

1556年陕西华县大地震的地面破裂^{*}

王景明
(陕西省地震局)

摘 要

本文着重研究了近代工程施工中发现的大量震害遗迹,诸如断层、裂缝、喷水冒砂现象,诱发滑坡和坠入地震断裂带中的木炭与文物。又经考古研究和 C_{14} 鉴定属明代之物,证实这条在极震区延伸大于 70 公里的破裂带就是这次大地震极震区地面破裂带。

一、引 言

1556年陕西华县八级强震的极震区,范围包括今陕西渭南、华县、华阴和山西永济四县(图1和图2)。地面开裂、喷水冒砂、诱发滑坡和崩塌等震害现象遍布极震区。其烈度高达 XI 度。

时隔 420 年,直观地面破坏现象多被人类活动所掩埋。近年来在各种工程施工中,发

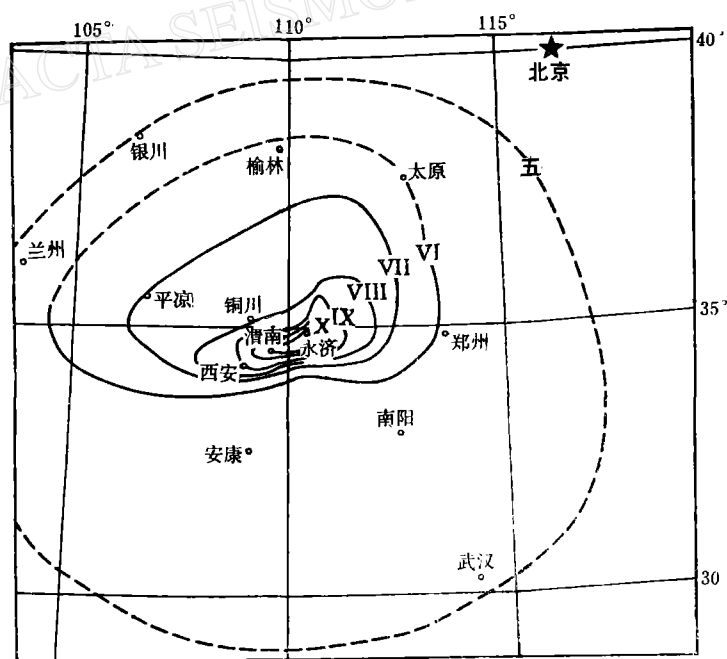


图1 1556年华县地震等震线图

^{*} 1978年9月13日收到。

掘出多种地震遗迹。1969 年渭南城开挖厂房地基时,发现地面 1 米以下含瓷片和牛骨的充砂地裂缝,呈东西向带状分布,疑是地震产物。1975 年笔者又重点调查研究了渭南县城施工中的防空洞和排水沟,发现大量地裂缝和喷水冒砂现象,将其归纳成几点。

1. 所见地裂缝皆埋于地面 1 米以下,实见最深点 11 米,缝内普遍充填中细砂,有些裂缝并未延及地表,并非气候影响造成。所发现的长数十公里的地裂缝均展布在平坦的渭河低阶地与秦岭山前洪积扇之上,并非重力所成的裂缝。

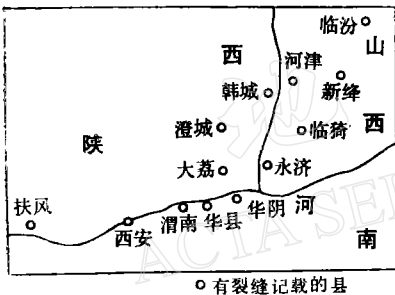


图 2 1556 年华县地震地裂缝分布图

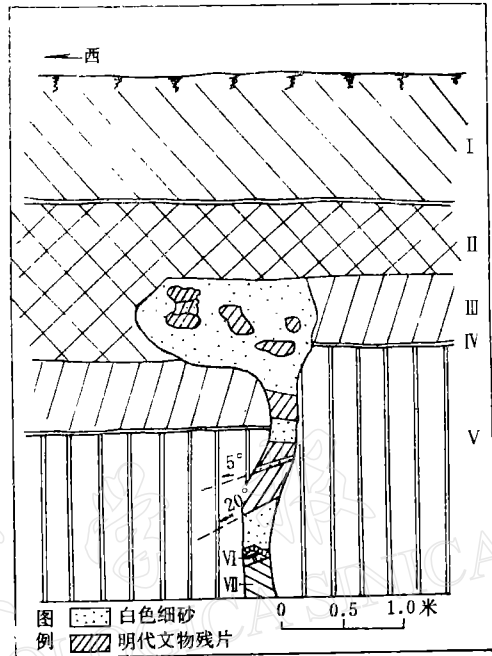


图 3 渭南老城排水沟地震断层素描图

(断层走向 NE60°, 西盘下落 0.7 米, 沿断层喷水冒砂)

I——人工填土底部为古路面 II——含大量明代文物的废墟层 III——灰褐色土 IV——深灰色淤泥 V——黄褐色亚粘土 VI——明代文物(照片 1) VII——黄褐色粘土块夹文物残片和白细砂

2. 地裂缝普遍错断唐宋文化层及明代文化层的下段(图 3), 而埋于明代废址之下, 说明它们形成于明代。

3. 多处见落入地裂缝和喷水冒砂孔内的明代文物¹⁾(照片 1)。

4. 在渭南老城排水沟地震断层内, 采到木炭两块(见图 3 和照片 2)。经中国科学院考古研究所 C₁₄ 测定, 年龄为 725 ± 145 年。即木头的成长和采伐年代约为公元 1250 年 ± 145 年, 应在该地震事件之前, 而落入该断层之内, 则很可能在 1556 年华县地震之时。

5. 我国明代以来, 华北地区地震记载即已比较完整, 七级以上地震当不致漏记, 六级以上地震漏记的可能性不大。渭南、华县一带在华县地震前后 400 多年未发生六级以上地震。

故推断所见充砂地裂缝与断层, 很可能为 1556 年华县地震所形成。笔者追索了这条在极震区延伸 70 公里的破裂带。

1) 经西安冶金建筑学院建筑史专家杨宣和陕西省博物馆鉴定。

二、极震区地面破裂

在历史记载的极震区发现大量地裂缝、喷水冒砂及滑塌等地面破坏现象。

(一) 地震断裂带

极震区地震主断裂带,沿 NEE 向呈弧形展布,现分区描述如下:

1. 渭南城区 老城西墙根排水沟中有一个宽 1 米走向近南北的充白细砂张扭性地震断层,地表下 3 米见大面积喷砂体,下连三条近南北向喷砂裂缝。循此向东追索亦发现一条呈 $NE85^\circ$ 展布的锯齿状陡坎,现存高度 2—4 米(照片 3),北侧下降 3—5 米。锯齿尖部见 4 个由地震断层围限的菱形构造陷坑,深 2—3 米,直径 10—40 米(图 4 中 5—8 号陷坑)。与顺治渭南志记载:“城东人和街”北,自县治至西城陷丈余”吻合。沿此向东延至 3 公里外的化工厂探坑中亦见充砂地裂缝形迹,其长度大于 5 公里。

林机厂探坑中,见宽 23 厘米充白细砂的断层,与西侧总体呈 $NE85^\circ$ 方向展布的锯齿状地形陡坎延伸线遥相对应,是地震断层在地面反应的残留部分,南侧下降至少 3 米,锯齿尖部成为北深南浅的菱形陷坑(图 4 中的 1—4 号陷坑)。至今直径仍在 30 米以上,深 2—4 米。

上述两条锯齿状地震断层大致平行,前者位北,后者居南,相隔 200 米,分别向南北两侧倾斜,中间高出两侧 2—4 米组成一个地垒(见图 4)。明张瀚松窗梦语卷记载“渭南中

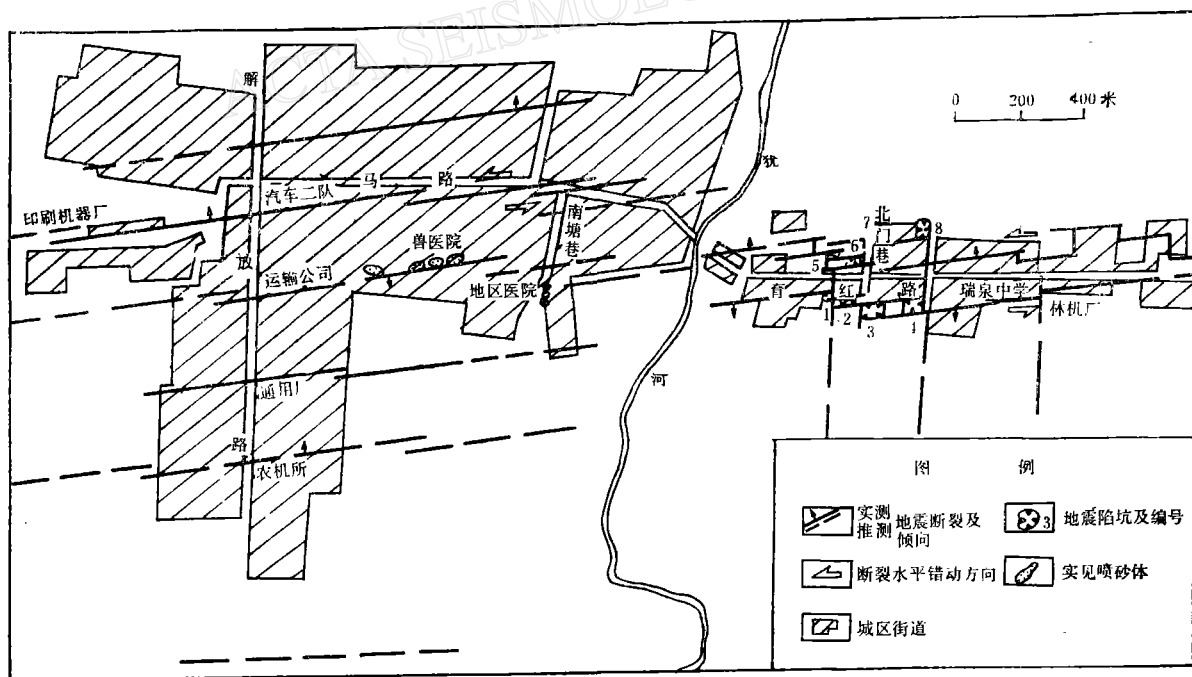


图 4 渭南城区 1556 年地震断裂带平面图

1) 今老城北门巷。

街之南北皆陷一、二丈许”系指此而言。

老城排水沟中发现地裂缝共有七组,它们是走向 1. $NE30^{\circ}$, 2. $NE85^{\circ}-NW80^{\circ}$, 3. 南北向, 4. $NE60^{\circ}$, 5. $NE78^{\circ}$, 6. $NW60^{\circ}$, 7. $NE13^{\circ}$, 以 2 和 3 两组最为发育。

新城区南塘巷北口防空洞地下 9 米深处,含唐宋铸铁灯座和瓦砾的亚砂土中,见地震破裂带宽 6—10 米(图 5),总体走向为 $NE85^{\circ}$,由走向 $NE30^{\circ}$, $NE85^{\circ}-NW70^{\circ}$, 南北向, $NE50^{\circ}$ 与 $NE75^{\circ}$ 共五组不同性质和不同方向的充砂地裂缝组成。

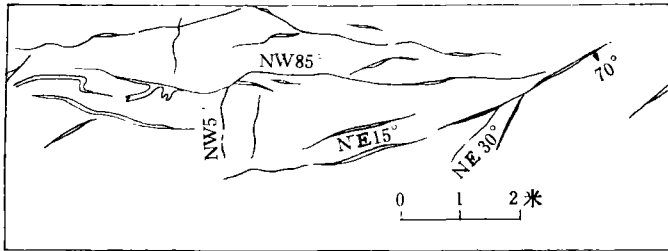


图 5 渭南南塘巷防空洞顶面地裂缝实测图

印刷机器厂挖地基时,于地面之下 1.5 米始见地裂缝。单条宽 5—20 厘米,宽者达 1 米,最窄 0.2 厘米。由几组裂缝组成一个宽 60 米,可见长度 600 米的树枝状地裂缝带(照片 4),展布方向为 $NE85^{\circ}$ 。挖城区防空洞和排水沟时,至少还有十一处见到地裂缝带。上列地裂缝展布在南北宽千米的范围内,组成 6 条地震断裂带(见图 4)。

南塘巷北口与南口两条相隔 200 米、向相反方向倾斜的破裂带,与老城地垒隔犹河相对应。两者各由多条呈斜列排列的地震断层组成,各带宽 30—70 米,单条长 300—800 米,具反时针扭动特征。南侧一条破裂带南盘下降不小于两米;北侧一条北盘下降两米。中间略高于两侧地面成地垒状。

以上所述的一些地裂缝带,从渭南老城区、新城区南塘巷,循此向西,在其延线上的汽车二队防空洞、印刷机器厂地基、城西民井及西郊郑家村探坑中见到的地裂缝带,构成了全长 15 公里的地震破裂带。

2. 华县地区 华县城内有三门巷沟,沟长 300 米以上,深 5—10 米,宽 50—80 米,呈 $NW15^{\circ}$ 方向延伸。近年在沟中钻探,于地面下 60—70.35 米层位间见 1 米多长朽木三根,同层位是现代黑胶泥,水臭不可闻。60 米以上全为破碎泥沙土,而在沟近侧的塬上为质硬洪积沙土。华县志载的“忽焉而裂者成洞”、“震裂之大者出火出水”可能指此而言。以上所述,因无确实记载,很难定论,若此沟确为地震形成,则其开裂深度不小于 70 米,宽不小于 8 米。

南侧高 5—10 米的地形陡坎与三门巷沟正交,走向 $NE65^{\circ}$,陡坎长 3 公里以上,由两条陡坎错列构成,与物探证实的 $NE65^{\circ}$ 隐伏断裂方向一致,疑为一地震断裂陡坎。

华县泉沟水库东壁,见走向 $NW80^{\circ}$ 压性断裂将 Q_4 坡积黄土层错断,南盘逆冲于北盘之上。杨峪沟内见 Q_3 砾石层被错断(照片 5)。推测它们可能是本次地震的次要破裂带,沿衰老断层赤水一瓜坡断裂发育,长 10 公里(图 6 XI 断裂)。

华阴南断裂(图 6 VII 号断裂)向东延伸,沿线 Q_2-4 黄土中发育近东西的张扭性裂缝,孟塬附近断层将 Q_4 坡积物断开。薛家河 Q_4 沉积物中发育四组裂缝。它们系 Q_4 晚期 VII

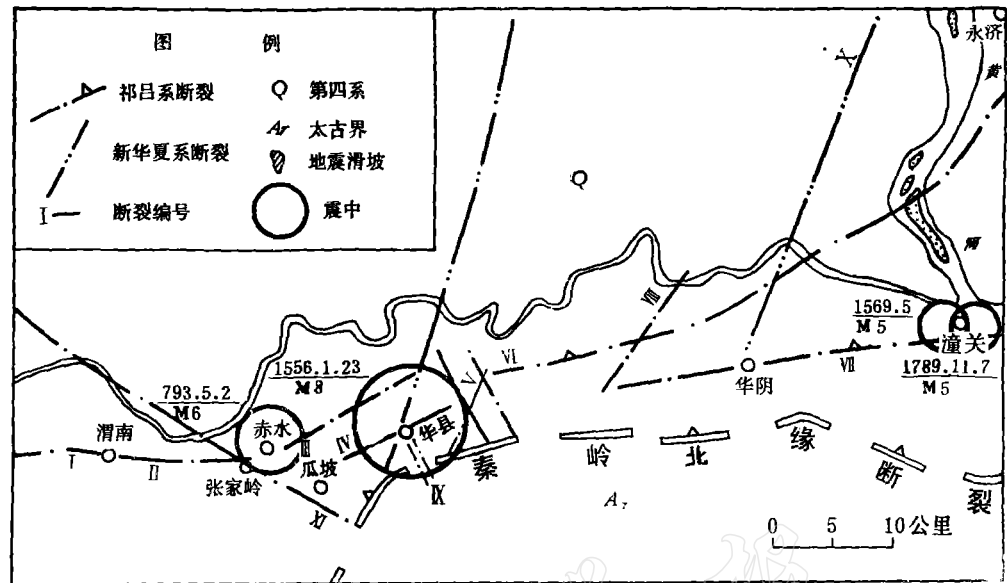


图 6 渭南—华阴地区地震地质构造图

号断裂活动的产物,这次地震可能参与了活动。

前述各地区所发现的 1556 年华县地震断裂、裂缝,可以连成一个沿极震区呈 NEE 向展布长达 70 公里以上的地震破裂带,若与有历史记载的西至扶风,东止临汾的地裂缝相连,则其总长超过 120 公里,这就是 1556 年华县大地震的主破裂带。

(二) 喷水冒砂

历史上记有喷水冒砂现象的有 18 个州县,包括极震区渭南、永济两县。而华县、华阴

两县因处于高于渭河阶地的华山山前洪积扇区,史书仅有震后大量喷水而无冒砂现象记载。渭南、永济两县处于渭河一、二级阶地上,一是地下 10 米处广泛分布着砂层(图 7)及饱和粉质壤土层,这是砂土液化的物质基础;二是地下水埋藏浅,渭南一、二级阶地现代潜水位深小于 10 米,明代地下水位更浅,道光渭南县志记载,渭南老城十数眼泉水震后水位下降消失。排水沟中新掘出的五口明代古井内充填明代瓦砾瓷

片,井底距地面仅 4.5 米,低于现代深 7 米的潜水面,该井群应是本次强震后水位下降而干枯作废的;三是本次地震强度大,作用时间长,据大量史料判断从主震到天亮前的数小时内,仍有数次强余震发生。故液化时间长,次数多。

渭南是今工程施工中揭露最多的地区。城区以运输公司、地区医院这一东西向的洪积扇南缘和老城南渭河三级阶地北缘为界线(见图 4)。以北渭河一、二级阶地上喷水冒砂严重,地震破裂带中普遍充满含云母碎片的白色、浅黄色中细砂。该阶地上也是南北有

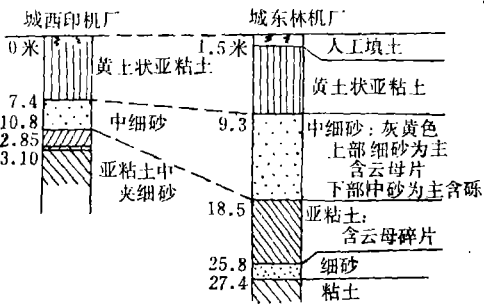


图 7 渭南城区二级阶地浅部地层对比图

别的,北部一级阶地上宽 1—2 毫米的裂缝均有充砂;而南部宽 10 毫米以上者才见充砂。充砂体多呈条带状、香肠状和串珠状,宽 0.1—100 厘米,严格地受地裂缝宽度控制。冒出当时地面的砂体(今已埋于地面 1 米之下)呈锥体,直径 10—70 厘米。印刷机器厂地基中,最大喷砂体达数百立方米,数十个喷砂体连成片,表面有高低起伏,每个凸起之下常连有一个充砂地裂缝,是震时的喷砂孔,这就是所谓的群孔喷砂。喷水冒砂区南部,因处于二级阶地上,砂层和潜水位皆较前者深,故多出现单孔和线状喷孔,喷砂量显著减少。南塘巷南口南北走向的防空洞中,见 3 个直径 2—3 米、高 0.7—2 米的蘑菇状单喷孔。兽医院门前,沿地垒南缘地震断裂见线状喷砂带。界线以南,渭河二级阶地被厚 1—6 米、土质密实的洪积扇亚粘土覆盖。它抑制和降低了砂土层的液化,潜水和砂层埋藏又较深,不利于喷水冒砂。因此除个别长而宽的地裂缝充填粉砂外,大部分地裂缝两壁仅见有水冲刷淋漓后生成的厚几厘米的红、黑色土,说明该区只经喷水而无冒砂。

照片 2 为一顶部被削平的喷砂体,图 3 为其结构素描图。该喷砂体下部通一喉管状张扭性地震断层。此点位于沿该断层喷砂孔西南近侧,是一个喷砂沉积点,基本上未受喷水冲刷破坏,保存良好。因此它反映了在地震过程中地震断层发生、发展,地面坍塌与地下喷水冒砂过程的实况。从而可知,液化砂体孔隙水压的积累是有起伏的;喷水冒砂的孕育和发展过程也是曲折的。

(三) 地震诱发滑坡

极震区南部位于沟深塬高,岩性松散的黄土塬边地区,边坡不稳定。这次地震诱发了大量滑坡和崩塌体,现举例说明之。

张家岭滑坡和郭家沟滑坡。张家岭滑坡位于渭南县城东十五华里;郭家沟滑坡位居其西(见图 6)。两者同起于后缘高出滑坡基座 280 米陡峻的同一个黄土台塬。它们只有千米之隔,滑台分别长 800 米和 600 米,均向北超覆于渭河一级阶地和渭河断裂带上,形成天然的臆丘高出地面 20—35 米,公路从此爬坡而过。所以顺治渭南县志记载 1556 年华县地震时写道“县东十五里塬移路凸”。其埋深低于现在的渭河基准面,滑坡呈反坡翘起。两者同属于环谷状反向阶梯式的深层坡基滑坡。滑坡结构单元发育完整,弓形破裂壁后缘凹槽、滑坡台阶、臆丘均保存完整。张家岭滑坡体南北长 2100 米,东西宽 1000 米,体积约 1050 万立方米;郭家沟滑坡体南北长 1300 米,东西宽 550 米,体积约 357 万立方米,均属超大型滑坡。

张家岭滑坡破裂壁高于一级滑坡台阶 160 米,壁面清晰,上陡下缓,当地群众称簸箕掌。后缘凹槽已被崩积物充填。具三级滑坡台阶,台面平坦向后微倾角 4—5 度。臆丘底部褶皱破碎的下更新统灰绿色砂层中夹上更新统黄土块和裹挟的砖瓦石块,说明滑坡下滑迅速,具崩塌性质。

这两个大型滑坡均产生于少雨的冬季,无水作用参与,纯系地震诱发而成。其诱发因素一是两者皆处于 NEE 向 II 号断裂与 NWW 向 XI 号断裂交叉的三角区(见图 6),裂隙十分发育,早已构成了原有的软弱面。地震时又沿两者边缘产生宽大的南北向地震断裂,构成新的软弱面。今张家岭滑坡中部仍存有一长 500 米的南北向断裂沟。二是具备高陡的黄土塬边的地形条件。三是两者皆处于 XI 度烈度区内,具强大的地震力。在地震力的反复冲击下,沿原有和新生的软弱面,产生了这两个大型速滑诱发滑坡。

三、地震地质背景和地面运动方式

渭河盆地内部隐伏着一条长期强烈活动的弧形大断裂,经大量物探和深部钻探工作证实,该带之下 6000 米深处有一条渭河盆地基底深断裂。在其厚约 6000 米的新生界盖层中,展布着与之对应的断开第四系地层 50—600 米的共十七条断裂(参见图 6),组成一个断裂带称渭河断裂,它们呈斜列式,总体走向 NEE,向东过华阴渐转为 NE 向,与展布在渭河低阶地上的 1556 年地震主破裂带空间位置大体一致。其中 I、II、III、V、VI、VII 等断裂位置,地表已发现 1556 年地震破坏现象的遗迹。因此,可以认为 1556 年华县地震就是渭河断裂的继承性活动。

历史记载,华县“原阜旋移”,“山川移易”。说明这次地震时地面既有水平运动,又有垂直运动。

明张瀚松窗梦语卷记述华县地震时,渭南东部“渭河北徙四、五里”。说明渭河断裂北盘震时大幅度下降,致使渭河水北迁。位于 III 号断裂北盘的赤水桥,建于震前老桥拱之上(照片 6)。两桥拱高差 4.5 米,推断震时老桥一带地面下降约 4 米。至今赤水河底比堤外农田尚高半米;而断裂南盘(距该桥仅有 4 米)河床却低于两岸地面 2 米。华阴南断裂北盘的魏长城埋于地下 2.7 米以上。

上述资料说明,极震区地面的垂直运动,是以地震主破裂带北盘下降表现出来的,现综合列表如下:

地震主破裂带推断裂距变化表

自西向东位置	渭南老城	赤水镇	华 县	华 阴
北盘下降垂直断距	2.5—4 米	约 4 米	5—10 米	2—3 米

从而概略地看出这次地震地面最大断距在华县,应是宏观震中位置。极震区地面水平运动,可能是反时针扭动,其证据如下:

1. 各级地震破裂带均呈 NEE 向左行斜列、锯齿状构造型式。
2. 渭南城渭河低阶地的地裂缝面上,有反时针扭动的水平形迹。渭南老城排水沟中见 NW 60° 方向压扭性裂缝面上有反时针扭动形迹(照片 7)。
3. 地震主破裂带北盘的重破坏区,合阳县和武功镇现存明代前砖塔,多数向东北倾斜,也有利于北盘地面西移的解释。

历史上有扶风“山移数里”,富平“或移数武”的记载。各点确切水平位移量,却未见实据。

四、结 语

1556 年陕西华县大地震的地面破坏强烈。极震区地震地面破裂带呈弧形展布延及

70 公里以上, 垂直断距大于 5 米。地裂缝呈锯齿状、树枝状、网格状排列; 各组地裂缝间互相错断、限制, 是一幅强作用力下的形变图象。喷水冒砂现象普遍, 并受地貌、水文和土层结构控制。诱发滑坡等重力破坏类型, 在震区出现体积之大, 种类之多, 分布之广都是罕见的。

1556 年华县八级大地震的发生是渭河断裂带继承性活动的结果。

参 考 文 献

- [1] 郭增建, 1556 年 1 月 23 日关中大地震, 地球物理学报, 6, 1, 1957.
- [2] 蒋溥、高维安, 强震地面破坏效应及其形成的地质条件, 地质科学, 1, 1976.
- [3] 时振樑、环文林、姚国干、谢原定, 1932 年昌马地震破裂带及其形成原因的初步探讨, 地球物理学报, 17, 4, 1974.

GROUND RUPTURES DURING THE LARGE EARTHQUAKE OF 1556, HUAXIAN COUNTY, SHANXI

WANG JING-MING

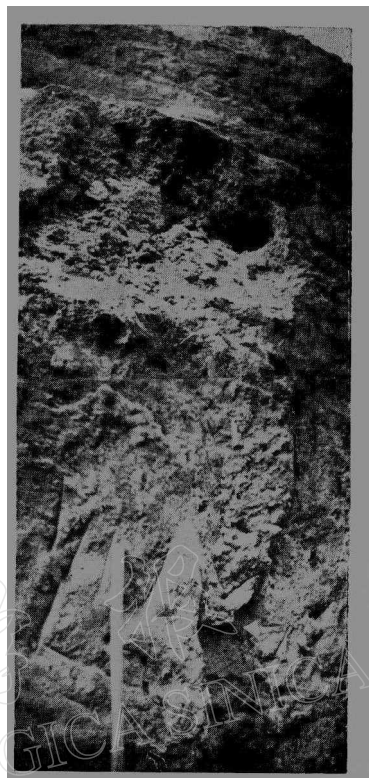
(*Seismological Bureau of Shanxi Province*)

Abstract

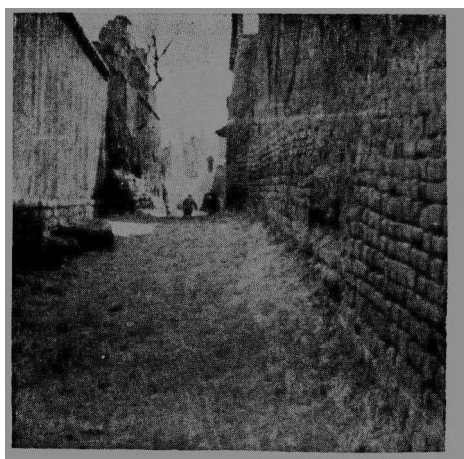
In the present paper, a large number of vestiges of earthquake damage, discovered in engineering works in recent times, such as faults, fissures, phenomena of water and sand eruption, induced eboulements, charcoal and cultural relics fallen in earthquake fault zones, are studied. By means of archaeological study and verification of C₁₄, it is proved that those mentioned above might originate in the Ming Dynasty and that the rupture zone extended for more than 70 kilometres in the meizoseismal area is the very ground rupture zone of the meizoseismal area of this large earthquake.



照片 1 落入渭南瑞泉中学排水沟地震断层内的明代民居通脊青瓦件(箭头指处)和水道青瓦件(照片 2 箭头指处)



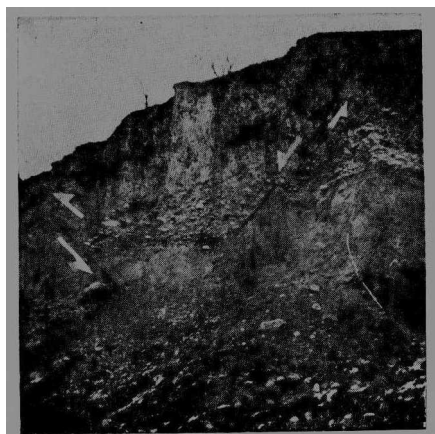
照片 2 渭南瑞泉中学门前排水沟中掘出沿地震断层的喷水冒砂孔(断层属张扭性走向 $NE60^\circ$, 倾向 NW, 近直立, 北西盘下降 0.7 米, 将明代、唐宋、汉秦三文化层错断。图三为其素描图)。喷砂体上部距现代地面 1.68 米, 摄入充砂地震断层高度 3.3 米。



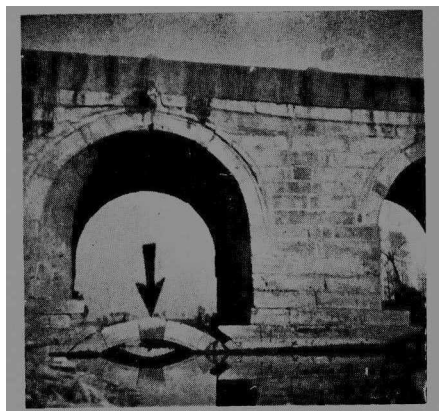
照片 3 渭南城北门巷西小巷现存地震陡坎(远方单人处为高 3 米的陡坎, 近处双人前方高 1.5 米的第二道陡坎)



照片 4 渭南印刷机器厂地基探坑中的树枝状充填白细砂地裂缝（缝内见瓷片、瓦片、牛骨等文物。照片上方为南；三组地裂缝走向白箭头指处为 $NE85^\circ$ ，黑箭头指处为 $NW70^\circ$ ，3 为南北向。）



照片 5 华县杨峪沟 $NW78^\circ$ 压性断层将 Q_3 砾石层冲断，南盘逆冲断距 3 米（左侧）右侧为走向 $NE70^\circ$ 的张扭性断层，断开砾石层断距 2 米。



照片 6 华县赤水镇桥建于震前老桥拱之上（箭头指老桥拱）。



照片 7 渭南老城排水沟中 $NW60^\circ$ 压扭性地裂缝面上的阶梯（箭头指处）和滑面。直立白色砂带为宽 25 厘米的充砂地裂缝。