武都--康县断裂带活动性初步研究。

贾 伟1,刘洪春1,柳 煜1,袁道阳1,2

(1. 中国地震局兰州地震研究所,甘肃 兰州 730000;

2. 中国地震局地震预测研究所兰州科技创新基地,甘肃 兰州 730000)

摘 要:武都一康县断裂是位于甘东南地区区域大断裂中的一条左旋走滑并兼有逆冲分量的活动断裂。通过卫片解译和野外地质调查,对活动断裂几何分段、地貌和地质特征进行了研究。结果表明:武都一康县断裂可分为西(F₁)和东(F₂)两段,分别为上板桥一长坝镇断裂段和沈家园一窑坪断裂段;晚更新世以来断裂的活动形成了丰富的断错地貌现象,例如水系和山脊左旋位错、断层三角面、断层崖、垭口、鞍部、跌水和地裂缝。断裂西段为全新世断层,年代距今(1.730±0.111) ka 至(1.670±0.141) ka之间,活动性比较强烈,并在甘泉一带发现全新世活动特征明显,主要以左旋走滑为主,同时伴有逆冲分量;而东段可能是晚更新世断层,以逆冲作用为主,并伴有左旋水平运动。

关键词:甘东南地区;武都一康县断裂;活动性;全新世断层 中图分类号:P315.241 文献标识码:A 文章编号:1000-0844(2012)02-0142-08 DOI:10.3969/j.issn.1000-0844.2012.02.0142

Preliminary Study on Activity of the Wudu—Kangxian Fault Zone

JIA Wei¹, LIU Hong-chun¹, LIU Yu¹, YUAN Dao-yang^{1,2}

(1. Lanzhou Institute of Seismology, CEA, Lanzhou 730000, China;
2. Lanzhou Base of Institute of Earthquake Prediction, CEA, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Wudu — Kangxian fault is one of the regional faults with left-lateral strike slip and thrusting active in southeastern part of Gansu province. Through satellite image interpretation and field investigation, the geometric segmentation and geomorphological and geological characteristics of the fault are studied. The result shows that the fault zone can be divided into the west(F_1) and east(F_2) segments, named Shangbanqiao—Changba fault and Shenjiayuan—Yaoping fault. Since the late Pleistocene, fault activity has formed rich dislocation landform phenomena, such as the left lateral of streams and ridges, terminal facet, fault cliff, saddle, waterfall and ground fissures. The new active of west segment(F_1) was in Holocene, occurred from (1.730 ± 0.111) ka to (1.670 ± 0.141) ka ago. Its strong and obvious Holocene active characteristics are found in Ganquan town, mainly shows left-lateral strike slip accompanied by reverse component. The east segment(F_2) may be a late Pleistocene active fault, mainly shows reverse component accompanied by the left-lateral strike slip.

Key words: The southeastern part of Gansu province; Wudu—Kangxian fault; Activity; Holocene fault

① 收稿日期:2012-03-12

基金项目:陇南灾后重建项目和国家科技支撑计划项目"汶川地震断裂带科学钻探研究"共同资助;中国地震局兰州地震研究所论著 编号:LC2012016

作者简介:贾 伟(1986-),男(汉族),安徽蒙城人,硕士生,现主要从事活动构造及新构造研究.

0 引言

武都一康县断裂带是甘东南地区多条区域性活动断裂中研究程度较低的断裂之一,目前为止对其几何特征、分段活动性等研究较少。而各种地质灾害与活动断裂的关系密切^[1-2]。前人积累的相关资料主要集中于对陇南历史上发生的多次地震探讨^[3-7],如公元前186年武都6~7级地震、1677年武都南5½级地震、1874年5¼级地震及1879年武都南8级地震等^[8-9]。卫片解译表明,该断裂带在甘泉一带线性地貌明显。为了查明该断裂带的几何特征、分段活动性等,我们对该断裂带展开了调查和研究。

1 断裂概况和几何展布

在大地构造上,研究区位于青藏高原东缘,西秦 岭断裂与东昆仑断裂之间形成了多组 NW-NE 向 或近 EW 向构造转换的压性走滑活动断裂带^[10-11]。 近 EW 向的武都一康县断裂就位于与 NW 向的迭 部一白龙江断裂的构造转换部位。该断裂带与迭部 一白龙江断裂带相连,往西经上板桥、麻地沟、甘泉、 张坪至窑坪以东,断裂总体走向近 EW 向,倾向 N, 倾角 60°~70°,逆倾滑性质,全长约 90 km^[12]。

断层形态方式以及断裂带各段活动性差异是活动断裂分段研究的组成部分^[13-14]。野外调查研究发现,在该断裂的延伸方向上,不同地段断裂活动强度 有所差别。本文依据断裂的展布形态、交接关系及 活动性,以甘泉、沈家园一带为界,将断裂分为西 (F₁)、东(F₂)两段(图 1)。

1.1 上板桥—长坝断裂段(F₁)

该断裂段总体呈近 EW 向舒缓波状延伸,西起 上板桥以西,向东经马街镇南,到甘泉乡南一带分为 两支:北支(F₁₋₁)NEE 向经佛崖乡北、长坝镇北侧 的花轿子至巩家集乡东侧;南支(F₁₋₂)NWW 向经 佛崖乡南、大龙王山北至长坝镇南侧的沈家园。本 断裂段是武都一康县断裂带地貌现象最丰富、活动 性最强的一段,并且具有水平走滑运动特征。

1.1.1 北支断层(F₁₋₁)

该分支断层从上板桥至巩家集,近 EW 向转 NEE 向,倾向 N 或 S,倾角 50°~85°,全长约 62 km。 主要表现为逆走滑断层,局部为正断层。断裂发育 在海拔 1 700~2 300 m 的中山地貌中,西高东低, 构成志留系、侏罗系地层与新代生地层白垩系、新近 系的分界线,基本控制了白垩纪和新近纪沉积湖盆 的南边界。

1.1.2 南支断层(F₁₋₂)

该分支断层从甘泉向东,NWW 向延伸至沈家 园,主要倾向 S,也见倾向 N,倾角 40°~85°,全长约 33 km。主要表现为逆走滑断层。断裂发育在海拔 1 600~2 000 m 的中山地貌中,西高东低,穿行于志 留系、侏罗系、石炭系地层中,并切割了古近系山间 盆地沉积物,于沈家园一带被 NNE 向次级断层切 错,形成与沈家园一窑坪断层(东段)的分段点。该 断层在航、卫片上线性影像也不明显,但实地调查发 现断层地貌非常发育,以多种类型的断层地貌和多 处全新世逆冲断层剖面为主要特征。

1.2 沈家园一窑坪断裂段(F₂)

该断裂段西起沈家园以东,向东经万家大梁北、 毛垭子山北,一直延伸到窑坪乡东侧,总体呈近 EW 向舒缓波状延伸,倾向 S,倾角 50°~80°,全长约 32 km。主要表现为逆走滑性质。断裂发育在海拔 1 500~2 000 m 的中山和海拔 1 100~1 300 m 的 低山地貌之间,南高北低,控制了志留系与泥盆系、 石炭系地层的分布,于沈家园一带被 NNE 向次级 断层切错,形成与中段断裂的分段点。

2 断裂活动地貌特征

2.1 北支断层(F₁₋₁)

(1)冲沟左旋水平位错。断错冲沟有上百米、 几十米、十几米和几米等多个量级(表1),如刘家山 北冲沟左旋位错 123 m、沈家沟南平洛河左旋位错 58.4 m、青岩坪村冲沟左旋位错 2.5 m,且西侧山脊 也同步位移 3.5 m。这些现象说明该断层曾经多期

表1 水系位移量统计

地名 编号	经、纬度坐标/° (或地名)	断错标志	测量方法	位移量/m	
				水平	垂直
1	104.96873,33.43345	冲沟左错	测距仪	123	
2	薛家坡南	同上	差分 GPS	14.65	
3	105.08376,33.43709	左旋及跌水	测距仪	12	2.4
4	105.08919,33.43710	冲沟左错	皮尺	1.2	
5	105.09027,33.43723	同上	皮尺	1.4	
6	105.09251,33.43695	同上	皮尺	15	
7	105.09389,33.43696	同上	皮尺	1.6	
8	105.09839,33.43693	同上	皮尺	2.1	
9	105.10118,33.43586	左旋及跌水	皮尺	1.8	0.8
10	105.10371,33.43553	同上	皮尺	3.5	1.9
11	田沟里村西	冲沟左错	皮尺	7	
12	105.19938,33.43528	同上	皮尺	2.5	
13	105.21776,33.43639	同上	皮尺	6	
14	105.23693.33.43739	同上	差分 GPS	58.42	
15	王家沟村南	同上	皮尺	3.5	



第 34 卷



第2期

活动,其最新活动时代可能在全新世。

(2)断层三角面和断层崖。这类断层地貌在北 支断层比较常见,其中在甘泉镇以西一带表现为连 续的断层三角面和断层崖地貌。

(3) 垭口和鞍部。这类断层地貌在北支断层也 比较常见,但很少见到连续多个的垭口或鞍部,多表 现为单个垭口或鞍部,在何善庙南侧为断层大垭口。

(4)山脊左旋位移。这类地貌仅在阴坡里东南 侧发现,且连续有2个山脊和冲沟同步左旋位移。

(5)跌水。主要发育在甘泉镇以西山前断层通 过处的冲沟,跌水坎一般 0.8~2.4 m,在双庙村南 冲沟断层跌水坎 2.4 m。 (6) 断层裂缝带。这种地貌仅在何善庙一带出现,重叠在何善庙一麻地沟近 EW 向断裂上,共有 平行的三条砾岩裂缝,一般长 25~38 m,宽 2~6 m,深 5~7 m。据当地老乡介绍说,三条砾岩裂缝 是 1976 年唐山地震影响造成的。

2.2 南支断层(F₁₋₂)

(1)冲沟左旋水平位错。断错冲沟有千米、百米和几米等多个量级,其中千米、百米量级这一现象 集中发育在甘泉镇东侧张家沟—刘家山一带,在长达10km的范围内几乎平洛河所有一级支流均不同程度地表现出水平左旋位错(图2)。



图 2 F₁₋₂断层通过处平洛河一级支流左旋位错图

Fig. 2 The map of dislocation caused by the left lateral active of F_{1-2} fault on first degree branch of Pingluo river.

(2) 断层三角面和断层崖。这类断层地貌在南 支断层非常典型,其中断层崖地貌在熊池乡以东的 野岩上村和山坡里东侧一带形成近直立的基岩陡 崖;而在长坝镇南的朱家一带控制了海拔1600 m 的中低山与海拔2400 m 的中高山的发育,形成连 续6 km 长的断层三角面与断层崖相结合的断层地 貌。

(3) 垭口和鞍部。这类断层地貌在南支断层也 比较常见,但很少见到连续多个的垭口或鞍部,多表 现为单个垭口或鞍部,如佛崖乡南的嘴儿上村南和 韩家湾村东侧断层鞍部和大垭口。

(4) 断层沟。这类地貌较少见,仅在熊池乡北侧的尚家发育,并伴随规模巨大的断层三角面。

(5)跌水。零星发育在一些断层崖通过处的冲 沟,如在田沟里村南和野岩上村西,分别形成冲沟断 层跌水坎1m和12m。

2.3 沈家园一窑坪断裂段(F₂)

该断裂段通过处植被发育,覆盖严重,野外考察 断面出露较少,但航、卫片影像较清晰,主要表现为 连续的断层崖、断层三角面和鞍部组成的线性地貌, 几乎贯穿沈家园一窑坪断裂段的始终。这些断层地 貌经过的冲沟、山脊,多数都有不同程度的左旋位 移,但与断裂西段相比,位移量明显较大,如万家梁 隧道口一带冲沟与山脊同步左旋位错 52 m;李家山 村东冲沟左旋位错 32 m;王家庄东山脊左旋位错 50 m 左右。此外,沿断裂鞍部、断层崖一线多处出现 断层泉,如四房湾村东、郭家坪村西和小沟里村东。 另外在杜家沟门村南断层崖通过处冲沟形成 9 m 高的跌水。这些断层地貌现象表明,该断裂段应该 在晚更新世时期有过活动,可能以逆冲为主,兼有左 旋水平运动。

3 断裂活动剖面特征

3.1 北支断层(F₁₋₁):

北支断层最典型的断裂最新活动的剖面在麻地 沟村,断裂逆冲到晚更新统黄土之上,显示强烈的挤 压性质。在该挤压带的南侧为新近系的砂砾岩,与 砂砾岩接触处断面见有灰黑色挤压片理化断层泥角 砾带,其下部的黄土状土被北侧灰黑一灰褐色断层 泥角砾带超覆或楔入(图 3),黄土中发育多条近直 立的小裂缝。我们在该超覆或楔入处所在位置进行 了探槽开挖,发现断层由多条不同方向的断面组成 (图 4),显示了断裂多期活动的特征。图 3 剖面出 露地层有:①灰黑色耕土,厚 35 cm;②灰白至灰黑 色坡积含土砾石,厚 15~20 cm;③灰褐色断层泥片 理化角砾带;④褐白色变砂岩碎裂岩块;⑤灰黑色断 层泥片理化带;⑥灰黑色含角砾断层泥片理化带;⑦ 土黄色的亚粘土;⑧灰黑色含变砂岩透镜体断层泥带;⑨灰色砂土,厚1.45~1.65 m。



①角砾坡积土;②黄土状土;③灰黑~灰褐色断层泥角砾带;④黄绿色断层片理化带;⑤紫红色砂砾岩;⑥黄土状土中的近直立裂缝

图 3 麻地沟断层整体剖面







图 4 麻地沟断层探槽剖面(上图中②、③接触带) Fig. 4 The trench section at Madigou.

从图 4 剖面分析,共发育有 5 条断面, f_1 、 f_2 和 f_4 可能为同期形成,其中 f_1 、 f_2 逆冲楔入土黄色的亚 粘土中,而 f_4 则超覆在土黄色的亚粘土之上。这 3 条断面被被后期 f_3 断面断错约 6 cm,但 f_3 断面又 被 f_5 断面断逝。结合其北侧与砂砾岩接触处的老 断面,说明北支断层在此处至少应该有过 4 次活动。 我们在⑤层采取了¹⁴C样,其年代为 38 310±360 a B.P.。我们也在⑦、⑨层分别采取了光释光(OSL) 样,但没有接收的年龄测试实验室,所以没有结果。 但根据区域地层对比,⑦层土黄色的亚粘土时代应 该为晚更新世,而⑨层时代应该为全新世。总之,该 剖面说明断裂在晚更新世晚期有过活动。

此外,此剖面往东 50 m 左右的山顶垭口,我们 还发现一组含正断层的剖面(图 5),其中的 f₁ 发育 在土黄色的亚粘土和灰白色碎裂岩带之间,断面见 $3\sim5$ cm 厚的灰黑色断层泥,断层泥柔软、粘性好, 为正断层。f₂ 和 f₃ 为老断面,其中 f₂ 性质不详,但 f₃ 断面发育挤压构造透镜体,显示逆断层特征。从 断面 f₁ 分析,断裂在晚更新世应有过活动。

3.2 南支断层(F₁₋₂)

南支断层在王家沟和朱家村南两个地方分别见 到了断层断错全新统地层的剖面。

3.2.1 佛崖乡东南王家沟村剖面(图 6):

该剖面位于王家沟冲沟口附近的高 7 m 左右 的 I 级洪积台地东壁,为志留系灰黑色片岩与侏罗 系砂砾岩之间形成的老断层破碎接触带。从剖面中 可以看出,发育在破碎带中的后期形成的 f_1 、 f_2 断面 逆冲入 I 级洪积台地下部砾石层中,其中的 f_1 断面 上的灰黑色断层泥角砾楔入破碎带顶部砾石层有 20 cm 深;而 f_2 断面虽然没有断层泥物质楔入,但沿 断面方向破碎带顶部砾石层砾石定向明显,显然穿 越了洪积台地下部砾石层。该剖面对面(沟西壁), 地貌上表现为鞍部。我们在剖面中 I 级洪积台地砾 石层底部采取了¹⁴ C 样,其年代为 1 730±111 a B. P.。说明该断层在全新世晚期有过活动。

3.2.2 长坝镇朱家村南剖面(图7):





①积土;②黄土状土;③灰绿色断层泥角砾;④灰白色碎裂岩;⑤片岩破碎带

图5 麻地沟山顶鞍部一带断层剖面

Fig. 5 The fault section at the peak of Madigou mountain saddle.



①洪积砾石层; ②片岩; ③片岩破碎带; ④断层泥角砾带

图 6 王家沟村东断层剖面

Fig. 6 The fault section at east of Wangjiagou village,

该剖面位于长坝镇朱家村南冲沟口南侧。其中 在冲沟口山前南支断层控制了海拔1600m的中低 山与海拔2400m的中高山的发育,在冲沟口东、西 两侧形成连续6km长的断层三角面与断层崖相结 合的断层地貌。该剖面断面就发育在冲沟口南侧高 1.5 m 左右的低洪积阶地东壁。由于断层作用使低 洪积阶地面产生变形而形成陡坎,位于陡坎斜坡一 侧的角砾石层中发育 2 条断面,剖面结构特征如下:



图 7 朱家村南断层剖面 Fig. 7 The fault section at south of Zhujia village.

①10~60 cm 厚的含砾石及其破碎带物质的松散杂 色土;②5~10 cm 厚的黄褐色土;③10~40 cm 厚的 褐灰色含小角砾土;④10 cm 厚的土黄色亚粘土;⑤ 20~60 cm 灰黄色中砾层,一般砾径 5~8 cm,最大 砾径 15~20 cm;⑥5~50 cm 厚的褐黑色角砾土;⑦ 巨砾层,一般砾径 10~15 cm,最大砾径 55 cm。

从剖面可以看出,发育的2条断面其中的f₁断 错了⑥、⑦层,被①层覆盖,断面上砾石定向排列明 显,并使⑥层形成弧形弯曲;f₂断错了除①层以外的 所有结构层,断面上砾石有定向排列,断层逆冲错动 使各层均产生5 cm 左右的垂向位移。由于该陡坎 所在冲沟在山前建水窖时人工破坏,陡坎延伸向山 前的自由面不清,因此陡坎的整个垂向错距量无法 收集。但陡坎所在的冲沟东侧,南支断层经过处可 见至少60 m的灰黑色断层挤压破碎带,f₁和 f₂向 东均可在破碎带中找到对应的老断面。因此,本剖 面中2条断面是可信的,说明南支断层在此处最新 活动时代为全新世。

3.3 沈家园一窑坪断裂段(F₂)

在曹家院南简易公路西侧发现断层剖面(图 8)。该剖面中断层发育在南侧的泥盆系灰岩与北侧 的志留系灰绿色片岩之间,由于全新统坡洪积层覆 盖而未见到北部的原生片岩。可以看出,泥盆系灰 岩与志留系灰绿色片岩之间形成了由强烈挤压片理 化带、灰岩构造透镜体带和以原岩为片岩类为主的 强烈挤压杂乱无序的破碎带,其宽度大于50 m。剖 面中发育了5条断面,或发育于灰岩中,或发育于先 期形成的破碎带中,说明该断层具有长期的演化史 和多次的构造运动。剖面特征如下:①泥盆系青灰 色灰岩;②断层角砾带,宽0.3~1 m,半胶结状;③ 灰黑色片理化断层泥角砾带,宽3m,半胶结状;④ 灰岩挤压构造透镜体带,宽10~15m,固结、坚硬; ⑤灰岩与志留系片岩混合挤压破碎带,宽2.5~5 m;⑥灰绿色断层泥条带,厚1~2cm,微胶结~半胶 结,潮湿环境软而有粘性;⑦灰绿色片岩破碎带,宽 10~15m;⑧灰绿~灰褐色断层角砾破碎带,宽>5 m;⑨土黄色坡洪积角砾层,厚1~1.5m;⑩褐色残 坡积土。结合该断层通过系列冲沟时均形成较大的 左旋位移量,认为沈家园-窑坪断层段(东段)自晚 更新世以来可能主要以南倾挤压逆冲运动为主,兼 有左旋走滑运动分量。



①灰岩;②断层角砾带;③断层泥角砾带;④挤压构造透镜体带;⑤混合挤压破碎带;⑥断层泥条带;⑦片岩破碎带;
 ⑧断层角砾破碎带;⑨坡洪积角砾层;⑩残坡积土

图 8 曹家院南断层剖面

Fig. 8 The fault section at south of Caojiayuan village.

4 结论

通过野外地质调查,我们基本弄清了武都一康 县断裂带其几何结构和空间展布,活动时代、活动性 质以及所构成的地貌特征,其中除获得若干地质、地 貌特征外,还获得了一定的年龄证据。主要结论有:

(1) 依据断裂的几何展布形态、交接关系及活动性,以甘泉和沈家园一带为界将断裂分为西(F₁)、 东(F₂)两段,即分别为上板桥一长坝断裂段和沈家 园一窑坪断裂段:西段总体呈 EW 向展布,其中北 支断层(F₁₋₁)NEE 向延伸,南支断裂(F₁₋₂)NWW 向延伸并在沈家园一带被 NNE 向次级断层切错形 成与东段分界。东段近 EW 向展布。 (2) 西段在全新世强烈活动,断层性质以左旋 走滑为主,并兼有逆冲运动;东段在晚更新世时期有 过活动,主要以挤压逆冲运动为主,兼有左旋走滑运 动分量。

(3)晚更新世以来断裂的活动形成了丰富的地貌现象。诸如水系左旋位错、山脊左旋位错、断层三角面、断层崖、垭口、鞍部、跌水和地裂缝。

(4)综上,该断裂西段上板桥一长坝镇断裂段 是一条全新世活动断层;该断裂东段沈家园一窑坪 断裂段可能为晚更新世断层。

致谢:¹⁴C样品由兰州大学地理系¹⁴C实验室测定,特此致谢。

[参考文献]

- [1] 樊成意,梁收运. 甘肃省 30 年来崩滑灾害特征[J]. 西北地震学报,2011,33(增刊):438-442.
- [2] 王运兴,梁收运,周自强.白龙江中游地震次生地质灾害特征 [J].西北地震学报,2011,33(增刊):418-423
- [3] 冯希杰,董星宏,刘谷,等.范家坝一临江断裂活动与1879年甘 肃武都南8级地震的讨论[J].地震地质,2005,27(1):155-162.
- [4] 侯康明,雷中生,万夫岭,等. 1879年武都南8级大地震及其同 震破裂研究[J].中国地震,2005,21(3),295-310.
- [5] 张俊玲. 1879年武都南8级地震新史料[J].西北地震学报, 2007,29(3):264-266.
- [6] 袁道阳,雷中生,何文贵,等.公元前186年甘肃武都地震考证 与发震构造探讨[J].地震学报,2007,29(6):654-663.
- [7] 邓启东,张培震,冉勇康,等.中国活动构造与地震活动[J].地 学前缘,2003,(10):66-73.
- [8] 国家地震局兰州地震研究所.陕甘宁青四省(区)强地震目录 [M].西安;陕两科技出版社,1985.
- [9] 顾功叙. 中国地震目录[M]. 北京:科学出版社, 1983.
- [10] 袁道阳. 青藏高原东北缘晚新生代以来的构造变形特征与时 空演化[D]. 北京:中国地震局地质研究所,2003:137-145.
- [11] 袁道阳,张培震,刘白篪,等. 青藏高原东北缘晚第四纪活动 构造的几何图像与构造转换[J]. 地质学报,2004,78(2):270-278.
- [12] 国家地震局兰州地震研究所,甘肃省计划委员会.甘肃省地震 危险区划研究[M].兰州;兰州大学出版社,1993;67-70.
- [13] 丁国瑜.有关活断层分段的一些问题[J].中国地震.1992,8 (2):1-10.
- [14] 丁国瑜. 活断层的分段模型[J]. 地学前缘,1995,2(1/2):195-202.