第11卷 第1期 西北地震学报 Vol.11,No.1
1989年3月 NORTHWESTERN SEISMOLOGICAL JOURNAL March,1989

土壤中微量气体汞含量与隐伏活动断层的关系

1.前言

一般认为原生汞直接来源于地幔，在地幔物质的长期分异过程中，由于汞具有较高的挥发性，汞蒸气沿深部断裂活动和运移，并在深大断裂上部附近富集。在低温热液型岩浆的分异过程中，岩浆残余液中的汞也会沿次级深大断裂运移或活动，并在断裂上部富集，有时形成含汞的矿体[1]。另外，在岩浆岩被风化、搬运形成沉积岩，沉积岩进一步变为变质岩的复杂过程中，汞气被释放出来，其中一部分沿断裂迁移，並在其附近富集，形成构造汞源带。因此，Hg也被作为能反映断层活动特征的元素之一，与H_2、He、Rn等被统称为断层气元素。目前，地震学者们正试图用测量地表上覆土壤中微量气体汞含量（简称土壤中气汞量）的变化来确定隐伏活断层及其活动性。

苏联学者的研究结果[2]（1983）也指出，一些深大断裂附近明显地出现了汞蒸气浓度的异常，而最高的浓度出现在地震活动最多的深断裂区。

为了研究隐伏断层的活动特征与上覆土壤中气汞量变化的关系，尤其是隐伏发震构造的现今活动对地壳深部汞向地表迁移产生的影响，我们有目的地选择了位于民乐盆地的大马营隐伏活断层进行了测试和研究，而且在门源地震前20天左右和门源地震后1个多月，我们进行了两次跨断层多点的土壤中气汞量的现场测量，取得了震前与震后活断层上覆土壤中气汞含量变化的第一手资料。本文介绍了主要结果。

2.测区概况及测点的布设

该断层位于民乐盆地东南方向的大马营一带，测区地表无明显构造迹象，只有一系列泉点呈EW向排列。据前人资料表明，该断层为高角度逆冲断层，倾向近正北，走向近东西，总长约100公里。测区内属断层的西段部分，长20多公里，整个测区无基岩出露，均被Q_2—Q_4地层覆盖，厚度小于500米，地形相对高差不大于200米，东西两侧为退化的沼泽地，中段为黄土丘陵，被近南北向的冲沟切割。

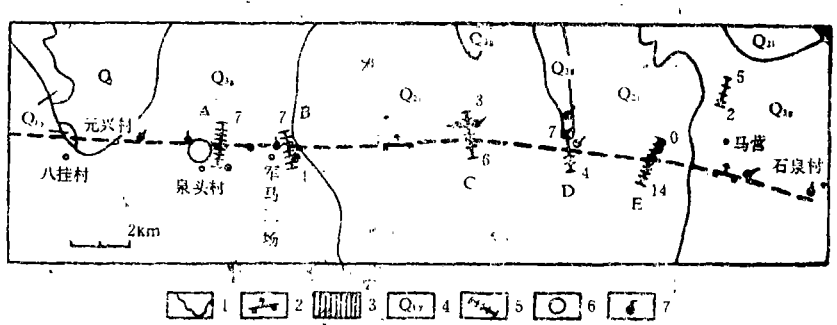

图1 工作区地质概况及测线布设图

1.地质界线 2.推测断层 3.基岩岩体 4.第四系地层
5.剖面测线 6.地震震中 7.泉点

*陶淑芬同志参加了室内工作。

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

近几年该区附近相继发生中强地震，1978年8月在该断层上发生的5.0级地震，其微观震中正位于测区断层的西侧泉头村一带；1986年8月底在该断层南50公里的门源附近又发生了6.4级地震，进一步说明该区构造活动非常强烈。

测线布设如图1所示。其中A、B、C、D、E 5条剖面是跨断层布设的，F剖面未跨断层，作为对比剖面。每条测线上布设测点7—9个，测点间距一般为100—250米。

3.测试结果

使用SP—3017RnA测氡仪的取样器，取气通道用矽胶管连接，避免土壤中气汞在取样中被金属或其它胶质管吸附。取样时，将取样器直接楔入土层100cm左右，略等地下气平衡，用PGS—1型空气采样仪按0.5l/min的流速抽2分钟，将土壤气直接收集在JM—3型金膜测汞仪的金质捕汞线圈上，加热后进入金膜元件进行测定。平均测试误差小于5%。

1986年8月中旬我们在6条剖面上共布设42个测点，对整个剖面的测点值做统计分析，确定该区的土壤中气汞的背景值为75×10^{-12}g/l，异常值下限为110×10^{-12}g/l，并且测试了A、C剖面的土壤热释汞。1986年10月上旬在A、B剖面上做了气汞的重复测试，基本结果见表1。

表1

数据 \ 项目 / 剖面名	测点数	测线长度(m)	1986.8气汞测试，地温9℃ 平均值 10^{-12}g/L	最高值 10^{-12}g/L	最低值 10^{-12}g/L	1986.10气汞测试，地温4℃ 平均值 10^{-12}g/L	最高值 10^{-12}g/L	最低值 10^{-12}g/L	1986.8土壤热释汞测试 平均值 10^{-9}g/g	最高值 10^{-9}g/g	最低值 10^{-9}g/g
A剖面	8	1170	132	243	71	84	186	29	479	883	123
B剖面	7	940	68	115	23	91	128	57			
C剖面	7	1100	114	196	40				317	691	89
D剖面	7	1000	78	115	28						
E剖面	8	1250	119	192	57						
F剖面	5	480	45	68	24						

测试结果表明，活动断裂上覆土壤中气汞量的分布有以下特征。

（1）沿断层带，各测点的气汞测值均超过异常下限，构成了断层汞晕带。

（2）同一条剖面上，土壤中气汞与土壤热释汞的异常高峰值均出现在主破裂面上部（图2a、c）。第二次土壤中气汞量的测试结果与第一次基本相同（图2a、b）。由于第二次测量时地温为5℃，对地表气汞浓度有很大影响，如果加上地温差的影响值（约44.8%），则A、B剖面上第二次测试的峰值可达269×10^{-12}和185×10^{-12}g/l，均超过第一次的测试结果。说明门源6.4级地震后，由于进一步的构造活动输通了地下汞气上升的通道，增加了土壤中气汞的浓度。

另外，在土壤中进行气汞的测试时，应尽量避免干扰。由于汞气的浓度、蒸发速度对温度及压力非常敏感，特别是浅层土壤中气汞量的变化受环境的影响十分显著，在测试时，要同时做气压、气温、地温等气象因素的辅助观测，并做相应的干扰排除。

（3）沿断裂的一些活跃部位异常值更为明显（图2a、c、e）。A剖面位于1978年5.0级地震震中位置，其异常峰值均高于其它剖面。

（4）大部分剖面汞异常有一个北高南低的趋势，这一特征与断层的性质基本吻合。该断层为北盘上升南盘下降的逆冲断层，第四系覆盖层的厚度也有北薄南厚的特点。另外，地

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

下含水层在断层北盘露出地表，水系向北流动，对北盘汞的富集也有一定作用。

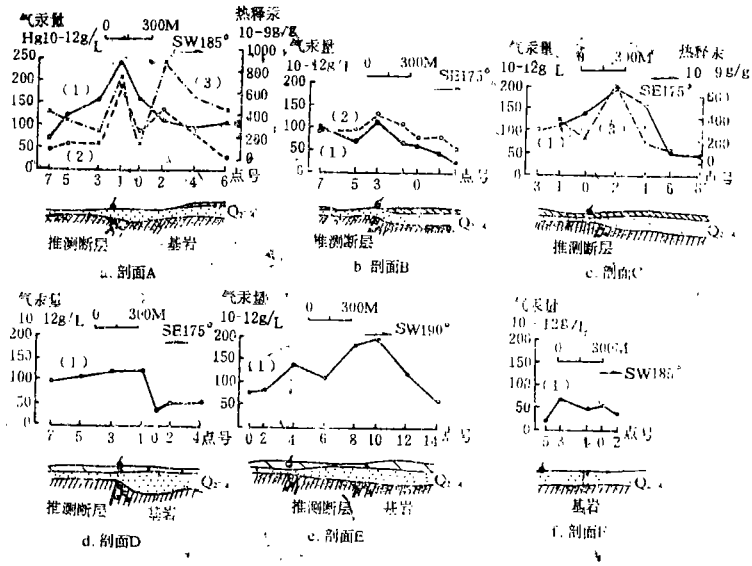

图2　各剖面及测点汞异常图

（1）1986年8月测量；（2）1986年10月测量　（3）1986年8月热释汞测量

4.小结

通过对上述资料分析，得出以下认识：

（1）隐伏活动断层上覆土壤中气汞量异常带反映了断层的分布位置，且断层活动强烈地段土壤中气汞量峰值明显。

（2）土壤中气汞量的动态变化，可以较客观地反映地壳深部断裂构造活动的情况。

（本文1987年10月23日收到）

（国家地震局兰州地震研究所　刘耀炜　阎贤臣　张　增　王长岭　姜大膺　沈克金）

参　考　文　献

〔1〕A.A.萨乌科夫，汞的地球化学，谢学锦译，科学出版社，1955.
〔2〕B.З. 富尔索夫，普查金属矿床的汞蒸气测量方法，1983.
〔3〕F.A.马弗良诺夫，中亚若干地震活动带的水文地球化学特征，孙崇绍、王长岭译，地震出版社，1981。

THE RELATION BETWEEN ACTIVE LIE CONCEALED FAULT AND THE MERCURY CONTENT OF TRACE GASES IN OVERBURDEN

Liu Yaowei, Yan Xianchen, Zhang Zeng,
Wang Changling, Jiang Dayong, Shen Kejin
(*The Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB*)

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net