

王康, 姚玉霞, 李松林, 等. 气温气压与氡浓度短期变化的相关性分析[J]. 华南地震, 2018, 38 (3): 91-98. [WANG Kang, YAO Yuxia, LI Songlin, et al. Correlativity Between Short-term Change of Radon Concentration and Air temperature & Air Pressure [J]. South China journal of seismology, 2018, 38(3): 91-98]

气温气压与氡浓度短期变化的相关性分析

王 康, 姚玉霞, 李松林, 张晓芳, 王燕艳

(甘肃省地震局, 兰州 730000)

摘要: 以平凉中心地震台的水氡和气氡为研究对象, 利用氡浓度、气温和气压的五日均值, 在气温、气压上升段和下降段内分别计算氡浓度与两者的相关系数, 分析气温和气压对平凉台水氡和气氡短期变化的影响。结果显示气温和气压对氡浓度的短期影响显著, 并存在以下特征: 在相关性分析中, 氡浓度与气温呈正相关, 与气压呈负相关; 在对氡浓度的影响程度上, 气温的影响程度大于气压的影响程度; 气氡相对于水氡, 相关性更高; 对震例的分析结果表明, 相关性的突然降低, 与周边发生地震存在一定关联。

关键词: 氡浓度; 气温; 气压; 短期变化; 相关性

中图分类号: P315.7 文献标志码: A 文章编号: 1001-8662(2018)03-0091-08

DOI: 10.13512/j.hndz.2018.03.014

Correlativity Between Short-term Change of Radon Concentration and Air temperature & Air Pressure

WANG Kang, YAO Yuxia, LI Songlin, ZHANG Xiaofang, WANG Yanyan

(Gansu Earthquake Agency, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Taking the water radon and gas radon of the Pingliang Central Seismological Observatory as the research object, the paper calculates the correlation coefficient between radon concentration and temperature and air pressure separately during the ascending and descending segments of them, and analyzes the influence of temperature and air pressure on short-term changes of the water radon and gas radon in Pingliang station by using five days average value of radon concentration, temperature and air pressure. The results show that short-term impact of temperature and pressure on radon concentration is significant, and there are following characteristics: in the correlation analysis, the radon concentration and temperature were positively correlated, while negatively correlated with the atmospheric pressure; the degree of influence of the temperature on radon concentration is greater than that of air pressure; the water radon is more relevant than gas radon; analysis on

收稿日期: 2016-10-27

基金项目: 中国地震局“三结合”基金项目(152808)资助

作者简介: 王 康(1985-), 男, 助理工程师, 主要从事流体观测。

E-mail: 395332088@qq.com.

earthquake cases show that there is a certain correlation between the sudden drop in correlation and earthquakes in surrounding area.

Keywords: Radon concentration; Air temperature; Air pressure; Short-term change; Correlativity

0 引言

水(气)氡观测在国内外的地震预报探索中占有重要的地位,在我国的地震地下流体学科中很受重视,氡异常机制的研究也引起国内外有关学者的广泛关注。车用太先生^[1]认为,含水岩层是一种多空隙介质,在很低的应力水平下即可发生变形,水动力状态和条件的改变,能够引起井水或泉水中氡含量的异常变化。但是相对于该动力学机制产生的深度,或者震源深度而言,氡观测深度极为有限,地面因素对其造成了不可避免的干扰。前人的研究成果表明,水(气)氡观测的干扰因素可以分为固定干扰和随机干扰,而固定干扰主要是气象因素干扰。例如常秋君等^[2]在对甘肃断层气氡浓度进行研究分析时,提出气氡浓度受气温影响明显^[2-4];王博等^[5]分析嘉峪关气氡浓度影响的主要因素时,认为其年变化形态主要受气温影响^[5]。

平凉(及周边)地区位于甘肃省东部,陕、甘、宁三省(区)交汇处,大地构造位置上处于北祁连山褶皱东缘,鄂尔多斯块体的西南缘,贺兰-六盘山陆内造山带偏南端。处于六盘山地震带中部,南北地震带的中北段,该区域整体为7度以上高烈度区,地理位置独特,地质构造复杂。于此同时,分布于平凉地区的气氡观测点观测时间长,观测质量高,观测环境周边干扰因素相对较少,数据变化对应地震能力较强,这对数据的分析和处理提供了良好基础^[6]。对于本地区各个测点的水(气)氡观测资料而言,气象因素的影响类型是什么样的,影响程度又有多大还不明确。本文着重分析的是气象因素对氡浓度短期变化的影响,明确影响程度,希望对本地区数据资料分析以及未来中强地震活动中期或短期异常判定工作提供基础性资料。

1 资料的选取与数据的预处理

1.1 资料的选取

本文选取数据为平凉中心地震台氡浓度原始观测数据,其中包含3个水氡和1个气氡共计4个测点。分别为北山1号泉气氡、北山1号泉水氡、北山2号泉水氡和附件厂水氡。

选取时段为2013年1月1日至2015年5月31日。气温和气压选取对应时间段氡观测辅助测项数据。因为降雨短期内不具备连续性,所以只进行气温气压与氡浓度的相关性分析。本文采用SPSS软件进行双侧检验的相关系数计算。

1.2 数据的预处理

对北山1号泉气氡数据进行预处理,主要是结合观测日志剔除已知因素干扰产生的无效数据(突跳数据),将其做缺数处理,将原因不明的流量变化或年度标定更换K值所导致的数据台阶用加减常数的方法消除,对年度标定造成的缺测不作处理。对其它三个测点的水氡观测数据进行预处理,主要是用加减常数的方法消除因年度标定更换K值造成的数据台阶。图1为各测点原始数据及预处理数据日均值图。

1.3 数据计算方法

因气温和气压在年时间尺度上有清晰的年变形态,以年为单位对气温和气压进行划分,截取每一年上升段U和下降段D。如气温上升段U1代表的时段为2013-01-01~2013-06-30, U2代表的时段为2014-01-01~2014-07-31, U3代表的时段为2015-01-01~2015-05-31。这三个时段温度呈现上升趋势,斜率为正。气温下降段D1代表的时段为2013-07-01~2013-12-31, D2代表的时段为2014-08-01~2014-12-31。这两个时段温度呈现下降趋势,斜率为负。同样的,对于气压也进行类似划分。气压下降段D1代表的时段为2013-01-01~2013-06-30, D2代表的时段为2014-01-01~2014-06-30, D3代表的时段为2015-01-01~2015-05-31。这三个时段温度呈现下降趋势,斜率为负。气压上升段U1代表的时段为2013-07-01~2013-12-31, U2代表的时段为2014-07-01~2014-12-31。这两个时段温度呈现上升趋势,斜率为正。

使用MapSIS软件分别计算对应时间段内各个测点氡值、气温值、气压值的5日均值。再用SPSS软件计算每个时段内氡值与气温以及氡值与气压的相关系数。图2为各测点氡值及气温气压五日均值图。

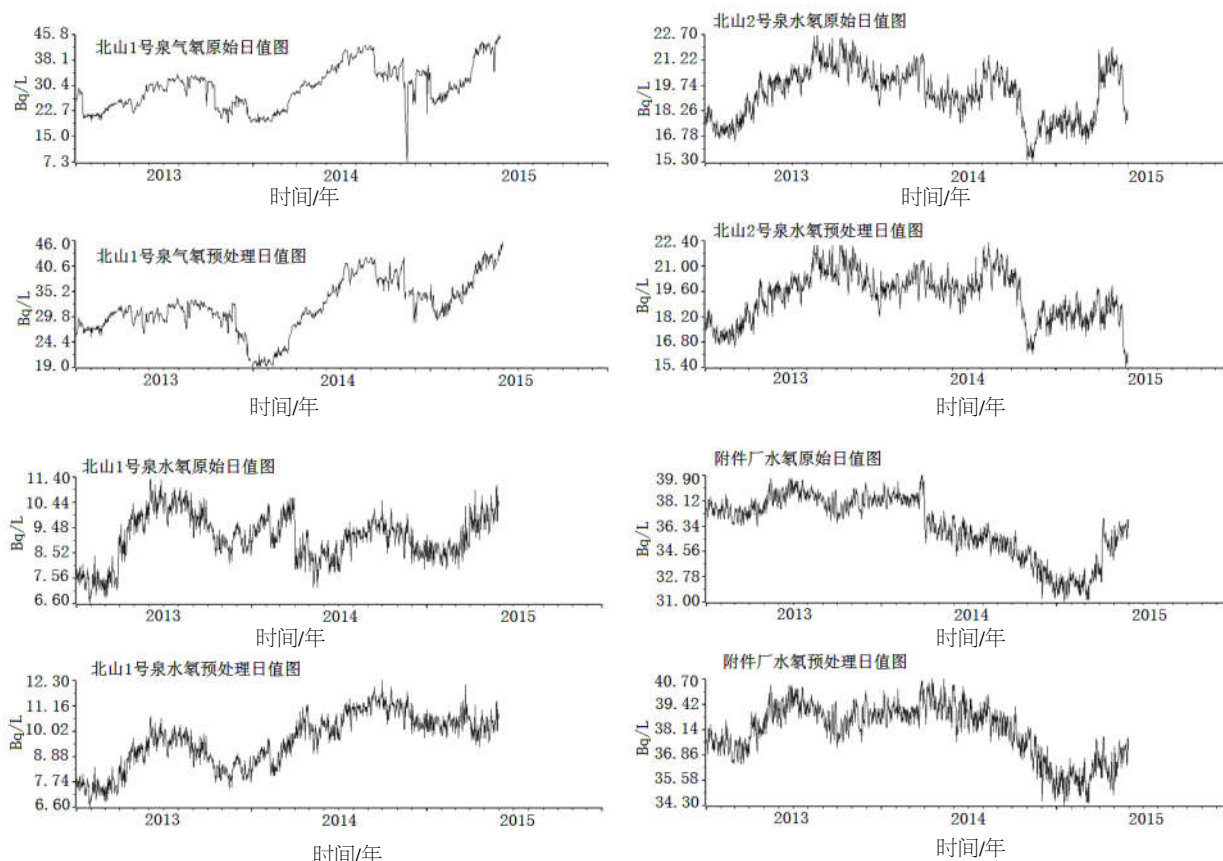


图1 各测点原始数据及预处理数据日均值图

Fig.1 Daily mean value graph of raw data and pre-processing data of measuring points

2 计算结果分析

2.1 氦浓度与气温气压相关性分析

本文计算了2013年1月1日至2015年5月31日期间4个氦观测点氦值与气温在5个时间段内的相关系数(表1)。一般认为,当相关系数的绝对值大于0.5时,数据之间存在相关性,反之数据之间不相关。从结果可以看出,氦测值与气温呈正相关关系,氦测值随着气温升高而升高,随气温下降而下降。在相关程度上,北山1号泉气氦相关程度最高。说明北山1号泉气氦观测在年时间尺度上受气温影响显著。但是相关程度低的决定因素并不唯一,观测泉(井)点本身的特性,如地质构造,取水和观测手段等,决定了其产出数据是否受气温影响;同时应震能力较好的观测泉(井)受地震异常前兆的影响,相关性也会降低^[7]。

本文同时也计算了4个氦观测点氦值与气压在5个时间段内的相关系数(表2)。从结果可以看出,氦测值与气压呈负相关关系,氦测值随着气压升高而降低,随气压降低而升高。在相关程度上,北山

1号泉气氦和北山1号泉水氦相关程度较高。

综上所述,气温与气压对平凉台氦观测的影响,两者比较后得出结论,气温与氦值的相关性明显高于气压与氦值的相关性。在相关性分析中,氦浓度与气温呈正相关,与气压呈负相关。对于造成这种现象的机理进行讨论,原因可能是无论是水氦观测,还是气氦观测,均是对溶解于地下水中的氦气含量进行测量,不同之处只是在于“脱气”的方式方法。气氦观测是由脱气装置连续脱气,水氦模拟观测是通过人工鼓泡。待测水样中溶解氦气的含量和“脱气”效能对氦含量测量结果起到决定性作用。气氦脱气装置和水氦鼓泡手法相对固定后,气温和气压对测量结果产生影响,实质上就是气温气压对氦气在待测水样中的溶解度产生影响。气压相同条件下,温度越高,气体溶解度越小,在脱气(鼓泡)过程中,氦气更容易逸出;气温相同条件下,压强越大,气体溶解度越大,在脱气(鼓泡)过程中,氦气难以逸出。气氦相对于水氦,相关性更高,这与仪器的观测方式(脱气方式)有关,且气氦观测中人为干预相对较少。

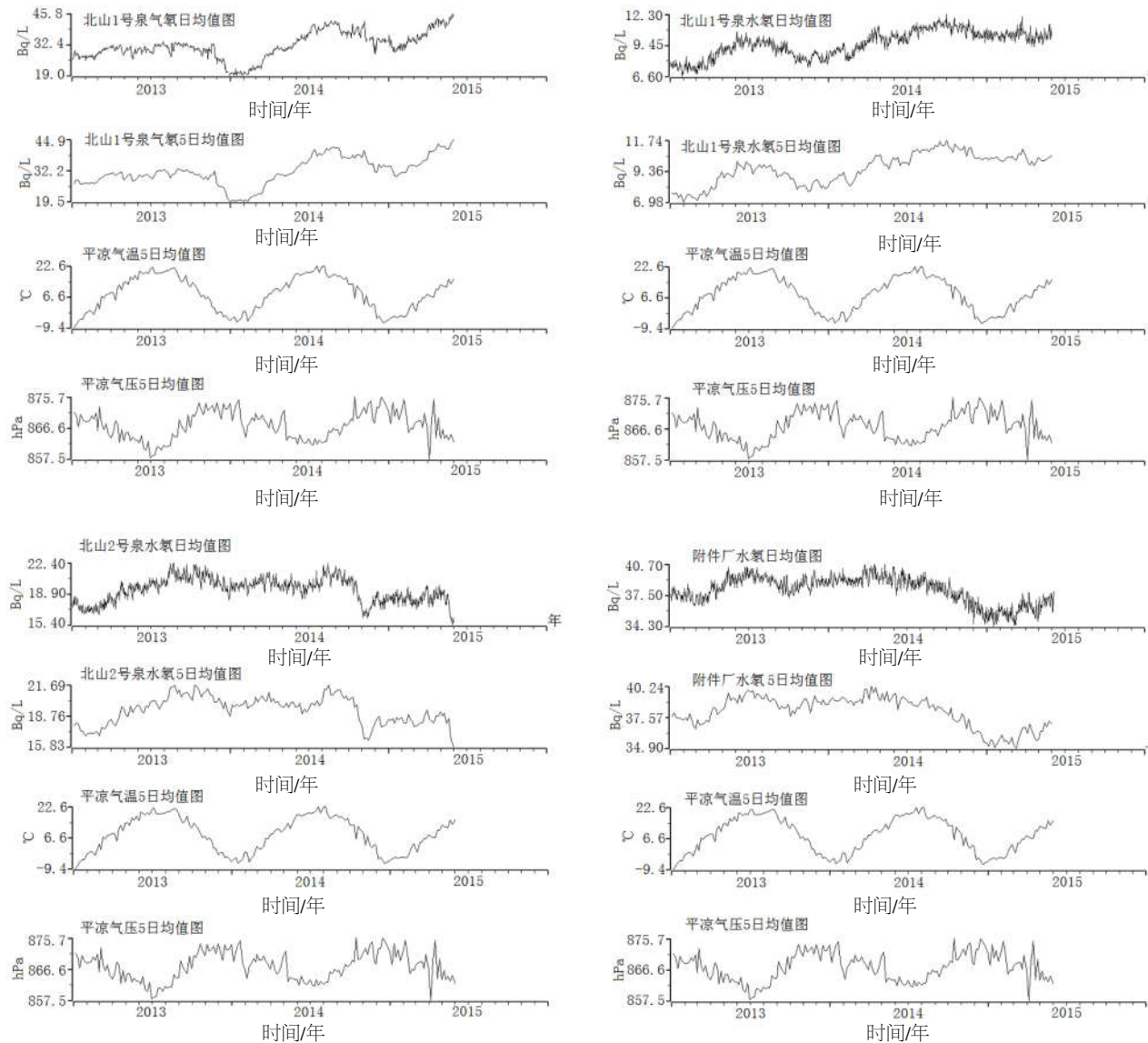


图 2 水(气)氡值及气温气压五日均值图

Fig.2 Five days mean value graph of water (gas) radon concentration and temperature and air pressure

表 1 氡值与气温相关系数表

Table1 The correlation coefficient of radon concentration and temperature

测点名称	U1	D1	U2	D2	U3	相关度
北山 1 号泉气氡	0.685	0.773	0.973	0.830	0.945	0.8
北山 1 号泉水氡	0.895	0.820	0.870	0.765	-0.057	0.7
北山 2 号泉水氡	0.878	0.670	-0.198	0.810	-0.152	0.5
附件厂水氡	0.795	0.007	-0.048	0.924	0.701	0.5

表 2 氡值与气压相关系数表

Table 2 The correlation coefficient of radon concentration and air pressure

测点名称	D1	U1	D2	U2	D3	相关度
北山 1 号泉气氡	-0.552	-0.581	-0.762	-0.675	-0.590	-0.5
北山 1 号泉水氡	-0.820	-0.896	-0.623	-0.584	0.031	-0.6
北山 2 号泉水氡	-0.836	0.031	0.195	-0.798	0.078	-0.3
附件厂水氡	-0.677	-0.590	0.021	-0.757	-0.320	-0.4

2.2 震例分析

从以上分析可以看出,气温气压对平凉台气氡和水氡观测均有显著影响。气温影响程度较气压更大。下面通过震例,对这一结果的可靠性进行检验。选取2013年1月1日至2015年5月31日期间平凉台周边发生的4级以上地震(表3)。选

取2013年1月1日至2015年5月31日期间发生在平凉台周边震中距小于200 km的4级以上地震共4次,震中距小于700 km的7级左右地震共2次。将发震时刻分别投影在氡值-气温和氡值-气压相关系数图上(图3、图4)。可以发现相关系数的降低与周边地震发生存在一定程度的关联。

表3 2013-01~2015-05 平凉周边发生 $M_s \geq 4.0$ 地震

Table 3 Earthquakes with $M_s \geq 4.0$ in Pingliang Province and the adjacent regions from January 2013 to October 2015

发震日期	发震时刻	震中位置			震级/ M_s	参考地点	震中距/km
		纬度/(°)	经度/(°)	深度/km			
2015-04-10	03:37	34.7	05.61	17	4.3	甘肃天水	133
2015-02-05	06:18	36.7	106.1	8	4.2	宁夏海原	138
2014-12-22	07:49	34.4	105.4	15	4.0	甘肃礼县	170
2014-04-27	04:10	37.1	106.0	6	4.0	宁夏同心	182
2013-07-22	07:45	34.5	104.2	15	6.7	甘肃岷县	631
2013-04-20	08:02	30.3	103.0	17	7.0	四川芦山	680

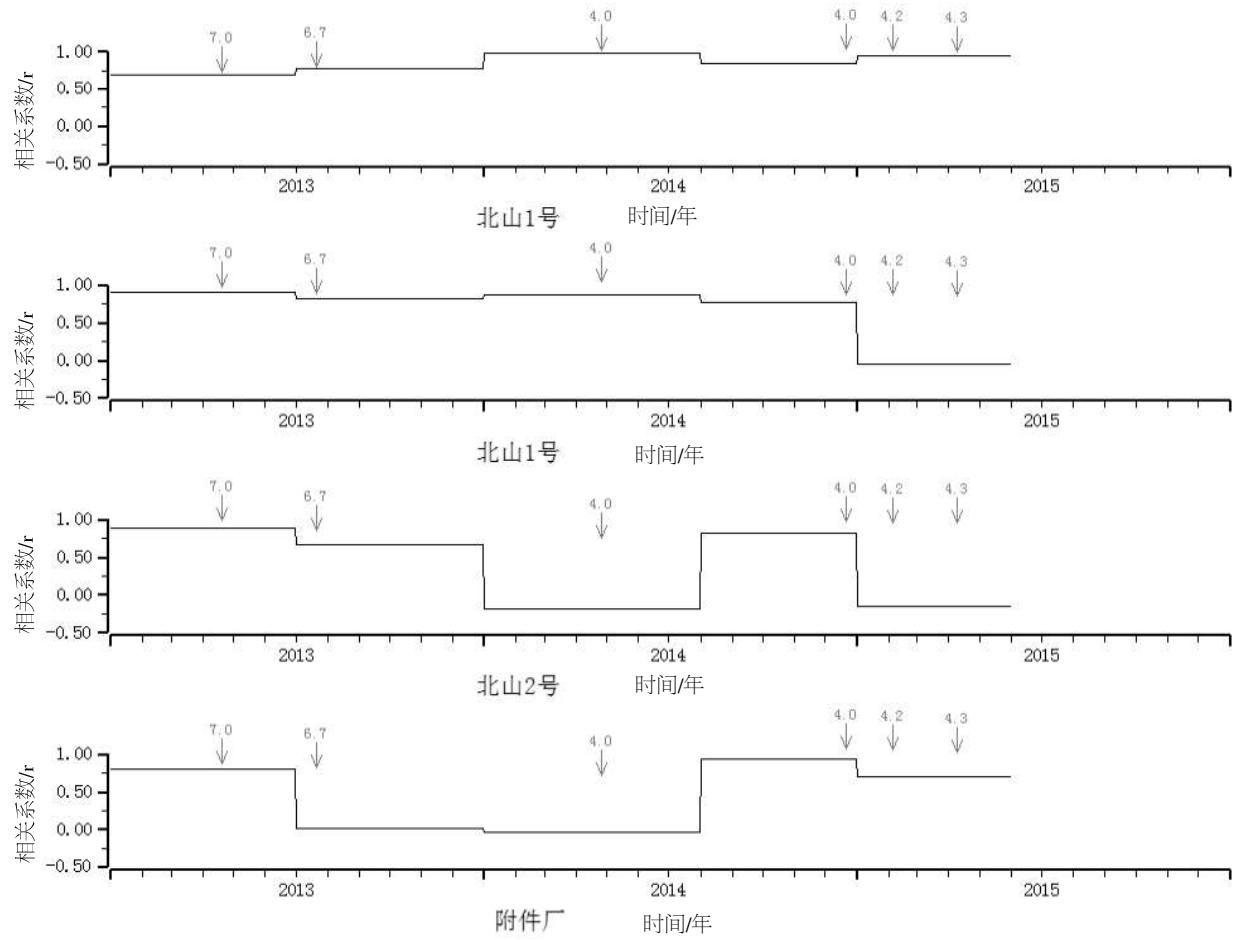


图3 氡值-气温相关系数图

Fig.3 The correlation coefficient of radon concentration and temperature

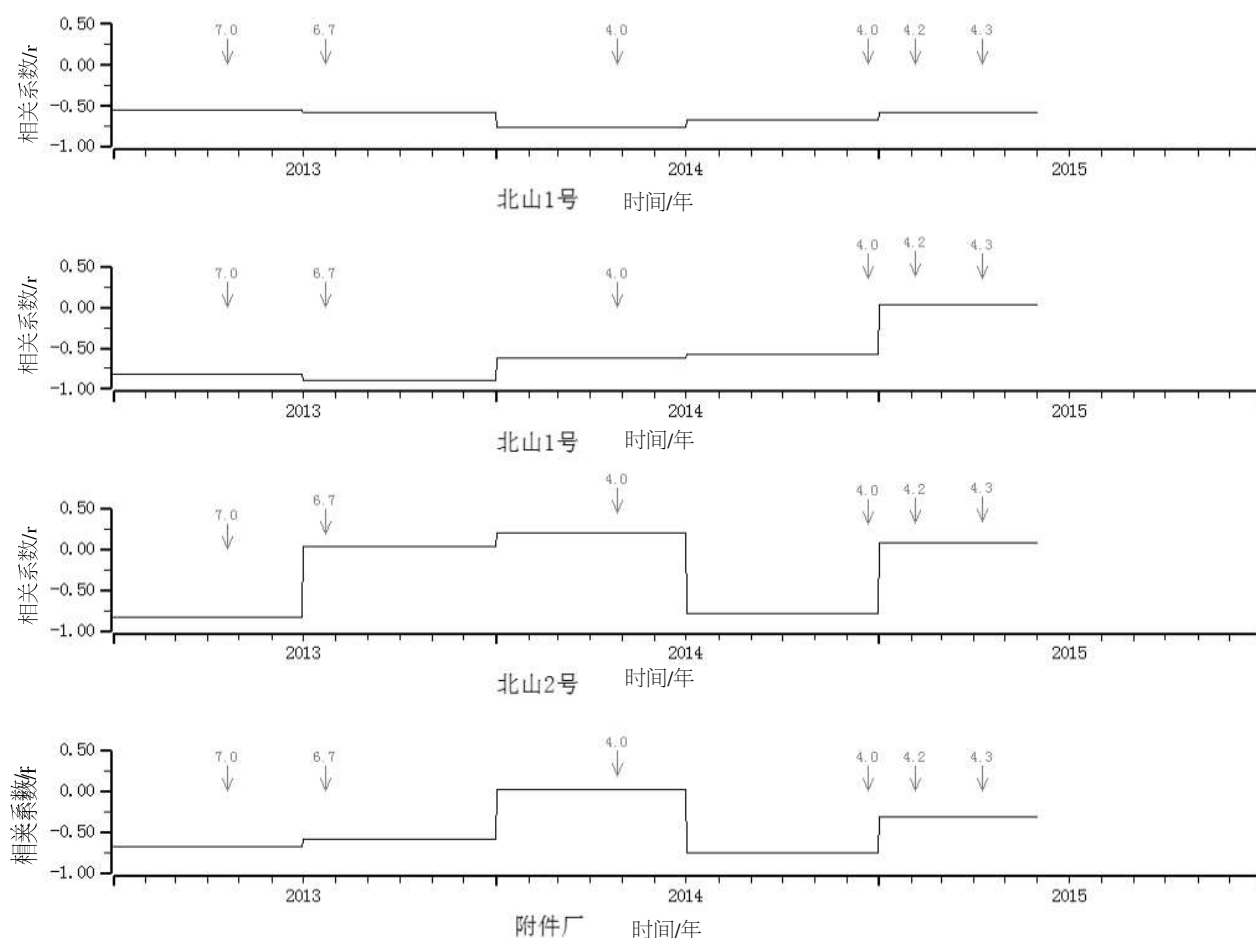


图4 氡值-气压相关系数图

Fig.4 The correlation coefficient of radon concentration and air pressure

在日常的观测中,能对观测数据产生影响的因素,包括人为干扰、环境干扰和前兆异常。在观测数据真实可靠的基础上,排除人为干扰因素,观测数据的变化应该是环境干扰与地震前兆信息共同作用的结果。笔者认为在理想状态下,没有地震因素的影响时,相关性应该始终处在较高的区间内。当泉点周边地区发生地震时,这种平衡被打破,相关性必然发生变化。这种变化越明显,泉点的应震能力越好,观测优势越大。从气温和气压的相关性角度分析平凉台气(水)氡观测的4个测点产出的数据,尝试使用 R 值评分方法从以上相关性分析角度对观测资料预报效能进行验证。使用数学公式为:

$$R=1-\text{误报率}-\text{漏报率}=1-k/N-m/(N+m)=n/N-m/(N+m)$$

其中 n 为准确对应地震个数, N 为总地震个数, k 为误报个数, m 为漏报个数。经验性规定平凉台氡观测测值与气温相关性低于 0.8 为异常,与气压相关性高于 -0.5 为异常。经过计算得出北山 1

号泉气氡 R 值评分 -0.07(气温)和 -0.50(气压),北山 1 号泉水氡 R 值为 -0.07(气温)和 -0.28(气压),北山 2 号泉水氡 R 值为 0.17(气温)和 0.17(气压),附件厂水氡 R 值为 0.42(气温)和 -0.07(气压)。

所以,即使在有限的预报效能下,各个测点仍然存在以下特点:北山 1 号泉气氡和北山 1 号泉水氡较其他测点,与气温气压的相关性较高,但其相关性应震能力最低;北山 2 号泉水氡和附件厂水氡类似,它们与气温和气压的相关性相对较低,但应震能力最强。

使用从属函数法和趋势速率法对以上四个测点的观测数据进行分析。计算参数见表 4。

通过使用从属函数法和趋势速率法对数据进行分析,图 5 和图 6 中可以清晰地反映,北山 1 号泉气氡和北山 1 号泉水氡,较其他测点应震能力较低;北山 2 号泉水氡和附件厂水氡对周边地震的应震能力最强。

表 4 函数计算参数

Table 4 Function calculation parameters

函数方法	使用数据	计算参数			异常判定
		拟合(滑动)窗长	异常指标	均方倍数	
从属函数	日均值	30	斜率正值	--	--
趋势速率	日均值	13	趋势上升	指数窗 $Y=aE^{(b*X)}$	
					>0.5
					>0.5

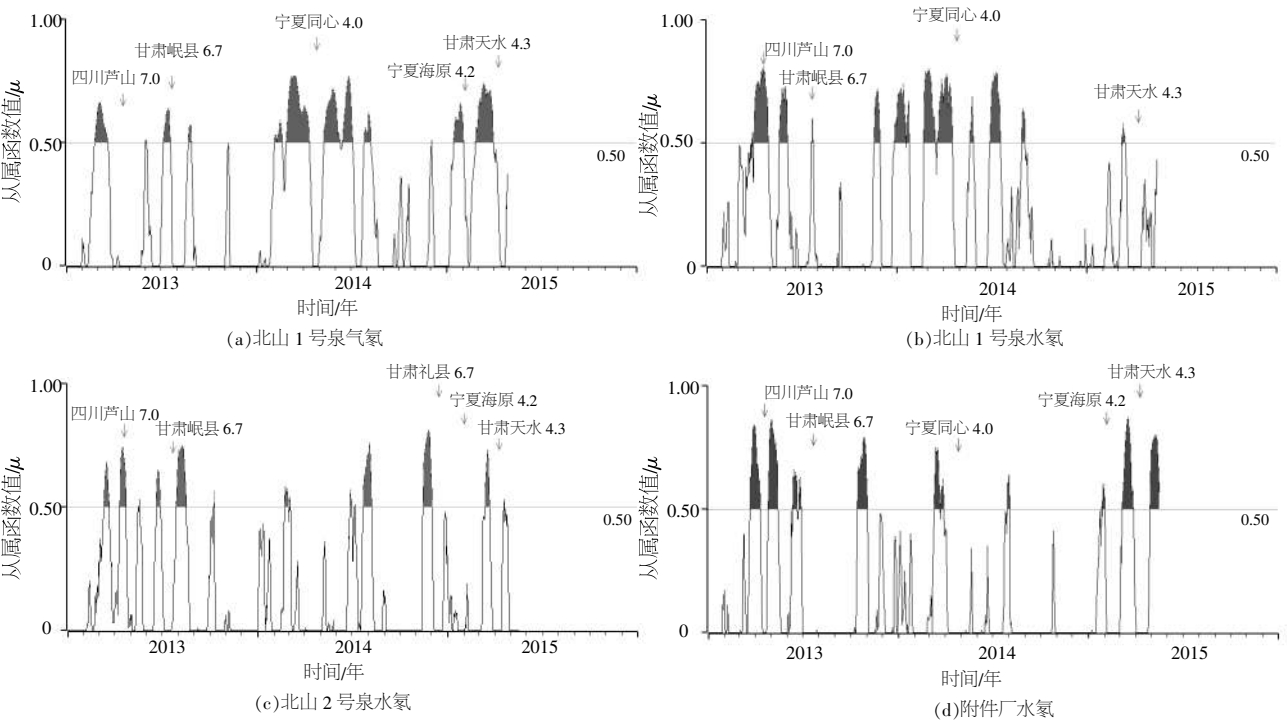


图 5 从属函数曲线图

Fig.5 Graph of subordinate function

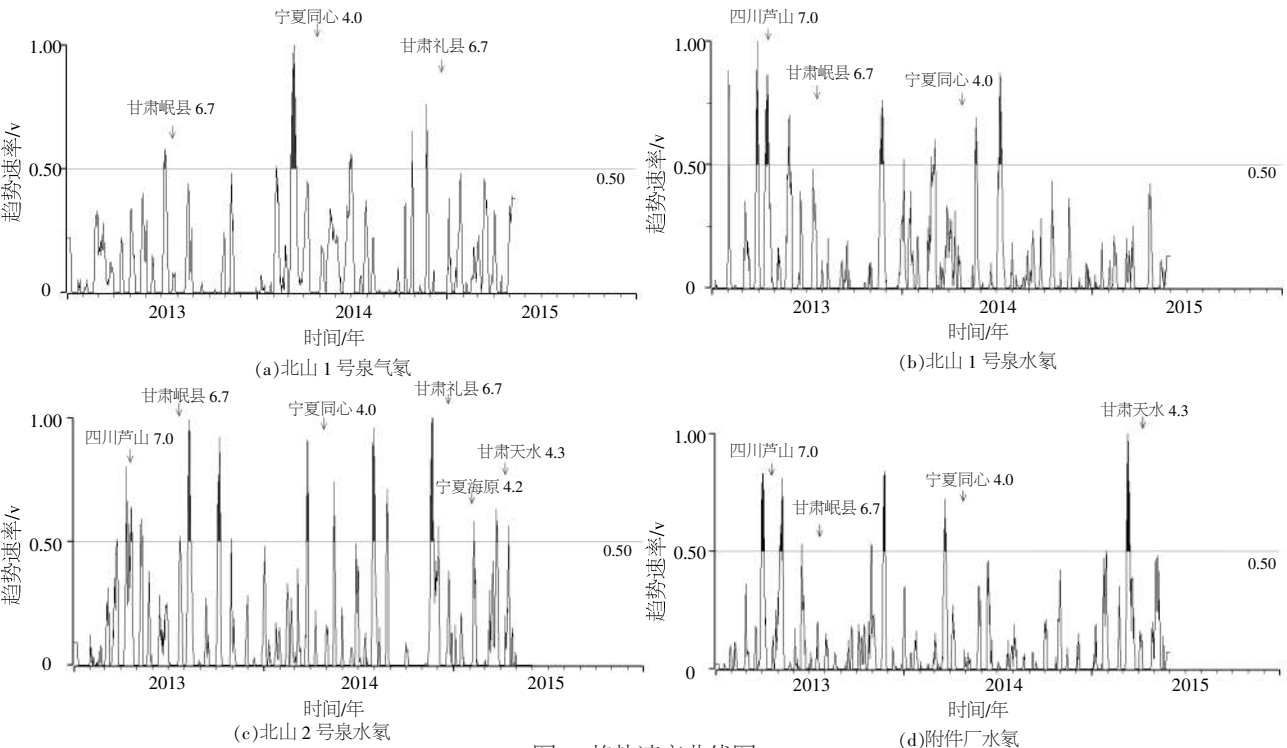


图 6 趋势速率曲线图

Fig.6 Graph of trend rate

3 结语

本文以平凉中心地震台的水氡和气氡为研究对象,利用氡浓度、气温和气压的五日均值,在气温、气压上升段和下降段内分别计算氡浓度与两者的相关系数,得出了以下主要结论:

(1) 无论是气温还是气压,均对平凉台气(水)氡浓度有显著的影响。其中,氡测值与气温呈正相关关系,氡测值随着气温升高而升高,随气温下降而下降;氡测值与气压呈负相关关系,氡测值随着气压升高而降低,随气压降低而升高。

(2) 在对氡浓度的影响程度上,气温的影响程度大于气压的影响程度。

(3) 气氡相对于水氡,与气温和气压的相关性更高,这可能与仪器的观测方式有关,且气氡观测中人为干预相对较少。

(4) 对震例的分析结果表明,相关性的突然降低,与周边发生地震存在一定关联。这种关联因测点不同而具有不同的特点。北山1号泉气氡观测在年时间尺度上受气温和气压影响最为显著,但其相关性应震能力最低;北山2号泉水氡和附件厂水氡类似,它们与气温和气压的相关性相对较低,但应震能力最强。这说明相关程度低的决定因素并不唯一。测泉(井)点本身的特性,如地质构造,取水和观测手段等,决定了其产出数据是否受气温影响;同时应震能力较好的观测泉(井)受地震异常前兆的影响,相关性也会降低。

参考文献:

- [1] 车用太, 鱼金子, 刘五洲. 水氡异常的水动力学机制[J]. 地震地质, 1997, 19(4): 353-357.
- [2] 张朝明, 陈华静, 朱方保, 等. 数字化气氡观测干扰因素的分析研究[J]. 地震地质, 2003, 25(4): 640-646.
- [3] 曹玲玲, 高安泰. 气温气压与断层气氡浓度短期变化的相关性分析[J]. 地震学报, 2014, 36(4): 719-729.
- [4] 常秋君, 何跟巧, 郭玉英, 等. 断层气定点观测主要影响因素的研究[J]. 西北地震学报, 1993, 15(4): 82-89.
- [5] 王博, 黄辅琼, 简春林. 嘉峪关断层带土壤气氡的影响因素及应震效能分析[J]. 中国地震, 2010, 26(4): 407-417.
- [6] 张昱, 刘小凤, 常干军, 等. 甘肃省氡观测资料地震监测效能评估及其结果分析[J]. 华南地震, 2012, 32(1): 19-27.
- [7] 曹玲玲. 甘肃氡突变型变化成因及其预报效能分析[J]. 西北地震学报, 2010, 32(3): 286-291.