

李忠生、宋彦辉、高虎艳等,2014,临潼-长安断裂带(F_N)西段走向研究,中国地震,30(2),272~279。

临潼-长安断裂带(F_N)西段走向研究

李忠生¹⁾ 宋彦辉¹⁾ 高虎艳²⁾ 袁洪克³⁾ 程耀¹⁾ 丛璐¹⁾

1) 长安大学地质工程与测绘学院,西安市雁塔路126号 710054

2) 西安市地下铁道有限责任公司,西安 710016

3) 中国地震局地球物理勘探中心,郑州 450002

摘要 临潼-长安断裂是渭河盆地内西安凹陷与骊山凸起的分界断裂,该断裂东北段位置和走向清楚,但西南段(神禾塬以西)的推测走向并无实证资料。在临潼-长安断裂西南方向延伸区域内,通过对3条总长近27km的人工地震勘探剖面解译,发现均存在北倾断裂异常,在其中1处异常布置的地质钻探剖面显示,上更新统和中更新统地层存在错断现象。这些勘探异常点被认为是临潼-长安断裂带中的最北侧断裂 F_N ,其连线基本在1条线上,以大约SW240°的方向,延续了临潼-长安断裂带中段走向,继续向西南方向延伸。

关键词: 临潼-长安断裂 人工地震勘探 西安地裂缝

[文章编号] 1001-4683(2014)02-0272-08

[中图分类号] P315

[文献标识码] A

0 引言

临潼-长安断裂是秦岭北麓断裂与骊山北麓断裂之间的1条NE向断裂带,是渭河盆地主要活动断裂之一,对该断裂带的研究不仅具有重要的地震地质意义,也具有十分重要的工程意义。长期以来,许多科研人员对该断层进行了广泛深入的研究(张安良等,1991;李永善等,1992;彭建兵等,1992;祝意青等,2005;冯希杰等,2006;戴王强等,2007;师亚芹等,2007、2008;苗康运,2008;李晓妮等,2008),内容涉及断层的位置、走向、活动特征等。这些研究中,尤以对断裂带的东北段(神禾塬以东)的研究更为深入;而由于地貌原因对西南段的研究较少,断裂带确切位置和走向一直因缺乏直接的研究工作依据和地质地貌证据而处于推测状态。本文以西安地铁建设为平台,在临潼-长安断裂西南延伸区域进行了一系列的勘探研究工作,其中包括3条浅层人工地震勘探剖面 and 1条地质钻探剖面,在3个不同的地点分别揭示出了临潼-长安断裂(F_N)的确切位置,从而确定了该断裂西南段的走向。

1 临潼-长安断裂带概况

临潼-长安断裂带位于渭河盆地内西安凹陷与骊山凸起的交界部位,属深部基底断裂。该断裂北起临潼区骊山老母殿,向西南延伸经长安城区与秦岭北麓断裂交接。全长逾

[收稿日期] 2014-03-07; [修定日期] 2014-04-16

[项目类别] 国家自然科学基金(40972215)和西安市地下铁道有限公司(D6-KC-062013001)共同资助

[作者简介] 李忠生,男,1964年生,副教授,主要从事地质灾害及勘查技术的研究与教学工作。

E-mail: lizhsh@chd.edu.cn

50km, 总体走向 NNE-NEE, 倾向 NW, 倾角 70° 左右。该断裂带由数条平行断层组成, 带宽 5~7km。断裂带两侧地貌差异较大, 总体上东南侧为黄土塬区, 西北侧为渭河阶地区, 整个断裂带区域表现为断层陡坎, 并间有构造性侵蚀洼地。鉴于该断裂带的东、西两段都是由 3 条主要断裂组成, 习惯上由北向南依次称之为 F_N 、 F_M 、 F_S (图 1)。

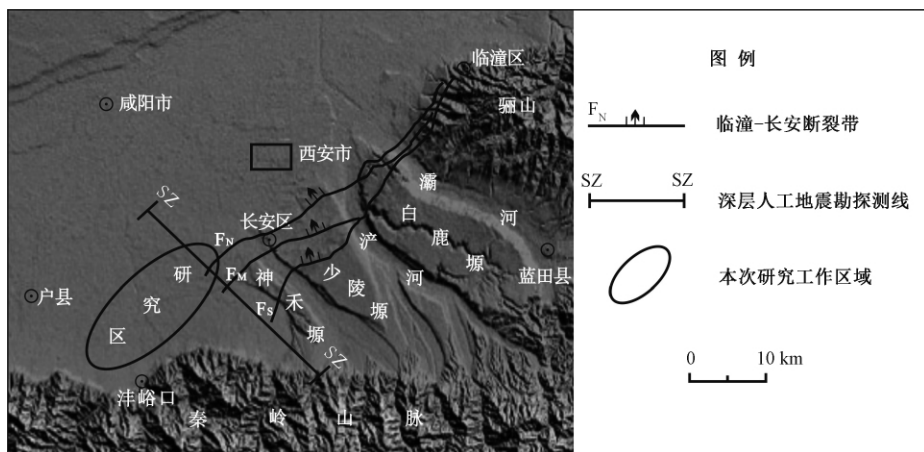


图 1 临潼-长安断裂带位置及研究区示意图

断裂带以泾河为界分为东北、西南两段, 其中东北段地形地貌特征显著, 断层陡坎发育, 断裂地表出露明显, 活动性较强; 西南段地形高差较小, 尤其是神禾塬以西为晚更新世以来形成的洪积扇裙, 地势平坦, 未发现断层地貌迹象, 该段断裂的位置及走向主要依靠河流拐弯、地热温泉等来分析和推测 (张安良等, 1991; 李永善等, 1992)。对于断裂带西段的研究, 目前仅陕西省地震局在神禾塬西侧进行过深层人工地震勘探工作 (地震测线位置如图 1 所示), 勘探剖面清晰显示了包括 3 条临潼-长安断裂在内的各深大断裂 (师亚芹等, 2008)。在此位置西南区域, 基本为研究空白区。

2 临潼-长安断裂(F_N)西段走向研究

结合西安地铁建设任务, 本次研究对象为临潼-长安断裂带中最北侧的 F_N 断裂。为此, 分别在西安西南郊西太路、长安五星乡及户县草堂镇附近布置了 3 条浅层人工地震勘探剖面, 研究区域如图 1 所示。浅层人工地震勘探采用 SUMMIT 遥测数字地震仪, 240 道滚动, 60 道备用接收方式。震源采用 M18/612 型可控震源, 工作方式和激发参数设定为: 连续变频扫描, 扫描频带 30~200Hz, 扫描信号长度 8s, 垂直迭加次数不低于 12 次, 在此基础上以获得清晰的反射同相轴为原则。测线观测系统为: 道间距 3m, 炮间距 15m, 24 次覆盖反射。勘探目标深度不小于 1km。

同时为验证人工地震勘探成果, 在西太路人工地震勘探异常处布置了 1 条地质钻探剖面, 揭示了地层剖面结构, 对异常两侧的地层结构进行了对比分析。

2.1 西太路人工地震 DZ1 剖面及地质钻探剖面

西太路浅层人工地震勘探 DZ1 测线位置如图 2 所示, 测线布设长度约 9km, 沿西太路由北向南从锦业二路至张王村附近, 获得的浅层人工地震反射叠加时间剖面如图 3 所示。

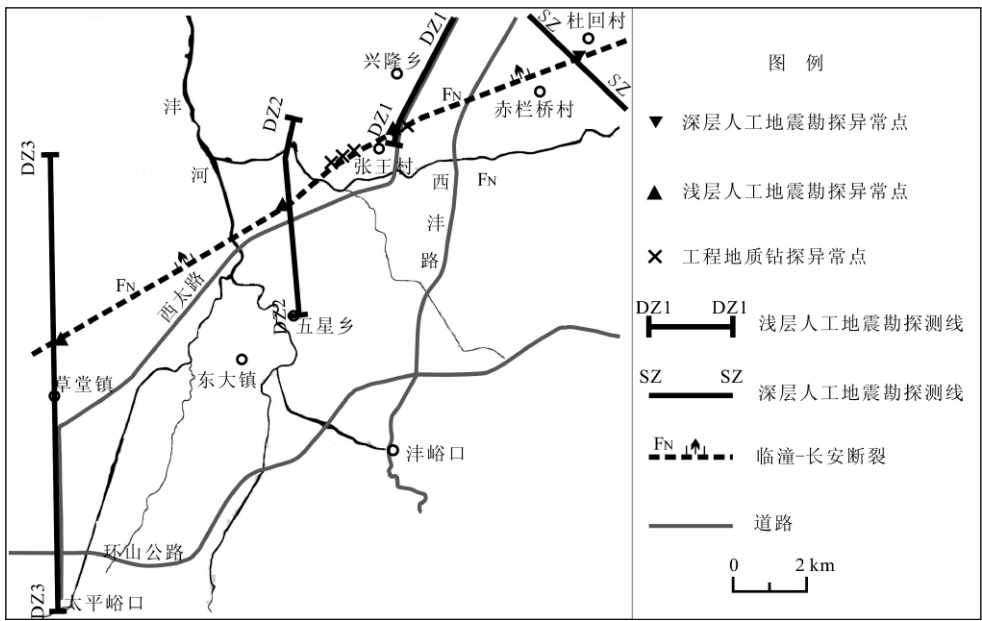


图2 地震测线位置及临潼-长安断裂 F_N 西段位置、走向示意图

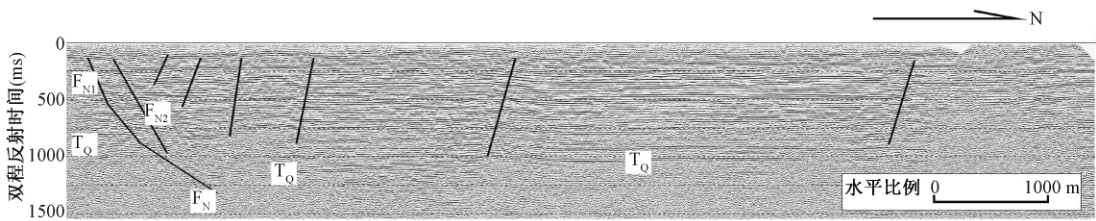


图3 西太路浅层人工地震勘探 DZ1 测线反射叠加时间剖面图

由图3可见,剖面中反射层位清晰、丰富,各界面呈水平层状形态,双程反射时间1100ms附近较强的反射层 T_Q 被解释为第四系底界。在9km长的剖面中,存在一些明显断点异常,断点处地层自上而下出现不同程度的错断。其中,与其它断点存在明显不同、也是规模最大的为剖面南端头的断裂(F_N),该异常为北倾,倾角较缓,由2条北倾断裂 F_{N1} 、 F_{N2} 组成,在1000ms以下合并成1条,断裂两侧 T_Q 反射层存在200~250ms(换算深度约200多米)的断距。鉴于该断裂具有错断清晰、北倾、两侧 T_Q 的断距大、倾角较缓等特性,绝非一般小断裂所能比拟,并考虑其所处的具体位置,推测其为临潼-长安断裂带中的最北侧断裂 F_N 。同时,剖面中靠近 F_N 附近上盘发育有一系列反向断裂,这与 F_N 东段和中段在其上盘发育有一系列较密集南倾正断层的特性相吻合,剖面中这些南倾断层被解释为西安地裂缝,并在后续的地铁勘察中得到证实。

为获取上述浅层人工地震勘探异常处的地层结构及其异常变化,在 F_{N2} 异常处布置了地质钻探工作,钻探剖面线与人工地震测线基本重合,勘探孔深度80m,获得的钻探剖面如图4所示。

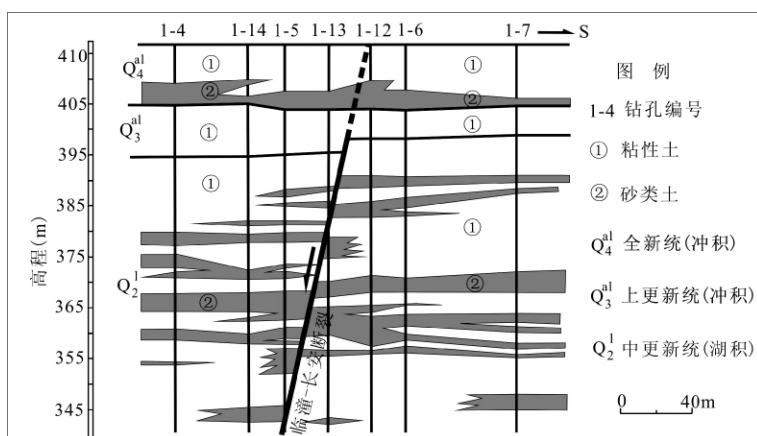


图4 人工地震异常对应的地质钻探剖面图

钻探剖面显示第四系全新统地层连续性较好,无明显错断迹象。上更新统底界被明显错断,但断距不大。中更新统地层由于厚度较大,在 80m 深度范围内未穿透,由于该套地层主要为湖积的黏性土与砂土交互沉积,沉积相较于复杂,无可供对比的标志层,故对于地层的连续性 & 断层识别带来一定困难。即便如此,从图 4 中仍可看出,人工地震勘探异常(断裂 F_{N2}) 两侧砂类土的分布具有突变性和不连续性,表现在两侧层位不对等,地层分布不符合自然地层沉积规律,表明后期曾经受过构造变动,存在断层不连续地质构造面,仔细辨认可以看出,剖面北侧地层下降。该钻探剖面确定的断裂位置与人工地震勘探异常(F_{N2}) 位置吻合,误差小于 20m。钻探剖面中自上而下的地层不连续现象,为临潼-长安断裂的存在提供了直接证据。

2.2 五星乡人工地震 DZ2 剖面

五星乡浅层人工地震勘探 DZ2 测线沿五星乡北侧的南北向道路布置,总长约 5.5km,其平面位置如图 2 所示,其浅层人工地震反射叠加时间剖面如图 5 所示。



图5 五星乡浅层人工地震勘探 DZ2 测线反射叠加时间剖面图

从图 5 中可见,双程反射时间 1500ms 以内具有清晰的反射界面,该剖面反射信息丰富,有多组较强的反射波组。从这些反射波组所反映的界面特征可以看出,界面呈层状展布,明显南倾;剖面中存在一些反射波同相轴错断现象,根据各波组错断及界面产状变化等特征,剖面上共存在 3 个断点异常,其中以 F_N 断点最为明显,其两侧多组强反射层位存在明显错断,错断可从近地表一直延续到 1700ms 以下。其形态为一视倾向北的正断层。在 5km 长的剖面中, F_N 断裂规模最大,结合西太路浅层人工地震勘探结果,该断点异常解释为临潼-长

安断裂 F_N 。由于该剖面的地层南倾,与该区域总的地层倾向相反,推测在该剖面南侧应有一规模宏大的构造,该构造控制了其北侧和 F_N 之间的地块使其呈“翘起”构造形态。

2.3 草堂镇人工地震 ZD3 剖面

草堂镇浅层人工地震勘探 ZD3 测线沿草堂镇南北方向道路布置,由北向南经草堂镇直达秦岭山太平峪口内,总长约 12km,其平面位置如图 2 所示,人工地震反射叠加时间剖面如图 6 所示。

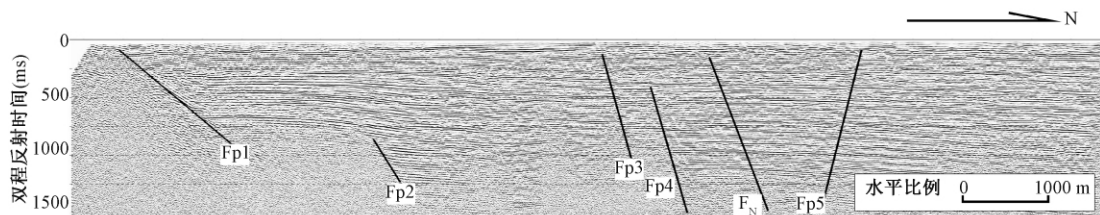


图 6 草堂镇浅层人工地震勘探 ZD3 测线反射叠加时间剖面图

与前 2 条测线相同,图 6 中双程反射时间 1500ms 以内具有清晰的多组较强反射界面。总体看,剖面上反射层明显北倾,但局部有水平甚至南倾现象。根据各波组错断及界面产状变化等特征判断,剖面上共存在 6 个断点异常,由南向北各断点特征及解释如下:

Fp1 为秦岭北麓断裂,断裂两侧反射层位差异极其明显。

Fp3 断点两侧地层倾向存在差异,其南侧地层呈北倾,北侧地层局部南倾,断点两侧反射层位存在明显同相轴错断,视倾向北,错断可从近地表一直延续到 1000ms 以下。

Fp4 断点两侧反射层位存在明显同相轴错断,视倾向北,错断可从 300ms 一直延续到 1500ms 以下,近地表 300ms 以内层位连续性较好。

结合区域断裂研究成果(周厚云等,2001;杨晓平等,2005), Fp3、Fp4 构成一规模较大的北倾断层性质的断裂带,宽度约 400m,其特征及位置与余下-铁炉子断裂(也称周至-余下断裂)吻合度较好,应是该断裂在剖面中的反映。

F_N 断点两侧地层倾向存在明显差异,其南侧地层微向南倾,北侧则呈北倾,断点两侧反射层位存在明显同相轴错断,错断可从近地表一直延续到 1500ms 以下。其形态为一视倾向北的正断层。在此断层再向北约 4.7km 的反射剖面上,除南倾的 Fp5 异常外,再无其它北倾断层。据此可以推断,该断层为临潼-长安断裂中的最北侧断层 F_N 。同时该断裂南侧地层南倾,与五星乡 DZ2 剖面中 F_N 南侧地层南倾吻合。

Fp5 断点两侧地层倾角存在一定差异,反射层位存在明显同相轴错断,错断可从近地表一直延续到 1500ms 以下,其形态为一视倾向南的正断层,推断为一南倾断裂,有发育成西安地裂缝的可能。

2.4 其它资料

除了本次有针对性的研究工作外,在西太路张王村西侧场地进行大范围地裂缝勘察时,在多条北西或南北向的地质钻探剖面上,均发现存在倾向北且呈正断性质的断裂^①。鉴于

① 机械工业勘察设计院,2012,西安高新技术产业开发区场地地裂缝勘察报告

该场地位于西太路人工地震测线 DZ1 和五星乡人工地震测线 DZ2 之间,且这些断裂点的连线与 DZ1、DZ2 的人工地震勘探异常(F_N)的连线正好处于同一延伸方向上(图 2),因此认为这些钻探剖面中的北倾断裂点应是 F_N 在近地表的活动迹象,同时也佐证了前述对人工地震勘探剖面异常 F_N 的解释判断。

根据上述各浅层人工地震勘探剖面解释的临潼-长安断裂(F_N)西南段(神禾塬以西)位置,连同西太路西侧场地内工程地质钻探异常位置和文献(师亚芹等,2008)中深层人工地震勘探剖面解释的 F_N 位置,以虚线形式标注于图 2。由图 2 可见,该段断裂(F_N)西端大致以 SW240°向西南方向延伸,延续了该断裂中段的走向,这一走向与张安良等(1991)依据东大热异常和草堂热异常宏观推断的 F_N (张安良等(1991)称之为斜口-东大断裂)基本一致。

3 临潼-长安断裂走向对工程建设的影响

有关临潼-长安断裂带的研究不仅为西安地区的地震预测、地震地质研究提供了基础性资料,而且其研究成果对目前的工程建设也有着十分重要的影响。已有研究表明,西安地裂缝是发育在临潼-长安断裂带上盘的一系列次生隐伏断裂构造,其产生受控于临潼-长安断裂带的伸展活动(张家明,1990;李永善等,1992;彭建兵等,2012),即西安地裂缝的分布范围取决于临潼-长安断裂带的位置和走向。根据 30 多年西安地裂缝的研究成果,《西安地裂缝场地勘察与工程设计规程(DBJ61-6-2006)》^②将西安地裂缝的分布范围限定在临潼-长安断裂带西北侧(上盘)。据此,若该断裂带具体位置及走向能确定下来,则西安地裂缝的分布范围也将明确。众所周知,西安地裂缝是西安市最主要的地质灾害之一,已对西安早期的城市建筑及设施造成了巨大的损害,并严重制约了城市后期的规划与建设。由于西安地裂缝自 20 世纪 50 年代开始出现以来,主要发生在西安市城区,故有关城区地裂缝的研究较多。近年随着西安城市建设的发展,城区范围不断向外围方向扩展,而对于这些地区西安地裂缝的研究非常薄弱,甚至是空白。新区建设面对的首要地质问题就是这些拓展区域是否存在西安地裂缝,而与这一问题关联的就是临潼-长安断裂带(F_N)的位置和走向问题,它是西安地裂缝存在与否的前提。

前已述及,临潼-长安断裂带的东段(神禾塬以东)位置和走向比较清楚,西段则因缺少实际研究工作,其推测的位置和走向具有较大的不确定性。本文通过浅层人工地震勘探等工作揭示了临潼-长安断裂(F_N)西南段的具体位置和走向,由此也确定了西安市西南区域西安地裂缝的分布界限,对今后的工程建设具有重要的指导作用。

4 结论

通过 3 条浅层人工地震勘探剖面 and 工程地质钻探工作,结合已有研究成果,确定了临潼-长安断裂(F_N)西南段(神禾塬以西)的位置和走向,该走向延续了临潼-长安断裂带中段走向趋势,以约 SW240°方向继续向西南方向延伸。此外,该断裂西南段位置和走向的确定,界定了在该区域内西安地裂缝的发育范围,为西安地裂缝的研究奠定了基础,对后续工程建设提供了有针对性的指导依据。

② 陕西省建设厅,2006,西安地裂缝场地勘察与工程设计规程(DBJ61-6-2006)

致谢:感谢机械工业勘察设计研究院张家明教授、中国有色金属工业西安勘察设计研究院林颂恩教授和陕西省地震局冯希杰研究员对该项工作的指导。

参考文献

- 戴王强、韩恒悦、冯希杰等,2007,临潼-长安断裂带晚第四纪以来的活动性,地震地质,29(2),330~335。
- 冯希杰、戴王强、师亚芹等,2006,临潼-长安断裂错距及分布特征,地震地质,28(4),579~588。
- 李晓妮、冯希杰、戴王强等,2008,晚更新世以来黄土塬区临潼-长安断裂带的活动性研究,地震地质,30(2),454~463。
- 李永善等,1992,西安地裂及渭河盆地活断层研究,北京:地震出版社。
- 苗康运,2008,临潼-长安断裂构造发育特征——基于人工地震探测结果分析,煤田地质与勘探,36(6),62~66。
- 彭建兵、张骏、苏生瑞等,1992,渭河盆地活动断裂与地质灾害,西安:西北大学出版社。
- 彭建兵等,2012,西安地裂缝灾害,北京:科学出版社。
- 师亚芹、冯希杰、戴王强等,2008,临潼-长安断裂带的几何结构及形成机理,地震学报,30(2),152~164。
- 师亚芹、冯希杰、李晋等,2007,临潼-长安断裂带晚更新世时期的活动特征,中国地震,23(3),286~294。
- 杨晓平、邓起东、冯希杰,2005,东秦岭内部铁炉子断裂带的最新走滑活动,中国地震,21(2),172~183。
- 张安良、雷姚琪,1991,长安-临潼断裂的活动与西安地区地震危险性探讨,内陆地震,5(3),216~225。
- 张家明,1990,西安地裂缝研究,西安:西北大学出版社。
- 周厚云、韩慕康、侯建军,2001,东秦岭铁炉子断裂的新活动特征,地震地质,23(3),390~398。
- 祝意青、程宏宾、江在森,2005,临潼-长安断裂带构造变形及分段特征,高原地震,17(3),18~26。

Study on the strike of western Lintong-Chang'an fault (F_N)

*Li Zhongsheng*¹⁾ *Song Yanhui*¹⁾ *Gao Huyan*²⁾ *Yuan Hongke*³⁾ *Cheng Yao*¹⁾ *Cong Lu*¹⁾

1) School of Geology Engineering and Geomatics, Chang'an University, Xi'an 710054, China

2) Xi'an Metro Co., Ltd., Xi'an 710016, China

3) Geophysical Exploration Center, China Earthquake Administration, Zhengzhou 450002, China

Abstract The Lintong-Chang'an fault, one of active faults in the Weihe basin, is a boundary fault between Xi'an sag and the uplift of the Lishan mountain. The fault position and strike in the northeastern section is clear because of the fault scarp geomorphic characteristics. In the southwest section (west of Shenhe plateau), however, the surrounding landform is flat terrain formed by late Pleistocene alluvial fan, and hasn't any fault geomorphological features. The position and strike of the fault on preceding knowledge in this area was based on some speculations, not supported by any evidence data. In order to study Lintong-Chang'an fault location and direction in the southwest direction within the region, three seismic prospecting lines with a total length of nearly 27km and one geological drilling profile were carried out. The seismic interpretation shows that an anomaly, north dipping fault, presents in all prospecting profiles. The geological drilling profile, arranged in one abnormal place, reveals that discontinuity exists in the upper Pleistocene and Middle Pleistocene strata. These prospecting abnormal points locating basically along a straight line are considered to be the north fault of Lintong-Chang'an fault zone, F_N . It goes in direction with approximately SW240°, continuation of the Lintong-Chang'an fault zone in the middle section, and continues to extend to the southwest.

Key words: Lintong-Chang'an fault Seismic prospecting Xi'an ground fissure