

刘洁, 朱琳, 张国强, 等. 陕西上王气氡的固体潮效应分析[J]. 华南地震, 2024, 44(S1): 109-111. [LIU Jie, ZHU Lin, ZHANG Guoqiang. Analysis of the Earth Tide Effect of Gas Radon in Shangwang Well, Shaanxi[J]. South, China, journal, of, seismology, 2024, 44(S1): 109-111]

## 陕西上王气氡的固体潮效应分析

刘洁<sup>1,2</sup>, 朱琳<sup>1,2</sup>, 张国强<sup>1,2</sup>

(1. 陕西省地震局 西安 710068; 2. 陕西西安地球深部构造中国地震局科学观测研究站 西安 710068)

### Analysis of the Earth Tide Effect of Gas Radon in Shangwang Well, Shaanxi

LIU Jie<sup>1,2</sup>, ZHU Lin<sup>1,2</sup>, ZHANG Guoqiang<sup>1,2</sup>

(1. Shaanxi Earthquake Agency, Xi'an 710068, China; 2. Shaanxi Xi'an Deep Earth Structure Observation and Research Station of China Earthquake Administration, Xi'an 710068, China)

关键词: 上王; 气氡; 应变; 固体潮

Keywords: Shangwang; Radon; Strain; Earth tide effect

中图分类号: P315

文献标识码: A

文章编号: 1001-8662(2024)S1-0109-03

DOI: 10.13512/j.hndz.2024.S1.38

## 0 研究背景

20世纪60年代以来, 氡( $^{222}\text{Rn}$ )是最常见的地震前兆之一。它是一种放射性惰性气体( $T_{1/2}=3.825$ 天), 由铀( $^{238}\text{U}$ )放射性衰变链中产生的镭( $^{226}\text{Ra}$ )分解形成。它在岩石中不断产生并迁移到空气中, 它呼出的量取决于岩石的性质(弹性、孔隙度、渗透率、均匀性、破碎度等)以及岩石中的裂缝、水文和地球动力学过程。前人的研究认为断层附近氡浓度的变化可以反演孕震过程中应变的变化, 但也存在一些观测井泉的氡浓度对应变不敏感的现象。Richon等人<sup>[1]</sup>研究了氡浓度与大气潮汐之间的联系, 由于地球潮汐引起的岩石局部应变远小于地震、火山活动或大型构造运动引起的应变, 因此, 如果能在观测井检测到潮汐应变和氡释放

的相互作用, 那就说明它对构造应变更加敏感。中国的怀4井气氡也存在较好的固体潮潮汐效应<sup>[2]</sup>。此外, 氡的散发量会受到温度和气压干扰。温度和气压的短期变化与一些昼夜和半日潮汐频率一致, 并且温度和气压变化会引起岩石中的应力变化。所以, 潮汐效应在岩石和土壤氡释放中的作用的验证较为困难。Mentes<sup>[3]</sup>利用同址观测的应变计和气氡仪长期观测数据, 通过潮汐分析, 研究了氡浓度与潮汐效应引起的岩石变形的关系。这种方法可以更直观地展示气氡观测、应变观测与潮汐效应三者之间的联系, 通过潮汐效应分析可以对气氡观测的预报效能提供评估依据。陕西上王台是一个由气氡、气温、气压和洞体应变组成的综合观测台, 本文拟以该台为例, 分析气氡观测的固体潮效应特征, 以探讨气氡观测对应变变化响应能力的评估方法。

收稿日期: 2024-10-10

基金项目: 震情跟踪定向工作任务(2024010311)

作者简介: 刘洁(1989-), 女, 博士, 副研究员, 主要从事流体地球化学工作。

E-mail: muzixiulj\_89@163.com

## 1 研究内容

陕西省宝鸡市上王观测台位于渭河断陷盆地西端,在构造上归属于陇西旋卷构造体系向东南延伸部分,北西向断裂带活动是咸水渠泉发育形成的主要地质构造条件。观测点为一裂隙上升泉,泉口水温常年 $28^{\circ}\text{C} \sim 29^{\circ}\text{C}$ ,主要接受大气降水渗入补给。该台泉点周围背景噪声小,人为干扰少,观测资料连续可靠,能反映北西构造带上地震孕育过程中的地下深部地球化学场信息。上王台气氡观测仪器型号为SD-3A,采样频率为时值,同址观测的还有气压、气温、水温、洞体应变等测项。本文拟通过分析上王气氡、气压、气温和应变观测数据的潮汐分波振幅特征,反演气氡对应的响应灵敏度特征。

## 2 研究结果

### 2.1 上王气氡原始观测值长、短趋势变化特征

本文选取2016年以来的上王气氡观测数据进行分析,从图1的长趋势变化曲线中可以看出,每一年的6月至7月份期间会存在一次年度标定,由于 $k$ 值发生变化,会对数据质量产生一定的人为干扰,表现为台阶变化,但这不会影响上王气氡整体长趋势变化特征。受到季节性气候变化的影响,上王气氡呈现为夏低冬高的形态。从短趋势变化曲线上看,上王气氡整体变化比较平稳,日变化动态基本一致。更为重要的是,它具有十分明显固体潮效应,每日都有两个波峰和波谷,这为后续潮汐效应研究提供了有利的条件。

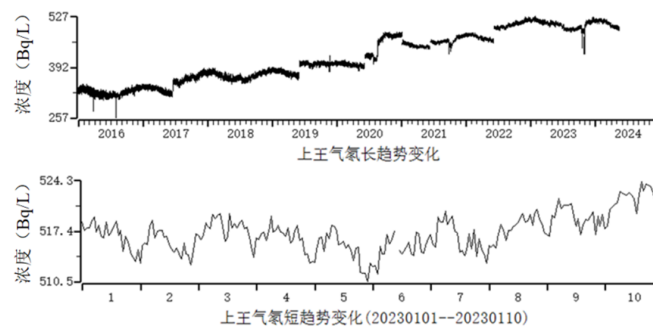
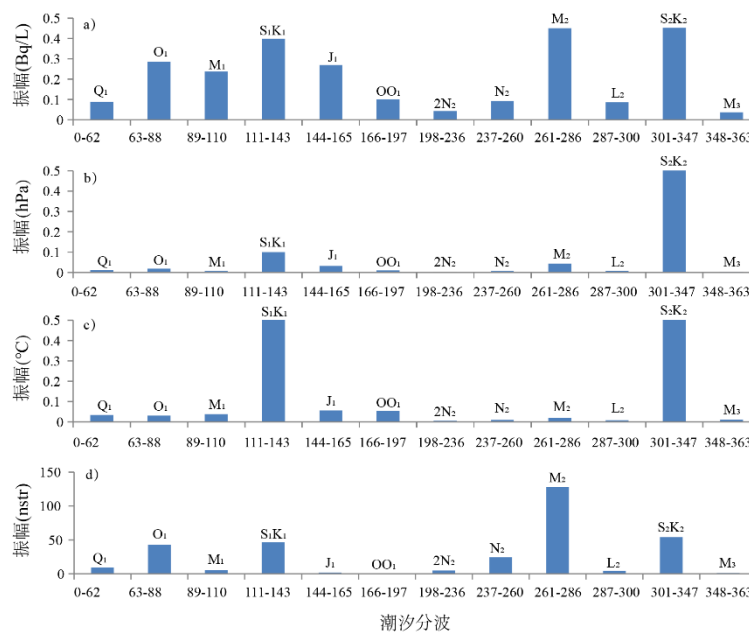


图1 陕西上王气氡浓度长短趋势原始值变化

Fig.1 Original values of the long and short trend of radon concentration in Shangwang well, Shaanxi



(气氡a;气压b;气温c;洞体应变北南分量d)

图2 陕西上王气氡、气压、气温和应变的潮汐分波振幅特征

Fig.2 Characteristics of tidal wave amplitude of radon, air pressure, temperature and strain in Shangwang well, Shaanxi

## 2.2 上王气氡、气压、气温、应变潮汐效应分析

### 2.2.1 上王气氡和气压、气温潮汐分波振幅特征。

气压和气温的变化会影响氡的释放，通过计算气氡、气压和气温三者的潮汐分波振幅幅值，可以分别讨论气氡在不同分波段受气压、气温影响的程度。从图2中气氡的潮汐分波段振幅特征可以看出，氡浓度谱中的振幅从大到小依次为： $M_2$ 、 $S_2K_2$ 、 $S_1K_1$ 、 $O_1$ 、 $J_1$ 、 $M_1$ 等，其中主月波 $M_2$ 和 $O_1$ 波的振幅明显高于背景噪声(图2a)， $S_1K_1$ 波段和 $S_2K_2$ 波段均存在气压(图2b)、气温(图2c)的贡献。在上王气氡的潮汐分波中检测到由潮汐岩石应变引起的主月日波( $O_1$ )和半日波( $M_2$ )，表明该井气氡观测对周边岩体应力变化十分敏感，能有效地反映和传递地下构造活动信息。

### 2.2.2 上王气氡和应变潮汐分波振幅特征。

上王气氡(图2a)和洞体应变北南分量(图2d)各潮汐分波振幅具有正相关关系。二者潮汐分波振幅从大到小均为： $M_2$ 、 $S_2K_2$ 、 $S_1K_1$ 、 $O_1$ 、 $J_1$ 、 $M_1$ 等。表明二者主要受控于潮汐岩石应变，其次，受到少许气压、气温干扰。整体而言，上午气氡和洞体应变都能较好地反映区域构造应力变化，并且具有同步性，能够相互验证。

## 3 结语

陕西上王观测台同时具有地下流体和定点形变观测，属于多学科同址观测的综合观测台，自2016年以来，各项观测数据稳定可靠，干扰较少。

这些同期的长趋势数据记录了气氡、应变、气压和气温之间的复杂关系。通过分析它们的潮汐分析振幅特征，得到以下初步结论：

(1)从长趋势变化上看，上王气氡受到季节性气候变化的影响，呈现为夏低冬高的形态。从短趋势变化上看，上王气氡整体变化比较平稳，日变化动态基本一致。并且它具有十分明显固体潮效应，每日都有两个波峰和波谷。

(2)上王气氡浓度的潮汐分波振幅从大到小依次为： $M_2$ 、 $S_2K_2$ 、 $S_1K_1$ 、 $O_1$ 、 $J_1$ 、 $M_1$ 等，其中主月波 $M_2$ 和 $O_1$ 波的振幅明显高于背景噪声， $S_1K_1$ 波段和 $S_2K_2$ 波段存在气压、气温的贡献。

(3)通过潮汐分析，更直观地反映了氡浓度、洞体应变与潮汐效应引起的岩石变形的关系：上王气氡和洞体应变北南分量各潮汐分波振幅具有正相关关系，都能较好地反映区域构造应力变化。

## 参考文献

- [1] Richon P Perrier F Pili E, et al. Detectability and significance of 12 hr barometric tide in radon-222 signal, dripwater flow rate, air temperature and carbon dioxide concentration in an underground tunnel[J]. Geophysical Journal International, 2009(176):683-694.
- [2] 任佳,张纳莉,王长江. 怀4井数字气氡固体潮潮汐效应初步研究[J]. 华北地震科学, 2006, 24(1):56-59.
- [3] Mendes G. Investigation of the relationship between rock strain and radon concentration in the tidal frequency-range [J]. Journal of Applied Geophysics, 2018(155):232-236.