

王纪强,王华林,吕春帅,等.新泰市山水文园住宅小区场地断裂探查与活动性鉴定[J].华北地震科学,2018,36(3):40-45.

新泰市山水文园住宅小区场地断裂探查与活动性鉴定

王纪强,王华林*,吕春帅,杨 乐

(山东省地震局,山东济南 250014)

摘要:通过新泰市山水文园住宅小区场地断裂探查实例介绍对小区地基开挖时发现的一疑似活动断裂的地质地貌调查,结合工程勘探、高密度电法勘探、探槽开挖、断裂错断上覆地层分析等手段进行活动性鉴定,结果显示该新泰—蒙阴断裂为晚更新世中晚期活动断裂,运动性质为左旋走滑正断;评价了该活动断裂对建筑工程的影响,并为小区的规划布局和地基基础设计提出合理的意见和建议,是断裂活动性鉴定在规划设计和工程建设中的一个具体应用,取得了很好的效果。

关键词:新泰—蒙阴断裂;工程勘探;探槽;活动性鉴定

中图分类号: P315.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-1375(2018)03-0040-06

doi: 10.3969/j.issn.1003-1375.2018.03.006

0 引言

2008年汶川地震、2010年玉树地震、2014年鲁甸地震大量的震例研究表明,严重的地震灾害损失和人员伤亡主要源于发震断层的同震地表破裂、近断层的强地面运动和地基失效引起的建(构)筑物倒塌^[1]。断裂的存在不仅是地震发生的根源,也是建筑物破坏最严重的区域,这一认识越来越受到各界人士的关注,尤其是设计部门和建筑行业在遇到断裂的工程时,更加谨慎对待断裂的避让问题。从工程的角度去考虑,要解决这一问题首先要对断裂进行活动性鉴定,评价其对工程的影响,从而为规划布局设计和工程建设提出合理的建议和意见。断裂的活动性鉴定是地震危险性分析和工程选址工作中的一项重要内容^[2-3],也是工程场地地震安全性评价的核心问题^[4-5]。因此,在规划设计和工程建设时,如遇断裂问题,必须对其深入细致的研究,鉴定其活动性,评价其对工程的影响,从而为工程提供合理的应对措施。

新泰市山水文园住宅小区拟建在规划路两侧(图1),其中,13#、14#楼位于规划路的南侧,其余住宅楼均在规划路北侧。在详勘阶段发现,钻孔揭露的岩层有明显的岩性差异,除了1#楼西南角与14#楼西南大部钻孔基岩揭露有第三纪砾岩之外,

其余钻孔基岩均为花岗片麻岩,建设部门怀疑有断裂存在,委托我单位对项目进行断裂活动性鉴定。

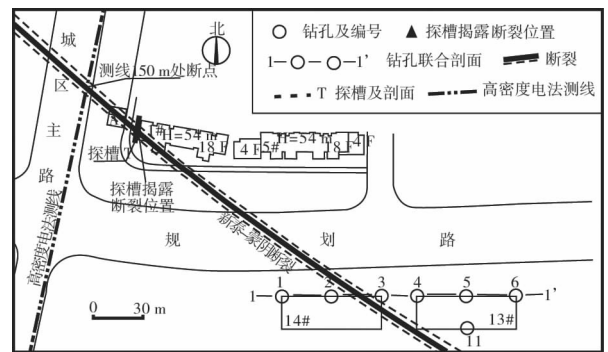


图1 建筑物与断裂位置关系图

根据地质调查、断裂通过位置以及详勘揭露的地层岩性分析,该断裂为新泰—蒙阴断裂。它是发育在郯庐断裂带西侧数条NW向断裂中的一条(图2),为晚更新世活动断裂^[6]。

该断裂长约100 km,破碎带宽度达15~20 m,走向NW,倾向SW或NE,倾角在60°~80°之间,具有左旋走滑兼正断性质,局部也可见逆断。断裂的北东盘为花岗片麻岩,南西盘为第三纪紫红色砂砾岩,与详勘资料相一致。新泰—蒙阴断裂控制着古近纪断陷盆地的东北边界,在断陷过程中曾有多次快速活动,地震资料表明,在距离场地东南3.5 km的断裂附近曾发生1831年 $4\frac{3}{4}$ 级地震(图2~

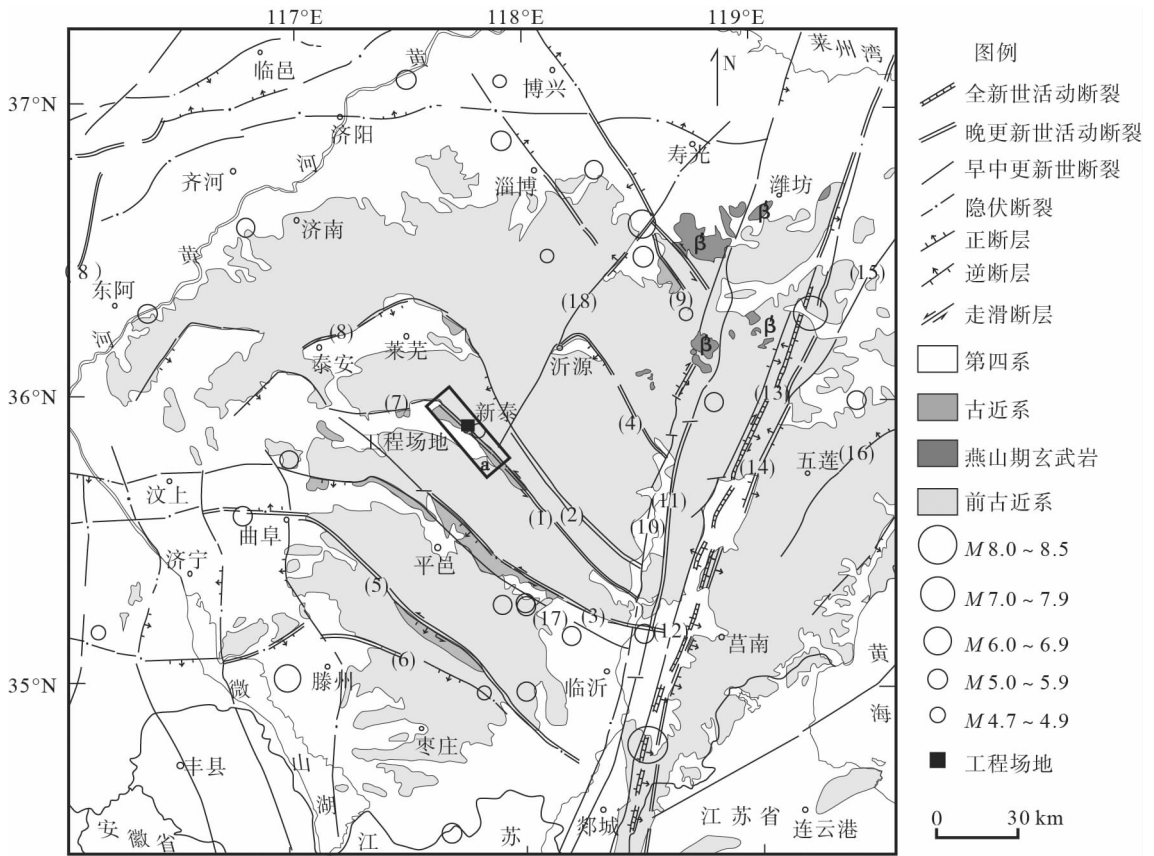
收稿日期:2018-01-09

基金项目:山东省地震局“活动构造研究团队”资助项目

作者简介:王纪强(1981—),男,山东日照人,工程师,现从事地震地质构造方面的研究。E-mail:85983401@qq.com

* 通讯作者:王华林(1958—),男,山东莱州人,研究员,现从事地震地质与地震工程研究。E-mail:whl580126@163.com

3),说明该地区具有中强地震的发震构造背景。



主要断裂名称: (1) 新泰—蒙阴断裂; (2) 铜冶店—孙祖断裂; (3) 蒙山山前断裂; (4) 沂源—沂水断裂; (5) 苍山—尼山断裂; (6) 凫山断裂; (7) 莲花山断裂; (8) 泰山山前断裂; (9) 双山—李家庄断裂; (10) 郟部—葛沟断裂; (11) 沂水—汤头断裂; (12) 白芬子—浮来山断裂; (13) 安丘—莒县断裂; (14) 昌邑—大店断裂; (15) 景芝断裂; (16) 山相家—郝戈庄断裂; (17) 汶泗断裂; (18) 上五井断裂

图 2 新泰—蒙阴断裂地质构造背景

断裂进行了地质调查和探槽开挖,结合工程勘探和高密度电法勘探,对错断地层进行了对比,鉴定了断裂的活动性,提出了断裂避让和基础处理的建议措施。

1 地质地貌与断裂存在的依据

将图 2 中的 a 框范围在 Google 卫星影像图上观察,可见新泰—蒙阴断裂线性影像特征在大官庄村到西杏山坡村一带表现为明显的色调差异,往南东隐伏进入新泰市区,只在东杏山坡村附近可见少许色差,向南东在借庄村、青云山至柳子沟村一带色调差异再次呈现(图 3)。新泰—蒙阴断裂明显控制着中低山丘陵与盆地平原差异地貌的发育。

场地内原始地貌已被破坏,但仍能大致辨别地形起伏差异,总体来说北高南低,东高西低,与新泰—蒙阴断裂控制的地貌特征相一致。

经过对场地及其附近的地质调查,结合勘察部

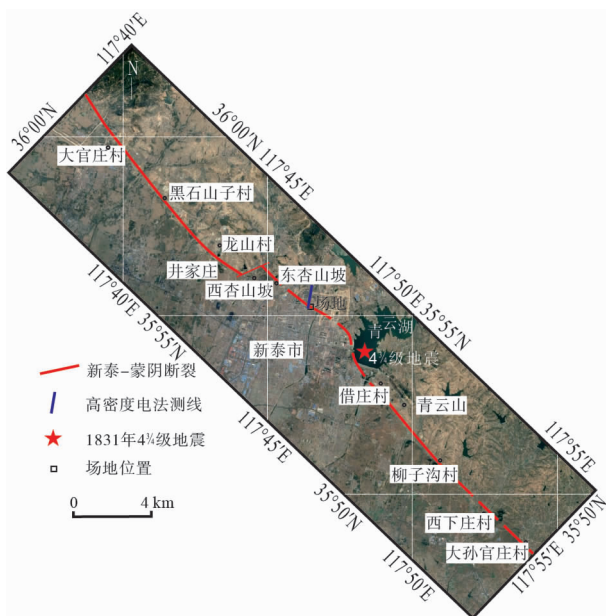


图 3 断裂展布位置影像图

为了提供规划设计和工程建设依据,我们对该

门提供的详勘资料,确定新泰—蒙阴断裂从场地通过。主要有以下几点依据:

1)规划路北侧发育的基岩岩性有明显差异。场地开挖后,地质调查发现规划路北侧场地内覆盖层较薄,绝大部分可见太古代花岗片麻岩基岩发育(图4a),但在1#楼西南角可见含古近纪紫红色砾岩屑的断层泥(图4b)。这2种岩性的差异恰恰反映了新泰—蒙阴断裂的控制地层。

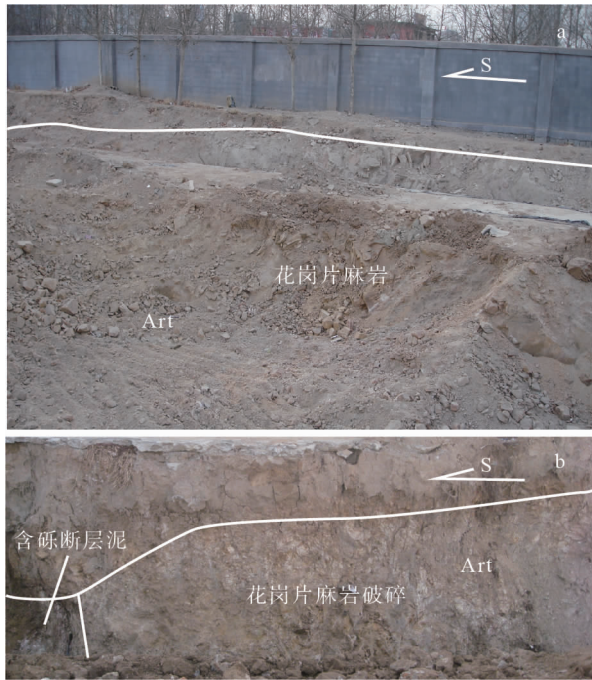


图4 场地揭露岩性情况

2)平房A砖砌墙(A的位置见图1)和泥砌排水沟有与断裂走向一致的裂缝异常(图5)。断裂北东盘为太古代花岗片麻岩,南西盘为老第三纪砾岩地层,开挖揭露的断裂上覆全新世地层中未见断裂延伸的痕迹以及蠕滑特征。分析认为裂缝可能是断裂两盘岩性差异和破碎带导致承载力不同而引起不均匀沉降的结果,并非受断裂的直接影响,但可以由此断定断裂很可能从墙体裂缝处通过。

3)规划路南侧的下伏岩层岩性也有明显差异。规划路南侧覆盖层较厚,上覆地层主要为全新统杂填土、粉质粘土、粗砂和粘土。详勘揭露的钻孔联合剖面显示(图6),断裂发育在2号孔与3号孔之间,断裂西侧下伏基岩为第三纪砾岩,而东侧下伏基岩为太古代花岗片麻岩,与新泰—蒙阴断裂的切割岩性特征相一致。



图5 断裂导致的小平房A(左侧、镜向西)和泥砌排水沟(右侧、镜向南东)出现裂缝

2 断裂的探槽验证和活动性鉴定

为了确定新泰—蒙阴断裂在场地的展布形态及运动性质,根据上述对断裂通过位置的推测,在1号楼西侧开挖了NS向探槽T(图7,楼位置见图1),揭示了新泰—蒙阴断裂的发育特征,分析了断裂错断地层的特征和运动性质,评价了其对本工程的影响,给出了断裂避让和地基处理的意见。

探槽T长度20多米,开挖最大深度2.5米左右。剖面中显示,新泰—蒙阴断裂发育在太古代花岗片麻岩与第三纪砾岩之间,产状 $SW\angle 86^{\circ}\sim 88^{\circ}$,总体表现为一宽度约15~18m的正断层破碎带。破碎带内发育多条断裂面,其中 f_1 和 f_2 断面上端有弯曲变形特征,下部向南西倾斜。 f_1 断面北东盘为棕黄色、灰黄色混杂的花岗片麻岩碎裂岩带,北侧为破碎花岗片麻岩和较为完整的花岗片麻岩,受断裂影响,花岗片麻岩局部也有破碎现象。 f_1 与 f_2 之间发育宽度3.1m左右的紫红色、灰绿色混杂的含断层角砾的断层泥带,具有弯曲变形现象,其上的棕红色砂砾粘土层⑥被正向错断。 f_2 南侧上部发育厚度40~60cm的紫红色、黄褐色混杂的断层崩积砂砾石土层,下部厚度15~20cm的棕红色砂砾粘土⑦与⑥为同一层位,被 f_2 正向错断,断距约34cm,下伏第三纪砾岩碎裂岩。 f_3 断裂南西盘发育约50~60cm厚的棕红色含姜石的砂砾粘土层④,与⑥和⑦是同一层位,也被正向错断,垂直断距约4cm。断裂带之上覆盖有40cm左右的残破积砂土和60~70cm的黄褐色砂砾土,未受断裂影响。

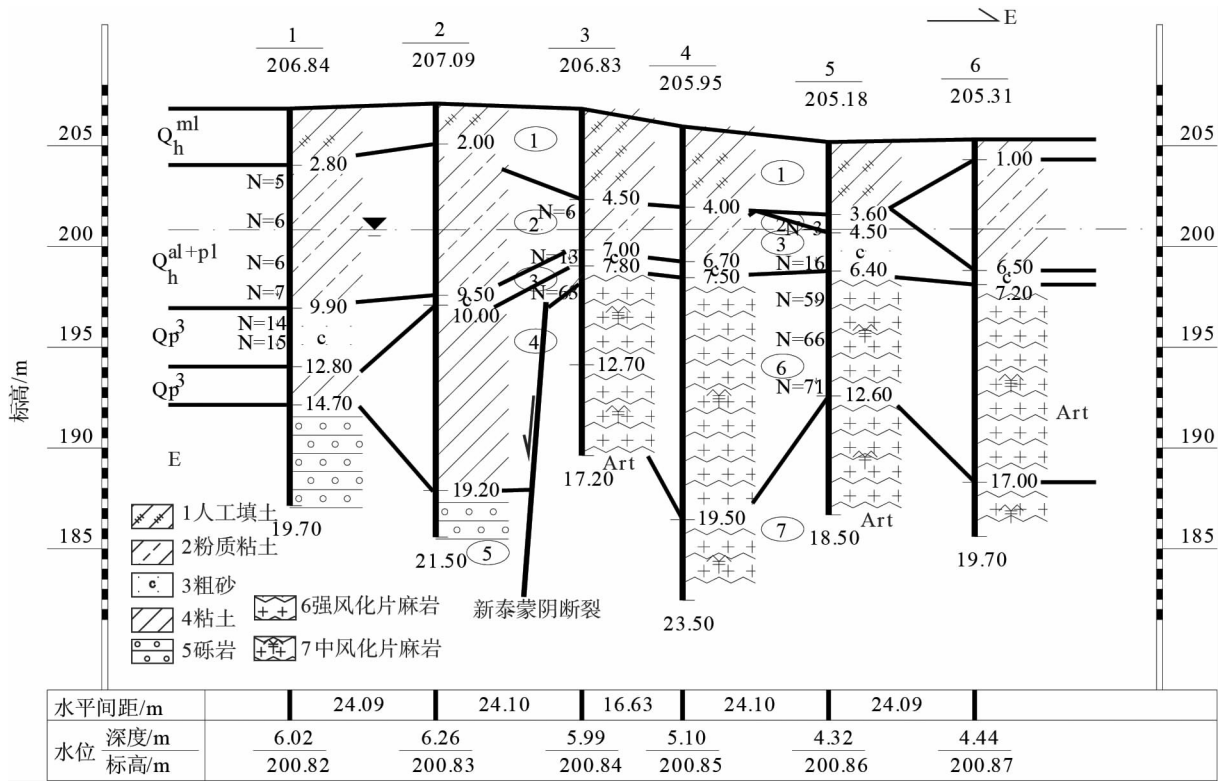
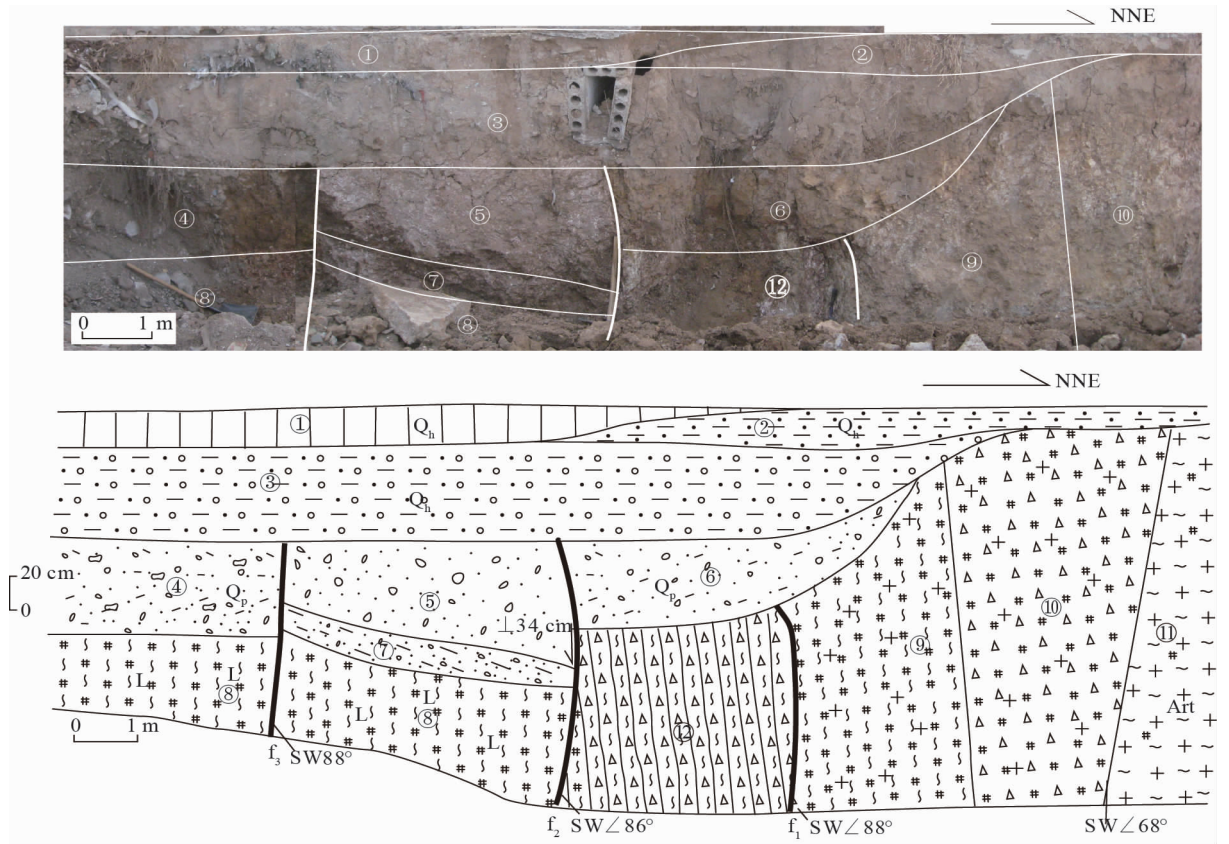


图6 场地跨断裂钻孔联合剖面图



注:①人工填土;②残积砂土;③黄褐色砂砾土;④棕红色含姜石砾砂粘土;⑤断层崩积砾石土;⑥棕红色砾砂粘土;
⑦含砾砂粘土;⑧砾岩碎裂岩;⑨花岗岩片麻岩碎裂岩;⑩花岗岩片麻岩破裂岩;⑪花岗岩片麻岩影响带;⑫含角砾断层泥

图7 场地探槽 T 开挖揭露的断裂剖面

探槽 T 揭露新泰—蒙阴断裂错断了④、⑥和⑦地层。通过断裂上覆地层层序对比、断裂错断最新地层和断层泥发育情况分析发现,③层的黄褐色砾砂土、④和⑥以及⑦的棕红色含砾砂粘土分别与大官庄村处露头揭露的上覆地层和错断地层一致,断层泥也具有同样的结构颜色和变形特征,说明断裂在该点的活动特点、运动性质与大官庄村处有很好的 consistency,通过对比可大致确定断裂的活动时代与活动性质。王志才等^[7]在大官庄村剖面中获得了上覆地层③年龄为 $BP(0.82 \pm 0.06) \times 10^4$ 年,错断最新地层④、⑥和⑦年龄为 $BP(2.37 \pm 0.19) \times 10^4$ 年,说明该点新泰—蒙阴断裂的错断事件可能也在 BP

$(2.37 \pm 0.19) \times 10^4$ 年至 $BP(0.82 \pm 0.06) \times 10^4$ 年万年间,与大官庄村处错断事件发生在同一时期。

此外,新泰市地震小区划中由南往北布设(起点 $35^{\circ}55'10.9''N, 117^{\circ}46'0.9''E$)的长 1 300 多米的高密度电法剖面显示出断裂向深部延伸的情况(图 8, 断裂位置见图 1~2)。在勘探深度范围内新泰—蒙阴断裂两侧存在明显的电性差异,且向深部具有向 SW 倾斜的特征,上断点位置在 142 m 左右,与地表观测的断裂展布方向一致。高密度电法、钻孔联合剖面和探槽开挖 3 种方法相互印证,明确了断层的通过位置与断层发育特征。

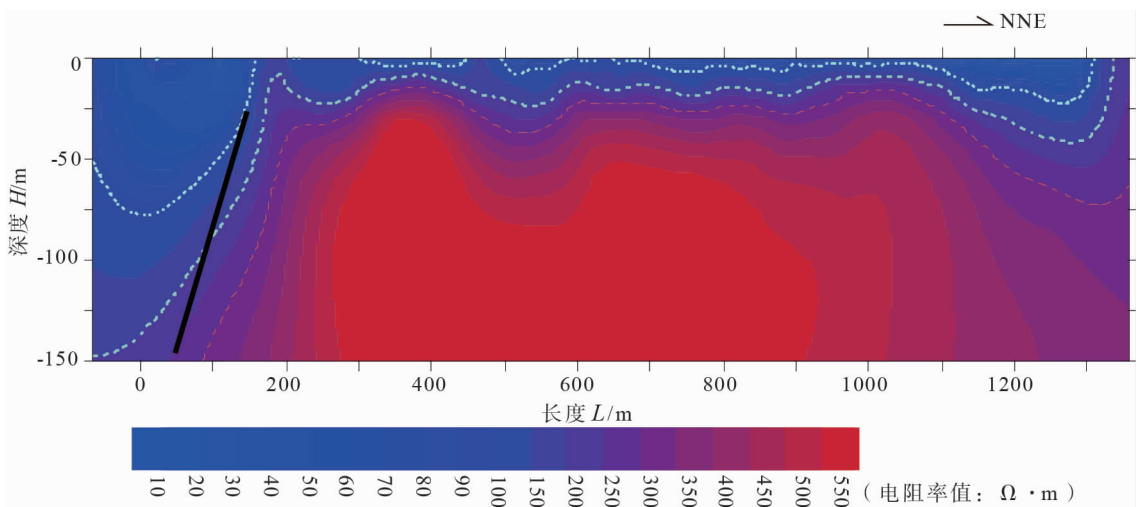


图 8 跨断层电阻率层析图像

综上所述,新泰—蒙阴断裂在该点错断了 Q_p 地层,为具有正断性质的晚更新世中晚期活动断裂,并有多期活动特点。

3 结论与对策

1) 根据钻孔联合地质剖面、探槽开挖和高密度电法勘探,结合区域断裂活动特征分析,揭示该处新泰—蒙阴断裂为晚更新世中晚期活动断裂,并且经历了多次活动事件,运动性质为左旋走滑兼正断。该点断裂表现为走向 NW 的断裂束,主断裂倾向 SW,上部有弯曲变形特征。在该小区内断裂从规划路北侧 1# 楼西南角通过,规划路南侧从 14# 楼东北角穿过,详勘资料未揭露从 13# 楼通过的痕迹。

2) 新泰—蒙阴断裂为 2 种不同岩性地层的发育界线,并且对这 2 种岩性有明显的控制作用。北东盘为棕黄色太古代花岗片麻岩地层,南西盘为古近

纪紫红色砂砾岩地层。开挖揭露断裂表现为一宽度 15~18 m 的破碎带,断裂两侧岩性差异或破碎带的存在导致地基承载力具有明显的不均匀性。

3) 新泰—蒙阴断裂为晚更新世活动断裂,虽然《GB50011—2010 建筑抗震设计规范》第 4.1.7 条规定,可忽略发震断裂错动对地面建筑的影响,但考虑到该断裂发育在不同岩性之间,且存在破碎带,地基承载力的差异产生的不均匀沉降已对现有建筑造成裂缝,因此建议拟建建筑避开断裂建设,同时做好地基处理。最终建设部门采纳了我们的建议,将 1# 楼的建设向北进行了平移,避开了断裂带;14# 楼因断层埋深较大,且规划限制,仅做了地基处理。

本次研究是活动断裂穿越工程建设场地的一个实例,通过具体的做法和措施,介绍了如何解决工程建设项目类似的问题,对相关工程项目的前期可研与实施具有借鉴意义。研究结果通过地层对比给出了探槽揭露的断层最新活动时代达到晚更新世中晚

期,未进行地层精细划分和系统取样以确定具体的活动时代;再者,虽然在 1# 楼处能够根据探槽实现

断层的精确定位,但 14# 楼处的工程探测误差却偏大。对于上述问题还需要进一步取证研究。

致谢:感谢审稿专家提出的宝贵意见!

参考文献:

- [1] 徐锡伟, 郭婷婷, 刘少卓, 等. 活动断层避让相关问题的讨论[J]. 地震地质, 2016, 38(3): 477-502.
- [2] 李起彤. 活断层及其工程评价[M]. 北京: 地震出版社, 1991.
- [3] 马宗晋. 活动构造基础与工程地震[M]. 北京: 地震出版社, 1992.
- [4] 唐荣昌, 黄祖智. 活动断裂的地质研究与城市建设[J]. 国土经济, 2002(3): 21-23.
- [5] 陈新民, 严三保, 阎长虹, 等. 工程场地断裂评价及对策研究[J]. 世界地震工程, 2004, 20(2): 151-155.
- [6] 晁洪太, 崔昭文, 李家灵. 鲁中地区北西向断裂及其第四纪晚期的活动特征[J]. 地震学刊, 1992(2): 1-10.
- [7] 王志才, 石荣会, 晁洪太, 等. 鲁中南隆起区第四纪晚期断裂活动特征[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2001, 21(4): 95-102.

Fault Detection and Active Identification in the Site of Shan-shui-wen-yuan Residential District in Xin-tai City

WANG Ji-qiang, WANG Hua-lin*, LYU Chun-shuai, YANG Le

(Shandong Earthquake Agency, Jinan 250014, China)

Abstract: Through a specific example as shan-shui-wen-yuan residential district in Xin-tai city, the study introduces the geological survey of the suspected active fault found in the foundation excavation of a new civil building. Combined with engineering exploration, trench excavation, high-density electrical prospecting, and analysis of the strata dislocations that covered the fault, we identified the activity of Xintai-Mengyin fault, and gave the following results: The Xintai-Mengyin fault is a mid late Pleistocene active fault and a left lateral strike slip positive fault. We evaluated the affections on buildings, and put forward reasonable opinions and suggestions for the planning layout and foundation design of the district. This study is a specific application of fracture activity identification in planning, design and engineering construction, and achieved good results, it is of reference to other related projects.

Key words: Xintai-Mengyin fault; engineering exploration; trench; activity identification

(上接第 26 页)

Real-time Two Dimensional Seismic Wave Finite Difference Simulation Based on Qt Programming

JIN Zong-wei^{1,2}, DING Ren-wei³, WANG Gan-lu^{1,2*}, XIA Peng^{1,2}

(1. Resource and Environmental Engineering College, Guizhou University, Guiyang 550025, China;

2. Guizhou Petroleum Society, Guiyang 550025, China;

3. School of Earth Science and Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, China)

Abstract: Combined Qt programming with two-dimensional finite-difference forward modeling, we developed a software that enables real-time forward display and support output seismic forward results in png or segy file formats. Before programming, the two-dimensional acoustic wave equation, the 2nd Clayton-Engquist-majda absorption boundary condition and the Ricker wavelet were discredited in order to meet requirements. During the programming process, the influence of the full-waveform and half-wavelet wavelet on the forward performance was learned and a solution was proposed. At the same time, the idea of real-time display of wave field is given and validated, and the addition of gain parameters improved the contrast and forward performance of the wave field.

Key words: Qt; acoustic wave equation; real-time finite difference forward simulation; boundary condition