

地电观测场地干扰的一种测试查找方法

王福才¹, 蒋延林¹, 张 骞¹, 赵卫红¹, 朱 晔², 薛家富²

(1. 高邮地震台, 江苏 高邮 225601; 2. 高邮市地震局, 江苏 高邮 225600)

摘要:针对高邮地电观测场地 2009 年 10 月开始出现的干扰, 通过对干扰形态的分析和测试, 建立模型理论计算和多种实地观测方法, 初步确定了干扰源的性质和位置。对地电观测台站查找排除干扰有一定的借鉴作用。

关键词: 地电场地干扰源; 测试; 位置确定及排除

中图分类号: P319.3⁺2 文献标志码: A 文章编号: 1000-0844(2013)增刊-0126-09
DOI:10.3969/j.issn.1000-0844.2013.增刊.0126

A Test and Search Method for the Interferences in Geoelectric Observation Field

WANG Fu-cai¹, JIANG Yan-lin¹, ZHANG Qian¹, ZHAO Wei-hong¹, ZHU Ye², XUE Jia-fu²

(1. Gaoyou Seismic Station, Gaoyou Jiangsu 225601, China; 2. Gaoyou Seismological Bureau, Gaoyou Jiangsu 225600, China)

Abstract: Aiming at the interferences in geoelectric observation field of Gaoyou station since October, 2009, the interference patterns were analyzed and tested, then the model theory and various on-site observation methods were built, which could provide a scientific basis for the preliminary determination of the characteristics and positions of interference source. The test method and process were introduced in detail to provide a certain reference for searching and eliminating the interferences in the future.

Key words: geoelectric filed interference source; test; determination and elimination of locations

0 引言

地电观测场地比较大, 极易受到各种电磁信号干扰。随着国民经济的发展和人民生活水平的提高, 各种用电设备急剧增加。这些设备的不正常使用或故障都可能增加流入地下的杂散电流, 对地电观测造成极大的影响。高邮台地电观测场地在 2009 年 10 月 28 日开始出现干扰, 使地电观测特别是地电场观测质量大大下降。在地电观测规范规定的场地保护范围内没有找到干扰源。通过对干扰形态的分析测试, 建立模型理论计算和实地测量, 大致确定干扰源的范围, 最终采取局部停电的措施确定距离台站 2 km 外的一个工厂的加热设备故障是干扰源。在此工作过程中采用的一系列方法和经验可为地震观测台站查找干扰源提供参考。

1 高邮台地电观测系统基本情况

高邮地震台位于江苏省高邮市南郊, 距离市区约 7 km, 属高邮市城南经济新区管伙村辖区。其地理坐标为北纬 32°43′49.2″, 东经 119°26′54.4″。地电观测项目有地电阻率观测和地电场观测, 地电观测场地位于车逻镇北边基本农田保护区内, 场地内无任何建筑, 观测保护区内亦无观测规范要求避开的干扰源。地电场装置采用倒三角形布设了 NS、EW、N45°E 3 个方向的测线, 直角处为 O 点, 且同一方向均设有两个独立测道; 地电阻率装置采用四极对称法布设了 NS、EW、N45°E 3 个方向的测线, 观测项目及观测装置参数如表 1 所示。

收稿日期: 2013-06-22

作者简介: 王福才(1960—), 男, 江苏南京人, 高级工程师, 主要从事电磁观测与研究工作

表 1 高邮台地电场、地电阻率观测装置参数

方向	地电场		地电阻率	
	长极距/km	短极距/km	供电极距/km	测量极距/km
SN	0.400	0.250	1.000	0.300
EW	0.400	0.250	1.000	0.300
N45°E	0.516	0.354	1.000	0.300

地电观测装置的布设如图 1 所示。

自 2008 年 1 月 1 日正式投入观测后运行正常,地电阻率观测的方差一般为 0.00~0.01 Ω·m;地电场长短极距观测的相关系数一般大于 0.98,观测资料的质量位于全国地电台站前列。

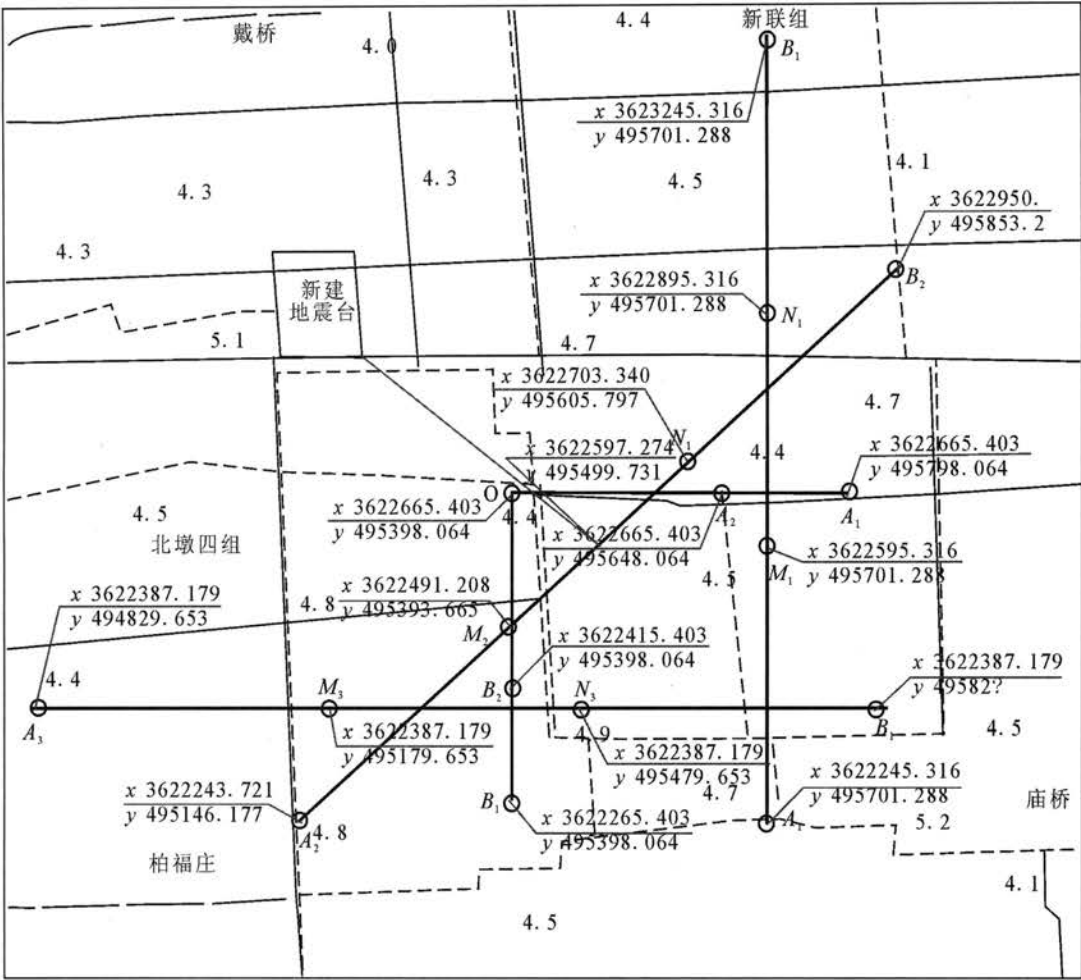


图 1 高邮台地电测区及装置布设图

Fig. 1 Geoelectricity test zone and layout of instruments in Gaoyou seismographic station

2 高邮地电观测干扰情况

地电场观测从 2009 年 10 月 28 日时开始 NS 道、N45°E 道长、短极距同步出现向上的台阶型干扰,长、短极距变化的比值基本不变,EW 道长、短极距变化不明显;2009 年底后干扰情况更加严重,除春节期间和个别节假日,干扰全天存在。图 2 是 2009 年 11 月 12—19 日地电场观测曲线,从图 2 可以看出这种干扰已破坏地电场观测的正常形态。

与此同时,地电阻率观测的误差也增大了,图 3 是 2009 年 11 月 12—19 日高邮台地电阻率均方差小时值曲线。从图 3 可以看出地电阻率观测的小时值均方差也是 NS 向、N45°E 向变化明显,观测数据小时值均方差从原来的 0.00~0.01 Ω·m 增加到

0.03~0.10 Ω·m 以上,而 EW 向基本没有变化。

3 初步分析测试及理论模型计算

3.1 初步分析

通过对干扰的形态及规律进行仔细分析后得到以下一些初步结论。

(1) 地电观测系统自身引起干扰的可能性极小。其根据是:出现干扰后,台站按地电观测规范多次对地电阻率、地电场的观测装置、仪器进行检查,均未发现任何问题;干扰同时对地电场和地电阻率观测产生影响,地电阻率观测与地电场观测是两个完全独立的系统,两个系统同时出问题的可能性极小。

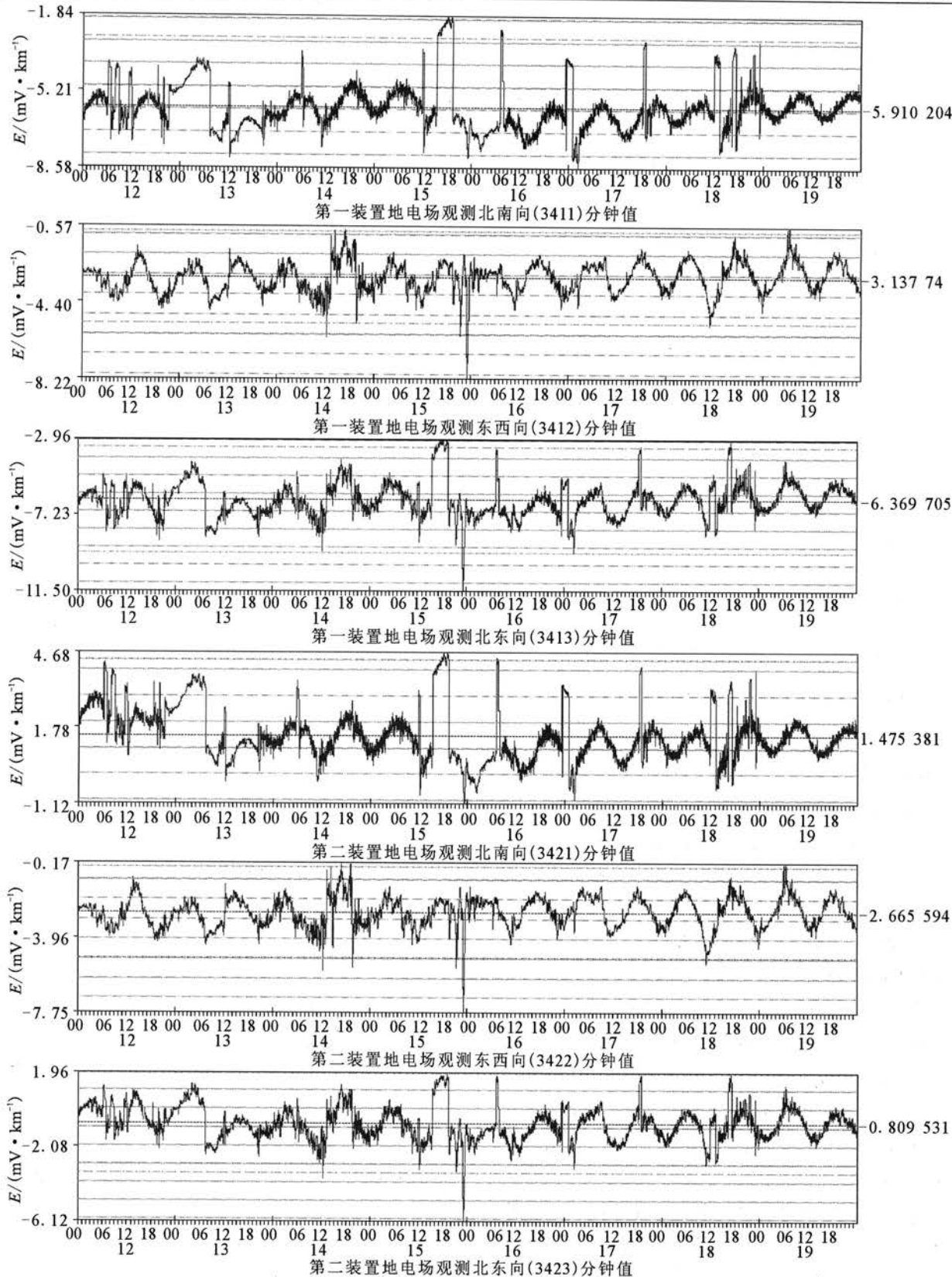


图 2 2009 年 11 月 12—19 日高邮地电场观测曲线

Fig. 2 Geoelectricity observation curves of Gaoyou seismographic station from Nov. 12, 2009 to Nov. 19, 2009

(2) 干扰应该是由同一个源产生的,干扰源可能在观测区外不远。其根据是:地电场同一方向两个不同极距测量得到的干扰场强不一样,但在不同时间具有基本恒定的比值,而远距离的干扰源产生

的干扰在测区内应基本是均匀的,即同一方向不同极距测量得到的场强值应基本一样;

鉴于地电测区无任何建筑和用电设施,干扰源在测区内的可能性不大,但应该距离测区外围不远。

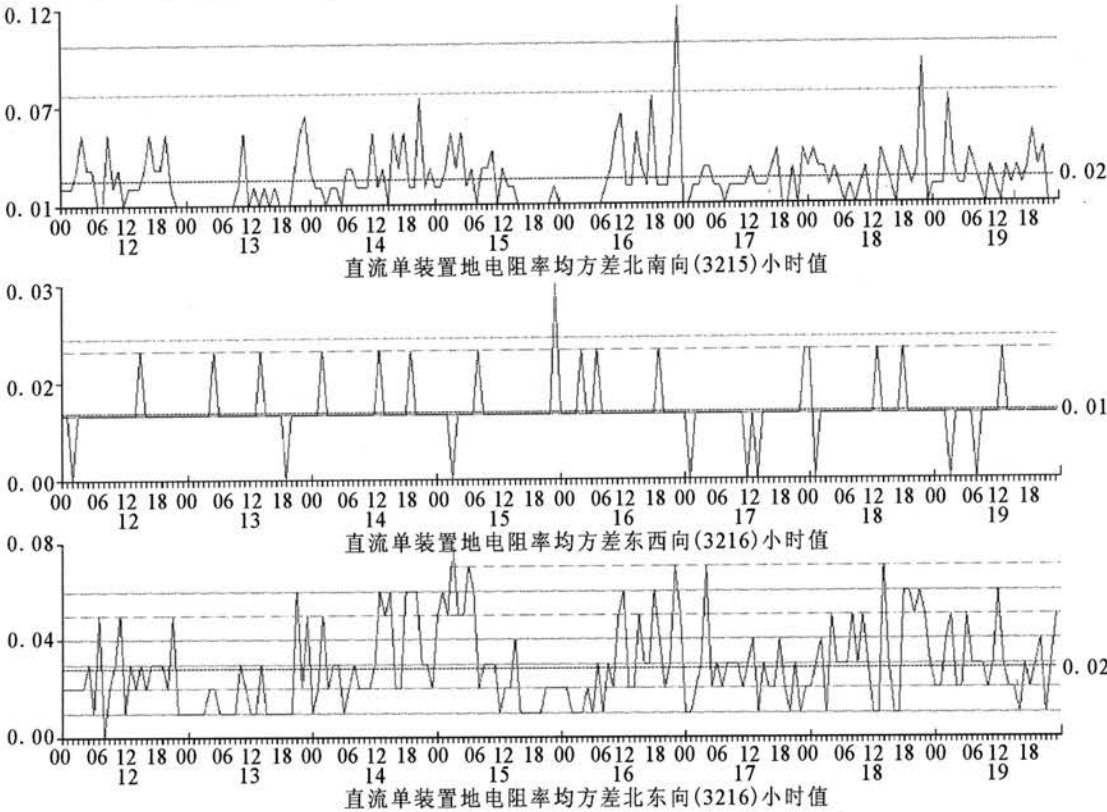


图 3 2009 年 11 月 12 日—11 月 19 日高邮地电阻率均方差曲线

Fig. 3 Mean square deviation curve of earth-resistivity of Gaoyou seismographic station from Nov. 12, 2009 to Nov. 19, 2009

(3) 干扰源的方位大致应该在测区中心的 SN 方向。其根据是:从地电场观测数据看,SN 方向受干扰影响严重,而 WE 方向影响不明显;地电阻率 SN 方向观测误差增大,WE 方向观测误差几乎也不受影响。

从 SN、WE 方向干扰比值推算,干扰源的方位大致在地电场测区中心外 N7°E。

(4) 干扰源可能是工厂的用电设备;其根据是:在重要的节假日干扰消失,可能是工厂停工所致。

3.2 干扰源性质判断

为进一步认识干扰源的性质,2010 年 4 月 9—13 日在高邮台对干扰进行了进一步测试。测试分 2 个方面:①用手持示波器(HDS)测量干扰信号,确认有无大频率的高频电磁干扰信号;②用较高采样率的高分辨力数据采集器采集干扰信号,确定干扰的形态。

3.2.1 手持示波器(HDS)测量

(1) 测量仪器型号与主要性能:

仪器型号:HDS2062 手持数字示波器;

主要性能:灵敏度 50 mV/ div; 频率范围 0~60 MHz; 通道数 2; 数据存储长度 6 K; 垂直分辨力 8 bit。

(2) 观测方法

示波器输入端连接测量电极,观测波形并记录。

(3) 观测地点

地电场南北向长极距、车逻镇镇北农田、联通机站附近。

(4) 观测结果

几个观测点观测结果基本一致:50 Hz 工频信号中夹杂一些高频信号,如图 4~图 6 所示。

从观测结果看,测区内存在工频和高频(可能是广播信号)干扰信号,但幅度峰值最大不超过 500 mV,这种干扰信号幅度在仪器的测量范围之内可被仪器抑制,不会因干扰信号在观测仪器中非线性失真影响观测。这种干扰不是影响地电观测的干扰源。

3.2.2 较高采样率观测

(1) 观测仪器型号与主要性能:

仪器型号:ZD8BI 地电仪;

主要性能:分辨力 10 μV;

采样率:4 次/秒;

(2) 观测方法

仪器输入端连接测量电极,记录数据。

(3) 观测地点

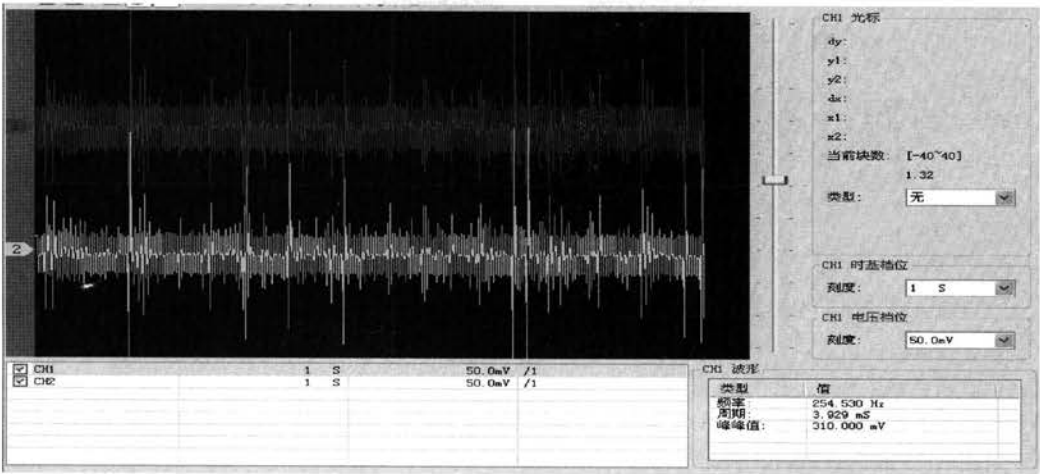


图 4 扫描速度 1 s/div 记录的波形

Fig. 4 Record of the waveform (scanning speed: 1 s/div)

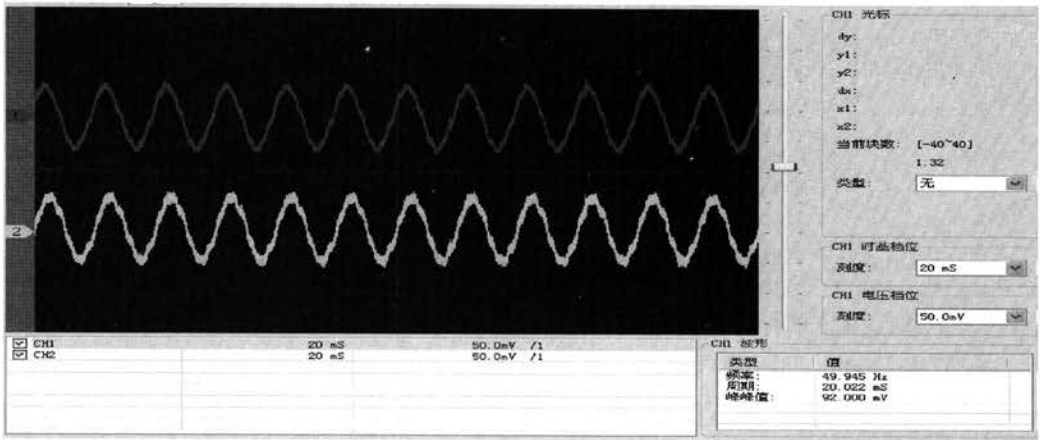


图 5 扫描速度 20 ms/div 记录的波形(工频干扰)

Fig. 5 Record of the waveform (scanning speed: 20 ms/div) (power frequency interference)

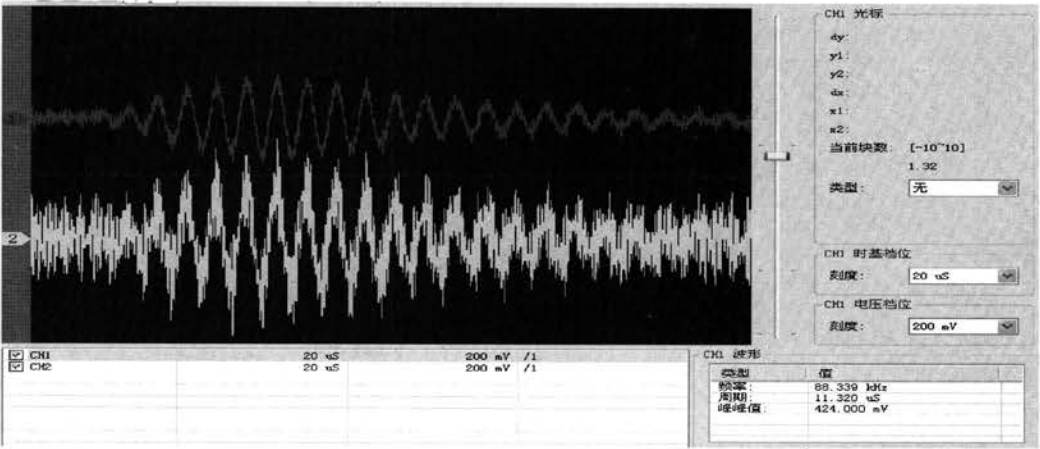


图 6 扫描速度 20 μs/div 记录的波形(高频干扰)

Fig. 6 Record of the waveform (scanning speed: 20 μs/div) (high frequency interference)

地电场南北向长极距、车逻镇镇北农田。

(4) 观测结果

两处观测结果基本一致,干扰信号为周期数分钟、幅度约 1 mV,如图 7 所示。图 7 中大幅度的干扰是地电阻率供电产生。

对观测数据进行谱分析,结果如图 8 所示。干扰信号能量主要集中在周期为 185~195 s,此频率范围在地电场、地电阻率观测的频段内,因此严重地干扰了地电观测。

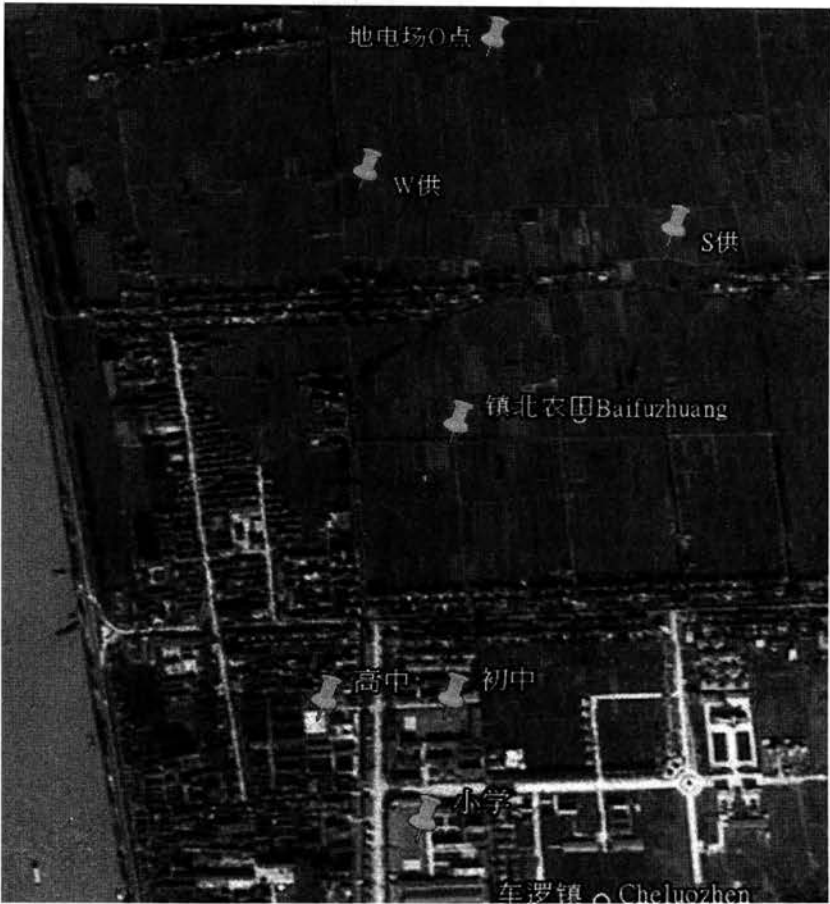


图 9 高邮干扰测试场地位置

Fig. 9 Locations of interference testing site in Gaoyou

(2) 观测方法

选择中心点,在中心点及其东、南和北方向一定距离埋设电极如图 10 所示,以中心点为参考点,测量东、南、北电极相对中心点的电位差,仪器各输入通道连接相关测量电极,记录数据。

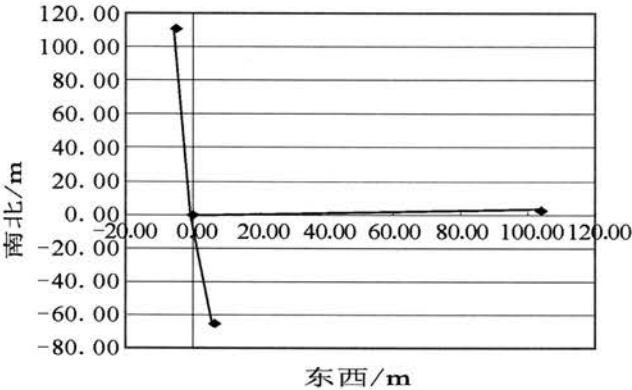


图 10 镇北农田观测布极示意图

Fig. 10 Schematic diagram of field observation, polar

(3) 观测地点

车逻镇镇北农田。

(4) 观测结果

根据不同极距计算出不同方位的场强,绘制曲

线如图 11 所示(图中大幅度信号是地电阻率观测供电信号)。

从图 11 中可看出,东向信号与南向信号同相且幅度很小,南向信号与北向信号反相且幅度比北向大,这表明干扰源在此观测区南面且稍偏东,与事先判断基本相符。

4.2 车逻镇内观测

(1) 观测仪器型号与主要性能同上。

(2) 观测方法

在观测场地选择中心点,在中心点及其北、南和北西(或北东)方向一定距离埋设电极,以中心点为参考点,测量东、南、北电极相对中心点的电位差,仪器各输入通道连接相关测量电极,记录数据。

(3) 观测地点

观测场地分别选在车逻镇初中、车逻镇小学和车逻镇高中。各个场地的布极如图 12~图 14 所示。

(4) 计算观测结果

根据不同电极的极距和方位计算出南北、东西方向的场强并绘制出曲线如图 15~图 17 示(图中大幅度信号是地电阻率观测供电信号)。

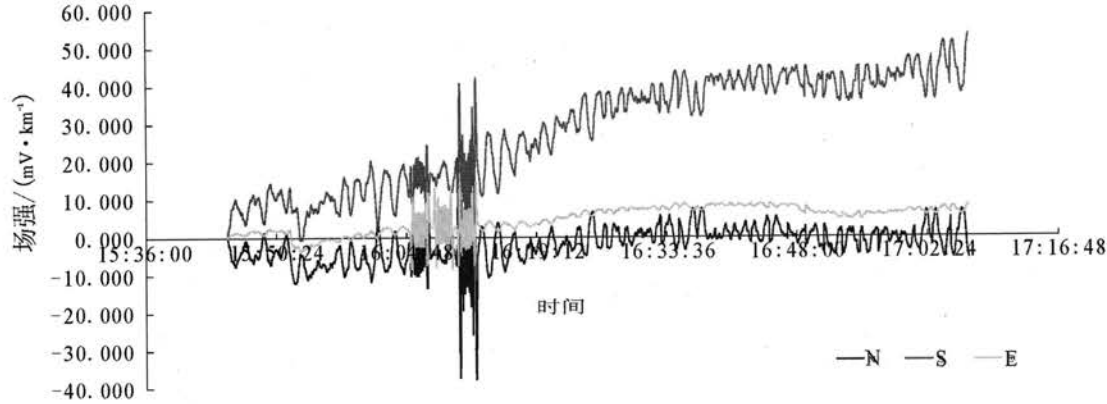
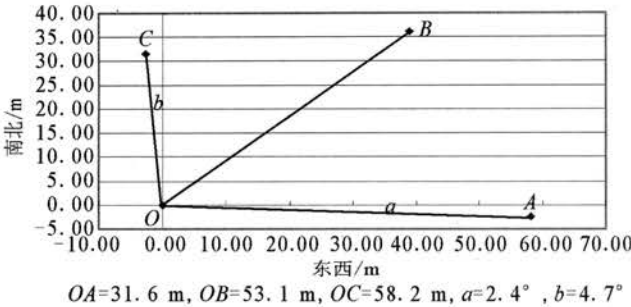


图 11 车逻镇镇北农田测试结果

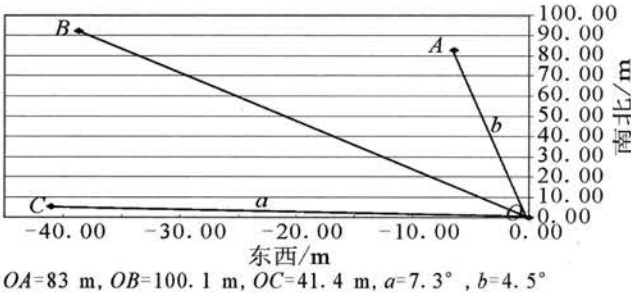
Fig. 11 Test result of Zhenbei farmlabd in Cheluo town



$OA=31.6\text{ m}, OB=53.1\text{ m}, OC=58.2\text{ m}, \alpha=2.4^\circ, \beta=4.7^\circ$

图 12 车逻镇初中观测布极图

Fig. 12 Layout of the observation points at junior middle school in Cheluo town



$OA=83\text{ m}, OB=100.1\text{ m}, OC=41.4\text{ m}, \alpha=7.3^\circ, \beta=4.5^\circ$

图 13 车逻镇小学观测布极图

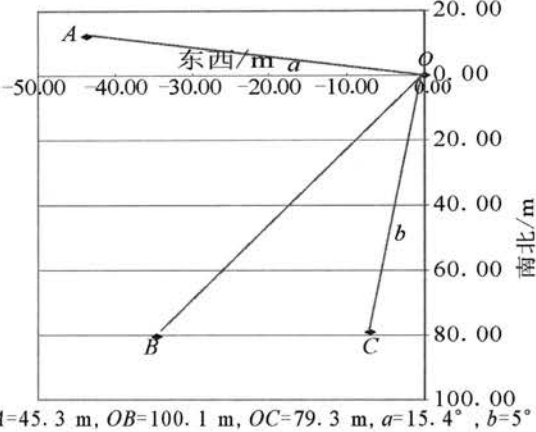
Fig. 13 Layout of the observation points at primary school in Cheluo town

电场方位角 φ 的计算方法是先用 2 个近似正交的实际观测方向的电位差除以相应的极距, 获得该方向的场强; 再将这 2 个方向的场强分解到南北、东西方向, 求得南北、东西方向的场强。

以小学场地测试为例:

从图 15 中可看出, 南北、东西方向相位相反, 根据布极方式可以确定方位在 2、4 象限。用 2 个方向多个变化幅度的比值计算出方位角为 NW 41.88° (方差 2.19°)。

从图 16 中可看出, 南北、东西方向相位相同, 根据布极方式可以确定方位在 2、4 象限。



$OA=45.3\text{ m}, OB=100.1\text{ m}, OC=79.3\text{ m}, \alpha=15.4^\circ, \beta=5^\circ$

图 14 车逻镇高中观测布极图

Fig. 14 Layout of the observation points at senior high school in Cheluo town

用 2 个方向多个变化幅度的比值计算出方位角为 N 23.21°W (方差 1.11°)。

从图 17 中可看出南北向与东西向信号反相且东北向信号较小, 干扰源应在东南方向。

用 2 个方向多个变化幅度的比值计算出方位角为 N 25.3°W (方差 3.9°)。

从这 3 个观测场地的中心按上述计算获得的方位角画出 3 条射线即可确定干扰源的位置。

5 现场排查

通过理论模型计算以及实地测试基本确定了漏电工厂的范围, 在车逻镇政府和相关部门的支持和协助下, 采取分区、分单位、分设备停电的方法进行逐个排除, 最终确定干扰源位置在距离台站约 2 km 附近的某公司的印染车间, 原因是控温设备加热管击穿对地漏电, 漏电点距台站 2 029 m, 距地电场观测 O 点 1 776 m, 距理论计算的干扰点 542 m, 距测量得到的干扰点 39 m。更换加热管后干扰消失。

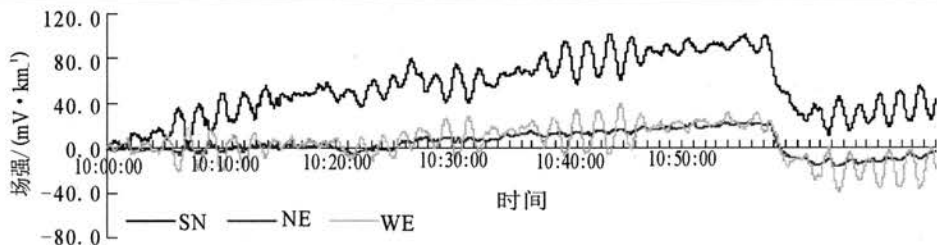


图 15 车逻镇初中测试结果

Fig. 15 Test result at junior middle school in Cheluo town

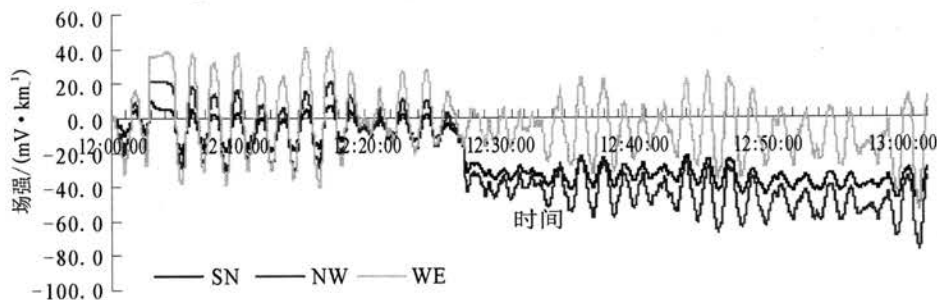


图 16 车逻镇小学测试结果

Fig. 16 Test result at primary school in Cheluo town

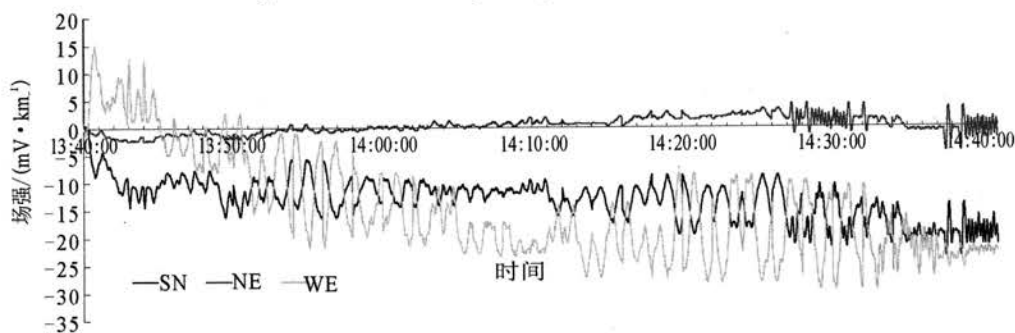


图 17 车逻镇高中测试结果

Fig. 17 Test result at senior high school in Cheluo town

6 结束语

在观测场地出现干扰后,仔细分析干扰的规律、对干扰属性进行测定,对查找干扰源位置有事半功倍的效果;

模拟计算的干扰源位置与实际位置有一定的误差,其原因主要是点源模型及假设源与南北方向电极在同一直线上,与实际情况有差距。改进计算模型可能会获得更好的结果;

采用现场测试的方法可缩小干扰源位置的范围,在设想的干扰源两侧进行测试效果可能更好。

感谢中国地震局预测所赵家骝研究员、王燕琼高级工程师以及电磁学科组专家对查找与排除地电干扰所做工作的帮助与指导,在此表示感谢。

参考文献

- [1] 中国地震局. 地震及前兆数字观测技术规范(试行 电磁观测)[M]. 北京:地震出版社,2001.
- [2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局和中国国家标准化管理委员会. 地震台站观测环境技术要求(第2部分:电磁观测)(GB/T 19531.2—2004)[S]. 北京:中国标准出版社出版发行,2004.
- [3] 中国地震局发布. 地震台站观测技术规范(地电台站 第1部分:地电阻率观测;第2部分:地电场观测)(DB/T 18.1—2006 DB/T 18.2—2006)[S]. 北京:地震出版社,2006.
- [4] 蒋延林,等. 高邮地电场观测环境干扰分析和测试研究[J]. 地震地磁观测与研究,2012,10(增刊).