

短文

## 定襄泉水氡前兆异常的可靠性分析

范雪芳<sup>1</sup>, 张淑亮<sup>1</sup>, 王吉易<sup>2</sup>

(1. 山西省地震局, 山西 太原 030002; 2. 河北省地震局, 河北 石家庄 050021)

**摘要:** 从定襄泉水点的水文地质条件、水氡异常特点、水氡变化的正常环境影响因素等方面对1996年出现的异常可靠性进行了论证, 认为异常除与气温和降水的影响有关外, 还与岩石的应力—应变变化有关, 是1998年张北6.2级地震比较可信的前兆异常。

**关键词:** 水氡; 前兆异常; 影响因素; 可靠性

**中图分类号:** P315.72<sup>+3</sup> **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2003)01-0086-03

### 0 引言

1998年河北张北6.2级地震前, 山西定襄泉于1995年年底开始出现水氡趋势异常变化。1997年4月, 有关专家对该异常进行了现场落实<sup>①</sup>。笔者根据这一异常对张北地震做出了中短期预报。

虽然定襄泉水氡异常较好地对应了张北地震, 但对该异常的可靠性再做深入细致的剖析仍是必要的, 因为这可为水氡地震监测预报工作提供有益的经验, 也可为水氡前兆理论探讨提供宝贵的基础资料。本文从泉水点的水文地质条件, 水氡异常的变化特点, 水氡的环境影响因素与正常动态等方面分析讨论该异常的可靠性问题。

### 1 水点的水文地质条件

定襄泉位于定襄县茶房口村南, 系舟山山麓河谷的东北侧, 构造上属于定襄断陷盆地的东部边缘。泉水出露于系舟山断裂带上, 该断裂走向NE, 倾向NW, 为本区的主要活动断裂。含水层的上部为中奥陶系富水灰岩, 下部为相对隔水的下奥陶系泥质灰岩。泉点西北侧的断裂带构成阻隔层, 是造成泉水出露于地表的必要条件。

定襄水氡观测点在茶房口村南约500m的山沟里, 1981年6月建点时对泉口进行了改造, 修建出水口, 安装三角堰, 并建观测房。泉水流量随季节变化很大; 枯水季节最小为0.9 L/s, 雨季最高可达25.8 L/s。地下水化学类型为HCO<sub>3</sub>-Ca型水, 水温9~10°C, 水氡含量一般为25~35 Bq/L。

### 2 水氡异常变化特点

1998年1月10日河北张北—尚义6.2级地震前, 定襄泉水氡出现趋势异常变化(图1)。异常开始于1995年11月, 结束于1998年11月, 历时36个月。异常变化特征打破年变, 其中1996年11~12月水氡月均值为41.4 Bq/L, 达到了观测以来的最高值; 较正常年变27 Bq/L, 最大变化幅度达53.3%<sup>[5]</sup>。

采用“滑动变化率法”做分析, 水氡的异常变化则更加明显。滑动变化率 $R \geq 0.05$ 为异常, 计算方法见文献[4]。定襄泉的水氡滑动变化率异常开始于1996年3月, 结束于1998年10月, 持续31个月。1997年10月达到最大值0.37, 其后明显下降, 3个月后发生张北—尚义6.2级地震。

### 3 水氡的环境影响因素分析

众所周知, 水氡含量受到多种天然和人为的环境因素

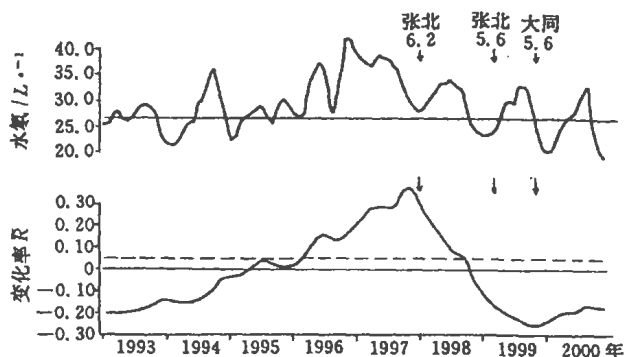


图1 定襄泉水氡月均值和变化率异常曲线图

Fig. 1 The curve of monthly mean value and anomaly of variation rate of water-radon in Dingxiang spring.

收稿日期: 2001-11-19

作者简介: 范雪芳(1963—), 女(汉族), 山西万荣人, 高级工程师, 现从事地下流体分析预报及研究工作。

① 地下流体学科震情跟踪专家工作组, 山西省地震科技监测处, 山西省地震局分析预报中心, 山西省境内一九九七年第一季度地震地下流体重要异常落实报告. 1999.

影响<sup>[1]</sup>. 下面分析异常变化最为显著的 1996 年水氡的主要影响因素.

图2为1995年1月至1998年6月定襄泉水氡、气温、流量和降水量的变化. 看出水氡与气温等因素之间的关系是比较密切的, 但在不同季节关系表现有所不同, 意味着不同时期水氡的主要影响因素和氡值变化的机理也是不同的.

(1) 2月至6月: 水氡值与气温同步上升, 二者间具有显著的线性相关关系(图3), 但与流量无关, 可见气温为该时期水氡的主要影响因素. 定襄泉岩层内的包气带(潜水面至地表间的岩层称包气带)厚度较大, 按照水文地质学原理<sup>[2]</sup>, 在春季气温和表层地温回升时包气带内气流向下移动; 另外春季少量的降雨增加了土壤湿度, 则起到屏蔽作用. 这两种作用都减少地下水溶解氡的逸出量, 故春季水氡值上升.

(2) 7月至9月: 水氡值明显下降, 与降雨量和流量增大有直接关系. 当累计降水量超过一定阈值, 降雨和降雨引发的冲沟内洪水便可直接从泉口附近渗入, 并与泉水发生混合, 从而产生淡化作用, 造成水氡值下降.

(3) 10月至翌年1月: 水氡值出现“上升一下降”的变化, 流量则从高值逐渐下降. 水氡值变化的原因是: 雨季后期或其后的二、三个月, 由降水补给的那部分地下水经过深循环后流出地表, 同时携带出含水层内部的高氡水, 结果使水氡值出现先上升后下降的变化.

以上分析表明, 1996年定襄泉的水氡高值变化与气温、降水量有密切关系, 引起水氡值变化的机理分别为气体对流和混合作用.

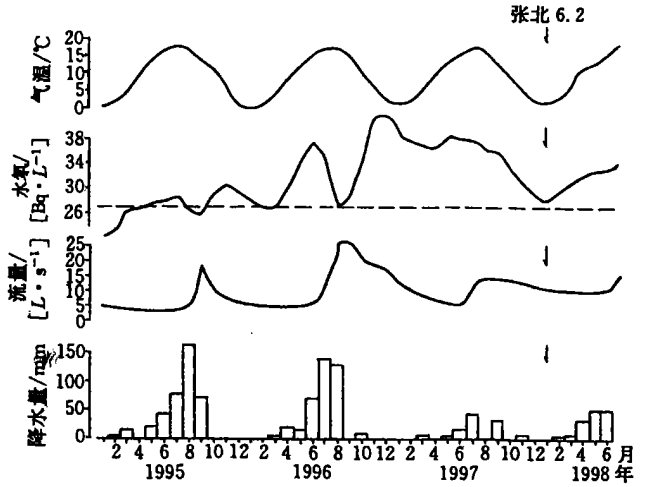
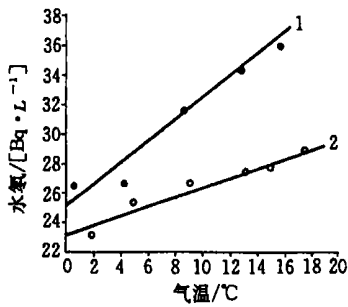


图2 定襄泉水氡、气温、流量和降水量变化曲线图  
Fig. 2 The curves of water radon, air temperature, rate of flow and waterfall in Dingxiang spring.



1. 1995年2月至7月;  
2. 1996年2月至6月

图3 定襄泉水氡与气温相关关系

Fig. 3 Correlation of water radon with air temperature in Dingxiang spring.

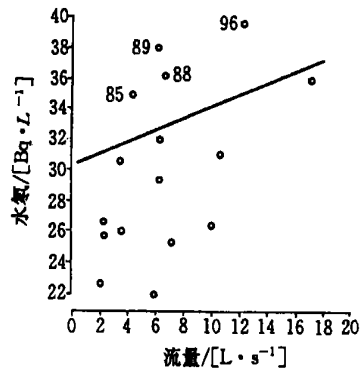


图4 定襄泉水氡与流量相关关系图

Fig. 4 Correlation of water radon with rate of flow in Dingxiang spring.

### 4 水氡前兆异常可靠性分析与结论

水氡的异常变化虽然与气温、降水等外在环境因素有关, 但变化中是否包含地震的前兆信息(即应力—应变信息), 是前兆异常可靠性判断的核心问题<sup>[3]</sup>.

(1) 水氡值变化与气温关系的分析. 从图3可见, 1996年2~6月, 水氡与气温之间的影响系数(*b*值)为0.768, 显著大

于1995年2~7月的影响系数( $b=0.330$ ),明显存在大于正常期气温影响的异常。

(2) 水氡值变化与流量、降水关系的分析。流量与降水直接有关,二者变化同步。水氡的高值变化一般出现在雨季之后(10~12月),故分析10~12月的水氡平均值与流量年均值之间的关系。图4为1985~2000年水氡与流量的关系,可见1996年水氡与流量的关系明显地偏离了正常年份的包络线。从图中还可看出,1985年、1988年和1989年的水氡与流量关系也偏离了正常年份的包络线,而1989年和1991年在山西大同分别发生两次5.8级地震。

以上两点分析表明,1996年定襄泉水氡出现的高值异常变化,除受气温、降水的影响外,还应包含有明显的地震前兆信息,可作为1998年1月10日张北6.2级地震的水氡前兆异常。定襄泉水氡前兆异常可靠性分析的思路与方法,是可以推广运用的。

### [参考文献]

- [1] 王吉易,等.水氡动态的影响因素及其排除方法[A].见:国家地震局科技监测司.地震监测与预报方法清理成果汇编,地下水分册[M].北京:地震出版社,1988.44-53.
- [2] 张炜,王吉易,鄂秀满,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.
- [3] 中国地震局监测预报司.地震前兆异常落实工作指南[M].北京:地震出版社,2000.
- [4] 范雪芳,王吉易.预测发震时间的水氡滑动变化率值及其检验[J].地震,2001,21(1):85-90.
- [5] 范雪芳,刘巍.定襄泉水氡异常与地震活动关系的研究[J].华北地震科学,16(4):51-57.

## ANALYSIS ON THE RELIABILITY OF PRECURSOR ANOMALY OF WATER-RADON IN DINGXIANG SPRING, SHANXI PROV., CHINA

FAN Xue-fang<sup>1</sup>, ZHANG Shu-liang<sup>1</sup>, WANG Ji-yi<sup>2</sup>

(1. *Seismological Bureau of Shanxi Province, Taiyuan 030002, China;*

2. *Seismological Bureau of Hebei Province, Shijiazhuang 050021, China*)

**Abstract:** The reliability of anomaly of water-radon in Dingxiang spring observation in 1996 is discussed, based on data of the hydrogeologic condition at the spring, the characteristics of water-radon anomaly and the normal influence factors from environment. It is considered that the anomaly of water-radon not only correlates with air temperature and water-fall, but also with variation of stress-strain in rock, is the reliable precursor anomaly before Zhangbei  $M 6.2$  earthquake in 1998.

**Key words:** Water-radon; Precursor anomaly; Effect factors; Reliability