

新疆洞体形变数字化观测资料干扰分析

徐衍刚¹, 张治广², 高歌², 张锦萍¹, 蒋志英¹

(1. 新疆维吾尔自治区地震局阿克苏中心地震台, 新疆 阿克苏 843000;

2. 新疆维吾尔自治区地震局, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要: 对新疆洞体形变数字化观测资料进行了分析, 影响新疆洞体形变数字化观测资料的干扰因素主要有以下几点: (1) 天气干扰。气压波动, 降水(雨、雪), 温度突变, 刮风(含沙尘暴), 雷电干扰。(2) 环境干扰。观测室外部或内部环境因人为或其他因素造成的干扰。(3) 人为干扰。调零、标定、检查、维修产生的人为干扰。(4) 电干扰。电压不稳或强电流产生的电流冲击干扰。其中天气干扰和环境干扰是导致观测资料出现异常变化的主要因素。仪器故障、人为干扰、电干扰是导致数据丢失的主要原因。

关键词: 新疆; 洞体形变; 干扰因素

doi:10.16256/j.issn.1001-8956.2017.01.007

洞体形变观测作为重要的地震前兆监测手段, 在地震监测预报研究中发挥着重要的作用, 尤其在地震短临预报研究中取得了许多研究成果^[1], 为地震预报研究积累了丰富的观测资料。“十五”数字化洞体形变观测在全国广泛使用, 产出的观测资料中不但包含地壳应变变化信息, 还包含天气干扰、人为干扰、环境变化、仪器故障等干扰的影响, 给地震异常识别带来了困难^[2]。由于同一类型洞体形变数字化观测受干扰的影响程度与台站所处气候条件、洞室条件、仪器墩基础以及仪器自身性能等因素有关, 使得同类型的洞体形变数字化观测受干扰程度和监测地震前兆信息的能力存在不同, 记录信息的能力也存在很大差异, 观测资料表现为较复杂的记录图像^[3]。新疆洞体形变数字化观测始于2006年, 在运行过程中数字化观测资料出现了一些与以往模拟观测资料变化形态不尽相同的掉格、渐变掉格、毛刺、突跳等畸变, 给地震异常信息的识别带来了困难。为认清各类干扰的变化特征, 本文中通过查阅大量原始曲线日志, 根据日志记录的重大情况和天气情况查找可能存在的干扰因素, 并对其产生的影响及机理和特征进行分析总结, 为识别地震前兆异常提供参考依据。

1 仪器概况

新疆洞体形变数字化观测仪器主要包括地倾斜和地应变两大类, 地倾斜观测仪器为DSQ型水管倾斜仪, 地应变观测仪器为SS-Y型伸缩仪, 各有6台^[4], 仪器工作稳定。截止2014年,

收稿日期:2015-11-06;修回日期:2016-08-22.

课题项目:新疆维吾尔自治区青年自然科学基金(2014211B39).

作者简介:徐衍刚(1973~),男,工程师,大专,2003年毕业于中国第五冶金建设公司职工大学,主要从事地震前兆监测工作. E-mail: 415914399@qq.com

数字化观测资料最长为 9 年,最短为 3 年,数据连续率达 99% 以上,能清晰记录到固体潮,为新疆地震监测预报研究发挥了重要的作用。观测仪器及观测环境概况见表 1。

表 1 新疆洞体形变数字化观测仪器概况

台站	仪器 类型	仪器 型号	灵敏度	观测时间 (年-月)	基线长度/m			台基岩性及观测室环境
					NS 向	EW 向	NE 向	
阿勒泰	水管倾斜仪	DSQ	$10^{-3}''$	2006-11	30.09	19.43		完整砂质变质岩,洞室覆盖厚度 > 40 m,年温差 < 0.4 ℃,日温差 < 0.1 ℃,湿度 80% 左右
	伸缩仪	SS-Y	10^{-10}					
阜康	水管倾斜仪	DSQ	$10^{-3}''$	2009-09	20.02	19.1		花岗岩,洞室覆盖厚度 40 m,年温差 < 0.5 ℃,日温差 < 0.1 ℃,湿度 75% 左右
	伸缩仪	SS-Y	10^{-10}					
精河	水管倾斜仪	DSQ	$10^{-3}''$	2011-01	9.04	29.98		灰色千枚岩凝灰岩,洞室覆盖厚度 40 m,年温差 < 0.3 ℃,日温差 < 0.1 ℃,湿度 43% 左右
	伸缩仪	SS-Y	10^{-10}					
库尔勒	水管倾斜仪	DSQ	$10^{-3}''$	2009	20.52	21.14		完整黑云母片麻岩,洞室覆盖厚度 200 m,年温差 < 0.5 ℃,日温差 < 0.1 ℃,相对湿度 80% 左右
	伸缩仪	SS-Y	10^{-10}					
乌鲁木齐	水管倾斜仪	DSQ	$10^{-3}''$	2007	30	30	40	由黑灰色油页岩、页岩、板岩和灰质砂岩排列构成的二叠系岩层,洞室覆盖厚度 80 m,年温差 < 0.5 ℃,日温差 < 0.1 ℃,湿度 80%
	伸缩仪	SS-Y	10^{-10}					
乌什	水管倾斜仪	DSQ	$10^{-3}''$	2006-10	19.16	19.16		石炭纪砂岩,洞室覆盖厚度 35 m,年温差 < 0.2 ℃,日温差 < 0.01 ℃,湿度 80% 左右
	伸缩仪	SS-Y	10^{-10}					

2 干扰分析

2.1 天气干扰

影响洞体形变观测的天气干扰主要包含气温突变、气压波动、降水、刮风(含沙尘暴)和雷电等因素,其中气温突变、气压波动、降水、刮风(含沙尘暴)产生的天气干扰对资料的影响无法排除。轻微气温突变、气压波动、刮风(含沙尘暴)干扰会造成曲线短时间轻微毛刺状变化或畸变,但不会影响固体潮形态。严重的气温突变、气压大幅波动、刮风(含沙尘暴)干扰会造成曲线出现毛刺、突跳、渐变掉格或畸变,甚至会造成曲线固体潮畸变。

降水干扰可分为降雨干扰和降雪干扰,但无论哪种类型的降水干扰对洞体形变观测都存在干扰滞后现象。微量降水干扰对洞体形变观测影响幅度较小,时间也较短。强雪干扰对洞体形变观测影响时间相对稍长,影响幅度较大,滞后时间也长,甚至会出现降水结束而干扰还未结束的现象。2009 年 3 月上旬至 5 月乌鲁木齐榆树沟洞体形变观测点频繁降雨,降雨量最大值约 50 mm,降雨造成乌鲁木齐榆树沟水管仪、伸缩仪观测曲线出现基本同步的固体潮畸变“异常”,直至 6 月下旬降雨减少后,曲线基本恢复正常,如图 1 所示。

降雪干扰又可分为微量降雪干扰和强降雪干扰,微量降雪干扰可忽略不计。强降雪干扰

对洞体形变观测影响时间较长,干扰也较大。降雪会造成地表载荷发生变化,从而对洞体形变观测产生干扰。积雪融化产生的干扰会比降雪产生的干扰更为严重。阿勒泰水管仪、伸缩仪曲线 2010 年 3~6 月出现基本同步“异常”(图 2),水管仪两分量打破年变,NS 分量 N 倾转 S 倾,EW 分量 E 倾转 W 倾,伸缩仪两分量打破年变,出现张压变化。经调查,阿勒泰地区 2009 年 11 月~2010 年 3 月出现多次大到暴雪,最大积雪深度和降水量均突破历史同期极值,降水量在 76.9~230.5 mm,12 h 降雪量 ≥ 7.6 mm,24 h 降雪量 ≥ 9.1 mm。刘序俨等通过对降水对形变观测的干扰研究发现,台站所处地质条件差,台基风化严重,岩石裂隙较发育的情况下,有利于雨水向岩体渗透,造成地表载荷发生变化,地块出现缓慢膨胀或收缩,从而导致观测数据严重“失真”^[4]。

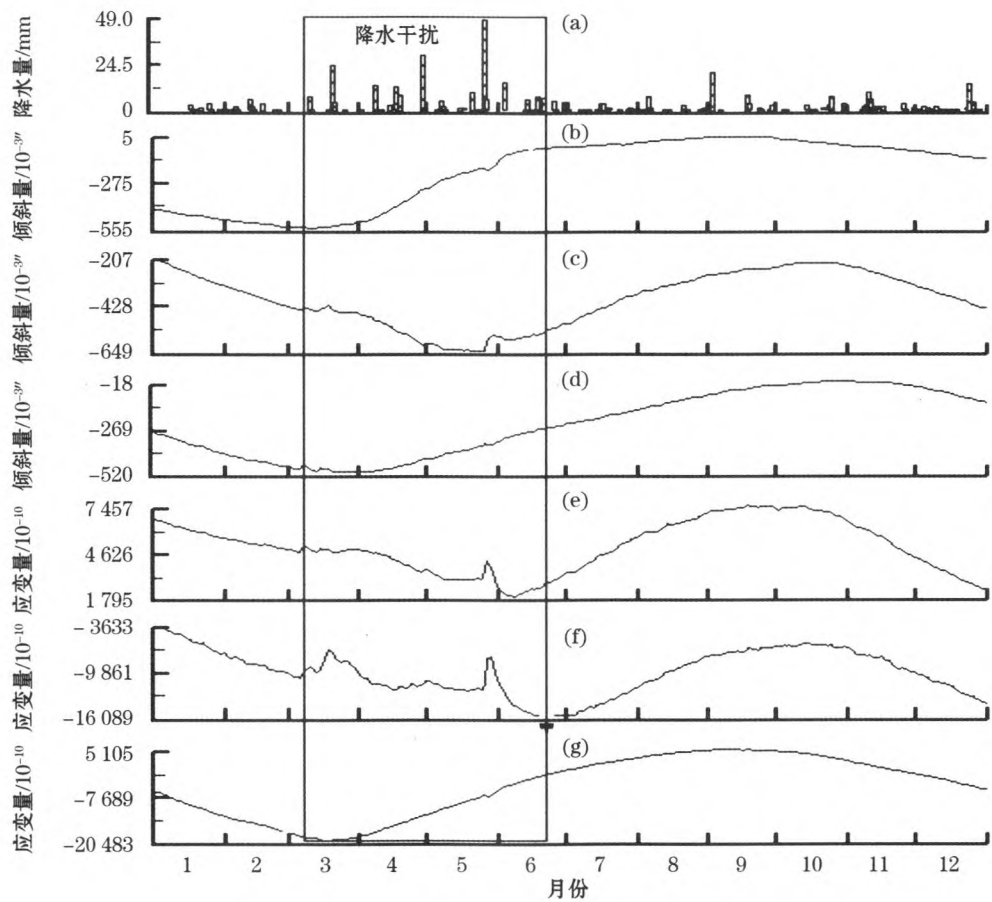


图 1 2009 年降水对乌鲁木齐榆树沟洞体形变观测干扰曲线图

- (a) 乌鲁木齐降水 (b) 乌鲁木齐榆树沟水管仪 NS 分量 (c) 乌鲁木齐榆树沟水管仪 EW 分量
(d) 乌鲁木齐榆树沟水管仪 NE 分量 (e) 乌鲁木齐榆树沟伸缩仪 NS 分量 (f) 乌鲁木齐榆树沟伸缩仪 EW 分量
(g) 乌鲁木齐榆树沟伸缩仪 NE 分量

Fig. 1 Interference curves of Yushugou cave strain deformation in 2009, Urumqi

雷电对洞体形变观测的干扰无法避免,特别是风、雨、强雷电同时出现产生的干扰更为严重,轻则造成数据掉格、突跳、曲线畸变、仪器死机,重则造成仪器损坏。乌什县 2009 年 8 月 7

日出现的大风、暴雨、强雷电天气干扰造成乌什台重力仪和洞室温度传感器部分元件故障,停止观测,造成水管仪、伸缩仪数采死机、数采面板数据显示不全和观测数据瞬间大幅掉格,其中强雷电造成水管仪北南分量曲线掉格幅度为 $24.03 \times 10^{-3}''$,是 8 月 6 日正常日变幅度的 1.3 倍左右,伸缩仪东西分量曲线幅掉格为 $1\,359.6 \times 10^{-10}$,是 8 月 6 日正常日变幅度的 7.7 倍左右(图 3)。

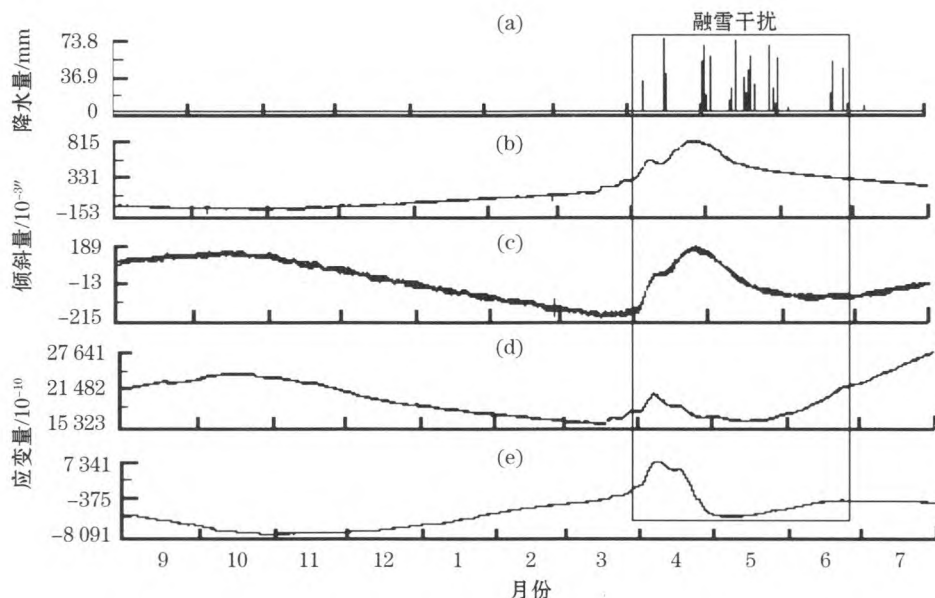


图 2 2009 年 9 月 ~ 2010 年 7 月融雪干扰造成阿勒泰洞体形变曲线畸变图

(a) 阿勒泰降水 (b) 阿勒泰水管仪 NS 分量 (c) 阿勒泰水管仪 EW 分量
(d) 阿勒泰伸缩仪 NS 分量 (e) 阿勒泰伸缩仪 EW 分量

Fig. 2 Aletai cave strain distortion caused by snow melting from September, 2009 to July, 2010

降水干扰对不同区域的洞体形变观测数据产生干扰的时间和幅度也存在差别。分析其机制可能为:由于观测室周边被覆厚度的不同,岩石岩性的不同,以及岩石的不规则排列,岩体裂隙的不同,降水渗入裂隙后会造成岩体体积发生不规则膨胀,孔隙压发生改变,从而导致观测室附近区域地表负荷产生不均匀变形。因此,降水对洞体形变观测影响主要与洞室所处区域地势、洞室基础岩性、岩石倾角、透水性等因素有关^[5]。

2.2 人为干扰

人为干扰在洞体形变观测中是可以避免的。调零、标定、落实异常、检查、维修仪器等行为都会对洞体形变观测产生干扰。进洞人数、时间长短及进洞后所处位置的不同都会产生不同的影响^[6]。分析产生干扰的因素有以下几点:(1) 进、出观测室开、关门产生的空气对流会对洞体形变观测产生影响。(2) 由于人体的温度通常高于洞室温度,进洞后产生的热扩散会造成洞室内温度会逐渐升高,从而对洞体形变观测产生影响。(3) 进洞后打破了仪器基墩间的平衡,造成了小范围观测区域的不均匀变形,从而对洞体形变观测产生影响。2011 年 3 月 28 日 13 点 26 分 ~ 19 点 44 分台站工作人员进山洞对水管仪进行调零和标定,人为干扰不仅造成了水管仪两分量曲线畸变,同时也造成伸缩仪两分量曲线不同程度的畸变(图 4)。

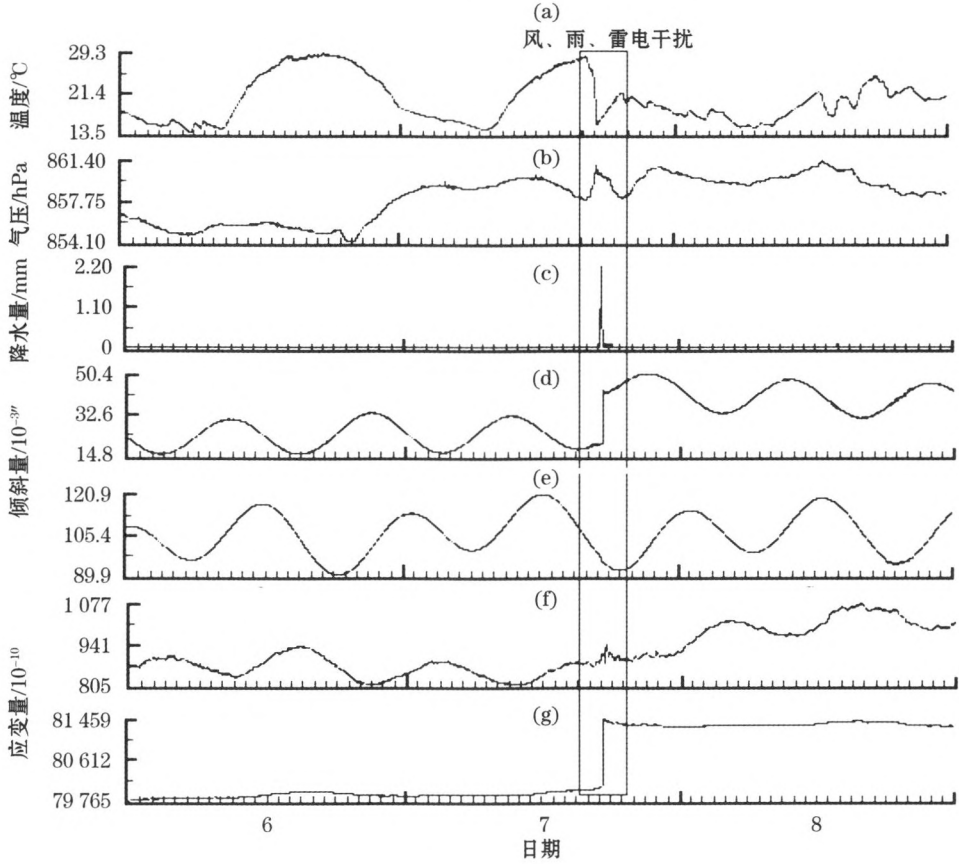


图3 2009年8月6~8日风、雨、雷电造成乌什洞体形变曲线畸变图

(a) 乌什温度 (b) 乌什气压 (c) 乌什降水分钟值曲线 (d) 乌什水管仪 NS 分量
(e) 乌什水管仪 EW 分量 (f) 乌什伸缩仪 NS 分量 (g) 乌什伸缩仪 EW 分量

Fig.3 Wushi cave strain deformation distortion caused by wind, rain, thunder and lightning from August 6th to 8th, 2009

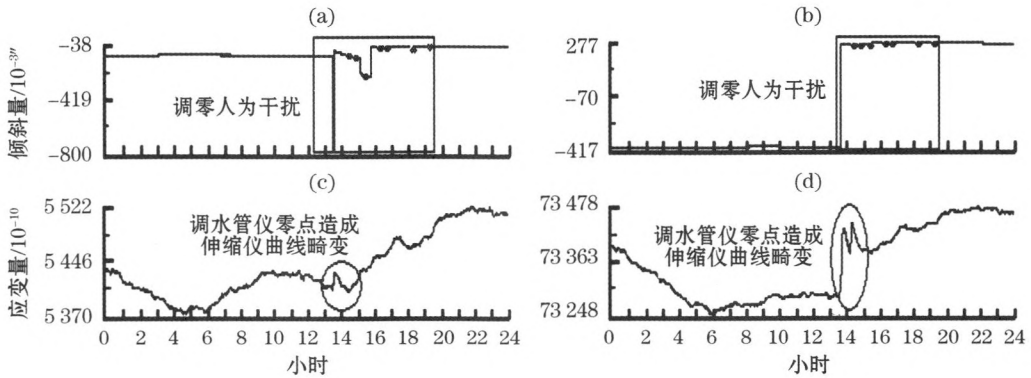


图4 2011年3月28日乌什地震台水管仪、伸缩仪原始曲线图

(a) 乌什水管仪 NS 分量 (b) 乌什水管仪 EW 分量 (c) 乌什伸缩仪 NS 分量 (d) 乌什伸缩仪 EW 分量

Fig.4 Original data of water tube tiltmeter and extensometer in Wushi station on March 28th, 2011

2.3 电干扰

电是维系仪器正常运行的生命之源,供电的正常与否直接关系到产出数据的质量,电压忽高忽低产生的电流冲击很容易造成数据突跳、掉格或固体潮畸变,严重的甚至造成仪器死机或停止工作。乌什地震台 2009 年 5 月 25 日刮大风,树梢随风摆动时连接到台站的供电线路上,造成电压不稳,致使乌什地震台水管仪和伸缩仪数据突跳、掉格,影响曲线固体潮形态(图 5)。

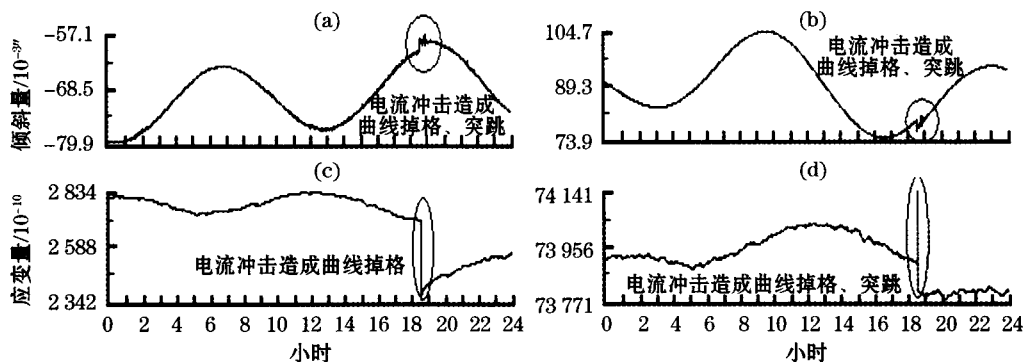


图 5 2010 年 10 月 25 日乌什地震台水管仪、伸缩仪原始数据曲线图

(a) 乌什地震台水管仪 NS 分量 (b) 乌什地震台水管仪 EW 分量
(c) 乌什地震台伸缩仪 NS 分量 (d) 乌什地震台伸缩仪 EW 分量

Fig. 5 Original data of water tube' tiltmeter and extensometer in Wushi station on October 25th, 2010

2.4 环境干扰

水管仪是自动测量地壳倾斜变化的一种仪器,伸缩仪是测量地壳岩体两点间水平距离相对变化的仪器^[7]。两者通过进一步的计算处理可获得地壳内部岩石介质参数的变化,为地震分析预报提供几何、物理意义明确的判断指标。但是在观测过程中,由于受到外在一些环境干扰的影响,可能出现一些长趋势性变化,也可能出现短时间的微动态变化。

新疆洞体形变观测洞室较为偏僻,远离公路及闹市区,影响洞体形变观测的环境干扰主要有有人为造成的观测环境破坏和一些自然现象(降雨、降雪)直接或间接造成的干扰。通过日志与数据的对比分析,人为造成的观测环境干扰主要来自以下几个方面,洞室改造、矿山开采、爆破和大型机械施工等行为。人为造成的严重的观测环境干扰会打破观测室附近区域地表载荷平衡,导致观测区域小范围发生缓慢的不均匀变形,致使曲线出现突跳、掉格、轻微畸变或打破年变的趋势性畸变,直至找到另一个平衡点后曲线恢复正常形态^[6](图 6)。

2.5 仪器故障

仪器故障是影响洞体形变观测最常见、最严重的另一干扰因素。主要包括供电系统故障(停电,电压不稳,市电与发电机供电切换,电压超高,线路接触不良等),传感器和前置放大器故障,数采故障,信号线接触不良,仪器底脚垫块锈蚀,观测液(水管仪蒸馏水)变质,以及仪器自身工作不稳等因素^[8]。随着形变观测数字化程度的不断提高,仪器的每一个部件出现故障都会导致数据丢失或曲线失真,严重的会导致仪器损坏停止观测。2008 年 4 月 21 日车辆将台站供电线杆撞到,线路短路,强电流冲击造成乌什台伸缩仪数采故障,并造成数据缺记(图 7)。

乌什台水管仪架设于 2006 年 10 月,工作稳定,固体潮清晰,有一定年变形态。但是在 2011 年 6 月后两分量曲线形态出现严重失真现象,北南分量打破年变,持续南倾,2012 年南倾幅度是 2008 年变幅度的 5.4 倍。东西分量打破年变,持续西倾,2012 年 12 月 23 日后转向加速东倾,至 2013 年 8 月 13 日东倾幅度是 2008 年变幅度的 5.5 倍。2012 年 12 月更换了两分量的蒸馏水,2013 年 5 月对东西分量再次更换蒸馏水,并多次对仪器进行调零和标定,结果均不符合要求,2013 年 11 月 11 ~ 13 日再次对钵体、连通管进行清洗,并更换蒸馏水和钵体底部垫块后两分量曲线恢复正常形态(图 8)。分析认为引起此次数据失真的原因有两点,蒸馏水

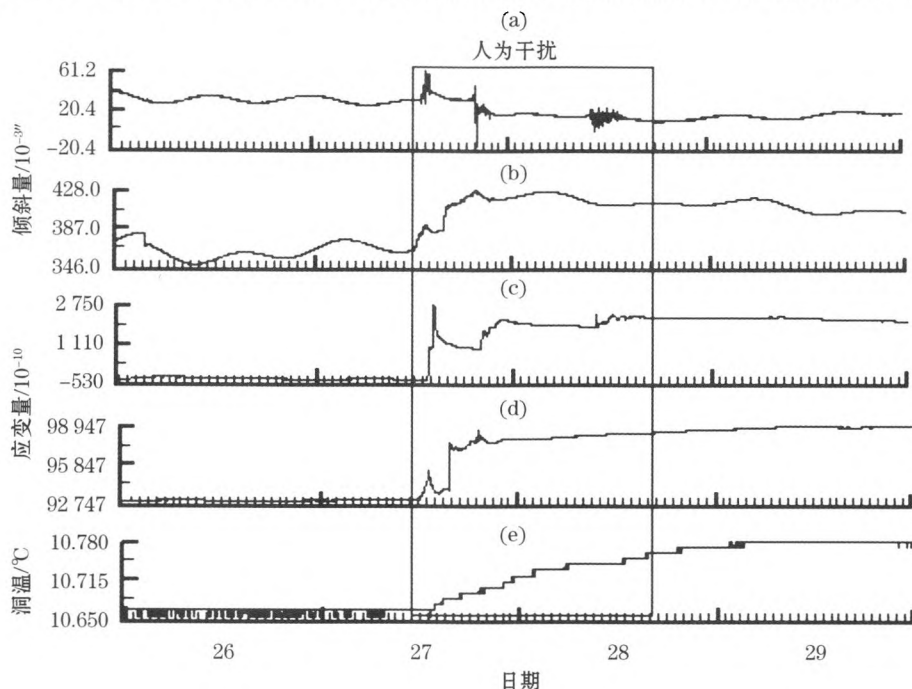


图 6 2013 年 8 月 26 ~ 29 日乌什洞体形变观测室内制作比测墩造成洞体形变观测曲线畸变图
(a) 水管仪 NS 分量 (b) 水管仪 EW 分量 (c) 伸缩仪 NS 分量 (d) 伸缩仪 EW 分量 (e) 形变观测室洞温

Fig. 6 Cave strain deformation distortion caused by ratio measuring in Wushi observation room from August 26th to 29th, 2013

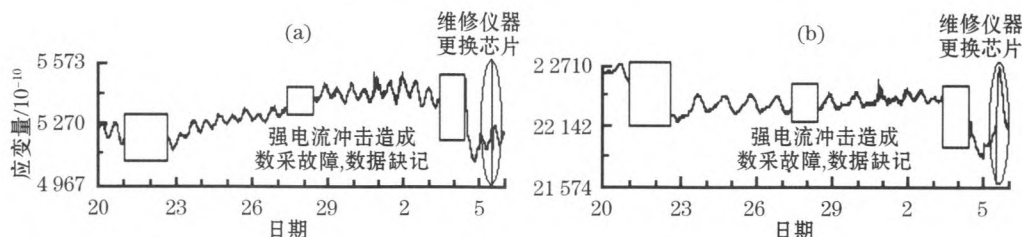


图 7 2008 年 4 月 20 日 ~ 5 月 5 日强电流冲击造成乌什台伸缩仪数采故障数据多次缺记曲线图
(a) NS 分量 (b) EW 分量

Fig. 7 Extensometer data mining failure for the impact of heavy current in Wushi station from April 20th to May 5th, 2008

变质和钵体底脚垫块锈蚀。

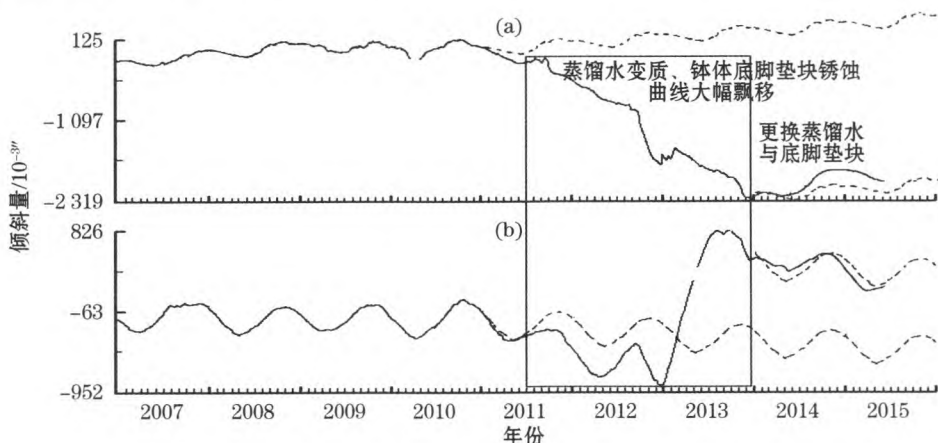


图8 2007~2015年乌什台水管仪单分量数据曲线图(虚线为正常年变形态)

(a) NS向分量 (b) EW向分量

Fig. 8 Component of water tube tiltmeter in Wushi station from 2007 to 2015

3 结 语

通过对新疆洞体形变数字化观测资料中存在的干扰分析可知,形变观测点观测室被覆厚度、密闭保温性能、效果以及所处地理位置的岩性、气候变化在很大程度直接影响洞体形变观测资料质量。乌鲁木齐台、阜康台与阿勒泰台观测山洞密闭、保温性较好,短时间的天气干扰不明显。但因地理位置和气象因素,时常因降水造成的洪水引发的泥石流及其他地质灾害干扰产生的环境干扰较严重。另因乌鲁木齐台、阜康台观测山洞附近水库水量的增、减造成的观测室附近区域的场地载荷发生变化产生环境干扰严重。库尔勒台水管仪由于观测室干燥、空间较大,观测液(蒸馏水)蒸发较快,时常需要进行调零和补充观测液,人为干扰较大。乌什台、精河台观测山洞被覆较薄,密闭、保温效果较差,天气干扰明显。

(1) 天气干扰是影响水管仪、伸缩仪观测资料的因素之一。通常情况下,风扰会造成气压波动,从而导致水管仪数据产生一些毛刺变化,不会影响固体潮形态,但会对伸缩仪数据产生一定影响,风扰严重时气压会下降,伸缩仪数据呈张性变化,当气压上升时,伸缩仪数据呈压性变化,两者呈负相关性^[9]。风扰与气压波动干扰主要以负载的形式作用于安放仪器的整个山体。气压对水管仪、伸缩仪的影响具有比较好的同步性,虽然变化形态、时间不完全一致,但在资料使用过程中,可以通过对比分析的方式,判断固体潮畸变是否为气压的影响。

(2) 降水影响主要与洞室基岩条件有关,降水渗入地下造成地表倾斜和伸缩变化,其变化量因降水量和降水时间长短的不同而不同。同一测项每次降水引起的异常形态相似。乌鲁木齐地震台、阿勒泰地震台和阜康地震台由于所处的地理位置、洞室条件、仪器墩基础等因素,观测资料受降水影响较显著;乌什地震台、库尔勒地震台和精河地震台观测资料只有降水量较大、时间较长时才出现显著变化。

(3) 天气干扰、人为干扰、电干扰和仪器故障引起的数据曲线畸变比较容易判断,但是环

境干扰引起的畸变容易被认为是前兆异常。因此,出现类似变化时,需要结合多手段进行对比分析,并进行异常落实,以确认其变化性质。

(4) 人为干扰在洞体形变观测中是可以避免和减少的,在日常观测过程中熟练仪器维护技能,合理的安排对仪器进行调零、标定、落实异常、检查、维修的时间与次数,不重复安排,缩短时间,可以有效地减少人为干扰。

(5) 雷电干扰在日常观测中是可以避免的,在仪器的供电线路和网络传输线路上加装防雷设备,或将供电线路和网络传输线路改为地埋,可以很大程度地降低雷电对洞体形变观测的影响,有效提高观测数据质量。

参考文献:

- [1] 赵小贺,卢双苓,冯志军,等. 洞体形变数字化观测干扰分析[J]. 地震地磁观测与研究,2009,30(4):55-62.
- [2] 卢双苓,于庆民,钟普浴,等. 泰安地震台 SSQ-2 数字水平摆曲线畸变分析[J]. 大地测量与地球动力学,2010,30(S1):53-61.
- [3] 赖爱京,徐衍刚,张锦萍,等. 阿克苏岩体断层形变观测影响因素分析[J]. 内陆地震,2014,28(3):261-267.
- [4] 刘大锋,李海花,庄晓翠. 2009 年冬季新疆阿勒泰地区大雪天气形势分析[C]//中国气象学会. 第 27 届中国气象学会年会重大天气气候事件与应急气象服务分会论文集. 北京:气象出版社,2010:8.
- [5] 李希亮,卢双苓,赵小贺,等. 山东洞体应变观测质量分析[J]. 地震地磁观测与研究,2014,35(Z3):196-201.
- [6] 周洋,卫义训. 黄梅台形变观测资料的短期干扰因素分析[J]. 国际地震动态,2011,(12):29-33.
- [7] 秦家林. 地壳形变观测项概论[J]. 防灾减灾学报,2015,31(1):22-29.
- [8] 王梅,李峰,孔向阳,等. 数字化形变观测干扰识别[J]. 大地测量与地球动力学,2004,24(1):94-98.
- [9] 徐衍刚,潘振生. 浅析新疆乌什台形变资料畸变图像与周边中强地震的关系[J]. 内陆地震,2014,28(4):372-378.

INTERFERENCE ANALYSIS OF XINJIANG CAVE STRAIN DEFORMATION DIGITAL OBSERVATION DATA

XU Yan-gang¹, ZHANG Zhi-guang², GAO Ge², ZHANG Jin-ping¹, JIANG Zhi-ying¹

(1. Akesu Central Seismic Station of Earthquake Administration of Xinjiang Uygur Autonomous Region,

Akesu 843000, Xinjiang, China

2. Earthquake Administration of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830011, Xinjiang, China)

Abstract: Analyzing Xinjiang cave strain deformation digital observation data, it concluded that the interference factors lied in followings: (1) Weather factor. Fluctuation of air pressure, precipitation (rain, snow), temperature mutations, wind (Containing dust storms), thunder and lightning interference. (2) Environment factor. The interference of external or internal environment of the observation room or other factors. (3) Human factor including zero set, calibration, checking and maintenance. (4) Electricity factor. Voltage instability and heavy current interference. The abnormal change of observation data resulted in weather and environment factors, and because of instrument failure, human disturbance and electrical interference data lost.

Key words: Xinjiang; Cave strain deformation; Interference factor