟Ⅰ级阶地	阶 地	17(Ⅰ)、15(Ⅰ)	A	
	(46)东台沟西第二冲沟	冲 沟	108	B	老断裂
	(47)东台沟西第二冲沟	冲 沟	36	A	新断裂

表 1(续)

断层段	编 号 及 位 置	断错微地貌	断距(m)	精 度	备 注
龙 沟 河 段	(48)钻龙沟东梁	山 脊	126	B	两期错动
	(49)钻龙沟沟口	冲 沟	36	A	
	(50)石头沟村东沟	冲 沟	32	A	
	(51)石头沟村西沟	冲 沟	40	A	
	(52)刺窝沟脑	纹 沟	7	A	
	(53)刺窝沟西梁	山 脊	216	B	
	(54)夹皮沟东支沟	冲 沟	144	B	
	(55)夹皮沟东支沟西梁	山 脊	198	B	
	(56)夹皮沟中沟	冲 沟	56.8	A	
	(57)夹皮沟西支沟西侧	阶 地	27.3	A	
	(58)夹皮沟西支沟东侧	阶 地	45.7	A	
	(59)夹皮沟西梁	山 脊	47.1	A	
	(60)大洪沟东沟	冲 沟	45	A	
	(61)大洪沟	冲 沟	40.21	A	
	(62)大洪沟西梁	山 脊	270	B	
	(63)大洪沟西小梁	山 脊	90	B	
	(64)岔洼沟脑	纹 沟	16	A	
	(65)岔洼沟脑	纹 沟	13	A	
	(66)岔洼沟脑	纹 沟	13.5	A	
	(67)岔洼沟脑	纹 沟	8	A	
	(68)岔洼沟脑	纹 沟	13	A	
	(69)岔洼沟脑	纹 沟	18	A	
	(70)岔洼沟脑	山 脊	45	A	
	(71)岔洼沟脑阶地	阶 地	35、80(Ⅱ)	A	
	(72)岔洼沟脑西梁	山 脊	72	B	
	(73)大台西梁	山 脊	540	B	
	(74)大台西沟	冲 沟	198	B	
	(75)金家直沟东沟	冲 沟	360	B	
	(76)金家直沟西沟	冲 沟	90	B	
	(77)金家直沟中梁	山 脊	288	B	
	(78)中峪东梁	山 脊	140	B	
	(79)中峪西梁	山 脊	144	B	
	(80)大沙沟东沟	冲 沟	108	B	
	(81)天井沟	冲 沟	180	B	

注: A—皮尺及仪器测量, 位移标志明显; B—地形图及航片测量, 位移标志较明显

距总趋势具有自东向西逐渐衰减的规律性, 具位移累积滑动亏损的特征; ②天祝盆地倾滑段, 该段为正断倾滑运动, 垂直断距总趋势自东向西逐渐增大, 具有显著的累积滑动补偿的特征。

(3)沿断裂带水平位移的分布还具有非均匀性的特点, 存在着幅度不等的峰值, 形成波浪状曲线, 这反映了断裂带各段活动性质和活动强度存在一定的差异性。大洪沟附近一段断裂左旋走滑运动造成晚更新世(Q₃)洪积扇之上一系列小纹沟左旋断错, 断距几米到十几米不等, 并且形成一连串的挤压脊。这反映了晚更新世, 尤其是全新世以来, 本段断裂活动具有局部较强的特性, 这一点在位移分布曲线上也有较明显反映, 与野外观察到的现象相一致。本段断裂分布在洪积台地之上的陡坎非常低, 断坎大多发育在山脊的两侧(如大洪沟东梁), 其中一侧为正向坎, 另一侧为反向坎, 这是走滑运动的剪刀点地形效应, 反映了这一段垂直运动分量局部减弱, 走滑运动占优势。

表 2 毛毛山断裂断坎参数

断层段	编号及位置	地貌单元	实测主坡角	坎高(m)	精度
独 山 子 三 冰 峡 段	(1)大峡东第二支沟	眉脊		1~1.5	B
	(2)大峡东第三支沟东侧	眉脊		1.2	B
	(3)大峡西第二支沟东侧	坡反向坎		1~1.5	B
	(4)马圈沟东侧	断裂沟槽	25°	3~4	A
	(5)马圈沟西	坡正向坎	25°	3~4	A
	(6)马圈沟西第四冲沟	眉脊		3~4、2.5	B
	(7)上湖滩沟东	坡反向坎		3	B
	(8)东香水沟东侧	反向坎		1.5~2	B
	(9)西香水沟东梁	眉脊		5~6	B
	(10)西香水沟西岸	I 级阶地		0.5	B
	(11)西香水沟西岸	II 级阶地		6	B
	(12)柏林沟东梁	坡正向坎		2~3、7~8	B
	(13)柏林沟脑	坡正向坎		7~8	B
龙 沟 河 段	(14)银洞沟西	II 级阶地		4~5	B
	(15)上干柴沟东岸	II 级阶地		5~6	B
	(16)上干柴沟东第一支沟西岸	II 级阶地	32°、33°	4.5、4.4	A
	(17)下干柴沟东岸	II 级阶地	25°	4.7	A
	(18)下干柴沟西岸	II 级阶地	29°	6.1	A
	(19)挡马沟东岸	II 级阶地	29°	6.9	A
	(20)挡马沟西岸	II 级阶地	26°	8.8	A
	(21)东台沟东岸	坡正向坎	26°	3.5~4	A
	(22)石头沟东	坡正向坎		0.5~1、1.5	B
	(23)夹皮沟中沟	坡反向坎	23°、24°	3.7、4.4	A
	(24)大洪沟东坡	反向坎	38°、31°	5.6、6.6	A
	(25)大洪沟西梁	坡正向坎	28°	6	A
	(26)大洪沟西山脊	正向坎		3~10	B
	(27)岔洼西梁	眉脊		5	B
天 祝 盆 地 段	(28)吃水沟洪积扇	正向坎		4~5	B
	(29)下窑洞沟	I 级洪积扇		3	B
	(30)上窑洞沟	I 级洪积扇	16°、21°	1.6、3.2	A
	(31)上窑洞沟	II 级洪积扇	39°	10.2	A
	(32)黄石头沟东	坡正向坎		10~20	B
	(33)黄石头沟	坡正向坎	26.5°	4.1	A
	(34)直沟东	正向坎	32.5°、34°	12.6、17.1	A

注: A—纵剖面测量; B—简易测量

4 位移累积滑动亏损的分段意义讨论

大量研究表明,活动断裂所发生的破裂活动由于障碍体的存在多表现出明显的不均匀性,即断裂活动往往具有分段性的特点。因此,在地震预测、潜在震源的确定和重大工程的地震危险性评估中,都要求进行活断层的分段性研究^[3]。特征地震不仅造成了原地重复、大小相近的位错,而且具有相同的运动方式和相近的破裂长度。断裂带上不连续部位(如:阶区、拐点及分叉等)或断裂端点部位由于横向隆起的存在,起到了障碍体的作用,障碍体的存在吸收了继续破裂所需要的应力,所以对破裂的扩展产生阻碍作用^[4],使断裂活动具有分段性。因此,不同规模的障碍体限定了相应规模地震的破裂范围,使近乎同等大小的地震在某些地段原地重复发生(特征地震),造成累积滑动亏损。这反映了一定时段内断裂的特征滑动行为,与地震破

裂事件密切相关, 应是进行分段的非常重要的标志。

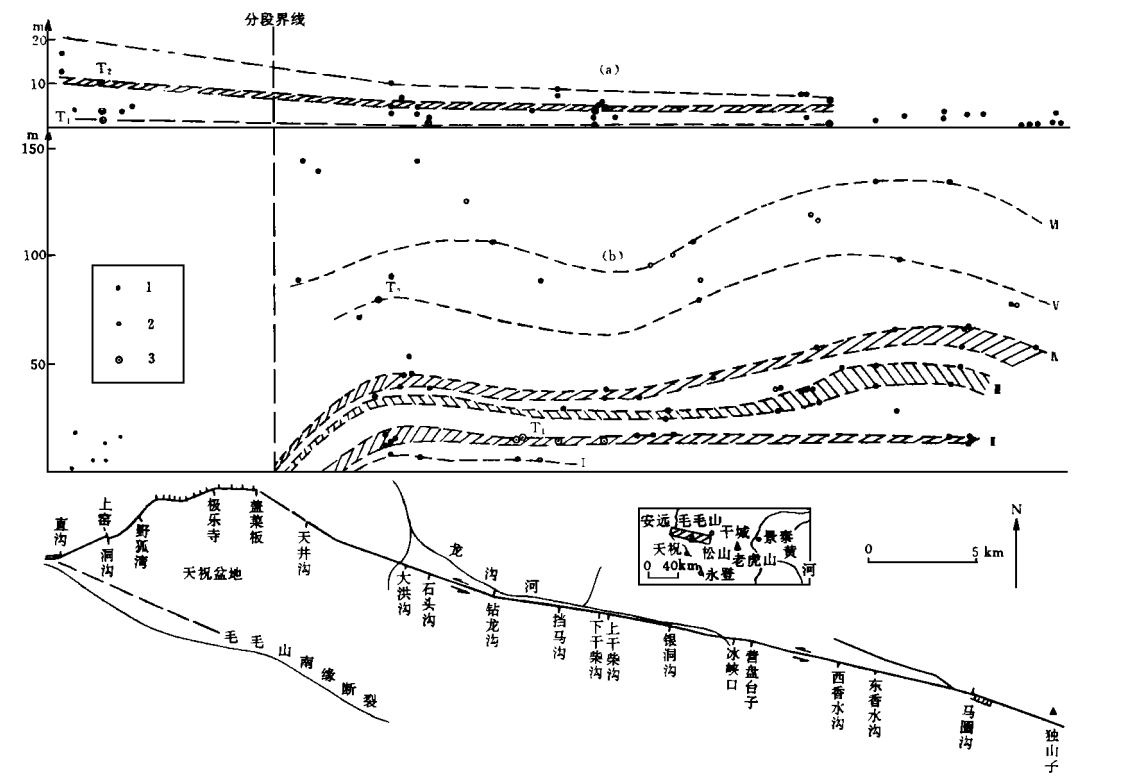


图 3 毛毛山断裂展布及位移分布

Fig. 3 The Mt. Maomaoshan fault zone and the distribution of displacements.

(a) 垂直位移分布; (b) 水平位移分布; 1 水系位错; 2 山脊位错; 3 较标准的阶地位错

目前, 国内外对位移累积滑动亏损的研究报道甚少^[5~9], 且仅限于简单的定性描述。笔者认为对该问题深入研究并建立其量化指标, 对于活动断裂的分段性研究具有重要意义。为了尝试对累积滑动亏损进行定量计算, 我们作如下定义: 断裂同级位移量的平均值(D)与相应部位该级位移量的最小值 $D_{\min}$ 之差为滑动亏损量 (Ship deficit), 如果其位移量为多次构造事件造成则为累积滑动亏损量 (Cumulative Ship deficit) (用 D_{cd} 表示); 滑动亏损量除以该级位移量的平均值(D)为滑动亏损率 (Ship deficit rate) (用 D_{dr} 表示), 即

$$D_{cd} = D - D_{\min} \tag{1}$$

$$D_{dr} = \frac{D_{cd}}{D} \times 100\% \tag{2}$$

例如: 一条断裂某次地震事件的平均位移量为 4m, 在端部其最小位移量为 2m, 则端部的滑动亏损量 D_{cd1} 为 2m, 滑动亏损率为 50%; 另一级别位移量的平均值为 8m, 端部最小位移量为 4m, 则端部的滑动亏损量 D_{cd2} 为 4m (也就是两组位移的累积滑动亏损量), 滑动亏损率 D_{dr} 为 50% (图 4)。

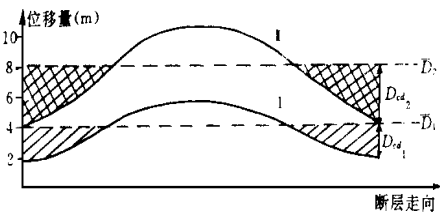


图 4 活动断裂两组(I 和 II)位移的累积滑动亏损示意图

Fig. 4 Cumulative ship deficits of an active fault.

人为划分)。天祝盆地,其水平位移为零,大约自晚更新世晚期以来其累积滑动亏损量达 115m,亏损率为 100%,代表一稳定的障碍体的存在,应是分段的显著标志;中间的挡马沟—干柴沟一段,具有局部水平位移累积滑动亏损特征(地貌上无明显的障碍体标志,断错地貌以倾滑运动分量造成的断坎组占优势),大约自晚更新世晚期以来其累积滑动亏损量达 20m,平均滑动亏损率仅为 24.1%,这代表了一相对稳定障碍体的存在,不具破裂分段意义,断裂的构造活动可贯穿此段,仅造成局部位移量减小。

同时,从表 3 还发现,各组位移量的滑动亏损率大致相当,这反映了毛毛山断裂带的构造活动具有大致相近的破裂范围和位错量,表明毛毛山断裂带具有较明显的特征地震性质。归纳起来,毛毛山断裂的滑动模式如图 5 所示。

5 结语

综上所述,由于断裂带上障碍体的存在,对破裂的扩展产生阻碍作用,断裂的多次突发错

利用式(1)和(2)计算得到毛毛山断裂带在挡马沟—干柴沟段和天祝盆地的水平位移累积滑动亏损量和滑动亏损率(表 3)。

从表 3 及图 3 我们可以看出毛毛山断裂水平位移累积滑动亏损具有如下特征:沿毛毛山断裂带水平位移累积滑动亏损较明显的有两段,其一为西端的天祝盆地,其二为中间的挡马沟—干柴沟一段,可能代表两处障碍体的存在,而东端的马圈沟台此特征不明显,因此马圈沟台并不具分段意义(仅为我们填图工作之便而

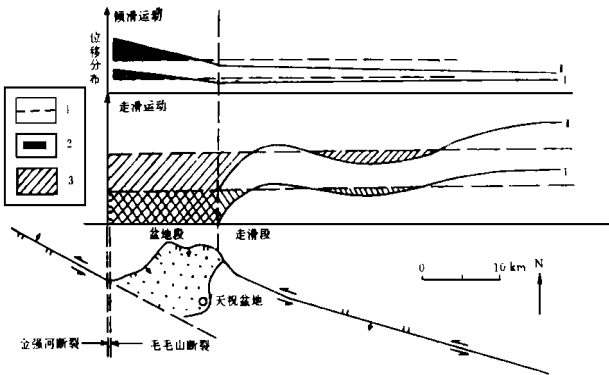


图 5 毛毛山活动断裂滑动模式

Fig. 5 The ship model of Maomaoshan active fault zone.

1 平均值; 2 累积滑动补偿; 3 累积滑动亏损

表 3 毛毛山断裂带水平位移累积滑动亏损值

位移量组	平均值(D) (m)	挡马沟—干柴沟段				天祝盆地段		
		最小值 D_{min}	亏损量 D_{cd}	亏损率 $D_{\%}$		最小值 D_{min}	亏损量 D_{cd}	亏损率 $D_{\%}$
		(m)	(m)	(%)		(m)	(m)	(%)
I	6.5	5	1.5	23.1	0	6.5	100	
II	17.1	12.5	4.6	25.9	0	17.1	100	
III	37.2	26	11.2	30.1	0	37.2	100	
IV	49.1	35	14.1	28.7	0	49.1	100	
V	84.5	69	15.5	18.3	0	86.8	100	
VI	115	95	20	17.4	0	115	100	

动则造成位移累积滑动亏损。障碍体的规模及稳定性与滑动亏损量和滑动亏损率密切相关。一般地讲,障碍体规模越大,滑动亏损量也就越大。对特征地震而言,其滑动亏损量随着地震事件的增多和位移量的增大而相应增大,而滑动亏损率在一定时段内则大体相当。如果对不同性质活动断裂带上的不同类型和不同规模障碍体(如阶距,阶距比等)造成的位移累积滑动亏损量和滑动亏损率进行定量计算并结合断裂带历史地震及古地震的破裂长度、震级大小、位移分布等定量参数进行对比研究,则可区分出不同滑动行为特征的断裂段,进而划分出满足不同要求的段(稳定段、相对稳定段、非稳定段)。由此划分的断裂段较客观地反映了断裂自身的滑动行为和地震活动规律,从而提高地震预测、潜在震源的划分和重大工程地震危险性分析的水平。对此尚待作更深入细致的工作。

参考文献

- 1 刘百箴,吕太乙,等.景泰老虎山活动断裂地区的第四纪地层的划分与对比研究.西北地震学报,1994,16(4).
- 2 国家地震局地质研究所,等.祁连山—河西走廊活动断裂系.北京:地震出版社,1993.144.
- 3 丁国瑜.有关活断层分段的一些问题.中国地震,1992,8(2).
- 4 刘百箴,袁道阳,等.走滑活断层的障碍体与破裂分段.昌马地震与7级强震研究.北京:地震出版社,1994.
- 5 King G C P. Speculation on the geometry of the initiation and termination process of earthquake rupture and its relation to morphology and geological structure. Pure or Appl. Geophys., 1986, (124): 567—585.
- 6 Wheder R L. Persistent segment boundaries on Basin and Range normal faults. U. S. Geol. Surv. Open-file Rep. 1989, (89—315): 432—444.
- 7 Machette M N, et al. Segmentation models and holocene movement history of the Wasatch fault zone. Utah. U. S. Geol. Surv. Open-file Rep., 1989, (89—315): 229—245.
- 8 Zhong Peizhen, et al. Geometric pattern, rupture termination and fault segmentation of the Dixie valley—Pleasant valley active normal fault system, Nevada. U. S. A. Journal of Structural Geology, 1991, 13(2): 165—176.
- 9 袁道阳,刘百箴,等.活动断裂的累积滑动亏损及其破裂分段意义的初步研究.高原地震,1993,5(4).

THE CUMULATIVE SLIP DEFICIT OF DISPLACEMENTS AND SIGNIFICANCE OF SEGMENTATION ALONG THE MAOMAOSHAN FAULT ZONE

Yuan Daoyang Liu Baichi Lu Taiyi He Wengui Liu Xiaofeng
(Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB, Lanzhou 730000)

Abstract

In this paper, on the basis of division and comparison of the micro-geomorphy along the Maomaoshan fault zone, the distribution of displacements is analysed in detail. The results indicate that the distributions of horizontal and vertical displacements along the fault zone have obvious grouping and compensation characters. From east to west of the fault, the horizontal displacements are characterized by cumulative slip deficit, on the contrary, vertical displacements are characterized by compensation. These reflect difference and inhomogeneity of the manners and intensity of faulting. Cumulative slip deficit of displacements directly reflects the behavior of faulting in some period and is an important segmentation scale.

Key words: Displacement, Slipping, Fault segmentation, Maomaoshan fault zone