

许璐、张智慧、邢喜民,2017,新疆精河6.6级地震前温泉水平摆异常特征分析,中国地震,33(4),741~748。

新疆精河6.6级地震前 温泉水平摆异常特征分析

许璐¹⁾ 张智慧²⁾ 邢喜民^{1,3)}

1) 伊犁师范学院,新疆维吾尔自治区伊宁市解放西路448号 835000

2) 河南省工业科技学校,河南新乡 453000

3) 新疆维吾尔自治区地震局,乌鲁木齐 830011

摘要 2017年8月9日新疆精河发生6.6级地震,本文以温泉台水平摆观测数据为研究对象,首先研究温度、水位对其影响,结果表明,水平摆NS向倾斜量滞后气温约114天,它们之间的相关系数为-0.620195;EW向倾斜量滞后气温44天,相关系数为0.8449978;NS向倾斜量滞后水位约17天,相关系数为-0.6886279。然后,利用回归分析,选取适当的回归模型剔除温度、水位对温泉台水平摆观测数据的影响。最后,对回归残差序列进行分析。研究认为,精河6.6级地震前温泉台水平摆倾斜量的异常特征为:①NS分量自2015年10月29日之后的年变畸变,精河地震发生后,于2017年8月11日转向N倾,异常结束;②EW向倾斜量自2016年5月13日起出现持续E倾变化,截至地震发生时E倾幅度达0.88”。

关键词: 精河6.6级地震 温泉水平摆 相关系数 气象因素

[文章编号] 1001-4683(2017)04-0741-08 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

0 引言

我国是世界上受地震灾害影响最严重的国家之一(李莹等,2015)。地震能不能有效预测是目前困扰地震研究的科学难题(孟宪纲等,2016),通过分析国内外预测成功与失败的震例发现,地震前兆异常具有复杂性,异常与地震间关系的不确定性表现为“有异常无地震”“有地震无异常”不同地区因地壳结构差异导致前兆时空分布特征的不同“不同成因类型地震其前兆表现不同”“同一地区地震前兆的重复现象”等(焦明若等,1998a,1998b)。造成前兆复杂性的根本原因是孕震的物理力学过程的复杂性,这其中包括地质构造、孕震环境、动力学过程、震源破坏机制、破裂发展过程等多方面的复杂因素(焦明若等,1998a,1998b)。而形变台站建在地壳表层,因此,不可避免地会受到各种因素的影响,这也就意味着在测量

[收稿日期] 2017-10-08; [修定日期] 2017-11-10

[项目类别] 伊犁师范学院校级科研项目资助(No.2017YSYY21)及中国地震局2018年度地震监测、预测、科研三结合课题项目资助(CEA-JC/3JH-173103)共同资助

[作者简介] 许璐,女,1986年生,讲师,理学硕士,主要从事统计学方面的研究。E-mail:461392767@qq.com

邢喜民,通讯作者,男,1980年生,高级工程师,理学硕士,主要从事大地测量、定点形变数据分析方面的研究。E-mail:442635690@qq.com

(观测)值中不仅包含来自地球内部的地形变信息,还可能不同程度地包含了来自地球外部的信息(中国地震局监测预报司,2008)。这给地震前兆异常的识别带来了更大的困难。

据中国地震台网测定,2017年8月9日7时27分,新疆博尔塔拉蒙古自治州精河县发生6.6级地震(44.27°N,82.89°E),震源深度11km,极震区烈度Ⅷ度(8度),此次地震灾区主要涉及博尔塔拉蒙古自治州精河县、博乐市,伊犁哈萨克自治州尼勒克县、伊宁县,塔城地区乌苏市及新疆生产建设兵团第5师8个团场的33个乡镇。本文以温泉台水平摆测项为研究对象,首先研究温度、水位对观测数据的影响特征;然后利用回归分析,选取适当的回归模型剔除温度、水位对观测数据的影响;最后对回归残差序列进行分析,研究精河6.6级地震前温泉台该测项的异常特征。

1 台站观测环境、地质构造及观测系统介绍

温泉老台位于北天山地震带西段,地质构造上处于准噶尔盆地西侧、博罗科努山北麓、博尔塔拉断凹西部。博尔塔拉深大断裂(EW向)的南盘是上升盘,在地表可见岩石破碎,物探资料显示有SN向次生断裂存在。台站周边主要断裂带有阿拉套断裂带、科古琴断裂带、喀什河断裂带、库木松契克断裂带、博阿断裂带等。该监测区中强震活动强度较大,1765年以来共发生20次5级以上地震,其中,6级地震9次,7级地震1次,8级地震1次,如1765、1973年精河2次6级地震,1944年3月10日乌苏县与尼勒克交界处7.3级、6.5级地震,1812年伊犁盆地北缘断裂上发生的尼勒克8级地震等,1978年在该地区发生温泉震群(新疆维吾尔自治区地方志编纂委员会,2002)。温泉水平摆观测台站在精河6.6级地震微观震中的NW向,两者相距167km(图1)。

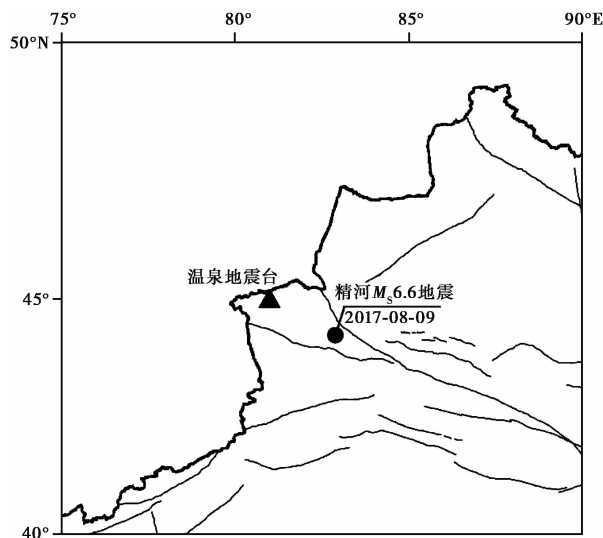


图1 精河6.6级地震与温泉水平摆观测台位置关系

温泉水平摆观测山洞地处准噶尔盆地西侧博鲁克努山北麓的华力西期花岗岩山体中,地理坐标为44.96°N、81.00°E,高程1410m,山洞进深43m,洞内年温差小于1.2℃,日温差小于0.1℃,被覆35m,被覆岩层存在小的裂隙,开春融雪水、夏季雨水可轻微渗入洞中,相对湿

度较大,达到 98%。倾斜观测墩为花岗岩大理石,长 120cm,宽 90cm,高 30cm。

温泉台水平摆观测始于 1986 年 6 月,1986~2006 年观测仪器为 SQ-70 石英水平摆倾斜仪,记录方式为照相式记录。2007 年 12 月,按照“十五”数字地震观测网络项目改造要求对温泉 SQ-70 型石英摆倾斜仪进行了数字化改造,改造后仪器为 SQQ-II 型数字石英倾斜仪,辅助观测有气象三要素仪等。SQQ-II 仪器故障率低,与原模拟观测相比,降低了人为进洞带来的干扰,观测数据实现了自动采集及远程调收、标定等智能化;观测曲线光滑,固体潮汐清晰、规则,资料连续可靠。

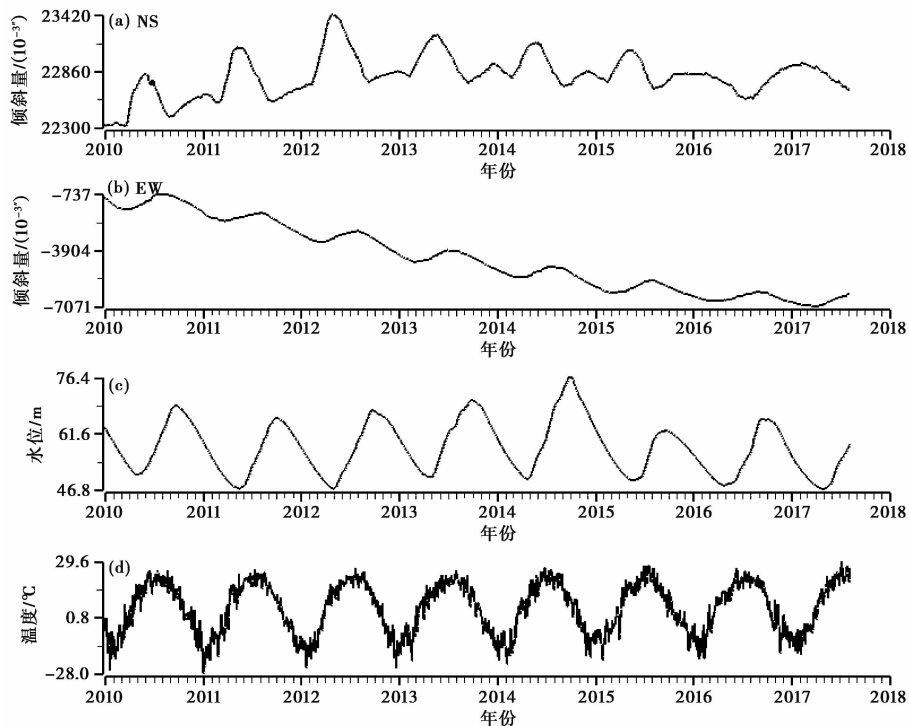


图 2 2010 年 1 月 1 日~2017 年 8 月 8 日温泉台水平摆倾斜量(a、b)、水位(c)、温度(d)

2 数据分析

图 2 为温泉台水平摆两分量与水位、温度间的时序曲线图。由图 2 可见,两分量均与温度、水位的趋势性变化不一致。根据干扰异常成因上的相关性原则,出现的异常动态与其可能的影响因素之间存在成因上的相关性,例如大气降水的渗入补给,一定表现为观测井水位的上升(车用太等,2011)。温泉水水平摆的趋势性变化与温度、气压、水位的影响无关。因此,本文选用最佳逼近多项式去除温泉台水平摆两分量变化趋势(图 3)。

为研究温泉台水平摆倾斜量与气温、水位间的关系,我们计算了温泉台水平摆倾斜量与气温、水位间的相关系数及其与滞后天数间的关系(图 4)。由图 4 可见,温泉台水平摆 NS 向倾斜量滞后气温约 114 天时,它们之间的相关系数为 -0.620195 ; EW 向倾斜量滞后气温 44 天时,相关系数为 0.8449978 ; NS 向倾斜量滞后水位约 17 天时,相关系数为 -0.6886279 。

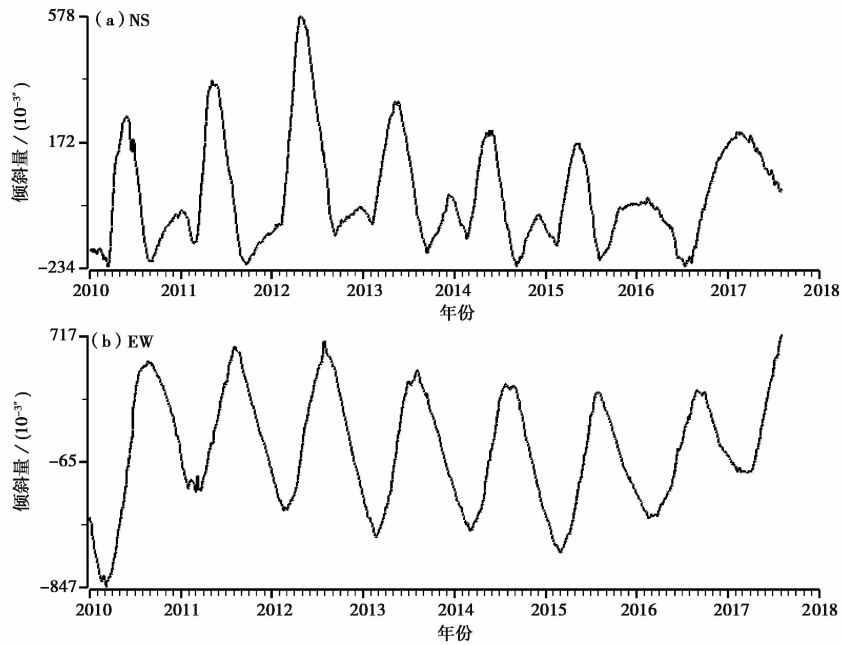


图3 温泉台水平摆倾斜量与最佳逼近多项式拟合之差

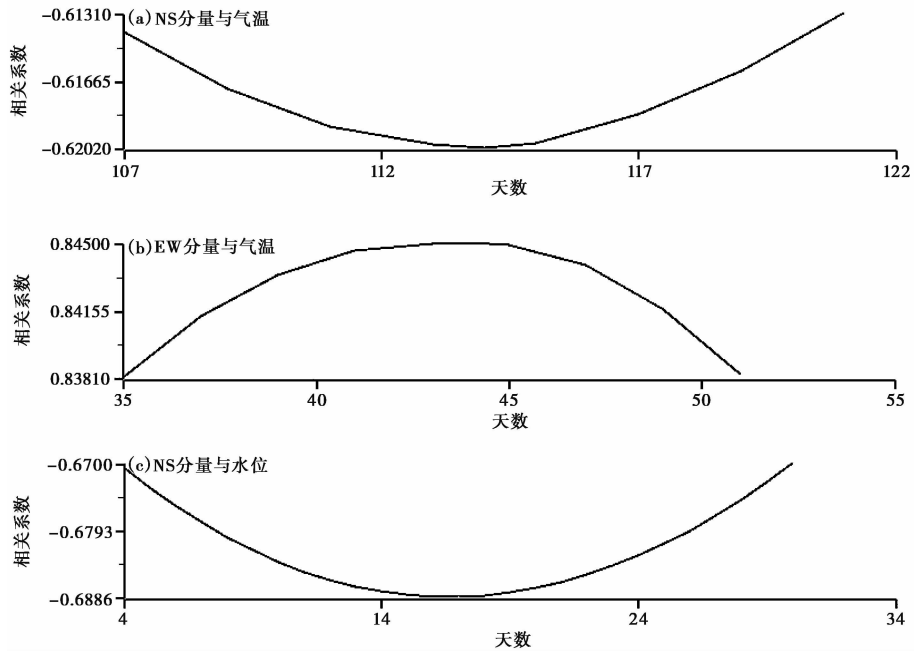


图4 温泉台水平摆两分量滞后气温、水位天数与相关系数间的关系

温泉台水平摆倾斜量与气温、水位的散点图见图5。

回归分析能在一定程度上剔除气象因素的影响,有助于地震异常的识别(邢喜民等,

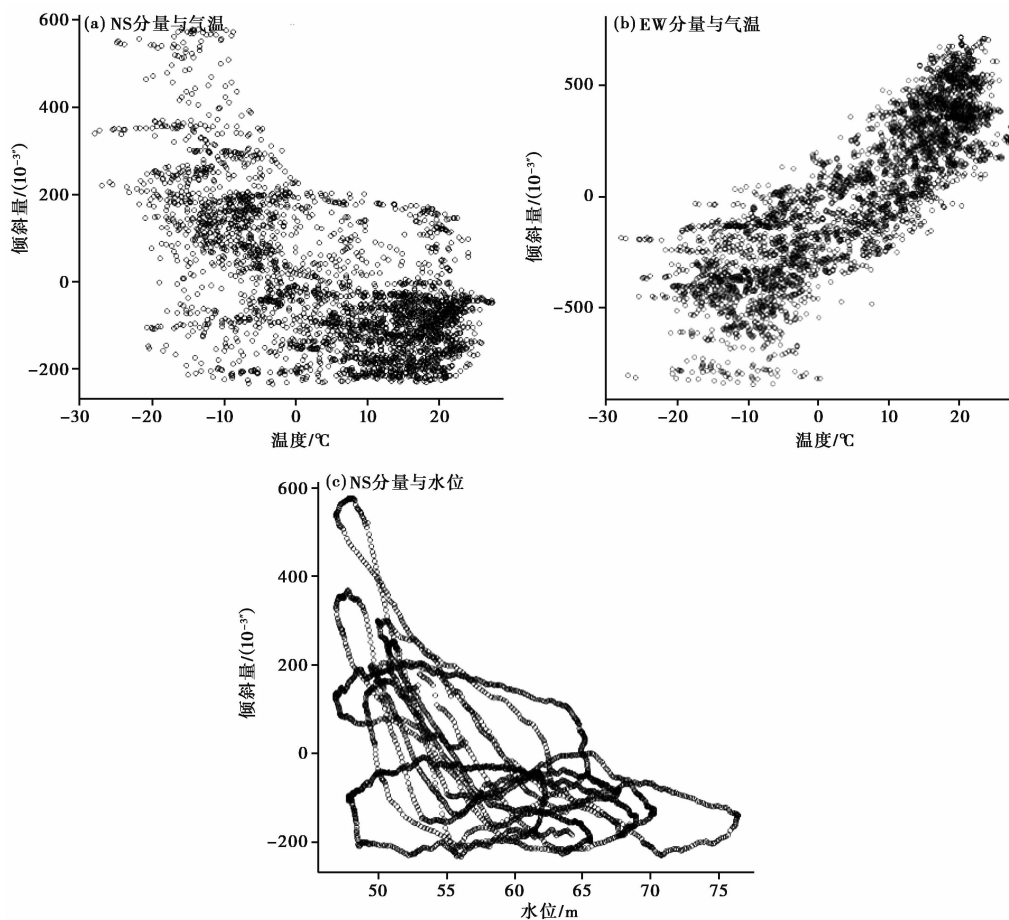


图 5 温泉台水平摆倾斜量与气温、水位散点图

2015)。为剔除温度、水位对温泉台水平摆倾斜量的影响,由相关系数及图 5 可记温泉台水平摆观测数据为 y , 温度为 x , 水位为 z , 对 NS 分量, 利用回归分析得到回归方程

$$y = 3.0244 \times 10^{-3} z^2 - 5.003z + 0.2931x^2 - 4.195x + 1.754 \times 0^3 \quad (1)$$

由回归分析输出结果可知, 变量对应的 P 值均小于 0.05 的显著性水平, 剩余方差的估计值 $\sigma^2 = 119.5^2$, F 统计量的估计值为 679.7, 由对应的 P 值为 $2.2e-16$ 说明回归方程是显著的, 但可决系数 $R^2 = 0.4957$ 、修正可决系数 $R^2 = 0.495$ 则说明, 方程的拟合效果一般。因此, 我们认为式 (1) 在一定程度上能剔除温度、水位对温泉台水平摆 NS 分量的影响。

对 EW 分量, 得到回归方程

$$y = 2.9181x - 111.8237 \quad (2)$$

从回归分析输出结果可知, 变量对应的 P 值均小于 0.05 的显著性水平, 剩余方差的估计值 $\sigma^2 = 188.5^2$, F 统计量的估计值为 7023, 由对应的 P 值为 $2.2e-16$ 说明回归方程是显著的, 由可决系数 $R^2 = 0.7168$ 、修正可决系数 $R^2 = 0.7167$ 则说明, 方程的拟合较好。因此, 我们认为式 (2) 可以较好地剔除温度对温泉台水平摆 EW 分量的影响。得到的回归残差序列见图 6。

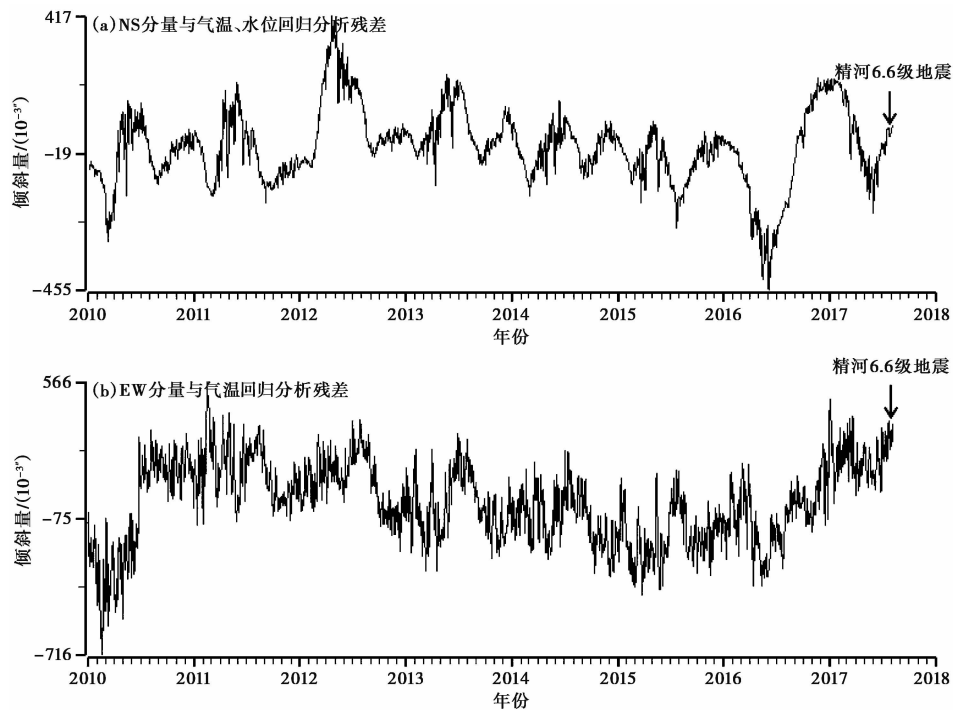


图6 温泉台水平摆两分量与气温回归分析残差曲线

3 温泉台水平摆倾斜量异常特征分析

由图6可见,温泉台水平摆倾斜量在利用回归分析剔除气温、水位的影响后,NS分量每年基本都有双峰、双谷的特征,其波峰波谷转折时间统计见表1。由表1可见,NS分量第2个波峰转折时间基本均为12月,但2015年第2个波峰转折时间为10月29日,之后持续S倾,2016年2月11日发生了新源 $M_s5.0$ 地震,之后温泉台水平摆NS分量持续S倾,至2016年6月7日转向N倾,与以往3月份转向N倾相比,推迟了近3个月,其异常变化特征与之前完全不符。因此分析认为,2017年8月9日精河 $M_s6.6$ 地震前温泉台水平摆倾斜量的异常特征为:①NS分量自2015年10月29日之后的年变畸变,结合图2可见,精河 $M_s6.6$ 地震发生后,于2017年8月11日转向N倾,异常结束;②EW分量自2016年5月13日起出现

表1 温泉台水平摆NS分量倾斜量回归残差曲线转折时间统计

| 年份 | 波峰日期 (月-日) | | 波谷日期 (月-日) | |
|------|---------------|-------|---------------|-------|
| | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 2010 | 05-30 | 12-17 | 03-14 | 08-31 |
| 2011 | 06-01 | | 03-08 | 09-30 |
| 2012 | 04-18 | 12-20 | 02-09 | 09-14 |
| 2013 | 05-22 | 12-17 | 02-10 | 09-24 |
| 2014 | | 12-11 | 03-04 | 09-09 |
| 2015 | 05-13 | 10-29 | 02-22 | 07-25 |
| 2016 | | | 06-07 | |
| 2017 | 01-19 | | 06-01 | |

持续 E 倾变化,截至地震发生时 E 倾幅度达 $0.88''$,目前,异常依然持续。对比图 6 与图 2、3 发现,在剔除温度、水位之后,温泉台水平摆倾斜量异常特征更加清晰、明显。

4 讨论与结论

地震是一种极其普通和常见的自然现象,由于地壳构造的复杂性和震源区的不可直观性,对其孕育、发生及成因、机制,至今尚无完满的解答(杨龙,2015)。虽然对“地震能否预报”一直存在争论,但众多大地震的震例研究表明,前兆异常会或多或少地出现在地震孕育过程的不同阶段(吴中海等,2013)。另一方面,由于形变台站是一个多输入、单输出的精密动态观测系统,这就意味着在其测量值中不仅包含来自地球内部的地形变信息,还包含来自地球外部的信息,这对于异常的识别会带来更大的困难。本文研究表明,温泉台水平摆 NS 向倾斜量年变形态主要受气温、水位的影响,其中,相位滞后气温约 114 天,它们之间的相关系数为 -0.620195 ,滞后水位约 17 天,相关系数为 -0.6886279 ;温泉台水平摆 EW 向倾斜量年变主要受气温的影响,其中,相位滞后气温 44 天,相关系数为 0.8449978 。利用回归分析得到回归残差序列,对残差序列的分析表明,2017 年 8 月 9 日精河 $M_s 6.6$ 地震前温泉台水平摆的异常特征为:NS 分量自 2015 年 10 月 29 日之后的年变畸变,结合图 2 可见,精河地震发生后,于 2017 年 8 月 11 日转向 N 倾,异常结束;EW 向倾斜量自 2016 年 5 月 13 日起出现持续 E 倾变化,截至地震发生时 E 倾幅度达 $0.88''$ 。由回归方程检验参数可知,由于温泉台水平摆 NS 分量受温度、水位的双重影响,虽然回归方程是显著的,但拟合效果却一般。这可能是由于温泉台水平摆 NS 分量受温度、水位的双重影响,单独分析每一影响因素对其影响特征时,另一影响因素会影响正确的判定。此外,研究震前异常的幅度仍有一定的困难,虽然在此次地震异常的识别中仍未能建立异常幅度、异常持续时间与地震之间的关系,但笔者认为这种尝试仍将有助于促进地震的物理与数值预测的发展。

参考文献

- 车用太、鱼金子、刘成龙等,2011,判别地下水异常的干扰性与前兆性的原则及其应用实例,地震学报,33(6),800~808。
- 焦明若、张国民,1998a,地震前兆复杂性成因机理研究的讨论(一)——地震前兆复杂性的表现形式,地震,18(1),14~20。
- 焦明若、张国民,1998b,地震前兆复杂性成因机理研究的讨论(二)——地震前兆复杂性成因机理,地震,18(2),112~118。
- 李莹、姜金征、蒋越等,2015,辽阳灯塔 5.1 级地震应急工作的分析和建议,城市与减灾,(2),27~30。
- 孟宪纲、王庆良、陈聚忠等,2016,康定 $M_s 6.3$ 地震前形变场变化与区域地震活动性,地球物理学进展,31(5),1986~1990。
- 吴中海、赵根模,2013,地震预报现状及相关问题综述,地质通报,32(10),1493~1512。
- 新疆维吾尔自治区地方志编纂委员会,2002,新疆通志(地震志),乌鲁木齐:新疆人民出版社。
- 邢喜民、孙吉泽、张治广,2015,榆树沟定点形变受气象因素影响分析及典型震例,大地测量与地球动力学,35(1),162~166。
- 杨龙,2015,钢筋沥青隔震装置的位移控制研究及工程应用,博士学位论文,长沙:湖南大学。
- 中国地震局监测预报司,2008,地形变测量,北京:地震出版社。

The analysis of anomalous characteristics of Wenquan horizontal pendulum before the Jinghe $M_s6.6$ earthquake in Xinjiang

Xu Lu¹⁾ Zhang Zhihui²⁾ Xing Ximin^{1,3)}

1) College of Mathematics and Statistics, Yili Normal University, Yining 835000, Xinjiang, China

2) Henan Industrial Technology Institute, Xinxiang 453000, Henan, China

3) Earthquake Administration of Xinjiang Uygur Autonomous, Urumqi 830011, China

Abstract A magnitude 6.6 earthquake occurred in Jinghe, Xinjiang, on August 9, 2017. In this paper, the observation data of the Wenquan horizontal pendulum is taken as the research object. We study the influence of temperature and water level on the observation data of the Wenquan horizontal pendulum. The results show that horizontal pendulum spa NS to lag temperature is about 114 days, and the correlation coefficient between them is -0.620195 . The temperature difference between the temperature and the EW is 44 days, and the correlation coefficient between them is 0.8449978 . The temperature of the hot spring is about 19 days, and the correlation coefficient between them is -0.6886279 . Wenquan horizontal NS to lagging water level about 17 days, the correlation coefficient between them is -0.6886279 . Secondly, the regression model was used to select the appropriate regression model to eliminate the influence of temperature and water level on the Wenquan horizontal pendulum. The regression residual sequence is analyzed. The abnormal characteristics of the hot spring level before the $M_s6.6$ earthquake include: (1) NS component after October 29, 2015 shows an annual distortion, and after the earthquake, in August 11, 2017 turns to N tilt, and ends as an abnormal. (2) EW component from May 13, 2016 on began to show a continuous E tilt change. When the earthquake occurred, the E tilt reaches as much as $0.88''$.

Key words: Jinghe $M_s6.6$ Earthquake; Wenquan horizontal pendulum; Correlation coefficient; Meteorological factor