

辽河盆地地下流体异常与岫岩 $M_s5.6$ 地震

刘元生¹, 刘贵和², 佟凤兰²

(1. 山东省地震局, 山东 济南 250014; 2. 辽河油田地震台, 辽宁 盘锦 024010)

摘要: 分析了 1999 年 11 月 29 日岫岩 $M_s5.6$ 地震前, 辽河油田 6 口观测井的前兆异常特征. 观测项目有水位、采液量、采气量及套管压力等. 该次地震前 6 口井的观测资料均出现明显的趋势异常和短临前兆异常, 幅且具有较好的同步性, 异常形态表现为升-降-升型. 抽水、注水、气压、温度等干扰因素对观测资料没有影响, 异常是可信的.

主题词: 趋势异常; 临震异常; 异常特征; 地下流体; 岫岩地震

中图分类号: TE33⁺1.2; P315.72 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2000)03-0241-06

0 引言

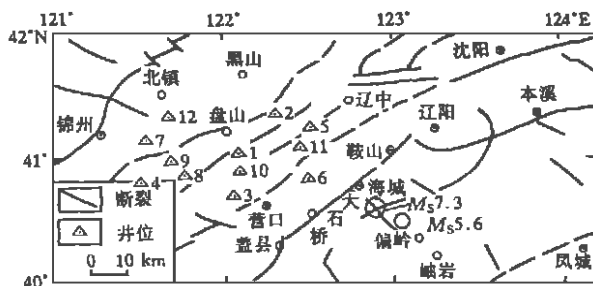
1999 年 11 月 29 日 12 时 10 分, 在辽宁省鞍山市岫岩县偏岭地区发生了 $M_s5.6$ 地震. 该次地震前, 辽河地区有多种地下流体观测手段出现趋势异常和短临前兆异常. 异常反映比较好的有兴 1 井水位、荣 2 井水位、高 7 井水位、兴 101 井采液量、大 1 井套管压力和兴 163 井采气量. 本文介绍了上述 6 口井观测资料的异常特征.

1 观测资料异常特征分析

1.1 兴 1 井水位

兴 1 井位置见图 1. 该井水位的正常年变趋势为, 1~3 月水位逐步下降, 3 月底下降至最低值, 然后开始回升, 8 月底到 9 月初水位达最高值, 然后又逐步下降. 图 2 为 1999 年 1~12 月该井水位日均值曲线. 由图可见, 1~5 月水位变化基本正常, 符合正常年变规律. 从 6 月开始水位变化偏离正常年变化规律, 与正常变化相比约低 100 多毫米. 正常情况下该井水位在 7~10 月呈上升趋势(图 2 中虚线所示), 但是 1999 年 7~10 月水位不但没有上升, 反而呈下

降趋势, 7 月下降 50 mm, 8 月下降 150 mm, 9~10 月下降 180 mm. 6~10 月水位累计下降约 500 mm, 比 1998 年同期低 700 mm 左右. 岫岩 $M_s5.6$ 地震发生在水位缓慢回升过程中. 从 6 月初开始



1 兴 1 井; 2 高 7 井; 3 荣 2 井; 4 马 20 井; 5 热 8 24 井; 6 于 51 井; 7 欢 26 井; 8 兴 10 井; 9 兴 163 井; 10 大 1 井; 11 黄 10-11 井; 12 曙 14-23 井

图 1 区域构造、观测井位及震中分布

Fig. 1 Distribution of regional structures observation wells and epicenter.

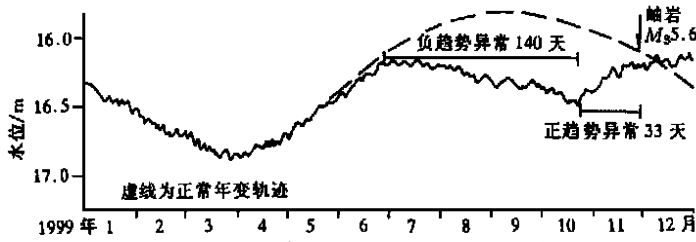


图 2 1999 年兴 1 井水位日均值曲线

Fig. 2 Daily mean values of water level of Xing-1 well in 1999.

和 10 月 27 日的 2 次突变, 8 月 28 日的水位突变是负趋势异常中的一个加速下降现象; 10 月 27 日的水位突变则是正趋势异常中的一个加速突升现象(图 3).

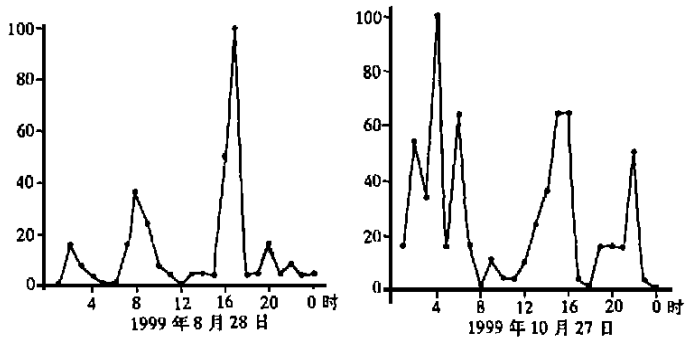


图 3 1999 年 8 月 28 日和 10 月 27 日兴 1 井水位时值差分曲线

Fig. 3 Difference curves of hourly values of water level of Xing-1 well on Aug. 28 and Oct. 27, 1999.

1.2 高 7 井水位

该井水位异常反映早于兴 1 井. 1999 年该井水位变化打破了正常年变规律, 1 月下旬 ~ 3 月底水位与正常缓慢下降的形态相比呈起伏上升变化, 比 1998 年同期高 700 多毫米. 从 4 月开始水位下降, 至 7 月中旬下降到最低值, 而正常情况下水位应呈缓慢上升趋势. 7 月中旬水位开始起伏上升, 从 11 月初开始水位大幅度上升, 与 1998 年同期相比约高 800 mm, 而正常情况下同期水位开始缓慢下降. 从 11 月初开始至岫岩 $M_s5.6$ 地震前, 水位上升逐日加快, 瞬时值曲线上斜率几乎成为直线, 水位日上升幅度高达 760 多毫米, 显示出明显的临震异常. 岫岩 $M_s5.6$ 地震发生后水位仍继续上升, 至 12 月中旬水位才开始呈现恢复状态(图 4).

1.3 荣 2 井水位

1999 年上半年该井水位变化与高 7 井相似. 从 1 月下旬起水位变化偏离正常年变, 突升约 500 mm, 至 2 月中旬又下降 150 mm. 1 月 21 日 ~ 2 月 20 日曲线形成一个高峰(图 5), 并且多次出现瞬时值阶跃, 如 1 月 24 日 8 时 ~ 25 日零时 15 个小时内, 水位从 7.106 m 升至 6.749 m, 突升 350 mm; 29 ~ 31 日又连续突升 200 多毫米. 从 2 月下旬至 6 月底水位呈缓慢抬升状态, 从 6 月 26 日开始转为下降形态, 下降速率逐步

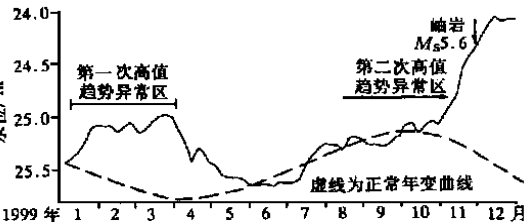


图 4 1999 年高 7 井水位 5 日均值曲线

Fig. 4 Mean values for five days of water level of Gao-7 well in 1999.

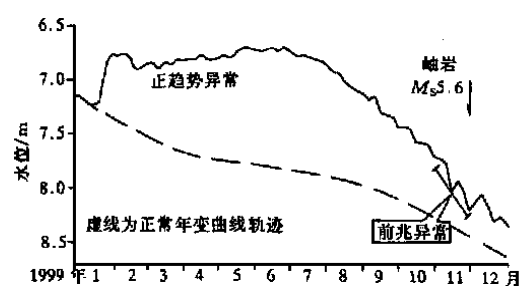


图5 荣2井水位5日均值曲线
Fig. 5 Mean values for five days of water level of Rong-2 well in 1999.

(下降了 139 mm), 显示出明显的临震异常. 7月1日至11月29日162天内该井水位累计下降了1 400多毫米, 应属于短临异常.

1.4 兴101井采油量

1999年1~4月该井因产量过低而关井, 5月7日开井生产. 5月至7月平均日产油量为10~15 t, 8月10日至17日8天中产量突然增加, 到15日日产量高达67.9 t, 是年平均日产量的4.5倍. 这是在开采时间相同、开采冲程、冲数相同的情况下出现的突发性高产现象. 8月18日~9月7日, 产量恢复到正常日生产水平. 9月8日以后, 产量又突降到日产2.9 t左右, 持续低产70天后, 到11月16日, 也就是 $M_s5.6$ 地震前13天, 产量再次下降, 日产量下降至0.8 t左右(图6). 11月17~28日产量回升到日产6~8 t, 是前半月的7至10倍. $M_s5.6$ 地震发生4天以后, 产量突升至21~31 t. 到1999年12月末, 该井高产仍在持续.

1.5 大1井套管压力

1999年该井套管压力异常波动较大. 正常日平均套管压力为0.25 MPa. $M_s5.6$ 地震前出现3次较大的突变现象. 2月末出现第1次突升异常, 套管压力高值为0.78 MPa; 8月23日出现第2次高值, 为0.99 MPa; 震前10月27日出现第3次突升, 套管压力高值达1.32 MPa(图7).

1.6 163井采气量

该井的产液量、产油量、产气量、含水量及套管压力5项观测数据在震前均有不同程度的异常反映. 本文仅以采气量为例. 从图8中可明显看出, 1998年6月2日张北 $M_s4.6$ 地震前3个月异常突出, 2月中旬采气量大幅度上升, 16日日产高达1 656 m^3 , 是正常平均日产量(533 m^3)的3倍; 5月20日第2次出现高产, 日产量为1 317 m^3 , 是正常日产量的2.5倍, 震后逐渐回落到接近正常日产水平. 11月4~6日再次出现高值异常, 日产量为1 999 m^3 , 大于张北4.6级地震的前兆异常. 从1999年2月底开始, 日产量明显增高, 比前9个月平均日产量高30%.

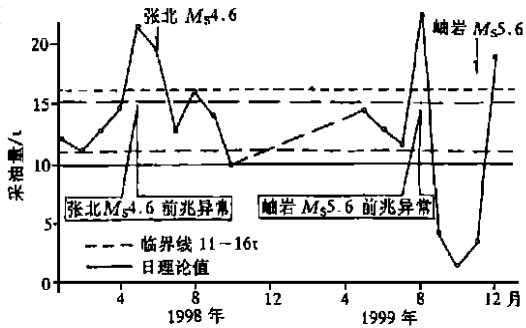


图6 兴101井月采油量
Fig. 6 Monthly oil recovery volume of Xing-101 well in 1998 and 1999.

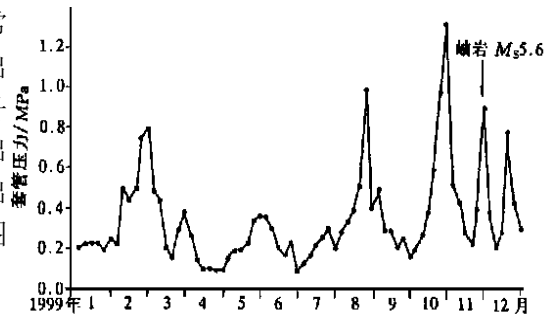


图7 大1井套管压力5日均值曲线
Fig. 7 Mean values for five days of casing pressure of Da-1 well in 1999.

岫岩 $M_s5.6$ 地震前 30 天, 即 10 月 30 日出现临震突升异常, 日产量为 $830 \sim 920 \text{ m}^3$, 持续一周后回落. 震后日产量高于震前.

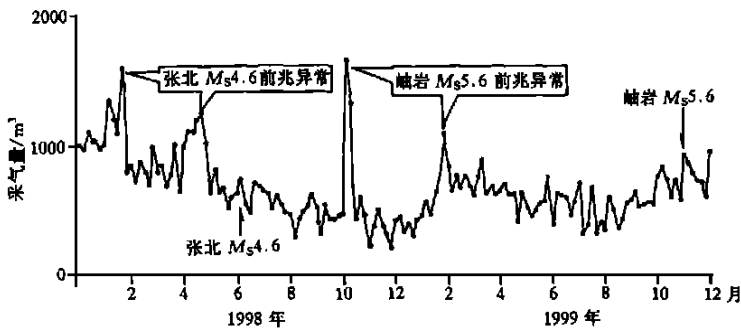


图 8 兴 163 井采气量
Fig. 8 Gas recovery volume of Xing-163 well in 1998 and 1999.

2 讨论

在上述 6 口井的观测资料出现异常以后, 作者曾进行了干扰因素核实及排除处理, 结果表明, 采油、注水、抽水、压力及温度等干扰因素对观测资料没有影响, 因此上述异常是可靠的. 综合分析上述几项观测资料, 发现它们的异常变化具有以下特征:

2.1 异常的统一性

在 1998 年和 1999 年 2 年内, 大华北地区、渤海及黄海海域多次发生 4.0 级以上地震, 其中发生大于 4.5 级的地震近 10 次, 较大的有 1998 年 1 月 10 日张北 $M_s6.2$ 地震、1998 年 6 月 2 日张北 $M_s4.6$ 地震、1998 年 6 月 8 日黄海 $M_s4.5$ 地震、1999 年 4 月 8 日吉林汪清 $M_s7.0$ 深震和 1999 年 11 月 29 日辽宁岫岩 $M_s5.6$ 地震等. 在这些地震前后辽宁地区多次出现各种微观和宏观异常. 1998 年上半年营口市地倾斜、本溪市歪头山台水氡、锦西药王庙水位、鞍山市地应力、汤池水温、岫岩水氡、丹东短水准、凤城水氡、盘锦水位和钙离子等出现异常^①. 1998 年下半年这些异常仍然存在, 并且出现多种宏观异常, 如 11 月 14 日凤城一农用井水突然变浑; 12 月 3 日本溪市发现 30 多只青蛙在路边被冻僵; 12 月 6 日丹东市板石桥村山坡上发现 2 条蛇, ; 12 月 11 日岫岩县汤沟村一口新钻出的温泉井在原来自流的情况下突然出现断续自喷, 300 多毫米.

2.2

1. 7 井水位在 1999 年 1 月 1 日~4 月 20 日呈上升异常, 7 月中旬~8 月中旬出现第 2 次高值异常, 10 月下旬~11 月 29 日出现第 3 次临震高值异常, - - ; 2 井水位 1999 年 1 月出现上升异常, 2 月比较突出, 6 月末, 10 月中旬~11 月 29 日水位多次出现临震下降异常, - ; 1 井水位在 1999 年 1 月下旬和 3 月上旬

① . 1999, No. 2, No. 3.

- [6] Nortmann R and Duda S J. Determination of spectral properties of earthquakes from their magnitudes[J] . Tectonophysics 1983, 93; 251—275.
- [7] Kaiser D and Duda S J. Magnitude spectra and other source parameters for some major 1985 and 1986 earthquakes[J] . Tectonophysics, 1988, 152; 303—318.

A STUDY ON CHANGE OF VELOCITY SPECTRUM OF MEDIUM-MINOR EARTHQUAKES BEFORE MEDIUM-STRONG EARTHQUAKES

LIU Hong-gui¹, GU Jin-ping², WANG Zheng-zheng¹, NAN Jin-sheng¹, MA Jian-jun¹

(1. *Seismological Bureau of Jiangsu Province, Nanjing 210014, China* ;

2. *Center for Analysis and Prediction , CSB , Beijing 100036, China*)

Abstract: According to the definition for the spectral magnitude advanced by Duda and Nortmann, using the digital vertical displacement data recorded by 5 telecontrol stations in Jiangsu area and 13 groups of 0.5-octave band-pass filters of which central period are 1.2 s, 1.0 s, 0.67 s, 0.4 s, 0.25 s, 0.147 s, 0.119 s, 0.1 s, 0.078 s, 0.065 s, 0.054 s, 0.047 s, 0.041 s respectively, the average velocity spectra of P and S wave of 54 earthquakes has been determined. And the synthetical fact f of each earthquake can be gotten. Change feature of corner periods of the velocity spectra of P and S wave and the f values with time are studied. The results show that the synthetical fact f of velocity spectrum of medium-minor earthquakes changed from high to low with time during one year or shorter period before medium-strong earthquakes which occurred in the duration of low f -value.

Key words: Earthquake precursor; Anomalous character; Corner period; Velocity spectrum; Synthetical fact

(上接 246 页)

ANOMALOUS CHARACTERISTICS OF UNDERGROUND FLUID IN LIAOHE BASIN BEFORE THE 1999 XIUYAN Ms. 6 EARTHQUAKE, LIAONING

LIU Yuan-sheng¹, LIU Gui-he², TONG Feng-lan²

(1. *Seismological Bureau of Shandong Province, Jinan 250014, China*;

2. *Seismic Station of Liaohe Oil Field, Panjin 024010, China*)

Abstract: Anomalous characteristics of observation data of 6 wells in Liaohe oil field before the Xiuyan Ms5.6 earthquake, Liaoning on Nov. 29, 1999 are analysed. Observed items are ground-water level, oil recovery volume, casing pressure and gas recovery volume. Trend, short term and impending anomalies appeared in observation data of the 6 wells before the event with fairly good synchronism and a shape of rise-fall-rise. The test shows disturbance factors, such as water flooding, pumping water, atmospheric pressure and temperature etc. have not influence on the observation data, therefore, the anomalies can be believed.

Key words: Trend anomaly; Impending earthquake anomaly; Anomalous character; Underground fluid; Xiuyan earthquake