

聊城—兰考断裂及其土壤汞、氡气异常

张建伟^{1,2} 赵全升³ 郭秀岩⁴ 王建强² 赵国磊²

(1. 青岛地质工程勘察院, 山东 青岛 266071; 2. 吉林大学 地球科学学院, 吉林 长春 130061;
3. 青岛大学环境科学系, 山东 青岛 266071; 4. 山东省地质科学实验研究院, 山东 济南 250013)

摘要:分析了聊城—兰考断裂带形成和地质背景, 将断裂带划分为 3 段, 分述各段不同时代构造特征和地震活动等。土壤汞气、氡气测量得出, 该区域存在明显的汞气、氡气异常, 且异常位置接近, 异常区宽度多在 90~200 m, 表明地壳存在着汞气和氡气向上运移通道, 证实了隐伏断裂存在, 而且具有活动性。

关键词:聊城—兰考断裂; 地质背景; 断裂特征; 汞、氡气异常

中图分类号: P542⁺.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2010)05-1419-07

聊城—兰考断裂带(简称聊考断裂带)是中国东部一条重要的地震带, 北起山东聊城, 南至河南兰考, 全长 270 km^[1]; 是山东省地震频发区, 历史上发生过多地地震, 仅 20 世纪以来发生了 4 次中、强地震^[2]。然而, 对于聊考断裂的相关研究却相对欠缺, 仅见于前人少量文献中, 因此从浅层地震探测分析和土壤气测量入手, 开展逐步深入的系统研究, 有利于了解该地区断裂构造状况, 预测未来地震危险性和地震强度, 正确估计地区危险程度, 从而为地震区域划分和经济发展建设提供依据。

1 地质背景与基本特征

聊考断裂的形成是由于古生代太平洋板块向中国大陆呈北西方向俯冲, 地幔隆起带上涌, 使上部地壳引张所致^[3,4]。中生代至新生代沿断裂带产生了不同程度的断陷和滑动, 形成数个沉降中心, 控制着全区地层沉积和构造形态^[5-7]。

聊考断裂切割了结晶基底, 直达莫霍面, 两侧地壳升降显著, 是华北地块内的次级构造断裂, 是华北台坳临清—东明坳陷与鲁西隆起济宁—成武凹断的

分界断裂, 走向北东, 倾向北西, 倾角随深度不同而变化于 40°~70°, 为一条上陡下缓的隐伏型正断层^[8]; 断层落差达 4000~7500 m, 断层两侧地层(Q+N)厚度相差 500~1000 m。聊考断裂基底构造及埋深见图 1。

根据实地考察, 结合相关资料, 进行综合分析, 按照地球物理异常、新构造分区、构造运动特点、地震分布等方面的差异, 将断裂带划分为 3 段: 北段(莘县以北)、中段(范县一带)、南段(鄄城以南), 其分段特征见表 1。

断裂由一组近于平行的正断层组成, 其断裂破碎带宽度为 5000~7000 m。自古近纪以来, 聊考断裂表现为西盘下降, 东盘上升, 各段在不同时期具有明显差异性。断裂北段奥陶系灰岩顶板埋深西侧为 6500~7500 m, 东侧为 800~1300 m, 落差最大为 5000~6500 m; 中段最大落差为 3000~4000 m; 南段落差为 4000~7000 m; 反映出断裂早期南北活动强烈、中间活动较弱的特征。新近纪断裂各段垂直落差幅度变化不大, 第四纪以后, 南段活动性增强, 中段次之, 北段最弱; 在第四系底板埋深等值线图上, 西盘(大于 400 m)比东盘(250~300 m)深度多于 100

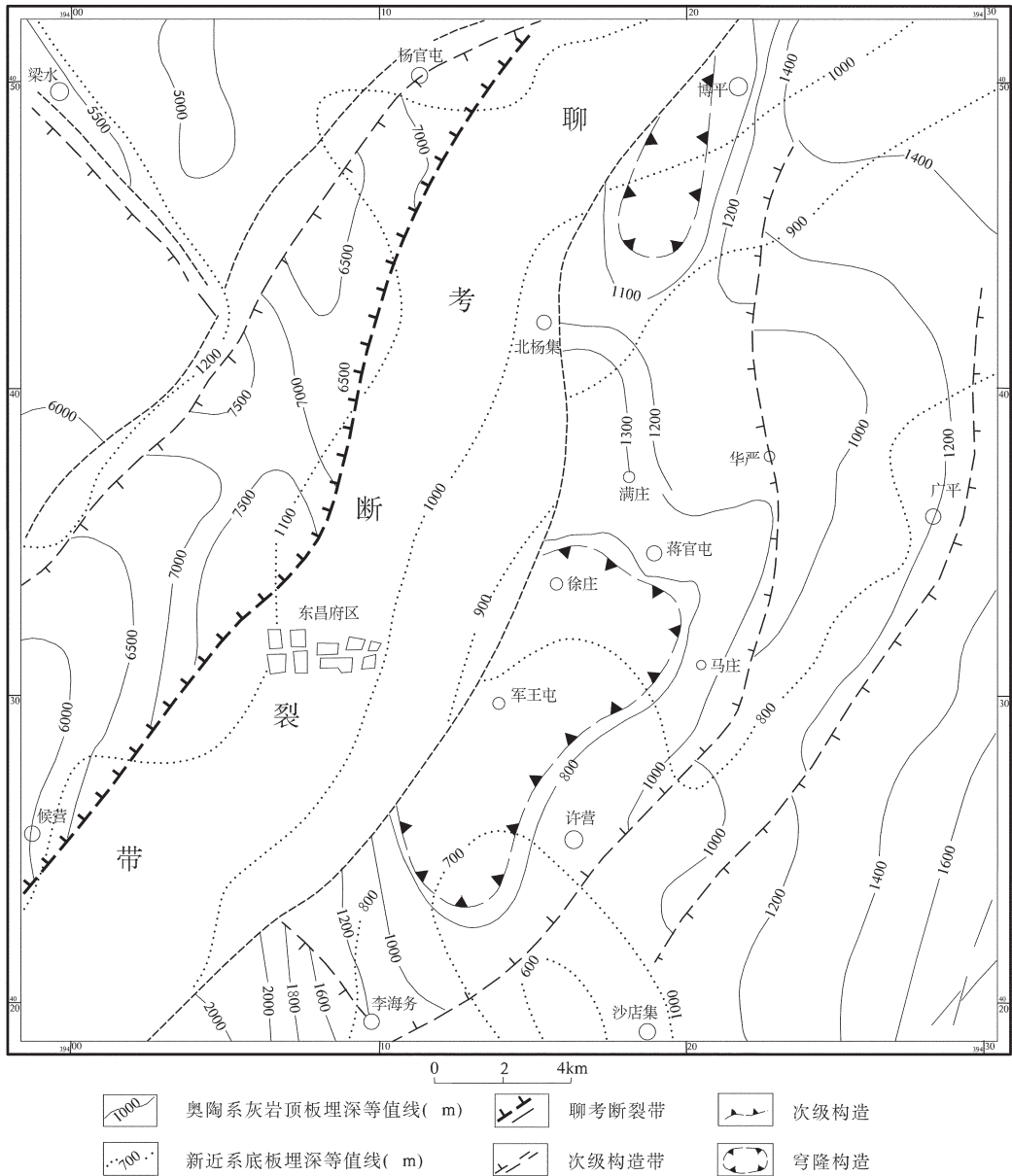


图 1 聊考断裂基底构造及埋深图

Fig.1 Basement structure and depth of the Liaocheng-Lankao fault

m;位于断裂两侧的钻孔揭示,断距达 65 m。

2 土壤汞、氡气异常

2.1 汞、氡气特点

土壤断层气异常的测量具有简便、经济、有效的特点,常被用于隐伏断裂的初步勘探,在测试条件大体一致的情况下,一般采取汞气、氡气测量^[9,10]。汞是自然界中常温下唯一呈液态的金属,具有显著的挥发性和极高的蒸汽压,因而渗透性极强;汞可以以游

离蒸汽状态或溶于水中向上运移至地表,被土壤吸附形成高浓度的吸附晕异常。氡是一种放射性惰性气体,是 Ra 衰变过程的中间产物,氡的同位素中以 Rn²²² 具有较长的扩散能力,并易于被活性碳、有机质、粘土等吸附。

2.2 测量位置及结果

选取断裂北段莘县朝城—胡沙窝剖面 and 东明县耿庄剖面(测量剖面见图 2),采用土壤汞气、氡气地球化学测试仪器,进行了土壤汞气、氡气测量;其中

表 1 聊考断裂带分段特征
Table 1 Sectional characteristics of the Liaocheng-Lankao fault

差异特征	北 段	中 段	南 段
结构	有横向断裂交切, 2 条次级断裂呈左阶排列	直线形延伸, 黄河断裂与其相交	直线形延伸, 断裂东侧有菏泽断裂, 定陶—成武断裂与之相交
地壳厚度	断裂切割深度大于 34 km, 莫霍面断差 2 km	断裂切割深度 32 km, 莫霍面断差 1 km 左右	断裂切割深度 30 km 左右, 莫霍面断差 3 km 左右
重磁异常	航磁异常带, 重力宽缓异常带, 深部活动较强	航磁宽缓弱异常带, 重力异常梯度带, 地壳活动较强	航磁异常密集梯度带, 重力异常密集梯度带, 深部断裂活动强烈
古近纪构造	南东侧隆起缺失古近系, 垂直断距为 5000~6500 m	南东侧隆起, 缺失古近系, 垂直断距为 3000~4000 m	南东侧为隆起区, 缺失古近系, 垂直断距 4000~7000 m
新近纪构造	南东侧为构造斜坡带, 北西侧为掀斜盆地, 两侧厚度差为 200~400 m	南东为斜坡带, 北西为断陷盆地, 拗陷中心位于莘县一带, 两侧厚度差为 600~1000 m, 活动稍强	南东为宽缓斜坡带, 北西为向南掀斜断陷带, 沉降中心在长垣南, 两侧厚度差为 800~1200 m, 活动强烈
早中更新世构造	南东侧为斜坡带, 北西侧为挠曲斜坡带, 两侧厚度差 50~100 m, 活动较弱	南东侧为斜坡带, 北西侧为拗陷带, 两侧厚度差为 100~150 m, 断裂活动稍强	南东为拗陷带, 北西为深陷盆地, 两侧厚度差 100~150 m, 活动较强烈
晚更新世以来构造	南东侧为斜坡带, 北西侧为宽缓沉降平原, 两侧厚度差为 10~15 m, 活动较弱	南东为斜坡带, 北西为拗陷带, 拗陷中心在南乐一带, 两侧厚度差为 15~20 m, 断裂活动稍强	南东为宽缓斜坡带, 北西为强烈拗陷带, 拗陷中心在开封—兰考之间, 两侧厚度差为 20~25 m, 活动强烈
地震活动	历史上未记载有 $M \geq 4.75$ 级地震发生	历史上发生过一次 5.5 级地震	历史上发生过 5 次强烈地震, 最大为菏泽 7 级地震

汞气测量采用标准和方法参照 GB/T 17136-1997 《土壤总汞的测定:冷原子吸收分光光度法》,氡气测量参照 GB50325-2001 《民用建筑工程室内污染控制规范》中第 4.1.1、4.2 条和附录 D 土壤中氡浓度的测定方法;结合向宏发等^[11]在鄄城董口汞气和同堂一小屯氡气测量结果进行分析。

莘县朝城—胡沙窝剖面(I-I')测试情况及测试结果解译分析见表 2 和图 3、图 4。

由图 3 可见,土壤汞气大于异常下限的位置有 5 处:6300 m、6400 m、6500 m、8200 m、12700 m,经分析认为前 3 个点为断层异常引起,后两点单点异常为场地条件所引起。由图 4 可见,显示测线中部有 5 处土壤氡气大于异常下限,分析认为 6100 m、10000 m、10100 m 处为断层异常。初步确定:通过朝城—胡沙窝剖面的土壤汞气和氡气测试,均有异常显示,并且证实目前正处于活动状态;朝城南东 6100~6500 m

处异常为聊考断裂,10000~10100 m 的异常是黄河断裂位置,其异常区宽度介于 100~400 m。

东明耿庄的汞气测线(II-II'),起点位于耿庄北小桥西 545 m,沿土路向东探测,测线长为 3600 m;在距起点 900~1100 m 处,出现了汞气异常段,异常区宽约 200 m(图 5)。东明耿庄北—前张楼氡气测线,由耿庄北小桥东 300 m 起,沿近东西向土路向东探测,至前张楼南侧,长度 3270 m,在起点以东 660~750 m 处出现氡气异常段,异常区宽度为 90 m(图 6)。

向宏发等^[11]在鄄城董口南(III-III')进行汞气异常测量,测线长度 2000 m,在距起点 1250 m 附近,即黄河大堤东 800 m 处出现明显的异常段,异常区宽度大约 180 m;在鄄城同堂—小屯进行氡气测量,测线长度为 3390 m,在起点以东 570 m 和 1650~1740 m,分别出现两个高峰值异常段,前一个异常

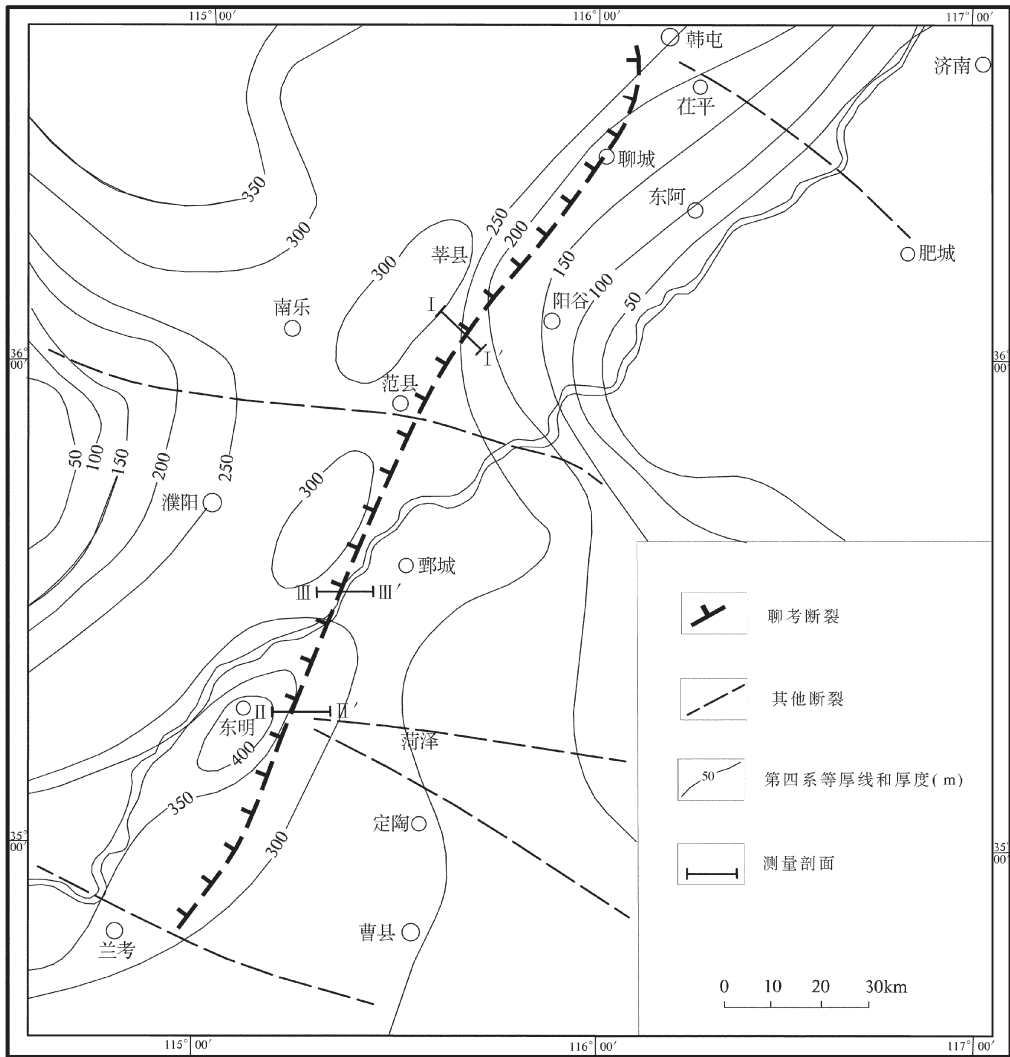


图2 土壤气测量剖面位置图
Fig.2 Location of soil gas measurement profile

表2 土壤汞气、氡气测试结果

Table 2 Test results of oil mercury gas and radon gas

气种	测点	测线长度	数据单位	均值	均方差	异常下限	异常
汞	105个	9000m	ng/m ³	59.19	17.69	94.57	有
氡	105个	13700m	脉冲/2min	21.13	15.52	52.17	有

宽度窄,后一个异常宽度大。

3 结论

(1)聊城—兰考断裂带是中国东部一条重要的地震带,是山东省地震频发区,本文简介了断裂的形成及地质背景;并将断裂划分为3段,列表分述其各

段不同时代构造特征和地震活动特征等。

(2)通过汞气、氡气测量并相互验证和分析研究可以看出,该区域存在明显的汞气、氡气异常,且异常位置接近,异常区宽度多在90~200 m;从而表明,地壳存在着汞气和氡气向上运移通道,证实隐伏断裂存在,而且具有活动性。其隐伏断裂位置为北起莘

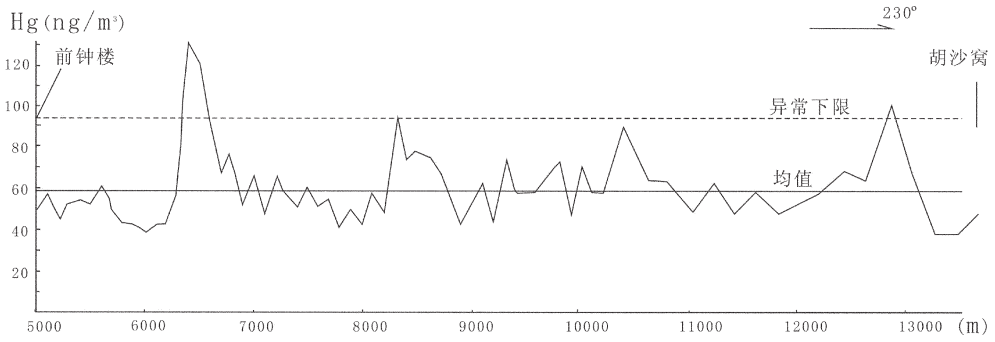


图 3 朝城—胡沙窝土壤汞气异常曲线图
Fig.3 Chaocheng - Hushawo soil mercury gas anomaly curve

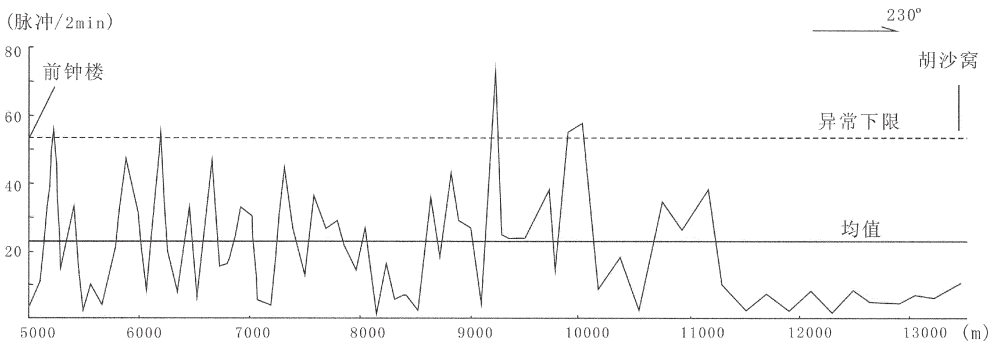


图 4 朝城—胡沙窝土壤氡气异常曲线图
Fig.4 Chaocheng - Hushawo soil radon gas anomaly curve

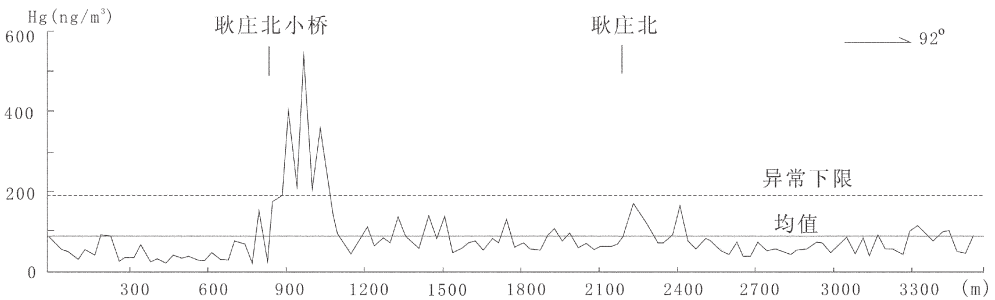


图 5 东明耿庄土壤汞气异常曲线图
Fig.5 Gengzhuang soil mercury gas anomaly curve

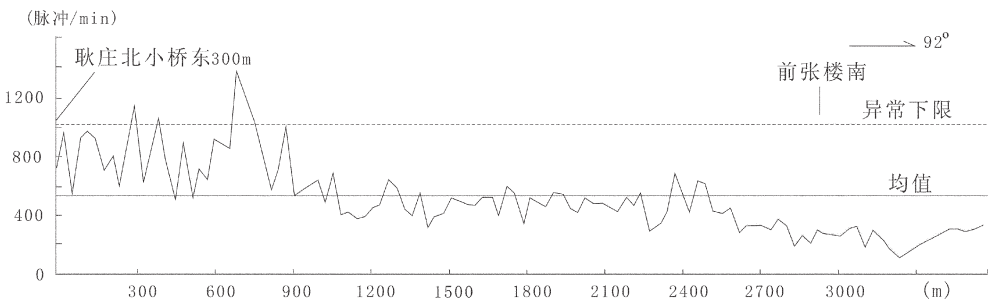


图 6 东明耿庄北—前张楼土壤氡气异常曲线图
Fig.6 Gengzhuang-Qianzhanglou soil radon gas anomaly curve

县朝城南东,向南西鄆城董口、杨镇集西,过东明耿庄村东,继续向南西延伸。

参考文献 (References):

- [1] 王端田. 聊考断裂带大震活动危险性分析 [J]. 东北地震研究, 1992, (2):73-82.
Wang Duantian. Analysis of seismic risk on Liaokao Fault zone [J]. Seismological research of Northeast China, 1992, (2):73-82 (in Chinese with English abstract).
- [2] 胡连英, 孙寿成. 聊考断裂带平均位移速率的初步研究 [J]. 华北地震科学, 1986, (1):58-65.
Hu Lianying, Sun Shoucheng. The average displacement rate preliminary study of Liaokao Fault [J]. North China Earthquake Sciences, 1986, (1):58-65 (in Chinese with English abstract).
- [3] 单松炜, 王淑霞. 鲁西控煤构造特征及其演化分析 [J]. 煤田地质与勘探, 2000, (1): 6-9.
Shan Songwei, Wang Shuxia. Features and evolution analysis of coal-controlling structures in Western Shandong [J]. Coal Geology & Exploration, 2000, (1):6-9 (in Chinese with English abstract).
- [4] 侯明金, Jacques Mercier, Pierre Vergely, 等. 郯庐断裂带的两大发展阶段——广义的逆冲推覆断裂带和狭义的平移断裂带 [J]. 中国地质, 2006, 33(6):1267-1275.
Hou Mingjin, Jacques Mercier, Pierre Vergely, et al. Two development stages of the Tanlu fault zone: the stages of the overthrust fault zone sensu lato and the wrench fault zone sensu stricto [J]. Geology in China, 2006, 33(6):1267-1275 (in Chinese with English abstract).
- [5] 陈根文, 夏换, 陈绍清. 华北地区晚中生代重大构造转折的地质证据 [J]. 中国地质, 2008, 35(6):1162-1177.
Chen Genwen, Xia huan, Chen Shaoqing. The geological evidence for the tectonic transition in late Mesozoic in North China [J]. Geology in China, 2008, 35(6):1162-1177(in Chinese with English abstract).
- [6] 牛树银, 胡华斌, 毛景文, 等. 鲁西地区地质构造特征及其形成机制 [J]. 中国地质, 2004, 31(1):34-39.
Niu Shuyin, Hu Huabin, Mao Jingwen, et al. Structure in western Shandong and its genetic mechanism [J]. Geology in China, 2004, 31(1):34-39 (in Chinese with English abstract).
- [7] 贾占岭, 陈时军, 付希庆, 等. 山东省地壳垂直形变特征与深大断裂带的活动性 [J]. 地壳形变与地震, 1992, (1):84-91.
Jia Zhanling, Chen Shijun, Fu Xiqing, et al. Characteristics of crustal vertical deformation and activity of abyssal fault zone in Shandong Province [J]. Crustal Deformation and Earthquake, 1992, (1):84-91 (in Chinese with English abstract).
- [8] 戴富贵, 刘宝睿, 杨克绳. 华北盆地地震剖面地质解释及其构造演化 [J]. 中国地质, 2008, 35(5):820-840.
Dai Fugui, Liu Baorui, Yang Kesheng. Geological interpretation of seismic sections and tectonic evolution of the North China basin [J]. Geology in China, 2008, 35(5):820-840 (in Chinese with English abstract).
- [9] Heinemann J, Stock J, Clayton R, et al. Constraints on the proposed Marie Byrd Land BellingShausen plate boundary from seismic reflection data [J]. J Geophys. Res., 1999, 104(B11):25321-25330.
- [10] 孟广魁, 何开明, 班铁, 等. 氡、汞测量用于断裂活动性和分段的研究 [J]. 中国地震, 1997, 13(1):43-51.
Meng Guangkui, He Kaiming, Ban Tie, et al. Study on activity and segmentation of active fault using measurements of radon and mercury gases [J]. Earthquake Research in China, 1997, 13(1):43-51 (in Chinese with English abstract).
- [11] 向宏发, 王学潮, 魏顺民, 等. 聊城—兰考隐伏断裂第四纪活动性的综合探测研究 [J]. 地震地质, 2000, 22(4):351-359.
Xiang Hongfa, Wang Xuechao, Chi Shunmin, et al. Integrated survey and investigation on the Quaternary activity of the Liaocheng-Lankao Buried Fault [J]. Seismology and Geology, 2000, 22(4): 351-359 (in Chinese with English abstract).

The Liaocheng–Lankao fault and its mercury and radon anomalies

ZHANG Jian–wei^{1,2}, ZHAO Quan–sheng³, GUO Xiu–yan⁴,
WANG Jian–qiang², ZHAO Guo–lei²

(1. *Geo–Engineering Investigation Institute of Qingdao, Qingdao 266071, Shandong, China*;2. *College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, Jilin, China*;3. *Environmental Science Department of Qingdao University, Qingdao 266071, Shandong, China*;4. *Shandong Academy of Geological Sciences, Jinan 250013, Shandong, China*)

Abstract: The Liaocheng–Lankao fault can be divided into three parts based on an analysis of its geological background. This paper describes the characteristics of geological structure and seismic activity of every part in different geological periods. The results show that there exist obvious mercury and radon anomalies in this area. The anomalies are close to each other, and the widths of the anomaly areas are mostly 90~200 m. All these facts suggest that a buried fault does exist, and the fault is an active fault.

Key words: Liaocheng–Lankao fault; geological background; characteristics of the fault; mercury and radon anomalies

About the first author: ZHANG Jian–wei, male, born in 1980, mainly engages in Quaternary geology and neotectonic movement and other related researches; E–mail: dragonzjw@yahoo.com.cn.