1987年9月 NORTHWESTERN SEISMOLOGICAL JOURNAL Sept., 1987

中卫一同心活断层研究

周俊喜 刘百篪

(国家地震局兰州地震研究所)

摘 要

中卫~同心活断层是香山北麓的区域性大断层,属于天祝~同心大断裂带 的东段,长约150公里,由一系列长度不太大的不连续的雁列断层组成。1709 年10月14日中卫南7壹级大地震就发生在该断裂带上,目前可以证实的破裂带 已有64公里。该断裂带断错了晚更新世晚期以来的各个时期的地层。由横穿断 层的一系列全新世冲沟的变位可知水平断距达25±3米,年平均滑动速率为 2.5毫米。

大约6000年以来,断层上共发生三次大地震,其平均复发周期为2299年。 用微地貌法求得的平均重现间隔为2100年。

引 言

目前对活断层这一术语的解释还存在着较大的分岐,根据地震预报和烈度区划工作所要 求的时间尺度,我们把晚更新世晚期以来,特别是全新世活动过的断层称为活断层,全新世 活断层研究主要应该包括三个方面的内容:(1)全新世断层活动性状的研究;(2)历史 地震破裂带的研究;(3)古地震研究。所研究的时间尺度主要在1万年以来的时间段之 内.本文对中卫~同心活断层进行了研究。

一、中卫~同心活断层全新世构造活动

1. 断层活动特征

此断裂带由十条不连续的断层组成〔见图 1 (f₁—f₁₀)〕,全长100公里,在全新世有过多次 活动,现将典型剖面介绍如下:

f₃: 位于上茶房庙北,长约4公里,断层走向北西75°冲。沟中见断层剖面(图2a), 在剖面上可见紫红色的泥盆系砂砾岩向北冲复在新第三纪砖红色的泥岩及晚第四纪冲洪积砾 石层之上,垂直断距约80厘米。

f₅: 位于长流水村西南,是山区与山前丘陵的分界线,长约6公里,走向北西75°,多

第9卷



图 1 中卫~同心断裂带晚第四纪断层分布及地貌略图 Fig. 1 Distribution and landform of late Quaternary faults along Zhongwei-Tongxin fault zone



处见到其向北逆冲到 I 级阶地黄土层之上,沿带的一系列微地貌均被左旋断错,并在全新世 中晚期发生了两次史前地震,1709年地震破裂带就沿此断层分布。在断层西段的鄂博沟口发 育有一系列正断层组,切割了上更新统砂砾石层。¹⁴c测定结果证实,被断错 的 地层年龄分 别距今26350±520年和35300±1400年,说明该断层在晚更新世晚期和全新世期间 曾 多次活 动。

f₆: 在孟家湾东南 I 级山前冲积扇的前缘,见到此断层切割全新统冲 积层(图 2 b)。 因断层活动,地表可见清晰的断坎。

在长流水沟口剖面(图2c)可见,上更新统底部砾石层在靠近f。断层面附近发生明显 的牵引,垂直断距约1.5米,再向上,在上更新统顶部层位中垂直断距只有40厘米。地表沉 积的全新统坡积物也被此断层切割。该断层从下到上切割了晚更新统和全新统坡积物,说明 f。断层晚更新世以来活动过多次,最晚一次是在全新世坡积层沉积之后。

f₉: 从碱沟至红沟梁,长12公里,走向北西80°,表现为逆断层特点。地貌上可见一系列断阶平台,发育了大量的1709年中卫地震滑坡群,反映了该带的现代活动性。在滑坡群下方是全新世断层剖面(图2d)。剖面南侧是由寒武系灰绿色变质长石石英砂岩组成的高山区;剖面北侧下部是晚更新统马兰黄土,有3条走向北西45°的断层切穿其上的全新统坡积黄土层。地貌上表现为北西走向的一系列陡坎,坡角在20°左右。在全新统坡积层顶部采得¹⁴c样品,证明此地层的年龄为距今7745±110年。

为了全面了解中卫~同心断裂带晚第四纪以来的活动状况,将该断裂所切割的不同地层

的14c年龄值列于表1中。

样品名称	采样地点及层位	距 今 年 代 〔B.P.〕	采样时间
炭 灰	马路滩东【阶顶部	2470 ± 60	1985
冲洪积相淤泥	刘岗井高漫滩	6070 ± 70	1985
粉砂	马跳湾河漫滩	4580 ± 60	1985
芒硝及石膏结核	马跳湾Ⅱ阶	20800 ± 470	1985
粉砂土	孤山子南1阶	10800 ± 120	1985
黑灰色断层泥	马路滩fs断层泥	35300 ± 1400	1985
木 炭 灰	碱沟 I 阶上部	7745 ± 110	1985
黄土质淤泥	大堆堆沟高浸滩	4840 ± 60	1985
细粉砂	地点同上	2690 ± 60	1985
次生黄土	景泰 I 阶	9360 ± 75	1983
砂质黄土	长流水沟口Ⅱ阶	34400 ± 100	1984
粉砂土		26090 ± 490	1984
粉砂土	鄂博沟口【阶	26350 ± 520	1984

注: 14c样品均系兰大14c实验室徐齐治同志测定,半衰期为5730±40年, "距今"指公元1950年

2.构造地貌

中卫~同心活断层在全新世期间左旋断错的微地貌类型主要有断错 冲 沟、断 错 I 级 阶 地、断错河漫滩和断错山脊等。

(1)断错小冲沟:在f。断层沿线,有数条近南北走向的小冲沟,在断层附近作"S" 状同步直角弯转,测量结果表明该断层的左旋水平断距为25±3米。

(2)断错 I 级阶地:在马路滩东,f_s断层通过处有两个 I 级阶地被左旋断错了25 ± 3 米。

(3)断错山脊;当断层横穿山脊时,使山脊发生左旋断错,并在连接处产生剪刀点地貌。f。断层沿线有数个小山脊被左旋断错,其幅度均为25±3米。

(4)断错河漫滩:fs断层断错河漫滩,其垂直断距为15米。

断层的其他微地貌断错现象如表2所示。

3. 断层平均滑动速率的计算

在f。断层沿线被左旋断错的冲沟多数切割 I 级阶地表面,冲沟多为 V 型谷或嶂谷,宽度 不超过 5 米,长约1.5公里,沟内一般没有阶地形成,因此将它们的年代定为全 新 世为妥, 即距今约为 L 万年。据此计算出全新世断层的滑动速率为2.2~2.8毫米/年,平均为2.5毫米/ 年。一些被左 旋 断错100±10米的冲沟内,发育有 I 级阶地,其年代应为晚更新世晚期,距 今约 4 万年,所以晚更新世未期该断层的滑动速度为2.25~2.75毫米/年,平均为2.5毫米/ 年。被左旋断错250米的冲沟内有 I — \ 级阶地存在,其年代可能在晚更新世 早 期,距今约

事 1

西北地震学报

第9卷

_	
Æ	•
77	2

地点	冲沟长度(米)	· 冲沟宽度(米)	断距(米)
马路滩东1号沟	1500	5	25 ± 3
马路购东 2 号沟	1500	4	20 ± 3
马路滩东 8 号沟	1500	5	25 ± 3
马路滩东4号沟	2500	10	100 ± 10
马路滩东5号沟	<500	1-2	5
马路滩东6号沟	1500	5	, 25
马路滩东7号沟	1500	5	23 ± 3
马路滩东 8 号沟	<500	2	7
孟家湾东1号沟	1000	5	20
孟家湾东2号沟	1000	5	20
寺 口 子 沟	20000	25	250

为11万年,反映该断裂晚更新世早期的滑动速率为2.3毫米/年。说明此断裂自晚第四纪以来 的滑动速率一直是比较稳定的。

被左旋断错的 I 级阶地,经¹⁴c样品测定,其年龄为距今10800±120年,结合 我 们以前 在海原断层上的测试结果(距今9360±75年),平均约1万年,同样可以得到该断层在全新 世期间的滑动速率平均为2.5毫米/年。

二、1709年中卫地震破裂带

地震断层的存在是活断层存在的最直接的反映⁽¹⁾,1709年10月14日在 宁夏中卫 南发生 的7 支级地震就是中卫~同心活断层现今重新活动的结果。对地震断层的研究是 活 断层研究 的一个重要方面。

1. 地震破裂带的分布

目前地表所见的地震破裂带西起上茶房庙东,向东沿香山北麓,经孟家湾、下河沿,圣 帝庙、碱沟、青驼崖、红沟梁,双井子至刘岗井附近,长约64公里(图1)。其总体走向与 山前断裂带一致,东段走向北西70°,西段走向近东西。整个破裂带由不连续的断层组成, 表现了向南倾斜的逆断层性质。在圣帝庙和红沟梁附近,地震断层加宽,组成向西收敛,向 东撒开的两个小型帚状构造。这些不连续的断层段主要呈左阶雁列型式,并在左阶区形成构 造小盆地。地震断层在双井子附近脱离老断层向东发展。目前所看到的1709年中卫地震破裂 带是现今保留得比较清晰的一段,因历史久远,实际长度现今已不易辨认。

2. 地震破裂带的地质证据

我们对与此次地震有关的62个点进行了测量和记录,就其主要者简述如下。

(1)断层崖和断层线崖

沿破裂带断层崖广泛分布,而断层线崖多分布在洪积阶地上。从孟家湾至长流水沟口 6 公里长的范围内,有两条 2 ~ 3 公里长的断层线崖(图 3),其高度约为15米,比较稳定, 是包括1709年地震在内的多次地震事件综合作用的结果。经对两个剖面的测量,该断层崖的 坡角在26°左右,据此可估计其形成年代大约在一千年以内^[2]。在青驼崖,因滑坡而形成的 断崖的自由面还很新鲜,其年代也是很新的(图4)。



图 3 孟家湾南断层线崖 Fig. 3 Fault-line scarp in southern Mengjiawan



图 4 青驼崖1709年地震断崖群 Fig. 4 A group of fault ledges during the Qingtuo Scarp earthquake,1709

(2)断错小山包、小冲沟

在马路滩东侧见小山包被左旋断错,错距5米。断面新鲜,断崖坡角较陡。水系对断层 走滑活动的反映最灵敏,它们经常随着构造变动而迅速调整^[8]。在马路滩东见一小冲沟被 左旋断错,错距7米。

(3)地震滑坡群

7

在地震破裂带沿线广泛发育地震滑坡群,特别是碱沟至红沟梁一线更为突出。碱沟滑坡 群走向近东西,呈条带状分布,长约2公里,分布在同方向的断层两侧500米范围内。此滑 坡发育在寒武系顶部,滑动方向与老地层的倾向相反,所处的地形坡角均较小,一般在15° ~20°.滑坡的自由面仍较新鲜,且各滑坡的后缘主坡角都很相近,约为24°左右。因此,它 们大体是同一时期的产物,很可能是地震造成的,而且按其主坡角的角度很可能是1709年地 震造成的,青驼崖断崖是山体下座形成的,也可以视其为滑坡群。它们的后缘主坡角为24° 左右,和碱沟滑坡群具有相同成因(参见图4)。同样现象在红沟梁和刘岗井等地也都可以 见到。

据文献〔4〕研究,1718年通渭地震造成了极其广泛的滑坡群。随着时间的推移,由于 重力崩塌和风化剥蚀作用,滑坡主壁逐渐后退,其坡角逐渐变小,滑坡后缘主坡角蜕变成 22°左右。1709年中卫地震与1718年通渭地震发生的年代相当,它们所形成的黄土断 崖 坡角 和滑坡后缘主坡角也应当相近。前已提及,马路滩黄土断崖坡角及碱沟和青驼崖滑坡群后缘 主坡角与1718年通渭地震滑坡群后缘主坡角角度非常接近,说明它们可能是1709年中卫地震 形成的。需指出的是,断崖和滑坡后缘主坡角的蜕变受岩性、气候、断崖高度等种诸因素限 制,所以上述对比法不是十分确切的,还有待进一步研究。

三、中卫~同心活断层上的古地震

我们沿中卫~同心活断层开挖了两个探槽,修理了一个古地震天然剖面,取得了全新世 古地震存在的地质证据。现仅就大堆堆沟剖面做一介绍。

1.大堆堆沟人工古地震剖面

该剖面位于马路滩东1.5公里处,在大堆堆沟的高漫滩上。全新世以来,f。断层的活动 在高漫滩上造成了1.5米高的断坎。该剖面横跨断坎,长7.5米,宽2米,深1.7米(图5)。 在剖面可见两条断层,我们分别用 $f_{\mathfrak{s}-1}$ 和 $f_{\mathfrak{s}-2}$ 表示。断层以北的全新统大致可以分为 5 个小层,总厚度为1.7米。

在剖面上可以看到两个地震坡积楔,与断层两侧地层有明显的区别,楔内坡积物无明显 层理,而断层两侧的正常沉积有近水平层理。坡积楔 I 位于f₅₋₁断层的北侧,向北 延伸0.5 米,实际上是由f₅₋₁断层在当时地表产生的断崖坡积楔,断层崖高度在0.5米左右,应代 表 一次古地震事件。坡积楔 I 与f₅₋₂断层有关,由于f₅₋₂断层的活动,在地表形成了一个大于 0.6米高的断坎,经剥蚀后在断层北侧形成坡积楔,应代表另外一次古地震事件。

另外,在剖面上还可以看出,f₅₋₂断层断错了第二次古地震之后沉积的坡积层,使之与 断层南侧的漫滩砾石沉积层呈断层接触,证明了f₅₋₂断层在层₅沉积之后的又有一次错动。 这次错动垂直断距约20厘米,仅在断层崖坎上形成一个坡角突变点,可能是1709年地震造成 的。

地震Ⅰ、Ⅰ和Ⅰ的古地理能够得到较好的恢复(图6)。



图 5 大堆堆沟古地震剖面(东壁)素描图 1.细粒松散冲洪积砾石层 2.中粒冲洪积砾石层 3.浅暗红色冲积亚砂土 4.中粒坡积砾石层 5.浅灰黑色冲积亚砂土 1、1为地湿虾件 I代表1709年地震

- Fig. 5 Profiles (east wall) of ancient earthquakes in Daduidui Gully
- (1) B. P. 4840±60年以前(2) B. P. 4840
 (2) B. P. 4840
 (3) B. P. 4840±
 (4) B. P. (4)
 - restored from the profiles of ancient earthquakes in Daduidui Gully

2.大地震复发周期

(1)¹⁴c测定法

层 3 底部样品的¹⁴c测定结果为距今4840±60年,应该代表地震 I 发生的 年 代。层 5 底 部样品的¹⁴c测定结果为距今2690±60年,应该代表地震 I 发生的年代。地震 I 与 地 震 I 的 间隔为2150年,地震 I 与地震 I (1709年)间隔为2449年。平均地震复发周期为2299年。

(2)活断层法

将前述1709年中卫地震的水平错动量(平均为6米),和中卫~同心活断层全新世的平

均左旋滑动速率(2.5毫米/年)代入公式 $t = \frac{D}{V}$,求得t为2400年。

根据郭增建等(5)得出的地震断层的水平断错量D与地震的震级M的关系式

第3期

D=10^{0·62M-1·25}, 计算1709年中卫地震的水平断距为4.5米。因为工作中 所 取 得 的 关 于 1709年地震断距的野外数据较少, 有必要利用上述经验公式求得D的理论值。将这一理论值 代入前式求得t为1800年。根据两个结果得出地震的平均复发周期为2100年。此结果与用¹⁴c 测定法求得的结果比较接近。可以认为,中卫~同心活断层上大地震复发周期大致为2100~ 2299年。

(本文1986年10月15日收到)

参考文献

【1】丁国瑜,中国内陆活动断裂基本特征的探讨,中国活动断裂,地震出版社,1982.
【2】Wallce, R.E., Profiles and ages of young fault scarps, North-central, Bulll. Geol. Soc. Am., Vol.90, № 8, 1977.
【8】E.希尔斯,构造地质学原理,李叔达等译,地质出版社,1981.
【4】刘百篪、周俊喜等,1718年通消地震和1654年天水地震区航空照片判读,地震科学研究,№1,1984.
【5〕郭增建、秦保燕等,震源孕育模式的初步讨论,地球物理学报 Vol.16, 1973.

THE RESEACH OF ACTIVE ZHONGWEI-TONGXIN FAULT

Zhou Junxi and Liu Baichi (Seismological Institute of Lanzhou, State Seismological Bureau, China)

Abstract

Active Zhongwei-Tongxin fault is a regional great fault belt located at the northern foot of Xiangshan Mountain. This fault is the east segment of large Tianzhu-Tongxin fault belt, its length is about 150km. The segment consists of a series of discontinuous faults. On October 14, 1709, a great eanthquake (M=7.5) occurred on the segment in the south of Zhongwe. All strata singe the latg Epipleistocene cut by the fault, the offset is 25 ± 3 m the averase slippins rate is 2.5mm/yr..Since about 6000yrs.B.P.3 great earthquakes (M \approx 7.5) have occurred on the fault. The average recurrence interval of the events 2299 yrs. The average recurrence interval obtained from the method of micro geomorphology is 2100 yrs.