

甘肃玉门 5.9 级地震前 周至数字化综合观测井的异常特征

张世民¹, 舒优良², 黄辅琼³, 李建章¹, 彭玉柱¹

- (1. 陕西省地震局周至综合地震台, 陕西 周至 710400;
2. 陕西省地震局监测中心, 陕西 西安 710068;
3. 中国地震局分析预报中心, 中国 北京 100036)

摘要: 2002 年 12 月 14 日, 甘肃玉门发生 5.9 级地震, 震前, 距离震中 1000km 的周至地震台地下水数字化综合观测井的地热、水位、流量三个测项都出现了明显的短临异常显示。本文介绍了震前周至井出现的短临异常变化。与该台历史手工观测结果对比, 数字化观测更有利于捕捉短临前兆信息及其变化的完整过程。

关键词: 短临异常; 动水位; 地热; 流量; 玉门地震

中图分类号: P315.72 文献标识码: A

0 引言

2002 年 12 月 14 日 21 时 27 分 27.2 秒, 在甘肃省玉门市(北纬 39.8°, 东经 97.3°) 发生 5.9 级地震。这次地震前周至地震台数字化综合观测井所产数据出现了一系列的异常形态: 12 月 8 日动水位出现了阶形突降, 地热由下降转为上升, 12 月 12 日动水位又出现了更大幅度的阶形下降, 流量出现了阶形上升, 地热出现了大幅度上升, 上升幅度是平时日变幅的三倍^[1]。台站工作人员及时对异常进行了落实, 没有发现明显的干扰因素, 因此向有关方面及时通报了异常情况。但由于是单台出现异常, 而且持续时间较短, 很难做出准确的临震预报, 需要进一步总结经验, 作为今后出现异常时判断震情的依据。

1 周至深井概况

周至深井位于陕西省周至县县城西关(东经 108.2°, 北纬 34.15°), 海拔 429.8m, 东距西安市 78km。构造上属于汾渭断陷盆地西安一周至凹陷西端, 秦岭北缘大断裂与岐山—马召断裂交汇地带^[2](图 1)。

该井属深部承压水, 钻井深度 3201.5m, 下管深度 2778.3m, 观测含水层埋深 2341.0 ~ 2658.0 m, 井口水温约 27℃, 含水层岩性为老第三系渐新统砂岩。该井远离补给区, 干

* 收稿日期: 2003-04-03

基金项目: 本文属国家科技攻关计划, 中国地震局“十五”(01-03-05)的一部分。

作者简介: 张世民(1957-), 男(汉族), 陕西周至人, 陕西省地震局周至综合地震台工程师, 主要从事地震观测工作。

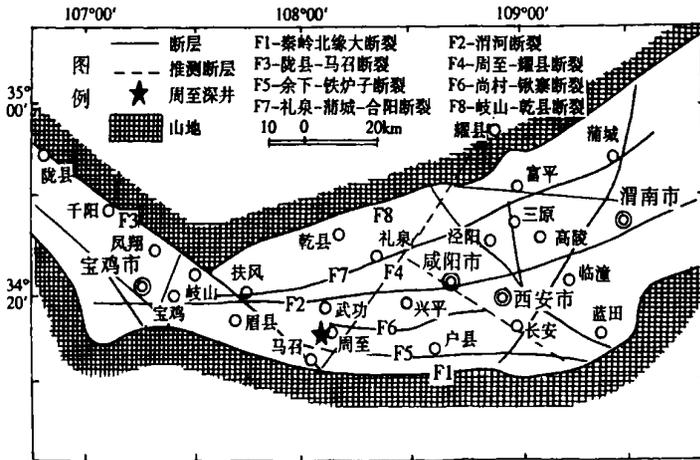


图1 陕西省关中地区构造分布图

扰因素少, 年动态清楚稳定, 观测条件优越, 成井工艺良好, 是适合开展地震地下流体综合观测的井孔^[2]。

2001年, 陕西省地震局对周至井进行了数字化改造。水位采用中国地震局分析预报中心生产的LN-3型数字水位仪; 地热采用中国地震局地壳应力研究所生产的SZW-1A型数字式温度计; 气氡采用中国地震局分析预报中心生产的SD-3A自动测氡仪; 流量观测采用上海仪表三厂生产的LWGY-15型涡轮流量传感器; 气象三要素采用中国地震局地壳应力研究所生产的RTP-1型雨量气压气温观测仪。该项目于2001年9月1日开始投入考核运行, 并于当年年底通过了验收, 2002年1月1日起投入正式观测。该井自数字化改造后投入正式观测以来, 观测数据连续、可靠、稳定。

2 各测项异常表现形式

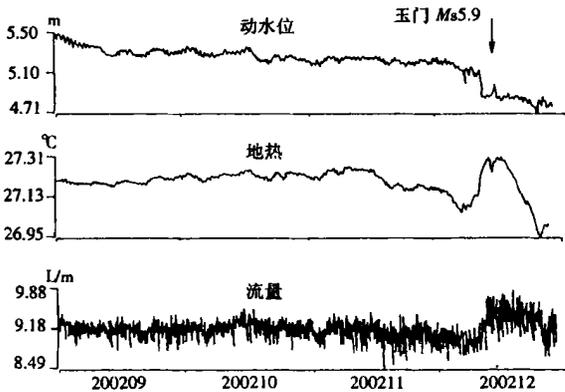


图2 周至深井2002年9月1日~12月28日各测项整点值曲线

2.1 动水位

从2002年8月开始, 周至井动水位一直缓慢下降, 12月8日出现了大幅度下降, 降幅达17cm, 12月12日再次出现下降, 02时~05时之间降幅达23cm。这样的变化幅度该井数字化改造后是从未有过的。12月14日21时发生了玉门5.9级地震, 震时水位上升15cm(图2)。

2.2 地热

地热仪自安装以来测值一直缓慢上升, 2002年11月中旬开始转为

下降,且下降速度较快,到 12 月 8 日又转为快速上升,12 月 12 日急剧上升,当天的上升幅度达 0.12℃,是正常日变幅的 3 倍以上。12 月 14 日 21 时发震时出现了同震效应,下降 0.07℃(图 2)。

2.3 流量

从 2002 年 9 月以来一直缓慢下降,到 12 月初基本稳定在 9.0L/min,12 月 12 日测值突跳到 9.4 L/min,一直到 12 月 14 日地震时出现了震时下降,下降幅度达 0.7 L/min(图 2)。

2.4 趋势分析

从 2002 年全年的各测项数据曲线(图 3)能更明显地看出玉门地震前周至深井的短临异常形态。水位于 11 月前呈现出夏高冬低的正常年变形态,从 12 月 8 日开始出现了大幅度的下降变化。地热 11 月前一直是缓慢上升,而从 11 月后转为快速下降,12 月 8 日开始急剧上升。流量 8 月前的变化一直较为平稳,以后开始缓慢下降,12 月 12 日测值出现了突升。

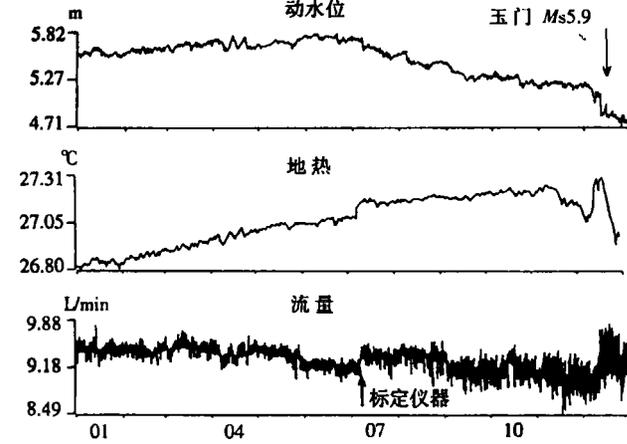


图 3 周至深井 2002 年 1 月 1 日~ 2002 年 12 月 28 日各测项整点值曲线

正常情况下当水位下降时,地热下降,流量也下降,而这次地震前当水位突降时却出现了地热突升,流量突升的反常现象。

上述三个测项的这种异常表现,其实不只在玉门地震前出现,2001 年 11 月 14 日青海唐古拉山口的 8.1 级地震前,这三个测项的数据也有同样的异常特征,也表现为水位下降,地热上升,流量上升的异常现象(图 4)。

3 数字化观测与模拟观测资料的对比分析

周至深井于 1981 年作为地震观测专用井投入使用。观测仪器为 U 形管水银压力计,观测方式采用人工读数的方法,每天观测三次。水银的比重为 13.6,因此水位观测绝对误差约为 20mm。每天人工读数三次的观测方式,虽然能反映出年、月尺度的趋势性变化,却记录不到固体潮、水震波等地下流体微动态效应,丢失了大量有用的地

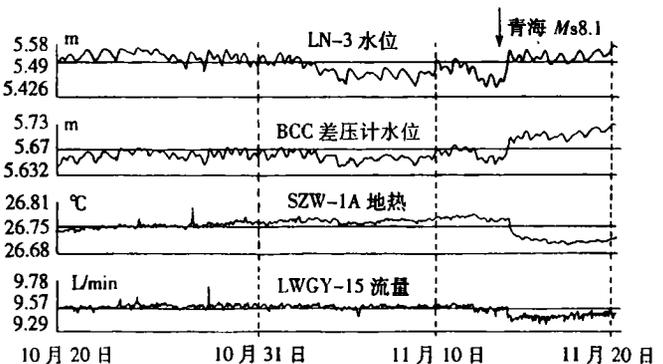


图 4 周至深井地下流体各测项对青海 8.1 级地震的响应

下流体动态信息。因此,该井二十年来一直没有捕捉到明显的短临异常信息。

周至深井“九五”数字化技术改造采用了地下流体学科成熟的先进技术,其前兆仪器、数字化公用设备、计算机通讯及观测环境条件等各个环节的技术指标均符合《地震及前兆数字化观测技术规范》的规定要求,实现了地下流体综合观测,且数字化观测仪器采样率为1分钟,使获得的信息量成百上千倍增加,观测内在质量也有了明显提高。同一口井不同测项的观测资料可进行对比分析,也便于异常的判断。由于实现了远程遥测和数据共享,有利于数据的快速传输和分析处理。数字化改造后,虽说观测时间不长却获得了几次较有意义的前兆信息,最大限度地发挥了周至深井的效能。这也充分说明数字化观测更有利于捕捉短临前兆信息,数字化观测是前兆观测技术发展的必然趋势。

4 讨论

在无震时段,该井正常动态表现为水位、地热、流量同步且同向变化,即水位上升时温度上升,流量增大。但在此次玉门地震前水位和地热的测值出现了反向变化,即水位突降,温度突升,流量也出现了和水位反相变化的明显特征。为了核实这种异常变化,我们对2001年昆仑山8级地震前的测值进行了扫描,发现类似的异常变化现象在2001年11月14日青海8.1级地震前也曾出现。根据现有观测结果可以初步认为,水位、地热、流量的反向变化可以作为该井的异常识别标志。出现这样观测结果的主要原因可能是由于该井井口装置的特殊性所决定的^[2](图5)。

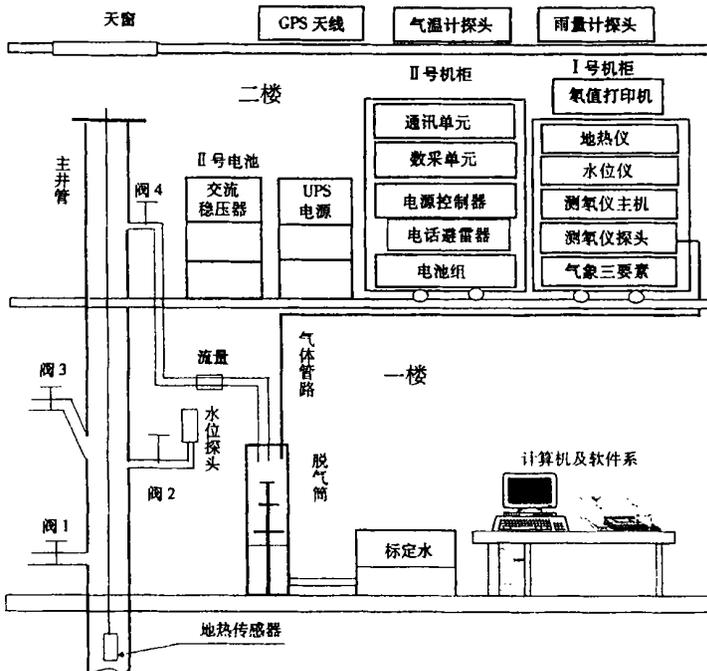


图5 周至深井井口改造及仪器安装示意图

流量出水口低于水面 2m 以上, 井管的口径要远远大于出水口的口径, 井口密封。水位探头置于水面以下 6m 以内, 水温探头置于深部 195m, 流量观测置于泄流管上(图 5)。该井的产气量较大, 根据平常观察, 平时水面之上的井管部分充满了气体。地震临震前, 区域应力场变化使得携带富含气体的深部地下水进入井筒。但当这种富含气体的地下水随井筒上升, 气体随着压力降低而逸出; 进入井筒的气体增加导致井筒内水面以上气体压力增大; 为了维持压力平衡, 压力增大必然使流量增加, 水位降低, 以使井筒内水面以上的空间体积增大。由于水位探头置于固定位置, 当流量增大, 则必然导致水位降低, 于是就出现了一个短时期内的这种流量与水位反向变化的现象。对于受控排水的深井而言, 流量增大导致水温升高是一种必然结果。

自数字化观测以来周至井出现的震前地热、水位和流量短临前兆信息说明了周至井具有良好的映震性能, 是一口较好的地下流体前兆观测井孔。从已有震例观测积累来看, 异常具有重复性, 易于识别。但由于观测时间不长, 对不同区域的不同类型地震的反映还需要不断地观测总结。

本文得到了陕西省地震局李炳乾研究员热心指导和帮助, 在此谨表谢意。

参考文献:

- [1] 万迪, 汪成民, 等. 地下水动态异常与地震短临预报[M]. 地下水微动态短临异常基本特征. 北京: 地震出版社, 1993, 148-164.
- [2] 舒优良, 张世民. 周至井地下流体数字化观测技术改造及应用[J]. 华北地震科学, 2002, 20(2): 42-49.

Characteristics of groundwater anomalies observed in Zhouzhi digital Observation Well before Yumen *M*5.9 earthquake in Gansu

ZHANG Shi-min, SHU You-liang, HUANG Fu-qiong,

LI Jian-zhang, PENG Yu-zhu

(Zhouzhi Seismostation, Seismological Bureau of Shaanxi Province, Zhouzhi 710400, Shaanxi, China)

Abstract: Yumen *M*5.9 earthquake occurred in Dec. 14, 2002. Before the event, the water temperature, water level and outflow of Zhouzhi well, which is 1000km away from the epicenter, all showed clear short-term and imminent anomalies. The variation of these anomalies is introduced here. Compared with the historical analogue data of the station, the digital observation is more propitious to detecting short-term and imminent precursors as well as its whole variation.

Key words: imminent anomaly; dynamic water level; geotherm, outflow; Yumen earthquake