

李军辉, 李玲利, 方 震, 等. 安徽中西部地区断层气测量及结果分析[J]. 华南地震, 2015, 35(4): 31-36. [LI Junhui, LI Lingli, FANG Zhen, et al. Fault Gases Measurement and Analysis in Mid-west of Anhui Province[J]. South china journal of seismology, 2015, 35(4): 31-36.]

安徽中西部地区断层气测量及结果分析

李军辉, 李玲利, 方 震, 汪小厉, 赵 朋, 陶月潮
(安徽省地震局, 合肥 230031)

摘要: 在安徽中西部地区的霍山杨树沟、金寨关庙、庐江柯坦和肥东龙泉山4个场地开展断层气测量, 测量结果显示: 土壤中气体 Rn 含量有明显的峰值异常, 结合前人研究成果, 可以进一步判断断层可能存在的位置; 自西向东, 土壤中气 Rn 含量逐渐减少; 通过土壤中不同气体组分的对比, 显示土壤中 Rn 和 CO₂ 的浓度具有明显的相关性, 认为 CO₂ 作为载气, Rn 伴随着 CO₂ 运移至地表。

关键词: 断层气; 氡; 安徽中西部; 分析

中图分类号: P315.6

文献标志码: A

文章编号: 1001-8662 (2015) 04-0031-06

DOI: 10.13512/j.hndz.2015.04.005

Fault Gases Measurement and Analysis in Mid-west of Anhui Province

LI Junhui, LI Lingli, FANG Zhen, WANG Xiaoli, ZHAO Peng, TAO Yuechao
(Earthquake Administration of Anhui Province, Hefei, 230031, China)

Abstract: The paper investigated geochemical variations of soil-gas composition in the geologic fault zone of Yangshugou, Guanmiao, Ketan, Longquanshan at mid-west of Anhui province. The results show that the data analysis of soil-gas clearly reveals anomalous values across the fault and concentration of Radon in soil gradually decreased from west to east; through comparison of different gases in soil, the author finds that the concentration of Radon and carbon dioxide has obvious correlation, and it is possible that Radon flow deeper to surface accompany carbon dioxide as carrier gas, based on the theory of gas migration.

Keywords: Fault gas; Radon; Mid-west of Anhui province; Analyze

收稿日期: 2015-07-10

基金项目: 地震科技星火计划攻关项目(XH13010)和中国局震情跟踪项目联合资助

作者简介: 李军辉 (1982-), 男, 工程师, 主要从事地震前兆资料的分析和研究。

E-mail: lijunhui_ah@163.com.

0 引言

地壳深部的气体,主要是沿着断层破碎带由深部向地表迁移,沿着裂隙垂直向地表排出。土壤气中氡来源有两部分:一是取样部位岩土中放射物质衰变产生的 Rn ;二是沿断层迁移的 Rn ,前者与取样部位岩土性质有关,后者与断层性质有关。研究表明,断层上土壤氡气的含量明显高于断层外气氡的含量,根据这一特征可判断断层的位置。因此,通过对地表的断层带气体测量就有可能探测出断层的分布^[1-2]。

我国在北京、天津、上海等 10 多个省份广泛应用断层气观测技术,探测了很多活动断裂,在活动断裂上测出了断层气高值异常,而且在断层的产状、规模、活动性等分析方面也进行了相关的探索,使断层气观测技术已成为我国隐伏断裂探测中不可缺少的技术^[3-4]。

活动断裂附近的土壤中 Rn 被岩石、土壤颗粒表面吸附,溶解于地下水并随着地下水迁移等过程,受到环境温度、压力等条件影响,在地震孕育过程中,应力场发生改变时,地下气氡的含量将发生显著的变化^[5],因此, Rn 成为重要的地震监测指标。在非火山地区土壤气 CO_2 高含量则是由深断裂造成的^[6],所以 CO_2 也可以作为确定构造

活动和地震危险性的指示^[7]。土壤中 Rn 、 CO_2 等气体浓度异常是寻找地震活动断裂带非常有效的方法。

1 地质背景

安徽省中西部位于秦岭-大别山断褶带的东段。它的南部是大别群,经过大别旋回褶皱回返,硬化固结为基底,构造线方向为北西西和北东。大别运动之后,南部处于长期隆起和遭受剥蚀过程之中,几乎没有盖层发育。它的北部是佛子岭群和梅山群地层,经加里东-印支旋回褶皱回返,硬化固结。之后进入盖层发育阶段,燕山期裂陷作用加强,堆积中生代数千米厚的陆相碎屑岩,并伴有中酸性岩浆侵入和喷出活动^[8]。公元 294 年至今安徽省共发生破坏性地震($M_s \geq 4\frac{3}{4}$) 33 次,其中 5 级以上 23 次,6 级以上 4 次,最高震级为 $6\frac{1}{4}$ (图 1)。空间上,这些地震主要位于安徽中西部地区的大别断褶带东段的霍山地区,其中多数地震呈现出与土地岭-落儿岭断裂及青山-晓天断裂有一定的相关性^[9]。

本文通过对安徽省中西部地区的金寨关庙、霍山杨树沟、肥东龙泉山、庐江柯坦四个场地进行跨断层的气体含量测量(图 1),分析气体组分的空间分布特征,探测断层可能的位置。

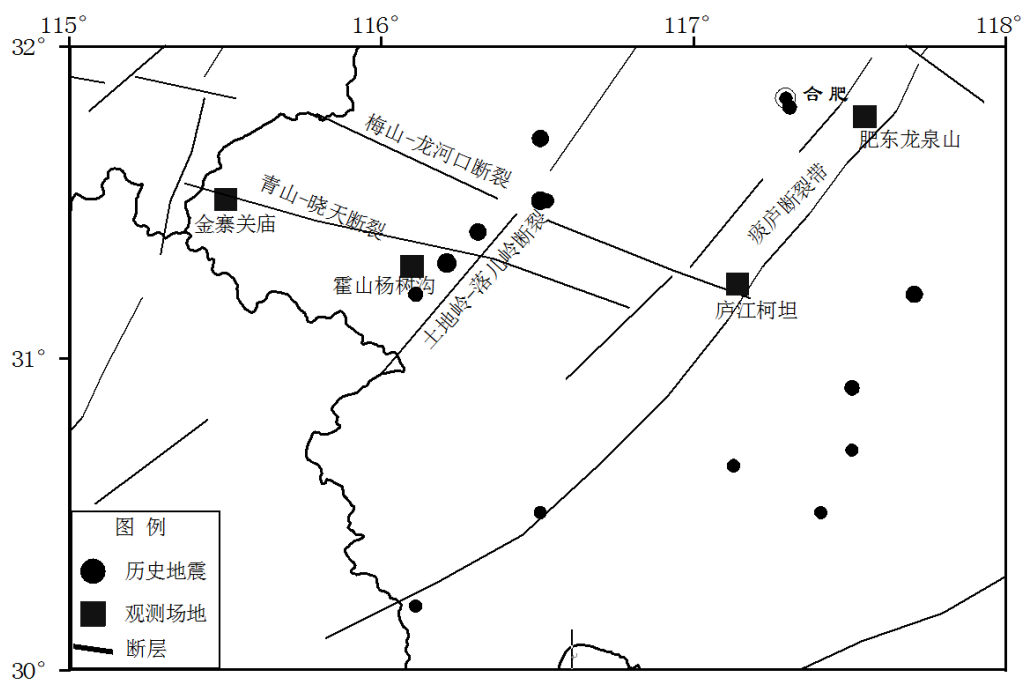


图 1 安徽中西部地区地区断层分布、历史地震及测量场地分布

Fig.1 The distribution map of faults, historical earthquakes and sites of fault gas in mid-west of Anhui province

2 测量仪器及方法

2.1 测量仪器

土壤中气氡的测量仪器为 Alpha GUARD P2000 测氡仪, 仪器灵敏度 50 cpm/KBq/m³, 仪器校准误差小于 3%; 此外, 部分测点还利用安捷伦 490 气相色谱仪检测土壤中气体组分的含量, 包括 CO₂、H₂、He 等。

2.2 测量方法

首先用钢钎打直径 5 cm, 深 100 cm 导向孔后, 然后插入取样器, 用橡皮管将仪器与取样器连接, 排出橡皮管及取样器内残留气体后开始测土壤中气体的含量。取样体积为 1 L/min, 采样率 1 min。在测线的选择上, 所布置的测线遵循尽量垂直于断层走向的原则, 避开新填土和地下潜水位埋深较浅的地方。

3 测量结果分析

3.1 霍山杨树沟

杨树沟场地位于安徽霍山县落儿岭镇, 主要断裂为北东向的土地岭-落儿岭断裂及其次级断裂(图 2), 该断裂从东北至西南经凤凰台、落儿岭、土地岭、杨树沟等地, 断面产状: 50°~60°/NW ∠64°~84°^[8]。沿断裂带线状沟谷发育, 变形带内有韧性变形的糜棱岩, 也有脆性变形的角砾岩和

表征新活动的断层泥, 显示断裂长期演化和活动的历史。自 1970 年安徽地震监测台网建立后, 在落儿岭一带频繁发生中小地震, 历史地震和现代中小地震频次和强度在安徽及邻区显得较为突出, 形成了霍山“震情窗”, 对安徽及邻区的震情活动具有指示意义。

该区域卫星影像显示出明显的沟壑, 展示了断层的分布和走向。结合场地条件, 在断层可能经过的位置, 选择垂直于断层走向的 3 条测线进行测量, 由于受到地形和场地条件限制, 测线自北向南进行, 每条测线布设 6 个测点, 平均点间隔约 15 m, 3 条测线间距约 20 m(图 2), 利用测氡仪和气相色谱仪等设备测量每个点位土壤中 Rn、CO₂、H₂、He 气体的浓度(图 3)。

测线 1 和测线 2 中土壤中 Rn 的含量具有一致的变化形态, 高值点均出现在第 3 个测点处, 最高值分别为 47 000 Bq/m³ 和 69 000 Bq/m³, 两侧测点土壤中气 Rn 含量较低; 测线 3 的高值点出现在第 4 个测点, 测值为 55 000 Bq/m³, 两侧测点土壤中气 Rn 含量较低。

土壤中 CO₂ 的含量测线 1 和测线 2 均具有一致的变化形态, 高值点同样均出现在第 3 个测点处, 最高值分别为 1.49% 和 1.39%, 两侧测点土壤中气 CO₂ 含量较低; 测线 3 的第一个高值点出现在第 3 个测点, 测值为 2.52%, 第 4 个测点 CO₂ 浓度降低, 第 5 和第 6 测点 CO₂ 浓度又出现高值变化, 浓度分别为 2.75% 和 2.7%。

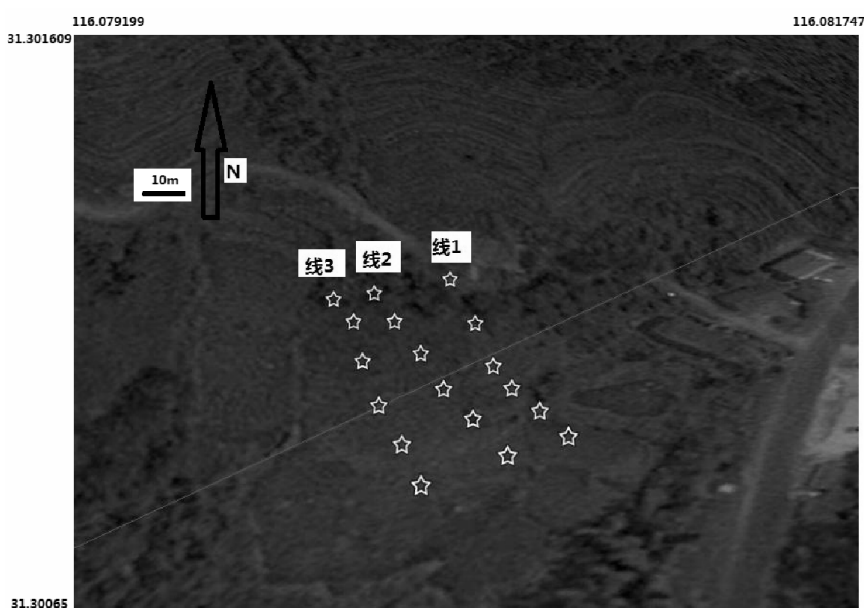


图 2 霍山杨树沟场地测线分布

Fig.2 Fault trend and measuring line in Yangshugou, Huoshan

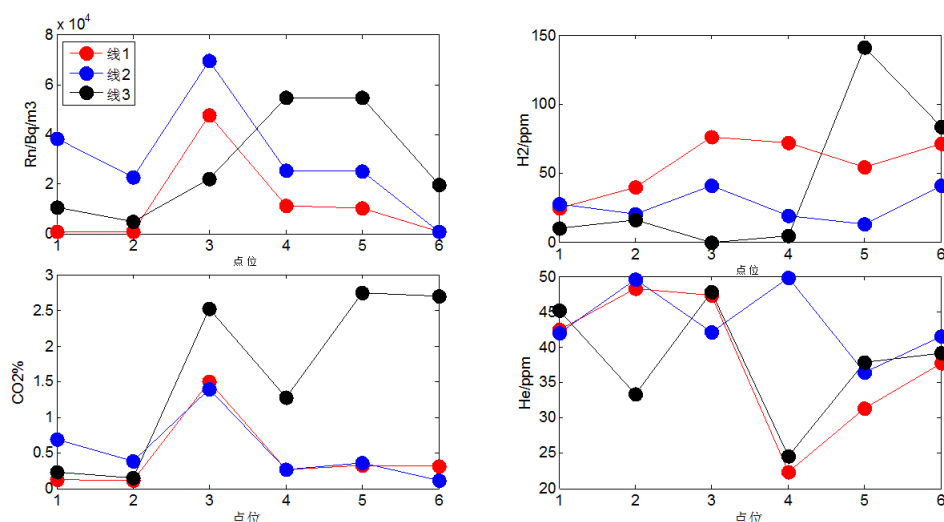


图3 霍山杨树沟断层气测量结果

Fig.3 The measurement results of fault gas in Yangshugou, Huoshan

土壤中 H₂ 的含量测线 1 和测线 2 具有一致的变化形态, H₂ 变化较为稳定, 略有高值, 高值点同样均出现在第 3 个测点处, 最高值分别为 76.3 ppm 和 40.9 ppm; 测线 3 前半段 H₂ 含量稳定, 测值较低, 第 5 测点 H₂ 浓度升高较大, 测值达到 141.1 ppm。土壤中 He 的含量各测线相关性较差, 测线 1 和测线 3 其变化形态略有相似, 浓度波动较大; 测线 2 变化相对稳定。

Rn 含量与 CO₂ 含量变化形态具有一致性, H₂ 含量变化形态与 CO₂ 也具有一定的相似性。这种形态的相关性, 可能与气体的来源深度和运移机制有着一定的联系, 认为 CO₂ 作为载气, Rn 和 H₂ 伴随着 CO₂ 运移至地表。

土壤气体含量沿测线的变化显示浓度较高的区域应在测点 3 附近。土壤中 H₂ 和 Rn 的异常与其来源及断裂带内破裂有很大关系, 断裂带的破裂程度越大, 生成的裂隙就越多, 土壤中测得气体含量越高, 因此可以认为断裂带有从测点 3 附近通过的可能。

3.2 庐江柯坦

庐江柯坦场地位于下扬子准地台北北、大别山褶皱带的东部边缘, 郧庐断裂带在庐江有 4~5 条主干断裂及伴生、派生构造形迹, 构成一个以断裂为特征的北北东向的构造带, 庐江北侧 10 km 左右有梅山-龙河口断裂, 南侧 10 km 左右有青山-晓天断裂。

结合现场场地条件, 选择测线长度 600 m, 垂直于断层走向布设 16 个测点(图 4), 测点间距约

40 m, 在柯坦场地仅测量土壤中气氦含量(图 5), 测量结果显示该场地背景值为 50 000 Bq/m³L, 土壤中气 Rn 浓度沿测线的观测结果显示出明显的峰值变化, Rn 浓度最高值出现在测点 8, 测值为 276 000 Bq/m³, 是背景值的 5 倍左右, 超过 150 000 Bq/m³ 的测点有 4 个, 集中在 6~11 测点之间, 两侧测点土壤中气 Rn 浓度逐渐降低, 据此认为断层可能在点 6~10 之间通过。

3.3 金寨关庙

金寨关庙位于鄂豫皖交界地区, 区域内构造主要是青山-晓天断裂, 该断裂横亘于大别山北麓, 是造山带内部北淮阳构造带与大别构造带之间重要构造边界, 在区域内延伸长达 160 km, 该断裂总体走向 290°左右, 北倾, 倾角中等, 局部陡立, 表现为多期活动的韧性左行平移正断层^[9]。

根据场地条件和断层走向, 确定金寨关庙断层气测点的展布(图 6), 测线垂直于断层走向, 测点间距约 10 m, 共计 13 个测点, 由于受到场地条件限制, 在测点 1~7 的方向上无法进行测量, 为保证测线垂直于断层, 因此, 将 8~13 测点在原测线方向基础上向左平行移动 30 m; 图 7 为沿测线的气 Rn 测量数据, 测量结果显示: 测点 1~9 中, 土壤中气 Rn 含量不超过 45 000 Bq/m³, 测点 10~11 区间土壤气 Rn 含量最大值为 121 000 Bq/m³, 是其它测点观测值的 3 倍, 测点 12~13 数据又恢复到背景值水平, 土壤中气 Rn 浓度呈现明显的峰值变化, 因此认为关庙附近 EW 向主断裂位于测点 9~12 范围内。

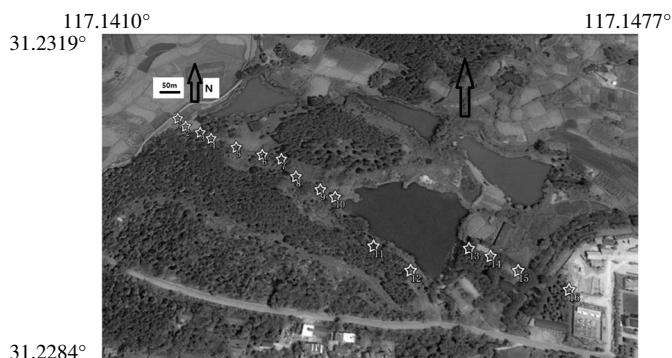


图4 庐江柯坦测点分布

Fig.4 The distribution of sites in ketan, Lujiang

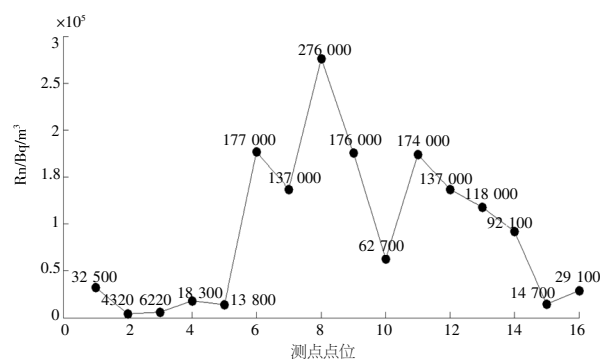


图5 土壤氡沿测线分布曲线

Fig.5 Distribution map of Radon along the line in Ketan, Lujiang

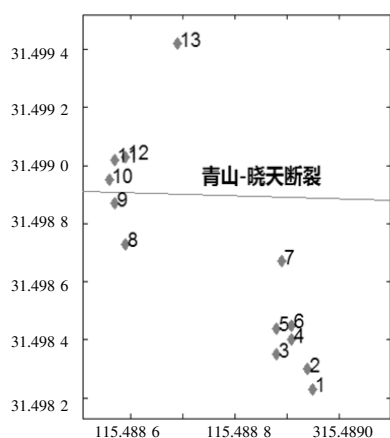


图6 金寨关庙测点空间分布

Fig.6 The distribution of sites in Guanmiao, Jinzhai

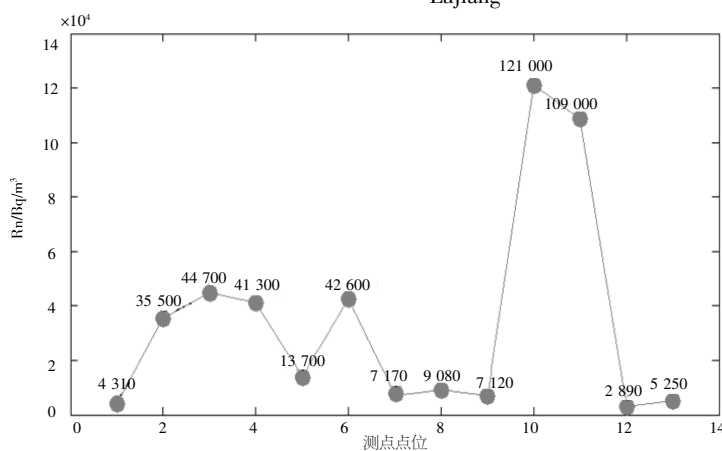


图7 土壤氡沿测线分布曲线

Fig.7 Distribution map of Radon along the line in Guanmiao, Jinzhai

3.4 肥东龙泉山

该测线位于安徽省肥东县龙泉山西坡北部,在测线范围内有两条断裂,其 f_1 断裂白垩纪红色砂岩与花岗闪长岩接触,逆断层,走向近南北,倾向西,倾角 65° 左右; f_2 断层断于白云岩大理岩内,走向 60° ,倾向南东,倾角 75° ^[10]。根据场地条件,肥东龙泉山场地垂直于断层走向方向布设2条测线,每条测线7个测点,点间距约20 m(图8a,主要测量土壤中Rn和CO₂的浓度变化(图8b、图8c)。

图8的测量结果显示:两条测线中,土壤气Rn具有明显的峰值变化(图8b),测线1土壤中气Rn的背景值为10 000 Bq/m³,峰值出现在测点5处,测值为40 400 Bq/m³,是背景值的4倍多,测线2中土壤气Rn的背景值为3 000 Bq/m³,该测线有2个峰值变化,最大峰值在测点3处,测值为25 000 Bq/m³,是背景值的8倍多,峰值两侧土壤气Rn浓度逐渐降低;测线1和测线2的CO₂

浓度有明显的差异,测线1各测点的土壤CO₂的浓度变化平稳,在测点6处有小幅度波动变化,测线2中1~5测点CO₂含量较低,在测点6处出现明显的高值变化,最大值为3.5%。根据前人研究成果,结合该区域实际测量数据,分析认为 f_2 断层通过测线1的第5个点和测线2的第3个点, f_1 断层穿过测线2的第6~7点。

4 结语

根据测量结果,结合区域地质资料,可以得到初步结论:

(1) 四块场地的测量结果显示:自西向东(金寨-霍山-肥东)土壤中气Rn浓度逐渐减小,分析认为氡气浓度的这种空间变化特征可能与断层活动性、盖层厚度以及土壤性质等条件有关。

(2) 霍山杨树沟和肥东龙泉山的测量结果显示:Rn和CO₂的在形态上强相关,可能是Rn和

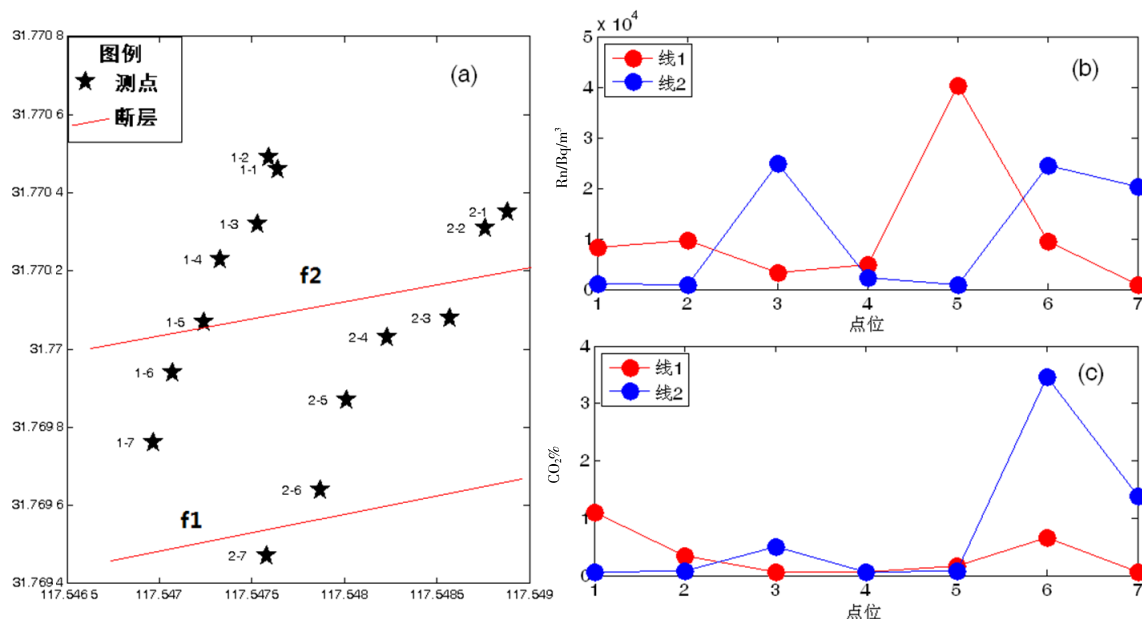


图8 肥东土壤测点分布 (a)、气氡 (b) 和 CO₂ 浓度 (c) 沿测线分布

Fig.8 The distribution of sites, concentration of Radon and carbon dioxide along the measuring line in Longquanshan, Feidong

CO₂ 在气体的来源深度和运移机制有着一定的联系, 气体的载气运移机制很好的说明了 Rn 和 CO₂ 的在形态上强相关, 认为 CO₂ 作为载气, Rn 伴随着 CO₂ 运移至地表。

(3) 土壤中气体中 Rn 含量有明显的峰值异常, Rn 测量可成为判断断层位置的重要依据。由场地的观测数据可以推测断层的走向和可能经过的位置, 但仍需多期测量结果才能对断层活动性做出判定。

in the Alban Hills Volcanic area (Italy) [J]. J Geochem Explor, 2003, 77: 93–108.

- [8] 姚大全, 刘加灿, 李杰, 等. 六安-霍山地震危险区地震活动和地震构造[J]. 地震地质, 2003, 25 (2): 211–219.
- [9] 姚大全, 张杰, 沈小七. 安徽霍山地区断层活动习性研究的新进展[J]. 地球物理学进展, 2006, 21 (3): 776–782.
- [10] 安徽省地震局. 安徽省地震监测志[M]. 合肥: 安徽大学出版社, 2004.

参考文献:

- [1] 汪成民, 李宜瑚, 魏柏林, 等. 断层气测量在地震科学中的应用[M]. 北京: 地震出版社, 1991.
- [2] 王广才, 王基华, 刘成龙, 等. 2002. 福州市隐伏断层地球化学标志研究[J]. 地震地质, 24 (4): 593–600.
- [3] 丁国瑜. 有关活断层分段的一些问题[J]. 中国地震, 1992, 8 (2): 1–9.
- [4] 邓启东, 徐锡伟, 张先康, 等. 城市隐伏断裂探测的方法和技术[J]. 地学前缘, 2003, 10 (1): 83–104.
- [5] 车用太. 地下流体数字观测技术[M]. 北京: 地震出版社, 2002.
- [6] Ciotoli G, Lombardi S, Annunziatellis A. Geostastistical analysis of soil gas data in a high seismic basin, Fucino plain, central Italy [J]. Journal of Geophysical Research, 2007, 112: 1–23.
- [7] Annunziatellis A, Ciotoli G, Lombardi S, Nolasco F. Short and long term gas hazard: The release of toxic gases