

壤中气汞量测量方法在地震前兆观测中的应用*

常秋君 何跟巧 郭玉英

(国家地震局兰州地震研究所)

摘 要

本文介绍了壤中气汞量测量方法及JM—3金膜测汞仪最佳测试条件的选择。野外监测期间在1986年门源6.4级地震及1988年澜沧等地震前均观测到了气汞浓度的突变。利用壤中气汞浓度的变化预报了1987年9月12日张掖西武当4.5级地震。观测事实表明,利用壤中气汞浓度的变化来预报地震是可行的。

一、前 言

最近几年,利用壤中气汞浓度变化寻找活动断层及利用断裂带上气汞浓度的变化预报地震的方法已引起了国内外地震及地质工作者的广泛重视。苏联学者B.3.富尔索夫等研究了地震区及外围深断裂带附近汞蒸气浓度变化,发现地震活动频繁的深断裂区其浓度最高。文献[2]、[5]对此也进行了报道。1986—1987年,我们对阿尔金断裂带上气汞浓度的变化进行了观测研究[6],观测到了门源地震前气汞浓度的异常变化,并利用这一变化规律预报了1987年9月12日张掖西南4.5级地震。本文介绍了壤中气汞量的测量方法及主要观测结果。

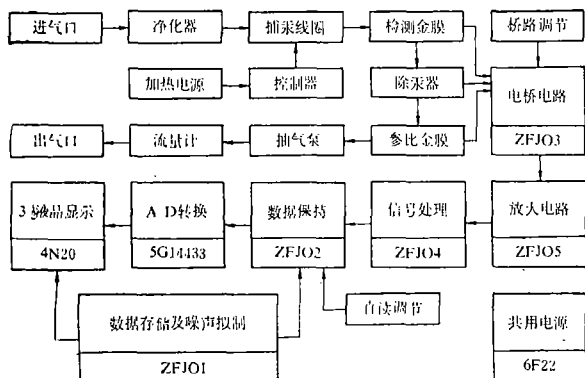


图1 仪器工作系统框图

Fig.1 Block diagram of instrument working

二、测试仪器工作原理及测试条件选择

在工作中,我们采用JM—3型数字金膜测汞仪进行测试。图1为其工作原理方框图¹⁾。其中净化器直径为4mm,长35mm;装

*地震科学联合基金资助项目。

1)甘肃国营七四九厂, JM—3型数字金膜测汞仪使用说明书。

硷石棉(20—30目)0.25g; 静电滤膜器内径为3mm; 金质捕汞线圈管中金丝直径0.08mm, 长50cm, 功耗15W。仪器气泵流量100mL/分。采样气泵流量0.5L/分。各组电源电压按说明书要求。在此条件下, 仪器灵敏度为 7.679×10^{-13} g Hg/每个字。气路系统分采样和测试两部分, 图2为气路系统方框图。

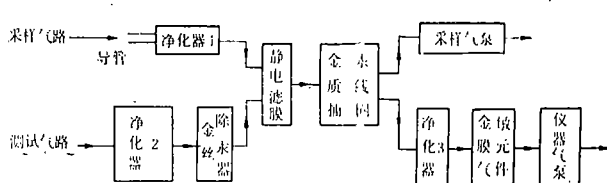


图2 气路系统框图

Fig. 2 Block diagram of gas system of the instrument

断层气中含大量的 N_2 、少量的 CO_2 、 H_2O （水气）、微量 H_2 以及污染带来的 HCl 、 NH_3 和 H_2S 等, 我们作了关于这些气体对仪器金膜气敏元件的干扰和对捕汞线圈的污染程度的试验, 结果表明, 主要干扰气体是水气(表1)。

表1

气体名称	室温 $^{\circ}C$	注入气体体积(微升)	试验次数	在金质捕汞线圈和净化器8之间注入气体后的仪器读数	静电滤膜和捕汞线圈之间注入气体后仪器读数	去掉净化器3, 在静电滤膜和捕汞线圈之间注入气体后的仪器读数
HCl	22	50	1	6	0	0
			2	8	0	0
H_2S	22	20	1	18	0	0
			2	16	0	0
CO_2	22	500	1	11	0	0
			2	11	0	0
NH_3	22	50	1	5	0	0
			2	7	0	0
N_2	22	1000	1	0	0	0
			2	0	0	0
H_2	22	1000	1	0	0	0
			2	0	0	0
去汞空气	19	抽一分钟	1	0	0	8
			2	0	0	9

一般可用净化剂来排除水气。选择净化剂既要考虑吸水能力强也要考虑对气汞吸附量小。为此, 我们作了11种净化剂对气汞吸附量的试验, 结果见表2。从表2中可以看出, 对气汞的吸附率以高氯酸镁为最小, 硷石棉次之。因此, 11种净化剂中以高氯酸镁为最好, 硷石棉次之。使用硷石棉作净化剂时, 其颗粒大小、用量要一致。具体用量以能排除测试中所带的水气为原则。用量过大, 则造成对气汞的吸附量大, 影响测试结果的准确性。另外硷石棉还易潮解, 因此要常更换。

为了避免净化剂泄漏及粉末被抽入仪器内影响测试, 要堵塞净化器两端口。对玻璃棉、塑料泡沫和脱脂棉三种材料的对比试验表明, 三者中以玻璃棉对气汞的吸附量为最小, 以其作堵塞物较好。另外, 用量要小, 而且使用量应一致。

表 2

净化剂名称	25℃时一升空气中残留的水重(毫克)(4)	室温℃	注入饱和汞蒸气体积(微升)	试验次数	不通过净化剂仪器读数	通过净化剂仪器读数	吸附率(约)%
高氯酸镁	5×10^{-4}	20.5	5	1	111	96	13.48
				2	112	96	
				8	111	97	
碱石棉		20	5	1	103	85	17.48
				2	103	85	
				8	103	85	
氧化镁	8×10^{-3}	16.5	5	1	60	50	18.57
				2	62	50	
				1	61	49	
氢氧化钾	2×10^{-3}	19	5	2	96	77	19.31
				8	97	78	
				8	97	79	
氢氧化钠	0.16	20	5	1	101	80	20.79
				2	100	79	
				8	102	81	
二氯化钙	0.14~0.25	20.5	5	1	109	86	21.10
				2	108	86	
				8	110	86	
氧化钙	0.2	16.7	5	1	68	52	21.57
				2	69	55	
				8	67	53	
碳酸钠		17.5	5	1	73	56	23.76
				2	76	55	
				8	74	59	
硅胶	$8 \times 10^{-3} \sim 0.5$	17.8	5	1	80	44	46.09
				2	80	42	
				8	83	45	
5A分子筛		19	5	1	94	0	100
				2	95	0	
				8	97	0	
活性炭		16	5	1	56	0	100
				2	57	0	
				8	58	0	

注：11种净化剂对汞的吸附率含有(约5.25%)装净化剂容器对汞的吸附率。

一般数字金膜测汞仪的气路系统要用管线连接,该管线对气汞也有吸附作用。对6种材料的试验表明,聚四氟乙烯管和硅胶管对气汞吸附量较小(表3)。另外所使用的管线的长度及内径要一致,以免由于对气汞吸附量不一而造成测试结果不稳定。

表 3

管材名称	室温℃	注入饱和汞蒸气体积 (微升)	试验次数	不通过管线 仪器读数	通过管线 仪器读数	吸附率 (%)
聚四氟乙烯管	20	5	1	37	32	12.51
			2	37	33	
			8	38	33	
硅胶管	21.4	5	1	43	38	12.98
			2	44	38	
			8	44	38	
玻璃管	19	5	1	33	28	15.15
			2	33	28	
			8	33	28	
有机玻璃管	19	5	1	32	27	15.47
			2	32	27	
			8	33	28	
乳 胶 管	18.5	5	1	31	25	21.88
			2	32	26	
			8	33	24	
塑 料 管	17	5	1	20	15	23.74
			2	20	15	
			8	19	15	

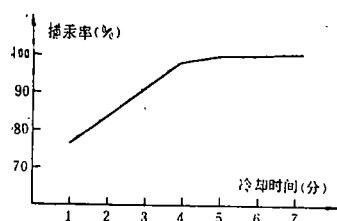


图 3 捕汞线圈(室温为21℃时)
冷却时间对捕汞的影响

Fig. 8 Effects of cooling time of catching mercury coil on catching mercury capacity (room temperature 21℃)

对金质捕汞线圈的冷却时间的试验表明,冷却时间越短捕汞率越低,冷却4分钟以上,仪器读数基本稳定(图3)。因此,在外界温度为21℃时冷却时间要大于5分钟,才不致于影响下一次测试读数。另外金质捕汞线圈发热后冷却时间与测试时的外界气温有关,气温较高时冷却时间要适当延长,气温低时冷却时间可短一些。

流经金质捕汞线圈的气样的流量大小对捕汞效率有直接的影响。表4为对采气汞样流量的试验结果。由表4可以看出,采样泵流量为0.1L/分这时捕汞效率最高,但采一升气样所需时间长,影响工作效率,故在野外测试中一般常用0.3L/分或0.5L/分的流量,采一气体进行测试。在同一条件下,捕汞线圈的捕汞率不受气汞浓度的影响。

表4

采样泵流量(L/分)	1		3		5		7		9		11	
	20.2		20.6		21.5		21		20.6		19.8	
	读数	捕汞率	读数	捕汞率	读数	捕汞率	读数	捕汞率	读数	捕汞率	读数	捕汞率
0.1	22.25		47.74		97.00		117.00		138.00		165.70	
0.3	22.00	99.94	46.00	96.36	87.00	89.70	105.00	89.75	120.00	86.96	139.00	83.89
0.5	22.00	99.99	44.00	92.17	80.00	82.47	95.00	81.20	109.67	79.47	129.00	77.85
0.7	22.00	99.99	39.00	81.70	78.00	80.41	90.03	76.97	105.33	76.33	117.70	70.03
0.9	22.00	99.99	39.50	82.70	78.50	80.41	85.00	72.65	100.33	72.72	112.70	68.01
1.1	21.36	99.96	38.50	80.65	78.00	80.41	85.33	72.65	97.07	70.34	112.00	67.59
1.3	22.00	99.99	39.00	81.70	78.00	80.41	85.33	72.65	97.73	70.82	111.00	66.99

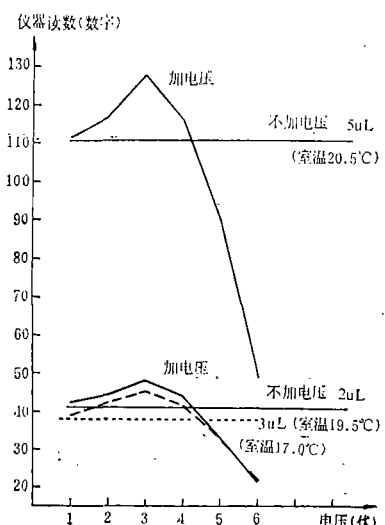


图4 捕汞线圈两端加电压与不加电压时仪器读数的变化

Fig. 4 Instrumental reading change when voltage is applied to the two ends of catching mercury coil or not

在断层气测试中发现，在金质捕汞线圈两端加直流低电压可提高捕汞效率。试验表明，在捕汞线圈两端加1伏电压与不加电压相比，仪器读数变化不大。加2—4伏电压时的仪器读数比不加电压要高，尤其是加3伏电压时仪器读数要增高17%。但是加5伏及6伏电压时仪器读数明显下降（图4）。所以在测试中为了提高仪器液晶显示读数，在气样经过捕汞线圈时，可在该线圈两端加3伏直流电压。

三、壤中气汞量与地震活动的关系

野外监测期间，在长草沟1号测点观测到两次气汞量测值突升的现象。一次在1986年8月23日，一次在9月19日，测值分别为 $1788 \times 10^{-13} \text{g/L}$ 和 $1000 \times 10^{-13} \text{g/L}$ （图5a）。经查实，两个气汞量高峰值正好与8月26日门源6.4级地震和9月17日门源附近的5.7级地震对应。前一个高峰值在震前，后一个高峰值在震后（震前没有测值）。1987年9月2日—9月16日对该点进行采样观测期间，发现气汞测值从5日开始呈大幅度上下波动，7日测值为 $6810 \times 10^{-13} \text{g/L}$ ，相当于2日测值的7倍多（图5b）。这种变化形态与1986年门源地震前的异常相似。综合分析同一测点其他气体组份的变化情况，我们于1987年9月8日提出了“一周内在阿克赛东南（门源方向）将发生5级左右地震”的预报意见。9月12日在张掖西南（西武当）发生了4.5级地震，震中距约510km。9月12日后因仪器发生故障，没有继续监测。

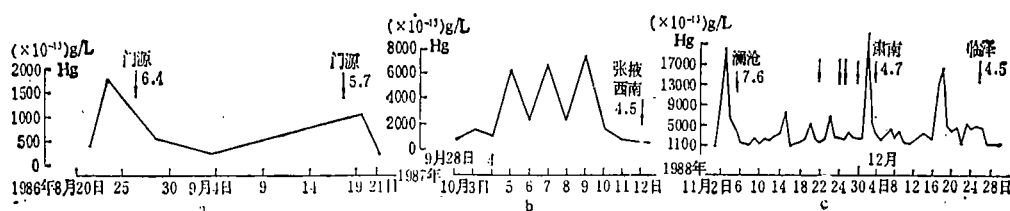


图5 几次地震前后壤中气汞浓度变化

a. 门源6.4级地震 b. 张掖4.5级地震 c. 澜沧等地震

Fig. 5 Gas mercury concentration change in soil before and after some earthquakes.

在甘肃古浪黄羊川断裂上, 我们沿断裂布设了一个壤中气体观测井, 并于1988年11月2日—12月31日进行了壤中气汞量观测。在观测期间气汞量测值于11月3日、12月2日及18日出现三次高峰值, 测值分别为 22646×10^{-12} g/L、 22918×10^{-12} g/L和 16937×10^{-12} g/L, 均比基值大10—20倍。三次高峰值分别对应了11月6日澜沧7.6级地震、12月4日肃南4.7级地震和12月26日临泽4.5级地震(图5C)。震后气汞测值恢复到正常值。

综上所述, 地震发生前壤中气汞量测值有明显的异常反应, 即出现测值突升现象, 然后又很快下降。震后测值恢复正常。因此观测壤中气汞量的变化, 有可能成为预报地震的一种较为有效的方法。

本文撰写过程中得到了万夫领、李正蒙及兰州地质研究所周泽的支持, 在此一并致谢。

(本文1989年5月15日收到)

参 考 文 献

- [1] 萨乌科夫, A.A., 汞的地球化学, 谢学锦译, 科学出版社, 1955.
- [2] 金仰芬、伍宗华等, 汞量监测预报地震的前景, 地震, No. 5, 1987.
- [3] 朱炳球、朱立新等, 汞量测量在地热勘查中的应用, 勘查地球物理勘查地球化学文集, No. 7, 1988.
- [4] 中南矿业学院分析化学教研室等, 化学分析手册, 科学出版社, 1984.
- [5] 张 炜、阎立璋等, 水文地球化学地震前兆观测与新灵敏组分的探索, 地震, No. 5, 1987.
- [6] 何跟巧等, 阿尔金断裂微量气体分布与断层现今活动性讨论, 西北地震学报, Vol. 11, No. 1, 1989.
- [7] 张必敖、何跟巧等, 阿尔金断裂东北段断层气体的初步研究, 西北地震学报, Vol. 9, No. 2, 1987.

MEASURING METHOD OF GAS MERCURY CONTENT IN SOIL AND ITS APPLICATION IN SEISMIC PRECURSOR OBSERVATION

Chang Qiujun, He Genqiao, Guo Yuying

(*Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB, Gansu, China*)

Abstract

This paper introduces the measuring method of gas mercury content in soil, the selection of optimal observing conditions of JM-3 gold membrane measuring instrument and the observing results of gas mercury content in soil in A'erjin Fault and its vicinity. Before the Menyuan earthquake ($M=6.4$, 1988) and the Lancang earthquake of 1988 etc., the sudden changes of gas mercury concentration were observed. The Xiwudang earthquake, Zhangye, Gansu Province on Sept. 12, 1987 was predicted using the change of gas mercury concentration in soil.