

# 聊古-1 井氮氦比区间概率 信息量与地震的关系

张昭栋

(山东省地震局, 济南 250014)

张 华

(山东省建筑工程学院, 济南 250014)

吴子泉 耿 杰

(山东省地震局, 济南 250014)

**摘要** 采用了非线性的褶积滤波结合多元回归的方法排除聊古-1 井氮氦比观测值中的干扰影响, 然后计算了其观测值区间概率的信息量. 分析了信息量与 1981 年宁晋  $M_S 5.8$  地震和 1983 年菏泽  $M_S 5.9$  地震的关系. 结果显示, 在这两次地震前 2 个月左右, 氮氦比信息量都明显地出现升高异常, 地震后恢复到正常值.

**关键词** 山东 地球化学异常 异常特征 信息量 聊古-1 井 氮氦比

## 1 前言

对于地下流体的地球化学观测, 例如水中气体含量的观测, 其主要干扰因素为降雨量、气温、气压、井孔水流量和水温等. 降雨、流量等对井水中气体含量的影响有明显的滞后效应, 同时还存在着一种“记忆”效应, 即随着时间的推移, 其影响逐渐减弱, 以至消失. 为了消除这种有滞后“记忆”的影响, 作者采用了褶积滤波方法对资料进行处理. 从而较好地排除了干扰的影响, 提高了观测资料的可信度. 以往的分析研究表明, 在实际观测预报中采用两种气体测值之比较单独用一种气体效果更好<sup>[1~3]</sup>.

聊古-1 井(自流井)氮氦比的观测资料同样受到上述干扰因素的影响. 通过分析我们发现其主要干扰因素为降雨、井水流量和气压变化. 为此采取褶积滤波结合多元回归的方法, 对该井氮氦比观测资料进行综合处理. 再计算处理后资料的区间分布概率, 由此概率计算出每一观测值的信息量, 分析信息量随时间变化与地震的关系.

## 2 聊古-1 井观测概况

聊古-1 井为国家 I 类水化综合台站. 该井位于山东省聊城市郊(东经  $116.0^\circ$ , 北纬  $36.5^\circ$ ), 地处聊城-兰考大断裂的北段东侧, 海拔 34 m. 其完钻深度 2337.7 m, 观测段井径

本文 1997 年 1 月 22 日收到.

第一作者简介: 张昭栋, 男, 1942 年 12 月生, 研究员, 从事固体潮、地震地下流体、地应力、应变及综合预报地震等研究工作.

340 mm, 过水段井径 82 mm. 含水层顶板埋深 785.0 m, 岩性为奥陶系灰岩. 井水为岩溶裂隙承压水, 涌水量为  $1.8 \text{ l/s}\cdot\text{m}$ , 水温为  $52^\circ\text{C}$ . 该井套管封闭良好, 固井止水措施得当, 所以井壁封闭性好, 不受浅层水的影响. 其井水矿化度较高, 且富含微量元素, 其中溶解气体以氮气为主, 且富含二氧化碳和氦气. 聊古-1 井氮氦比是从 1981 年正式投入观测的. 用同一台气相色谱仪测量两种气体含量. 其观测条件稳定, 观测人员技术水平较高, 因此该井氮氦比观测资料可信度高.

### 3 氮氦比观测值区间概率信息量的计算

#### 3.1 聊古-1 井氮氦比观测值的干扰影响的排除

多年来的观测经验表明, 聊古-1 井气体观测的主要干扰因素是气象因素和水文因素. 这些干扰因素有的具有明显的年变规律, 如气温和气压; 有的有滞后现象, 如降雨. 我们用褶积滤波的方法来处理降雨对该井氮氦比观测的影响<sup>[4]</sup>.

#### 3.2 聊古-1 井氮氦比观测值区间概率的计算方法

将聊古-1 井消除干扰影响后的氮氦比观测值的变化范围(最大值与最小值之间)分成  $j$  等分, 形成  $j$  个子区间. 设自 1981 年到 1992 年共有日均值点  $N$  个, 它们落入每一个子区间的点分别为  $m_j$  个, 所以第  $i$  个点落入第  $j$  个子区间内的概率为

$$P_{ij} = \frac{m_j}{N} \quad (1)$$

由上式的定义可知, 在观测值正常范围内, 由于落入的点数较大, 所以其区间概率也大; 反之, 偏离正常值越远的观测点, 其区间概率也越小.

#### 3.3 聊古-1 井氮氦比观测值区间概率信息量

定义观测数据的信息量为

$$I(A_i) = P(A_i) \ln P(A_i) \quad (2)$$

其中  $P(A_i)$  为观测数据  $A_i$  的观测区间概率.

由(2)式可知, 观测数据的区间概率越大, 它所给出的信息量则越小; 反之, 观测数据的区间概率越小, 它所给出的信息量则越大. 无震时系统处于正常状态, 前兆观测数据应在正常值附近波动, 这时数据的区间概率就很大, 给出的信息量则很小. 在孕震过程中, 特别是在地震发生的前后, 系统处于失稳的非线性状态, 前兆观测数据发生变化, 偏离正常值, 从而使得计算出的区间概率变低, 信息量则变大.

### 4 聊古-1 井氮氦比观测值信息量与地震的关系

利用上述方法, 计算了 1981 ~ 1992 年聊古-1 井氮氦比观测资料. 为了分析方便, 把计算的信息量进行无量纲归一化处理. 令信息量的极大值为 1, 极小值为 0, 以此将全部信息量值进行归一化, 得出无量纲归一化的信息量, 见图 1.

距聊古-1 井 150 km 范围内, 自 1981 年 1 月至今, 发生了两次  $M_S \geq 5.5$  地震, 即 1981 年 11 月 9 日宁晋  $M_S 5.8$  地震(震中距约 150 km)和 1983 年 11 月 7 日菏泽  $M_S 5.9$  地震(震中距约 140 km).

由图 1 可见, 自 1981 年观测以来, 聊古-1 井氮氦比观测值的区间概率归一化信息量只有两次较大的异常变化. 第一次自 1981 年初开始, 信息量从最大值逐渐下降, 1981 年 9 月降到 0.41, 而后转折上升, 到 11 月达到 0.71, 11 月 9 日发生了宁晋 5.8 级地震. 震后信息量转折下

降, 1982年6月下降到极小值  
0.1982年7月到1983年8月  
信息量在0~0.25之间波动.  
1983年9月信息量开始出现第  
二次升高异常变化, 11月升高  
到0.77, 11月7发生了菏泽5.9  
级地震. 地震后信息量转折迅速  
下降, 1984年4月达到低点. 自  
1984年4月以后, 信息量在正  
常值0~0.4之间波动, 而且大  
多在0~0.2之间波动.

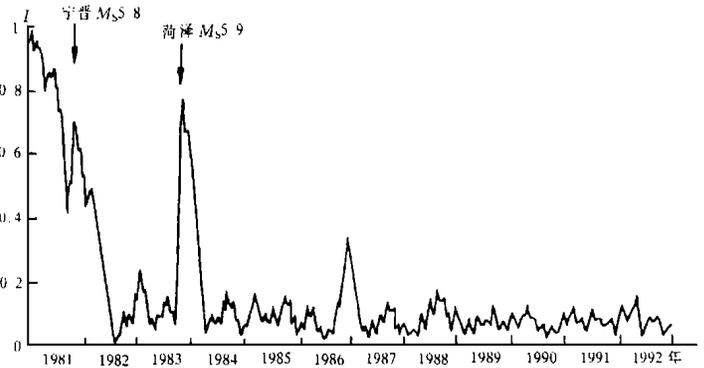


图1 聊古-1井氮氦比信息量

由以上两次震例分析可见, Fig. 1 Information amount of ratio between nitrogen and helium of well Liaogu-1.

聊古-1井氮氦比信息量正常变化范围在0~0.4之间. 在距台站150 km以内发生的 $M_s \geq 5.5$ 地震前2个月左右信息量出现高值异常, 超过0.7, 地震发生在高值的尖峰附近. 震后信息量迅速下降, 在正常值附近波动.

## 5 结语

(1) 用同一口井(泉)所含的两种气体之比来分析研究孕震信息, 比单纯用一种气体效果往往更好一些. 这是由于两者之比有可能消除一些同源干扰或系统误差, 有利于突出异常变化, 增大信息量.

(2) 褶积滤波结合多元回归的方法不仅可以消除当时干扰产生的影响, 而且也可以消除以前干扰产生的滞后“记忆”影响, 是一种处理带有滞后“记忆”效应影响的较有效的非线性方法. 所以用该方法来排除聊古-1井氮氦比观测资料中的干扰影响效果较好, 提高了资料的可信度.

(3) 聊古-1井氮氦比观测值区间概率信息量, 在1981年宁晋 $M_s 5.8$ 地震和1983年菏泽 $M_s 5.9$ 地震前2个月左右, 都出现了明显的升高异常变化, 并且都在信息量的高峰处发震. 震后又恢复到正常范围内波动.

(4) 计算区间概率信息量的方法不仅可以用来处理氮氦比观测资料, 而且也可以处理所有地震前兆手段的观测资料. 该方法给出了一种量化的、无量纲的和归一化的描述孕震信息的新方法. 因此, 可以用该方法把各类地震前兆观测资料综合为一种物理量统一来描述, 从而可以研究大区域孕震信息场的演化过程图象, 分析孕震信息的变化特征, 进行地震预报.

本研究得到聊城水化站王树鼎的帮助, 在此表示感谢.

## 参考文献

- 1 国家地震局华北地球化学背景场课题组. 华北地震水文地球化学研究. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1990.
- 2 张炜, 等. 水文地球化学地震前兆观测与新灵敏组分的探索. 地震, 1987, (5): 58.
- 3 张炜, 等. 水文地球化学预报地震的原理与方法. 北京: 教育科学出版社, 1988.
- 4 张昭栋, 靖继财, 王树鼎, 高玉斌, 张铸钢. 用褶积滤波及多元回归方法处理聊古-1井氮氦比观测资料. 地震研究, 1993, 16(3): 260~265.

**A DISCUSSION ON ENSEMBLE STABILITY AND LOCAL UNSTABILITY IN JIANG-HUAI  
SEISMIC AREA AND PREDICTION FOR FUTURE MODERATE EARTHQUAKE**

WANG Zhengzheng LIU Honggui FENG Zhisheng  
(*Seismological Bureau of Jiangsu Province, Nanjing 210014*)

**Abstract**

In this paper, the idea of forecasting earthquake with ensemble steady state and regional unsteady state is applied. According to the distribution of historical earthquakes and the seismic tectonic framework, a region ( $29^{\circ} \sim 34^{\circ} 30' \text{N}$ ,  $110^{\circ} \sim 125^{\circ} \text{E}$ ) as a relative independent system in which the seismicity is transient state is chosen. We search the non-linear zone, judge the seismically active tendency and delineate zone which has to be paid close attention to in the future in the region. The results are corresponding with the situation of  $M_s 6.1$  earthquake in south Yellow Sea occurred on Nov. 9, 1996.

**Key words** South China, Jiang-Huai seismic area, Ensemble stability, Local instability, Forecast for seismically active tendency

(上接 53 页)

**RELATIONSHIP BETWEEN INFORMATION AMOUNT OF INTERVAL  
PROBABILITY OF RATIO BETWEEN NITROGEN AND  
HELIUM IN WELL LIAOGU-1 AND EARTHQUAKE**

ZHANG Zhaodong  
(*Seismological Bureau of Shandong Province, Jinan 250014*)  
ZHANG Hua  
(*Institute of Civil Engineering of Shandong, Jinan 250014*)  
WU Ziquan GENG Jie  
(*Seismological Bureau of Shandong Province, Jinan 250014*)

**Abstract**

In this paper, nonlinear faulting filtering and multiple regression methods are adopted to remove the interference influence in observation data of the ratio between nitrogen and helium. Then the information amount of interval probability of the observation data is calculated. The relationship between the information amount and the earthquakes that are the 1981 Ningjin  $M_s 5.8$  earthquake and the 1983 Heze  $M_s 5.9$  earthquake is analysed. It is shown that the high anomalous values of the information amount appeared about two months before the two earthquakes. And the information amount returned to normal value after the earthquakes.

**Key words** Shandong Geochemical anomaly, Anomalous character, Information amount, Well Liaogu-1, Ratio between nitrogen and helium