

断层气定点观测主要影响因素的研究*

常秋君 何跟巧 郭玉英
宋玉兰 程天德

(国家地震局兰州地震研究所)

摘 要

本文对干旱地区5个断层气观测点2—3年的观测资料与同时段气象因素,用数学方法进行对比、分析。初步结果表明,气温是断层气的观测主要影响因素。本文还对气温影响地下气体逸出的机理进行了讨论。

关键词: 断层气; 气温; 气象因素

近几年来的断层气观测实践表明,在地表或近地表,断层气浓度可能不同程度地受到气象、水文以及其它非构造因素的影响^[1]。在观测点岩性、构造、覆盖层等地质因素基本固定,采样、仪器测试条件不变的情况下,断层气某些组分(R_n , CO_2 等)呈现出季节性变化形态,这可能是各种气象因素综合影响的结果,因此,在提取与地震相关的异常时,必须将这些非地震因素引起的变化予以识别或排除。本文根据实际观测资料,就上述问题进行了初步的分析与探讨。

一、气温对断层气观测的影响

1. 气温对地下气体逸出的影响

众所周知,夏季气温一般高于土壤内部的温度。以嘉峪关测点为例,地表深度3.2米处的温度在夏季最高为14℃左右,冬季最低为7℃左右,年变幅度仅有7℃。据有关资料,在地表以下12米深处的温度一年四季均接近14℃,年变幅度很小,基本稳定^[4]。由此可以断定大气气温年变幅(20—40℃)高于土壤内部的温度变化幅度。正常条件下,气体在土壤中遵循由低温向高温,由密度大向密度小的方向迁移的规律^[6],所以夏季地下气体容易逸出地面,同时由于气温高,还能加速某些气体组分的释放和蒸发以及使土壤中气体对流增强,从而造成地下气体某些组分的浓度增高,冬季则相反。

嘉峪关、山丹红寺湖地区年降水量(分别为80mm, 185mm)少,土壤干燥,地表被砾石覆盖,气温日变、年变幅度均较大。两个观测点气态测值呈夏高冬低的形态(图1)。

由于某些观测点周围土壤表层局部潮湿,冬季气温降到零度以下,使潮湿土壤中的水

* 地震科学联合基金资助项目

份冻结, 出现比较厚的冻土层, 形成良好的封闭系统, 阻止了深部气体逸出, 使其下面地层所含气体浓度相对增高, 即密度增大。当取气导管向下穿透冻土层后, 通过导管逸出的气体浓度相对较高, 从而形成地下气体某些组分的含量在冬季相对比夏季高。例如, 阿克塞观测点设在海拔 2700 米左右的长草沟河床的东沿, 地面比较潮湿, 冬季浅层土壤冻结, 形成冻土层, 取气装置埋设于冻土层以下, 因此造成了该测点地下气体氡的含量在正常年份呈现夏季低而冬季高的情况。又如古浪观测点位于海拔 2400 米左右的向北倾斜的陡坎上, 周围土壤表层湿度较大, 冬季浅层土壤冻结, 其气氛测值的年变形态与阿克塞测点相似 (图 2)。

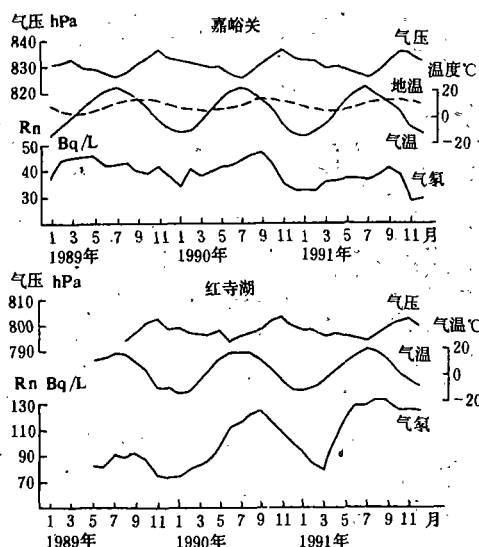


图 1 嘉峪关、山丹红寺湖测点断层气 Rn、气温、气压、地温年变曲线

Fig.1 Annual variations of Rn in fault-gas, air temperature, atmospheric pressure and geotemperature at Jiayuguan and Hongsihu observing sites

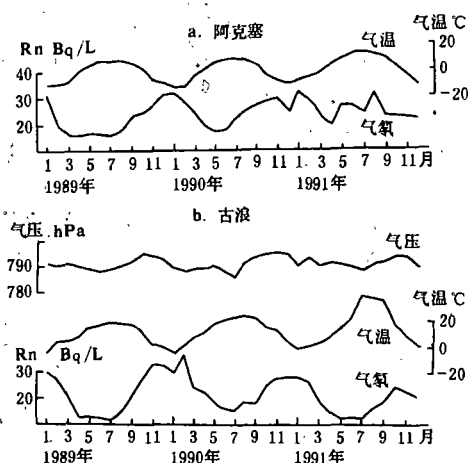


图 2 阿克塞、古浪测点断层气 Rn、气温、气压、年变化曲线

Fig.2 Annual variations of Rn in fault-gas, air temperature and atmospheric pressure at Akeai and Gulang observing sites

2. 气温对地下气体几种组分的影响

(1) 气温对 Rn 的影响

取阿克塞断层气观测点 1989 年 1 月—1991 年 8 月气 Rn 日测值数据 973 个与此时段的气温进行逐步回归分析, 其结果如表 1 所示。相关系数 $R = 0.199$, 大于相关系数临界值 $r_{0.01} = 0.083$; F 值 = 35.17, 大于检验标准 $F_{0.01} = 6.64$ 。对嘉峪关观测点 1989 年 1 月—1991 年 12 月 1095 个日测值数据, 山丹红寺湖观测点 1989 年 8 月—1991 年 12 月 883 个日测值数据, 古浪观测点 1989 年 1 月—1991 年 12 月 1095 个日测值数据, 固原观测点 1990 年 1 月—1991 年 12 月 730 个日测值数据分别与各时段当地的气温、气压进行逐步回归分析, 结果见表 1。回归方程相关系数 R 分别为 0.307、0.528、0.501、0.284, 均大于相关系数临界值 $r_{0.01}$ 的值。气温 F 值分别为 113.44、338.97、317.13、64.15 均大于检验

表1 断层气组分与气象因素多元逐步回归分析表

观测点名称	时间	样本数	观测组分	参加回归因子	引入回归方程因子	引入回归方程的 F 检验值		回归方程			
						气温	气压	复相关系数 R	相关系数临界值 $r_{0.01}$	F 检验值	检验标准 $F_{0.01}$
阿克塞	1989-01-1991-08	973	氢	气温	气温	35.265		0.199	0.083	35.165	6.64
嘉峪关	1989-01-1991-12	1095	氢	气温 气压	气温	113.44		0.307	0.081	113.44	6.64
	1989-01-1991-03	820	汞	气温 气压	气温	10.07		0.110	0.095	10.07	6.64
	1991-01-1991-12	365	氢	气温 气压	气温	7.76		0.145	0.135	7.76	6.64
山丹	1989-08-1991-12	883	氢	气温 气压	气温 气压	338.97	58.92	0.528	0.09	169.63	4.60
	1989-08-1991-12	883	汞	气温 气压	气温 气压	41.15	28.45	0.234	0.09	25.49	4.60
古浪	1989-01-1991-12	1095	氢	气温 气压	气温 气压	317.13	24.14	0.501	0.081	182.67	4.60
	1989-06-1991-12	994	汞	气温 气压	气温 气压	37.02	5.20	0.219	0.085	23.59	4.60
	1990-07-1991-12	549	氢	没有因子引入回归方程							
固原	1990-01-1991-12	730	氢	气温 气压	气温	64.15		0.284	0.102	64.15	6.64
	1990-01-1991-12	730	CO ₂	气温 气压	气温	26.13		0.186	0.102	26.13	6.64

(3) 气温对 H₂ 的影响

H₂ 的日观测仅在嘉峪关和古浪两个地点进行。取嘉峪关观测点 1991 年 1 月-1991 年 12 月 365 个 H₂ 日测值数据, 对古浪观测点取 1990 年 7 月-1991 年 12 月 549 个日测值数据分别与该时段当地的气温、气压进行逐步回归分析, 其结果见表 1。嘉峪关测点回归方程相关系数 R 值为 0.145, 大于相关系数临界值 $r_{0.01}=0.135$; 气温 F 值=7.76, 大于检验标准 $F_{0.01}=6.64$ 。由此看出气温对 H₂ 测值影响不大。对古浪测点的资料进行回归分析时, 没有因子能引入回归方程, 说明气温对 H₂ 测值无显著影响, 同时 H₂ 测值类似 Hg 测值的情况, 遇到异常时测值增加为基值的数倍或几个数量级, 使 H₂ 含量无明显的年变

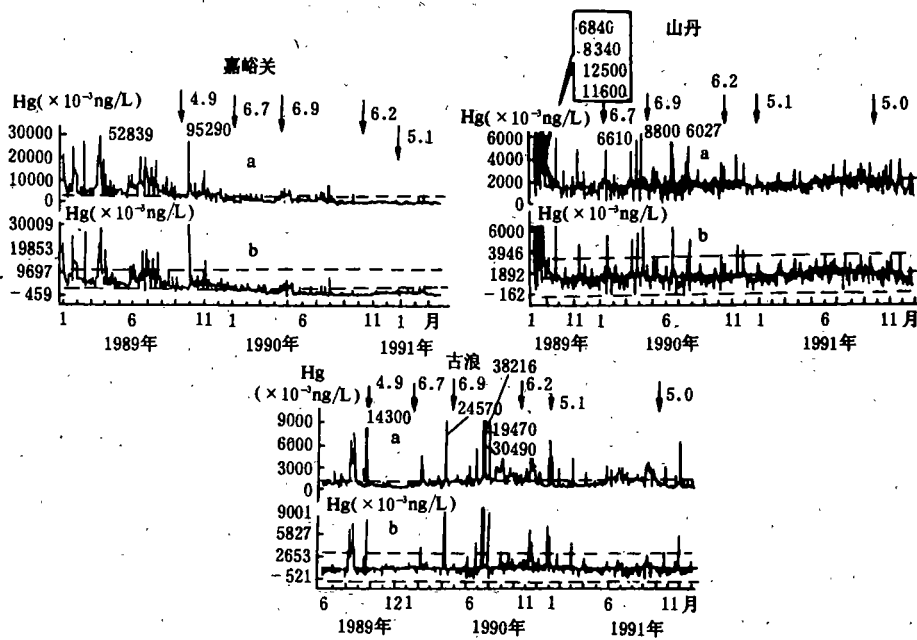


图 4 嘉峪关、山丹红寺湖、古浪测点断层气汞日测值曲线

a. 原始曲线; b. 回归校正后曲线

Fig.4 Daily mean values of Hg in fault-gas at Jiayuguan, Hongsihu and Gulang observing sites

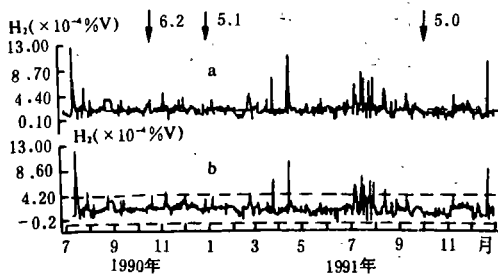


图 5 1991 年 1 月-12 月嘉峪关断层气氢日测值曲线

a. 原始曲线; b. 回归校正后曲线

Fig.5 Daily mean values of H_2 in fault-gas to Jiayuguan observing site

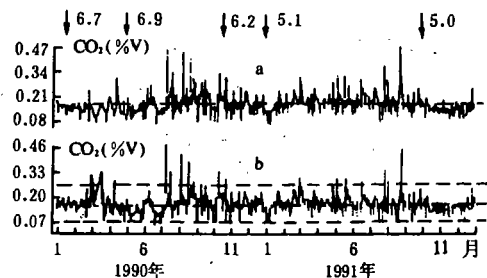


图 6 1990-1991 年原断层气 CO_2 日测值曲线

a. 原始曲线; b. 回归校正后的曲线

Fig.6 Daily mean values of CO_2 in fault-gas at Guyuan observing site

(4) 气温对 CO_2 的影响

对固原测点 1990 年 1 月-1991 年 12 月 730 个 CO_2 日测值与此时段当地的气温、气压进行逐步回归分析, 其结果见表 1。回归方程相关系数 $R=0.186$, 大于相关系数临界值 $r_{0.01}=0.102$; 气温 F 值=26.13, 大于检验标准 $F_{0.01}=6.64$, 显示出气温对 CO_2 测值有

一定的影响。排除气温影响后, 异常峰值更加清晰 (图 6)。

二、气压、风速、地温及冻土、冰冻的影响

1. 气压影响

我们对嘉峪关、山丹红寺湖、古浪、固原观测点断层气组分 Rn 、 Hg 、 H_2 、 CO_2 , 用上述气温影响中的同一个组分、时段、日测值个数与气压、气温进行相关分析, 其结果见表 1。山丹红寺湖、古浪两观测点的 Rn 、 Hg 分别与气压有一定的相关性。由于气压的 F 值小于气温的 F 值所以气压对 Rn 、 Hg 的影响远小于气温。嘉峪关、固原两观测点的上述 4 种气体组分通过上述方法处理, 都因气压 F 值小于检验标准 $F_{0.01}$ 的值, 不能引入回归方程计算。证实气压对该观测点的上述诸气体组分无显著影响。

2. 风速影响

在嘉峪关观测点进行了风速测试。取 1991 年 1 月—1991 年 12 月 365 个 Rn 、 Hg 、 H_2 日测值分别与该时段的风速、气温、气压进行多元逐步回归分析, 结果都因风速的 F 值小于检验标准 $F_{0.01}$ 的值, 不能引入回归方程, 表明风速对诸气体组分无显著影响。

3. 地温影响

在嘉峪关观测点开展了 3.2 米深的地温测试。测试结果表明其年变形态与气氮变化一样呈夏高冬低的特征, 年变幅为 $7^{\circ}C$, 远小于气温年变幅 ($40^{\circ}C$ 左右), 其年变曲线滞后于气温 (图 1)。两者同时对气氮产生影响, 内在关系比较复杂, 所以不能很好地用数学方法加以处理, 对此还需进一步研究。

4. 冻土及冰冻影响

1990 年 4 月对黄羊川断裂进行考察时, 在活断层上方冻土层进行化探测试, 断层上

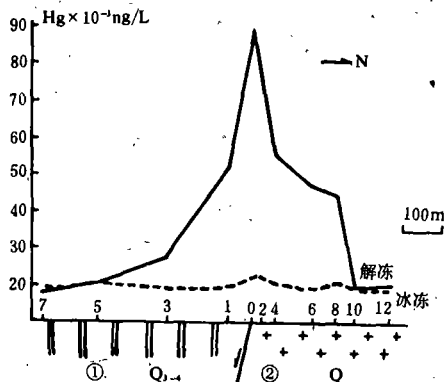


图 7 黄羊川 6 剖面测线冰冻、解冻时期气汞变化曲

①黄土; ②黄红色花岗岩、硅质岩

Fig.7 Variation curves of gas Hg during frozen and unfrozen soil along 6 measuring lines across the Huangyangchuan fault

方几个测点及远离断层 600 米处气汞含量一样, 测值很低 ($20 \times 10^{-3} \text{ ng/L}$ 左右), 在基值上下波动 (图 7)。经挖探槽发现土壤表层约十几厘米以下有厚约 1 米左右的冻结层, 使深部气体难以上逸, 而且采样钻又没有穿透冻土层, 因而造成上述现象。又如山丹观测点 1990 年 2 月中旬气 Rn 正常情况测值在 $90B_g/L$ 以上, 突然下降为 $60B_g/L$ 左右, 几天以后气井中几乎采不出气样, 经检查在离井口约几十厘米深处的采气导管内有冰块堵塞。张掖西武当断层气井也出现过类似情况。主要原因是采气导管内径只有 3mm, 当地下气逸出时, 气体中极微量的水汽遇到地表低温层凝结成水珠附着在管壁上, 温度继续降到零度以下则结成冰块。为此对采气导管进行了必要的防寒措施, 此现象再未出现。

三、讨论与结论

1. 断层气定点观测是将采气井固定在活断层的某一位置上, 因此, 地形地质条件、岩性特征、覆盖层厚度及植被、充填物的透气性等等已基本不变, 对同一个观测点的同一地下气体组分影响变化不大。

2. 采气井深度必须大于松散沉积物中的气体与大气发生强烈交换的覆盖层或冻土层以下, 可减少气象因素的影响。

3. 严格按规程操作, 如采样、仪器测试等, 可使影响因素降到最低限度甚至排除。

4. 气温是断层气组分的主要影响因素, 在分析异常与地震关系时, 可用数学方法处理给予排除。

综上所述, 气象因素中对断层气组分主要的影响是气温, 其次是气压。气温对气 R_n 影响尤其显著, 使各观测点的气 R_n 测值出现明显的年变化。气温对 Hg 、 H_2 的影响不显著。气压对山丹红寺湖和古浪两观测点的 R_n 、 Hg 有一定的影响, 而对嘉峪关和固原观测点的 R_n 、 Hg 影响不明显。总的来看气压影响远小于气温。气压对各观测点地下气体组分影响不同, 可能与观测点所处的地理环境、海拔高度有关。冻土与冰冻对气 R_n 、 Hg 有明显影响。因此, 在分析异常与地震的关系时, 应将气象因素引起的变化予以识别或排除。

此外, 在断层气观测中有时还会遇到一些特殊情况。如古浪观测点 1990 年 8 月初, 气 R_n 测值由正常的 $20B_g/L$ 降到 $5.1B_g/L$ 左右, 采气样时发现扩散瓶内有从气井中抽出黄色泥浆水。经检查并井中的集气室内有泥浆水, 是大暴雨时洪水沿断层面裂隙流入, 使集气室底部断层裂隙及周围土壤孔隙变小或堵塞, 地下气不能畅通进入集气室而造成气 R_n 测值明显下降。经过在采气井周围用水泥密封和修建适当排水渠道该现象再未发生。

本文资料由嘉峪关地震台、固原地震台、山丹水化站、古浪地震局、敦煌地震局提供, 刘耀炜同志在资料处理时给予很大帮助, 在此一并致谢。

(本文 1993 年 4 月 20 日收到)

参考文献

- [1] 金继宇, 应用于地震预报的气体地球化学, 郭永昌译, 世界地震译丛, No.5, 1989.
- [2] 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.
- [3] 常秋君等, 土壤吸附相态汞量在活断层研究中的应用, 西北地震学报, 增刊, 1992.
- [4] 成都工学院水利系陆地水文教研组, 气象学, 中国工业出版社, 1961.
- [5] 北京大学地球物理系气象教研室, 天气分析和预报, 科学出版社, 1978.
- [6] 胡国廉等, 汞的迁移转化和壤中汞气异常的形成, 地质与勘探, No.12, 1980.
- [7] 国家地震局地下水影响因素研究组, 地震地下水动态及其影响因素分析, 地震出版社, 1985.
- [8] 汪成民、李宣珊等, 断层气测量在地震科学中的应用, 地震出版社, 1991.

STUDY OF MAIN INFLUENCES ON FIXED-POINT OBSERVATION OF FAULT GASES

Chang Qiujun, He Genqiao, Guo Yuying, Song Yulan, Cheng Tiande
(*Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB, China*)

Abstract

In this paper, the continuous daily observational data for 2-3 years at 5 fault-gas observing sites in dry areas and the meteorological factors in the same period are treated relatively by using mathematics methods. The factors of influence on fault-gas observation are found out preliminarily. It is considered that the air temperature is the main factor. The mechanism of the air temperature influences on the escape of underground gases is also discussed.

Key Words: Fault-Gas; Air Temperature; Meteorological Factor

* * * * *

(上接第 51 页)

4. 对于任意产状和错动方向的情况

对于这种情况, 仍可按《未来灾害学》中所说的原则去求柯氏力的方向, 但空间关系不易想象。为此, 本文第三作者提出用吴氏网去求解。具体作法是把地轴方向平移到震源坐标系统, 并在吴氏网上由中心向北数 $90-\Phi$ 的角即可求得, Φ 角为震源所在地的纬度角, 然后即配合震源机制解中的错动方向并按柯氏力的方向规定在吴氏网上去求柯氏力方向。

(国家地震局兰州地震研究所 郭增建 秦保燕 郭安宁)