

# 甘肃氡突变型变化成因及其预报效能分析

曹玲玲

(中国地震局兰州地震研究所,甘肃 兰州 730000)

**摘要:**氡的突变型变化是地震短临预报的主要依据。通过对甘肃省17个氡测点的突变型变化进行分析,发现引起氡突变的成因有干扰因素(温度、降雨、流量、观测仪器以及人为因素等)和地震。除5个测点干扰因素引起的氡突变比例比较高( $\geq 50\%$ )外,其它测点的成因大部分不明确。除连城水氡点外其它单个测点对应地震事件不明显。分区多井成组突变分析结果显示甘东南地区突变点成组项次达到5项并逐月增加可能会发生地震,而祁连山地区并没有此特征。

**关键词:**甘肃;氡;突变;成因;预报效能

**中图分类号:** P315.72<sup>\*4</sup>

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-0844(2010)03-0286-06

## Analysis on the Genesis of Radon Values Quick-change and Its Efficiency of Earthquake Prediction in Gansu Province

CAO Ling-ling

(Lanzhou Institute of Seismology, CEA, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** The quick-change in observing values of radon is a main base for short-impending earthquake prediction. Through analysis on the quick-changes of radon from 17 stations in Gansu province, it is found that the genesis of quick-change of radon are mainly disturb factors such as temperature, rainfall, water flow, apparatus et al. and earthquake. At 5 stations, most of radon quick-changes ( $\geq 50\%$ ) caused by disturb factors, and at other 12 stations most genesis are unacquainted. Except the Li-an-cheng station, the quick-changes of radon have not obvious relationship with earthquake events at single station. But analysis on the group quick-changes in divided two regions shows that earthquake will maybe occur after the number of quick-change points being 5 in a month and increasing gradually in southeastern Gansu province. For Qilian mountain region, there was not this character.

**Key words:** Gansu province; Radon; Quick-change; Genesis; Efficiency of earthquake prediction

## 0 引言

氡的突变型变化是广泛存在的<sup>[1]</sup>。引起氡突变型变化的因素很多<sup>[2-5]</sup>,如气象因素,人为干扰、观测仪器故障等,还有人们最为关注的地震短临异常<sup>[6-7]</sup>。单从形态上看,很难将非地震因素引起的突变和地震孕育引起的突变区分开来,这就要求对不同台站的突变型变化的成因进行深入分析,以便从概率上对异常的信度进行确定。基于此,本文对甘肃省内氡的突变型变化结合日常报表进行分析。

## 1 分析方法

突变型异常指异常快速出现快速结束,或者原有的持续状态短期内达到另一种状态,如突升、突降后转平或缓慢变化以及单点突跳变化等。这种变化通常在几天之内完成。对于突变型变化,依托氡观测数据报表,先提取出各个研究点的氡突变型变化时间,再对比分析氡突变开始至前几天时间报表

收稿日期:2009-03-20

基金项目:地震科学联合基金(A08104);“十一五”国家科技支撑课题(2006BAC01B 02-03-01);震情跟踪合同制定向任务(2009020602);中国地震局兰州地震研究所论著编号:LC2010035

作者简介:曹玲玲(1972-),女(汉族),甘肃会宁人,副研究员,主要从事地下流体预报地震研究。

记录的辅助测项有无大的变化,或者有无明的干扰因素(包括外环境变化、仪器故障、仪器标定、仪器更换等),逐次统计后得出统计结果。由于突变型变化经历的时间都比较短,因此数据的取样间隔为日均值。

## 2 单井突变型变化成因分析

表1 甘肃氡观测点突变成因分类统计表

台站	统计时段	突变次数	干扰因素引起氡突变的次数										主副样不一致	录入错误
			温度	降雨	气压	流量	抽水	出水口变化	停电	更换仪器	湿度			
嘉峪关	1993-2005	78	8	0	6	0	0	0	0	0	0	9	20	1
酒泉	1990-2003	46	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	6	5
天祝	1991-2004	58	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	21	0
黄茂	2001-2003	29	4	0	0	0	0	0	0	0	2	0	8	0
连城	2000-2004	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
附件厂	1987-2003	68	8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5	2
柳湖	1998-2003	38	4	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
镇原	1990-2003	62	6	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	6
东峡	1988-2004	97	54	0	0	0	0	0	1	0	0	0	6	1
通渭	1999-2005	136	13	74	0	14	2	0	0	0	0	0	4	0
清水	1991-2005	59	10	0	0	9	1	1	0	0	0	0	8	0
武山22	1987-2005	85	2	0	0	1	0	0	0	0	10	0	23	6
武山1	1992-2003	79	3	0	0	0	0	0	0	0	9	0	16	1
花牛	1991-2004	85	7	38	0	6	0	0	0	0	1	0	18	0
官泉	1994-2004	68	6	0	0	2	0	0	0	0	3	0	3	5
殿沟	1989-2005	130	3	30	0	23	0	0	0	0	3	0	3	11
礼县	1988-2003	75	9	0	0	4	0	0	0	4	1	0	14	2

### 2.1 温度因素

这里温度指取样温度、气温、观测室温度、鼓泡温度,但后三者的温度除供暖时段外,它们之间是有很好的相关性,即气温决定观测室温度和鼓泡温度,只有取样温度比较独立。所分析的测点中,主要由温度引起氡突变的测点有静宁东峡水氡、清水水氡、附件厂水氡、镇原水氡。

#### (1) 静宁东峡水氡

该测点是从1988年开始观测的,统计时段为1988-2004年,发现该点以2000年为分界点,前后数据引起突变的原因截然不同。1988-1999年出现突变的次数总共为84次,其中54次是气温的大幅变化(变幅5度以上)引起的,并且成正相关关系;5次通过重新测样,大幅变化并不存在;1次为出水口漏水所致;1次为数据录入错误。明确干扰引起的突变达到72.6%。但2000-2004年突变异常总共出现14次,除两次数据录入错误和一次测点漏水外,辅助测项的影响并不明显。特别值得一提的是,从报表上来看2000年之前气温大幅变化的次数非常多,并且最大幅度达到了15度之多,但2000年之后气温的大幅变化在月报上很难看出。

根据上述方法对甘肃境内的17个氡测点(1个气氡测点,16个水氡测点)进行统计,结果见表1,可以看出引起氡突变型变化的因素很多。根据主要影响因素(即百分比最高的因素)对测点突变进行分类分析。

(2) 清水水氡、附件厂水氡和镇原水氡已知干扰因素中温度引起的突变次数最多,可占总次数的比例并不高(最高的为17%)。但三个测点之间存在着明显的差别:清水水氡温度和流量对氡影响的次数相差不多,流量引起的氡突变仅比温度少一次,并且已知干扰引起突变的总次数达49%;而其它两个测点除人为因素引起的突变比较多之外,其它因素的比例远小于温度引起氡突变的比例,并且所有干扰引起的突变仅为25%左右。

### 2.2 降雨因素

降雨对水氡的影响特别复杂<sup>[6]</sup>,通常与降雨的强度、类型、持续时间等密切相关,但监测台站对降雨的记录仅记录到日降雨累加量。本文在统计中只考虑氡值突变前几天内存在降雨的情况(具体根据各个台站的情况而定,一般为5天)。受降雨变化影响明显的台站有通渭水氡、花牛水氡、殿沟水氡。

#### (1) 通渭水氡

通渭水氡始测于1988年,但通过录入资料与报表的对比发现两者1999年才吻合,因此统计也从1999年开始。1999-2005年总共有136次突变,其中有74次为降雨引起,占总数的54.4%,其次温度

和流量的变化引起氡的突变有 27 次,其它因素 6 次,干扰因素引起氡突变的总次数达到 107 次。

#### (2) 花牛水氡

该点总共 85 次突变变化中,降雨引起的突变次数为 38 次,主副样差异占了 18 次,还有 2 次为流量和更换仪器引起,非地震因素占了 69.4%。

#### (3) 殿沟水氡

降雨是殿沟突变变化的主要影响因素,占了其中的 23.1%,同时流量对其的影响也不容忽视,为 17.7%,而且报表与录入数据不符并引起录入数据突变达到了 11 次。总共干扰引起的突变占总数的 56.2%,比例比较高。

### 2.3 流量因素

引起柳湖氡值突变干扰因素主要为温度和流量,但流量占的比例更高,达到总数的 26.3%。

### 2.4 观测过程因素

观测过程影响主要表现为主样与副样变化不一致,即主样变化很大,而副样在正常范围内变化;或两者反向变化,即主样正向突变副样负向突变,抑或相反。还有使用备用仪器或启用新 K 值等。具体台站为天祝水氡、武山 1 号泉、武山 22 号井、嘉峪关气氡和礼县水氡。

#### (1) 天祝水氡

天祝水氡从 1991 - 2004 年共出现 58 次突变变化,其中 21 次为主副样变化不一致,即主样出现突变,而副样在正常范围之内变化,占总数的 36.2%,1 次使用备用仪器引起,3 次与温度(气温和取样温度)变化有关。

#### (2) 武山 1 号泉

总共的 79 次变化中,26 次出现了主样明显变化而副样正常范围变化的现象,并且使用备用仪器引起突变出现了 9 次之多,这两项占了总次数的 44.3%。

#### (3) 武山 22 井

该点主副样变化不一致的占 28.2%,使用备用仪器引起的变化占 11.8%,两项占了总数的 40%,录入数据与报表不符并引起高值变化的出现了 6 次。与武山 1 号泉非常相似。这主要是两个测点使用一套仪器,因此这种变化应该与取样过程无关,而是与实验室观测量过程有关。

#### (4) 嘉峪关气氡

由于气体的特殊物理性质,它的影响因素很多,如对水氡影响不大的湿度和气压的大幅变化都能对气氡的测值造成很大影响。嘉峪关气氡明显的突变

中,主副样不一致占了 25.6%,气压、湿度和温度的变化占了 29.5%。

#### (5) 礼县水氡

该点主副样不一致占总数的 18.7%,总非地震因素引起的变化占 42.7%。

### 2.5 无显著干扰因素

统计中看不出干扰因素与氡突变关系的测点有官泉和酒泉测点。这两个台站明确的干扰因素引起的氡的突变次数占总突变次数的比例 30%,但突变的次数又远远大于地震次数,并且有震年份和无震年份突变的次数没有明显的差别。

### 2.6 地震因素

#### (1) 黄茂一号泉水氡

该点水氡报表仅有 2001 - 2003 年 3 年资料。虽然主副样不一致占了 27.5%,但多次负突跳变化对应了地震。

#### (2) 连城水氡

2000 年之前该点水氡的突跳很大,经与报表对比发现这些变化都为测量故障(仪器及停电等)。对 2000 - 2004 年 5 年的资料统计发现,显著的突跳点并不多,而是主要表现为很短时间的高值过程,并且这几次明显的高值过程除一次甘肃及周边没有地震之外,其它都对应了地震。

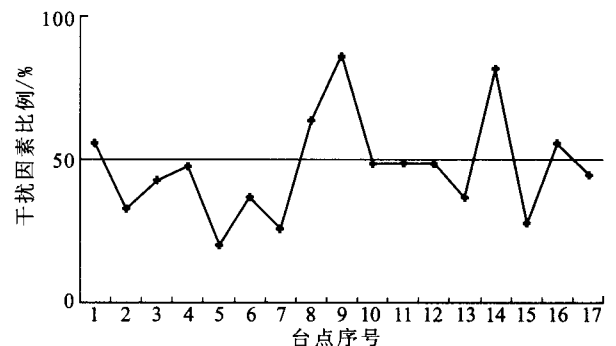


图 1 各氡测点干扰引起突变的次数与氡总突变次数百分比图

Fig. 1 The percentage of disrupt change numbers caused by disturbing divided all disrupt change numbers of radon.

综合上述分析,大多数台站明确干扰引起的突变占总突变次数的比例并不高(图 1),仅有 5 个台站达到 50% 以上,其中花牛和通渭达到 80% 以上,表明这两个台站突变变化的原因比较明确。其它 12 个台站中的 10 个虽然已发现干扰引起的比例不高,但与地震没有明确的关系,因为首先突变的次数远远大于地震(这里为 5 级以上地震)的次数,更为

表2 甘东南地区测点成组变化统计表

时间	武山1	武山22	清水	通渭	东峡	附件厂	礼县	花牛	官泉	殿沟	柳湖	镇原	总台站数
1995					√			√		√			3
	⊕	⊕				√							3
	⊕	⊕			⊕				⊕				3
	√				√								2
	√	√							√				3
	√							√		√			3
1996	√	√				√			√	√			5
								⊕	⊕				2
					⊕			⊕					2
					⊕			⊕					2
		√				√		√		⊕			4
								⊕	√				2
	√							⊕		⊕			3
1997	⊕		√					⊕		√			4
	⊕									√			2
								√	√				2
	⊕	⊕			⊕			⊕					4
					√					√			2
1998					⊕	√	√		√				4
	⊕				⊕		√						3
						⊕						⊕	2
					⊕			⊕	√				3
			√									√	2
1999					⊕		√						2
						√		√					2
2000			√	√								√	3
		√		√	√								3
				√	√								2
				⊕						√			2
				⊕	√					⊕			3
				⊕		√					√		3
2001				√		√							2
	⊕		⊕				√				√		2
					√	√					√		3
			√		√					√			3
				√	√			√					3
				√	√					√			3
2002						√			√				2
						√			⊕				3
	√		√					√	√		√		4
	√			√					√				3
				√					√				2
		√						√					2
				√				√			√	√	4
2003		√		√		√							3
				√		√	√	√			√		5
	√	√		√	√	√	√	√		√			7
				√	√	⊕	√	√	√		√		7

注:√为突变原因不明,⊕为明确干扰因素引起

重要的是有震年份和无震年份突变的次数没有明显的差别。因此17个测点中的15个台站突变异常预报地震的效能很差。黄茂和连城水氩的突变变化预报地震的效果比较好,特别是连城水氩统计时间段内的突变变化仅有1次漏报。

### 3 多测点突变型变化预报效能评价

前面的分析可以看出,单个测点氩突变型变化形成的原因多种多样,90%以上的测点30%以上的突变是由干扰引起的。除连城水氩和黄茂水氩外,氩的突变与地震短临异常之间没有明显的关系,显然单井预报地震的效能很低。这里对多井同步突变型变化的预报效能进行分析。以月为单位进行统计,两个点氩出现突变变化则认为成组,如果只有一个点出现突变变化则不进行统计。统计时分甘东南和祁连山两片进行。

#### 3.1 甘东南地区

甘东南地区1990年至2003年5级以上仅发生一次,即2003年11月13日岷县5.2级地震。将统计时段的开始时间选取1995年,这样无震年份有8年,有震年有1年,统计结果应该具有代表性。从表2可以看出,甘东南地区氩突变成组性存在,但组内的测点数并不多,扣除已知干扰引起的突变测点,成组的测点数大多不超过3项。但从2003年5月开始,成组的测点数明显增多,并且成增加趋势:2003年5月5个测点,9月7个测点,11月排除一个干扰所致测点仍有6个测点。至2003年11月13日岷县发生了 $M_s 5.2$ 地震,成组异常是统计时段内唯一的明显的异常,表现出成组异常与地震之间有很好的对应关系。因此,甘东南地区测点突变异常成组出现,成组的测点数达到一定数量(5个测点或以上),并且成逐步增加的趋势时,可能会发生中强地震。

#### 3.2 祁连山地区

祁连山地区的统计结果见表3。可以看出,祁连山地区氩突变台站的成组性广泛存在,但组内的台站数并不多,达到3个台站数的组不到统计总数的35%。这应该与祁连山地区氩测点太少有关。

祁连山地区是中强地震多发的地区,在所统计的时段内仅甘肃省内祁连山共发生5级以上地震8次。表3显示当一组台站数达到3个或以上,3个月之内发生地震的仅有两次。一次为2000年4月3个台站出现突跳,6月份发生景泰5.9级地震;另一次为2001年5月5个台站出现突跳变化,之后两

个月发生肃南5.3级地震。其它都没有地震发生。因此该地区突变的成组现象对本地区地震的预测并不理想,漏报的可能性很大。

表3 祁连山地区测点成组变化统计表

时间 年份 月份	天祝	酒泉	嘉峪关	黄茂	连城	附件厂	柳湖	次数
1991 12	√					√		2
1992 1	√					√		2
1992 2	√					√		2
1992 9	√	√						2
1993 1	√					√		2
1994 1	√					√		2
1995 7	√		√					2
1996 2	√	√						2
1996 7	√		√			√		3
1998 4	√		√					2
1998 6	√	√	√					3
1998 8	√					√		2
2000 4	√		√			√		3
2000 11		√	√					2
2001 1	√	√					√	3
2001 4	√	√		√			√	2
2001 5			√			√	√	5
2002 1	√	√	√				√	4
2002 2	√		√					2
2002 3			√	√			√	3
2002 8			√	√			√	3
2002 9				√			√	2
2003 3		√	√					2
2003 4					√	√		2
2003 5	√	√	√				√	4
2003 10		√	√					2

注:√突变原因不明

## 4 结论

对甘肃17个测点氩日均值分析发现氩突变型变化是广泛存在的。引起变化的主要干扰因素有降雨、温度、流量,观测仪器以及人为因素,其中5个台站干扰因素引起氩的突变占氩突变总数的50%以上,而花牛水氩和通渭水氩超过80%。12个台站没有明确干扰引起的的突变次数比例很高。只有连城水氩不仅突变次数少,而且除一次之外,其它几次都对应地震。因此甘肃水氩单点突变映震效果并不理想。

同时对多测点成组出现突变的演化过程进行分片分析,结果表明甘东南地区成组项次出现明显的增加,并且成逐渐增加的趋势时,可能会有地震发生,而祁连山地区有震年份和无震年份成组项次的变化并无明显的区别。

## [参考文献]

- [1] 王吉易,张炜,邢玉安,等. 水化地震短临前兆标志体系的研究[J]. 中国地震,1996,12(3):316-324.
- [2] 刘耀炜. 水氡非随机干扰定量排除[J]. 地震学报,1989,11(4):411-422.
- [3] 王长岭,张慧,张世琴,等. 不同深度断层气氡、汞等的稳定性研究及其潮汐波分量[J]. 地震学报,1994,16(增刊):118-124.
- [4] 王志高. 深井水氡主要干扰因素及映震效能分析[J]. 西北地震学报,2002,24(3),251-257.
- [5] 高立新,车用太,纪建国,等. 抽水对地下水位、汞、氡的影响[J]. 西北地震学报,2006,28(2),144-148.
- [6] 姚玉霞,王建荣,田继孝. 甘肃礼县盐关井水位短临异常与滇北强震的关系[J]. 西北地震学报,2007,29(2):197-199.
- [7] 汪万红,张慧,苏鹤军. 秦岭北缘断裂带温泉水循环深度与地震活动性的关系研究[J]. 西北地震学报,2008,30(1):36-42.
- [8] 王永义,王专翠. 胡以高. 降雨入渗补给规律分析[J]. 地下水,1998,20(2),74-75.
- [9] 赵小茂,黄辅琼,王新,等. “集中降雨”与浅层承压井水位及区域地震活动关系的初步研究[J]. 西北地震学报,2009,31(3),259-264.

\*\*\*\*\*  
(上接 243 页)

## [参考文献]

- [1] 张晓东,蒋海昆,黎明晓. 地震预测与预警探讨[J]. 中国地震,2008,24(1):67-76.
- [2] 张晓东,张国民. 关于地震预警的思考[J]. 国际地震动态,2004,6:42-46.
- [3] 杨马陵,沈繁鑫,王正尚. 预警等级预报——一种新的地震预报发布形式和对策的思考[J]. 国际地震动态,2004,8:1-12.
- [4] 国家地震局科技监测司. 地震学分析预报方法程序指南[M]. 北京:地震出版社,1990.
- [5] Shinji Toda, Jian Lin, Mustapha Meghraoui, et al. . Stein 12 May 2008  $M = 7.9$  Wenchuan, China, earthquake calculated to increase failure stress and seismicity rate on three major fault systems [J]. Geophysical Research Letters, 2008, 35: L17305, doi:10.1029/2008GL034903.
- [6] 郑文俊,刘小凤,赵广坤,等. 2003年11月13日甘肃岷县  $M_s 5.2$  地震基本特征[J]. 西北地震学报,2005,27(1):61-65.
- [7] 高曙德,杜学彬,苏永刚,等. 甘川交界地区近年地震活动与武都地震台前兆资料变化特征[J]. 西北地震学报,2009,31(2):167-173.