

郯庐断裂带昌邑北段隐伏活动断层探测

蔡明刚, 鲁人齐, 苏鹏, 刘冠伸

中国地震局地质研究所, 地震动力学国家重点实验室, 北京, 100029

关键词: 郯庐断裂带; 隐伏活动断层; 探测

活动断层是大陆地震的主要载体。活动断层有的出露地表, 有的则隐伏于地下。隐伏于地下的断层称为隐伏断层或盲断层。大地震和强震不只是发生在突破地表的断层上, 还可以发生在隐伏活动断层上。如华北地区 1668 年郯城 Ms 8.5、1679 年三河—平谷 Ms 8.0 和 1976 年唐山 Ms 7.8 等大地震都是未知隐伏活动断层产生的, 造成了惨重的人员伤亡和巨大的经济损失。

郯庐断裂带昌邑北段隶属于郯庐断裂带中北段, 位于莱州湾以南, 昌邑以北, 是下辽河—莱州湾段与潍坊—嘉山段的过渡段。在莱州湾—昌邑北段约 40 km 范围内, 除了昌邑文山有局部断层出露外, 断层总体处于隐伏区。郯庐断裂带在莱州湾段两端的地震活动较强烈, 而莱州湾段本身地震活动较弱(王志才等, 2006), 未来地震危险性尚不清楚。

目前对于郯庐断裂带莱州湾以南段的断层深浅构造特征和几何结构研究成果相对较多。昌邑以北段位于隐伏区, 只有部分石油物探剖面解释其深层构造特征(Zhu Guang et al., 2015), 对浅部断层几何结构和特征信息比较缺乏, 断层浅表展布及其活动性还不明确, 这制约了昌邑以北段、莒县—郯城段和江苏段的断层分段模型的构建。

隐伏断层探测主要采用浅层反射地震和钻探联合剖面相结合的探测方法(刘保金等, 2008), 已在宁夏银川和江苏宿迁等城市规划和建设中获得了广泛应用。本文利用浅层反射地震方法, 以昌邑文山断层出露位置为起点, 对郯庐断裂带昌邑以北的活动断层空间展布进行了追踪, 查明郯庐断裂带昌邑段隐伏活动断层的具体位置和构造特征, 为区域地震危险性评价和城市规划提供依据。

1 区域地质概况

郯庐断裂带南起湖北广济, 北经安徽庐江、江苏泗洪、山东郯城、东北三省, 到达俄罗斯境内, 总体走向 NNE, 在我国境内长达 2400 多公里, 是中国东部最大的一条活断断裂带。

郯庐断裂带作为胶辽断块与华北平原和江淮平原断块之间的边界构造带, 具有明显的分段活动特征与大地震危险性(邓起东等, 2002)。根据地质地貌和地震活动特征, 郯庐断裂带从北往南可分为四段: 鹤岗—铁岭段、下辽河—莱州湾段、潍坊—嘉山段和嘉山—广济段。其中, 郯庐断裂带中段(潍坊—嘉山段)由 5 条近平行的断裂组成, 自东向西分别为: 昌邑—大店断裂(F1)、安丘—莒县断裂(F5)、白粉子—浮来山断裂(F2)、沂水—汤头断裂(F3)、郯郯—葛沟断裂(F4)。F1、F2、F3 和 F4 是中生代地堑的边界断层, 共同组成了“两堑夹一垒”的构造格局。安丘—莒县断裂(F5)是在 F1 和 F2 中段之间新发育的一条在地表陆续出露的断层, 第四纪以来断裂仍在活动, 断层性质以挤压逆冲、右旋走滑为主。全新世以来的新活动, 主要集中在 F5 上。研究表明历史上在该段北部曾发生过公元前 70 年安丘 7 级地震和中部发生过 1668 年郯城 M8.5 级地震(李家灵等, 1994)。

根据安丘—莒县断裂 1:5 万活断层填图结果, 昌邑文山东坡发现了安丘—莒县断裂带的西边界断裂面。本文以昌邑文山断层出露位置为起点, 对郯庐断裂带昌邑以北—莱州湾南岸范围内的活动断层空间展布进行追踪, 布置了 10 条浅层反射地震测线, 给出了郯庐断裂带昌邑北段隐伏活动断层空间位置, 并分析了其构造特征。

注: 本文为中国地震局地质研究所基本科研业务专项资助项目(编号: IGCEA1602)的成果。

收稿日期: 2021-01-10; 改回日期: 2021-04-10; 责任编辑: 费红彩。DOI: 10.16509/j.georeview.2021.s1.011

作者简介: 蔡明刚, 男, 1977 年生, 博士, 助理研究员, 固体地球物理专业; Email: caimg@iges.ac.cn.

2 浅层人工地震探测

1.1 数据采集

根据断层在昌邑市文山东侧的出露状况以及董家隅村地球物理测线和钻探资料,我们以昌邑市文山为起点,沿安丘—莒县断裂和昌邑—大店断裂可能的展布方向,向北布置浅层地震勘探测线,共获得 13 条地震剖面,剖面总长约 34 km。因郯庐断裂带总体走向 NNE,浅层反射地震测线近东西向布置。

本次浅层地震勘探野外采集工作,采用美国 Geometrics 公司的 Geode DZ-200 数字地震仪,采样率为 0.5 ms,记录长度为 1 s 和 2 s;使用 IVI 公司生产的 Mini Vibrator T15000 型可控震源(出力约 3 t)和 MERTZ 公司生产的 M18/612 型可控震源(出力约 20 t);可控震源扫描频率范围为 10~120 Hz,扫描长度为 12 s 和 14 s。研究区属松散沉积区,为了提高反射能量,单炮垂直叠加 5 次。地震接收采用主频为 60 Hz 的 3 并 1 串检波器。在市区地段,采取夜间施工,在远郊,选取车辆通过较少路段,从而有效保障原始数据采集质量。本次研究目的为初步查明研究区断层分布,选取观测系统参数时,依据现场试验结果,选用了道距 3 m 和 5 m,炮距 12 m 和 15 m,120 道接收(小号方向 40 道,大号方向 80 道),15 次和 20 次覆盖的双边不对称观测系统,以兼顾浅层和中深层反射结构信息。

1.2 数据处理

针对浅层地震勘探资料信噪比低、干扰大和分辨率要求高的特点,数据处理主要以去噪、提高信噪比和分辨率为目标。本研究利用多套处理系统,在对静校正、叠前去噪和反褶积等关键环节的处理参数进行了充分试验和对比的基础上,确定了合理的处理流程和参数,最终获得了水平叠加和叠后偏移等二维数据体。本次数据处理流程主要包括:预处理、折射波静校正、面波压制、异常振幅和坏道剔除、球面扩散补偿、地表一致性补偿、地表一致性反褶积、速度分析与剩余静校正、预测反褶积、剩余振幅补偿、CMP 域异常振幅压制、FX 去噪、保幅叠加和叠后偏移。

3 隐伏活动断层特征

图 1a 为 L1 测线叠加剖面。测线位于文山,基岩已出露地表,剖面上没有第四纪地层反射。剖面

上距 L1 测线东端 248 m 位置附近,可看到一个从浅到深的断裂分界线,该位置东、西两侧的地层反射波组特征明显不同。该位置以西,地层反射能量强、层位清晰,为 3 组东倾的倾斜地层;该位置以东,剖面上几乎看不到明显的地层反射。根据剖面特征,在 L1 测线剖面 248 m 位置从浅到深解释了一条断层,断层东倾,倾角约 80°。

图 1b 和图 1c 分别为 L3 和 L2 测线叠加剖面。测线位于文山以北,潍河以南。剖面特征与 L1 剖面类似,西侧均有倾斜地层,反射能量强,东侧没有明显地层反射。在反射能量强弱分界的位置,同样解释了一条断层,倾角较陡,倾向东。

图 2a 为 L13 测线偏移时间剖面。测线位于潍河北侧大堤上,沿河堤新修公路布置。因道路弯曲,资料处理时按弯线处理流程进行。与潍河南侧的 3 条剖面类似,剖面西侧深部可见东倾地层,而东侧深部未见有效反射。剖面浅部地层呈现挤压形态的褶皱,在潍河南的剖面以及研究区其他剖面中也发现了类似的特征。在褶皱核部与深部强弱反射分界位置解释了一条断层,断层倾角较陡,倾向西。图 2b 为 L6 测线偏移时间剖面。测线位于三教堂村北边一条乡村公路。三教堂村有房裂现象。剖面反射特征与 L13 类似,同样在褶皱核部与深部强弱反射分界位置解释了一条断层,断层倾角较陡,倾向西。与 L13 剖面不同的是,深部东倾地层倾角较小,近水平。

4 讨论与结论

研究区从构造单元上看属于潍县凸起,特征表现为测线深部西侧有东倾地层,而测线深部东侧无明显反射。潍县凸起在几条剖面上表现较为类似。构造形态上,文山 L1 剖面深部倾斜地层视倾角最大,往北依次减小,直至三教堂村北 L6 剖面深部地层近水平,总体呈现类似坡状形态。

通过在研究区开展的浅层地震反射工作,从获得剖面特征解释了相关断层,使我们对郯庐断裂带昌邑北段隐伏区的浅部断层展布、特征和安丘—莒县断裂 F5 的北沿问题有了深入的认识,取得了如下结论:

(1) 安丘—莒县断裂文山段,至少可北沿至三教堂村北,潍县凸起和潍北凹陷的交界南端。

(2) 潍北凹陷内的波组反射特征不同于潍县凸起,断层特征也不相同。但从断层分布位置,潍

北凹陷内的断层位于文山至三教堂村的北东向断层沿向上, 能否看成是安丘莒县断裂的北沿, 仍需

要做进一步的工作研究。

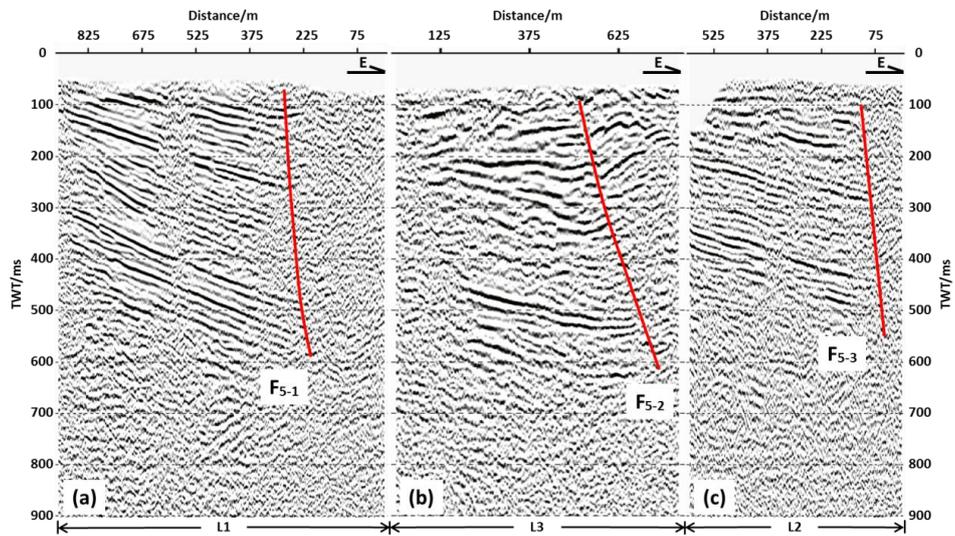


图 1 潍河南 L1(a)、L3(b)和 L2(c)测线叠加剖面与断层解译

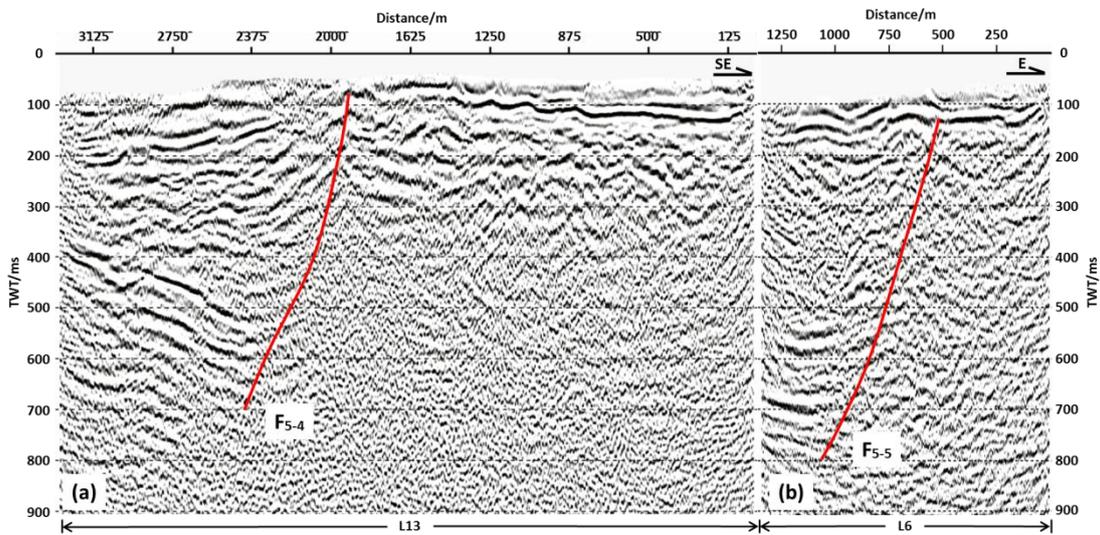


图 2 潍河北 L13(a)和 L6(b)测线时间偏移剖面与断层解译

参 考 文 献 / References

邓起东, 张培震, 冉勇康, 杨晓平, 闵伟, 楚全芝. 2002. 中国活动构造基本特征. 中国科学 (D 辑), 32(12): 1020~1030.

李家灵, 晁洪太, 崔昭文, 赵清玉. 1994. 郯庐活断层的分段及其大震危险性分析. 地震地质, 16(2): 121~126.

刘保金, 柴焯章, 鄯少英, 赵成斌, 袁洪克. 2008. 第四纪沉积区断层及其上断点探测的地震方法技术——以银川隐伏活动断层为例. 地球物理学报, 51(5): 1475~1483.

王志才, 邓起东, 晁洪太, 吴子泉, 肖兰喜, 孙昭民, 闵伟, 凌宏, 杨希海, 李长川. 2006. 莱州湾海域郯庐断裂带活断层探测. 地震学报, 28(5): 493~503.

Zhu Guang, Hu Wei, Song Lihong, Liu Bei. 2015. Quaternary activity along the Tan-Lu fault zone in the Bohai Bay, East China: Evidence from seismic profiles. Journal of Asian Earth Science, 114(1): 5~17.

CAI Minggang, LU Renqi, SU Peng, LIU Guanshen:
Exploration of buried active fault along Tan-Lu fault zone in North Changyi city

Keywords: Tan-Lu fault zone; buried active fault; exploration