

临汾台峒体摆数字倾斜仪在忻州五寨 4.2级地震前的异常特征分析*

冯建琴^{1,3)} 吴艳霞²⁾ 沈晓松^{3,4)} 邓建梅⁵⁾ 董甲弟^{1,3)}

- 1) 山西省地震局临汾中心地震台, 临汾 041000
- 2) 中国地震局地震研究所, 武汉 430071
- 3) 太原大陆裂谷动力学国家野外观测站, 太原 030025
- 4) 山西省地震局太原基准地震台, 太原 030025
- 5) 苏州市地安地震安全评估科技有限公司, 苏州 215128

摘要 2011年3月7日忻州五寨4.2级地震前,位于震中西南方向326.8 km外的临汾台的数字化峒体观测仪器,其记录曲线图出现了不同程度的突变、阶变、抖动现象。其中,SSQ-2I石英摆、VP1、VP2宽带倾斜仪的短临异常现象较为明显。通过分析发现:SSQ-2I石英摆、VP1宽带摆、VP2宽带倾斜仪对近场地震有很好的映震性能,当石英摆NS分量潮汐因子 ≥ 0.79 、EW分量潮汐因子 ≥ 0.39 时,中国境内可能会发生7.0级以上地震,山西地区则有可能发生4.0级以上地震。VP1宽带摆、VP2宽带倾斜仪对近场地震的映震性能优于石英摆。

关键词 突变;阶变;短临异常;矢量图;潮汐因子

中图分类号:P315.72⁺⁶ 文献标识码:A

ANALYSIS OF ANOMALIES OF DIGITAL CAVE TILTMETER AT LINFEN STATION REFLECTING THE WUZHAI M4.2 EARTHQUAKE, XINZHOU

Feng Jianqin^{1,3)}, Wu Yanxia²⁾, Shen Xiaosong^{3,4)}, Deng Jianmei⁵⁾ and Dong Jiadi^{1,3)}

- 1) Linfen Central Seismostation, Earthquake Administration of Shanxi Province, Lingfen 041000
- 2) Institute of Seismology, CEA, Wuhan 430071
- 3) National Continental Rift Valley Dynamics Observatory of Taiyuan, Taiyuan 030025
- 4) Taiyuan Seismostation of Shanxi Province, Taiyuan 030025
- 5) Peaceful Earthquake Security Evaluation Science and Technology Limited Company, Suzhou 215128

Abstract Before the Xinzhou Wuzai 4.2 earthquake on March 7, 2011, the record curves of the digital cave tiltmeters at the Linfen station which is of 326.8 km away from the epicenter had abrupt change, step change and dithers. In which the short-impending anomaly of SSQ-2I quartz pendulum, broadband tiltmeters VP1, VP2 were more evident. Through the analysis of these anomalies we can see that these tiltmeters above mentinaed all have good performance reflecting near-field earthquake that when the tidal factor of quartz pendulum in NS direction is over 0.79, in EW over 0.39, there may oecur earthquake of over M7.0 in China, or M4.0 in Shanxi area. By the way, the reflecting performance to near-field earthquake of the broadband tiltmeter are better than that of quartz tiltmeter.

Key words: abrupt change; step change; short imminent anomalies; vector diagram; tidal factor

* 收稿日期:2011-04-23

基金项目:山西省地震局项目(20382)

作者简介:冯建琴,女,1964年生,工程师,主要从事台站前兆监测及分析工作。E-mail:jq4018273@163.com

1 引言

地震短临预报是地震科学研究的难题之一,尽管国内外地震学者开展了大量工作,但实质性进展不大。因此,深入地震孕育过程研究、探索地震短临预报新方法是一项富有挑战而艰巨的任务^[1-4]。本文将利用临汾台2011年1~3月SSQ-2I石英摆、VS垂直摆、VP1、VP2宽带倾斜仪数字化观测资料,用常规分析方法对2011年3月7日忻州五寨4.2级地震前的异常进行分析。

2 台站概况及仪器情况

龙祠台观测山洞始建于1978年4月,山洞总长130.7 m,主巷道长76.8 m,宽1.6 m,高2.0 m。洞顶覆盖层厚度32~39 m,仪器墩为完整的灰岩经凿磨平整,以水泥浆与基岩黏结,四周设有防震槽。洞内年温度变化幅度小于0.5℃,日变幅度小于0.03℃,湿度小于80%,山洞周边没有明显的干扰源。内有10个支洞,洞体呈“U”字形。基岩为中奥陶系马家沟组灰岩,洞内放置有摆式倾斜仪、钻孔应变、磁电观测等十多种前兆观测仪器。SSQ2数字石英摆倾斜仪、VS垂直摆倾斜仪已积累了3年多的观测资料,VP1、VP2宽带倾斜仪也已积累1年多的观测资料。

SSQ-2I型数字化倾斜仪是采用石英摆系接收地面倾斜信号;VS垂直摆倾斜仪用于测量地球内部运动引起的地面的倾斜变化;VP1、VP2宽带倾斜仪是在VS型垂直摆倾斜仪的基础上改进而成,频带宽度比其他形变仪器的宽度提高20倍以上,频带宽度为2秒至1年^[5],SSQ-2I石英摆、VS垂直摆采用分采样记录,VP1、VP2型宽频带倾斜仪采用秒采样记录。

3 异常特征分析

3.1 日均值异常分析

临汾台石英摆NS分量正常年变,通常是每年11—12月份较大速率向北倾斜,次年1—2月转向南倾,3—4月再次转向北倾。2011年1—3月的年变曲线,变化趋势与往年一致,只是背景值发生方向的改变,与往年同期相比,NS分量高值低于往年高值,EW分量高值高于往年高值(图1(a));垂直摆年变曲线,趋势性向东北方向倾斜。2011年1—3月变化趋势与往年没什么不同。背景值逐年增高,变化趋势持续向东北方向倾斜(图1(b))。

3.2 异常分析

VP1宽带倾斜仪的NS分量在震前2天加速转向,由南倾转为北倾。临震前4小时48分曲线抖动变粗并伴有向上单脉冲、向上的阶变(图2(a));EW分量在忻州4.2级地震前,出现4次阶变,且随着地震的临近,阶变幅度逐渐变小,阶变幅度由40.7 ms逐渐递减到1.27 ms,发震后曲线恢复正常(图2(b))。宽带倾斜仪随着忻州地震的发生,阶变幅度由强变弱。

VP2宽带倾斜仪,在2011年3月7日忻州4.2级地震前,NS分量在临震前5小时,记录线抖动变粗并伴有单脉冲出现,震前56分向下阶变16 ms(图2(c));EW分量在临震前出现两次向上阶变,且随着地震的临近,阶变幅度逐渐增大,第一次阶变幅度为6.9 ms,第二次畸变幅度为100 ms(图2(d))。震后两分量曲线恢复正常。

3.3 日均值矢量异常

SSQ-2I型石英摆倾斜仪。石英摆倾斜仪在3月7日忻州五寨4.2级地震前,出现2次短临异常,前6天向下阶变的幅度为8 ms,前2天曲线转向并发生形似桃嘴状畸变,恢复正常水平1天后发震。虽

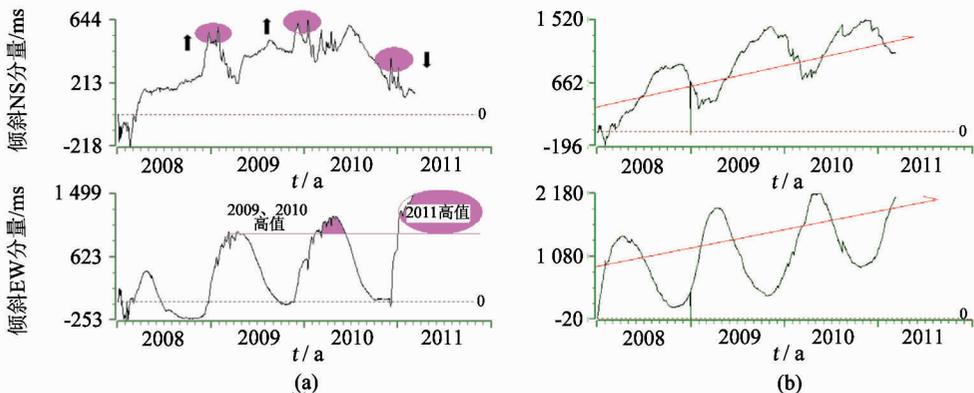


图1 临汾台水平摆、垂直摆年变曲线

Fig.1 Annual curves of the horizontal and vertical pendulum at Linfen station

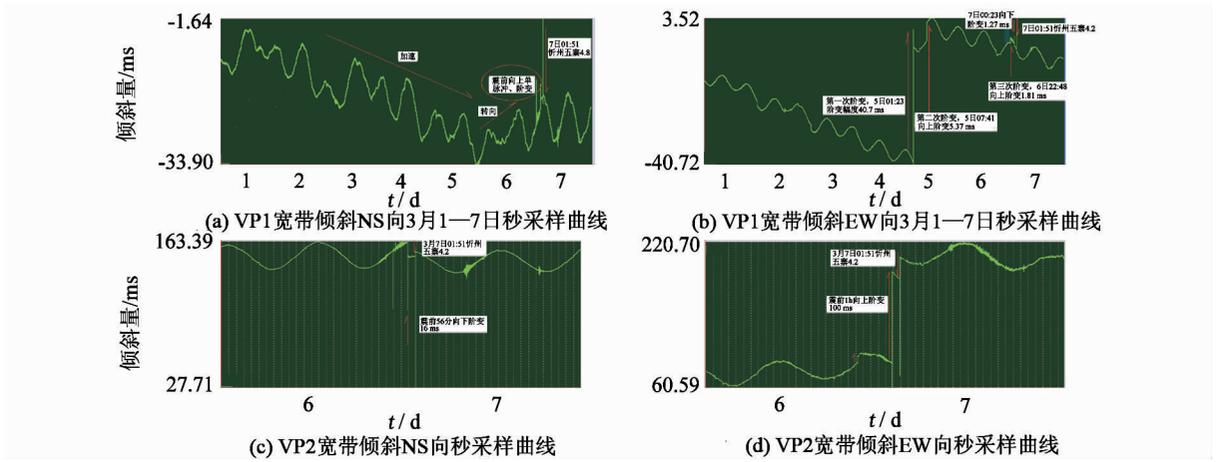


图2 临汾台 VP1 宽带倾斜仪、VP2 宽带垂直摆秒采样异常曲线

Fig.2 Abnormal curves of VP1 broadband tiltmeter, VP2 broadband vertical pendulum sampled by second at Linfen seismostation

然没有记录到地震波形,但在地震时记录线条脉动变粗(图 3(a))。通过多年观测资料的震例分析,记录远场中强地震的同震效应优于垂直摆,唯有这次忻州 4.2 级地震,垂直摆记录到的同震效应波形而水平摆没有记录到同震效应波形。

VS 垂直摆倾斜仪。垂直摆倾斜仪 NS 分量在忻州 3 月 7 日地震发生前 7 天,发生曲线抖动变粗,震后曲线仍然抖动,持续 2 天曲线才恢复正常。记录的忻州地震波形特殊,形似脉冲状突跳,NS 分量记录的地震幅度是 EW 分量的几十倍(图 3(b))。

矢量异常多为矢量曲线以不正常转向、拐弯、加速和打结为主要特征。石英摆倾斜仪 2011 年 1 月 1 日开始较大速率向西南方向倾斜,1 月 17 日与 2 月 1 日矢量曲线出现第二次打结后,多次转向、拐弯,3 月 7 日发生山西忻州 4.2 级地震(图 3(c)),从出现异常到发震历经了 66 天;垂直摆以 -3.59 ms/d 的速率缓慢向东南方向倾斜,2 月 1 日转向打结后,继续向东南方向漂移,直到发生 3 月 7 日忻州 4.2 级地震发生(图 3(d))。

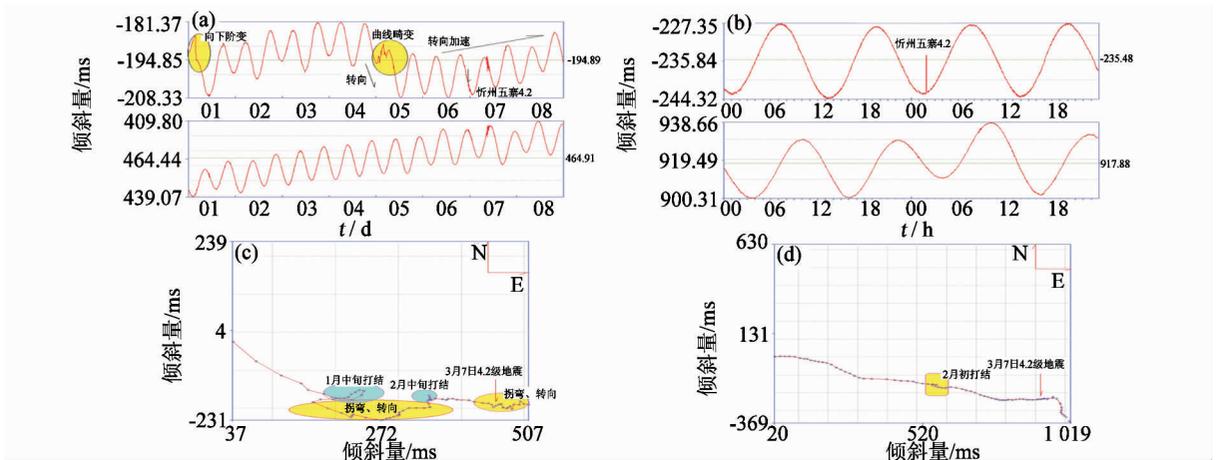


图3 (a)石英摆倾斜仪畸变曲线图、(b)临汾台垂直摆同震效应、(c)临汾台石英摆日均值矢量图、(d)垂直摆日均值矢量图

Fig.3 (a)Distortion of quartz tiltmeter, (b) co-seismic effects of vertical pendulum, (c) daily mean vector graph of the quartz pendulum at Linfen station and (d) daily mean vector graph of the vertical pendulum at Linfen station

3.4 一阶差分曲线分析

石英摆倾斜仪 NS 分量于 2010 年 7 月以较大速率向南倾斜。为了更加明显地体现异常的变化形态,用基于 GLS 的地震分析预报软件系统软件^[4],做 2008-01—2011-03 月石英摆日均值曲线的差分曲

线图,用日均值一阶差分法求出 2008-01—2011-03 月的平均值,以 2 倍中误差作为警戒值,超过 2 倍中误差时视为异常。从图 4 可以看出,在山西多次发生 4.0 级左右的地震,一阶差分曲线的中误差多次超过警戒值。基本呈一一对应关系。在 2011 年 3 月初,中误差已超过警戒线的 10 倍(图 4(a)),之后

发生 2011 年 1 月 15 日河津 3.6 级、3 月 7 日忻州 4.2 级地震。EW 分量日均值一阶差分曲线的异常特征,在负方向上比较明显,在 1 月 15 日河津 3.6 级、3 月 7 日忻州 4.2 级地震前,中误差在负方向超过 10 倍的警戒线(图 4(b))。

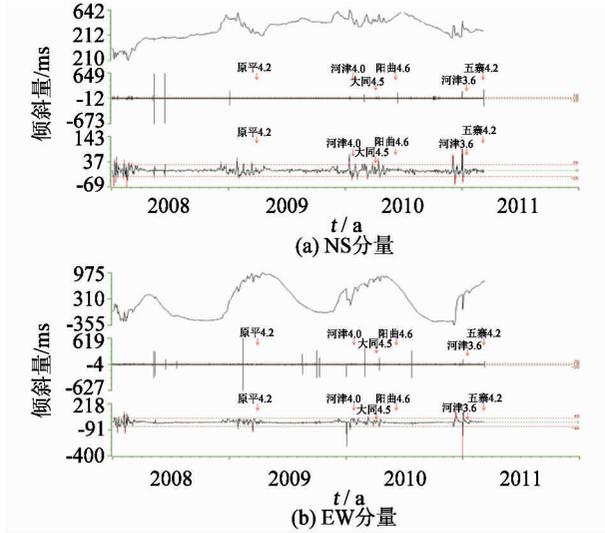


图 4 临汾台水平摆日均值一阶差分曲线
Fig. 4 Difference curves' of one order of the daily mean values of the horizontal pendulum of Linfen station

3.5 潮汐因子分析

临汾石英摆 NS 分量潮汐因子在 0.50 ~ 0.79 间波动,EW 分量潮汐因子在 -0.50 ~ 0.39 间波动,当 NS 分量潮汐因子 ≥ 0.79 、EW 分量潮汐因 ≥ 0.39 时,则可能会在中国境内发生 7.0 级以上地震,山西地区发生 4.0 级以上地震(图 5)。

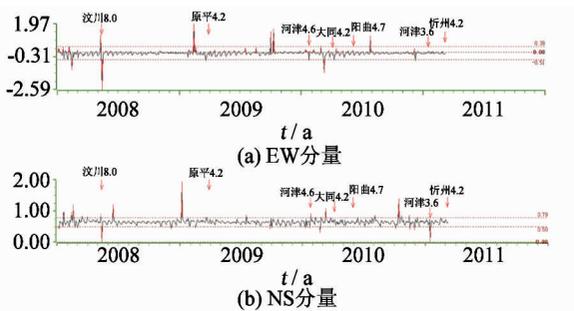


图 5 临汾台日均值石英摆振幅因子
Fig. 5 Daily mean value of amplitude factors of the quartz pendulum at Linfen station

4 讨论与结论

1)临汾台 SSQ-2I 石英摆倾斜仪、VS 垂直摆倾斜仪自 2008 年正式数字化观测以来,观测资料连续、完整、可靠;VP1、VP 宽带倾斜仪器性能稳定,记录的固体潮汐清晰完整。3 月 7 日忻州五寨 4.0 级地震前,临汾洞体摆原始记录曲线多次出现阶变、畸变、脉动变粗,经核实该资料异常期间,观测环境无

变化,观测仪器正常,非人为干扰,表现出很好的映震性能。

2)石英摆倾斜仪能观测到远场的中强地震的前驱波,前驱波出现的时间一般在震前数小时至 7 天左右,具有明显的重复性^[6]。通过对多年记录资料的分析,其记录远场中强地震的映震性能优于垂直摆。

3)垂直摆倾斜记录远场 7.0 以上地震的震前形变,2 ~ 7 天内脉动变粗、畸变、加速。记录近场 327 km 范围内 4.0 ~ 5.0 级地震的临震异常,垂直摆同震效应波幅度优于石英摆。

4)VP1、VP2 宽带倾斜仪能记录到近场地震在几小时之内的短临异常。这两种摆体仪器的频带宽度为 2 s 到无穷大,比同类仪器大 20 倍,同时记录地震的幅度也比同类仪器大 10 ~ 20 倍。

5)VP2 宽带垂直摆记录近场地震方向比较明确。宽带倾斜仪在忻州地震发生时 EW 分量异常较为明显,向上阶变 100 ms,初步认定地壳向东运动,NS 分量向下阶变,地壳向南运动,地震时两方向同时向上阶变,初步分析地震发生在临汾台的东北方向。

VP1 宽带垂直摆在忻州地震前的异常特征:临震阶变幅度变小,两方向异常都较为突出,转向后北倾,阶变后东倾,初步认定 3 月 7 日震中在临汾台东北方向。

6)由于突变性变形点分布具有非均匀性特征,以及仪器性能及原理的不同,导致了临汾台 4 种洞摆体倾斜仪记录地震的形变异常形态和速率各不相同。

7)3 月 7 日忻州 4.2 地震,可能属于慢地震。由 VP1、VP2 宽带倾斜仪短临异常的特征和阶变方向的变化,可以推知地壳向东北方向运动。

参 考 文 献

- 1 陈德福,李正媛,李晓军. 地倾斜短临前兆信息特征[J]. 地壳形变与地震, 1993, (增刊 2): 47 - 54.
- 2 罗灼礼. 震源应力场、形变场和倾斜场[J]. 地震学报, 1980, 2(2): 169 - 184.
- 3 周克昌,吴翼麟. 由同震阶跃应用反演方法研究震源机制[J]. 地壳形变与地震, 1990, (1): 1 - 8.
- 4 陈远忠,等. 基于 GLS 的地震分析预报系统[M]. 四川: 成都地图出版社, 2002.
- 5 胡国庆,等. VS 型垂直摆倾斜仪的原理及设计[R]. 武汉: 中国地震局地震研究所, 2000.
- 6 高振强,等. 山西临汾中心台石英摆倾斜仪前驱波特征分析[J]. 山西地震, 2009, 4(2): 1 - 6.