

地温对断层气 Rn 影响的初步研究^{*}

常秋君 何跟巧 宋玉兰

(国家地震局兰州地震研究所)

曹春萍

(兰州商学院电算中心)

摘要 本文对嘉峪关观测点 1991 年 1 月—1994 年 3 月的断层气 Rn 资料与当地地温、气温、气压、风速等气象因素项目进行了数学处理、对比、分析,结果表明:地温对气 Rn 的影响远小于气温对 Rn 的影响,地温年变相位滞后于气温和气 Rn。最后就地温影响地下气逸出的机理进行了初步的分析。

主题词: 断层气 地温测量 气象要素

1 前言

多年来对断层气 Rn 观测资料的处理充分证明了,观测点所处的地质条件和地理环境不同,所受的气象因素影响的程度有很大的差异^[1]。地温对气 Rn 的影响,前人研究甚少,我们就此问题对嘉峪关 3 年多的观测资料进行了数学处理,结果表明气 Rn 主要受季节性的气温影响,其次是地温和气压。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排除。

2 地温对断层气逸出的影响

地温指的是土壤内部的温度。一般是地表吸收太阳辐射能后把一部分热量传给土壤内部(有时地下深部上升的热流也能影响地温)。因而土壤温度随时间和深度的不同而变化。不同深度的地温年变化随深度减小,年变曲线的相位也随深度而滞后(图 1)^[2]。夏季平均地温随深度减小,冬季平均地温随深度增加,从而形成浅层土壤温度夏高冬低的年变形态。地温的变化对地下气体逸出有着一定的影响。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^[3]。在活断层对断层气体渗透率不变的情况下,夏季浅层土壤的温度高,断层气容易逸出地面。对于干旱、少雨土壤水分含量极低的西北地区,地下气体 Rn 形成了夏高冬低的年变形态,例如嘉峪关、山丹红寺湖(图 2)。

西北地区冬季浅层土壤温度可以降低到 0℃ 以下,由于土壤干燥含水分甚少不容易形成土壤冻结层,土壤深部气体如同夏季易逸出地表,其形态呈“夏高冬低”型。但对于某些观

^{*} 地震科学联合基金资助项目及国家重点开放实验室资助项目

测点,周围土壤表层局部潮湿,土壤中的水分由于地温很低而冻结,随着浅层土壤温度的继续降低,冻土的深度也明显的向下伸展,当冻土层达到一定的厚度时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。此时当采气装置埋设在冻土层

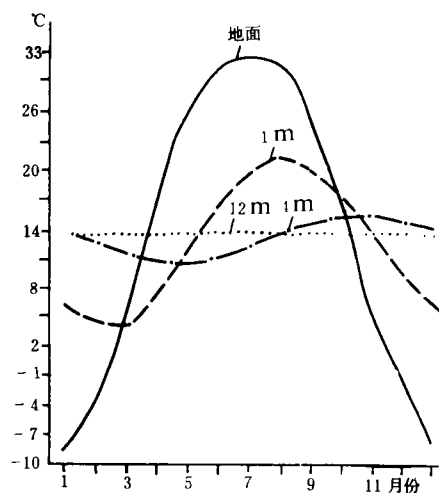


图 1 不同深度的地温年变化示例

Fig. 1 Annual variation of geotemperature at different depths.

以下,由导气管逸出地面的气体某些组分含量增高,从而形成这些组分呈夏低冬高的年变形态。古浪、阿克塞观测点的气 Rn 就属此种类型^[1](图 3)。

若将采气装置埋设在冻土层内,由于断层的裂隙及土壤孔隙因所含水分冰冻而被堵塞,进而使地下气体向上逸出通道受阻,采气装置很少或几乎没有气源供给,被测气体某些组分的值很低或接近于零。例如 1990 年 4 月对黄羊川断裂进行考察时,活断层上方几个测点与远离断层 600 m 处的地下气 Hg 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 4)。经挖探槽发现土壤表层十几厘米以下地温很低,形成厚 1 m 左右的冻结层。采气钻没有穿过冻土层,因而造成气源不足。又如山丹观测点气 Rn 正常情况下测值在 90Bg/L 以上,

但在 1990 年 2 月突然下降到 60Bg/L 左右,几天以后气井中采不出气样。经检查在离井口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仅有 3 mm,当地下气逸出时所含微量的水汽遇到低温冻土层而凝成水珠,附着在管壁上,进而结成冰块堵塞了上逸管道。

3 地温对 Rn 的影响

为了弄清地温对地下气体 Rn 组分的影响在气象因素干扰中占何种地位,我们选取了嘉峪关 1991 年 1 月—1994 年 3 月气 Rn 日测值 1,186 个与此时段当地的地温(3.2 m 深处)、气温、气压、风速进行逐步回归分析,其结果如表 1 所示,回归方程复相关系数 R 值为 0.372,大于相关系数临界值($r_{0.01} = 0.081$)。气压、风速因 F 值小于检验标准 $F_{0.01}$ 的值,不能引入回归方程,表明气压、风速对气 Rn 无明显的影响。地温、气温的回归系数分别为 0.498、0.253。表明当地温变化一度时,气 Rn 变化 0.50Bg/L,气温变化一度时,气 Rn 变化 0.25 Bg/L。显然,两者对气 Rn 有显著的影响,从两者回归系数看出,似乎地温对气 Rn 影响大于气温的影响,但嘉峪关 3.2 m 深处的地温夏季最高为 14°C 左右,冬季最低为 7°C 左右,年变幅度仅 7°C,而气温年变 40°C 左右。气温的年变幅度是地温的 5 倍多,显然气温对气 Rn 总的影响要大于地温。

4 地温与气 Rn 相位滞后的分析

为了进一步分析地温、气温对气 Rn 的影响关系,我们用旬均值数据对地温、气温与气

表1 断层气 Rn 与气象因素多元逐步回归分析结果

时间	样本数	参加回归 计算因子	引入 入程 回因 归子	引入回归方程因子 的回归系数		回归方程	
				地温	气温	复相关系数 (R)	相关系数临界 值($\alpha=1\%$)
1991—01 1994—03	1186	地温、气温、 气压、风速	地温、 气温	0.498	0.253	0.372	0.081

Rn 的相位滞后、超前的情况进行了相关分析计算,结果如表 2 所示。通过对比,地温与气 Rn 相关系数最大的为 0.656,数据个数为 146,相位移为-7,即地温年变曲线滞后于气 Rn 年变曲线 70 天。气温与气 Rn 相关系数最大的为 0.687,数据个数为 152,相位移为 1,即气温年变曲线超前气 Rn 年变曲线 10 天。说明气 Rn 在气温变化 10 天后才有变化,而地温滞后气 Rn 70 天,地温与气 Rn 的相位差较大;其相关程度远不及气温与气 Rn 的相关程度。所以地温对气 Rn 影响要小于气温对气 Rn 的影响。

5 排除干扰提取与地震相关的异常

大量事实表明,气象因素对断层气 Rn 有季节性的影响,为此我们用多元逐步回归的方法排除气温、地温等因素的干扰使异常更加清晰(图 5),并用二倍均方差确定出 Rn 的正常变化范围,高于上限的为正异常,低于下限的为负异常。由图 5 可看出 1991 年 5 月—12 月嘉峪关断层气 Rn 负异常比较集中,12 月 30 日和 31 日两天的测值分别出现幅度为 42.3%和 40.3%的突降变化,1992 年 1 月 12 日距观测点 20 km 处发生了 5.4 级地震。1992 年 2 月—3 月的负异常可能与 6 月 21 日祁连西 5.1 级地震

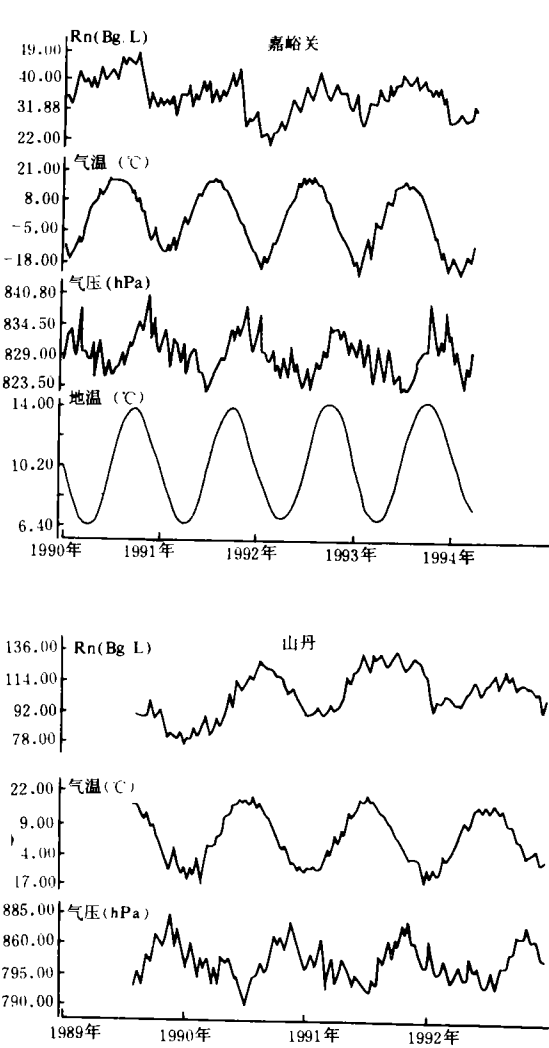


图2 嘉峪关、山丹红寺湖测点断层气 Rn、气温、气压、地温年变曲线
Fig.2 Annual variations of gas Rn, air temperature, atmospheric pressure and geotemperature at Jiayuguan and Hongsihu observing sites.

表 2 地温、气温与气 Rn 的相位超前、滞后情况

项 目	单相关系数值		相位移动值 (旬)	数据长度个数
	地 温	气 温		
气 Rn	−0.655	−0.466	15	138
"	−0.703	−0.369	14	139
"	−0.733	−0.258	13	140
"	−0.740	−0.131	12	141
"	−0.732	−0.013	11	142
"	−0.706	0.117	10	143
"	−0.658	0.227	9	144
"	−0.593	0.339	8	145
"	−0.512	0.440	7	146
"	−0.418	0.520	6	147
"	−0.312	0.590	5	148
"	−0.199	0.634	4	149
"	−0.082	0.660	3	150
"	0.036	0.680	2	151
"	0.155	0.687	1	152
"	0.269	0.670	0	153
"	0.371	0.626	−1	152
"	0.461	0.566	−2	151
"	0.534	0.497	−3	150
"	0.591	0.413	−4	149
"	0.631	0.309	−5	148
"	0.654	0.188	−6	147
"	0.656	0.079	−7	146
"	0.639	−0.047	−8	145
"	0.600	−0.171	−9	144
"	0.540	−0.291	−10	143
"	0.460	−0.394	−11	142
"	0.367	−0.474	−12	141
"	0.269	−0.550	−13	140
"	0.161	−0.615	−14	139
"	0.052	−0.649	−15	138

有关。更重要的是从 1992 年 9 月开始(除 9 月出现一次负异常外)都是正异常,并一直持续到 1993 年 8 月,历时一年之久,异常频数几十次,集中于 2—8 月,1993 年 10 月 26 日距嘉峪关观测点 120 km 的甘肃青海交界的托莱牧场发生了 6.0 级地震。震前本所水化室气体组根据气 Rn 并结合地下气体其它组分的异常,曾两次提出预报意见^[4]。1993 年 11 月 26 日气 Rn 出现突跳,幅度达 60%,12 月又出现几次突降,这是否与 1994 年 1 月 3 日共和 6.0 级地震有关,有待今后进一步探讨。由此可见排除干扰后断层气 Rn 临震信息的可靠性有一定提高。

6 几点认识

(1)断层气观测点所处的地质条件、地理环境不同,气 Rn 所受气象因素的影响有很大差异。其年变有夏高冬低和夏低冬高两种形态。

(2)地温的年变幅度随深度而减小,采气装置埋设到一定的深度可以减少地温对地下气体组分的影响。

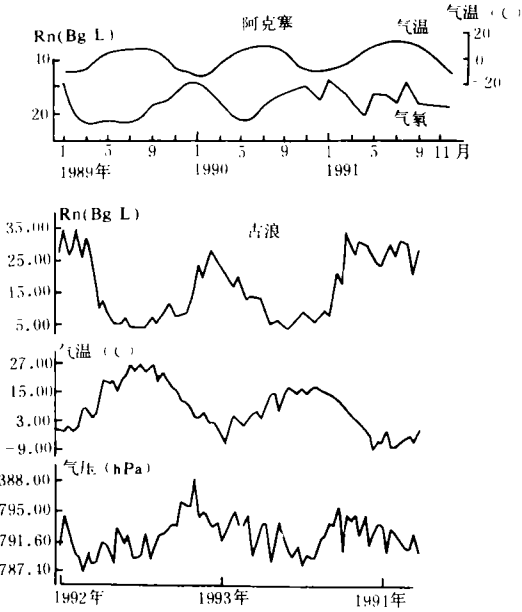


图 3 阿克塞、古浪测点断层气 Rn、气温、气压年变化曲线
Fig. 3 Annual variations of gas Rn, air temperature and atmospheric pressure at Akesai and Gulang observing sites.

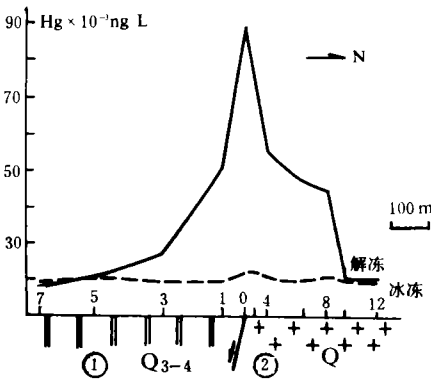


图 4 黄羊川剖面 6 号测线的冰冻、解冻时期气汞变化曲线
①黄土; ②黄红色花岗岩、硅质岩
Fig. 4 Variation curves of gas Hg under frozen and unfrozen states along No. 6 measuring line across the Huangyangchuan fault.

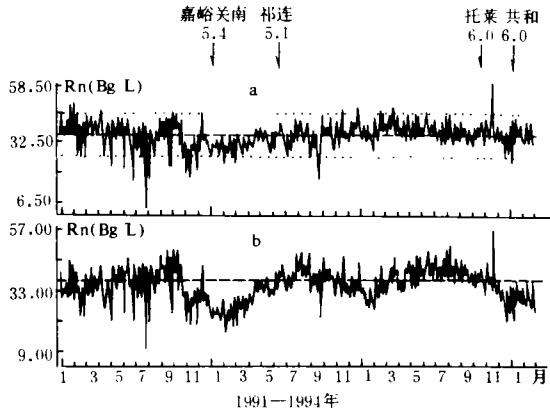


图 5 嘉峪关测点断层气 Rn 日测值曲线
a. 回归校正后曲线 b. 原始曲线
Fig. 5 Daily mean values of fault gas Rn at Jiayuguan observing site.

(3)冬季土壤温度下降到 0°C 以下,潮湿土壤冻结形成封闭层会影响地下气体的逸出,所以断层气采气装置必须埋设在冻土层以下,埋设采气导管时应用防寒材料加以保护。

(4)嘉峪关测点的资料经多元逐步回归分析表明,地温回归系数是气温的2倍,似乎地温对气 R_n 的影响大于气温。但地温的年变幅度却比气温小5倍,因此地温对气 R_n 的影响远小于气温。实际上不同地区地温年变幅度和气温年变幅度的比值有很大差别,在分析异常与地温关系时应考虑测点所处的地质条件和地理环境,用数学方法将这些干扰排除掉以提高临震信息的可靠性。

(本文1994年7月22日收到)

参考文献

- 1 常秋君,何跟巧,等.断层气定点观测主要影响因素的研究.西北地震学报,1993,15(4)
- 2 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
- 3 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,1980,(12)
- 4 何跟巧,常秋君,等.托莱6.0级地震的预报.西北地震学报,1993,15(4)

PRELIMINARY STUDY ABOUT INFLUENCE OF GEOTEMPERATURE ON FAULT PRODUCT GAS R_n

Chang Qiujun, He Genqiao, Song Yulan

(*Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB*)

Cao Chunping

(*Lanzhou Business College, Lanzhou*)

Abstract

Based on processing, analyzing and comparing of fault product gas R_n data from Jan. , 1991 to Mar. , 1994 at Jiayuguan measurement point with meteorological factors, such as geotemperature, air temperature, atmospheric pressure, wind speed, etc. , it is found that influence of geotemperature on gas R_n is much less than that of air temperature and the annual variation phase of geotemperature is later than air temperature and fault product gas R_n . In addition, the mechanism of influence of geotemperature on the escape of underground gases is primarily analyzed.

Subject words: Fault product gas, Geotemperature survey, Meteorological element