

甘肃宕昌形变台水管倾斜仪观测资料分析及映震能力初步研究^{*}

张 昱¹, 朱五泉², 常千军¹, 周志宇¹

(1. 中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000;

2. 宕昌县地震局, 甘肃 宕昌 748500)

摘要: 分析了甘肃宕昌形变台 FSQ 型自记水管倾斜仪 1990~1998 年的观测资料. 分析结果表明: 其潮汐响应函数的测量精度达到了观测规范的要求. 水文与气象因素对观测资料有明显影响. 该台资料对发生在台站附近的 4 级左右地震有一定程度的短临异常显示; 对发生在较远处的中强地震有趋势异常显示.

主题词: 水管倾斜仪; 观测精度; 干扰因素; 映震能力

中图分类号: P315.63 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(1999)03-0280-05

0 引言

甘肃宕昌形变台属于地方台站, 其概况见文献[1]. 该台配备有 FSQ 型自记水管倾斜仪. 自 1990 年 7 月正式记录以来, 截止到 1998 年底, 已取得了 8 年多的观测资料. 其观测数据连续可靠. 该台倾斜观测现已成为甘肃省东南部地区监测地震的重要前兆手段之一. 本文对该台 1990 年 7 月~1998 年 12 月的观测资料进行了系统分析, 给出了逐月、逐年及全系列维尼迪科夫调和分解结果, 并分析了影响观测资料的主要干扰因素. 在此基础上探讨了该台资料的映震能力.

1 M₂ 波潮汐因子及其动态特征

图 1 为 1990 年 7 月~1998 年 12 月 NS 和 EW 2 个分量 M₂ 波潮汐因子逐月调和分解结果. 由图 1 可以看出, NS 分量潮汐因子的变化在 1990 年 7~9 月、1993 年 8 月、1995 年 4~6 月和 1996 年 8~10 月明显离群. 1990 年 7~8 月、1993 年 8 月及 1996 年 11 月~1997 年 2 月仪器工作不正常, 因此, 这 3 个阶段的异常变化可能与仪器有关. 该分量 M₂ 波潮汐因子的平均值为 0.539 6, 以 2 倍均方差为控制线, 其正常动态变化范围为 0.445 2~0.672 0. EW 分量 M₂ 波潮汐因子在 1990 年 7~11 月、1994 年 4~11 月以及 1996 年 10~12 月变化较大. 其中 1990 年的变化幅度偏大, 可能与仪器刚投入观测, 格值标定系统误差大有关. 该分量 M₂ 波潮汐因子的平均值为 0.645 8, 以 2 倍均方差为控制线, 其动态变化范围为 0.582 1~0.691 1.

收稿日期: 1999-03-01

^{*} 中国地震局兰州地震研究所青年地震科学基金资助项目; 中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC1999053.

作者简介: 张昱(1963—), 女, 工程师, 现主要从事地震的监测与研究工作的.

表 1 列出了 2 个分量 M_2 波潮汐因子不同时间序列的计算结果. 用 NAKAI 方法对整时值资料以 48 小时为 1 组进行拟合检验计算. 表 2 列出了总漂移量和均方差计算结果.

1990 年 7 月 ~ 1998 年 12 月总天数为 3 106 天, 实际参与调和分析的资料的总天数 NS 分量为 3 084 天, EW 分量为 3 068 天. 2 个分量的资料使用率分别为 99. 3% 和 98. 8%. 其数据缺失主要来自仪器检修、停电等导致的缺记和在进行 NAKAI 检验时对个别数据的舍弃.

从图 1 和表 1 可以看出, 除去个别时段外, M_2 波潮汐因子总体变化形态平稳. 取 3 种时间序列计算的潮汐因子相差不大, 并且时间序列越长, 其误差越小. 由表 2 可以看出, 2 个分量的拟合均方差均小于 1, 表明该仪器的整时值观测精度优于 $1\times 10^{-3}''$.

2 干扰因素的相关分析检验

该台的主要干扰因素可能有河水水位、山洞泉水流量、降水、气温、气压和地温等.

选取该地区 1997 年和 1998 年上述各项因素的日均值资料和相应的观测数据进行相关分析检验. 参与计算的数据共 730 组, 选用置信水平为 5%, 自由度为 $(n-2)$, 相关系数的临界值为 0.088. 表 3 分别给出了 EW 和 NS 分量的相关分析结果.

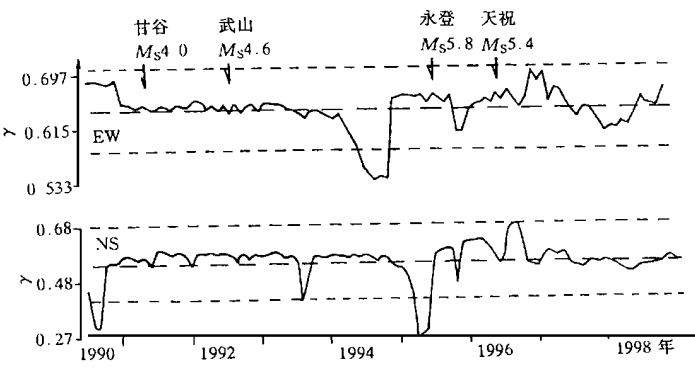


图 1 M_2 波潮汐因子逐月变化曲线
Fig. 1 Curves of tide factor of M_2 wave month by month.

表 1 不同时间序列的 M_2 波潮汐因子

时间序列	EW		NS	
	潮汐因子	误差	潮汐因子	误差
逐 月	0.645 8	$\pm 0.003\ 2$	0.539 6	$\pm 0.005\ 9$
年 度	0.644 6	$\pm 0.002\ 0$	0.537 0	$\pm 0.005\ 0$
全系列	0.642 0	$\pm 0.001\ 0$	0.542 5	$\pm 0.001\ 9$
平 均	0.643 7	$\pm 0.001\ 9$	0.539 7	$\pm 0.004\ 3$

表 2 NAKAI 拟合检验结果

仪器分量	EW	NS
漂移量	$3\ 450\times 10^{-3}''$	$-9\ 460\times 10^{-3}''$
均方差	$0.85\times 10^{-3}''$	$0.96\times 10^{-3}''$

表 3 M_2 波潮汐因子日均值与干扰因素的相关分析结果

干扰因素	EW		NS	
	响应系数	相关系数	响应系数	相关系数
水位/m	0.824 8	0.844 0	-0.296 8	-0.758 1
流量/[$L\cdot s^{-1}$]	-0.189 2	0.826 3	-2.809 2	-0.804 4
降水/mm	-0.008 6	-0.200 3	0.079 8	0.096 5
地温/ $^{\circ}C$	-0.038 5	-0.697 4	-0.242 0	-0.848 0
气温/ $^{\circ}C$	0.168 9	0.349 2	0.066 6	0.222 8
气压/hPa	0.243 3	0.307 7	0.114 6	0.234 3

由表 3 可以看出, 各种干扰因素的日均值资料均与观测数据相关. 以岷江水位和山洞泉水流量对观测资料的影响最大, 且与 EW 分量呈正相关, 与 NS 分量呈负相关, 其响应系数也较大. 所以在使用观测资料时, 应首先排除水位和流量的干扰. 其次地温对观测结果影响也较明显, 且与 2 个分量测值均呈负相关.

3 监测能力评价

3.1 固体潮日 均值变化特征

图 2 为宕昌台 FSQ 仪 1990~1998 年 2 个分量的固体潮日均值曲线.由图 2 可以看出,NS 分量的日均值曲线呈趋势性下降,在 8 年多的时间内变化量达 $-9\,500\times 10^{-3}''$,平均下降速率为 $-3.06\times 10^{-3}''$ /天.用最小二乘法求得该分量的变化幅度为 $35\times 10^{-3}''$.EW 分量日均值曲线呈趋势性上升,在 8 年多的时间内上升量达 $3\,400\times 10^{-3}''$,平均上升速率为 $1.09\times 10^{-3}''$ /天,仅为 NS 分量的 1/3 左右.用最小二乘法求得该分量的变化幅度约为 $44\times 10^{-3}''$,为该台 NS 分量的 1.3 倍.由此可以看出,观测期间该台的地面倾斜变化总体上是北升南降,东升西降,且以北升南降为主.

3.2 观测资料映震能力检验

1990 年至今,在宕昌台周围 300 km 范围内未发生过 5 级以上中强地震,仅发生过几次 4 级左右的地震.选取观测期间发生的 4 次 $M_S\geq 4.0$ 地震(图 3),分析该台观测资料的映震能力.

3.2.1 1995 年 5 月 25 日甘谷 $M_S4.0$ 地震 ($\Delta=96$ km)

由图 4 可以看出,1991 年 1~3 月 EW 分量固体潮日均值曲线变化与正常年变较为一致.从 3 月中旬开始曲线偏离正常年变化,呈缓慢下降趋势.从 4 月初开始下降速率加快,至 4 月底下降到最低点,变化幅度近 $-50\times 10^{-3}''$.之后缓慢回升,在回升过程中发震.震后曲线变化恢复正常.NS 分量固体潮日均值曲线变化正常,未出现异常现象.但该分量固体潮整点值曲线在 5 月 23~24 日发生明显畸变(图 5),这可能是该次地震的短临异常信息.2 个分量的 M_2 波潮汐因子未出现异常(图 1).

3.2.2 1992 年 8 月 1 日武山 $M_S4.6$ 地震 ($\Delta=87$ km)

由图 4 可见,1992 年 EW 分量固体潮日均值曲线在 1~7 月波动很大,其中 1~3 月变化幅度达 $-120\times 10^{-3}''$,3 月底~4 月中旬又呈反向变化,幅度达 $50\times 10^{-3}''$,之后又缓慢下降直至发震.震后恢复正常.该曲线的变化显示了明显的短期趋势异常.而 NS 分量曲线变化平稳,未出现异常.2 个分量的 M_2 波潮汐因子也未

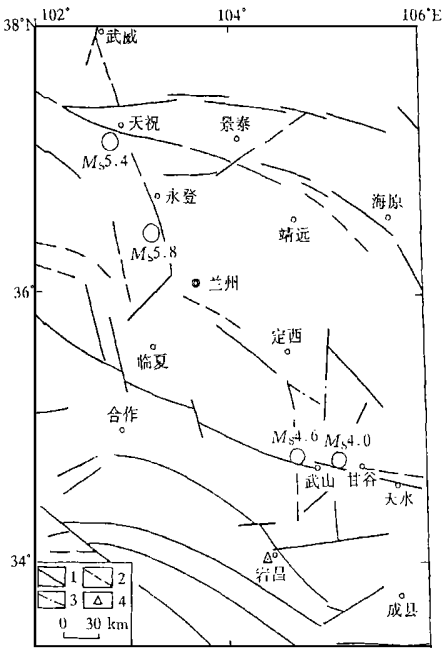


图 3 台站、构造和震中分布

Fig. 3 Distribution of Tanchang station, regional structure and epicentres.
1 断层; 2 卫星照片解译断层;
3 隐伏及推测活动断层; 4 台站

出现异常.

3.2.3 1995年7月22日永登 $M_S5.8$ 地震 ($\Delta=320$ km)

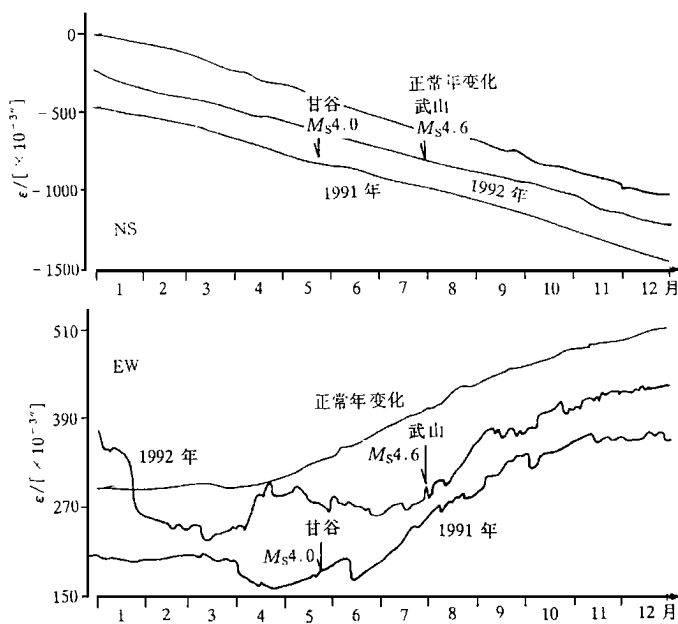


图4 1991~1992年FSQ仪固体潮日均值曲线

Fig. 4 Curves of daily mean value of earth tide observed by using FSQ water tube tiltmeter of Tanchang station, Gansu from 1991 to 1992.

年也出现了持续4个多月的与EW分量相同的异常(图1).

3.2.4 1996年6月1日天祝 $M_S5.4$ 地震 ($\Delta=370$ km)

1996年EW分量固体潮日均值曲线变化基本正常,未出现异常现象.NS分量固体潮日均值曲线1~5月的变化形态近似于一条直线,与同期正常年变明显不一致,从5月中旬开始呈加速下降变化,在加速下降过程中发震.EW分量 M_2 波潮汐因子变化不明显,NS分量在震前变化较小,而震后7~10月变化较大,显示了明显的震后效应.这可能与震中距较远及震级偏小有关.

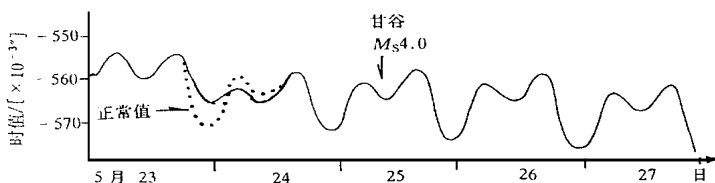


图5 1991年5月23~27日NS分量整点值曲线

Fig. 5 Curve of hourly values of earth tide in NS direction observed by using FSQ water tube tiltmeter of Tanchang station from May 23 to 27, 1991.

经过对以上4个震例的分析可以认为,宕昌台EW分量固体潮日均值曲线对该台附近4级左右的地震有明显的短期异常反应,而NS分量固体潮日均值曲线一般没有异常显示. M_2 波潮汐因子也未出现异常.对于距该台300 km以上的永登地震,其2个分量的固体潮日均值曲线和 M_2 波潮汐因子变化曲线都有很好的前兆异常显示.但是对于天祝地震的前兆反映不十分明显.

4 讨论与结论

(1) 宕昌台水管倾斜仪固体潮时值测量精度优于 $1 \times 10^{-3}''$; NS 分量固体潮日均值曲线为下降型曲线, 平均每年南倾 $1.1''$ 左右; EW 分量为上升型曲线, 平均每年东倾 $0.4''$ 左右. 显示该台及其附近地面倾斜变化为北升南降、东升西降, 以北升南降为主.

(2) 该台观测资料受气象及水文因素影响, 且水文因素影响较大. 在使用资料时应首先排除水文因素的影响. 气象因素的干扰也不可忽略.

(3) 地震前 EW 分量固体潮日均值曲线异常明显高于 NS 分量.

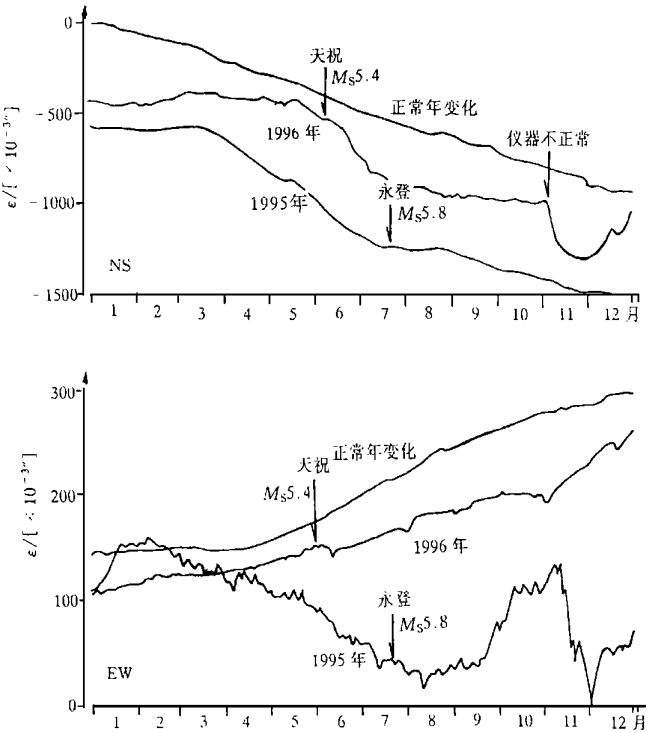


图 6 1995 ~ 1996 年 FSQ 仪固体潮日均值曲线

Fig. 6 Curves of daily mean values of earth tide observed by using FSQ water tube tiltmeter of Tanchang station, Gansu from 1995 to 1996.

1 个月到半年. M_2 波潮汐因子在小地震前没有异常反映,

[1] , , . [J] . , 1994, 12(4): 47 ~ 54.

AN ANALYSIS ON OBSERVATION DATA OF WATER TUBE TILTMETER OF TANCHANG STATION, GANSU AND A PRELIMINARY STUDY ON ITS REFLECTING EARTHQUAKE ABILITY

ZHANG Yu¹, ZHU Wu-quan², CHANG Qian-jun¹, ZHOU Zhi-yu¹

(1. Lanzhou Institute of Seismology, CSB, Lanzhou 730000, China;

2. Seismological Office of Tanchang County, Gansu 748500, China)

Abstract

Observation data of water tube tiltmeter with type FSQ of Tanchang station from 1990 to 1998 are analysed. The results show that observing accuracy of tide response function is in the observation standard. Influence of hydrologic and meteorological factors on observation data is obvious. Short-imminent anomalies in a certain extent in the observation data of Tanchang station appear before earthquakes with magnitude of 4 or so in the vicinity of the station and trend anomalies appear before mid-strong earthquakes within a distance from the station.

Key words: Water tube tiltmeter; Observation accuracy; Interference factor; Reflecting earthquake ability.