

断层气 Rn、Hg 时值序列中的潮汐波分量*

张慧** 王长岭

(国家地震局兰州地震研究所)

摘 要

本文采用潮汐波最优谱分析法,对武山观测点断层气 Rn、Hg 时值资料进行了计算分析。结果表明,断层气 Rn、Hg 时值序列中存在着与理论固体潮相一致的半日波和日波分量,说明上述两种气体组分浓度的变化能够反映地壳岩石的应力、应变。本文的研究结果为用断层气预报地震的研究提供了一定的理论依据。

关键词:断层气;时值序列;潮汐波分量

一、引言

在地震孕育过程中,在区域应力场作用下地壳岩石中发生应力、应变积累,要研究断层气与地震的关系,就需要研究断层气与地壳应力、应变之间的关系。地球固体潮是极其微小的地壳应变现象(10^{-10} — 10^{-11} 量级),也是人们唯一能够预先计算出来的地壳形变现象。因此,研究断层气与地壳应力、应变之间的关系,首先要研究断层气的浓度变化能否反映固体潮汐变化。本文用潮汐波最优谱分析法,对武山观测点断层气 Rn、Hg 的时值资料进行了分析,研究其浓度变化与固体潮的对应关系。

二、武山地区断层气观测状况及理论固体潮分析

目前,在断层气观测中应用较多的是 Rn 与 Hg 两种气体组分,本文也主要研究这两种气体组分浓度的变化。

武山断层气观测点位于聂河断裂带与蔡家河—马长庄—岸峪里断裂带的交汇部位,见图1。取样点共设3个,深度分别为1米、3米和5米,点距约10米。采用人工取样,每整点取一次样,每个测点一天共24个观测数据。由于人力特别是仪器限制,Rn的观测只取5米深样品。气汞测量使用XG-4型数字式测汞仪,气氡测量使用FD-125型氡钍分析仪。Rn、Hg时值序列的分析采用潮汐波最优谱分析方法^[1]。

在理论固体潮中主要存在7个日波和半日波分量。武山地区与断层气 Rn、Hg 观测相对应时段的理论固体潮时值潮汐波最优谱分析计算结果见表1。

三、武山断层气 Rn、Hg 时值序列中的日波和半日波

* 地震科学联合基金会资助项目

** 张慧为兰州地震研究所研究生,本文为其硕士学位论文的一部分。参加此项工作的还有张世琴、张增、张佩山和沈克金。

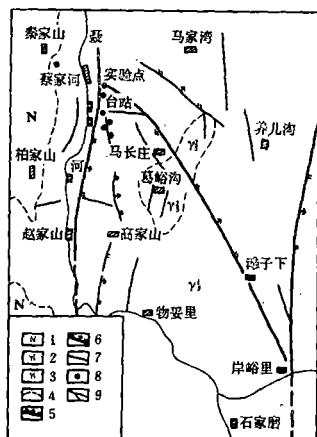


图1 武山断层气观测点区域地质构造图

- 1. 第三系; 2. 燕山期黑云母花岗岩; 3. 印支期似斑状花岗岩; 4. 地质界线; 5. 压性断裂;
- 6. 压扭性断裂; 7. 性质不明断裂; 8. 泉点;
- 9. 河溪

Fig1. Regional tectonics picture at Wushan experiment point

在 Hg 时值序列中反而为最大分波, 具有较大的振幅与 F 检验值, 这表明观测值中还有其它干扰成分。3 米深度 Hg 时值序列中只存在 O_1 和 M_2 波, 这两个波在同时段理论固体潮中振幅大, F 检验值高, 属于较大分波; 5 米深 Hg 时值序列中存在 K_2 、 K_1 波, 其中 K_2 波在同时段理论固体潮中也属较大分波。断层气 Hg 时值潮汐分波合成波与理论固体潮的对比见图 2—4。

为了进一步分析气象因子对不同深度断层气测量的干扰大小, 我们对原始 Hg 时值序列进行了计算分析, 结果见表 3。

由表 3 可以发现, 1 米、3 米深度的原始 Hg 时值序列中都存在 P_1 波, 而且是最大分波, 同时段理论固体潮各分波中 P_1 波也为最大波。而经多元逐步回归分析排除气温、气压干扰后, P_1 波不再存在。对此, 我们认为, 由于 P_1 波周期为 24.0657 小时, 与气温、气压的日变周期相一致, 原始 Hg 时值序列中的 P_1 波有可能完全出自于气温、气压的影响, 也有可能是气象因素与潮汐应变联合作用的结果。经对观测资料进行多元逐步回归分析处理后, P_1 波不再存在, 这从另一个侧面反映了气象因素对断层气测量的干扰。

武山 5 米深断层气 Rn 浓度原始时值序列及校正值序列潮汐分析结果见表 4。由表 4 可见, Rn 时值序列中存在 3 个分波, 即 P_1 、 K_2 和 O_1 波, 与同时段理论固体潮对比, 对其中较大的分波反映不显著(如 O_1 波)或没有反映(M_2 、 K_1 波)。5 米深断层气 Rn 浓度校正值和理论固体潮时值中的 P_1 、 K_2 和 O_1 合成波对比见图 5。

文献 1) 的研究表明, 取样深度对断层气的测量具有重要影响, 随着深度的增加, 气象因素对断层气测量的干扰减小, 测量的可靠性随之提高。因此, 我们首先用多元逐步回归分析法排除不同深度断层气 Rn 、 Hg 时值资料中气象因素的干扰, 然后用潮汐波最优谱分析法处理, 分离出与理论固体潮中相应的日波、半日波分量。

不同深度断层气 Hg 浓度时值校正潮汐分析结果见表 2。由表 2 可见, 1 米深度断层气 Hg 时值序列中存在两个日波即 K_1 、 O_1 波和两个半日波, 即 M_2 、 K_2 波。与武山地区同时段理论固体潮主要分波对比发现, 理论固体潮中的较小分波 K_1 波

1) 张慈, 断层气(氦、汞)观测深度的影响及其潮汐波分量, 硕士学位论文, 1992.

表 1 理论固体潮日波、半日波主要成分与潮汐波最优谱分析法计算结果

时段	波符	周期 (小时)	振幅* (微伽)	初相位 (度)	F 检验值
10月 3日	P ₁	24.06578	36.52543	220.5401	6594.909
	M ₂	12.42059	47.51717	253.0363	11125.600
	K ₂	11.96723	20.52627	247.6444	2144.348
	O ₁	25.81933	22.40346	311.3040	2356.777
10月 12日	N ₂	12.65835	2.957176	222.6355	49.22221
	K ₁	23.93447	2.765028	301.1933	41.95071
	S ₂	11.99999	2.339343	359.5689	26.66266
10月 10日	M ₂	12.42059	59.33705	58.68258	7535.749
	K ₁	23.93447	45.67368	234.3003	5692.027
	O ₁	25.81933	34.96949	122.2157	2836.075
	K ₂	11.96723	20.35573	233.807	1120.590
10月 19日	P ₁	24.06578	10.74486	153.980	279.3828
	N ₂	12.65835	8.51583	189.6507	178.0559
	S ₂	11.99999	2.18736	333.1574	11.7535

*其中的振幅乘上不同地区的大地系数才有意义

表 2 武山气汞时值序列校正值的日波和半日波

深度 (米)	波符	周期 (小时)	振幅 (ng/L)	初相位 (度)	F 检验值
1	K ₁	23.93447	1.1989	273.4158	40.73575
	O ₁	25.81933	1.03296	267.5870	30.19112
	M ₂	12.42059	1.062005	75.8211	31.7162
	K ₂	11.96723	0.53020	85.7761	7.90628
3	O ₁	25.8193	0.541767	280.1270	5.62717
	M ₂	12.42059	0.48396	93.9674	4.51960
5	K ₂	11.96723	0.44518	19.4229	4.13810
	K ₁	23.93447	0.42297	271.9189	3.75493

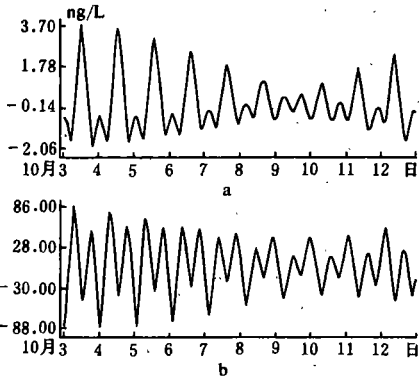


图2 1米深断层气Hg时值和理论固体潮时值中的日波和半日波
a. 气汞时值; b. 理论固体潮

Fig. 2 Semidiurnal and daily waves in hourly values of Mercury of fault gas at one-meter depth and theoretical earth tide

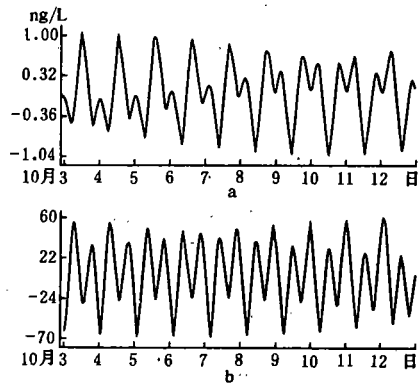


图3 3米深断层气Hg时值和理论固体潮时值中的日波和半日波
a. 气汞时值; b. 理论固体潮

Fig. 3 Semidiurnal and daily waves in hourly values of Mercury of fault gas at three-meters depth and theoretical earth tide

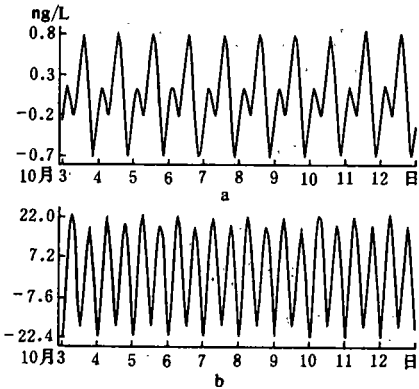


图4 5米深断层气Hg时值和理论固体潮时值中的日波和半日波
a. 气汞时值; b. 理论固体潮

Fig. 4 Semidiurnal and daily waves in hourly values of Mercury of fault gas at five-meters depth and theoretical earth tide

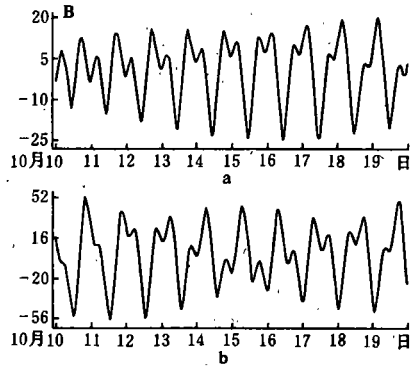


图5 5米深断层气Rn时值和理论固体潮时值中的日波和半日波
a. Rn时值; b. 理论固体潮

Fig. 5 Semidiurnal and daily waves in hourly values of Radon of fault gas at five-meters depth and theoretical earth tide

四、讨论与结论

根据上述分析,可以得出以下几点认识:

1. 断层气 Rn、Hg 时值序列中存在着与固体潮有关的日波、半日波分量,说明断层气组分浓度的变化能够反映天体引潮力引起的地壳的微小应变。在震孕育过程中,孕震区

表3 武山气汞原始时值序列的日波和半日波

深度 (米)	波符	周期 (小时)	振幅 (ng/L)	初相位 (度)	F 检验值
1	P ₁	24.06578	2.41597	245.3200	193.1925
	O ₁	25.81983	1.36280	260.1915	56.2644
	K ₂	11.96723	1.17518	40.8467	46.4535
	M ₂	12.42059	0.93006	69.0458	29.2663
	K ₁	23.93447	0.60658	329.1370	11.1550
3	P ₁	24.06578	0.803265	230.3544	12.5937
	O ₁	25.81933	0.528906	263.5707	5.4680
	M ₂	14.42059	0.51437	107.5525	5.0672
	K ₂	11.96723	0.417978	89.0279	3.3691
5	K ₁	23.9348	0.684825	257.3901	10.1393
	K ₂	11.9672	0.636743	34.5395	8.7322

表4 武山断层气 Rn 时值序列中的日波和半日波

时值序列	元素	波符	周期 (小时)	振幅 (Bq/L)	初相位 (度)	F 检验值
原始值	Rn	P ₁	24.06578	10.79677	124.0413	22.9426
		K ₂	11.96723	11.7396	305.3036	30.8299
		O ₁	25.81933	5.6515	275.5679	6.27036
校正值	Rn	P ₁	24.06578	10.2807	109.0206	21.83386
		K ₂	11.96723	9.3311	307.0084	19.53687
		O ₁	25.81933	6.2204	275.5752	7.97699

及周围岩体内应力、应变逐渐积累,当其变化量级超过固体潮引起的变化量级时,断层气的浓度变化应能够有所反应。因而本文的研究结果为断层气预报地震的研究提供了一定的理论根据。

2. 1米、3米深度的 Hg 浓度时值原始序列与经校正后的时值序列潮汐波最优谱分析的结果有很大的差别,前者比后者具有更多的分波,而5米深度的 Rn、Hg 原始时值序列与经校正后的时值序列潮汐波最优谱分析的结果基本一致。因此,深度对断层气测量可靠性有一定的影响。

3. 同一地点的不同气体组分对固体潮汐应变的反映能力不同。从武山断层气观测点的资料看,断层气 Hg 对地壳固体潮汐应变的反映更好一些。

4. 由于气象因素的影响及观测仪器不是足够先进,因此,对断层氡、汞时值序列中的潮汐波分量的研究应当继续深入。

参考文献

- [1]王长岭等,水氧时值序列和日值序列中的潮汐波分量,西北地震学报,Vol. 13, No. 1, 1991.
[2]林纪曾,观测数据的数学处理,地震出版社,1981.

WTTIDAL WAVE COMPONENTE IN HOURLY VALVE SEQUENCE OF RADON AND MERCURY CONTENT OF FAULT GAS

Zhang Hui, Wang Changling

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

Abstract

In this paper, we calculate the data of hourly values of Radon and Mercury of fault gas at Wushan by means of the optimal spectrum analysis method of tidal wave. The results show that semidiurnal and daily wave components which are consistent with the theoretical earth tide exist in hourly value sequence of Radon and Mercury content of fault gas. This proves that the change of Radon and Mercury content of fault gas can reflect the tidal stress and strain of crust. This conclusion gives the theoretical evidence of fault gas which is used in predicting earthquake.

Key Words: Fracture Gas; Hourly Value Sequence; Tidal Wave Component