

涉县台钻孔体应变安装及测试分析^①

张英杰¹, 赵长红¹, 马广庆², 王雪飞¹, 王 彬¹

(1.河北省地震局涉县地震台,河北 邯郸 056402; 2.河北省地震局,河北 石家庄 050021)

摘要:河北涉县台钻孔体应变仪于 2013 年 9 月被雷击坏,2014 年重新钻孔,2015 年 1 月新装钻孔体应变仪,同年 4 月正式运行。本文对涉县地震台新装体应变仪在安装过程中发现的问题及解决办法进行讨论。同时对仪器运行后的资料质量进行分析,表明涉县台体应变运行较好,安装较为成功,其方法可为其他新装台站参考。

关键词: 体应变; 仪器安装; 中强震; 资料质量

中图分类号: P315.72⁺7

文献标志码: A

文章编号: 1000-0844(2016)增刊 2-0266-04

DOI: 10.3969/j.issn.1000-0844.2016.Supp.2.0266

Analysis of Strain Installation and Testing of Borehole Strain at Shexian Seismic Station

ZHANG Ying-jie¹, ZHAO Chang-hong¹, MA Guang-qing², WANG Xue-fei¹, WANG Bin¹

(1. Shexian Seismic Station, Earthquake Administration of Hebei, Shexian 056400, Hebei, China;

2. Earthquake Administration of Hebei, Shijiazhuang 050021, Hebei, China)

Abstract: The Shexian seismic station borehole strain was broken by lightning in September 2013, Re drilled in 2014, drilling instrument variable be installed in January 2015, the same year in April officially running. Such problems have been encountered during the installation Borehole Strain of the Shexian seismic station : Broken rock collapse in the hole, The cable of Water level meter is too short to install and so on. In this paper, through the investigation of the surrounding environment of Shexian seismic station, discusses on the settlement of the Shexian seismic station of the new borehole strain the installation of the problems. Analysis of the data after the operation of the Borehole Strain. Indicates that the observation environment around Shexian station is good, fully meet the requirements of the standard, Stability and accuracy of Shexian seismic station borehole Strain data is higher, the same shock effect was significant. Show that the Shexian seismic station borehole strain running well and installed successfully, which can be a reference for other new stations.

Key words: body strain; instrument installation; moderate strong earthquake; data quality

0 引言

钻孔体应变属于小空间尺度观测,是形变观测的一种。我国相继研制成功多种型号具有国际先进水平的钻孔应变仪,但以钻孔体应变仪发展最快^[1]。“十五”期间研制的钻孔体应变仪具有高灵敏度、高

稳定性和高可靠性,国内一些台站通过该型仪器资料分析得出:同震效果明显,能够记录到同震时段的完整波形,记录到的地震清晰,资料的精度、稳定性都比较高,气压与体应变各分波均呈正相关关系,

① 收稿日期:2016-09-03

基金项目:河北省地震局青年基金项目(DZ20150422049)

作者简介:张英杰(1986—),男,本科,助理工程师,主要从事地震监测工作。E-mail: zhangyj03@163.com。

通信作者:赵长红(1974—)男,本科,工程师,主要从事地震形变观测。E-mail: 554540123@qq.com

在地震前记录到显著异常^[2]。

国内外一些台站在体应变仪器安装中积累了一些经验^[4],但因地理条件及环境因素,所解决的问题及所用方法也存在差异。涉县地震台钻孔体应变 2014 年 10 月开始打孔,孔深 135 m,探头部分的岩层为中奥陶系灰岩,体应变仪于 2015 年 1 月安装。本文对涉县台钻孔体应变仪安装过程中发现的问题及解决办法进行讨论,同时对仪器运行的资料质量进行分析,以期作为其他新装钻孔体应变仪台站参考。

1 井孔概述

涉县地震台位于邯郸涉县河南店镇河二村西,地理位置处于晋、冀、豫三省交界处,海拔 500 m,地处涉县盆地南部边缘,地形构造较复杂,无较大断层通过台址,但离涉县小断层(茨村-化肥厂-井店,走向 NE50°~60°,倾向 NE,倾角 60°~70°)约 3 km,正好处于太行山断裂的东侧。

涉县台原有体应变仪 2007 年 4 月安装运行,2013 年 9 月井下探头被雷电击坏暂停观测。新的体应变观测孔距原观测孔约 70 m,根据文献^[5]、^[6]的要求:水位年涨落为 1~2 m 的江、河岸距钻孔体应变观测仪器的最小距离不小于 1 km;铁路、三级以上公路距观测仪器的最小距离不小于 1 km;单段炮震大于 50 kg 以上的采石、采矿爆破点距地应变观测仪器的最小距离不小于 2.0 km,抽(注)量大于 100 m³/d 的抽(注)水井距地应变观测仪器的最小距离不小于 3.0 km。我们对周围环境做了详细调查,台站东南方向 2 km 为青红高速公路,1 km 为县级公路,11 kV 高压线距台站 0.5 km,矿山 2.5 km,电气化铁路 2.5 km,发电厂 10 km,水位年涨落为 1~2 m 清漳河 1.5 km,东北方向村庄饮用抽水井 0.4 km(该抽水井抽水量大于 100 m³/d)。通过调查分析,从环境可能产生干扰的情况来说台站位置基本符合规范要求,考虑到台站综合管理及生活便捷性未能有效避开饮用抽水井规范距离。

涉县台新建钻孔于 2014 年 11 月 9 日终孔,孔深 135 m,仪器安装于完整灰岩基底。孔内局部节理发育,据钻探发现有 2 个节理裂隙发育段为 32~35 m、86~107.5 m,其岩石较破碎。钻孔开空径 150 mm,终孔径 130 mm。

2 安装及发现的问题

2.1 孔壁塌陷

涉县台新建钻孔终孔后,为防止雨雪及块状物

体掉入孔内造成孔壁塌陷,对钻孔出露部分做密封处理,为防止人为破坏,钻孔周围临时搭建围墙。安装人员于 12 月第一次对探头进行安装,在下放仪器时,探头堵在约 40 m 处,通过摄像机查看,该处为一块状岩石,确认为孔内上部破碎岩体跌落卡住钻孔,仪器未能安装。

11 月下旬台站人员在测量钻孔水位时使用绳体下井,下井深度达到 80 m 仍未触井底,怀疑为下绳体过程中碰触破碎带造成块状岩石下落卡住井孔或由于时间过长造成破碎岩石松动脱落卡住井孔。经专家建议,对钻孔进行重新扫孔,同时应用水泥浆护壁。之前预想使用水泥浆护壁可能会造成钻孔水位不能正常使用。

2.2 探头安装

2015 年 1 月 28 日安装人员再次对探头进行安装,通过探井摄像机测井,发现岩石不完整,水泥浆护壁时未能将岩石破裂处封严,摄像机下入水位以下后,井壁清晰度较差,因担心井孔再次坍塌,遂决定尽快安装。安装步骤为:

(1) 电缆穿过铁管,将穿过铁管的电缆头与探头对接,同时准备下井所用材料。

(2) 将 PVC 管接好送入井底,按预定比例将水泥配好后,通过 PVC 管送入井下,提出管。

(3) 用绳体将探头送入水泥层上方停顿,安装人员查看并确定曲线形态无误后,将探头沉入孔底水泥浆中,下井顺利结束。

因为测量水位为 52 m,再加上电缆地面长度和 水下长度,所需水位计电缆长度已经大大超出标注配置的水位计电缆 60 m 长度,所以此次没有安装水位计。

2.3 水位计安装

2015 年 10 月台站人员对钻孔水位计施实安装,考虑到长时间井下水位变动,重新对钻孔水位进行精细测量。测量方法为:将水位计探头固定于 PVC 管底部,水位计电缆线插头插入体应变主机上,一人负责查看主机显示器,其余人员下放探头电缆线及 PVC 管,直至水位数据在主机正常显示后为止。设每根 PVC 管长度为 L ,下放根数为 n ,水位为 H ,则 $H = nL$ 。由于水位计的测量范围为 0~10 m,我们把水位计放入水位以下约 5 m 处。安装完成后,对 PVC 管进行固定,再做井口处理。从水位计的正常显示可以看出,泥浆护壁对钻孔水位没有造成影响。

3 资料质量分析

3.1 内在质量评价

体应变仪安装完成后,观测数据质量是否达标,为其内在质量评价指标。学科评比规范规定:相对中误差(α) ≤ 0.05 ,不扣分。影响体应变内在精度的主要是台址及井孔条件。为了对比涉县台新装钻孔体应变与以往资料精度,应用中国地震前兆台网2011版软件提供的调和分析方法,对涉县台体应变2015年与2012年4—11月资料按月时间段进行计算,得到 M_2 波潮汐因子、相位滞后的相关数据(表1、表2)。

表1 2015年体应变资料调和结果

月份	潮汐因子	绝对误差	相对误差	相位滞后	相位误差
4	0.056 3	0.001 0	0.017 5	7.516 6	1.001 2
5	0.166 5	0.002 7	0.016 0	4.457 1	0.915 6
6	0.180 3	0.002 5	0.013 8	4.661 8	0.793 5
7	0.189 1	0.003 0	0.015 7	3.887 6	0.898 6
8	0.175 8	0.003 4	0.019 2	6.477 1	1.100 1
9	0.1885	0.0017	0.0093	7.848 9	0.530 4
10	0.196 5	0.002 8	0.014 2	8.691 7	0.816 1
11	0.202 7	0.031	0.015 1	5.665 8	0.865 4

表2 2012年体应变资料调和结果

月份	潮汐因子	绝对误差	相对误差	相位滞后	相位误差
4	0.047 4	0.003 3	0.069 0	-60.659 3	3.951 1
5	0.053 0	0.001 6	0.030 1	-62.830 7	1.722 1
6	0.052 2	0.001 9	0.037 2	-70.580 2	2.132 5
7	0.051 8	0.002 9	0.056 5	-64.963 2	3.239 1
8	0.054 4	0.001 1	0.020 1	-63.957 9	1.153 6
9	0.052 6	0.002 0	0.038 9	-63.791 6	2.228 8
10	0.052 6	0.001 8	0.034 5	-65.055 4	1.979 3
11	0.053 6	0.001 6	0.030 3	-66.402 4	1.735 5

从表1可以看出2015年4月和8月的相位误差较大而9月份较小,可能与观测资料的连续性和稳定性有关。经查阅资料,4月份仪器运行初期仪器校准造成比较多的缺数,8月份主机被雷击,期间造成大量数据缺测;9月份相对事件较少。通过比较2015年与2012年同时段体应变潮汐因子的相对误差,可以看出新装体应变仪器内在精度得到很大改观,说明新建井孔条件要优于原井孔。且新装体应变潮汐因子的相对误差远小于0.05,表明涉县台体应变观测资料的精度、稳定性都比较高,观测资料满足地震监测预报要求。

3.2 气压影响

据文献[7]的研究,体应变观测资料好的台站在气压变化短、变化幅度大的时候能记录到这种变化,雷雨季节时在雷雨前后出现的要比平常月份频繁一些,其他时间体应变记录到气压的影响较少。

(1) 气压对体应变短时间影响

取气压变化较大的2015年8月22—23日资料和体应变资料的分钟值,应用地震前兆信息系统EIS2000软件进行一元线性回归得到相关系数为0.690。可见涉县地震台体应变观测数据与气压变化存在着较大的相关性,由图1可以看出体应变记录曲线与气压记录曲线十分相似。

(2) 气压对体应变的长时间影响

选取2015年6月气压整时值资料做比较,经计算6月体应变与气压的相关系数为0.373,气压对其影响较为明显。从分析结果看,气压对体应变干扰较大。

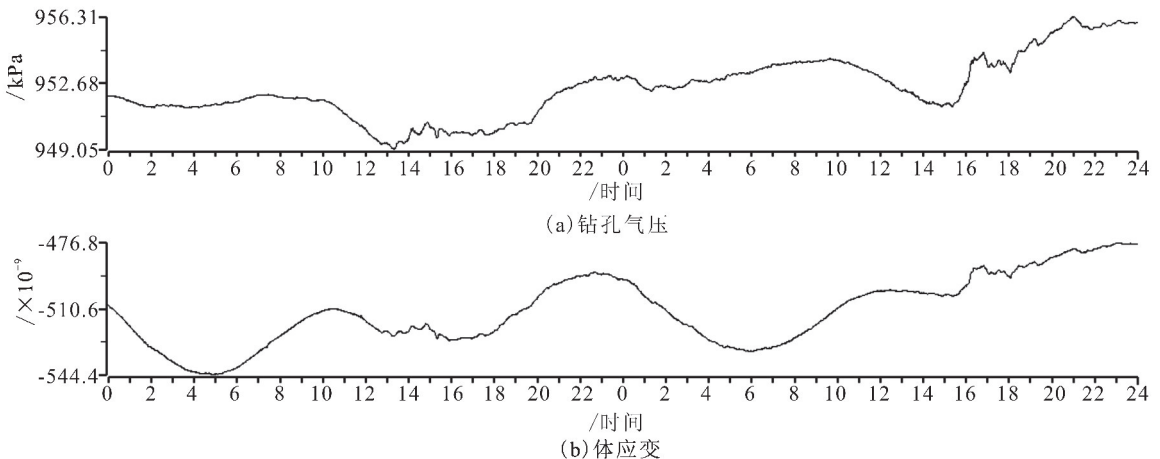


图1 涉县台气压与体应变预处理对比图(2015-08-22—23)

3.3 水位影响

选取 2016 年 1 月 1 日—6 月 30 日涉县台地下水水位与体应变分数据做分析,得出相关系数为 0.969,说明地下水水位变化对体应变观测有很大的正相关性,即对体应变观测数据有很大影响。2016 年 7 月 19 日,涉县台降水量达 82 mm,水位从 19 日晚开始转折上升,滞后时间较短,到 22 日逐渐变为缓慢趋势上升(图 2)。而距台站约 0.4 km 饮用抽水

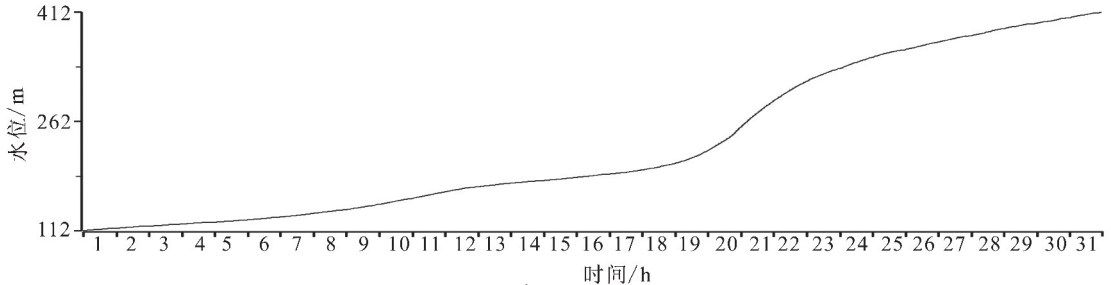


图 2 水位曲线图(2016-07-01—31)

本文对 2015 年 4—11 月涉县台体应变仪器记录到的地震进行统计。

表 3 2015 年 4—11 月体应变记录地震统计

M	4.0~4.9	5.0~5.9	6.0~6.9	7.0~7.9	8.0~8.9
地震次数	1	6	24	13	3

根据中国地震台网记录到 $M6.0\sim 6.9$ 地震 58 次, $M7.0\sim 7.9$ 地震 13 次, $M8.0\sim 8.9$ 地震 3 次。可见涉县台体应变仪对低于 $M5.0$ 地震反应不大,对于全球内大于 $M7.0$ 的强震有着很好的同震效应。

4 结论与讨论

(1) 新建钻孔在完成以后,为防止孔壁塌陷卡住井孔,应尽快安装体应变探头。若不能及时安装,孔内破碎带较多,建议用水泥浆护壁。在探头安装之前,不要将密封孔口开启。

(2) 钻孔经水泥浆护壁后,观测水位未受影响,第 2 次安装时发现不完整岩石,具体是孔隙水通过未能护壁好的裂隙流入孔内,还是从孔壁外渗入孔内有待探讨。距台站约 0.4 km 饮用抽水井可能与

井每日正常抽水,可见其对观测水位及体应变影响较小。

3.4 映震能力

涉县台体应变仪以其高灵敏性,不仅能清晰记录到固体潮汐变化,而且能记录到地震时地震波变化。自体应变仪器运行以来,观测曲线有较好的同震效应,记录到多次强远震时的激活过程,同震效应明显,较好地反映了大震发生时地下应力的变化过程。

钻孔水位处位于不同含水层。

(3) 涉县台钻孔体应变安装完成后,观测资料运行质量较高,说明安装较为成功,其经验可为其他新建钻孔体应变台站参考。

致谢:本文在写作过程中,唐磊老师、马武刚老师给出了宝贵性意见,在此一并表示感谢!

参考文献

- [1] 李杰,邹钟毅,闫德桥,等.TJ-2 钻孔体应变仪数字化观测资料分析[J].大地测量与地球动力学,2002,22(3):70-74.
- [2] 陈大柱,张新成,高守全,等.温泉地震台钻孔体应变观测资料分析[J].内陆地震,2014,28(1):64-68
- [3] 赵慧琴,李均良,张跃刚,等.河北易县台形变异常映震能力分析[J].地震工程学报,2015,37(增刊 1):91-94.
- [4] 林国元,福州地震台 TJ-2 型体积式应变仪安装及注水实验[J].华北地震科学,2011,29(1):53-56.
- [5] 中国地震局.GB/T19531.3-2004 地震台站观测环境技术要求第 3 部分:地壳形变观测[M].北京:地震出版社,2010:220-224.
- [6] 中国地震局.DB/T T8.2-2003 地震台站建设规范:地形变台站[M].北京:地震出版社,2010:593-599.
- [7] 李兰生,高力,赵钊,等.气压对徐州地区三套体应变仪不同影响原因的分析[J].国际地震动态,2012,11(407):23-28.