第 19 卷 第 2 期
1997 年 6 月

西 北 地 震 学 报
NORTHWESTERN SEISMOLOGICAL JOURNAL

Vol. 19 No. 2
June 1997

壤中气汞量测量影响因素分析

王基华 王 亮 孙风民 金晓微
（国家地震局地质研究所，北京 100029）

摘要 根据多年工程地震探测实践和观测研究结果，阐述了在野外取样过程中，人为因素和自然因素对壤中气汞量测量的影响. 讨论了排除影响的方法并提出了在工程地震中壤中气汞量测量合理的取样深度和取样体积.

主题词：气体地球化学测量 工程地震 气汞 野外取样 影响因素

1 前言

众所周知，壤中气汞量测量在寻找隐伏矿床工作中早已得到广泛应用并取得了很好的效果. 随着社会主义建设的高速发展，在平原、盆地、滨海第四系分布区兴建重大工程以及在城乡实施抗震防灾规划和开展地震监测预报等工作都得到大力推进. 因此，对隐伏断层性状的探测研究是一项必不可少的工作.

隐伏断层性状的鉴别是区域地壳稳定性评价、地震烈度区划等的重要基础工作. 探测研究隐伏断层性状的方法很多，但在一些地方，如城市及大型厂、矿附近，噪声和电磁的干扰及纵横交错的地下电揽和地下管道等使得许多物探方法难以推行. 另外，从经济效益的角度去考虑，地球物理探测方法也很难在大范围内使用.

大量的探测结果表明，气体地球化学勘探方法中的壤中气汞量测量是探测研究隐伏断层性状的有效方法之一. 在诸多的探测手段中，它以简单、快速、经济效益高、探测效果好的优势得到广泛的应用. 然而影响壤中气汞量测量的因素较多，包括人为因素和自然因素等.

早在 70 年代初国外就开始进行有关影响因素的观测和实验研究. Хаиретдинов（1971）在地温低于 3°C 的永久冻土区测得壤中气汞的最大值为 1 000ng/m^3，而在地温为 14°C 的另一处测得的壤中气汞量为 38 000ng/m^3. McNerney 等人（1973）用红外灯加热土壤，以 2°C 的间隔从 10°C 到 72°C 采取土壤中的汞蒸气，实验证明，汞浓度随温度的升高而增加. 同时他们在野外和实验室的研究表明，在大雨后，含汞的土壤气的散发几乎完全停止.

我国从 80 年代初相继开展了有关的研究. 伍宗华等人（1981）根据汞蒸气与地温关系的模拟实验结果，认为当地温从 0°C 升到 20°C 时，测得的汞浓度之差可达半个数量级.

近几年，陶淑芬、常秋君等人进行了有关的实验研究，取得了较好的效果[1,2]. 王长岭、何跟巧等人（1994）从地震短临预报的角度进行了干扰因素的研究，并找到了排除和识别的方法①.

收稿日期：1996-03-05

第一作者简介：王基华，男，1941 年 10 月生，副研究员，现从事气体地球化学监测与研究.

① 王长岭，何跟巧. 断层气资料可靠性及干扰因素研究. 1994.

本文在多年工程地震探测实践的基础上,结合实验研究及前人的资料,对壤中气汞量测量野外取样的某些影响因素进行了分析讨论.

2 人为因素的影响

2.1 测线布设及取样深度

选择好测线的位置及取样深度是壤中气汞量测量的重要一环.汞测线的布设一般垂直于推测断层,而且尽量是在土质相近的原始土层中穿过.但是由于地理环境及地貌在不断地变化,许多地方被人工回填土所覆盖.笔者野外探测结果表明,在多年的人工回填土地段用测量壤中气汞的方法同样能探测出隐伏断层的位置,探测结果均被物探资料所证实①~②.

表层土壤的污染会给气汞量测量带来很大的干扰.因此,选择合理的取样深度显得格外重要.Jonasson(1970)和Φypcoв(1977)等人提出,壤中气汞量测量的取样深度应为30~60 cm.卫敬生等人(1992)在浙江省某地对土壤气汞量作了30 cm和70 cm取样深度的对比测量试验.图1展示出他们的部分实验结果.从图中可见,30 cm深的样品土壤汞含量变化很不稳定,虽然含量比70 cm深的样品高,但异常衬度却低于70 cm深的样品,表明30 cm深的样品叠加了与深部无关的汞成分.大量的研究结果表明,地表干扰异常的影响深度主要在表土层(耕作层土壤),一般干扰深度小于50 cm[3].因此,把取样深度定为70~80 cm不仅能确保取到不受污染的样品,减少了日温差的影响,而且还省力,探测效果也较好.

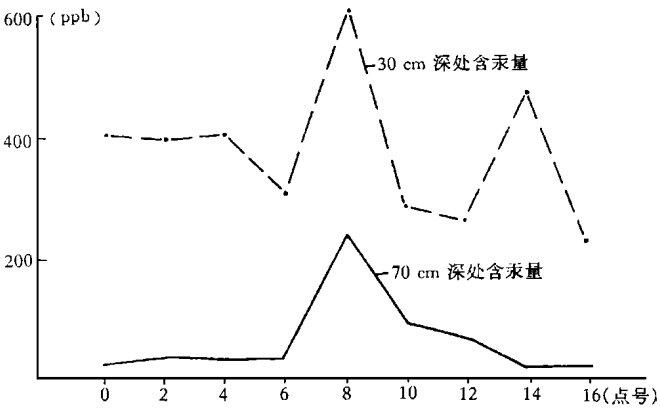

图1 不同取样深度土汞浓度变化特征
(据 卫敬生 等,1992)

Fig. 1 Change of Hg comentration in soil sampled from different depths.

2.2 取样体积及取样方式的影响

从取样孔抽气时,气体主要是由孔底和洞壁的壤中气补给.补给量的大小与土壤的孔隙结构紧密相关.伍宗华等人(1984)的实验结果表明,在松散土壤中采集的汞量随着取样体积的增加而有所增加,在中等致密的土壤中汞量与取样体积的关系不明显,而在致密的土壤中,抽气时间越长,汞量反而变低.因此,在野外工作时要根据不同情况确定最佳取样体积.笔者根据多年在不同地区、不同土质条件下的大量野外探测实践,认为大气采样器流量控制在1L/min,抽2 min,即取样体积为2L.这样既可以达到探测目的,又节省了时间.

采用不同的采样器具,其结果是不同的.笔者在断层上方采用锥形螺旋钻和一般埋管的方式分别布设了15个和8个取样孔进行壤中气汞量对比实验测量.表1列出了实验结果.从表1中可以看出,在断层上方采用锥形螺旋钻取样,其壤中气汞含量为采用一般埋管取样的23倍.两种不同的取样器,测得汞含量差别如此之大是由于锥形螺旋钻密封好,较有效地将大气与壤中气屏蔽开.因此,锥形螺旋钻已被广泛采用.

---

①国家地震局地质研究所.湖南省常德市沅江防洪大堤地震危险性分析研究报告.1989.

②国家地震局地质研究所.太原钢厂厂区隐伏断层活动性鉴定.1989.

表 1　不同采样方式壤中气汞含量测量结果对比

采样方式	壤中气汞测量结果(ng/m³)		钻、管比值
	实测值	均值	
锥形螺旋钻	1054、1055、1621、1672、1294、1192、1303、1376 1662、1631、1269、900、899、955、1427	1286	23: 1
一般埋管	70、75、47、60、34、40、64、60	56	

2.3　取样中尘埃的影响

众所周知, 土壤吸附汞含量高于壤中气的汞含量. 在气候干燥地区、沙漠地区, 特别是在大风的情况下, 野外取样很容易把微尘抽入捕汞管而吸附在捕汞管壁上. 这样在 800℃ 下脱汞, 使测得的汞含量明显增高. 给判断真正的壤中气汞异常带来了困难. 因此, 在野外取样时, 应特别注意防止微尘被抽入捕汞管. 实践证明, 在螺旋钻与捕汞管之间加一个过滤膜, 以防止微尘被抽入捕汞管, 探测效果较好.

3　自然因素的影响

我们所测的壤中气汞是土壤中的游离汞. 在近地表的条件下, 汞的迁移过程明显受各种自然因素的制约, 特别是气象因素的影响.

3.1　地温的影响

壤中气汞量测量取样深度的确定, 除考虑污染外, 还要注意地温的影响. 而在近地表的条件下, 地温则主要受气温的影响, 气温高, 地温也高. 大量的观测资料表明, 测得的壤中气汞含量与地温的变化紧密相关[4]. 图 2 展示出北京市昌平白浮断层气观测点壤中气汞动态特征与地温、降雨的关系. 从图中可以清楚地看出, 壤中气汞有明显年动态特征, 而且与地温相关. 夏天地温高, 测得的汞含量也高, 冬季地温低, 测得的汞含量相对也低, 即壤中气汞含量随着地温的变化而相应地变化. 由于地温的季节变化较大, 所以, 在不同的季节, 特别是在地温相差较大的季节里, 测得的壤中气汞量很难进行系统对比.

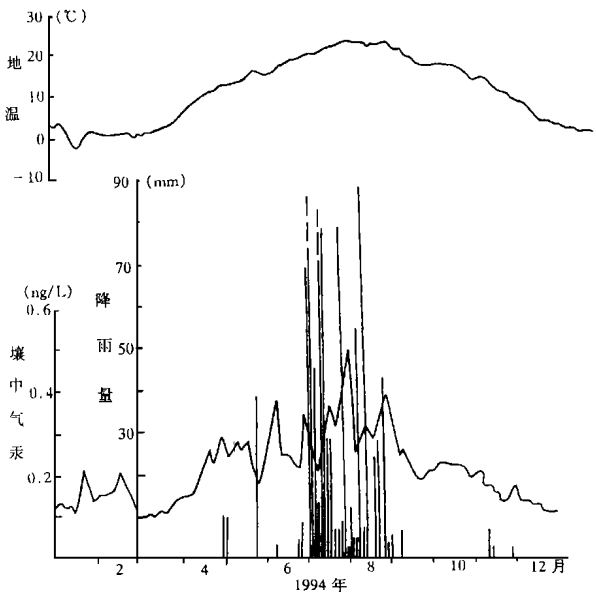

图 2　壤中气汞动态特征与地温、降雨量的关系 (1994)

Fig. 2　Relation of dynamic characteristics of Hg content in the soil gas to geotemperature and rainfall

地温既有年动态特征, 又有日变化规律. 图 3 是北京太平庄地下 1.9 m 深处地温昼夜变化特征. 从图中可见, 地下 1.9 m 深处地温昼夜变化很小, 基本上保持不变, 属于昼夜常温带. 昼夜常温带的埋深因地而异, 一般在地下 1 ~ 2 m 深处.

图 4 是河北怀来 1994 年 9 月 1 日 ~ 10 日这段时间内不同深度的地温变化. 从图中可见, 地下 10 cm 深处

地温变化最大，到 80 cm 深处地温就较稳定，在 160 cm 深处则基本不变. 因此，随着取样深度的增加，地温的变化对气汞量测量的影响变小. 当取样深度达 80 cm 时，地温的日变化对气汞量测量的影响就可以不考虑了.

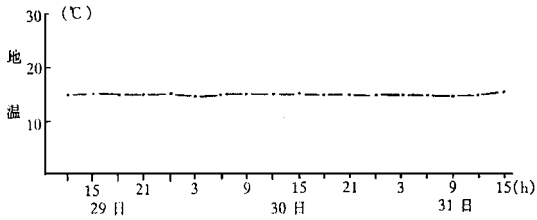

图 3 太平庄地下 1.9 m 深处地温昼夜变化曲线

Fig. 3 Curve of day and night change of geotemperature at 1.9m depth in Taipingzhuang.

地温的变化之所以能影响壤中气汞量的测量结果，主要是由于探测孔(取样深度)座落在包气带，该带与大气层相通，气温增加，加热最上土层，使地温增高. 随着地温的升高，汞的挥发性增加，使土壤的吸附力下降，结果汞脱离土壤颗粒的表面，使其土壤中气体介质的汞浓度增加. 同时由于地温增高，包气带气压变小，从而对包气带的气体(包括汞气)起到抽气的作用，加剧了气体向外释放. 因此，测得的气汞含量就高.

3.2 降雨的影响

降雨和土壤温度对壤中气汞的扩散、迁移都有明显影响，特别是在大雨后，测得的壤中气汞含量大幅度下降[4]. 从图 2 中可以看出，降雨对测得的汞含量影响很大，每次较大降雨后汞含量总是下降. 一些低值都是在降雨后出现的. 而在很小的降雨后，测得的汞含量有增加的趋势. 图 5 是降雨对壤中气汞量测量影响的探测结果. 从探测结果看，5 月 6 日测量的汞含量明显高于 8 月 22 日的汞含量. 从图 2 中可以看出 8 月份的地温比 5 月份高. 在正常情况下，8 月 22 日的测值应该比 5 月 6 日的高. 然而，8 月 22 日的探测结果是在大雨后测的(8 月 18、19 和 29 日降雨量分别是 34.4、4.9 和 50.0 mm).

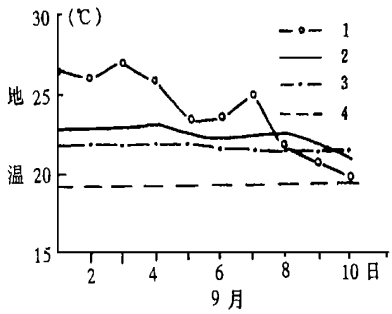

图 4 1994 年 9 月 1 日 ~10 日不同深度地温变化曲线

Fig. 4 Change Curves of geotemperature at different depths in Huailai during the first 10 days of Sept., 1994.

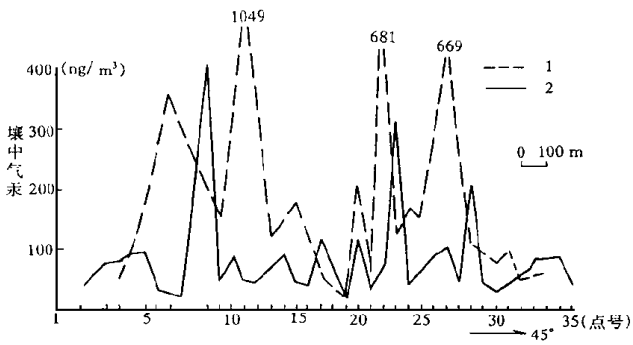

图 5 降雨对壤中气汞量测量的影响

Fig. 5 Influence of precipitation on observations of Hg contents in soil gas.

1 5月6日(晴天)测值; 2 8月22日(大雨后)测值

这个探测结果显然受到了降雨的影响. 造成大雨后汞含量降低的原因是由于探测孔(取样深度)座落在包气带，降雨时雨水的渗入使土壤中的气体(包括汞)从土壤中的非毛细孔隙中排出，土壤的通气性变差. 同时由于降雨使气温、地温降低，这些因素都能引起测得的汞含量降低. 小雨后汞含量有偏高的趋势，可能是由于小雨后表层土壤的湿气形成一个相对的隔气层，从而起到阻碍土壤中气体与大气交换的屏障作用，使汞浓度在这个相对隔气层以下增加. 为了排除这些干扰，野外取样应在降雨后表土层不潮

湿的情况下进行. 具体时间可通过简单试验确定, 如果测得的背景值与降雨前接近, 即可继续野外取样.

4　结语

由于汞蒸气的地球化学行为, 使其在土壤气中形成地球化学异常. 我们可借助于这种异常来探测研究隐伏断层的性状. 然而, 在实际探测中影响因素很多, 本文只是对野外取样的影响因素进行了分析. 今后应对各种影响因素进行综合实验研究, 不断提高探测质量, 丰富该手段的探测内容.

参考文献

1　陶淑芬, 等. 土壤气干扰因素初步实验研究. 西北地震学报, 1992. (1): 92 ~ 95.

2　常秋君, 等. 断层定点观测主要影响因素的研究. 西北地震学报, 1993. (4): 82 ~ 88.

3　胡振清. 土壤热释汞测量与地震预报. 见: 断层气测量在地震科学中的应用. 北京: 地震出版社, 1991. 209 ~ 216.

4　王基华, 等. 断层气动态特征及其与地震活动的关系. 地震, 1994, (3): 58 ~ 63.

ANALYSIS ON FACTORS TO INFLUENCE THE OBSERVATION OF Hg CONTENT IN SOIL GAS

WANG Jihua　WANG Liang　SUN Fengmin　JIN Xiaowei

(*Institute of Geology, SSB, Beijing*　100029)

Abstract

Based on the observations and research results in engineering seismology for many years, the influence of artificial and natural factors produced in the field sampling on the observation of Hg content in soil gas is expounded. A method for getting over the influence factors is discussed. In study of engineering seismology, rational sampling depth and volume are introduced for observing Hg content in soil gas.

Key words: Gas geochemical survey, Engineering seismology, Gas Hg, Field sampling, Influence factor