

文章编号: 0253-3782(2004)04-0355-08

1303 年山西洪洞 8 级地震地表破裂带^{*}

江娃利¹⁾ 邓起东²⁾ 徐锡伟²⁾ 谢新生¹⁾

1) 中国北京 100085 中国地震局地壳应力研究所

2) 中国北京 100029 中国地震局地质研究所

摘要 综合 20 世纪 90 年代初在霍山山前断裂和近年在绵山西侧断裂和太谷断裂获取的最新调查资料, 讨论了 1303 年山西洪洞 8 级地震地表破裂带的展布和位移特征. 如果太谷断裂、绵山西侧断裂与霍山山前断裂在 1303 年洪洞地震中同时活动, 则该次地震的地表破裂带长 163 km, 分为 3 段, 即霍山山前断裂段、绵山西侧断裂段和太谷断裂段. 各段长度分别为 50, 35 和 70 km, 3 段之间存在 4 和 8 km 的阶区. 该地震地表破裂带具右旋走滑特征, 北段和中段右旋走滑位移量 6~7 m, 南段最大为 10 m. 在山西断陷带盆地边界的单条断裂一般只对应 7 级地震, 而该次 8 级特大地震则突破两个盆地之间的障碍体, 显示了强震地表破裂尺度的可变特征.

关键词 8 级地震 地表破裂带 破裂尺度可变性

中图分类号: P315.2

文献标识码: A

引言

1303 年山西洪洞 8 级地震是我国依据历史文献确定的最早一次 8 级地震, 也是山西地槽系历史记载的最大地震. 前人对该次地震的构造环境有过多次讨论(邓起东等, 1973; 邓起东, 1984; 邓起东, 徐锡伟, 1995; 国家地震局地震地质大队, 北京大学地质地理系, 1979; 刘光勋, 肖振敏, 1982; 张步春, 贾三发, 1986; 苏宗正, 1988; 徐锡伟等, 1990; 徐锡伟, 邓起东, 1993; Deng, Xu, 1994). 刘光勋和肖振敏, (1982)及武烈等(1988)曾认为, 临汾盆地内的北北东向赤峪断裂为该次地震的发震构造. 孟宪梁等(1985)依据地震破坏遗迹首次明确提出, 临汾盆地东侧的霍山山前断裂是该次地震的发震构造. 此后, 徐锡伟(1989)、徐锡伟和邓起东(1990, 1993)在霍山山前断裂发现了这次地震的地表破裂带, 并进行了 1:1 万地质填图, 获得明确的位错数据, 指出该地表破裂带沿霍山山前断裂展布, 长 45 km, 断裂活动方式以右旋走滑为主, 最大走滑位移达到 10 m, 垂直位移 3~5 m. 由此对该次地震的发震构造的认识逐渐清晰. 近年研究结果表明, 位于灵石隆起上的绵山西侧断裂存在近南北向地震沟槽, 太谷断裂断错晚全新世地层(谢新生等, 2004). 这些现象有可能与霍山山前断裂一起, 共同组成了 1303 年洪洞 8 级地震的地表破裂带. 本研究综合这些资料, 对该次地震的地表破裂特征进行了讨论.

^{*} 地震科学联合基金(201017)资助. 中国地震局地壳应力研究所论著号 2003A009.
2003-12-09 收到初稿, 2004-04-17 收到修改稿并决定采用.

1 地表破裂带展布特征

综合新的调查及以前的资料, 1303 年洪洞 8 级地震的地表破裂带有可能由临汾盆地东边界北北东向霍山山前断裂, 灵石隆起上的近南北向绵山西侧断裂, 以及晋中盆地东南边界北东向太谷断裂组成, 长度达 163 km (图 1). 从图 1 可见, 该地表破裂带总体呈左阶羽列方式展布, 其中位于太谷断裂与绵山西侧断裂之间的左阶阶区, 阶距达 8 km; 而霍山山前断裂与绵山西侧断裂之间左阶阶区, 阶距 4 km. 此外, 在太谷断裂、绵山西侧断裂及霍山山前断裂内部均存在断裂的不连续段落, 长度达 2~7 km.

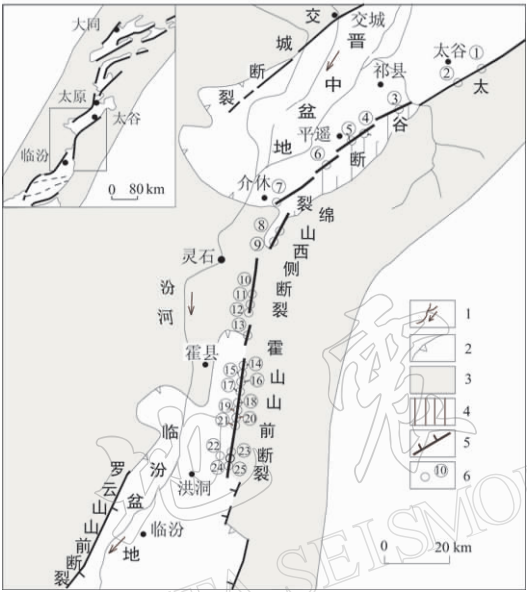


图 1 1303 年山西洪洞 M8 地震地表破裂带分布
1. 河流及流向; 2. 第四纪盆地及边界; 3. 基岩山区;
4. 黄土台地; 5. 活动断裂; 6. 1303 年地震地表破裂点编号(与表 1 和表 2 编号对应)

霍山山前断裂位于临汾盆地东缘霍山山前, 1303 年洪洞 8 级地震的地表破裂带沿该断裂展布的长度约 50 km, 南起广胜寺以南, 经石门峪、兴唐寺、沙窝、黄瓜条、李槽, 延至梨湾村北. 该地表破裂带沿霍山山前可分为 3 个次级段落. 南段为广胜寺—虎头山段, 地貌上表现为高 40 多米、长 7~8 km 的黄主陡坎, 在洞峪沟可见到直通地表的地震断层及沿断层形成的落水漏斗; 在广胜寺—虎头山可见到上更新统中存在的大量砂脉及直立裂缝; 在疙洞沟开挖的探槽见到断层断错年代为距今(2 030±150)a 瓦片的黄色亚砂土. 中段位于广胜寺—黄瓜条, 该段是 8 级地震地表破裂带右旋走滑最明显的段落, 同时兼有正倾滑分量. 沿该段可见到大量的地震形变遗迹. 在广胜寺北沟可见到基岩崩裂; 在贾家山—广胜寺可见到滑坡; 在兴旺峪北可见到地震构造楔, 其中充填了距今(265±90)a 的地层; 在井子峪—黄瓜条

可见到地震陡坎、地震断层和小冲沟的右旋错动. 其中在兴旺峪南开挖的探槽见到断层断错了距今(775±75)a~(1 280±85)a 的地层(图 2). 在柏亭村南东沿着坎前小地堑开挖的探槽, 见到断层断错距今(1 270±110)a 的灰黑色含砾亚粘土. 在石门峪—黄瓜条, 一系列年轻的小冲沟沿断层发生了一致的右旋错动, 错动量在 4~8.6 m 之间, 最大值达 10.4 m. 北段自黄瓜条—梨湾村北, 在观堆附近可见到几条小冲沟出现右旋位移(徐锡伟, 邓起东, 1990, 1993). 在上山底, 断层断错了全新统砂砾石层^①.

绵山西侧断裂展布在位于临汾盆地与晋中盆地之间的灵石隆起之上, 近南北方向, 长度约 35 km. 该断裂由两个次级段落组成, 分别为南面的横河—西化吉段及北面的马和盆地段. 在横河—西化吉段, 断裂沿近南北向的基岩冲沟分布, 断面近于直立, 断错热释光

① 闫凤忠提供的照片及剖面图.

测年距今 $(12\,260\pm10\,40)\text{a}$ ~ $(15\,520\pm1\,320)\text{a}$ 的黄色粘土、亚粘土和亚砂土。沿着该段可见到基岩中形成的地震沟槽、基岩陡壁、地震断层以及多条冲沟的同步右旋变位,最小右旋位移 6~7 m。其中地震沟槽出现在西许东疙瘩沟—西华吉之间,宽度可达百米,长度达 1 km。在 马和盆地东界,陡峻的基岩断崖致使盆地边缘的冲沟形成峡谷。

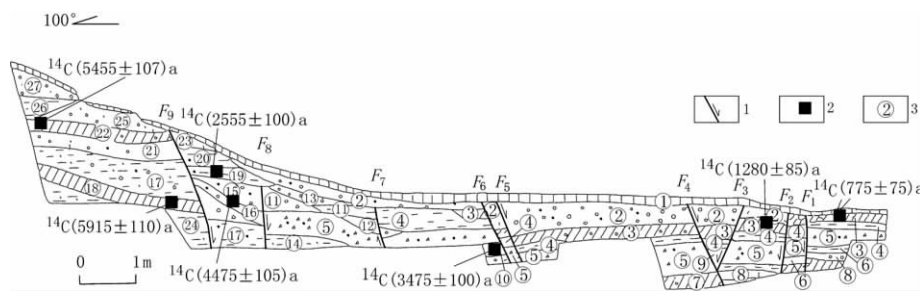


图 2 霍山山前断裂兴旺峪探槽剖面(引自徐锡伟, 邓起东, 1993)

1 断层; 2 热释光及 ^{14}C 取样点; 3 地层分层: ① 灰黄色表层土; ② 中细粒砾石、砂土层; ③ 灰黑色亚砂土, 成层性好; ④ 土黄色亚砂土; ⑤ 肉红色砂砾石层; ⑥ 黑色亚砂土; ⑦ 含砾浅灰黑色亚砂土; ⑧ 红、黄褐色含砾粗砂; ⑨ 砂; ⑩ 灰黄色细砂; ⑪ 灰黄色含砾亚砂土; ⑫ 粗砂和砾石层; ⑬ 中粒砾石层; ⑭ 灰黑色含砾亚砂土; ⑮ 灰黑色含砾砂土; ⑯ 灰黑色含少量砾砂土; ⑰ 浅灰黑色亚砂土夹灰褐色亚砂土团块; ⑱ 灰褐色亚粘土; ⑲ 浅灰褐色含较多砾石; ⑳ 黄黑色含砾亚砂土; ㉑ 粗砂砾石; ㉒ 含少量砾石灰黑色亚砂土; ㉓ 中粒砂砾石层; ㉔ 灰黄色亚砂土; ㉕ 灰色细粒和砂; ㉖ 浅灰黑色亚砂土; ㉗ 灰黑色细粒砂层。

太谷断裂位于晋中盆地东侧,呈北东走向,长约 100 km。目前已知该断裂在 1303 年洪洞地震中有可能活动的长度为 70 km。在范村以北,尚未发现断裂断错全新世地层。根据断裂的构造地貌特征,太谷断裂可分为两个次级段落,北段自太谷范村—祁县峪口,断层展布在基岩与盆地洪积扇后缘之间;南段自峪口—介休,断层展布在黄土台地与盆地洪积扇后缘之间,呈左阶分布(图 1)。沿着太谷断裂南段可见清晰的地表黄土陡坎分布。在介休东侧的龙头村北,断层断错洪积扇,呈现北东东向 2~3 m 高的断层陡坎,并有近东西方向的凹沟展布。该处陡坎上升盘的黄褐色粘土的热释光测年为距今 $(6\,640\pm560)\text{a}$ 。在介休县张兰乡仙台一带长约 10 km 范围内,沿断裂 20 余条冲沟出现右旋扭错及断头断尾现象,其中 7 条冲沟出现 7~13 m 右旋变位。在太谷断裂北段里美村东南冲沟,可见基岩山前断裂断错冲沟 I 级阶地,该 I 级阶地地下部分布 ^{14}C 年龄距今 $(4\,880\pm200)\text{a}$ 、厚约 1.4 m 的灰黑色垆土层。沿太谷断裂开挖的祁县下闫灿探槽和太谷县东山底探槽揭示了太谷断裂断错晚全新世地层。其中下闫灿 2 号探槽揭示断层断错距今 $(3\,350\pm150)\text{a}$ ~ $(3\,977\pm150)\text{a}$ 的灰褐色垆土。东山底探槽揭示断裂断错距今 $(3\,380\pm150)\text{a}$ 和 $(4\,450\pm170)\text{a}$ 的灰黑色垆土。这两个地点的探槽均显示了裂缝中充填垆土脉及地层揉皱的砂土液化现象(谢新生等, 2004)。下闫灿 3 号探槽揭示了两条相距 23 m、平行分布、南侧下降的断面(图 3)。从该探槽剖面可见,断错该套地层的主断面应位于探槽南侧,断层北侧下降,造成探槽剖面中层③地层的倾斜。上面所述地表破裂现象的分布地点见表 1。

2 地表破裂带位移分布

1303 年洪洞地震的地表水平位移以右旋走滑为主,兼具正倾滑活动。徐锡伟和邓起东(1990, 1993)在霍山山前获得 26 个水平位移值,这些水平位移值多数为 4~6 m,平均右

表 1 1303 年洪洞 8 级地震地表破裂点位举例

破裂类型	分 布 地 点		
	霍山山前断裂	绵山西侧断裂	太谷断裂
地震沟槽	柏亭⑰, 兴旺峪⑱	西许东⑪, 西华吉北⑫ 刘家沟	
基岩崩裂	广胜寺北⑳	马和盆地东界㉑	
基岩陡壁			
地震陡坎	黄瓜条⑮, 柏亭村东南⑰, 兴旺峪⑱, 兴旺峪探槽⑲, 贾家山东㉑, 井子峪㉒, 疙洞村探槽㉓, 洞峪沟口㉔, 上山底⑬	介休兴地⑧, 郑家山东岭村, 刘家沟, 横河⑩, 红条沟西华吉⑫	里美东南冲沟沟口①, 东山底探槽②, 下闫灿探槽③, 庞庄⑤, 梁赵一仙台⑥, 介休龙头村北⑦
地震断层			
地震构造楔	兴旺峪⑱, 疙洞村㉔		
小冲沟右旋	黄瓜条⑮—石门峪⑬	横河⑩, 七盘沟, 西华吉⑫	介休仙台—梁赵⑥
眉脊面	观堆⑭—黄瓜条⑮		
滑坡	郇堡地滑㉕		
砂土液化	广胜寺㉖, 名姜—金沟子 ¹⁾		平遥下闫灿探槽③
沿断裂落水漏斗	广胜寺洞峪沟口㉗		
庙宇破坏	霍县广顺寺、福昌寺倾圮 ²⁾ 临汾尧帝庙倒塌, 海云寺倒塌无存 ²⁾	灵石介子堆庙殿宇倾颓 ²⁾	平遥县冀郭村慈相寺被毁④ ³⁾

注: 1) 李建华(1993); 2) 武烈等(1988); 3) 孟繁兴等(1982). 其它资料来源于徐锡伟和邓起东(1990, 1993)、Deng 和 Xu(1994)、谢新生等(2004)文献. 表中地点后面带圆圈的编号代表各点在图 1 中的位置.

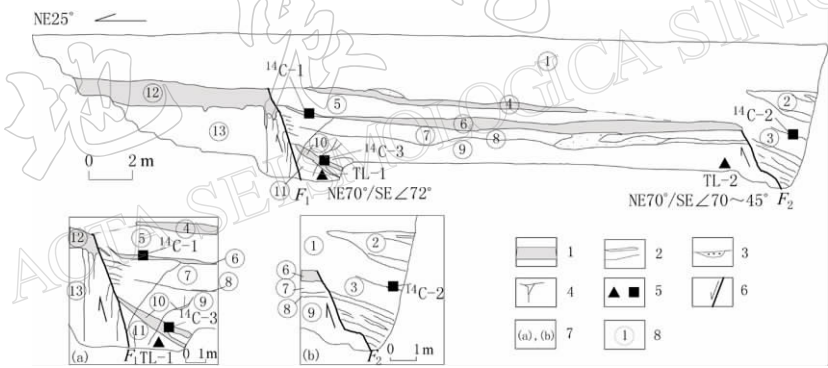


图 3 太谷断裂下闫灿 3 号探槽东壁剖面

1. 褐色垆土及灰褐色粘土; 2. 薄层黑色粘土; 3. 砂层; 4. 褐色粘土脉; 5. ¹⁴C 及热释光取样点; 6. 断层; 7. (a) F_1 断面放大剖面, (b) F_2 断面放大剖面; 8. 地层分层: ① 黄色亚砂土, 疏松, 含碳粒, 偶含钙核; ② 褐色粘土; ③ 黄色粉砂与薄层黑色粘土互层; ④ 灰褐色粘土含砂土; ⑤ 黄色砂土; ⑥ 探槽北端灰黑色粘土、探槽中段及南端黄色亚砂土夹灰黑色粘土团块; ⑦ 黄色粉砂, 底部含细砂透镜体; ⑧ 灰色薄层亚粘土; ⑨ 黄色粉砂, 含薄层细砂; ⑩ 褐色垆土含砂土, 下闫灿 2 号探槽该层位 ¹⁴C 测年距今 (3 350 ± 150) a; ⑪ 黄色亚砂土含褐色亚粘土团块, 直径 5 ~ 10 cm, 下闫灿 2 号探槽该层位 TL 测年距今 (25 910 ± 2 210) a; ⑫ 褐色垆土, 下闫灿 2 号探槽该层位 ¹⁴C 测年距今 (3 977 ± 150) a; ⑬ 黄色粉砂, 下闫灿 2 号探槽该层位 TL 测年距今 (8 110 ± 690) a

旋位移值 7.2~8.8 m, 最大 10.4 m, 最大垂直位移 3.5~5 m. 这些水平位移多数展布在霍山山前断裂的中段及北段. 谢新生等(2004)在绵山西侧断裂南段的西华吉及横河见到多条冲沟发生右旋变位, 其最小一级的位移量为 6~7 m; 在灵石隆起马和盆地东侧, 一些较大的冲沟也显示了右旋变位现象, 但不易分辨小量级的右旋位移. 据谢新生等(2004)的研

究，太谷断裂的最南端的断层陡坎位于介休东侧的全新世冲洪积扇上，坎高 2~3 m；太谷断裂的右旋走滑位移主要出现在介休仙台—平遥梁赵之间。在该段黄土台地前缘 10 km 的范围内，有 21 条冲沟显示了右旋变位及断头断尾现象。这些冲沟多数出现数十米至上百米的右旋扭错，有 7 条冲沟显示了 7~13 m 的右旋位移，其中 7 m 的位移有可能代表太谷断裂在 1303 年洪洞地震中的右旋位移量；在太谷东山底，基岩山前小冲沟也显示了右旋位错，其中 14 m 的位错量中可能包含不止一次断层活动的位移；在太谷里美一带，山前陡坎表现为断层的正倾滑活动。1303 年洪洞地震的地表破裂带的总体位移分布见图 4。从图中可以看到，该地表破裂带的水平位移较为稳定地从霍山山前断裂的石门峪向北通过灵石隆起延伸至太谷断裂的仙台。

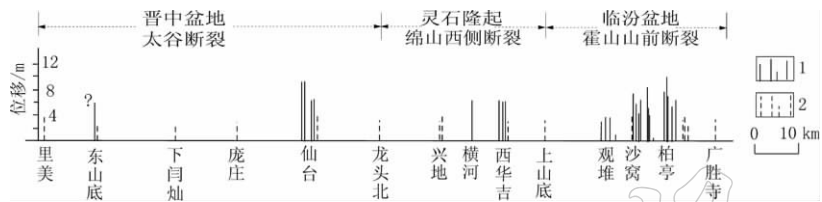


图 4 1303 年洪洞地震地表破裂带位移分布
1. 右旋走滑位移；2. 正倾滑位移

3 地表破裂带的年代证据

在确认 1303 年地表破裂带的形成年代方面，主要依据断错的地层测年、地层文物定年和地衣年龄(表 2)。沿霍山山前断裂获取到 4 个地层测年样品，分别是在沙窝断错¹⁴C 年龄为距今(4 050±105)a 的灰黑色砂质粘土，在疙洞沟断错距今(2 030±105)a 亚砂土层，在柏亭断错¹⁴C 年龄为距今(1 270±110)a 的灰黑色粘土，以及在兴旺峪断错¹⁴C 年龄为距今(775±75)a~(1 280±85)a 的灰黑色亚砂土。此外，还在沙窝的眉脊面上通过地衣测量，根据中国北方中温带干旱区丽石黄衣生长模式(谢新生，肖振敏，1989)，获得该眉脊面形成于距今 688 a(徐锡伟，邓起东，1990，1993)。上述后两个¹⁴C 测年数据及沙窝的地衣测量数据可以有把握地在时间上对应 1303 年洪洞地震。沿绵山西侧断裂缺少断错全新世地层的样品，虽然该处断层陡坎明显，但在剖面上缺少更新地层沉积，所获得的断错地层的 TL 年龄为距今 12 260~15 520 a。这可能与该断层段位于灵石隆起沉积有关。沿太谷断裂获得 5 个较新的测年数据，包括太谷县里美南冲沟沟口断错¹⁴C 年龄为距今(4 880±200)a 灰黑色垆土，太谷东山底探槽中断错¹⁴C 年龄为距今(3 880±150)a 灰黑色垆土，祁县下闫灿探槽中断错¹⁴C 年龄为距今(3 277±250)a~(3 977±150)a 灰黑色垆土，介休仙台断错含陶片的近地表灰褐色砂层，以及介休龙头北断错 TL 年龄为距今(6 640±560)a 的冲洪积扇地层(表 2)。其中在介休仙台断层断错含有陶片的灰褐色砂层，可以较有把握地对应 1303 年洪洞地震的地表破裂。在东山底断错距今 3 000 余年的垆土，也可供参考。

在文物考古方面，据历史文献记载，在 1303 年洪洞地震中，位于临汾盆地内的霍县广顺寺及福昌寺倾圮、灵石隆起的介子堆庙，殿宇倾颓(武烈等，1988)。据孟繁兴等(1982)考证、晋中盆地紧邻太谷断裂平遥断层陡坎前缘的平遥县冀郭村慈相寺，修建于公元 1195 年，于公元 1600 年前被毁。孟繁兴等(1982)认为，该寺的被毁与 1303 年洪洞地震时平遥

表 2 1303 年洪洞 8 级地震地表破裂的年代依据

断裂带	地 点	编号	现象	年龄及其测定方法	资料来源
太谷断裂	太谷里美村东南	①	含泥炭层冲沟阶地断错	泥炭层 ¹⁴ C 年龄为距今(4 880±200)a	[1]
	太谷东山底探槽	②	圪土断错	圪土 ¹⁴ C 年龄为距今(3 880±150)a	[1]
	祁县下闫灿探槽	③	圪土断错	圪土 ¹⁴ C 年龄为距今(3977±150)a、 (3 350±150)a和(3 277±250)a	[1]
	平遥冀郭村	④	慈相寺被毁	慈相寺修建于公元 1195 年,被毁于 公元 1600 年以前	[2]
	平遥县庞庄	⑤	地表黄土陡坎	黄土 TL 年龄为距今(9 490±810)a	[1]
	介休县仙台附近	⑥	地表黄土陡坎及小冲沟 右旋扭错	断层断错不同时代地貌面,断错含陶 片的灰褐色砂层	[1]
	介休龙头村北	⑦	洪积扇地表陡坎高 2~3 m	洪积扇粘土 TL 年龄为距今(6640± 560)a	[1]
绵山西 侧断裂	灵石横河	⑩	断层沟谷,断层陡坎,冲 沟最小一次右旋扭错量 6 ~7 m	断错 TL 年龄为距今(12 260± 1 040)a、(13 270±1 130)a和(15 520 ±1 320)a地层	[1]
霍山山 前断裂	霍县上山底	⑬	断层剖面	断错全新世地层	[3]
	沙窝	⑮	小冲沟扭错 5.6 m,断错 灰黑色砂质粘土眉脊	¹⁴ C 年龄为距今(4 050±105)a眉脊 面地衣统计年龄为距今 480~688a	[4, 5]
	柏亭	⑰	小冲沟扭错 5.5 m,探槽 发现断错灰黑色粘土	¹⁴ C 年龄为距今(1 270±110)a	[4]
	石门峪	⑲	小冲沟扭错 5.6~14 m		[4]
	兴旺峪	⑲	冲沟扭错,探槽发现断 错灰黑色亚砂土	¹⁴ C 年龄为距今(775±75)a~(1 280 ±85)a	[4, 5]
	疙洞沟	⑳	断层陡坎,探槽显示断 错亚砂土层	TL 年龄距今(2 030±150)a,含瓦片	[5]

注:资料来源中,[1]谢新生等(2004);[2]孟繁兴等(1982);[3]闫凤忠提供;[4]徐锡伟和邓起东(1990);[5]徐锡伟和邓起东(1993);表中的编号代表各点在图 1 位置.

断裂的活动相关.从 1303 年洪洞地震地表破裂带与地震烈度等震线的展布可见,该次地震北北东向Ⅸ度区长轴尺度为 200 km 左右,组成该次地震地表破裂带的霍山山前断裂、绵山西侧断裂和太谷断裂的南段均展布在烈度Ⅸ度区的范围内(武烈等,1988;齐书勤,1983;徐锡伟,邓起东,1993;国家地震局震害防御司,1995).

4 讨论

以上列举了沿霍山山前断裂、绵山西侧断裂和太谷断裂上发现的断层最新错动的证据,并认为它们有可能组成了 1303 年洪洞 8 级地震的地表破裂带.但从已确定的位错年龄来看,霍山山前断裂研究得比较充分,绵山西侧断裂及太谷断裂断错最新地层的依据还不十分充足,有待获取更多的最新错动证据和年龄.目前我们至少可以认为,1303 年洪洞 8 级地震地表破裂带很可能不限于霍山山前断裂,它可能向北延向绵山西侧断裂,甚至包括太谷断裂或太谷断裂的一部分.

若 1303 年洪洞 8 级地震地表破裂带包括霍山山前断裂、绵山西侧断裂和太谷断裂,则很好地展示了山西断陷系强震地表破裂尺度的可变性.据历史文献记载,山西断陷带在最近 1500 a 期间曾发生过 5 次 $M \geq 7$ 地震,其中 4 次地震分别是 512 年繁峙 7½ 地震,1038 年定襄 7¼ 级地震,1626 年灵丘 7 级地震,以及 1683 年原平 7 级地震.经过对这些历史地

震发震构造及地表破裂带的研究,认为这 4 次地震的地表破裂分别沿忻定盆地的五台山北麓断裂(刘光勋等, 1991)、忻定盆地南缘的系舟山山前断裂(窦素芹等, 1995)、灵丘盆地南界太白维山山前断裂(申旭辉, 汪一鹏, 1995)和忻定盆地西缘的云中山山前断裂展布^①, 这些活动断裂都是断陷带中单盆地的边界断裂,而这些地表破裂并没有超出这些盆地边界活动断裂的展布范围. 由此表明,山西断陷带 7~7½ 级地震的地表破裂带的展布,局限在各断陷盆地的边界断裂带范围内,即该断陷带的各个断陷盆地边界断裂的端点就是这些 7 级地震地表破裂终止的障碍物. 而 1303 年洪洞 8 级地震的地表破裂带可能长达 163 km,由临汾盆地的霍山山前断裂、绵山西侧断裂和晋中盆地太谷断裂组成,突破了山西断陷系 7 级地震的构造单元边界,跨越了带内 7 级地震地表破裂的障碍物,导致相邻两个断陷盆地的 3 条边界断裂同时破裂.

上述研究结果表明,在未来的地震危险性评估中,在讨论单条断裂的强震活动特征时,应同时关注活动断裂的地表破裂尺度可变问题.

参 考 文 献

- 邓起东,王克鲁,汪一鹏,等. 1973. 山西隆起区断陷地震带地震地质条件及地震发展趋势概述[J]. 地质科学, (1): 37~47
- 邓起东,徐锡伟. 1995. 山西断陷盆地的活动断裂和分段性研究[A]. 见: 国家地震局地质研究所编. 现代地壳运动研究 6[C]. 北京: 地震出版社, 225~242
- 邓起东. 1984. 断层性状、盆地类型及其形成机制[J]. 地震科学, (2): 57~64
- 窦素芹,于慎谔,刘光勋,等. 1995. 系舟山山前活动断裂带的几何结构及其活动性[A]. 见: 活动断裂研究编委会, 国家地震局地质所编. 活动断裂研究 4[C]. 北京: 地震出版社, 104~115
- 国家地震局地震地质大队, 北京大学地质地理系. 1979. 临汾盆地活动构造体系与地震活动[A]. 见: 中国地质科学院地质力学所编. 地质力学论丛 5[C]. 北京: 科学出版社, 140~150
- 国家地震局震害防御司编. 1995. 中国历史强震目录[M]. 北京: 地震出版社, 37
- 李建华. 1993. 1303 年山西洪洞—赵城 8 级地震的形变遗迹[A]. 见: 国家地震局地质研究所编. 现代地壳运动研究 5 [C]. 北京: 地震出版社, 199~206
- 刘光勋,肖振敏. 1982. 山西地堑系及其地震构造特征[A]. 见: 中国地质学会构造地质专业委员会编. 第二届全国地质构造学术会议论文集. 第三卷. 中新世构造[C]. 北京: 科学出版社, 66~74
- 刘光勋,于慎谔,张世民,等. 1991. 山西五台山北麓活动断裂带[A]. 见: 活动断裂研究编委会编. 活动断裂研究 1 [C]. 北京: 地震出版社, 118~130
- 孟繁兴,刘光勋,肖振敏,等. 1982. 利用地质和考古方法研究山西平遥活断层的现代构造运动[A]. 见: 中国地震学会地震地质专业委员会编. 中国活动断裂[C]. 北京: 地震出版社, 127~132
- 孟宪梁,于慎谔,奚云. 1985. 山西洪洞 8 级地震形变遗迹研究[J]. 地震地质, 7(4): 1~10
- 齐书勤. 1983. 试论 1303 年山西 8 级地震的几个问题[J]. 华北地震科学, 1(1): 36~44
- 申旭辉,汪一鹏. 1995. 1626 年灵丘地震烈度分布特征与阻震构造初步讨论[J]. 华北地震科学, 13(1): 9~16
- 苏宗正. 1988. 山西断陷带地震活动的新构造背景[J]. 山西地震, (4): 2~6
- 武烈,齐书勤,王汝雕. 1988. 1303 年山西洪洞 8 级地震和 1679 年临汾 7½ 级地震[A]. 见: 郭增建,马宗晋主编. 中国特大地震研究[C]. 北京: 地震出版社, 6~35
- 谢新生,肖振敏. 1989. 地衣测年法研究及其在陕西若干地质事件中的应用[J]. 科学通报, (24): 1 885~1 888
- 谢新生,江娃利,王焕贞,等. 2004. 山西太谷断裂带全新世活动及其与 1303 年洪洞 8 级地震关系[J]. 地震学报, 26 (3): 281~293

① 山西忻定盆地填图组. 1995. 忻定盆地活动断裂与强震危险性.

- 徐锡伟. 1989. 山西地堑系的新构造活动特征及其形成机制[D]: [学位论文]. 北京: 中国地震局地质研究所, 1~242
- 徐锡伟, 邓起东. 1990. 山西霍山山前断裂晚第四纪活动特征和 1303 年洪洞 8 级地震[J]. 地震地质, 12(1): 21~30
- 徐锡伟, 刘国栋, 邢集善, 等. 1990. 山西地堑系地壳上部构造及其深部背景[A]. 见: 中国地质学会构造地质专业委员会编. 国际大陆岩石圈构造演化与动力学讨论会——第三届全国构造会议论文集 II [C]. 北京: 科学出版社, 112~120
- 徐锡伟, 邓起东. 1993. 1303 年洪洞地震的地震构造[A]. 见: 马宗晋主编. 山西临汾地震研究与系统减灾[M]. 北京: 地震出版社, 149~158
- 张步春, 贾三发. 1986. 山西地震带的地震地质背景[A]. 见: 国家地震局地质研究所编. 现代地壳运动研究 2[C]. 北京: 地震出版社, 44~54
- Deng Qidong, Xu Xiwei. 1994. Studies on the surface rupture zone of 1303 Hongdong earthquake of $M=8$ and paleo-earthquakes of Huoshan fault in Shanxi Province[J]. *Earthquake Research on China*, 8(2): 231~245

SURFACE RUPTURE ZONE OF THE 1303 HONGTONG $M=8$ EARTHQUAKE, SHANXI PROVINCE

Jiang Wali¹⁾ Deng Qidong²⁾ Xu Xiwei²⁾ Xie Xinsheng¹⁾

1) *Institute of Crustal Dynamics, China Earthquake Administration, Beijing 100085, China*

2) *Institute of Geology, China Earthquake Administration, Beijing 100029, China*

Abstract: Based on the latest displacement of Huoshan piedmont fault, Mianshan west-side fault and Taigu fault obtained from the beginning of 1990's up to the present, the characteristics of distribution and displacement of surface rupture zone of the 1303 Hongtong $M=8$ earthquake, Shanxi Province are synthesized and discussed in the paper. If Taigu fault, Mianshan west-side fault and Huoshan piedmont fault were contemporarily active during the 1303 Hongtong $M=8$ earthquake, the surface rupture zone would be 160 km long and could be divided into 3 segments, that is, the 50-km-long Huoshan piedmont fault segment, 35-km-long Mianshan west-side fault segment and 70-km-long Taigu fault segment, respectively. Among them, there exist 4 km and 8 km step regions. The surface rupture zone exhibits right-lateral features. The displacements of northern and central segments are respectively 6~7 m and the southern segment has the maximum displacement of 10 m. The single basin-boundary fault of Shanxi fault-depression system usually corresponds to $M\approx 7$ earthquake, while this great earthquake ($M=8$) broke through the obstacle between two basins. It shows that the surface rupture scale of great earthquake is changeable.

Key words: $M=8$ earthquake; surface rupture zone; changeability of rupture scale