

昌马断裂带活动构造地貌之研究^{*}

康 来 迅

(甘肃省地震局)

提 要: 本文根据野外地质调查资料和人工探槽的剖析,并结合 ^{14}C 年龄数据,讨论了昌马活动断裂带晚更新世晚期以来形成的构造地貌的类型、特征及分期问题。

主题词: 活动构造地貌 断层崖 活动构造地貌分期

昌马断裂带位于祁连山北部昌马—西水峡盆地的南缘,由多条断裂组成。其总体走向北西西,局部各段方向略有变化(图1A)。沿带分布有加里东期超基性岩¹⁾,反映它是一条深断裂带。

昌马断裂带形成于古生代加里东期,随后的海西、燕山期的活动形迹均反映明显。晚第三纪末或第四纪初,该断裂又一次强烈活动,使前震旦系结晶灰岩逆冲在白杨河组(N_{16})之上(图1B)。晚更新世晚期以来该断裂曾多次强烈活动,形成了多期活动构造地貌。直至1932年12月25日该断裂还发生7.5级强震。因此,昌马断裂带在地质史上是一条长期活动的深断裂带。

一、活动构造地貌类型及其特征

(一) 断层崖(或断层陡坎)

1) 张性断层崖 这类断层崖或断层陡坎地貌,东起臭水柳沟,西至昌马盆地西南侧均有断续分布(图1)。

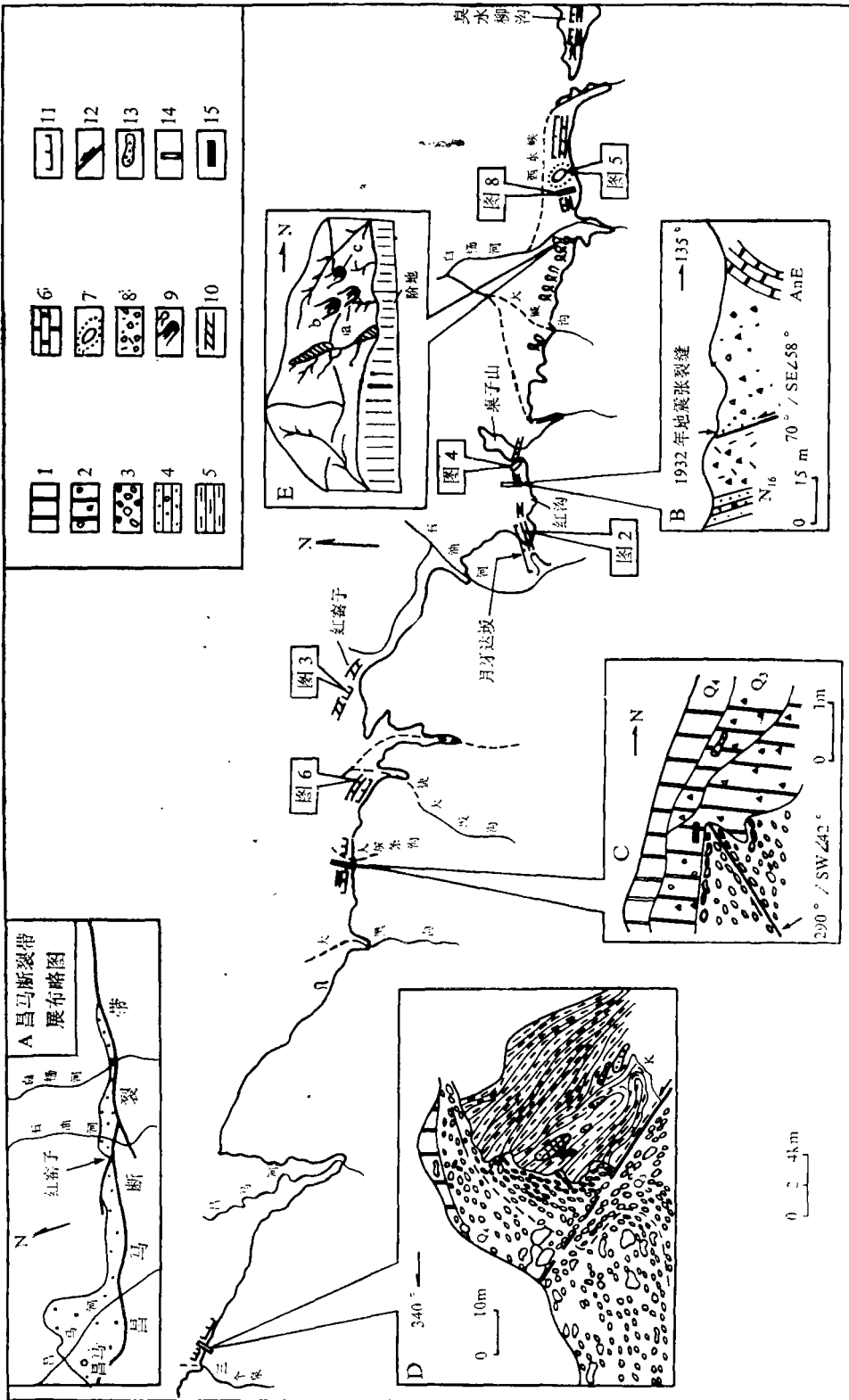
红沟西断层崖面上有两个明显的坡度转折点,把整个崖面分为三部分(图2):崖面上部陡坎(I)坡角较小,平均为 13.8° 。其上的断层自由面早已消失,脊肩浑圆。中部陡坎(II)坡角较大,平均为 23° ,其上的断层自由面也已消失。底部陡坎(III)坡角最大,从上往下坡度为 $74^\circ-34^\circ$,平均为 51.5° 。该陡坎面相当新鲜,断层自由面还未完全消失。据野外调查,这是1932年昌马地震形成的断层陡坎面。上述陡坎面特征表明红沟西断层崖面由三期陡坎面组成,反映了本断裂多期活动的特征。

昌马断裂带的多次强烈运动,在其支断裂上反映也明显。红窑子西的洪积平台 P_1 ,1932年

本文1986年11月24日收到,1988年3月6日收到修改稿。

^{*}参加野外地质调查工作的有侯振清、王华林和郭敬信同志。

1) 甘肃省地质局第二区域测量队:玉门市幅区域地质测量报告(上册)1:20万,1969年。



1. 黄土 2. 含细角砾黄土 3. 被积洪积砾石层 4. 含砾红色砂岩 5. 粘土岩 6. 结晶灰岩 7. 1932年地震鼓包叠置在早期鼓包上 8. 断层角砾岩 9. 构造滑坡 10. 古地震沟 11. 断层崖或陡坎 12 逆断层 13. 第四纪盆地 14. 人工探槽或地震剖面位置 15. ⁴C标本位置及年代

图 1 昌马断裂带活动构造地貌分布图
Distribution of active morphostructure the Changma Fault Zone

的地震裂缝从洪积平台陡坎边缘通过(图3)。洪积平台有两级陡坎, 陡坎Ⅰ平均坡角为 16.2° , 陡坎高2.03m。陡坎Ⅱ平均坡角为 23° , 陡坎高3.85m。从断层陡坎的坡角分析, 第Ⅱ级陡坎的形成年代晚于第Ⅰ级陡坎, 但早于1932年地震裂缝。

上述分析表明, 根据张性断层崖面的特征, 可以判断其形成年代的先后。

2) 压性断层崖 大灰条沟西侧及三个泉以东, 沿断裂分布有压性断层陡坎。陡坎地貌明显, 并且呈线性延伸, 但都没有显露断层破裂面。为了揭露此类断层陡坎地貌的形成机制, 在大灰条沟西侧的陡坎上开挖了一人工探槽(图1C)。该剖面揭露出底部坡积角砾层中发育了一条逆断层, 使其上含细角砾的黄土层(^{14}C 标本层)底部界面(即坡积角砾层顶部界面)发生位错变形, 垂直位错70cm。根据在黄土层底部取的 ^{14}C 样品分析, 逆断层形成年代 $<24450 \pm 310$ 年(距1950年, 下同)¹⁾。该陡坎的形成就是逆断层运动所致。

三个泉东有一明显的压性坎陡(图1D), 高2m余。该陡坎地貌的形成是由于白垩系逆冲在第四系上更新统、全新统之上。从上更新统、全新统砾石沿断层延伸部位作定向排列分析, 该逆断层在全新世有过强烈活动。

(二) 滑坡

沿本断裂带滑坡很发育, 东起臭水柳沟, 西至大黑沟西均有分布(图1)。其中白杨河一大碱沟一带的滑坡群尤为显著, 新、老滑坡体相互交错排列。这些滑坡体所在的山坡稳定性没有受到河流侵蚀(图1)和人为因素的影响, 它们是断裂快速运动或地震的结果, 属构造滑坡。

白杨河西侧的山麓处有三个规模较大的滑坡体(图1E)。滑坡体a表层结构较好, 草皮与其周围地带几乎没有差异, 滑坡舌的坡角较小, 为 33° 。位于西侧的滑坡体c比较高, 表层结构已被破坏, 草皮较差, 滑坡体还有纵张裂缝。特别是滑坡舌的坡角较大, 达 40° 。滑坡体b位于滑坡体a之后, 其表层结构和草皮特征均介于前两者之间, 滑坡舌的坡角为 36° 。从上述三者的特征分析, 三期滑坡体形成年代依次为a、b、c, 滑坡体c是1932年的地震滑坡。滑坡体形成年代越早, 被破坏的表层结构、草皮特征早已得到恢复, 并且由于侵蚀作用, 滑坡舌的坡角较小。

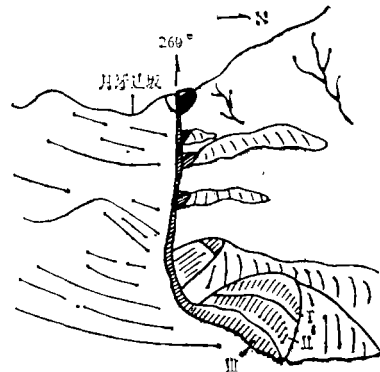


图2 红沟西三期构造陡坎地貌
The three tectonic scarps in the west of the Honggou

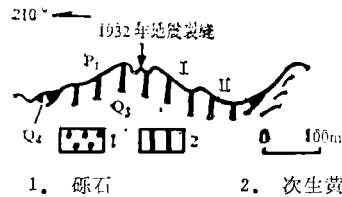


图3 红窑子西洪积平台的两期构造陡坎地貌
The two tectonic scarps of pluvial platform in the west of Hongyaozi

1) ^{14}C 年代数据由兰州大学 ^{14}C 实验室测定。

(三) 鼓包与地裂缝

昌马断裂带分布有各种规模不等的地震鼓包与地震裂缝,其中以桌子山西侧的鼓包地貌最典型(图4),呈线性延伸,总体方向 80° ,单个鼓包走向为南东 $110^\circ-140^\circ$,呈雁行排列,具有剪性特征。值得指出的是有一组北东走向的张裂缝与上述鼓包相互斜交。据调查,这些鼓包与地裂缝是1932年地震的产物。从鼓包与地裂缝配套展布特征分析,地震破裂带北侧块体向西运动,南侧块体向东运动,说明1932年地震时昌马断裂带呈反时针走滑方向的运动。

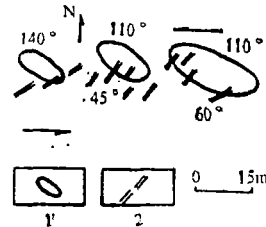
西水峡中段,见1932年地震形成的三个雁列式鼓包及与其斜交的张裂缝“迭置”在一个规模更大的鼓包上(图5)。从鼓包表层结构、草皮特征及鼓包相互“迭置”的关系分析,显然,大鼓包的形成年代早于1932年。其走向南东 100° ,与1932年地震鼓包的走向(南东 $110^\circ-120^\circ$)大体一致,反映形成大鼓包的断裂运动属性与1932年地震时基本一致,断裂带两侧块体呈反扭走滑运动。

除此之外,沿昌马断裂带还出现一系列山脊垭口或沟槽地貌形态(图1)。这些山脊垭口呈线性延伸,其总体走向与断裂带方向一致。垭口的规模也比较大,一般深1—2m,少数山脊垭口深3—5m,宽一般数十米。其中,以西水峡、桌子山等地垭口的规模最大。这些山脊垭口分布在山脊、洪积平台的山坡上,呈明显的“坡中谷”地貌特征(图6)。特别值得指出的是1932年的地震破裂带仍从这些山脊垭口通过(图7B)。反映这些山脊垭口或沟槽地貌形态是由于本断裂带多次快速运动或地震,使地震裂缝不断加深拓宽的结果。因此,其实质是古地震沟〔1〕。

(四) 阶地和河漫滩的解体变形

白杨河西岸的阶地,在基底断裂带通过的部位,上游阶地高37.9m,下游同级阶地高18.5m,两者相距很近(图1E)。显然,这是由于晚更新世晚期以来断裂活动导致阶地发生解体变形的结果。在白杨河东岸,断裂南侧的河漫滩地面比相邻的北侧河漫滩地面高20—30cm。其解体变形性质与西岸阶地完全一致。

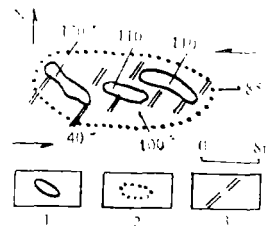
活动构造地貌除了上述类型外,还有山脊、水系的位错等(下节讨论)。从前面的分析



1. 1932年地震鼓包 2. 1932年地震裂缝

图4 桌子山西1932年地震鼓包与地震裂缝分布图

Distribution of domes and fractures formed during the 1932 earthquake in the west of Zuozishan mountain



1. 1932年地震鼓包 2. 古地震鼓包
3. 1932年地震裂缝

图5 不同时代的地震鼓包相互叠置
The superimposed seismic domes in different periods



图6 捷大坂沟西古地震沟
The ditch due to paleoearthquakes in the west of Jiedabangou

可以看出，昌马断裂带活动构造地貌类型丰富多样，根据各种类型的活动构造地貌特征和规模，并与1932年7.5级地震产生的构造地貌相对比，可以判断断裂带各次活动的性质，并推测其活动强度。

二、断裂带的活动特征及活动构造地貌分期的探讨

（一）断裂带的活动特征

1) 山脊的位错 昌马断裂带横切一系列山脊和水系，它的近期活动导致这些山脊和水系不断发生改造变形。这种变形在本断裂带东段（月牙达坂—臭水柳沟）尤为明显（图7）（表1）。断裂带南侧山脊往东运动，北侧山脊往西运动。西水峡地区已测的10条山脊（表1）平均水平位错量为53.07m。该断面南倾，并且南侧下降，垂直位错5—10m，表明此断裂以反时针走滑运动为主兼有倾滑性质。西水峡第8山脊的位错规模最大，达70m。往两侧有逐渐减小的趋势。穿过西水峡往东沿断裂追踪，臭水柳沟有一系列山脊在断裂通过处都呈“S”形弯曲，变形性质与西水峡山脊完全一样。因交通困难，只测了臭水柳沟源头山脊A（图7A）的位错数据。红沟地区山脊的位错量虽不及西水峡、臭水柳沟的规模大，但这种反扭走滑作用亦有明显反映（表1）。

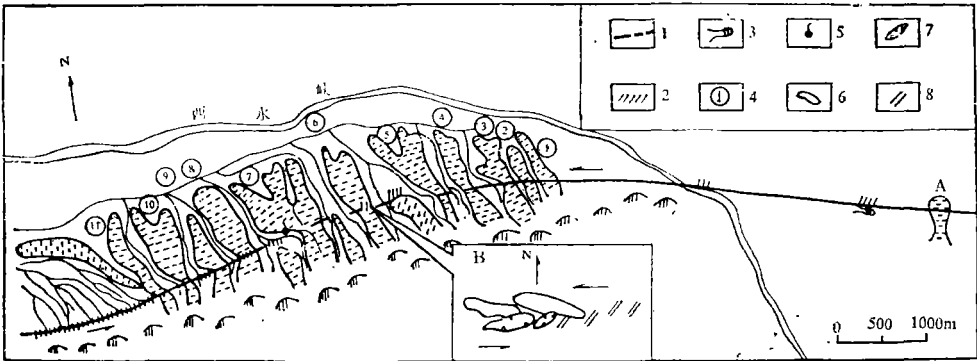
2) 水系的位错变形 昌马断裂带东段水系的位错变形性质与山脊的位错变形基本相同。从表2可以看出：1. 冲沟变形的最大部位是西水峡第8冲沟，位错量达80m（东冲沟），与山脊位错的最大部位相吻合（表1）。由于冲沟与山脊不同，变形量也不相同（冲沟因侧蚀而加大位移）。2. 东冲沟规模较大，反映受该断裂活动影响的历史也较长，位错量就较大。西冲沟则与此相反。

本带山脊与水系呈“S”形位错变形，表明本断裂的运动特征是以反时针走滑运动为主，与前述鼓包和地裂缝配套展布特征所显示的断裂运动属性是一致的。

表1、昌马断裂带东段山脊水平位错实测数据
The field-measured data of the horizontal dislocation of mountain ridges on the east segment of Changma Fault Zone

山 脊 位 置		水平位错 (m)
西 水 峡 地 区	第1山脊	49.6m
	2	*
	3	36.3m
	4	34.7m
	5	40.6m
	6	45m
	7	69m
	8	70m
	9	65m
	10	65m
	11	55.5m
臭水柳沟源头山脊		36.5m
红沟东侧一山脊		12m
月牙达坂东侧一山脊		29.5m

* 山脊有“S”形变形，标志点不明，未测。



1. 断裂带 2. 1932年地震破裂带 3. 地震滑坡 4. 山脊编号 5. 断层泉 6. 1932年地震鼓包 7. 1932年地震张性坑洼 8. 1932年地震张裂缝

图 7 西水峡—臭水柳沟南侧山脊、水系反扭位错变形图

The synchronized dislocation of mountain ridges and drainage systems on the south side of the Xishuixia-Choushuiliugou

表 2 昌马断裂带东段冲沟水平位错实测数据

The field-measured data of horizontal dislocation of gullies on the east segment of Changma Fault Zone

冲 沟 位 置*		冲沟水平位错的实测数据	
西 水 峡 地 区	第 1 冲沟沟床		西冲沟6.6m
	第 2 冲沟沟床	东冲沟3.7m	西冲沟3.5m
	第 3 冲沟沟床	东冲沟42m	
	第 4 冲沟沟床	东冲沟16m	西冲沟15.3m
	第 6 冲沟沟床	东冲沟30m	西冲沟 8 m
	第 7 山脊顶部上的冲沟		69m
	第 8 冲沟沟床	东冲沟80m	西冲沟 4 m
	第11山脊西侧一纹沟**		5.6 m
	大碱沟		58 m
	雅儿河东山麓一纹沟		3.5m
	红沟东侧一冲沟		12m
	红沟西侧一纹沟		5.4m

*西水峡地区，自东而西山脊、冲沟相互并列分布，为叙述方便，第 1 山脊西侧的冲沟称为第 1 冲沟，冲沟编号照此类推。这些冲沟沟床都比较宽，一般发育有东、西两条小冲沟，称为东冲沟、西冲沟。西冲沟规模很小，应属纹沟。
**1932 年地震引起的位错量。

(二) 活动构造地貌分期的探讨

根据野外调查和室内分析，参考前人划分古地震的原则^[2]，昌马断裂带曾有多次强烈运动。划分活动构造地貌的期次和年代，需要采用其他学科的方法和手段^[3]。为此，在西水

峡第8冲沟沟床西部的古垄脊上开挖了一个人工探槽(图8)。1932年的地震破裂带从古垄脊的南坡通过。探槽剖面上发育了7条断层,地层位错似刀切,拖引滑塌现象不明显,应是快速断裂运动或地震的产物。根据错断地层的时代和层位高度分析,这些断层可划分为两期:第1期断层(F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 和 F_5)运动影响到含细角砾黄土层的中部,应为同期运动的产物。据 ^{14}C 年代测定(西2),这期断层活动的年代 $<24850 \pm 320$ 年。但大灰条沟西人工探槽的逆断层(图1C)活动年代 $<24450 \pm 310$ 年。因此,第1期断层活动年代应 $<24450 \pm 310$ 年,属晚更新世晚期。第2期断层(F_6 、 F_7)运动影响到含细角砾黄土层的顶部,应为晚更新世末或全新世早期的产物。据 ^{14}C 年代分析,第2期断层活动年代应 $>5095 \pm 85$ 年(西3),但晚于第1期断层活动。因此,除古垄脊南坡1932年地震形成的活动构造地貌外,构造地貌期次划分的原则为1. 不同地段上的断层陡坎(或断层崖)的期数与滑坡的期数可以相互对应、印证,则这些可以相互对应或印证的断层陡坎期数、滑坡的期数就是活动构造地貌的期次数,因为同一期断裂运动,可以在不同的地段产生同一期断层陡坎地貌或同一期滑坡地貌,并相互印证。2. 同一剖面上几条断层错断地层时代或层位高度相同,这几条断层应属断裂带同一期强烈运动的产物。反之,为不同时期的产物。裂缝外,该剖面上还存在时代较早的两期断层运动。

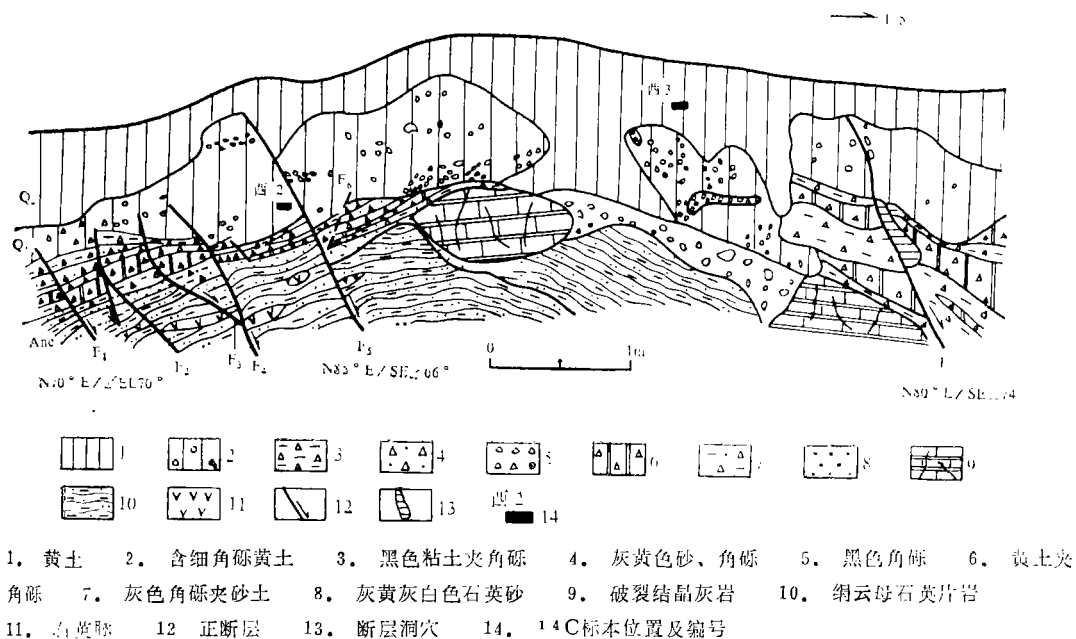


图8 西水峡第8冲沟探槽剖面

The profile of a trench along the 8th gully in Xishuixia

根据前节活动构造地貌特征的分析所知,红沟西断层崖面除1932年地震陡坎外,还存在两期古构造陡坎(图2)。白杨河西侧山麓的滑坡,除1932年地震滑坡外,还存在两期古构造滑坡(图1E)。红窑子西的洪积平台除1932年的地震裂缝外,还存在两期古断层陡坎(图3)。因此,从活动构造地貌或人工探槽资料分析得到的结论是一致的:

表 3 昌马断裂带活动构造地貌分期表

Division of stage for the active tectonic landforms of Changma Fault Zone

分期、时代及形成年代	断裂运动特征	典型地貌特征对比
第 I 期, 晚更新世 (Q_3) 晚期, $I < 24450 \pm 310$ 年	以反时针走滑方向运动为主, 兼有倾滑运动	张性断层陡坎坡度较小, $31.8^\circ - 16.2^\circ$, 其上的断层自由面已消失, 滑坡体表层结构恢复较好, 滑坡舌坡角较小, 为 33° 。
第 II 期, 全新世 (Q_4) 早期或晚更新世末期, 5095 ± 85 年 $< II < I$	继承第 I 期运动特征	张性断层陡坎坡度较大, 为 23° , 其上的断层自由面也已消失, 滑坡体表层结构已恢复, 滑坡舌坡角为 36° 。
第 III 期, 现代, 1932 年	继承第 I 期运动特征	张性断层陡坎坡度很大, 平均 51.5° , 陡坎面新鲜, 其上的断层自由面尚未完全消失, 滑坡体的表层结构还未完全恢复, 滑坡舌坡角很大, 为 40° 。

昌马断裂带至少存在三期活动构造地貌, 反映本断裂带晚更新世晚期以来至少发生过三期强烈运动。现把三期活动构造地貌的形成年代、典型地貌特征对比等列于表 3。

参 考 文 献

- (1) 黄秀铭: 关于古地震地质研究, 地震地质译丛, 1 (4), 地震出版社, 1979 年。
- (2) 朱海之等: 宁夏中宁古地震的若干特点, 中国活动断裂, 地震出版社, 1982 年。
- (3) 王乃梁、韩慕康: 构造地貌学的理论、方法、应用与动向, 中国地理学会第一次构造地貌学术讨论会论文选集, 科学出版社, 1984 年。

RESEARCHES ON THE ACTIVE TECTONIC LANDFORMS OF CHANGMA FAULT ZONE

Kang Laixun

(Seismological Bureau of Gansu Province)

Subject terms: active tectonic landform, fault scarp, division of stage about active tectonic landforms

Abstract

There are varied kinds of the active tectonic landforms in the Changma Fault Zone, including tension fault scarp, pressure fault scarp, landslid, drumlin, earthquake fissure, disintegration deformation of terrace and left slip displacement deformation of mountain ridge and water system and so on. Through analyzing the features of these landforms and comparing with each other, the active kind of Changma Fault Zone can be determined to be left strike slip accompanying with dip slip movement and there have been at least three times of sudden faulting or earthquake events since the later period of the late pleistocene. Those 3 earthquakes resulted in the formation of 3 stages of active tectonic landforms in Changma Fault Zone. According to the trench material and the ^{14}C data, the geological dates for the 3 stages of active tectonic landforms are follows: $\text{I} < 24450 \pm 310\text{yr}$, $5095 \pm 85\text{yr} < \text{II} < \text{I}$, and III was produced by the earthquake of 1932.