

乔子云, 张国苓, 贾立峰, 方召盟, 刘国权, 梁玉梅, 2015. 河北三河台数字电扰动异常分析. 震灾防御技术, 10 (2): 426—434.
doi: 10.11899/zzyfy20150224

河北三河台数字电扰动异常分析¹

乔子云¹⁾ 张国苓¹⁾ 贾立峰¹⁾ 方召盟²⁾ 刘国权³⁾ 梁玉梅³⁾

1) 河北省地震局, 石家庄 050021

2) 廊坊市地震局, 廊坊 065000

3) 三河地震台, 三河 065200

摘要 从 2013 年 12 月 17 日开始, 三河台数字电扰动观测的 NS 和 EW 两测道交替出现了背景值增大的高值异常, 现场调查和分析表明, 这种高值脉冲异常主要是受仪表厂的供电干扰所致, 仪器本身的工作正常; 对观测系统数据采集软件的数据存储格式进行研究后发现, 如果出现缺数, 可能造成两个测道的数据出现互换的现象, 应尽快改进数据采集软件, 把两个测道采集的数据改为两个数据文件; 同时, 模拟观测的对比结果表明, 同时间段模拟观测未出现异常; 通过更换东西向线路和电极, 观测数据恢复正常。综合分析认为, 三河台数字电扰动出现的高值异常是干扰造成的, 并非震兆异常。

关键词: 数字电扰动 三河台 异常分析 干扰

引言

近年来, 电磁扰动已成为重要的地震监测手段之一, 众多学者对此开展了大量的研究工作 (陈化然等, 2008; 李美等, 2009; 张建国等, 2010)。河北省的电磁扰动观测台网始建于上世纪 80 年代初, 1987 年正式组网观测。观测台站主要有廊坊、三河、霸州、怀来、高碑店、宁晋、青县、昌黎台等。多年的观测资料表明, 电磁扰动观测在地震前有较明显的异常变化, 可取得较好的地震预报效果, 其在河北省和首都圈地区的地震监测预报工作中能够发挥较好的短临预报作用 (陈智勇等, 1989; 关华平等, 1995; 2000)。同时, 由于模拟观测仪器严重老化, 仪器的主要零备件生产厂家已不再生产, 所以当仪器出现故障时很难进行维修。但自 2006 年下半年开始, 河北省对电磁扰动观测仪进行了数字化改造, 使用了由廊坊市地震局和廊坊大地工程检测技术开发公司合作生产的 CNEM08- I 型电扰动仪后, 提高了电磁台网的观测质量, 为进行地震分析预报奠定了良好的观测基础 (乔子云等, 2012)。

本文针对从 2013 年 12 月 17 日开始, 三河台数字电扰动观测的 NS 和 EW 两测道交替出现的背景值增大的高值变化, 进行了现场调查和分析, 并从供电干扰、数据采集软件的数据存储格式、模拟观测对比等方面探讨了三河台存在的问题及解决的方法, 以为同仁们提供借鉴和参考。

1 基金项目 国家自然科学基金 (41274079) 和震情跟踪定向工作任务 (2015010403) 共同资助

[收稿日期] 2015-02-05

[作者简介] 乔子云, 女, 生于 1965 年。1988 年毕业于华北水利水电学院, 学士学位, 高级工程师。主要从事电磁分析和地震预测研究工作。E-mail: qzy@eq-he.ac.cn

1 三河台电扰动观测概况

1.1 台站概况

三河电扰动观测台站位于三河市科技局院内, 在地质构造上位于冀中拗陷与燕山褶断带交汇部位, 地质构造复杂。由于新生代的构造运动, 形成了一系列断陷盆地和凸起, 其主要有大厂凹陷、大兴凸起和宝坻凸起。区域内主要有北东向、东西向和北西向三组断裂带通过, 如图 1 所示。其中, 夏垫断裂是一条北东向断裂带, 它是大厂凹陷的主控断裂, 走向北东 45°, 倾向南东。1679 年发生的三河-平谷 8 级大地震的地表破裂带就沿夏垫断裂展布, 夏垫断裂是一条右旋走滑正断层; 而 1536 年发生在通县东南的 6 级地震震中就在夏垫断裂南段附近。香河断裂也是一条走向北东的断裂。同时, 区域内还发育有东西向的宝坻断裂, 它是宝坻凸起与武清凹陷的分界线。此外, 还有北西向的南口-孙河断裂, 它西起昌平南口, 向东南经百泉庄、东三旗、孙河到通县, 总体走向北西, 全长约 80km。

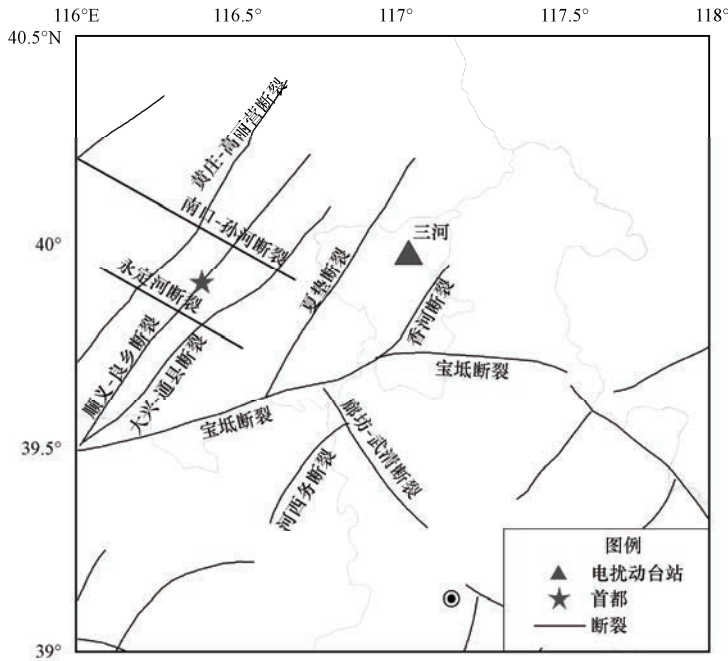


图 1 三河台周边地质构造图

Fig.1 Tectonic map around Sanhe station

1.2 观测概况

三河台电扰动模拟观测始于 20 世纪 80 年代初, 1994 年河北省地震局将三河台电扰动模拟观测正式作为地震前兆观测手段使用, 观测资料于 1995 年起被收入河北省地震局模拟观测资料库。三河台使用的模拟观测仪器为 HBEM-03 型电磁扰动仪, 它是在 DJ-1 型记录仪的基础上改造而成的。其工作频段为 0.1—10Hz, 记录仪走纸速度为 60mm/min, 传感器采用的是柱状不锈钢电极。自 2006 年下半年开始, 三河台安装了电扰动数字观测仪, 该仪器由廊坊市地震局和廊坊大地工程检测技术开发公司共同合作研制, 仪器型号为 CNEM08-I 电扰动仪, 用一对埋地电极作为传感器, 接收一个方向 (如 NS 向或 EW 向) 的电位差, 用电位差除以

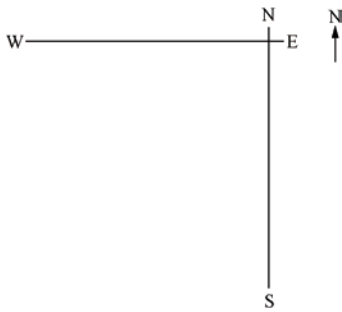


图 2 三河台电扰动观测布极平面图

Fig. 2 The electrode dipoles distribution for electric field perturbation observation at Sanhe station

一对电极之间的距离即为观测的电场。仪器可对地下电场实时记录和显示，并再现观测频段地下电场的波动变化（崔艳云等，2009）。三河台的模拟和数字电扰动观测分别使用两套观测系统，测向和电极布设情况基本相同，分别布设有正南北（NS）和正东西（EW）两个测向，电极埋深为 20m，极间距离为 42m，布极情况如图 2 所示。

数字电扰动仪的观测频段为 0.05—10Hz，采样率为 20 个/s，观测的物理量为地下电场强度 E （单位： mV/km ）。数据处理方式为对高采数据（20 个/s）进行积分计算，并转换成秒值，

入库数据也为秒值。图 3 分别为三河台电扰动同一时间段的数字观测和模拟观测日值的变化曲线。通过两者的对比可以看出，它们的一致性较好，只是数字观测的背景值大于模拟观测。经统计，模拟观测资料的连续率为 100%；数字观测资料的连续率为 96.2%。

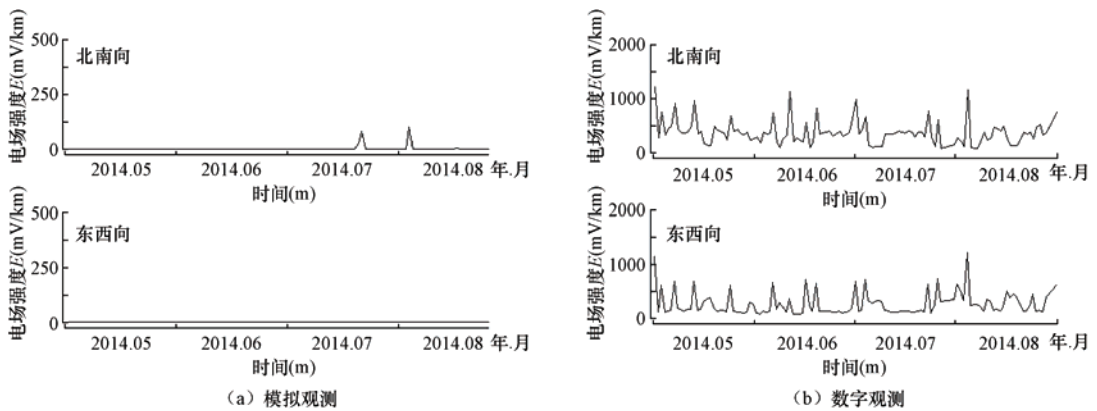


图 3 三河台电扰动日值变化曲线

Fig.3 The daily value variation of electric field perturbations at Sanhe station

2 异常情况概述

三河台数字电扰动观测从 2013 年 12 月 17 日开始，NS 和 EW 两测道交替出现背景值增大的高值变化，其测值由 500mV/km 变为 5000mV/km ，如图 4 所示。同时，两测道的高值在时间和幅度上保持一致。2014 年 2 月 19 日，廊坊市地震局到三河台进行了现场核实，其鉴定结果为：根据初步调查判定，NS 向异常有待确定，EW 向数据无法采信。为了进一步了解仪器的实际工作情况和调查电磁扰动数据的干扰源以及查明该项异常的性质，河北省地震局预测研究中心电磁室特别邀请了地震台网中心电磁学科组的卢军研究员、李美副研究员、北京市地震局张洪魁研究员以及台站一线观测人员邯郸广平台张小涛等，于 2014 年 3 月 7 日在三河台开展了现场核实工作，进行了环境调研、观测系统检查、仪器比测实验、两测道数据互换分析、数模对比分析以及更换测线和电极等。

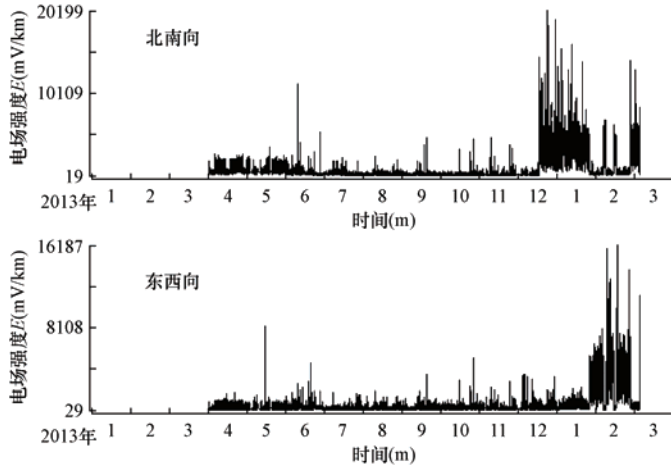


图 4 三河台数字电扰动整点值变化曲线

Fig. 4 The variation of electric field perturbations at Sanhe station

3 异常调查分析

3.1 环境调查

现场调查发现，测区周围主要有居民楼、通讯塔、电缆存放仓库和恒远自动化仪表厂等，其中，居民楼、电缆存放仓库和通讯塔在建台前就存在，对观测影响不大。通过对恒远自动化仪表厂进行详细询问和调查后得知，该厂始建于 2011 年，现有工人 20 余人，有 4 台数控机床，用电量较大，工作时间为 6 点半至 11 点、12 点半至 17 点，周六、周日不休息。从三河台数字电扰动的秒值观测曲线上看，每天在北京时间 6 点 50 分至 11 点、12 点 40 分至 17 点都出现过比背景值高约 10 倍的高值变化，这与恒远自动化仪表厂的工作时间比较一致，因此，可以判定三河台数字电扰动每天固定时间段出现的高值脉冲变化，主要是受仪表厂的供电干扰，如图 5 所示。

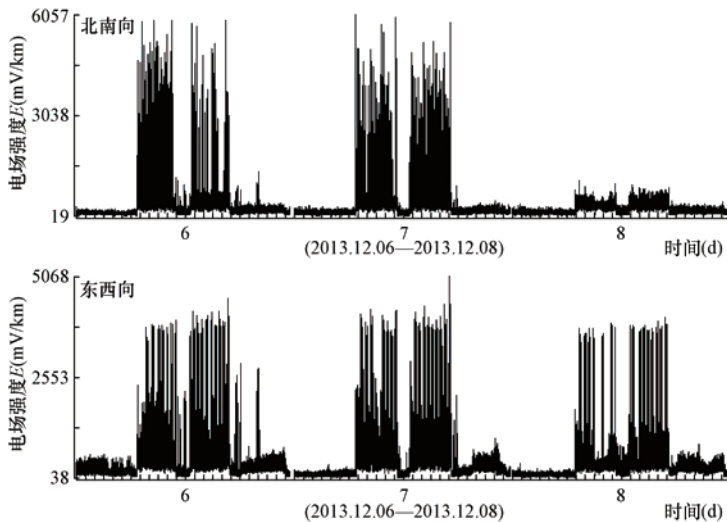


图 5 三河台数字电扰动秒值变化曲线

Fig. 5 The second-value variation of electric field perturbations at Sanhe station

3.2 观测系统检查

2014年3月20日上午10点30分左右,使用鼎阳 SIGLENT SDG1020 双通道 DDS 函数信号发生器对三河台数字电扰动观测仪器进行了检测,通道 S1、E1 通过导线连接到一起, N1、W1 通过导线连接在一起, EW、NS 两通道并联,向仪器输入频率为 0.1Hz 的正弦波信号,幅度输出分别为 5mV、10mV、30mV、50mV、100mV (有效值),5 组波形如图 6 所示,检测结果表明仪器工作正常。同时,检测中还用万用表测试了传输线路间的电压和电阻值,南北向和东西向的电压值分别为 320mV 和 0mV,电阻值如表 1 所示。测量结果表明,南北线路正常,东西线路不正常,南、北、西电极正常,东电极线路中断。据观测人员介绍,在埋设的传输线周围近年来曾多次进行过不同程度的开挖,可能在开挖时将东西测向的传输线截断,但截断时间无法确定。

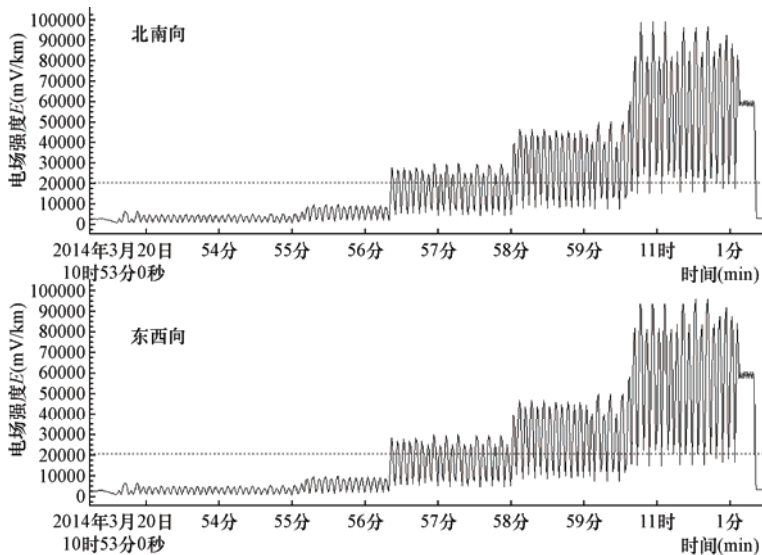


图 6 数字电扰动观测仪器显示的正弦波信号

Fig.6 Display of Sine wave signal from electric field perturbation instrument

表 1 传输线路间电阻值测量结果 (单位: Ω)

Table 1 Measured results of electric resistance between transport lines

传输线	N	S	E	W
N	\			
S	700	\		
E	∞	∞	\	
W	700	700	∞	\

3.3 仪器比测实验

3月7日上午在三河台又加装了1台仪器进行观测对比,2台仪器同时观测的时间为3月7日—19日。从3月8—19日的秒值记录曲线来看,2台仪器的观测数据基本一致,如图7所示。同时从图中还可以看出,除每天上午7点至11点、下午1点至5点固定时间段受恒远自动化仪表厂供电干扰外,其它时间段数据较稳定。经计算,原观测仪器与比测仪器南北、

东西两测向秒值的相关系数分别为 0.77 和 0.70。对比测试结果表明，原观测仪器工作正常，2 台仪器观测数据较一致，观测数据可信。

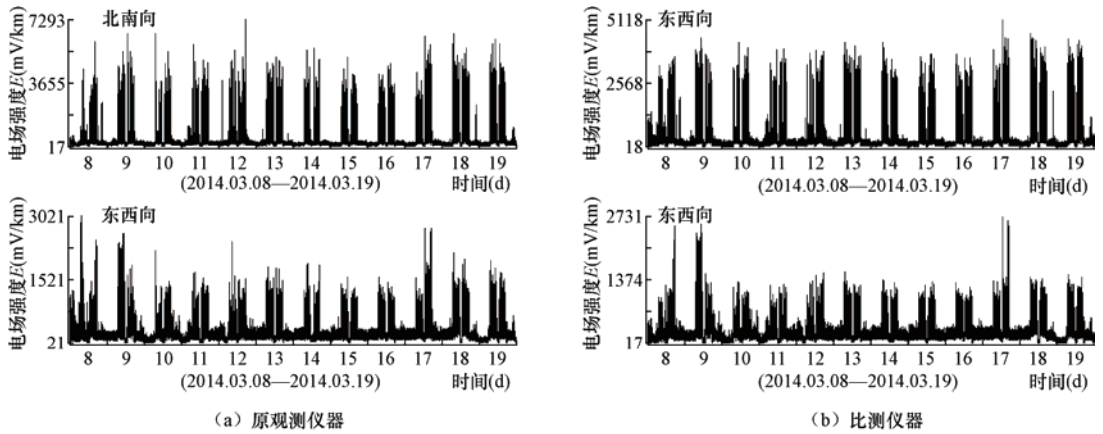


图 7 3 月 8—19 日两台观测仪器的秒值记录曲线

Fig.7 The second-value of digital electromagnetic perturbations between March 8—19

3.4 两测道数据互换分析

图 8 (a) 为三河台数字电扰动观测 2013 年 12 月 10 日至 2014 年 3 月 6 日整点值的记录曲线。从图形上看，两测道高值存在交替现象，这可能是两测道串数引起的。考虑到数字电扰动观测系统的数据采集软件将南北向和东西向数据存储在一个文件内，其存储值均为秒钟值，南北向和东西向依次存数，然后利用采集软件把数据按南北、东西测向顺序调用，当遇到仪器缺失记录或者仪器校准时，两测道调数会出现错误，将造成两测道数据互换。通过分析笔者认为，三河台数字电扰动观测存在两测道数据互换现象，其具体表现为南北测道记录的高值数据应该是东西测道的记录数据。例如，可将南北向记录的高值段（如：2013 年 12 月 17 日 18 时至 2014 年 1 月 25 日 16 时；2014 年 2 月 5 日 21 时至 7 日 15 时；2 月 13 日 23 时至 15 日 21 时；2 月 27 日 10 时至 3 月 6 日 14 时）与东西向同一时间段的记录数据交换，互换后记录曲线如图 8 (b) 所示。从图中可以看出，南北向记录数据变化平稳，东西向记录数据因线路中断而出现高值变化。

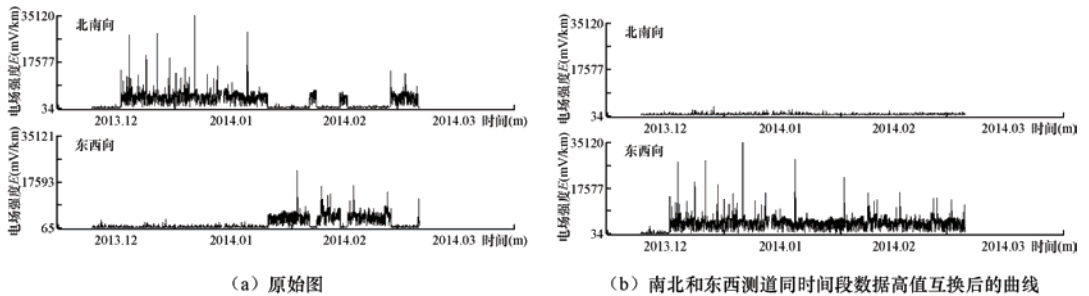


图 8 2013 年 12 月 10 日至 2014 年 3 月 6 日三河数字电扰动整点值曲线

Fig.8 The digital electromagnetic perturbations on-the-hour at Sanhe station from

December 10, 2013 to March 6, 2014

3.5 模拟观测分析

从 2013 年 1 月至 2014 年 3 月, 三河台模拟电扰动观测未出现明显的异常变化, 图 9 为三河台模拟电扰动日总量曲线。从图中可以看出, 2014 年 2 月 25 日两个测向分别出现弱信息变化, 其中, NS 向变化幅度为 0.3s.mV/m , EW 向变化幅度为 6.8s.mV/m , 其变化幅度较小并没有达到异常指标。

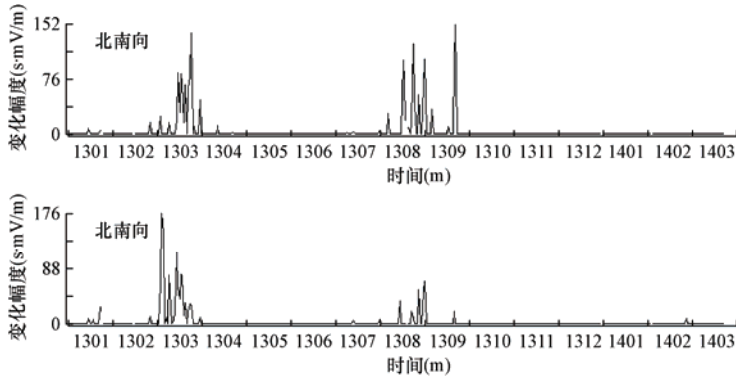


图 9 三河台模拟电扰动日总量曲线

Fig. 9 The total value of daily observation at Sanhe station

3.6 更换东西测向线路和电极

三河台在 2014 年 4 月 16 日更换了数字电扰动 EW 测向线路和电极, 用数字观测仪的东西向接模拟观测仪的东西向线路之后, 两测向的高值记录消失, 如图 10 所示。根据传输线路间电阻值的测量结果 (见表 1), 东电极与其它 3 个电极 (南、北、西) 传输线路间的电阻值测量结果均为 ∞ , 而其它 3 个电极每 2 个之间的电阻值均为 700Ω 。据此笔者判断, 这是东电极和传输线路出了问题, 三河台数字电扰动高值记录是由于东电极和传输线路出现故障引起的。东电极和传输线路的不通, 相当于在东电极和电压表之间增加了一个电阻, 当观测的电压值增大时, 就会表现出东西向的记录数据变大; 当线路和电极恢复正常时, 高值记录随之消失, 记录数据恢复正常变化。

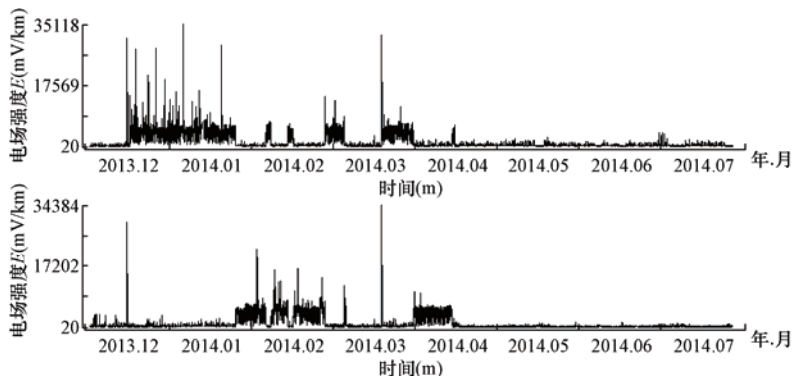


图 10 三河台数字电扰动整点值记录曲线

Fig.10 The digital electromagnetic perturbations on-the-hour at Sanhe station

4 异常分析与判定

自 2013 年 12 月 17 日以来,三河台数字电扰动观测的 NS 和 EW 两测道交替出现了背景值增大的高值异常。经 2013 年 3 月 7 日至 20 日的现场调查核实,测区周围主要有居民楼、通讯塔、电缆存放仓库和恒远自动化仪表厂等,其中,居民楼、电缆存放仓库和通讯塔在建台前就存在,其对观测的影响不大。而三河台数字电扰动观测每天在北京时间 6 点 50 分至 11 点、12 点 40 分至 17 点固定时间段出现的高值脉冲,与恒远自动化仪表厂的工作时间比较一致,这表明高值脉冲主要是因仪表厂的供电干扰所致。

同时,通过测量电压、电阻以及交换模拟仪器与数字仪器的电极测试后发现,三河台数字电扰动东测量电极存在问题,东西向数据不可信;安装新仪器进行对比观测两周后,新仪器与原来观测仪器数据较一致,3 月 20 日使用鼎阳 SIGLENT SDG1020 双通道 DDS 函数信号发生器,对原观测仪器进行了进一步的检测后认定,原仪器的工作正常;对观测系统数据采集软件的数据存储格式进行分析后发现,数字观测仪的两测道存在数据互换的现象,其南北测道的高值数据应该是东西测道的变化数据;模拟观测的对比结果表明,同时间段模拟观测未出现异常;通过更换东西向线路和电极,观测数据恢复正常。综合分析认为,三河台数字电扰动出现的高值异常是东电极和传输线路出现故障及两测道数据互换造成的,并非震兆异常。

5 结论与建议

自 2013 年 12 月 17 日以来,三河台数字电扰动观测的 NS 和 EW 两测道交替出现了背景值增大的高值异常,这是东电极和传输线路出现故障及两测道数据互换造成的,并非震兆异常。

考虑到数字电扰动观测系统的数据采集软件将南北向和东西向数据存储在一个文件内,如果出现缺数,可能造成两测道数据互换现象,应尽快改进数据采集软件,把两个测道采集的数据改为两个数据文件。另外,考虑到电信号的相互干扰,建议对电源线、信号线采取必要的屏蔽措施。

参考文献

- 陈化然,杨冬梅,李琪等,2008.1980 年以来我国电磁辐射地震前兆信息的观测与研究.中国地震,(2): 180—186.
- 陈智勇,杜晓泉,1989.地震电磁波前兆特征.地震地磁观测与研究,10(5): 40—43.
- 崔艳云,李玉堂,2009.CNEM08-I 电扰动仪的开发与研制.国际地震动态,367(7): 19—21.
- 关华平,陈智勇,肖爱华,徐东红,1995.大同-阳高地震及强余震电磁辐射异常.山西地震,80(1): 39—44.
- 关华平,陈智勇,余素荣,2000.首都圈及其邻近地区电磁辐射映震效果研究.地震,20(1): 66—70.
- 李美,卢军,常媛等,2009.汶川 8.0 级地震前高碑店和宁晋台超低频电磁辐射异常特征分析.国际地震动态,(7): 76—82.
- 乔子云,张跃刚,丁瑞同等,2012.河北省数字电磁扰动应用研究.地震地磁观测与研究,33(2): 67—73.
- 张建国,刘晓灿,姚丽等,2010.汶川 8.0 级大地震前电磁扰动异常变化特征初步研究.地震地磁观测与研究,31(5): 56—60.

Analysis on the Anomaly of Digital Electric Field Perturbations at Sanhe Station, Hebei

Qiao Ziyun¹⁾, Zhang Guoling¹⁾, Jia Lifeng¹⁾, Fang Zhaomeng²⁾,
Liu Guoquan³⁾ and Liang Yumei³⁾

1) Earthquake Administration of Hebei Province, Shijiazhuang 050021, China

2) Seismological Bureau of Langfang, Hebei Province, Langfang 065000, China

3) Sanhe Seismic Station, Hebei Province, Sanhe 065200, China

Abstract On December 17, 2013, we detected great digital electric field perturbations in the NS and EW channel of at Sanhe station. After site visiting and analyzing the digital electromagnetic perturbations, we found that instrument is working OK, electrode and line east measuring is interrupt and the observation data is interference by instrument power supply. Through the analysis of data storage format of observation system data acquisition, we found that NS and EW channels data swaps. After changing the electrode and the line, the observation data is back to normal. Comprehensive analysis of the digital electromagnetic disturbances at Sanhe station indicates that high value change is caused by the interference, not a precursory anomaly.

Key words: Digital electric field perturbations; Sanhe Station; Anomaly analysis; Interference