

吴华平, 郭良田. 活动断层探测中断层气真、假异常判别方法[J]. 华南地震, 2016, 36(2): 50-55. [WU Huaping, GUO Liangtian. A Method of Distinguishing True and False Anomaly of Fault Gas in Active Faults Survey[J]. South china journal of seismology, 2016, 36(2): 50-55.]

活动断层探测中断层气真、假异常判别方法

吴华平^{1, 2}, 郭良田^{1, 2}

(1. 广东省地震局, 广州 510070; 2. 地震监测与减灾技术重点实验室, 广州 510070)

摘要: 活断层探测过程中, 异常值可能与探测点载体受污染有关, 也有可能因为断层活动产生的断层气所致, 也就有了“假异常”和“真异常”。通过分析地震地质资料、地球物理解译资料等, 确定目标断层; 采取垂直断层走向, 网格化布线探测方式。先绘制各测线含量曲线图, 确定异常值分布位置; 再绘制各测线含量等值线图, 判断异常值的分布趋势; 若各测线含量曲线图中异常值在含量等值线图中形成了一条异常带, 且与断层走向一致, 则可判定这些异常值是断层气异常。含量曲线图与含量等值线图相结合解释, 为断层气真假异常判别提供了一种新方法。

关键词: 断层气; 含量曲线; 含量等值线; 异常值

中图分类号: P315.9

文献标志码: A

文章编号: 1001-8662 (2016) 02-0050-06

DOI: 10.13512/j.hndz.2016.02.008

A Method of Distinguishing True and False Anomaly of Fault Gas in Active Faults Survey

WU Huaping^{1, 2}, GUO Liangtian^{1, 2}

(1. Earthquake Administration of Guangdong Province, Guangzhou 510070, China; 2. Key Laboratory of Earthquake Monitoring and Disaster Mitigation Technology, Guangdong Earthquake Administration, Guangzhou, 510070, China)

Abstract: In the process of active faults detection, outliers may relate to the contaminated point, or may be due to the fault gas produced in the fault activity, and thus there is true and false anomaly. The paper determines the target fault by analyzing the seismic data and the geophysical data, and uses a grid wiring detection methods along the perpendicular direction to the faults. The paper firstly draws the content curve of each measuring line to determine the location of anomalies, and then draws the isoline graph of content to judge the distribution trends of outliers. If there existed the abnormal belt, and the abnormal belt strike is consistent with fault strike, then the anomaly is caused by fault gas. The paper does the interpretation by combining the content graph and isoline map, which provides a new method for fault anomaly explaining.

Keywords: Fault gas; Content curve; Content isoline; Abnormal value

收稿日期: 2015-06-30

基金项目: 中国地震局“中国大陆7-8级地震危险性中-长期预测研究”专项基金(2010020112)

作者简介: 吴华平(1980-), 男, 工程师, 硕士, 主要从事地震工程研究。

E-mail: wuhuaping690@sohu.com.

0 引言

断层气地球化学调查中,断层气异常解释是此项工作的重中之重,也是工作难点。实际探测过程中,我们往往会发现许多异常点,异常值有可能与探测点载体受污染有关,也有可能因为断层活动产生的断层气所致,这就存在“假异常”和“真异常”两种情况。基于断层气是以断层为通道漂移至地表,富集在断层附近地表岩层中的原理^[1-7],为准确判断测点异常值是否与断层活动有关,在科学地求解背景值和异常下限的基础上,提出了含量曲线图与含量等值线相结合的分析方法。文章研究区为映秀-北川断裂在汶川映秀镇渔子溪地表破裂段。

1 地质背景

龙门山是青藏高原东缘边界山脉,北起广元,南至天全,长约 500 km,宽约 30 km,呈东北-南西向展布,北东与大巴相交,西南被鲜水河断裂相截。1929 年赵亚曾先生首次发现了彭县飞来峰构造,1945 年黄汲清院士概况了龙门山式构造。该构造带由一系列大致平行的叠瓦状冲断带够成,具典型的逆冲推覆构造特征,具有前展式发育模式^[8],自西向东发育汶川-茂汶断裂、映秀-北川断裂和彭县-灌县断裂。研究结果表明^[9-11],自 4 万年以来,龙门山地区至少存在 30 余次 6.7 级以上强

震的古地震记录,这些活动断层的年龄数据表明龙门山地区的彭县-灌县断裂、映秀-北川断裂和茂汶-汶川断裂均具有强震活动背景,具备发生 7.0 级及以上强地震的条件^[11-12]。

汶川映秀镇位于松潘-甘孜造山带,该带是古特提斯洋开启和闭合的产物,归因于扬子陆块向北俯冲于昆仑地块之下,同时又向西俯冲于羌塘-昌都陆块之下的双向俯冲结果,致使造山带的平面形态呈一独特的倒三角形。

映秀-北川断裂在映秀所形成的地表破裂为汶川地震主体地表破裂带,南西起于汶川县映秀镇附近,向北东延伸经虹口、龙门山镇(白水河)、东林寺、红白镇北、清平、茶坪、擂鼓、北川、陈家坝、桂溪凤凰村、平通,南坝止于平武县南坝东的石坎子附近,全长约 240 km,地表多见是逆冲-右旋走滑型变形(图 1)。

映秀处于 5.12 汶川 8.0 级地震的震中附近,地表破裂呈 $N60^{\circ}\sim 70^{\circ}E$ 方向延伸,从映秀镇北通过。受地形的影响地表破裂在平面上呈舒缓波状弯曲,根据不同高程破裂的出露位置,估计断层面的倾角在 $40^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 左右。在映秀镇北西,距映秀隧道进口约 60 m,地表破裂将国道 G213 线垂直位错了约 2 m,右旋位错了约 1.7 m,现代河床亦形成跌水。映秀镇北,周荣军等曾描述过北川-映秀断裂将岷江 IV 级阶地面垂直断错了约 40 m,并在逆断层上盘由弯矩断层形成的正断层地堑现象。

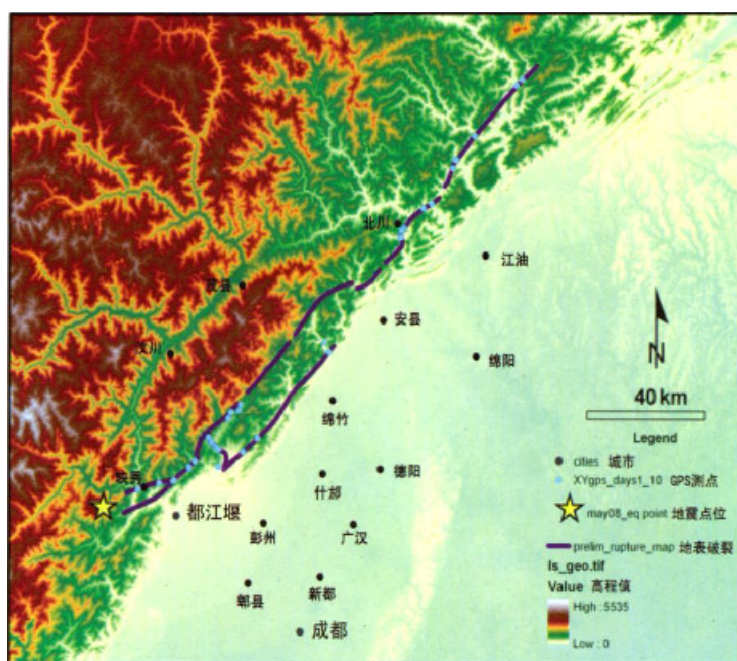


图 1 汶川地震地表破裂图^[12]

Fig.1 Surface rupture map of Wenchuan earthquake^[12]

本次地震在原断层陡坎的上方(接近顶部)形成有两条水平相距约 6 m 左右的地表破裂:一条位置较低的破裂垂直位错约 0.75 m,右旋水平位错约 1.1 m;另一条位置较高的破裂垂直位错约 2.4 m,右旋水平位错约 1.9 m,总位移垂直为 3.15 m,水平为 3.0 m。在正断层地堑处亦形成有新的正断层陡坎和张性地裂缝^[4]。

2 地球化学探测技术思路

断层气体地球化学探测研究首先需要解决目标断层确定、测线布置和异常判断,技术流程图如图2。

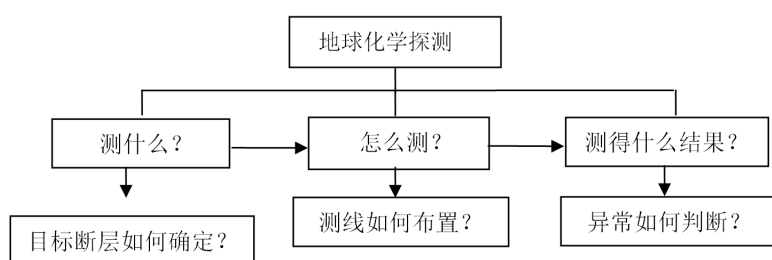


图2 技术流程图

Fig.2 Technical flow chart

3 异常解释流程

文中实例应用将通过测量断层气汞和氦两种气体来重点分析探测值中哪些异常值为真异常、哪些异常值为假异常。在求解氦气和汞气浓度的地球化学背景值与异常值基础上,分析其浓度含

2.1 目标断层确定方法

收集已有地质、地球物理资料和高精度遥感解译信息基础上,调查区域和近场地质构造背景,分析可能影响研究区的重要断裂,即为探测的目标断层^[9]。本文中地球化学探测目标断层确定在活动性较强的北川-映秀断裂上,5.12汶川8.0级地震地表破裂带映秀渔子溪段。

2.1 测线布置方法

若工作区场地探测条件允许,采取网格状、近似垂直目标断层方向跨断层展开布线探测;据规范要求,测点间距一般在 5~10 m 左右。

量曲线图与含量等值线图;若含量等值线图中产生了明显与断层走向一致的异常带,则可判别该异常为断层气引起的异常。异常解释流见图3。

4 数据采集过程

探测汞使用的是俄罗斯产 RA-915+汞分析仪,

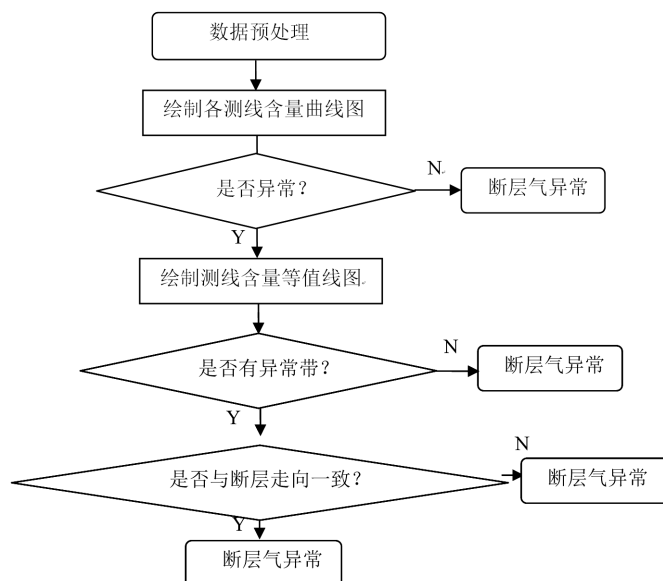


图3 异常解释流程图

Fig.3 Flow chart of anomaly interpretation

它对气体的检测限为 2 ng/m^3 ；探测氦使用的是美国产 RAD7 型测氦仪，仪器测量范围： $0.1\sim 20\ 000\text{ pCi/L}$ 。

探测前进行了仪器一致性检验实验，探测场地野外空气湿度、温度需在仪器适用范围之内，确保数据真实可靠。

本次地球化学勘探在映秀镇渔子溪村第四纪覆盖区内共布置了 4 条平行测线，其走向为 $1\ 200^\circ$ ，各测线长均为 250 m ，测线间距离约为 40 m ，每条测线中的测点距离约为 5 m 。跨越场地测线的地表有一条近北东向不连续的破裂带。如图 4 所示。

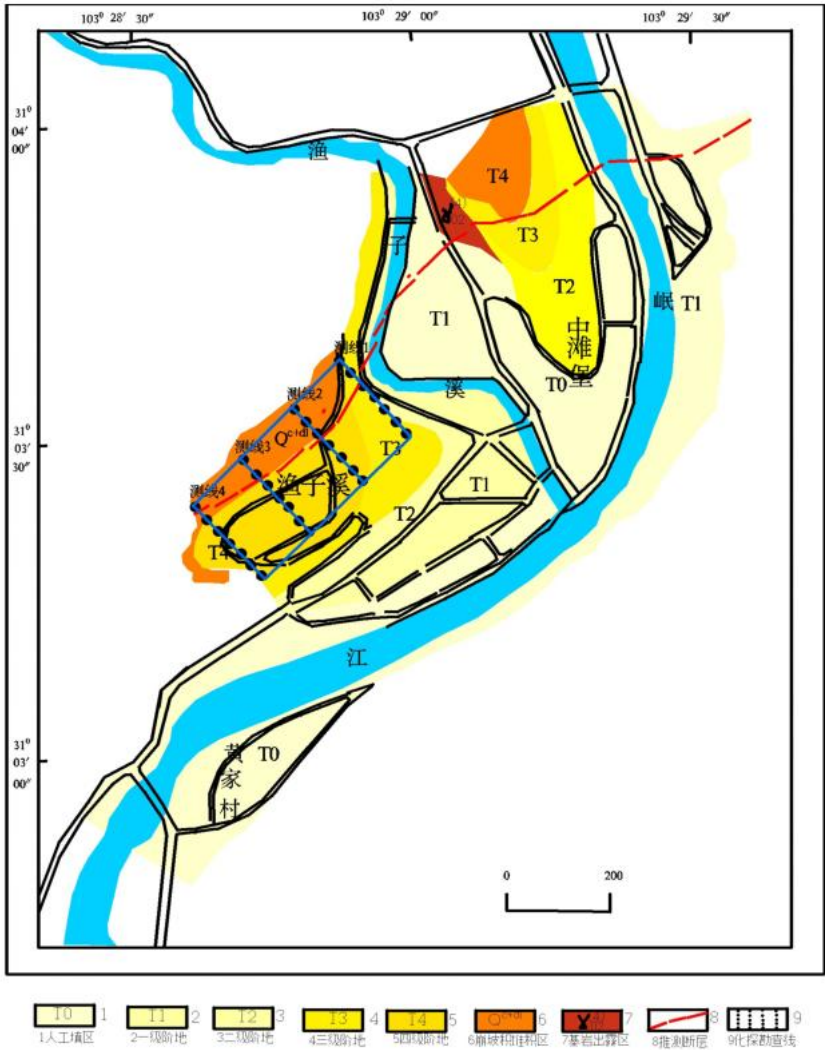


图 4 场地测线分布

Fig.4 Distribution of site measuring lines

5 数据解释

首先对各测线气体浓度值进行预处理，计算各测线氦气和汞气的背景值和异常下限值^[13-15]，并参考地区氦气、汞背景值，绘制出各测线含量曲线图，如图 5~8 所示。

从各测线含量等值线图中可以得到各测线中汞气、氦气异常点分布位置，如下表 1 所示。

测线 1 含量曲线图中 170 m 、 175 m 处汞、氦

浓度值均出现了异常，且该点处附近气体浓度值明显高于背景值，不能确定是否为断层气异常。

测线 2 含量曲线图中 160 m 处汞、氦浓度值均出现了异常，且该点处附近气体浓度值明显高于背景值，不能确定是否为断层气异常； 235 m 处氦气浓度值出现异常，但其两侧附近浓度值明显低于背景值，且该点附近汞气体浓度值没出现异常，因此我们可以排除 235 m 处氦气异常非断层气引起。

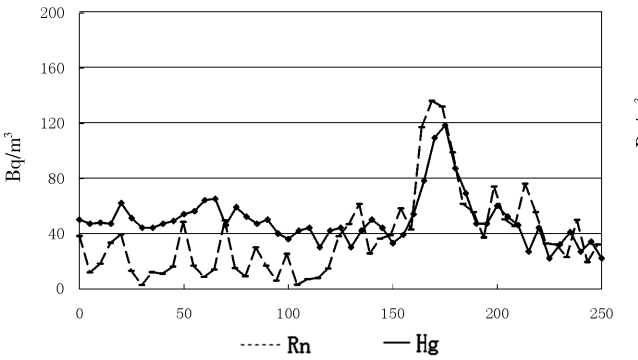


图 5 测线 1 含量曲线图
Fig.5 Content curve of measuring line 1

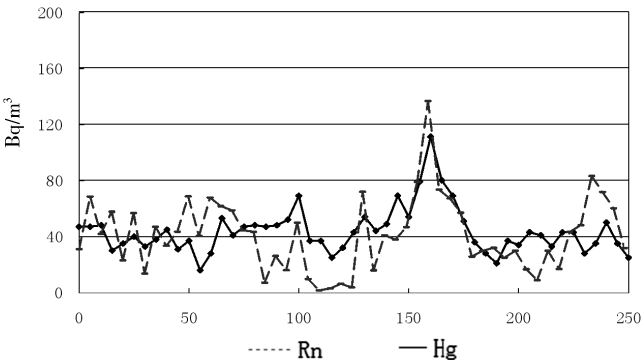


图 6 测线 2 含量曲线图
Fig.6 Content curve of measuring line 2

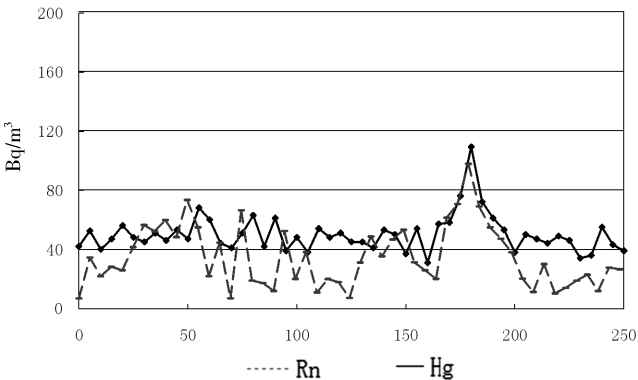


图 7 测线 3 含量曲线图
Fig.7 Content curve of measuring line 3

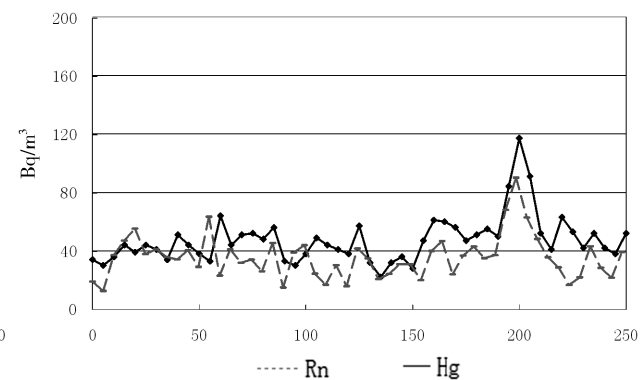


图 8 测线 4 含量曲线图
Fig.8 Content curve of measuring line 4

表 1 各测线汞气、氡气异常点位置分布表

Table1 Location distribution of mercury gas, radon gas abnormal points of each measuring line				
气体类型	测线 1/m	测线 2/m	测线 3/m	测线 4/m
汞气	170/175	160	180	200
氡气	170/175	160/235	180	200

测线 3 含量曲线图中 180 m 处汞、氡浓度值均出现了异常，且该点处附近气体浓度值明显高于背景值，不能确定是否为断层气异常。

测线 4 含量曲线图中 200 m 处汞、氡浓度值均出现了异常，且该点处附近气体浓度值明显高于背景值，不能确定是否为断层气异常。

通过分析含量曲线图，我们排除了测线 2 中一个非断层气体异常点，且在四条测线中分别确定了 1 个疑似断层气氡气、汞气异常点的分布位置；它们是否与目标断层有关，则需要结合各测线含量等值线图来分析判断。

5.2 各测线浓度值含量等值线图

绘制四条测线氡气、汞气含量等值线图，如下图 9 所示。含量曲线图中所确定位置的气体异

常值，均在含量等值线图中形成了一条异常带，且与断层走向平行，因此，我们可以判断这些位置点的异常值是断层气异常。

6 结语

(1) 本次活断层地球化学探测研究过程中，测得汞气异常值 5 个，氡气异常值 6 个，其中氡气在 235 m 处产生的异常值与断层气异常无关；其汞气异常值、氡气异常值均为断层气异常。

(2) 活动断层地球化学探测过程中，首先需综合分析区域和近场地震资料、地球物理资料来确定目标断层。建议采取垂直目标断层走向，网格化布线探测方式，以利于判别断层气异常真假情况。

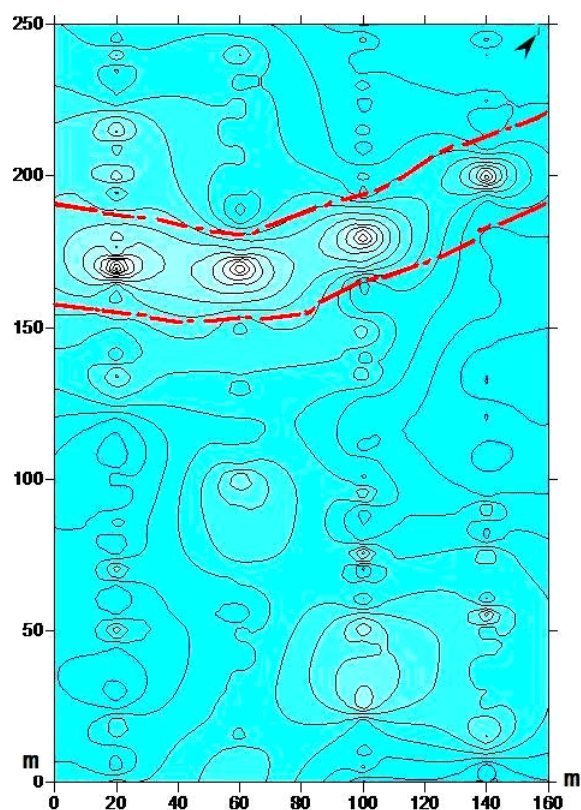


图9 各测线含量等值线图

Fig.9 Isolines of content of each measuring line

(3) 在对数据预处理基础上,先绘制各测线含量曲线图,确定异常值分布位置。再绘制各测线含量等值线图,判断异常值的分布趋势。必须二者相结合来判断各异常值是否是断层气异常。若各测线含量曲线图中异常值在含量等值线图中形成了一条异常带,且与断层走向一致,则可判定这些异常值是断层气异常,反之不然。

(4) 在活动断层探测中,地球化学断层气探测是活断层准确定位的有效手段之一,可以与地球物理探测相互印证;但若要确定断层性质,需借助地震地质调查、物探等方法。

参考文献:

- [1] Ciotoli G, Guerra M, Lombardi S, et al. Soil gas survey for tracing seismogenic faults: A case study in the Fucino Basin, central Italy[J]. J Geophys Res, 1998, 103: 23 781-23, 794.
- [2] Du J G, Si X Y, Chen Y X, et al. Geochemical Anomalies Connected With Great Earthquakes In China. Geochemistry Research Advances [M]. New York: Nova Science Publishers Inc, 2008.
- [3] 刘菁华,王祝文,刘树田,等.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), 2006, 36 (2): 295-298.
- [4] 李晓,付梅,李生红,等.缅甸其培电站坝址断裂带气体地球化学特征及工程应用[J].成都理工大学学报(自然科学版), 2012, 39 (5): 535-540.
- [5] 吴华平,常郁,郭良田.含量等值线法在断层气异常判别中的应用研究[J].华南地震, 2011, 31 (3): 60-69.
- [6] 魏伯林,薛佳谋,李富光等.从测定壤中的气汞量来研究活断层[J].地震地质, 1998, 10 (2): 88-92.
- [7] 周晓成,王传远,柴焱章,等.海原断裂带东南段土壤气体地球化学特征[J].地震地质, 2011, 33 (1): 123-132.
- [8] 李勇,曾允孚,伊海生.龙门山前陆盆地沉积及构造演化[M].成都:成都科技大学出版社, 1995.
- [9] Li Yong, Ellis M A, Densmore A L, et al. Evidence for active strike-slip faults in the Longmen Shan, Eastern margin of Tibet [J]. EOS Transactions of the American Geophysical Union, 2000, 82 (47): 1104.
- [10] Densmore A L, Ellis M A, Li Yong, et al. Active tectonics of the Beichuan and Pengguan faults at the eastern margin of the Tibetan Plateau [J]. Tectonics, 2007, 80 (8): 113-127.
- [11] 周荣军,李勇, Densmore A L, 等.青藏高原东缘活动构造[J].矿物岩石, 2006, 26 (2): 40-51.
- [12] 李勇,周荣军,董顺利,等.汶川特大地震的地表破裂与逆冲走滑作用[J].成都理工大学学报(自然科学版), 2008, 35 (4): 404-413.
- [13] Bauborn J C, Rigo A, Toutain J P. Soil gas profiles as a tool to characterize active tectonic areas: The Jaut Pass example (Pyrenees, France)[J]. Earth and Planetary Science Letters, 2002, 196: 69-81.
- [14] Wang G, Liu C, Wang J, et al. The use of soil mercury and radon gas surveys to assist the detection of concealed faults in Fuzhou City, China[J]. Environment Geology, 2006, 51: 83-90.
- [15] 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.