



## 武山 22 号井水氡中期异常与地震关系的探讨

杨兴悦<sup>1</sup>, 王 燕<sup>2</sup>, 闫万生<sup>3</sup>,

(1. 甘肃省地震局武山地震台, 甘肃 武山 741308; 2. 甘肃省地震局天水中心地震台, 甘肃 天水 741020;  
3. 甘肃省地震局兰州观察台, 甘肃 兰州 730000;)

**摘要:**利用从属函数法对 1984—2003 年武山 22 号井水氡资料进行分析。共提取出 5 次从属函数中期异常, 其中 4 次对应了在甘肃及邻区发生的  $M_s \geq 5.8$  地震。对异常特征及其地震的对应关系做了讨论, 提出了中强、强震时间预测的指标与方法。

**关键词:** 水氡; 从属函数; 异常

**中图分类号:** P315.72<sup>+4</sup>      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-0844(2006)02-0095-02

## Discussion on Relationship between Middle-team Anomalies of Radon in No. 22 Well at Wushan Station and Earthquakes

YANG Xing-yue<sup>1</sup>, WANG Yan<sup>2</sup>, YAN Wan-sheng<sup>3</sup>

(1. Seismological Station of Wushan, Earthquake Administration of Gansu Province, Gansu Wushan 741308, China;  
2. Seismological Center Station of Tianshui, Earthquake Administration of Gansu Province, Gansu Tianshui 741020, China;  
3. Seismological Station of Lanzhou, Earthquake Administration of Gansu Province, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** Using the subordinate function method, the observation date of radon in No. 22 well at Wushan station from 1984 to 2003 are analyzed. Five Middle-term anomalies on the curves of subordinate function are found, and 4 of the anomalies corresponded with earthquake ( $M_s \geq 5.8$ ) in Gansu province and adjacent regions. With this the relationship between the anomaly and earthquake, the feature of anomaly are discussed. The method and criterion of time prediction for strong and moderate-strong earthquake are obtained from the amonaly of radon.

**Key words:** Radon; Subordinate function; anomaly

### 0 引言

武山台 22 号井具有良好的地震水文地球化学条件, 水氡观测资料连续, 干扰小。对于本地区的地震监测预报有着重要的作用。因此有必要对 22 号井水氡资料做一系统的总结分析。

采用一般的“看图识字”方法, 很难将地震前兆异常与观测系统导致的变化区别开来。为此, 在本文的研究中使用了模糊数学中的从属函数法对水氡观测数据进行分析, 系统地剖析前兆特征, 总结出异常变化规律。

### 1 武山 22 号井概况

22 井位于武山县温泉乡, 海拔 1 758 m。构造上处于西秦岭北缘深大断裂带的温泉—甘泉深断裂、聂河断裂及马家庄断裂的交汇部位。含水岩层为印支期似斑状花岗岩, 裂隙发育。水质类型为微矿化度重碳酸钠型。

22 号井为自流井, 井深 154.39 m, 水温 56.3 °C, 流量

0.25 L/s。1981 年 11 月开始观测。

### 2 从属函数中期异常判定方法

水氡值呈趋势性上升一般为中强地震的中期异常。刘喜兰等在“十五”攻关中采用改进后从属函数法来判定中期异常, 取得了预期的研究结果<sup>①</sup>。其改进之处是采用月均值的 23 点滑动平均值做为数据序列。我们通过比较, 认为甘肃地区用 13 点滑动平均值作计算的效果较好。中期异常判定方法列于表 1。异常判定的具体做法如下。

表 1 甘肃地区地下流体中期异常判定方法表

方法	使用数据	信息参数计算		异常判定指标
		计算式	特定要求	
从属函数	月均值的 13 点滑动平均值 $M_i$	$\mu_i = \left[ 1 + \frac{\alpha}{ k_i   r_i } \right]^{-1}$	求曲线上升级的从属函数, 拟合窗口长度 $m=9$	$\mu_i \geq 0.5$

(1) 月均值平滑滤波: 求月均值的 13 点滑动平均值, 将该值置于右端点, 其计算式为

收稿日期: 2005-08-18

作者简介: 杨兴悦(1981—), 男(汉族), 甘肃靖远人, 技术员, 现主要从事地震台站监测工作。

① 刘喜兰, 金艳, 李君英, 等. 华北地区地下流体短期异常判定和预测指标的研究. 2003.

$$M_i = \bar{X}_i = \frac{1}{13} \sum_{k=0}^{12} X_{i-k} \quad (1)$$

式中  $M_i$  和  $\bar{X}_i$  均为 13 点滑动平均值;  $X_i$  为月均值。

(2) 从属函数值计算: 求水氡变化曲线上升段的从属函数  $\mu$  值。拟合窗口长度  $m=9$ , 将  $\mu$  值置于右端点, 有

$$\mu_i = \left[ 1 + \frac{\alpha}{|k_i| |r_i|} \right]^{-1} \quad (2)$$

式中  $k_i$  为观测值变化斜率;  $r_i$  为滑动平均值  $M(t)$  与时间  $t$  的相关系数;  $\alpha$  为经验常数。在计算 22 号井水氡中期异常时, 取经验常数  $\alpha=0.5$ 。

(3) 异常判定:  $\mu_i \geq 0.5$ , 则视为异常。

### 3 水氡从属函数中期异常特点

用从属函数法处理了 1984 年 1 月至 2003 年 12 月 22 号井的水氡观测资料。结果表明, 共出现 5 次从属函数中期异常, 其中 4 次较好地对应了甘肃及其邻区的  $M_s \geq 5.8$  地震, 1 次为无震异常(图 1, 表 2)。

从表 2 可知, 22 号井水氡从属函数中期异常的特点是:

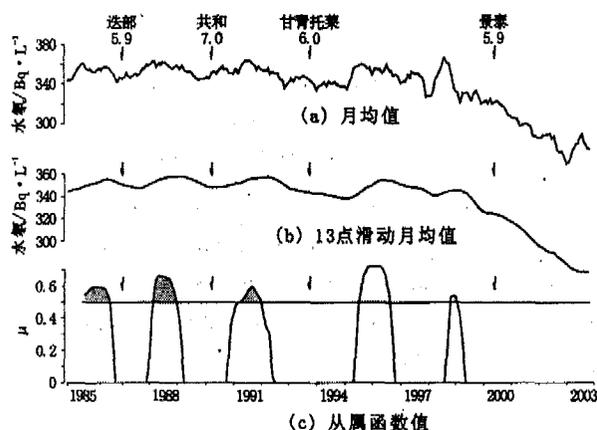


图 1 武山 22 号井水氡异常从属函数变化曲线图

Fig. 1 Curve of subordinate function for anomaly of radon in No. 22 well at Wushan station.

表 4 武山 22 号井水氡从属函数法检验性中期时间结果表

序号	异常出现时间	预测发展时间			预测期限/月	对应地震
		最小超前时间 $\Delta T^1$	开始时间	最大超前时间 $\Delta T^2$		
1	1988-03	19	1989-10	31	13	1990 年 4 月 26 日共和 7.0 级
2	1991-03	19	1992-10	31	13	1993 年 10 月 26 日托莱 6.0 级
3	1998-11	19	2000-06	31	13	2000 年 6 月 6 日景泰 5.9 级

### 5 结论与讨论

(1) 用改进的从属函数法对武山 22 号井水氡资料进行分析, 提取出的异常明显, 对应地震效果较好。

(2) 检验性预测结果表明, 预测期限为 13 个月。这就是说利用 22 号井水氡资料可以做出中期、中短期尺度的预测。

(3) 自从 1999 年以来, 22 号井水氡月均值持续下降, 而在本文中计算的是上升段的从属函数  $\mu$  值。因此在 2002 年 12 月 14 日玉门  $M_s 5.9$  和 2003 年 10 月 25 日民乐  $M_s 6.1$  地震前未出现从属函数异常。

(4) 通过对 22 号井水氡资料分析, 还给我们一个启示:

(1) 异常持续时间: 最短为 3 个月, 最长为 13 个月, 平均为 9.0 个月。

(2) 异常超前时间: 最短为 19 个月, 最大为 31 个月, 平均为 25.0 个月。

### 4 中期发展时间预测

依据 22 号井水氡的多次异常资料, 可得到中期异常的超前时间(表 2)。选择出异常的最小和最大超前时间, 分别以这两个时间作为预测的最小和最大超前时间(表 3)。

预测发展时间的计算方法是, 当 22 号井水氡从属函数值达到预测指标, 即  $\mu \geq 0.5$  时, 查表 3 得到预测的最小和最大超前时间, 再按下式算出发震时间<sup>[2]</sup>

$$\begin{cases} T^1 = t + \Delta T^1 \\ T^2 = t + \Delta T^2 \end{cases} \quad (3)$$

式中  $T^1$  和  $T^2$  分别为预测的发展开始和终止时间;  $t$  为达到预测指标的时间;  $\Delta T^1$  和  $\Delta T^2$  分别为预测的最小和最大超前时间。

表 2 武山 22 号井水氡从属函数中期异常特征表

序号	异常时间		持续 / 月	超前 / 月	最大 / $\mu$	对应地震		震中 / km
	开始	结束				时间	地点	
1	—	1986-08	—	—	0.61	1987-01-08	甘肃迭部	5.9 133
2	1988-03	1989-01	10	25	0.67	1990-04-26	青海共和	7.0 454
3	1991-03	1992-01	10	31	0.60	1993-10-26	甘青交界托莱	6.0 710
4	1995-08	1996-09	13	—	0.72	无地震		
5	1998-11	1999-02	3	19	0.55	2000-06-06	甘肃景泰	5.9 282

表 3 武山 22 号井水氡从属函数法中期时间预测指标表

预测指标	预测的最小超前时间 $\Delta T^1$ /月	预测的最大超前时间 $\Delta T^2$ /月
$\mu \geq 0.5$	19	31

按照上述方法进行检验性预测, 其结果列于表 4。从表 4 可知, 中期预测的期限为 13 个月, 应对应的地震都落在预测期内, 表明检验性预测的效果是良好的。

若用该方法对同一地区的多学科、多手段的前兆资料进行中期预测, 其预测精度会更高。

本文在写作过程中得到河北地震局王吉易研究员的热情帮助, 在此表示感谢!

### [参考文献]

[1] 张炜, 王吉易, 郭秀满, 等. 水文地球化学预报地震的原理与方法[M]. 北京: 教育科学出版社, 1988. 219-222.  
 [2] 王吉易, 董守玉, 陈建民, 等. 地下流体地震预报方法[M]. 北京: 地震出版社, 1997. 66.