

陕西几例特殊的无震异常及其成因分析*

吴富春¹, 张鸿福¹, 景北科¹, 段 锋¹, 张义民²

(1. 陕西省地震局, 陕西 西安 710068; 2. 渭南市地震局, 陕西 渭南 714000)

摘要:介绍了陕西省前兆台网记录到的几例特殊的无震异常, 分析了这些异常产生的原因. 认为 1986 年和 1996 年渭南双王井水位的 2 次无震异常与渭河的洪峰有关; 1977 年韩城地震台地倾斜特大异常可能与黄河水位变化有关; 1983 年安康地震台地倾斜特大异常与该地区特大洪水有关; 1996 年和 1998 年三原井水位的 2 次特大异常可能与附近的冯村水库蓄水有关.

关键词: 陕西; 异常识别; 无震异常

中图分类号: P315.72 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(1999)03-0268-06

0 引言

陕西地区属于少震区. 自 70 年代中期前兆台网建成以来, 陕西省内未发生过 5 级以上地震. 20 多年来, 该台网仅记录到很少几次省内 4 级及邻省 5 级左右地震的前兆. 但是由于受气温、气压、降雨、固体潮汐、天体因子及其它许多未知因素的影响, 台网内各台站各观测手段的测值变化十分复杂, 出现了诸多异常. 这些异常中的大多数是找不到干扰原因的, 其后也没有地震发生, 即使十分典型的异常也是如此. 这完全不同于多震地区, 在那里, 即使形态较差的异常也总可以找到或大或小或近或远的地震与之对应. 这些无震异常的出现, 常常引起人们极大的恐慌. 因此, 正确识别有震和无震异常, 找出引起异常的原因, 对于地震的监测预报是十分重要的.

本文给出了陕西前兆台网记录到的一些特殊的无震异常, 分析了它们产生的原因, 供今后在进行异常分析时参考.

1 几例特殊的无震异常

1.1 渭南双王井水位 1986 年和 1996 年的 2 次无震异常

双王井位于陕西渭南, 井深 315.07 m. 184.64 m 以上有 5 层亚粘土隔水层, 该深度以上井壁全部用水泥封固. 滤水管位于 184.64~203.58 m, 218.93~223.74 m 和 231.84~253.30 m 3 个层位.

自 1984 年 8 月投入观测以来, 该井记录到明显的固体潮汐和许多远处大震波形, 同时有明显的气压效应. 1986 年 6 月和 1996 年 7 月该井水位测值先后出现过 2 次幅度较大的异常.

收稿日期: 1998-10-23

* 地震科学联合基金资助项目(95-07-431).

作者简介: 吴富春(1941-), 男, 研究员, 长期从事地震预测预报工作.

引起了人们的关注.但是异常过后没有地震与之对应.这2次异常产生的原因是什么,是值得进行研究的.作者对此进行了反复的调查研究.由于双王井距渭河较近,因此,首先考察了渭河水流对双王井水位测值的影响.

双王井北距渭河3 km,东距渭河2 km.渭河流量每年有夏高冬低的变化形态,而双王井水位则一直呈趋势性下降,因此,从整体上看渭河流量与双王井水位变化无明显的联系.但是调查发现,当渭河出现较大洪峰时,双王井水位则明显上升.

1986年6月26~27日,在临潼和华县之间渭河出现洪峰.双王井上游临潼水文站($\Delta=27$ km)流量在12 h内上涨到 $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$,10 h之后,双王井水位上升0.237 m.双王井下游华县水文站($\Delta=22$ km)的流量峰值出现时间则滞后于双王井水位峰值时间.洪峰过后,该井水位又恢复正常(图1a).

1996年7月28日,临潼水文站记录到渭河流量在30 h内上涨到 $3\,400\text{ m}^3/\text{s}$,10 h之后,双王井水位上升0.60 m.洪峰过后,该井水位又恢复正常(图1b).此外,双王井水位还出现过多次与渭河洪峰相关的上升现象.

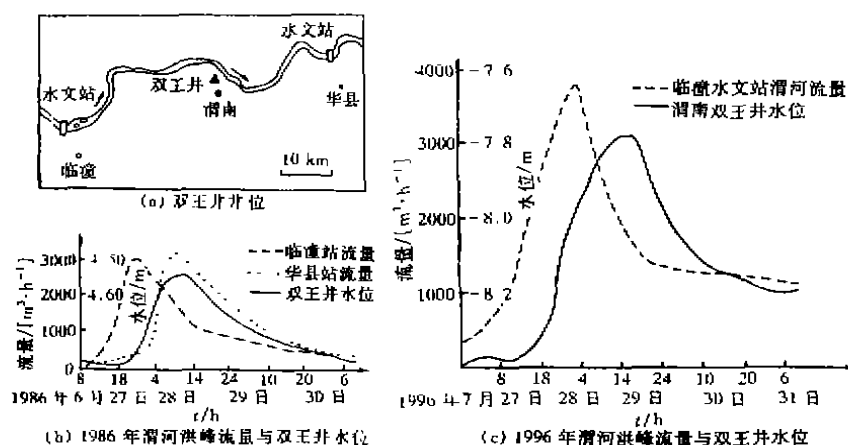


图1 双王井异常水位与渭河洪峰流量的关系

Fig.1 Anomalous water level of Shuangwang well and flood peak flow of the Weihe River.

由于从地面到184 m深度内的井壁用水泥封固,且其上层有5层亚粘土隔水层,因此渭河水不可能渗入双王井中.再根据洪水过后,水位又很快恢复正常的现象,可以认为双王井水位的上升是渭河洪峰的载荷引起的.张义民^[1]对此进行了探讨,并用半圆环的线荷载模型计算出临潼洪峰附加应力(也即水位 ΔW)与双王井水位 ΔH 之间的线性相关系数为0.90~0.96.

1.2 1977年韩城地震台地倾斜的特大异常

韩城台位于韩城以北10 km处,距黄河西岸5 km(图2a).该台金属摆倾斜仪于1971年9月投入观测.其台基为石灰岩,有一定的干扰,属Ⅲ类区域地震台站.1977年底韩城台地倾斜测值发生特大变化,显示出地面向SE方向有较大的倾斜.经过反复落实,认为这个变化可能是由黄河水位变化所引起的.

图2b给出了韩城台地倾斜测值与黄河龙口水文站(在该台NE方向17 km处)水位的变化曲线.由图可以看出,一般情况下,黄河水位对倾斜测值没有明显影响,包括1976年黄河的特大洪水.但当黄河水位低于海拔380 m时,韩城台地倾斜测值就会出现较大变化.其原因可能是渭河北部黄河西部地区分布大面积的奥陶纪石灰岩,其中含有丰富的地下水(俗称380奥

灰水), 当黄河水位低于 380 m 时, 灰岩中的地下水就要向黄河内渗透, 从而使黄河西岸地下介质中的含水量减少, 且介质中水量的变化是从东向西逐渐减少, 因而地面也随之向 SE 倾斜. 韩城台地倾斜测值的变化一般迟于黄河水位降到 380 m 以后 5 个月左右, 见图 2b. 当黄河水位高于 380 m 时, 由于地势的原因, 黄河向奥陶纪灰岩中补充的水很少, 因此地面倾斜不明显.

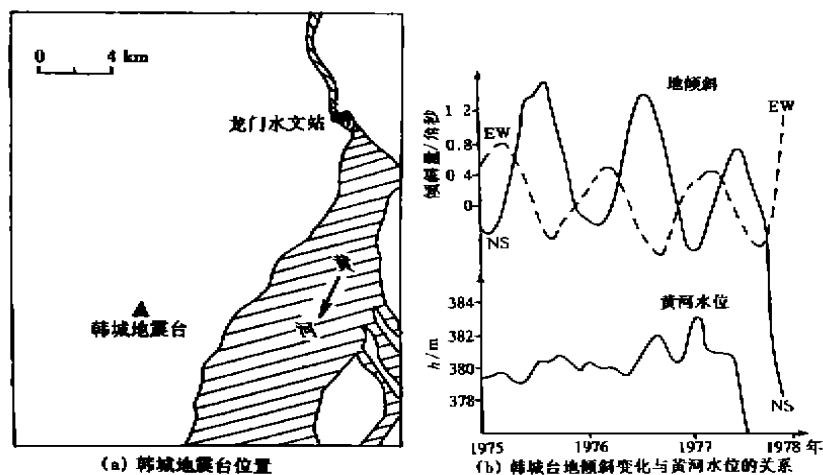


图 2 韩城地震台地倾斜与黄河水位变化

Fig. 2 Change of ground tilt observed by Hancheng station and water level of the Yellow River.

1.3 1983 年安康地震台地倾斜的特大无震异常

安康台位于安康县城南面的山坡上. 汉江绕过安康县城向东流去. 台站距汉江的最短距离为 2 km (图 3a). 安康台金属摆倾斜仪于 1982 年 2 月投入观测, 墩基为千枚岩, 其测值受降雨及湿度等影响, 属区域 II 类台站, 能记录固体潮汐, 也有明显的年变特征.

1983 年 8 月四川万源 $M_s 4.1$ 地震 (震中距为 115 km) 前 24 h, 安康台地倾斜 NS 向固体潮汐形态发生明显畸变, 震后恢复正常. 这也是该台记录到的唯一一次地震前兆.

1983 年 7 月 26 日到 8 月 6 日, 安康台地倾斜出现特大异常, 见图 3b^[3]. 经反复落实, 这一异常可能是由于安康地区遭受百年不遇的洪水所引起的.

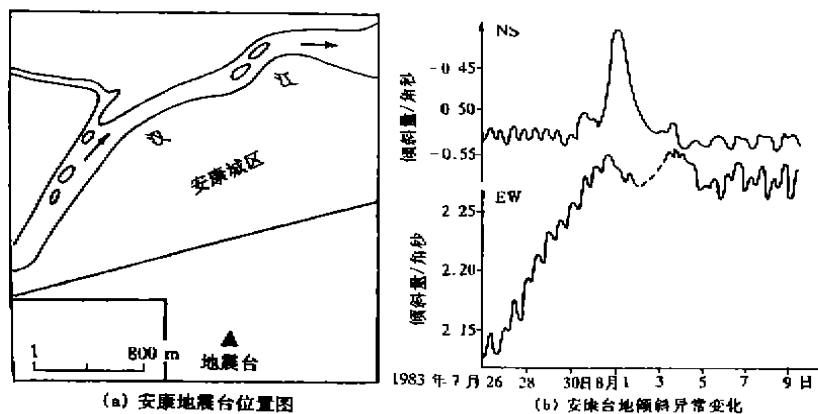


图 3 安康地震台地倾斜异常变化

Fig. 3 Anomalous change of ground tilt observed by Ankang station.

第一阶段:从7月26日到30日,安康地区降大雨,安康台地倾斜EW向测值出现异常,倾向E,日变幅度为0.037角秒,为年均变化的2.7倍;NS向测值同步出现异常,倾向N,日变幅度为0.032角秒,为年均变化的3.3倍.此段时间该台地倾斜仍能记录到固体潮的日变化.

第二阶段:7月31日安康地区出现特大降雨,日降雨量91.7 mm,上午10 h洪水涌进安康县城,19 h全城被淹没.此时安康台记录的倾斜速率加快,日变幅度达0.112角秒,为年均变化的11.7倍,固体潮汐形态消失.

第三阶段:8月1日04 h开始退水,16 h全城水退完,倾斜记录逐渐恢复正常.8月6日再次显示出固体潮汐变化,NS向恢复到原来的水平,EW向较原水平低0.09角秒.

从上述分析可以看出,安康台地倾斜在7月26日到8月6日出现的异常可能是由于洪水的载荷效应引起的,其EW向留下部分永久形变.

1.4 三原井水位1996年及1998年的2次异常

三原井位于三原县城以北7 km处,井深722.48 m,井下500 m以上的井壁用水泥封固.在距该井446~521 m处有NE走向的口镇-关山断裂通过.该井周围10 km的范围内无深度 ≥ 300 m的深井,且周围全为农村,无任何工业干扰.1995年3月该井正式投入观测,水位埋深58~59 m,用触点式水位计观测,并用测绳加以校正,测量误差在1 cm以内.

自投入观测以来,三原井水位一直呈趋势性下降,月下降速率在10 cm左右.在整个观测期间出现过2次较大异常:

1996年8月2~22日,该井水位突降83.6 cm,8月27日至9月30日又突升150 cm.

从1998年7月10日起,该井水位在趋势下降的基础上突然上升.到9月30日,水位上升74 cm.

上述异常出现之后,该井周围无3级以上地震发生,显然这些异常与地震无关.对于这2次异常,我们作了长时间的野外考察和室内仪器校测.最后发现该井水位上升与距三原井9 km处山坡上的冯村水库的蓄水有关(图4a).

冯村水库于1970年11月竣工,均质土坝,坝高30.75 m,坝长840 m,坝前水深11.2 m,有效库容 $1\,125 \times 10^4 \text{ m}^3$.由于坝基渗漏,直到1982年7月才正式蓄水.部分蓄水及正式蓄水后,库区西侧相距5 km的嵯峨山东麓发生多次震群活动.如1976年1月、2月和11月先后发生3次震群活动(最大震级为 $M_L 3.7$).1983年4~11月又发生约350次小地震,最大震级为 $M_L 2.9$.1984、1985和1994年也发生过震群活动.这些地震震源很浅.一般情况下,水库蓄水达到高水位后20~40天即出现小震活动.易学发等人^[2]研究认为,水库西部断层破碎带为库水向岩体中渗透提供了通道,而石灰岩的层间错动或滑塌则导致小震群的发生.水库下游10 km范围内多处地下水位上升,也证明了水库渗漏的问题.但随着库底淤泥的沉积(已沉积20多米),库底漏水问题已不明显,诱发地震的现象已有多多年没有发生了.

深入的工作表明,三原井水位的上升与库容的增大有明显的关系,如图4b和图4c所示.

1996年9月,当冯村水库库容大于 $150 \times 10^4 \text{ m}^3$ 时,三原井水位与水库库容同步上升.当库容大于 $300 \times 10^4 \text{ m}^3$ 时,水位则不再上升(图4b).

1998年7月,当水库库容大于 $100 \times 10^4 \text{ m}^3$ 时,水位随库容的增大而上升.但当库容大于 $240 \times 10^4 \text{ m}^3$ 时,水位的上升速率则小于库容的增大速率(图4c).

为什么1996年9月触发水位上升的库容为 $150 \times 10^4 \text{ m}^3$,而1998年7月的触发水位上升的库容为 $100 \times 10^4 \text{ m}^3$,而影响水位的库容上限又分别为 $300 \times 10^4 \text{ m}^3$ 和 $240 \times 10^4 \text{ m}^3$,以及1996年8月水位为什么突降83.6 cm,这些原因目前尚未找到,有待今后进一步研究.

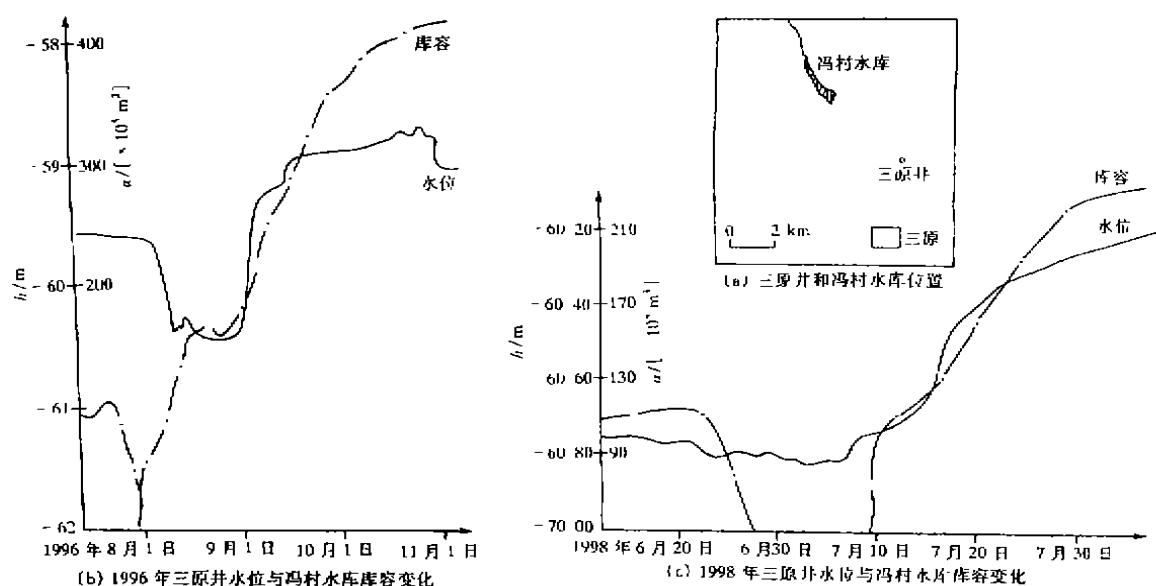


图4 三原井水位与冯村水库库容变化

Fig. 4 Water level of Sanyuan well and storage capacity of Fengcun reservoir.

2 认识与建议

本文对陕西前兆台网观测到的几例特殊异常进行了分析,讨论了这些异常产生的原因.通过对这些异常的特殊成因分析,可以看出,前兆观测中的干扰是多种多样的,各种前兆测值也是千变万化的.人们对地震的认识还十分肤浅,至今仍未弄清测量地下介质中的哪种物理量和化学量可以捕捉到地震前兆,更无一种可靠的方法来判断某个台站的某个测值的变化一定是某次地震的前兆,因此,地震预报仍处在初级阶段.地震预报研究仍应从最基础的工作做起,大力开展地震科学的理论和实验研究,特别注重地球物理和地球化学正常变化和各类干扰特征的研究,深入开展从高噪声背景中提取异常信息的方法研究.地震预报只有在这些踏踏实实工作的基础上才能逐步前进.

[参考文献]

- [1] 张义民. 双王井水位的渭河水体荷载效应及其机理分析[J]. 地震, 1993, (3): 77~80.
- [2] 易学发, 姜家兰, 王振武, 陈光辉, 等. 冯村水库引起的小震群活动[J]. 地震, 1998, (3): 14~18.
- [3] 张鸿福, 张惠玲. 安康台地倾斜特征及一次震兆记录[J]. 内陆地震, 1998, 2(2): 212~214.

STUDY ON SOME SPECIAL ASEISMIC PRECURSORY ANOMALIES OBSERVED
FROM SHAANXI SEISMIC NETWORK AND THEIR CAUSES

WU Fu-chun¹, ZHANG Hong-fu¹, JING Bei-ke¹,

DUAN Feng¹, ZHANG Yi-min²

(1. *Seismological Bureau of Shaanxi Province, Xi'an 710068, China;*

2. *Seismological Office of Weinan City, Weinan 714000, China*)

Abstract

Some special aseismic precursory anomalies obtained from Shaanxi precursory network are presented. Analysing the cause of these anomalies, following views are got: the two anomalies of groundwater level of Shuangwang well, Weinan in 1986 and 1996 may be caused by the flood peaks of the Weihe River; the big anomaly of ground tilt observed from Hancheng station in 1977 had relation to the level of the Yellow River; the anomaly of ground tilt observed from Ankang station in 1983 was due to the big flood in Ankang area in that time; the two big anomalies of groundwater level of Sanyuan well had relation to water storage of Fengcun reservoir.

Key words: Shaanxi; Anomaly recognition; Aseismic precursory anomaly