

李高阳, 李陈侠, 李晓妮, 等. 渭南塬前断裂晚第四纪古地震研究[J]. 华南地震, 2019, 39(3): 65–70. [LI Gaoyang, LI Chenxia, LI Xiaoni, et al. Late Quaternary Paleoearthquake Research of Weinan Plateau Front Fault[J]. South China journal of seismology, 2019, 39(3): 65–70]

## 渭南塬前断裂晚第四纪古地震研究

李高阳, 李陈侠, 李晓妮, 马 冀  
(陕西省地震局, 西安 710068)

**摘要:** 渭南塬前断裂是渭南市南侧一条重要的全新世活动断裂, 也是 1556 年华县 8 $\frac{1}{4}$  级大地震的发震断裂之一。通过对渭南市南侧的蒋家村剖面的详细研究, 揭示出了两次古地震事件, 发生时间分别在  $41.58 \pm 1.72$  ka 与  $14.43 \pm 0.59$  ka 之间,  $0.73 \pm 0.03$  ka 之后, 黑垆土被错断 0.3 m, 通过钻孔剖面获得 T2 阶地砾石层被断错了 17.4 m, 利用 T2 阶地砾石层的最大年龄为  $60.36 \pm 3.16$  ka, 可获得渭南塬前断裂晚第四纪以来平均滑动速率为 0.29 mm/a。

**关键词:** 南塬前断裂; 古地震; 滑动速率; 活动性

中图分类号: P315

文献标志码: A

文章编号: 1001-8662(2019)03-0065-06

DOI: 10.13512/j.hndz.2019.03.009

## Late Quaternary Paleoearthquake Research of Weinan Plateau Front Fault

LI Gaoyang, LI Chenxia, LI Xiaoni, MA Ji  
(Shaanxi Earthquake Agency, Xi'an 710068, China)

**Abstract:** Weinan plateau front fault is an important activity fault on the south side of Weinan City, and it is also one of the seismogenic fault of the Huaxian earthquake in 1556. Through a detailed study of the profile of Jiangjiacun on the south side of Weinan City, it was revealed that two ancient earthquakes occurred between  $41.58 \pm 1.72$  ka and  $14.43 \pm 0.59$  ka, respectively, after  $0.73 \pm 0.03$  ka, The black clay was staggered by 0.3 M, .The T2 gravel layer was broken 17.4 M by drilling profiles. The maximum age of the T2 gravel layer was  $60.36 \pm 3.16$  ka, and the average sliding rate since the late Quaternary period was 0.29 mm/a.

**Keywords:** Weinan plateau front fault; Paleoseismic; Lip rate; Activity

收稿日期: 2019-01-04

课题项目: 中国地震局地震科技星火计划(XH17033Y)

作者简介: 李高阳(1982-), 男, 工程师, 主要从事地震地质研究。

E-mail: 150218968@qq.com.

## 0 引言

渭河盆地位于鄂尔多斯地块南缘,盆地中部和东部发育有两个沉降中心,即西安—周至凹陷和渭南固市凹陷,其中,渭南固市凹陷边界,在我国明朝时期先后发生过 1501 年朝邑 7.0 级地震和 1556 年华县 8.0 级地震。从 20 世纪 50 年代开始,国内众多专家学者分别从历史地震考证、发震构造、地表破裂及地形地貌测量等方面对 1556 年华县大地震进行过研究<sup>[1-9]</sup>。1992 年李永善<sup>[7]</sup>等在《西安地裂缝及渭河盆地活断层研究》及 2010 年原廷宏<sup>[10]</sup>等在《一五五六年华县特大地震》中通过详细的野外调查分析,一致认为华山山前断裂和渭南塬前断裂是华县大地震的发震断裂。

前人研究多集中在地质调查和地形地貌学分

析,缺少相应的全新世断层剖面及其年代数据,本文在大量野外调查的基础上,选取典型的全新世地层剖面进行对比研究,通过探槽开挖、古地震研究进一步查明其最新活动性。

## 1 渭南塬前断裂地质概况

渭南塬前断裂断裂主体位于渭河盆地东南部,东接华山山前断裂,是渭河盆地和渭南台塬的边界断裂(图 1)。断裂西起渭南零河口,经沈河至华县马峪口,长约 54 km,其走向在马峪口至赤水河段为 NWW 向,赤水河至沈河段为近 EW 向,沈河以西为 NE 至 NEE 向。断层面倾角 60°~70°。断裂最新活动表现在断裂错断全新世地层、河谷沟口的最新阶地和冲洪积扇,形成全新世断层陡坎<sup>[7]</sup>。



图 1 南塬前断裂位置图

Fig.1 The location of Weinan plateau front fault.

## 2 古地震研究

沈河发源于秦岭北麓,流经渭南塬、自南向北汇入渭河,在沈河口,发育了三级阶地面(图 2),  $T_1$  拔河高约 3~5 m, 在沈河两岸呈带状分布,阶地呈现典型的二元结构,上部为耕土层和粉砂质粘土层堆积,厚约 2 m,下部为河流相卵石层。 $T_2$  拔河高约 10~15 m, 主要分布在沈河口两侧,阶地剖面呈典型的二元结构,上部为耕土层和厚约 3~5 m 的木兰黄土,含有古土壤层,下部为河流相卵石层。 $T_3$  拔河约 30 m, 主要带状分布沈河两侧

及渭南塬前,阶地剖面呈典型的二元结构,上部为耕土层和厚约 13 m(未见底)的黄土层,在沈河右岸黄土层中含有古土壤  $S_1$ ,形成时代大约为 100 ka。

由于陇海铁路、连霍高速、西安到合肥的铁路从沈河口通过,原始地形地貌遭受不同程度的人为破坏,从现有的沈河河口微地貌解释出了总体走向近东西的陡坎,  $T_1$  和  $T_2$  均被垂直错断,  $T_1$  阶地上的断层陡坎高约 5.2 m,  $T_2$  阶地上的断层陡坎高约 9.2~19 m。这种不同阶地垂直位移的差异反映断裂具有多次活动特征。



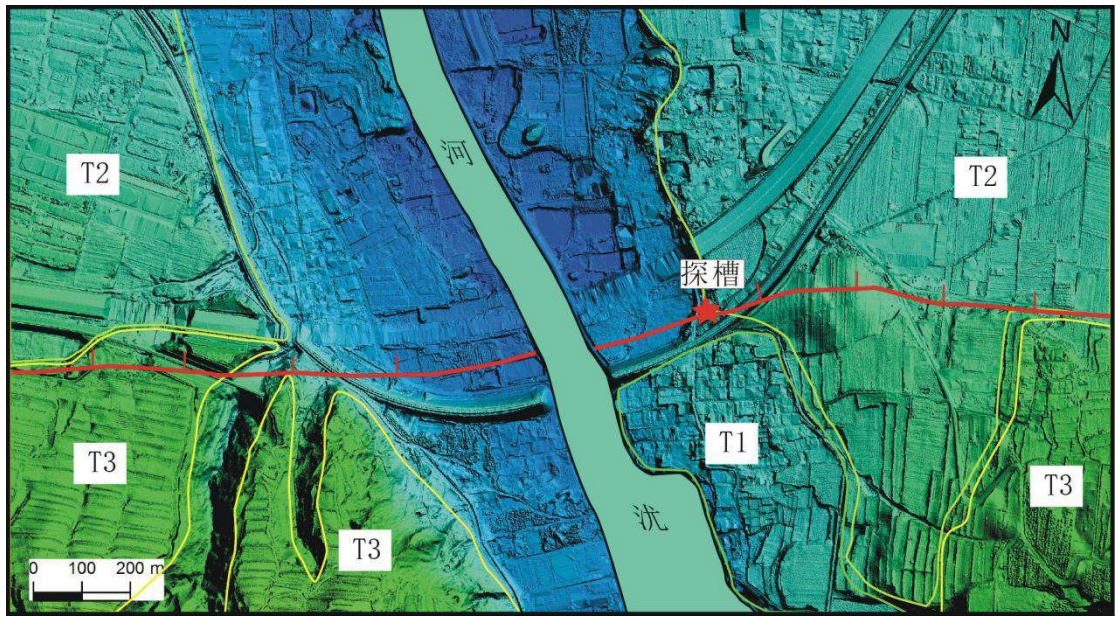


图 2 沈河口 DEM 图及探槽位置

Fig.2 The DEM of Youhe river and the trench site.

野外调查中发现，渭南塬前断裂在沈河口蒋家村  $T_2$  阶地有明显出露，于是在此进行了探槽开挖。

探槽位于蒋家村南侧，陇海铁路北侧沈河口  $T_2$  阶地剖面上，地表断错地貌明显，断层陡坎高

约 5 m，探槽近南北向，长约 8 m，高约 6 m，主要为次生黄土堆积和松散卵砾石层(图 3)，为了获得准确的地层错距，在紧挨探槽剖面北侧布设了一个钻孔(图 4)。



图 3 蒋家村探槽剖面照片(镜向东)

Fig.3 Photograph of the trench profile of Jiangjia Village(Mirror to the east)

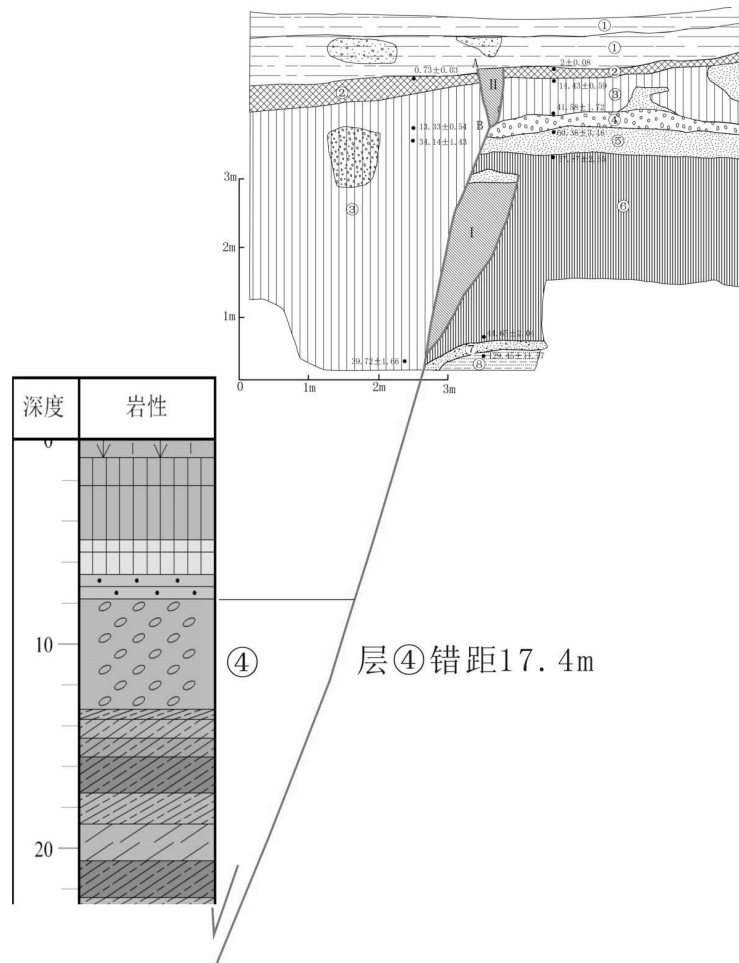


图 4 图 4 蒋家村探槽剖面素描图及北侧钻孔柱状图

Fig.4 The sketch map of Jiangjiacun trench and drilling profile in the north of the trench.

探槽揭露的地层特征描述如下：

层① 人工混杂堆积，上部为表土层，庄稼地，下部为人工混杂堆积，含砾石；

层② 黑色垆土层，被错断约 0.3 m；

层③ 土黄色粘土层，被错断约 10.6 m；

层④ 砂卵石层，被错断约 17.4 m；

层⑤ 黄绿色粉细砂；

层⑥ 白色粉砂质粘土层，被错断约 17.4 m；

层⑦ 青灰色褐色粉砂质条带；

层⑧ 青灰色粘土。

充填楔 I 淡红色红粘土，较硬；断层破碎带，含砾石，为断层破碎带；

充填楔 II 土黄色粘土，夹杂黑垆土。

探槽剖面共揭露了条 1 条主断层，根据这条断层与地层之间的切割与覆盖关系，可识别出 2 次地震事件(A, B)，详见图 3a，从揭露的断错地层分析，第一次地震事件主要表现为断层断错了层⑩到层④，被断错了大约 17.4 m，被层③覆盖，

说明断层时间应该发生在层④堆积后，层③堆积前。形成了充填楔 I。第二次地震错断时间主要表现为断层错动层⑩到层②，断错约 0.3 m，被层①覆盖，说明断层时间应该发生在层②堆积后，层①堆积前，也是最新的一次事件，1556 年华县 8<sup>1</sup>/<sub>4</sub> 级地震所造成，并形成了充填楔 II。黄土层中有比较清楚的断层剖面，可看到擦痕。为了得到两次地震事件的发生时间，在探槽剖面上采集了光释光样品进行了年代测试，测试结果见表 1。

表 1 探槽剖面中断层下盘地层光释光测年结果及地层错距  
Table 1 The OSL dating results and stagger formation of footwall in sectional

层位编号	测年结果/ka	地层错距/m
②	0.73±0.03	0.3
③	顶部:14.43±0.59 底部:41.58±1.72	10.6
④	顶部:41.58±1.72 底部:60.36±3.16	17.4
⑤	顶:60.36±3.16 底:57.87±2.65	
⑥	顶:57.87±2.65 底:44.65±2.04	17.4
⑩	129.45±11.77	

129.45±11.77 通过样品测试结果,可以得到第一次事件发生在 41.58±1.72 ka 与 14.43±0.59 ka 之间,第二次事件发生在 0.73±0.03 ka 之后。T2 级阶地上发育断层陡坎高约 9~10m,层 4 断错 17.4 m 代表了 T2 接地废弃后形成的断距,可见断层陡坎与阶地砾石层断距较为接近。根据层④卵石层的错距 17.4 m 及其最大年龄为 60.36±3.16 ka,计算得到渭南塬前断裂晚更新世晚期以来的活动速率大约为 0.29 mm/a。

3 分析和讨论

1556 年华县地震的发震断裂为华山山前断裂和渭南塬前断裂,两条断裂在华县马峪口相交,以马峪口为中心点,对地震地表破裂及全新世地层垂直位移量进行了统计(表 2),并对其数据由东向西进行了对比分析(图 5)。

表 2 1556 年华县地震地表破裂统计表  
Table 2 The surface rupture statistics of the Huaxian earthquake in 1556

断裂名称	地名	距马峪的距离(西为正,东为负)/km	垂直位移量/m
华山山前断裂	方山峪口	-18	7.5
	李家堡村	-14.5	12.5
	窑底村	-12	8
	李家坡村	-5	6
渭南塬前断裂	马峪口	0	6
	瓜底村	2.9	6
	赤水蔡郭村	9.5	7
	沈河蒋家村	20.5	0.3
	坡里高砖厂	22.5	0.2
	红柿沟取土场	27.5	0
	惠家沟砖厂	39.5	0

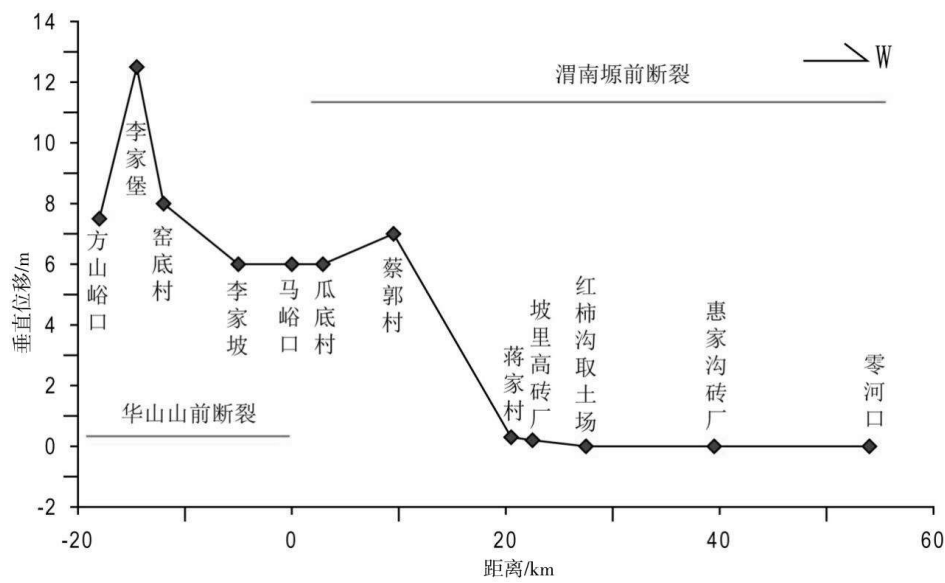


图 5 1556 年华县地震地表破裂垂直位移图  
Fig.5 The vertical displacement map of surface rupture of the Huaxian earthquake in 1556

结果表明(图 5), 华县地震垂直位移量由东向西逐渐减小。从图 1 看出, 分布于华山山前断裂的华山西缘断裂在 1556 年华县地震中可能分担了部分能量, 导致破裂向西侧的渭南塬前断裂明显减弱。在渭南塬前断裂上表现为, 在其东段的马峪口、瓜底村和蔡郭村垂直位移在 6~7 m, 而中段的蒋家村和坡里高砖厂垂直位移仅为 0.3 m 和 0.2 m, 西段全新世地层垂直位移量为 0。可见, 渭南塬前断裂在 1556 年华县地震时地表破裂起始于华县马峪口, 止于坡里高砖厂以西, 破裂强度向西逐渐减弱。这一现象也说明了渭南塬前断裂最新活动性由东向西逐渐递减。

## 4 结语

从渭南塬前断裂错断的地层来看, 蒋家村探槽中有全新世地层被错断, 反映了该断裂为全新世活动断裂, 最新一次破裂为 1556 年华县 8 $\frac{1}{4}$  级地震。

蒋家村探槽揭示出了两次古地震事件, 发生时间分别在  $41.58 \pm 1.72$  ka 与  $14.43 \pm 0.59$  ka 之间和  $0.73 \pm 0.03$  ka 之后, 最新地层黑垆土错断 0.3 m, 断裂滑动速率约为 0.29 mm/a。

## 参考文献:

- [1] 郭增建. 1556 年 1 月 23 日关中大地震[J]. 地球物理学报, 1957, 6(1): 59-68.
- [2] 王景明. 1556 年陕西华县大地震的地面破裂[J]. 地震学报, 1980, 2(4): 430-437.
- [3] 韩恒悦, 贺明静, 李永善. 渭河盆地东部地区的活断层[J]. 地震地质, 1987, 9(2): 85-90.
- [4] 侯建军. 1556 年陕西省华县大震的地震地质条件[J]. 西北地震学报, 1985, 7(1): 66-74.
- [5] 贺明静. 华县地震灾害研究[M]. 西安: 陕西人民教育出版社, 1990.
- [6] 张安良, 米丰收, 种瑾. 1556 年陕西华县大地震形变遗迹及华山山前断裂古地震研究[J]. 地震地质, 1989, 11(3): 73-81.
- [7] 李永善. 西安地裂及渭河盆地活断层研究[M]. 北京: 地震出版社, 1992.
- [8] 冯希杰, 戴王强. 渭河盆地断层活动的横向迁移[J]. 地震学报, 2004, 26(2): 174-182.
- [9] 马冀, 冯希杰, 李高阳. 1556 年华县地震地表破裂带同震垂直位移[J]. 地震地质, 2016, 38(1): 22-30.
- [10] 原廷宏, 冯希杰. 一五五六年华县特大地震[M]. 北京: 地震出版社, 2010.