

土壤氡气测量在沙湾断裂带中段隐伏断裂 探测中的应用研究^{*}

曾 敏, 董好刚, 张宏鑫, 陈 雯, 刘凤梅

(中国地质调查局 武汉地质调查中心, 湖北 武汉 430205)

摘要: 利用土壤氡气测量方法对沙湾断裂带中段隐伏断裂——大乌岗断裂、沙湾断裂、陈村断裂进行测量, 并通过计算得到背景值及异常下限, 从而圈定土壤氡气浓度异常带, 最终对异常带与隐伏断裂位置的关系进行分析。结果表明: 6号测线的西侧为陈村断裂通过区域, 21号测线的西侧为沙湾断裂通过区域, 22号测线东侧为大乌岗断裂的通过区域, 为进一步验证断裂通过位置、走向和倾角奠定基础。

关键词: 隐伏断裂; 土氡测量; 浓度异常带; 沙湾断裂带

中图分类号: P315.242

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2012)03-0347-06

0 引言

珠江三角洲地区经济发达, 人口稠密, 该区域的活动断裂严重威胁着城市的发展和人民群众的生命、财产安全。采用地球化学探查, 从地球化学角度对其平面几何分布进行准确掌握, 在活动断裂的探测过程中已成为一项重要的手段。地球化学探查, 尤其是多种气体测项在隐伏断裂初步定位中起到先锋作用(邓起东等, 2003)。应力应变的变化可引起岩石孔隙的压缩膨胀、裂隙的产生和发展、岩石的变形及次生效应及断层的错动蠕动等, 都可引起氡的迁移(曹玲玲等, 2005)。美国、日本等学者先后将土氡测量方法应用在圣安德烈斯断层、中央大断层等, 进行断层活动性的研究(Suzuki *et al*, 2005)。国内一些学者也尝试将此方法应用于城市活动断层探测中, 并取得了一些成果, 如刘菁华等(2006)对长春市南湖、蔡家断裂进行土壤氡、汞联合实测并进行评价, 王志成(2006)对海口市活动层进行土氡测量等。

本文对沙湾断裂带中段隐伏断裂——陈村断裂、沙湾断裂、大乌岗断裂的上部氡气(Rn)浓度进行测量, 查明研究区土壤中氡气浓度水平, 圈定土壤氡气浓度异常点带, 初步分析、判定土壤氡气浓度异常产生的原因, 研究其分布规律,

以求达到对第四系覆盖区的隐伏断裂的位置、方向的了解, 为断层活动性强弱的对比研究工作提供依据。

1 沙湾断裂带中段主要特征

沙湾断裂带又称白坭—沙湾断裂带, 该断裂带自花都白坭穿过番禺沙湾延入万顷沙地区, 是珠江三角洲地区十分重要的一条断裂带。沙湾断裂带中段主要出露于番禺大乌岗、沙湾镇、龙湾村、紫坭村一带, 主要发育于白垩系泥岩、粉砂岩和志留系花岗岩中, 由一组NW向断裂组成, 中段为第四系所覆盖, 主要为隐伏断裂。断裂走向 $290^{\circ} \sim 320^{\circ}$, 倾向以SW为主, 部分倾向NE, 单条断裂长约10~50 km, 宽度一般为几米至几十米, 由于断裂大部分为第四系所覆盖, 只有部分地区见有露头。沙湾断裂带中段隐伏断裂主要有3条, 分别为大乌岗断裂、沙湾断裂、陈村断裂。

2 土壤氡气浓度剖面测量

2.1 测量仪器

土壤氡气测量仪器为FD-3017RaA测氡仪(苏鹤军等, 2005), 该仪器为一种瞬时测氡仪, 灵敏度为0.17 Bq/L(赵桂芝, 肖德涛, 2007)。

2.2 测量方法与技术

所有测线的布设遵循垂直于断层走向的原则,

^{*} 收稿日期: 2011-12-28.

基金项目: 中国地质调查局“珠三角NW向活动断裂调查评价”(1212011140031)资助。

并尽量选择年代较久远的土路，避开垃圾填埋场地及潜水位埋藏较浅的地方；野外测量都是在天气晴朗、地表干燥的环境下进行的，以保证测量值的准确。

先选取测试点，采用专用钢钎打孔，孔的直径为 20~40 mm，深度为 600~800 mm，然后将头部有气孔的取样器插入其中并密封地表。取样前，先抽取一些气体并排掉，用以排除取样器内、取样器与抽气筒连接的胶皮管内的外来气体，然后用抽气筒抽 1.5 L 土壤气体，加 2 min 高压进行氮的富集，之后测量 2 min，读取脉冲计数。

2.3 测线分布

研究区位于番禺以南、顺德以东区域，为第四纪冲积平原，河道广布，其北西侧大乌岗、南东侧黄山鲁为志留系花岗岩所成山体。受沙湾断裂带的影响，研究区内断裂均为北西向断裂构造，所以土壤氡气浓度剖面测量线路均布置为北东向，且首尾相连以期控制沙湾断裂带中段 3 条断裂——陈村断裂、沙湾断裂、大乌岗断裂，共计测线 7 条，分别为 6 号、7 号、8 号、15 号、21 号、22 号、23 号，测点 1 210 个，全长 8.03 km，如图 1 所示。

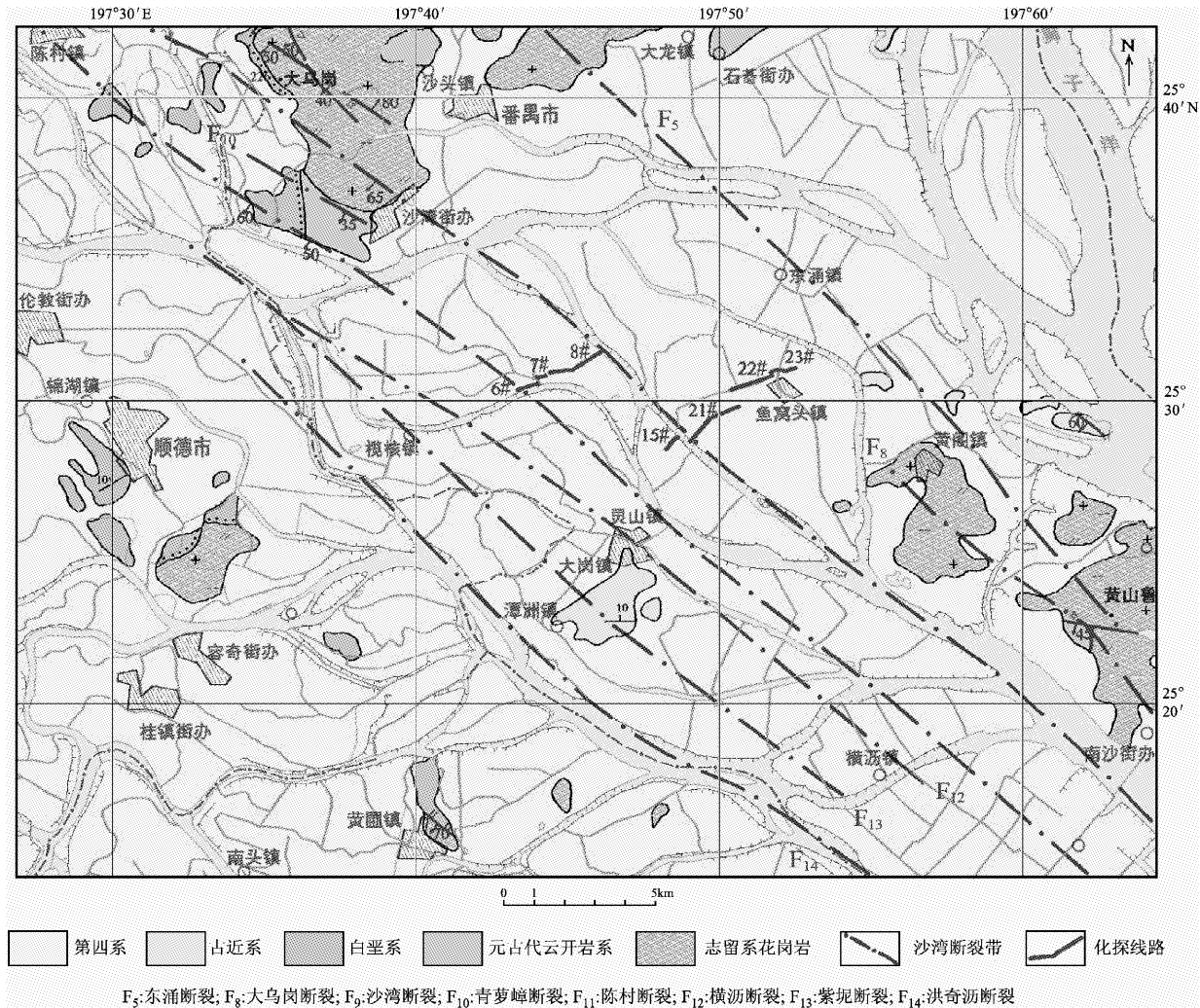


图 1 研究区地质背景及测线位置图
Fig. 1 Geological background of study area and the location of survey line

2.4 数据处理

在统计的测点数不够多的情况下（少于 100 个），可采用算术平均法计算该剖面线路的土壤氡浓度背景值和均方差；当统计的测点数足够多的

情况下（大于 100 个），通过作累积频率曲线图来确定土壤氡浓度背景值。根据中国地震局活动断层探测标准（DB/T15-2009），各测项异常下限值宜为该项的均值与 2~4 倍均方差之和，超出此下

限值时应判定为活动断层可能存在地球化学异常。根据此次的实际工作情况，取异常下限值为均值与2倍均方差之和，数据处理结果如表1。

表1 测线土氡浓度的背景值和均方差			
Tab.1 Background value and variance of soil radon concentration in measuring line			
剖面线号	测点个数	背景值/(kBq·m ⁻³)	均方差/(kBq·m ⁻³)
6号	120	2.3	4.2
7号	50	10.2	8.5
8号	271	2.3	3.6
15号	110	2.7	3.7
21号	124	8.9	5.0
22号	210	5.9	4.7
23号	325	6.5	4.8

3 测量结果讨论

根据测量结果，最终选定土氡异常强烈及与隐伏断裂密切相关的6号、8号、15号、21号及22号测线进行讨论。

6号测线位于榄核镇以东子沙村，土氡浓度背景值为2.3 kBq/m³，从测线30 m处开始出现异常，到90 m处异常逐渐消失，90 m之后呈点状分布。1[#]土氡异常带位于测线的30~90 m，宽度为60 m，土氡均值为8.4 kBq/m³，是背景值的3.7倍；2[#]土氡异常带个别异常呈点状，均值为5.0 kBq/m³，是背景值的2.2倍。该剖面线最大土壤氡浓度值位于1[#]土氡异常带，为31.2 kBq/m³，是背景值的13.6倍。在6号测线西侧异常密集，又是陈村断

裂隐伏区域，根据氡气异常变化，推测1[#]土氡异常带中5~15号点处为断裂位置（图2）。

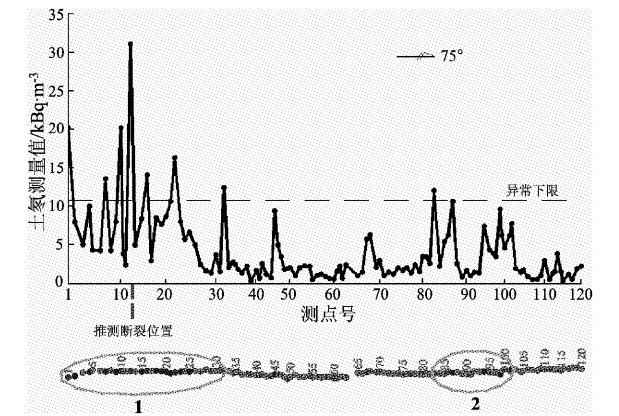


图2 6号测线土氡浓度测量曲线及异常带图
Fig.2 Measurement curve of soil radon concentration and its abnormal band of the No.6 measuring line

8号测线位于榄核镇以东雁沙村，土氡浓度背景值为2.3 kBq/m³，从测线起点至250 m处，出现异常带，多呈点状分布，仅在100~160 m处集中出现，宽度约为60 m。4[#]土氡异常带均值为7.0 kBq/m³，是背景值3.0倍，并且在480~1 520 m处密集分布，异常反映明显，宽度约为1 km，在1 500 m处出现峰值，为34.2 kBq/m³，是背景值的14.9倍；5[#]土氡异常带均值为5.0 kBq/m³，是背景值2.2倍。测线东侧即为沙湾断裂隐伏区域（可能在江中通过），异常点带密集，集中反映沙湾断裂于东侧通过且倾向南西的特点（图3）。

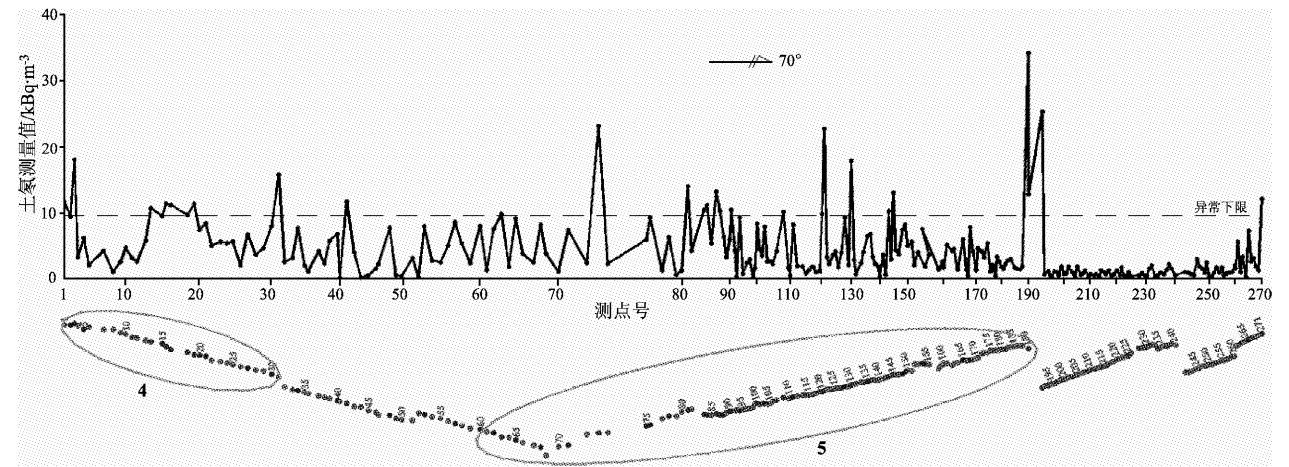


图3 8号测线土氡浓度测量曲线及异常带图
Fig.3 Measurement curve of soil radon concentration and its abnormal band of the No.8 measuring line

15 号测线位于大岗镇灵山北, 土氡浓度背景值为 2.7 kBq/m^3 , 自 50 m 出现异常, 至 150 m 异常消失, 宽度约 100 m。6[#] 土氡异常带上均值为 5.5 kBq/m^3 , 是背景值的 2.0 倍, 仅个别点位超出异常下限; 测线自 500 m 至终点出现异常, 宽度约 50 m。8[#] 土氡异常带均值为 9.1 kBq/m^3 , 是背景值的 3.4 倍, 是因为该剖面线最大土壤氡浓度值为 22.9 kBq/m^3 , 位于此测线; 在测线中段 375 ~ 450 m 出现异常, 宽度为 75 m。7[#] 土氡异常带均值为 5.1 kBq/m^3 , 是背景值的 1.9 倍; 测线东侧即为沙湾断裂隐伏区域, 与 8 号测线类似, 位于西樵水道西岸, 长度虽小, 但异常点带密集, 也反映出沙湾断裂上部氡气分布的特点 (图 4)。

21 号测线位于东涌镇鱼窝头北西侧, 土氡浓度背景值为 6.5 kBq/m^3 , 推测西侧为沙湾断裂通过区域, 从测线起点到 650 m 处, 出现异常带, 其中以 240 ~ 330 m 最为集中, 带宽约为 90 m。13[#] 异常带位于测线西侧, 推测为沙湾断裂隐伏区域, 均值为 14.4 kBq/m^3 , 是背景值的 2.2 倍; 14[#] 异常带均值为 7.4 kBq/m^3 , 是背景值的 1.1 倍; 8[#] 异常带均值为 10.9 kBq/m^3 , 是背景值的 1.7 倍。该剖面线最大土壤氡浓度值为 66.1 kBq/m^3 , 是背景值的 10.2 倍; 测线 60 号点位以西异常点密集, 以东

较长距离均值低于异常带, 其东部到达高速公路才出现较小范围的异常带, 反映出人为干扰的特点, 根据氡气异常变化的趋势, 13[#] 异常带中 35 ~ 50 号点处, 推测为断裂位置 (图 5)。

22 号测线位于东涌镇鱼窝头北侧, 土氡浓度背景值为 5.9 kBq/m^3 , 测线西侧异常是以点状分布为主, 以 70、180、385、540、570 m 处出现点状异常。10[#] 异常带均值为 12.1 kBq/m^3 ,

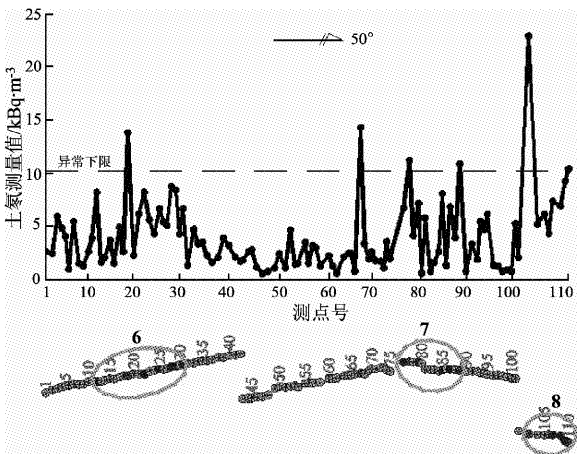


图 4 15 号测线土氡浓度测量曲线及异常带图
Fig. 4 Measurement curve of soil radon concentration and its abnormal band of the No. 15 measuring line

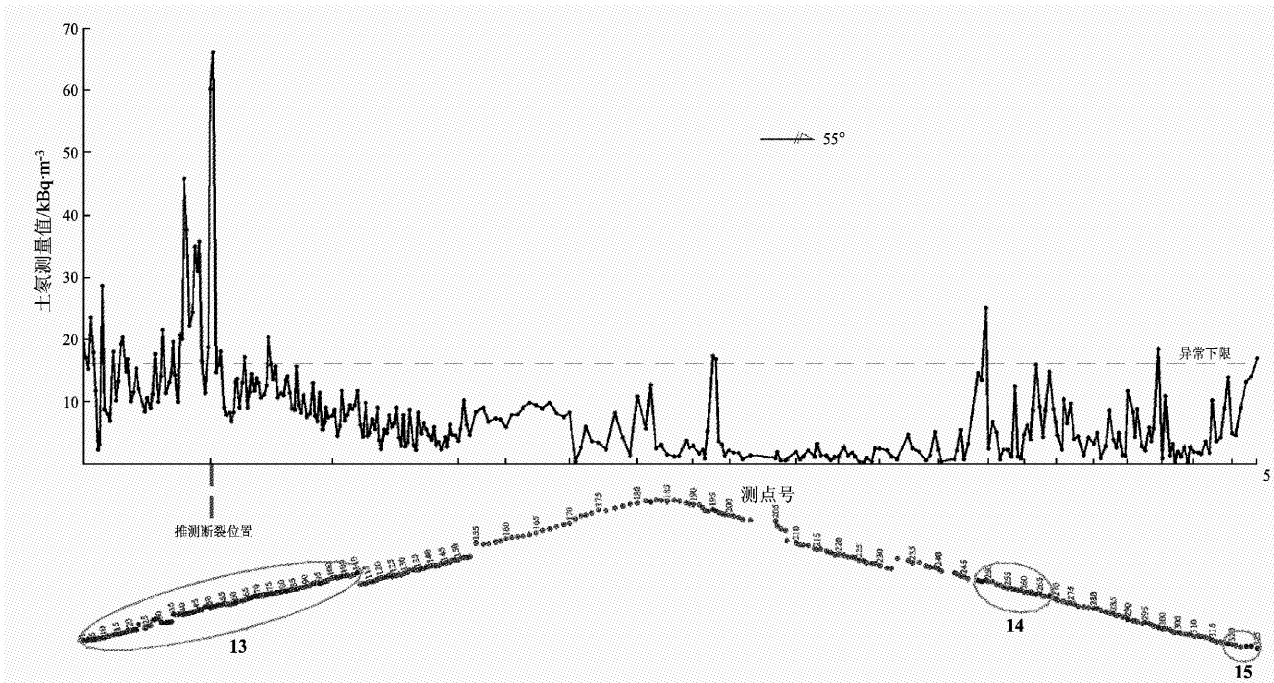


图 5 21 号测线土氡浓度测量曲线及异常带图

Fig. 5 Measurement curve of soil radon concentration and its abnormal band of the No. 21 measuring line

11[#]异常带均值为 9.9 kBq/m³，相对偏低；从 770 m 处出现异常，至 1 270 m 异常消失，带宽约 500 m，最大土壤氡浓度值为 52.5 kBq/m³。12[#]异常带均值为 13.0 kBq/m³，是背景值的 2.2 倍。

测线东侧为大乌岗断裂隐伏区域，异常点带密集，尤其是东侧 110 ~ 180 号点处，推测为断裂位置（图 6）。各土壤气氡测线与推测隐伏断裂的位置如图 7 所示。

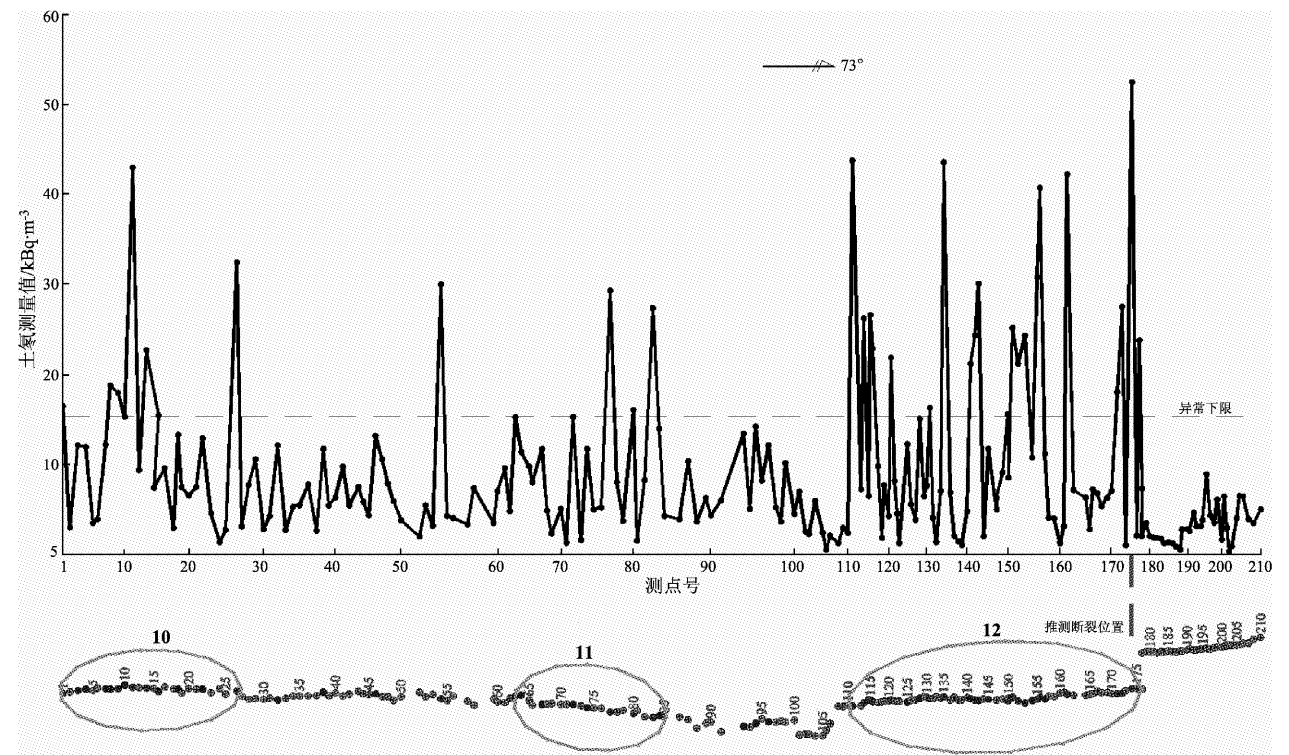


图 6 22 号测线土壤浓度测量曲线及异常带图

Fig. 6 Measurement curve of soil radon concentration and its abnormal band of the No. 22 measuring line

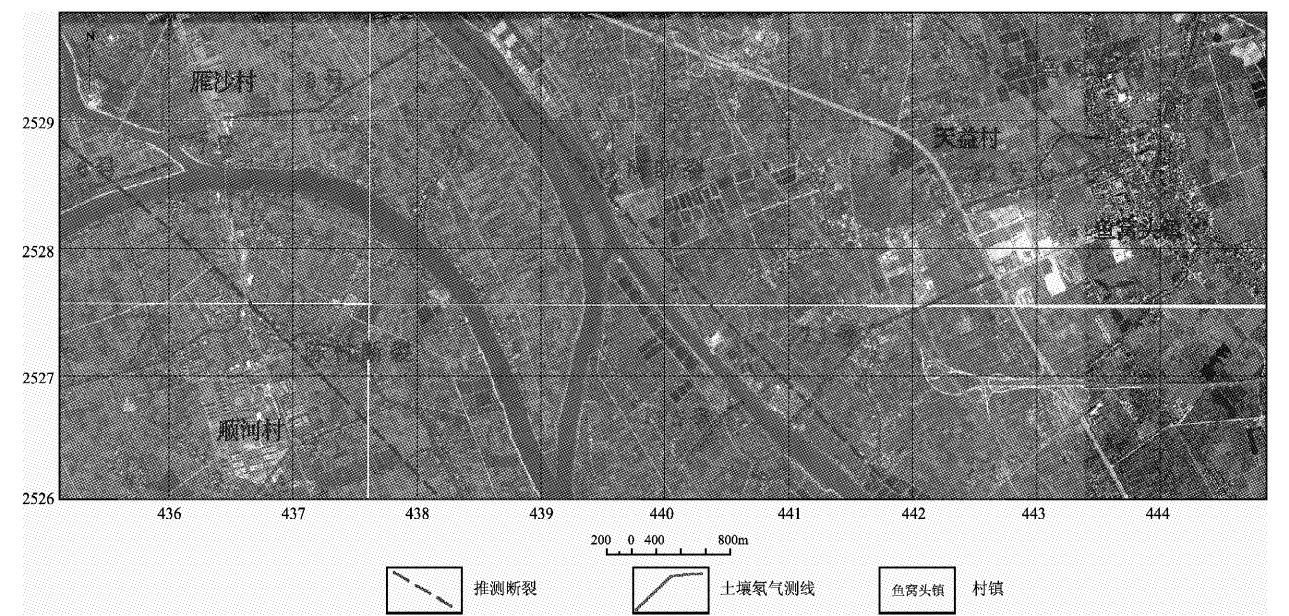


图 7 土壤测线与推测断裂相对位置图

Fig. 7 Measuring line of soil radon and the deduced relative position of faults

4 结论

(1) 从上述土壤氡气测量研究表明, 各测线均有氡气异常显示, 该方法可以作为珠江三角洲确定隐伏断裂的方法之一。

(2) 图 7 为各测线与 3 条推测隐伏断裂相对位置关系, 根据本次对沙湾断裂带中段土壤氡气测量结果, 断裂经过地区土壤氡气浓度一般介于 $5 \sim 30 \text{ kBq/m}^3$, 高于广州地区土壤氡气背景值的 8 kBq/m^3 (李出安等, 2010), 6 号测线的西侧为陈村断裂通过区域; 21 号测线的西侧为沙湾断裂通过区域, 其峰值为 66.1 kBq/m^3 , 是背景值的 10.2 倍; 22 号测线东侧为大乌岗断裂的通过区域, 该剖面线最大土壤氡浓度值为 52.5 kBq/m^3 , 是背景值的 8.9 倍, 反映出断裂的部分几何分布; 推测断裂通过位置, 有待进一步进行验证, 并对其倾向、倾角进行判断。

本研究工作得到广东省矿产应用研究所许正繁高级工程师的指导和帮助, 谨致衷心感谢。

参考文献:

- 曹玲玲, 王宗礼, 刘耀伟. 2005. 氡迁移机理研究进展概述[J]. 地震研究, 28(3): 302-306.
- 邓起东, 徐锡伟, 张先康, 等. 2003. 城市活动断裂探测的方法和技术[J]. 地学前缘, 10(1): 93-104.
- 李出安, 林小明, 范运岭, 等. 2010. 广州沙湾断裂带的主要特征[J]. 城市地质, 5(2): 28-31.
- 刘善华, 王祝文, 刘树田, 等. 2006. 城市活动断裂带的土壤氡、汞气评价方法[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 36(2): 295-297.
- 苏鹤军, 张慧, 刘旭宙. 2005. 兰州刘家堡隐伏断层的地球化学探测方法试验[J]. 高原地震, 17(1): 9-16.
- 王志成. 2006. 土壤氡测量在海口市活动断层探测中初步应用[J]. 华南地震, 26(4): 61-66.
- 赵桂芝, 肖德涛. 2007. 土壤氡浓度测量现状[J]. 核电子学与探测技术, 27(3): 583-587.
- DB/T15-2009, 活动断层探测[S].
- Suzuki K, Toda S, Kusunoki K, et al. 2000. Case studies of electrical and electromagnetic methods applied to mapping active faults beneath the thick Quaternary[J]. Engineering Geology, 56(1): 29-45.

Application Research of Soil Radon Measurement in Concealed Fault Detection of Middle Segment of Shawan Fault Zone

ZENG Min, DONG Hao-gang, ZHANG Hong-xin, CHEN Wen, LIU Feng-mei
(Wuhan Center of Geological Survey, China Geological Survey, Wuhan 430205, Hubei, China)

Abstract

Using the method of soil radon concentration profile measurement, we study the Dawugang, Shawan and Chencun Faults, which are the concealed faults of middle segment of Baini-Shawan Fault Zone. We can obtain the measurement values of soil radon and delineate soil radon anomaly zones by calculating background value and anomaly threshold of soil radon. Then we analyze the relation between soil radon anomaly zones and location of concealed fault. The results show that the west of No. 6 measuring line is the region where Chencun Fault runs through, the west of No. 21 measuring line is the region where Shawan Fault runs through, the east of No. 22 measuring line is the region where Dawugang Fault run through. It is the basis for the further verification on the location, strike and dip of Dawugang fault.

Key words: concealed fault; soil radon measurement; anomaly zones; Shawan Fault zone