

土壤氦在海口活断层的试验测量¹

沈繁奎 陈星宇 郑在壮 袁锡文 郑萍

(海南省地震局, 海口 570203)

摘要 使用德国脉冲电离室测氦仪, 在海口已知全新世活断层上进行了一条剖面土壤氦试验测量, 测量点距为10m, 异常点附近加密为5m, 测量结果显示高值异常点位与断层位置相吻合, 说明仪器测量质量和效果较高, 测量装置合理, 为今后工作积累了经验。

关键词: 土壤氦测量 活断层试验 海口市

引言

海南岛火山活动频繁、地热温泉发育广泛, 可以获取深部物质活动的丰富信息。同时地下流体化学对于断层运动的反映也比较灵敏(刘耀伟, 2004), 地球化学探测尤其是土壤氦气测量在以往活断层调查中被大量使用。广东省在断层气测量方面取得了很多成果(魏柏林等, 2000), 证明了断层气测量对东南沿海地区断层调查具有一定的有效性。广东省重点科研项目“粤桂琼交界地区近期地震危险性研究”在琼北一些地区开展了断层气(土壤氦)的测量(任明甫, 2000), 对断裂活动性给出了有参考意义的调查结果。

在“我国地震重点监视防御区活动断层地震危险性评价”项目“海南铺前-清澜断裂地质调查与活动性鉴定”分项目中, 开展了442个观测点、剖面总长度5550m的土壤氦气测量工作, 所使用的测量仪器是德国ALPHA Guard P2000F型脉冲电离室法测氦仪, 而土壤取气装置仍使用中国核工业总公司上海电子仪器厂生产的FD-3017 RaA智能化测氦仪的取气筒, 测量点距一般为20m或10m。为检验仪器观测、测量装置、布设参数、异常提取等有效性, 在“十五”“海口市活断层探测与地震危险性评价”项目中确定并探槽揭露的马袅—铺前全新世地震活断层上, 开展了一条土壤氦气剖面的试验测量, 本文就此次试验测量的结果和经验予以介绍。

1 剖面布设

在海口市海榆中线“海口市活断层探测与地震危险性评价”项目中, 在儒益探槽附近布设了土壤氦气测量剖面。马袅-铺前断层的走向为近东西方向、倾向北, 儒益探槽的方向为北北东, 探槽长45m、宽7m、最大深度9.8m, 探槽范围揭露并有效地控制了马袅-铺前断层。

¹ 基金项目 财政部经常性业务专项“我国地震重点监视防御区活动断层地震危险性评价”项目(1521102200025)资助

[收稿日期] 2011-05-06

[作者简介] 沈繁奎, 男, 生于1962年。硕士, 研究员。主要从事地震预报、活断层研究。E-mail: shenfanluan@sohu.com

土壤氦气测量剖面与探槽长度方向近乎平行（图 1），沿探槽西侧的小路布设，起点在探槽南端的南面约 50m，测量点距为 10m（异常点附近加密为 5m），测量长度根据观测结果而定，实际为 170m，取得了 21 个测量点的观测数据。

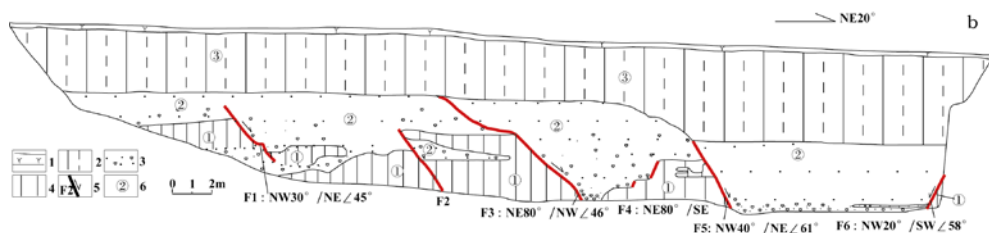


图 1 测氦剖面、儒益探槽和马袅-铺前断层位置

Fig. 1 Location of Maniao-Puqian fault and survey line

根据探槽和其附近的钻孔揭露，最下部的标志层是灰黑色粘土亚粘土，该层未见底，最大厚度为 31m；第二层标志层是中部的 2—3 层杂色、杏黄色为主的杂色粘土与砂层互层，其中粘土又可大体分为 3 层，下面 2 层厚度较薄，厚度 1.5—9.0m 不等，上部的粘土层厚度较大，达到 19m；第三层标志层为近地表的紫红色亚粘土，厚度 5—9m 不等。上述 3 层标志层均出现断错，层位越浅断距越小，在探槽 34m 的范围内，出露 6 个断面，这些断面断错了探槽下部的粘土和中部的砂砾石层，并影响了探槽上部棕红色粘土底部地层，砂砾石层顶面总体向南降落，垂直落差达到 2.6m，该砾石层底界的最小落差达到 4.0m，上断点埋深为 3.4m（图 2）。儒益探槽清楚地揭示了马袅-铺前断层为一全新世活动断层，断层性质为正断层兼右旋走滑，断层上盘（北面）呈下降运动，样品年代测试表明该断层的全新世活动与 1605 年海

口琼山 7½地震有关¹。



1. 耕植土; 2. 亚粘土; 3. 砂砾; 4. 粘土; 5. 断层; 6. 层号

图2 儒益探槽西壁剖面

Fig. 2 Cross-section of the west wall of Ruyi exploratory trench

2 测量过程与数据处理

使用德国脉冲电离室法泵吸式测氦仪测量土壤氦气含量(图3), 仪器测定的是绝对值, 观测参数选择每分钟给出一个数值, 吸气流量为每分钟 0.5 升, 一个测量点一般观测 5—8 分钟, 即产生 5—8 个数据(单位: Bq/m^3), 同时仪器可记录并显示方差、温度、湿度、气压。在每分钟氦含量数据读取过程中, 前 1、2 个数据是不可靠的, 当后续数值不再升高, 即数据升高后开始回落或者增幅在方差 ($\pm 3000Bq/m^3$) 范围内时, 就可停测。由于测量中土壤取气



图3 土壤氦气测量装置

Fig. 3 Setup of the measuring devices in the field

¹ 海南省地震局, 2007. 海口市活断层探测与地震危险性评价工程技术报告.

装置没有使用德国原装置，而使用的是中国核工业总公司上海电子仪器厂生产的 FD-3017 RaA 智能化测氦仪的取气筒，取气筒内会有滞残留氦，因此每完成一个点的观测后，需要依靠泵吸最大流量（每分钟 1 升）的空气，使仪器读数降至方差范围时，才开始下一个观测点的测量，清除滞残留氦的过程一般需要几分钟，测值越高，抽空气清除滞残留氦的时间就越长。

测量土壤氦气标准取气装置的长度为 1.0—1.2m，由于 FD-3017 RaA 智能化测氦仪取气筒的长度约为 50cm，打洞的钢钎长度也只有 60cm，因此，根据国外统计经验，测量所测得的土壤氦气含量只大约相当于土壤实际含量的一半。因测量和试验的目的是断层调查，主要需要了解测线剖面上土壤氦气含量的相对变化，所以取气筒长度不够的问题将影响到数据的稳定性，但对测线剖面上数据的变化趋势影响不大。

由于在每个测量点上一般观测 5—8 分钟，即产生 5—8 个数据，因此按照以下原则确定每个观测点的土壤氦气含量：若最后 1 个数据最大，则取该数据值，否则取最大和次大 2 个数据的平均值，再将数据单位换算成 Bq/L（每升贝克），四舍五入保留整数数值。

3 测量结果

探槽南端的纬度坐标为北纬 19.97030°，从跨马袅-铺前断层土壤氦气剖面试验性测量结果看（表 1），测点由南向北接近探槽和断层时，土壤氦气含量明显增高，离开探槽和断层时测值明显降低，并逐渐恢复到正常背景状态。

表 1 土壤氦气剖面试验性测量结果

Table 1 Measuring record from the field survey

点 号	数值 Bq/L	纬度 (°)	经度 (°)
0	9	19.96982	110.26888
1	28	19.96993	110.26893
2	21		
3	36	19.97008	110.26901
4	41	19.97011	110.26905
4.5	61	19.97015	110.26902
5	55	19.97019	110.26907
5.5	39	19.97022	110.26918
6	43	19.97028	110.26914
6.5	41	19.97027	110.26918
7	19	19.97039	110.26918
8	14	19.97046	110.26922
9	12	19.97056	110.26925
10	49	19.97066	110.26930
11	16	19.97073	110.26936
12	14	19.97080	110.26940
13	5	19.97087	110.26944
14	2		

续表

点号	数值 Bq/L	纬度 (°)	经度 (°)
15	5		
16	20		
17	22	19.97122	110.26964

由于现场观测到 5 号点异常很高, 因此在其前后进行了补充加密点测量, 从全部试验测量数据上看, 距离南起点 45m 处的土壤氡气含量最高, 表明与断层对应的情况较好 (图 4)。

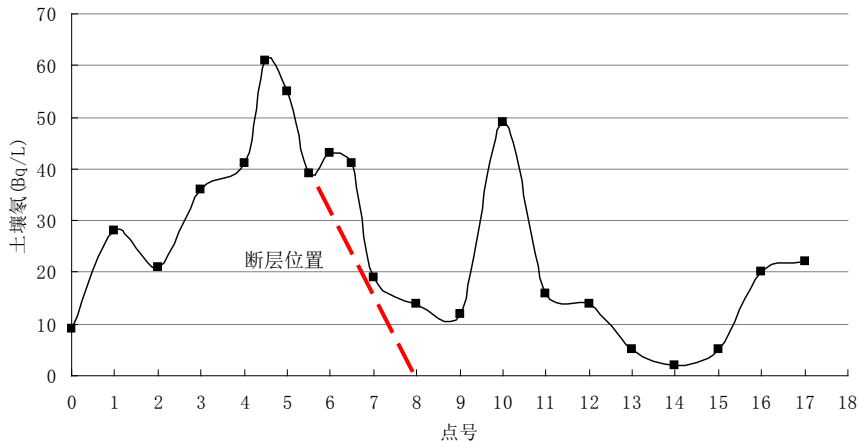


图 4 土壤氡气剖面试验性测量结果曲线

Fig. 4 Curve showing variation of measured soil Rn from the field survey

4 讨论与结论

以往土壤氡气测量仪器都采用静电采集法, 仪器稳定性不高, 数据重复性差, 特别是容易受湿度干扰。而本次测量采用的德国脉冲电离室法测氡仪, 仪器稳定性高, 野外数据采集具有可重复性, 仪器对湿度变化不敏感。

测量过程需要依靠泵不断地从地下抽气, 在实地测量中发现, 当遇到致密粘土层或淤泥层时, 取气困难, 抽气连续性差, 使得数据观测与采集值很低。因此在选取测量剖面时, 要调查并考虑到土质、土壤环境和条件, 尽可能保持一致性和正常取气。

从本次试验测量并结合海南铺前-清澜断裂地质调查与活动性鉴定分项目土壤氡气测量结果上看, 本区域土壤氡气含量背景值为 10—20Bq/L 左右 (考虑取气筒长度影响, 实际值应加倍), 观测中出现大于 35000Bq/m³ 数值时可视为高异常点, 应在测点前后附近进行加密测量。而从本次土壤氡气试验测量结果上看, 剖面布置中观测点距为 20m 或 10m 是可行的, 不会错过断层附近的土壤氡气含量高异常区, 而有些测量采取 50m 或更大的点距, 则可能错过断层高异常区。

本次试验测量使用了新的测氡仪, 在已知断层上开展了试验性土壤氡气测量, 其观测结果与地表断层位置吻合较好, 但工作经验还需要不断积累。野外断层调查土壤氡气观测表明, 测量点越多, 找出的异常点也可能越多, 如何进行综合分析判断, 既需要经验, 也存在客观

条件要好，还需要不断摸索、提高认识。

参考文献

- 刘耀伟, 2004. 地震流体最新科学进展与发展方向. 国际地震动态, (10): 315、62.
- 任明甫, 2000. 利用断层气(土气氡)探测琼北地区的断裂活动性. 华南地震, 20(1): 67—70.
- 魏柏林, 陈仁法等, 2000. 广东省地震构造概论. 北京: 地震出版社, 77—116.

Experimental Test of Soil Rn Measurement Crossing an Active Fault in Haikou City

Shen Fanluan, Chen Xingyu, Zheng Zaizhuang, Yuan Xiwen and Zheng Ping

(Earthquake Administration of Hainan Province, Haikou 570203, China)

Abstract Using the German-made instrument of measuring Rn by pulsation ionization, we conducted an experimental test to measure the content of soil Rn crossing a well-known active fault in Haikou city. The measuring point spacing is 10 meters generally along the survey line, and is reduced to 5 meters where abnormal points are detected near the fault. Our results show a good agreement between the high-abnormal points and the fault location. Therefore, it is proved that our instrument is capable of producing high quality data for blind-fault detection

Key words: Measure of soil Rn; Experiment on active fault detection; Haikou city