

郭昱琴, 张元生, 吴双, 等. 五指山台VP宽频带倾斜仪同震响应分析——以2019年8月20日海南三亚地震为例[J]. 华南地震, 2024, 44(S1): 39–42. [GUO Yuqin, ZHANG Yuansheng, WU Shuang, et al. Coseismic Response Analysis of VP Broadband Tiltmeter at Wuzhishan Station—A Case Study of Sanya Earthquake in Hainan Province on August 20, 2019[J]. South China journal of seismology, 2024, 44(S1): 39–42]

五指山台VP宽频带倾斜仪同震响应分析 ——以2019年8月20日海南三亚地震为例

郭昱琴¹, 张元生², 吴双¹, 曾涛³, 杨世杰³

(1. 海南省地震局, 海口 570100; 2. 甘肃省地震局, 兰州 730000; 3. 海南省地震局琼中中心站, 海南 琼中 572900)

Coseismic Response Analysis of VP Broadband Tiltmeter at Wuzhishan Station—A Case Study of Sanya Earthquake in Hainan Province on August 20, 2019

GUO Yuqin¹, ZHANG Yuansheng², WU Shuang¹, ZENG Tao³, YANG Shijie³

(1. Hainan Earthquake Agency, Haikou 570203, China; 2. Gansu Earthquake Agency, Lanzhou 730000, China; 3. Qiongzong Central Station of Hainan Earthquake Agency, Qiongzong 572900, China)

关键词: 三亚M4.2地震; S变换; 时频特征

Keywords: Sanya M4.2 earthquake; S-transform; Time-frequency characteristics

中图分类号: P315

文献标识码: A

文章编号: 1001-8662(2024)S1-0039-04

DOI: 10.13512/j.hndz.2024.S1.15

0 研究背景

地壳形变监测是理解地震形成过程的关键手段。研究表明, 孕震过程中地壳形变表现出阶段性特征, 包括形变速率、方位及岩石力学性质的变化^[1]。VP宽频带倾斜仪作为一种高精度的地倾斜观测设备, 对近距离小震较为敏感, 能够清晰记录地震信号。本文以2019年8月20日海南三亚M3.2和M4.2地震为例, 分析五指山台VP宽频带倾斜仪的同震响应特征。为该地区地壳应力—应变

状态的长期变化研究提供宝贵资料。通过分析同震响应特征、最大振幅与震级的关系, 可以更好地理解和利用不同仪器的观测资料, 为地震研究提供更全面的科学依据。

1 研究方法

S变换是一种时频分析方法, 结合了短时傅里叶变换和小波变换的优势, 能够同时从时域和频域观察信号的能量分布。本文利用S变换对VP宽频带倾斜仪记录的地震信号进行分析, 研究其时

收稿日期: 2024-10-10

基金项目: 中国地震局监测、预测、科研三结合课题(3JH-202401020); 海南省地震局科研课题(HDKJ202401)联合资助。

作者简介: 郭昱琴(1988–), 女, 工程师, 主要从事地震前兆监测工作。

E-mail: skylineguo@126.com

通信作者: 张元生(1965–), 男, 研究员, 主要从事地球内部结构和卫星遥感技术的研究与应用。

E-mail: zhangys@gsdzj.gov.cn

频响应特征。

2 研究内容及结果

2.1 数据选取

五指山台的VP宽频带倾斜仪自2014年架设以

来, 经过初期调试和稳定阶段, 观测数据自2015年起逐渐趋于稳定, 固体潮曲线光滑, 观测资料连续可靠。虽然数据常年受仪器自身漂移影响背景趋势, 但日变形态清晰, 可以记录到较为明显的固体潮变化现象, 半日波和日波呈现正弦波形形态(图1)。本文选取2019年8月20日VP宽频带倾斜仪观测资料分钟值数据进行分析(图2)。

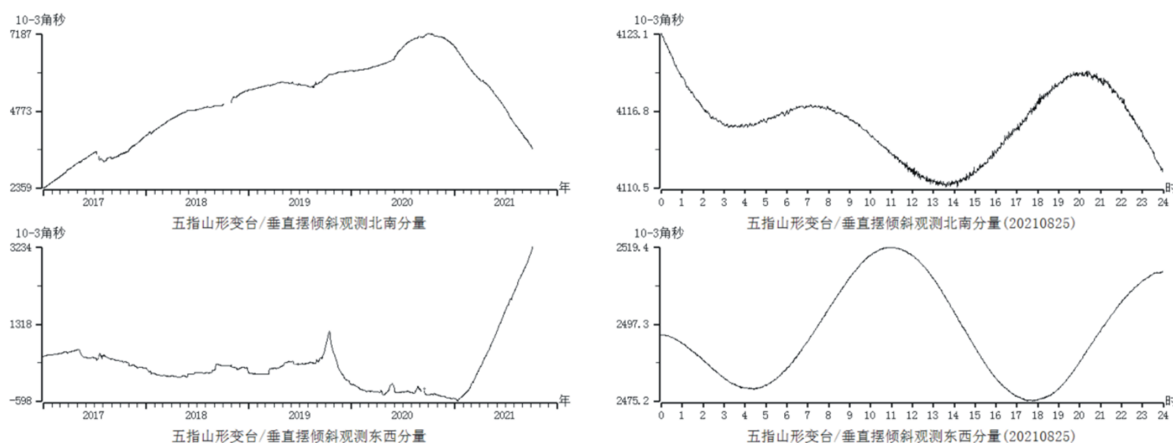


图1 五指山形变台VP宽频带倾斜仪观测曲线(20170101–20211025)

Fig.1 Observation curve of VP broadband tiltmeter at Wuzhishan deformation station(20170101–20211025)

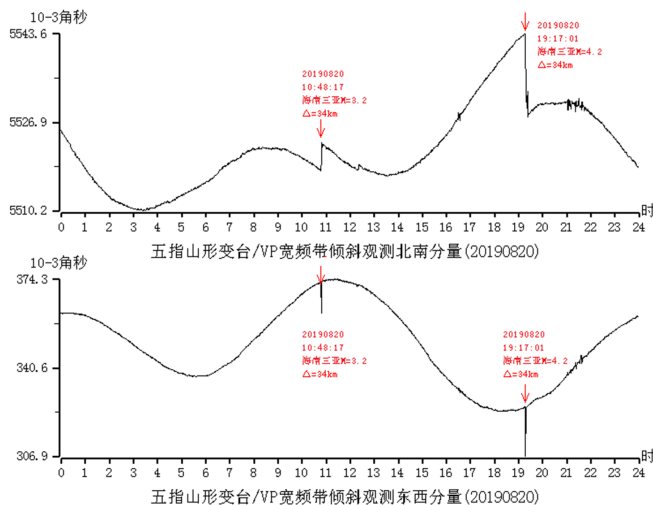


图2 五指山台宽频带倾斜仪海南三亚同震原始曲线

Fig.2 Coseismic original curve of broadband tiltmeter of Wuzhishan seismic station in Sanya earthquake, Hainan

2.2 同震响应特征分析

2019年8月20日, 海南三亚天涯区(北纬 18.51° , 东经 109.41°)发生了两次地震: 10时48分发生3.2级地震, 震源深度5 km; 19时01分又发生4.2级地震, 震源深度12 km。震中位于九所—陵水断裂和昌城—乐东—吉阳断裂附近, 距离五指山台

约34 km^[2-3]。对VP宽频带倾斜仪的原始数据进行同震响应幅度、响应持续时间、阶变特征分析发现(表1), VP宽频带倾斜仪同震响应幅度随震级增大而增大, 地震响应持续时间随震级增大而增大、同震阶变特征北南分量不同震级均表现为上升, 东西分量均表现为下降, 这可能与分量方向不一致有关^[3]。

表1 VP宽频带倾斜仪同震响应特征分析

Table 1 Analysis of coseismic response characteristics of VP broadband tiltmeter

地震时间/年-月-日 h: min:s	经纬度	台站	仪器名称	测项分量	最大响应 幅度/ms	持续响应 时间/s	同震阶变 特征		
2019-08-20 10:48:17	18.51°N, 09.41°E	五指山台	VP宽频带 倾斜仪	NS	5.12	420	上升		
				EW	12.59	420	下降		
2019-08-20 19:17:01	18.51°N, 09.41°E			NS	15.80	720	上升		
				EW	19.76	720	下降		

2.3 S变换时频分析

选取VP宽频带倾斜仪8月20日记录的海南三亚M3.2、M4.2地震前后2 h的数据进行S变换时频响应特征分析。结果如图4所示，分析发现，在地震的地震波到达时，仪器各分量记录到的高频信号瞬间增多，能量显著变强。随着大幅值地震波的到达，能量达到峰值，而地震波衰减时，能量强度也随之减弱。此外，仪器各分量在频率随时间变化的过程中表现出较好的一致性，这表明地震波的时频

特征在不同分量之间具有相似的动态变化规律。10时48分的M3.2地震的影响频段，北南分量0.025~0.45 Hz，东西分量0.005~0.45 Hz，能量强度集中在0.05 Hz附近，东西分量能量强度大于北南分量；19时17分的M4.2地震的影响频段，北南分量0.005~0.45 Hz，东西分量0.005~0.35 Hz，能量强度集中在0.05 Hz附近，东西分量的能量强度普遍高于北南分量，这可能与区域地质条件或仪器安装环境有关。

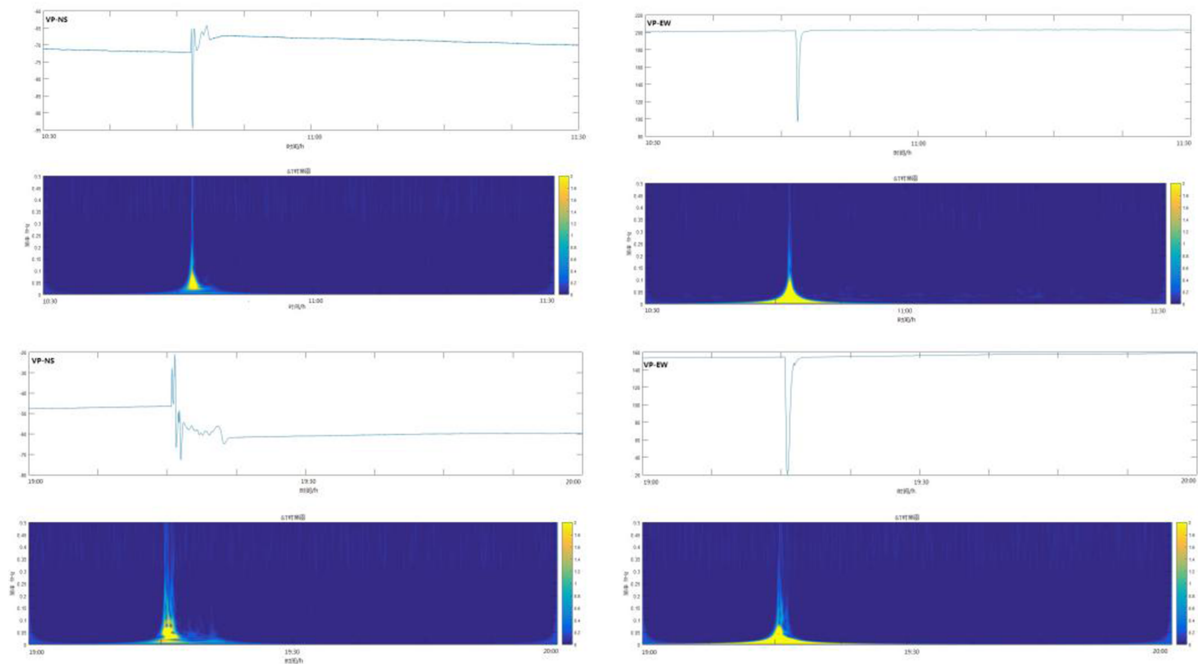


图3 VP宽频带倾斜仪同震时段S变换

Fig.3 S-transform of data recorded by VP broadband tiltmeter in coseismic period

3 结论

通过分析五指山台VP宽频带倾斜仪记录的2019年海南三亚M3.2和M4.2地震数据，发现该仪器在记录地震同震响应方面表现出色，其响应幅

值、持续时间和时频特征与震级密切相关。具体特征如下：

(1)同震响应幅度与震级的关系：同震响应幅度随震级增大而显著加强。在M4.2地震中，响应幅度明显高于M3.2地震，表明仪器对较大震级地

震的敏感性更高。

(2)地震响应持续时间:地震响应的持续时间也随震级增大而增加。 $M4.2$ 地震的响应持续时间明显长于 $M3.2$ 地震,这与地震能量释放的规模有关。

(3)同震阶变特征:北南分量在不同震级下均表现为上升,而东西分量表现为下降。这种差异性与仪器分量方向的地质构造背景有关。

(4)时频响应特征:通过S变换分析,VP宽频带倾斜仪的北南分量和东西分量在频率随时间变化的过程中表现出较好的一致性。然而,东西分量的能量强度普遍高于北南分量,这可能与区域地质条件或仪器安装环境有关。

综上所述,五指山台VP宽频带倾斜仪在记录地震同震响应方面表现出色,能够为地震研究提供高质量的数据支持。

参考文献

- [1] 刘晓霞,江在森,武艳强.唐山、汶川地震地壳形变特征综合研究[J].地球物理学进展,2018,33(03):941-950.
- [2] 王嘉琦,杨东辉,常玉柱,等.河北区域VP型宽频带垂直摆倾斜仪同震响应分析——以2019年河北唐山 $M4.5$ 地震为例[J].山西地震,2022,49(01):28-30+56.
- [3] 郭昱琴,付国超,孙三健,等.五指山台DSQ水管倾斜仪和VP垂直摆观测数据质量对比分析[J].地震科学进展,2022,52(05):232-237.