

山东地电场观测干扰特征分析^①

李希亮¹, 王 峰¹, 徐 溶²

(1.山东省地震局, 山东 济南 250102; 2.甘肃省地震局, 甘肃 兰州 730000)

摘要:利用山东地电场观测数据跟踪分析结果, 结合观测资料, 分析自然环境、场地环境和人为干扰等因素给山东地电场观测带来的干扰。结果表明:(1)观测系统故障多出现数据同步错误或缺数, 较容易判别;(2)雷电会导致地电场观测数据产生畸变, 变幅达到几十(甚至几百)kV/km, 是正常观测值的几倍乃至几十倍;(3)缓急程度不同的降雨会造成数据离散程度不一致, 中等以上降雨会影响正常日变形态, 导致各测向长、短极距相关性明显降低, 相关系数由正常的 0.8 左右降至 0.6 左右, 甚至更低;(4)高压直流输电影响显著, 电流注入接地极引起换流站地电位升高; 当输电停止时, 电流注入接地极降至零, 地电场观测数据呈直线下降;(5)人为干扰会造成数据非连续性同向突跳或台阶, 长短极距幅度变化差别较大, 但同一测道变幅基本接近;(6)地电暴引起的六个测道上的变化幅度基本一致, 最大振幅方向相同, 由于地理位置和观测环境的不同, 不同台站记录到的地电暴幅度会存在差异。

关键词:地电场观测; 干扰因素; 场地环境; 地电暴

中图分类号: P319.3

文献标志码: A

文章编号: 1000-0844(2015)增刊 2-0164-06

DOI: 10.3969/j.issn.1000-0844.2015.增刊 2.0164

Analysis of Interference in Geoelectric Observations in Shandong Province

LI Xi-liang¹, WANG Feng¹, XU Rong²

(1. Earthquake Administration of Shandong Province, Jinan 250102, Shandong, China;

2. Earthquake Administration of Gansu Province, Lanzhou 730000, Gansu, China)

Abstract: In this study, we analyze the natural and anthropogenic interference on geoelectric observations in Shandong based on data tracking and analysis of the geoelectric observation data. Results show that (1) when the observation system receives strong interference, the observation data is synchronized with noise or missed entirely; this was easier to distinguish. (2) The geoelectric observation data is strongly distorted by lightning; amplitude reaches tens (or even hundreds) kV/km. This phenomenon is observed several times. (3) Abrupt rainfall causes data inconsistencies. Above-average rainfall affects the normal diurnal variation form; the correlation coefficient, between the geoelectric data and the diurnal cycle, is reduced from 0.8 to 0.6, or even lower. (4) The HVDC effect is significant. When the current is injected, the output is significantly higher. When the injected current falls to zero, the output is a straight line. (5) Human interference produces data discontinuities and changes in long and short-distance reception. However, the same measurement channel is almost the same. (6) The results of six tests on the variation of geoelectric storm produce consistent results; the maximal amplitude direction is the same in all cases, despite the fact that the different circumstances were expected to produce different ampli-

① 收稿日期: 2015-12-13

作者简介: 李希亮(1980—), 男, 山东泰安人, 工程师, 主要从事地震前兆研究工作。E-mail: lxlustc@126.com。

tudes.

Key words: geoelectric field observation; interference factor; field environment; geoelectric storm

0 引言

地电场观测是服务于社会及国家防震减灾事业的重要体现^[1],其观测数据不仅可以用于学术研究,还可以作为国家基础战略资源储备。地电场观测数据记录自然环境、场地环境和人为干扰等因素影响形成的年变和地电场趋势性变化或突变。随着国民经济的飞速发展,民航、铁路、轨道交通、电网、通讯网、公路等基础设施大规模发展^[2-5],地电场观测台站与这些干扰源日益接近,使原本良好的观测环境变得岌岌可危。随着观测技术的不断发展,仪器灵敏度越来越高,干扰因素在地电场观测记录上的叠加也越来越明显。山东省地电场观测运行良好,观测精度高,资料连续性好,但运行过程中也受到各种各样的干扰因素影响。

1 台站概况

山东区域地电场观测开始于“九五”期间,最早的观测站是安丘测站,1998年6月开始投入观测,使用的仪器是“九五”智能化数字仪器 ZD9A 型地电场观测仪。2006年,郯城测站、陵阳测站、大山测站、菏泽测站、乳山测站和邹城测站陆续建成,这6个台站使用的是 ZD9A-II 型地电场观测仪。自此,山东区域地电场观测台网逐步建成(图 1)。2011年1月安丘测站主机更新为 ZD9A-II 型地电场观测仪。

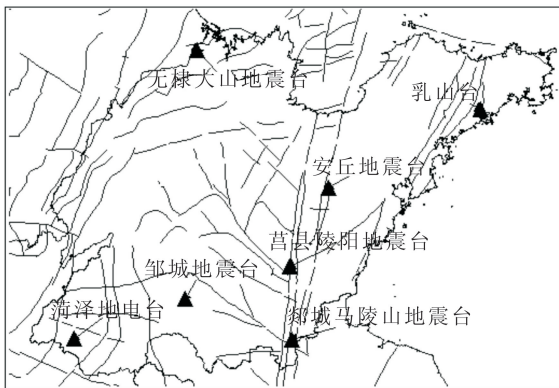


图 1 山东地电场观测台站分布图

Fig.1 Distribution map of geoelectric observation stations in Shandong

2015年1—10月,山东地震前兆台网对各观测仪器进行了数据跟踪分析,发现地电场观测系统故

障事件 14 条、自然环境事件 73 条、场地环境事件 21 条和人为干扰事件 21 条,观测资料受以上因素影响显著。

2 正常观测数据分析

我国多数地电场观测到的大地电场日变化体现在数据波形上主要呈“2 峰 2 谷”形态,有时也出现“1 峰 1 谷”^[6]。乳山台地电场属于典型的“2 峰 2 谷”形态,图 2 为该台 2015 年 4 月 25—27 日长极距日变化图。其他台站以“1 峰 1 谷”为主。

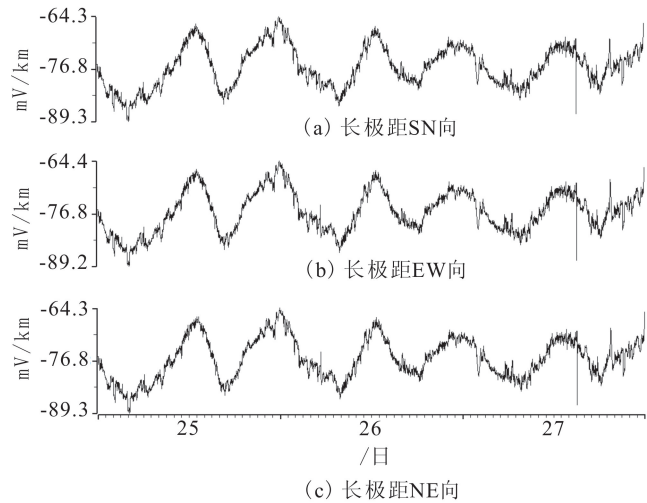


图 2 乳山台地电场日变形态曲线

Fig.2 Diurnal variation curve of geoelectric observation data at Rushan seismic station

在同一个地电观测场地内,若无明显干扰,相同测向不同极距观测数据的变化趋势是一致的。图 3 是 2015 年 2 月 1 日郯城台地电场长、短极距 SN 向分钟值曲线对比。从图中可以看出,同一方向长、短极距数据变化趋势基本一致、相关性好(相关系数 ≥ 0.8),只是变化幅度有较小差异,说明郯城台地电场使用的固体不极化电极工作正常,测区内无干扰。

3 干扰因素分析

3.1 观测系统故障

仪器故障是影响地震监测运行率和完整率的主要因素之一。随着山东地电场观测台网密度的不断加大、观测仪器备用设备严重不足和仪器返厂维修周期长,导致仪器缺记事件较多,事件持续时间长。地电场观测系统故障主要包括测量电极故障、避雷

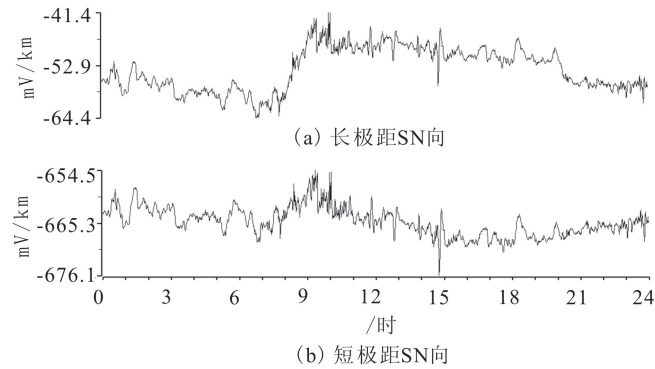


图3 郯城台地电场日变形态曲线

Fig.3 Diurnal variation curve of geoelectric observation data at Tancheng seismic station

装置故障、测量仪器以及通信处理系统故障。观测系统故障多出现数据同步错误,较容易判别。2015年1—10月山东地电场观测系统故障主要有主机故障(2套)、供电故障(2套)、数采故障(2套)和传感器故障(1套)。

3.2 自然环境干扰

地电场观测仪器对大地电场的变化反应非常灵敏,同样对自然环境变化反应也很灵敏。山东地电场观测自然环境干扰因素主要包括雷电、降雨、雷雨和风扰,2015年1—10月受自然环境干扰统计数据见表1。

表1 自然环境干扰统计

Table 1 Statistics of natural environmental interference

测项名称	影响因素	仪器数/(套)
地电场	风扰	2
地电场	雷电	4
地电场	降雨	4
地电场	雷雨	2
地电场	其他	1

(1) 雷电干扰

雷电是一种场电物理变化现象,其放电形式、量度取决于雷暴云电场。大气电场与地电场是对立而又统一的,形成了一种相互独立又相互影响的场电变化体系,雷电发生时大气电场与地电场发生电交换。地电场是一个相对稳定且有一定自身变化规律的静态电场,与大气电场中雷暴云电场相比,其梯度要小很多。雷电可以改变区域的电场分布环境,在外部场电变化的干扰下,两种或两种以上的土壤电导率界面就会形成带电离子和自由离子的积累,并构成形式各异的尖端放电场强^[7],从而引起电场畸变现象。图4为2015年6月10日23:25—11日2:

04 郯城台出现雷电现象时地电场长极距数据变化形态。从图中可以看出,观测值明显偏离正常变化形态,观测数据离散度较大,特别是在放电期间,因强烈电流瞬间干扰,数据呈现出典型的畸变,EW向畸变变幅48.53 mV/km,NE向畸变变幅52.96 mV/km。地电观测场地上不同的土壤电导率决定了地电场及地物尖端放电的击穿强弱程度不同,雷电过程中放电量的不同都可能导致地电场畸变变幅达每千米几十(甚至几百)毫伏,为正常值的几倍乃至几十倍,最严重时可将仪器直接击坏。

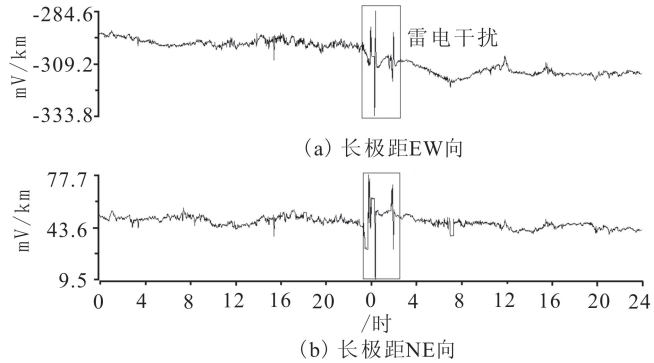


图4 地电场受雷电干扰

Fig.4 Waveform diagram of geoelectric observation data affected by lightning

(2) 降雨干扰

降雨可以改变土壤电导率,从而改变地电场及地物尖端放电的击穿强弱程度。缓急程度不同的降雨造成的数据离散程度也不完全一致,缓缓细雨或小雨时不会出现大幅度的数据突跳和趋势性变化,中等以上降雨会影响正常日变形态,且各测向长短极距相关性明显降低,各测向相关系数均由正常的0.8左右降至0.6左右,甚至更低^[8]。2015年6月23日—25日,济宁市普降大雨,平均降雨量达到66.9 mm,期间无雷电。邹城地电场6个测道均出现变幅不等、极性不同的离散型畸变,打破日变规律,地电场长极距变化见图5。降雨对地电场观测环境的影响属自然电场发生变化导致地表电性结构发生的改变,一般在1.2天左右即恢复正常日变形态。

(3) 雷雨干扰

雷电导致地电场观测数据出现畸变,降雨影响正常日变形态,且各测向长短极距相关性明显降低,中等以上降雨或雷电时主要表现为数据丛簇出现,并伴有高频的非极性相同的离散型数据。雷雨天气下,雷电通常离得较近,放电瞬间会引起观测数据较大幅度的变化,是正常时的数倍,持续时间也相对较

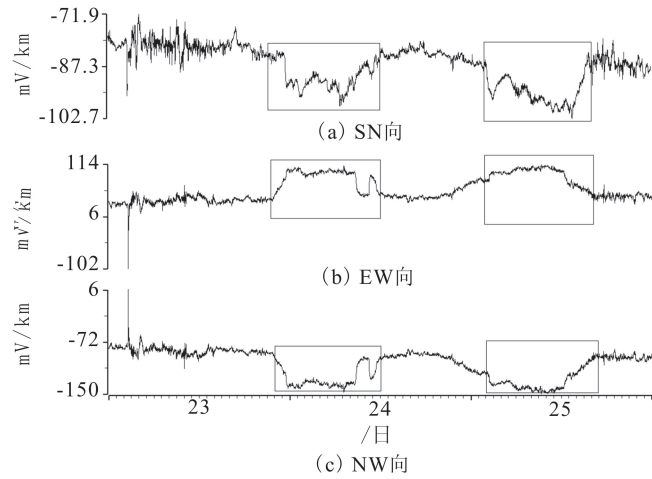


图 5 地电场受降雨干扰

Fig.5 Waveform diagram of geoelectric observation data affected by rainfall

长^[9]。郯城地电场 2015 年 6 月 19 日 10:30—19:36 有雷雨,降水量 10.6 mm。雷雨引起测区地表电场变化,造成各测道数据突跳、阶跃,最大幅度达 253.14 mV/km, NS 向、EW 向、NE 向相关系数较 18 日分别下降 0.428 5、0.435 5、0.298 9,下降幅度均大于 0.2,长极距变化见图 6。

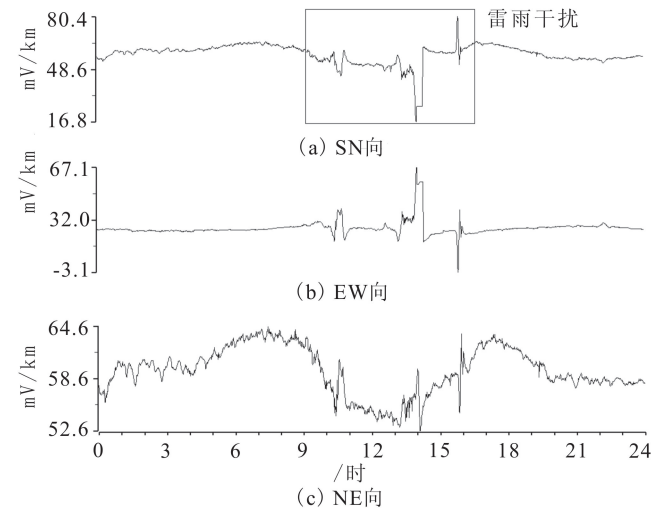


图 6 地电场受雷雨干扰

Fig.6 Waveform diagram of geoelectric observation data affected by lightning and rainfall

3.3 场地环境干扰

随着国民经济的飞速发展,特别是城市化基础设施建设,轨道交通、电网等各类电磁环境干扰对地电场观测的影响日益增强。山东地电场观测场地环境干扰主要以高压直流输电为主。宁东-山东直流输电工程是世界上首个±660 kV 电压等级的直流输电工程,起于宁夏银川东换流站,止于山东青岛胶州

换流站^[10],沿途经过宁夏、陕西、山西、河北、山东 5 省区,线路两侧大部分地电场观测均遭受不同程度的干扰。表 2 是郯城台 2015 年 1—10 月地电场长短极距观测受宁东高压直流输电影响的统计分析结果,变化幅度在 0~10 mV/km,以下降台阶变化为主。

以 10 月 20 日郯城台地电场为例,因电流注入接地极引起换流站地电位升高,从而导致地电场观测数据显著上升,长极距 SN 向上升 19 mV/km 左右,EW 向 4 mV/km 左右。当停止输电时,电流注入接地极直接降为零,观测数据呈直线下降,长极距 SN 向降幅 22 mV/km 左右,EW 向 3 mV/km 左右(图 7)。

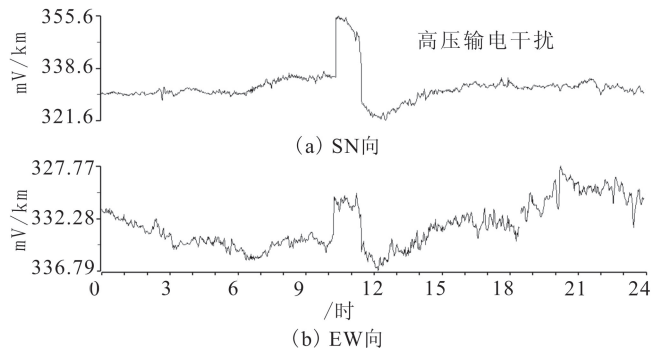


图 7 地电场受高压直流输电干扰

Fig.7 Waveform diagram of geoelectric observation data affected by high voltage direct current transmission

3.4 人为干扰

地电场观测受到的人为干扰主要有仪器校检、线路接触不良和供电线路改造,数据易发生非连续性同向突跳或台阶,长短极距幅度变化差别较大,但同一测道变幅基本接近,此现象不同于雷雨的无规则变化形态。图 8 为菏泽地电场 2015 年 7 月 15—21 日供电线路改造,电压不稳,造成观测数据发生非连续性同向突跳或台阶。

3.5 地电暴

地电暴具有信号幅度大、分布范围广等特点,一般在各台不同极距、不同方向都能记录到同步的异常信息,而且异常形态非常相似。异常的持续时间、强度与地电暴的持续时间及强度呈很好的正相关^[11]。地电暴几乎在全球同时发生,持续时间可长达 1~3 天,其中最强持续时间段一般在 1~5 h^[12]。地电暴每年出现多次,因而避免把地电暴当成人为干扰或其他异常原因进行处理就成了迫在眉睫的问题。地电暴的干扰特点是在地电场六个测道变化幅

表2 郯城台地电场观测受高压直流输电影响统计表

Table 2 Influence statistics of HVDC on geoelectric observation at Tancheng station

日期	测向	开始时间	结束时间	长极距/(mV·km ⁻¹)			短极距/(mV·km ⁻¹)		
				开始数值	结束数值	跳变幅度	开始数值	结束数值	跳变幅度
4月2日	NS	11:16	13:16	-63.5	-69.08	↓5.58	-696.12	-695.11	↑1.01
	EW	11:16	13:16	41.61	42.0	↑0.39	771.22	770.45	↓0.77
	NE	11:16	13:16	-18.44	-19.3	↓0.86	53.33	53.77	↑0.44
10月19日	NS	19:57	21:30	332.86	331.79	↓1.07	34.05	33.55	↓0.5
	EW	19:57	21:30	-329.76	-330.54	↓0.78	55.05	54.84	↓0.21
	NE	19:57	21:30	2.2	1.03	↓1.17	63.4	62.74	↓0.66
10月20日	NS	10:01	11:38	335.73	326.94	↓8.79	36.8	27.31	↓9.49
	EW	10:01	11:38	-334.52	-335.25	↓0.73	55.39	55.39	0
	NE	10:01	11:38	1.04	-5.17	↓6.21	65.5	58.44	↓7.06

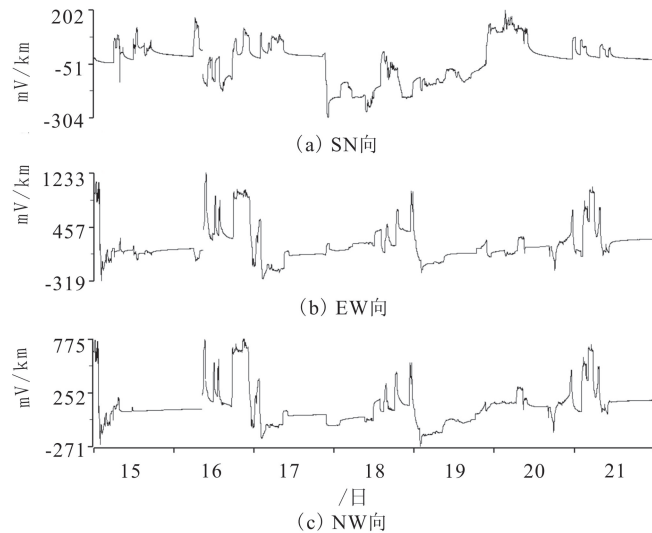


图8 地电场受供电线路改造干扰

Fig.8 Waveform diagram of geoelectric observation data affected by power line reconstruct

度基本一致,最大振幅方向相同,例如郯城台2015年7月4日15:47—5日19:57记录到的地电暴,最大K指数为5(图9)。因地理位置和观测环境不同,各个台站记录曲线所显示的地电暴幅度会存在差异。

4 结语

山东地电场观测系统故障频发,系统故障多导致数据同步错误,较容易判别。雷电会导致地电场观测数据出现畸变,变幅达到几十(甚至几百)kV/km,为正常值的几倍乃至几十倍。缓急程度不同的降雨会造成数据离散程度不一致,中等以上降雨会影响正常日变形态,且各测向长短极距相关性明显降低,各测向相关系数均由正常的0.8左右降至0.6左右,甚至更低。雷雨时,雷电和降雨的干扰叠加在一起,加大了干扰排除的难度。高压直流输电影响

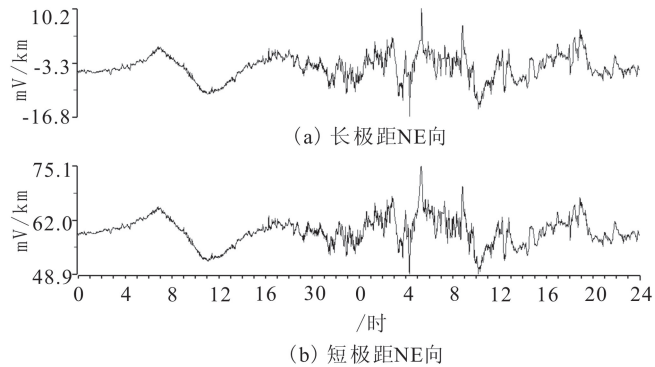


图9 地电场记录到的地电暴

Fig.9 Waveform diagram of geoelectric storm recorded in the geoelectric field observation storm

显著,电流注入接地极引起换流站地电位升高;当停止输电时,电流注入接地极直接降至零,地电场观测数据呈直线下降。人为干扰会造成数据非连续性同向突跳或台阶,长短极距幅度变化差别较大,但同一测道变幅基本接近。地电暴在六个测道的影响幅度基本一致,最大振幅方向相同,因地理位置和观测环境不同,不同台站记录的地电暴幅度会存在差异。

参考文献

- [1] 中国地震局监测预报司.地震电磁数字观测技术[M].北京:地震出版社,2002.
- [2] 蒋延林,张秀霞,杨冬梅,等.高压直流输电对地磁观测影响的特征分析[J].地震,2014,34(3):132-139.
- [3] 刘学升,黄灿,李海峰,等.高速公路施工对地磁观测的影响[J].地震地磁观测与研究,2005,26:68-74.
- [4] 马世虎,王秋宁,李焱奇,等.高速铁路建设对宝鸡地电场观测干扰分析[J].高原地震,2011,23(4):37-40.
- [5] 沈红会,李鸿宇,袁慎杰,等.江宁台地电场地铁干扰试验结果分析[J].地震,2014,34(3):125-131.
- [6] 叶青,杜学彬,周克昌,等.大地电场变化的频谱特征[J].地震学报,2007,29(4):382-390.
- [7] 张建国,王晋萍.场电特性与防雷工程[J].山西气象,2003,52

- (3):47-63.
- [8] 郭建芳,周剑青,佟鑫,等.地电场观测中的干扰分析[J].华北地震科学,2011,29(4):38-43.
- [9] 林向东,徐平,鲁跃,等.地电场观测中几种常见干扰[J].华北地震科学,2007,25(1):16-22.
- [10] 王向阳,王洪峰,黄春玲,等.高压直流输电对磁电场观测的影响[J].山西地震,2013,3(9):18-22.
- [11] 张学民,郭建芳,郭学增.河北省数字地电场数据分析[J].中国地震,2006,22(1):64-75.
- [12] 郅红魁,刘晓锋,何香玲,等.地电场数据观测干扰排查分析[J].地震地磁观测与研究,2012,33(1):75-80.