

随州-信阳 $M_L4.2$ 地震前定点形变异常特征

胡卫建, 张俊山, 周小川, 谢 智, 王志敏,
李安印, 李平林, 谢健健, 刘丽君

(河南省地震局, 河南 郑州 450000)

摘要: 分析了 2000 年 1 月 28 日随州和信阳交界处发生的 $M_L4.2$ 地震前, 信阳地震台 ($\Delta=35$ km) 定点形变中短期及临震异常特征. 分析研究表明: 该次地震前信阳台目视水管倾斜仪 EW 向测值从 1999 年 6 月开始出现反向变化, NS 向测值从 1999 年 3 月开始出现加速变化; 水平摆倾斜仪 EW 向和 NS 向测值分别从 1999 年 2 月和 1999 年 6 月开始出现反向变化. 这些异常于 2000 年下半年结束. 震前 3 天水管倾斜仪 EW 向测值出现加速变化; 震前 5~8 天 NS 向测值除了出现加速变化外, 还出现突跳. 震前约 20 天, 水平摆倾斜仪 2 个方向测值均出现了准周期性波动变化. 另外, 形变固体潮潮汐因子也有明显异常.

关键词: 定点地壳形变; 异常特征; 中短期异常; 临震异常; 潮汐因子; 随州-信阳地震

中图分类号: P315.72⁺5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2001)03-0274-05

0 引言

2000 年 1 月 28 日在湖北随州与河南信阳交界处 (32°N , $113^\circ41'\text{E}$) 发生了 $M_L4.2$ 地震, 震源深度 10 km, 震中距信阳地震台约 35 km. 该次地震前, 信阳地震台水管倾斜仪和水平摆倾斜仪 2 个方向的测值均有程度不同的异常显示. 本文分析了该台记录的形变异常特征, 并对有关问题进行了简要讨论.

1 区域地质构造背景、台址条件和仪器工作概况

信阳地震台位于朱阳关—南阳—桐柏—信阳—金寨断裂的东段北侧边缘 (图 1). 该段断裂第四纪活动明显, 沿桐柏—信阳—商城—线莫霍面深度变化较大^①. 随州-信阳地震震中位于该台 SW 方向约 35 km 处, 其构造位置属于上述断裂东段的 SW 侧边缘.

该台台址岩性为角闪片麻岩, 目视水管和水平摆倾斜仪仪器墩为砼结构. 水管倾斜仪 2 个测向跨距均为 20 m, 其方位角分别为 0° 和 90° , 观测精度优于 $0.02''$. 水平摆倾斜仪格值为 $0.0051 (")/\text{mm}$, NS 和 EW 2 个测向方位角分别为 35° 和 125° . 洞室年温差小于 0.35°C , 其它各项条件也均符合观测规范要求.

该台 2 套倾斜仪自 1981 年正式投入观测, 以后曾进行过数次改造、调整. 1989 年水平摆

收稿日期: 2001-02-04

作者简介: 胡卫建 (1959—), 男 (汉族), 四川遂宁人, 硕士, 主要从事地壳形变、地震前兆、防震减灾等研究

① 刘跃发, 等. 豫北及其鄂皖交界地区中长期地震危险性研究. 1998.

倾斜仪吊丝由金属丝换成石英丝, 同年进行了洞室改造, 此后再无人变动. 水管倾斜仪 NS 向测值较为稳定; EW 向由于东端为被填实的人工坑, 防水性较 NS 向差. 该台定点形变的主要干扰源为降雨. 1995 年以来, 该台内外观测环境无大的变动. 地震前后 2 套仪器工作正常.

2 $M_L4.2$ 地震前后中短期形变异常特征

2.1 正常形变状态及降水干扰

图 2 给出了该台 1995~2000 年 2 套倾斜仪的实测曲线. 由图可见, 测值的正常变化具有较明显的规律. 水管倾斜仪 EW 向测值逐年呈阶梯状向东倾, NS 向测值则基本上逐年缓慢呈线性向南倾. 水平摆倾斜仪 EW 向测值逐年缓慢向西倾, NS 向测值呈阶梯状逐年向北倾. 降雨是该台形变观测的最大干扰源. 1996 年 6 月 24 日至 7 月 16 日降水累计达 467 mm, 致使水管仪 EW 向测值产生较大的异常变化, 幅度约 $0.86''$; 1997 年 6 月 29 日至 7 月 19 日连续降雨累计达 362 mm, 致使水管仪 EW 向测值产生幅度达 $0.45''$ 的异常变化, 见图 2.

2.2 目视水管倾斜仪测值的中短期异常特征

震前半年, 该台水管倾斜仪 EW 向测值自 1999 年 6 月起出现反向, 即西倾异常变化, 至 2000 年 1 月底异常幅度达最大值, 约 $0.97''$, 持续至 2000 年 5 月基本结束(图 2a); NS 向测值变化幅度较 EW 向小. 自 1999 年 3 月起向南加速倾斜, 至 2000 年 1 月震前出现短期恢复, 震后又呈南倾变化. 2000 年下半年异常变化基本结束. 最大异常幅度为 $0.24''$ (图 2b).

2.3 石英水平摆倾斜仪测值的中短期异常特征

如图 2 所示, 该仪器 EW 向测值从 1999 年 2 月起改变正常向西倾的变化趋势, 先呈直线变化, 后逐步缓慢转向东倾, 震前最大异常量约为 $1.3''$. 2000 年 1 月地震发生后, 异常依旧持续, 直到 2000 年 6 月才恢复到正常变化趋势; NS 向测值自 1999 年 6 月起改变了原来的正常变化趋势(正常情况下是由南倾转为北倾), 继续向南倾斜, 异常幅度在 $1.0''$ 左右.

2000 年下半年的小幅度异常可能主要是 9 月和 10 月的降水过程影响所至, 其中仅 10 月 27 日 1 天的降水量就达 57 mm.

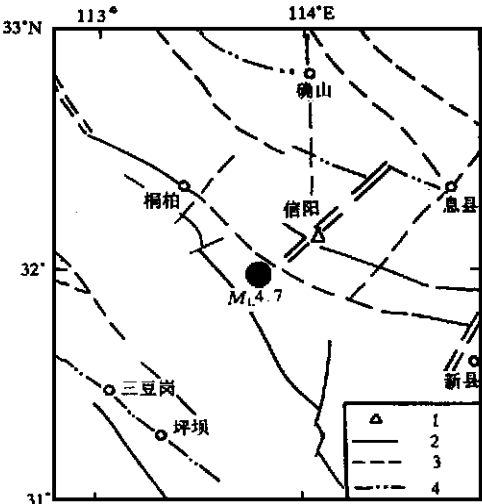


图 1 构造和震中分布

Fig. 1 Distribution of structures and epicentre.

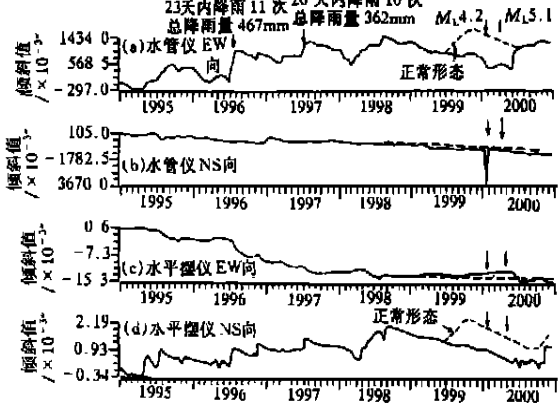


图 2 1995~2000 年信阳地震台水管倾斜仪和水平摆倾斜仪测值变化曲线

Fig. 2 The curves of observation values by water tube and horizontal pendulum tiltmeters of Xinyang seismic station from 1995 to 2000.

3 $M_L4.2$ 地震前后短临形变异常特征

3.1 水管倾斜仪短临异常特征

水管倾斜仪 EW 向测值在震前 3 天略呈向西加速倾斜的异常形态, 至震后 1 天结束, 见图 3(a).

2000 年 1 月 20 日至 1 月 23 日, NS 向测值在原来大体略向南倾的变化趋势基础上, 变化幅度加大, 4 天内向南倾 $0.26''$; 24 日异常幅度达 $2''$; 25 日 1 天的异常幅度就达到 $6.18''$; 从 27 日开始大幅度回升(向北倾), 回升幅度为 $4.37''$, 28 日再次回升, 幅度达 $4.2''$, 此时其测值已超过 1 月 23 日前的水平. 28 日 21 时发生随州-信阳 $M_L4.2$ 地震, 29 日测值恢复到原来的正常状态(图 3b). 在这次异常过程中, NS 向测值仅 1 月 25 日 1 天的异常变化量就是该测向 1995 年以来最大年变幅度($0.47''$)的 13 倍.

应该指出的是, 除了 1 月 10 日和 14 日降水量分别为 22 mm 和 10 mm 外, 其余时段无大的降雨过程. 因此, 上述异常变化与降雨无关.

3.2 水平摆倾斜仪短临异常特征

震前约 20 天, 水平摆倾斜仪 2 个分量测值均出现了准周期性的波动. 由图 3c 可见, EW 向测值从 1 月 8 日到 16 日, 17 日到 22 日先后出现了 2 次波动. NS 向测值从 1 月 9 日到 17 日, 18 日到 24 日, 25 日到 28 日先后出现了 3 次波动(图 3d). 这种波动的视周期(扰动间隔)大约为 5~9 天, 2 个方向略有差异. 地震之后, 这种周期性的波动逐渐消失.

水管倾斜仪 NS 向在地震前后十几天内也记录到了视周期为 1~5 天的波动, 见图 4.

3.3 $M_L4.2$ 地震前后倾斜固体潮畸变及潮汐因子异常变化

1 月 28 日前后正值固体潮“小潮”期, 而由图 5 可见, 从震前 20 h 开始, 水平摆倾斜仪 NS 向(图 5b)固体潮形态发生明显畸变, 变化幅度约 $0.021''$, 接近“大潮”期间的最大幅度 $0.029''$; EW 向固体潮形态自 1 月 28 起也出现了畸变(图 5a), 从 3 月 1 日起逐步恢复其原来的正常变化形态.

使用文献[1]给出的计算程序, 计算了该次地震前后水平摆倾斜仪 2 个方向的潮汐因子, 见图 6. 由图 6 可以看出, 震前 2 天潮汐因子快速增大, 震时达到最大值, EW 向达到 1.081, NS 向达到 0.809, 相对于平均值(1999 年 EW 向为 0.670, NS 向为 0.778)分别变化了 0.411 和 0.031. 震后 2 天 EW 向潮汐因子恢复到正常变化范围; NS 向则先下降, 接近最低值, 随后在低

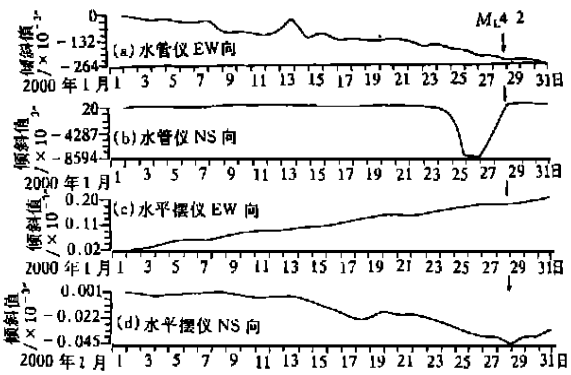


图 3 2000 年 1 月信阳地震台水管倾斜仪和水平摆倾斜仪日均值曲线

Fig. 3 Daily mean values by water tube and horizontal pendulum tiltmeters of Xinyang seismic station.



图 4 随州-信阳 $M_L4.2$ 地震前后信阳地震台水管倾斜仪 NS 向测值的波动现象

Fig. 4 The fluctuation of observation values of NS by water tube tiltmeter of Xinyang seismic station before and after the Suizhou-Xinyang earthquake.

值范围内呈小幅度波动, 2 月 5 日以后恢复正常。2 个方向潮汐因子异常均很显著, NS 向异常时间长于 EW 向。其中 1 月 10 日和 14 日的变化是降水干扰所致。

4 讨论

自 1981 年开始正式形变观测至这次 $M_L4.2$ 地震前, 信阳地震台周围 150 km 范围内未发生过 $M_L \geq 4.0$ 地震, 50 km 范围内也仅发生了 3 次 $M_L3.0$ 地震, 该台水管倾斜仪测值从未出现如此大幅度的异常。从异常发生的第二天起, 台站工作人员检测了液体总量、仪器参数以及进行多人重复读数等, 直至异常结束。结果表明, 仪器工作正常, 无人为干扰, 观测环境无变化, 异常是真实可信的。

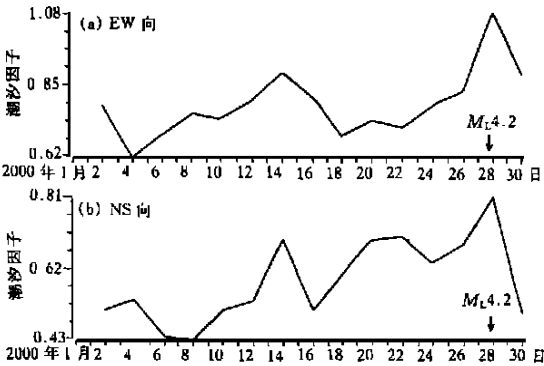


图 6 2000 年 1 月信阳地震台水平摆倾斜仪固体潮潮汐因子曲线

Fig. 6 The curves of tide factor by horizontal pendulum tiltmeter of Xinyang seismic station in January, 2000.

异常起始时间接近, 异常过程也与上述形变异常有某种相似之处。

由图 2(a)和(c) 可以看出, 水管倾斜仪和水平摆倾斜仪 EW 向测值异常在 $M_L4.2$ 地震后又持续了 4 个多月, 至 2000 年 6 月初才结束。2000 年 4 月 29 日在河南省镇平和内乡交界处 ($112^{\circ}03'E, 33^{\circ}13'N$) 发生了 $M_L5.1$ 地震, 震中距离信阳地震台 210 km, 而且也位于朱阳关—南阳—桐柏—信阳—金寨大断裂带上。虽然震中距较大, 但是由于该次地震与信阳台位于同一条活动构造带上, 且其烈度区的长轴方向与该断裂走向一致, 因此信阳台记录到的震后形变异常信息可能叠加了该次地震的前兆异常。

本研究得到了卢国合、刘尧兴、马俊林、何加勇和马熙康等同志的大力支持和帮助, 在此深表谢意。

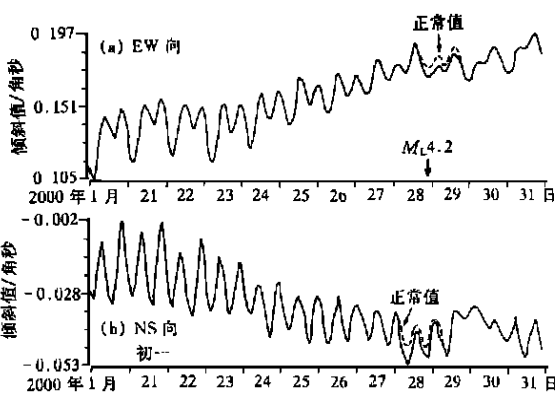


图 5 2000 年 1 月信阳地震台水平摆倾斜仪固体潮整点值曲线

Fig. 5 The hourly values of solid tide by the horizontal pendulum tiltmeter of Xinyang seismic station in January, 2000.

相对于能记录到固体潮的高精度形变仪器而言, 信阳地震台水管倾斜仪测量精度较低, 当形变异常量级在固体潮日变幅范围内时, 该仪器无法显示这类异常。但是此次地震震源深度浅, 震中距较近, 而且震源与测点处于同一活动构造带上。震前异常幅度达 $8.5''$, 对于这一量级的形变异常, 该水管倾斜仪 (测量精度优于 $0.02''$) 已经能够分辨。因此可以认为, 该台观测到的形变异常是可靠的。

该次地震前信阳台地磁短周期转换函数 A 、 B 及 Z 分量总方差分别有 96%、30% 和 31% 的异常变化, 其异常起始于震前 5 个月^②, 起始时间与水管倾斜仪 EW 向测值异

② 刘跃发, 等. 湖北随州 $M_L4.2$ 地震地磁异常研究. 2000.

[参考文献]

- [1] 蒋骏, 李胜乐, 张雁滨, 等. 地震前兆信息处理与软件系统[M]. 北京: 地震出版社, 2000. 138—140.

**STUDY ON CHARACTERS OF FIXED DEFORMATION ANOMALIES BEFORE
THE SUIZHOU-XINYANG M_L 4.2 EARTHQUAKE**

HU Wei-jian, ZHANG Jun-shan, ZHO U Xiao-chuan, XIE Zhi, WANG Zhi-min,

LI An-yin, LI Ping-lin, XIE Jianjian, LIU Li-jun

(*Seismological Bureau of Henan Province, Zhengzhou 450000, China*)

Abstract: An earthquake ($M_L = 4.2$) occurred in the boundary area between Xinyang, Henan and Suizhou, Hubei on January 28, 2000. Xinyang seismic station is located on northeast of the epicenter with a distance of 35 km and in the same fault with the source. Several kinds of medium-short term and impending earthquake anomalies of the fixed crust deformation are recorded in the station before the event. The study results indicate that variations of the observation values before the event are larger. The observation values of EW by water tube tiltmeter changed in reverse from June, 1999 and changed acceleratively three days before the event. The values of NS by the meter changed acceleratively from March, 1999 and jumped suddenly 5 ~ 8 days before the event. The values of EW and NS by horizontal pendulum tiltmeter changed in reverse respectively from February and June, 1999 and fluctuated quasi-periodically about 20 days before the event. Moreover, the obvious anomalies of the deformation tide factor from the station arised too before the event.

Key words: Fixed crust deformation; Anomalous characters; Medium and short term anomaly; Impending earthquake anomaly; Factor of tide; Suizhu-Xinyang earthquake