

周卫东,牛延平,叶青,等.垂直地电场观测新技术的数据研究——基于坪城观测点的分析[J].地震工程学报,2020,42(4):914-918.doi:10.3969/j.issn.1000-0844.2020.04.914

ZHOU Weidong, NIU Yanping, YE Qing, et al. Observation Data Analysis of Vertical Geoelectric Field with New Technology: A Case Study Based on Data from Pingcheng Station[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2020, 42(4): 914-918. doi: 10.3969/j.issn.1000-0844.2020.04.914

垂直地电场观测新技术的数据研究 ——基于坪城观测点的分析

周卫东¹, 牛延平¹, 叶 青², 田 野¹, 苏小芸¹, 王 娟¹

(1. 兰州地球物理国家野外科学观测研究站, 甘肃 兰州 730000;

2. 中国地震台网中心, 北京 100045)

摘要: 结合同台观测的水平地电场数据, 研究坪城垂直地电场观测数据, 结果表明: (1) 采用固体不极化电极进行垂直地电场观测, 同一极距的观测结果基本一致, 而铅板电极与固体不极化电极之间存在较大的电位差; (2) 垂直地电场日变化形态清晰, 长极距测道(A1C1、A2C1 和 A3C1 测道) 日变幅为 5.85 mV/km 左右, 短极距(B1C1、B2C1 和 B3C1 测道) 日变幅为 10.02 mV/km 左右; (3) 垂直向观测的地电场日变化优势周期在 12 h 和 24 h。

关键词: 垂直地电场; 水平地电场; 坪城; 电极

中图分类号: P319

文献标志码: A

文章编号: 1000-0844(2020)04-0914-05

DOI: 10.3969/j.issn.1000-0844.2020.04.914

Observation Data Analysis of Vertical Geoelectric Field with New Technology: A Case Study Based on Data from Pingcheng Station

ZHOU Weidong¹, NIU Yanping¹, YE Qing², TIAN Ye¹, SU Xiaoyun¹, WANG Juan¹

(1. Lanzhou National Geophysical Observatory, Lanzhou 730000, Gansu, China;

2. China Earthquake Network Center, Beijing 100045, China)

Abstract: The data of the horizontal and vertical geoelectric fields at Pingcheng Station were analyzed. Results showed that (1) the observation data of the vertical geoelectric field with solid non-polarized electrodes are basically consistent, but a large potential difference is found between a lead electrode and a solid nonpolarized electrode. (2) The vertical geoelectric field data display a strong diurnal variation. The diurnal amplitude variation in A1C1, A2C1, and A3C1 channels is about 5.85 mV/km, whereas the diurnal amplitude variation in B1C1, B2C1, and B3C1 channels is about 10.02 mV/km. (3) The vertical geoelectric field has an obvious diurnal variation with dominant frequencies of 12 and 24 h.

Keywords: vertical geoelectric field; horizontal geoelectric field; Pingcheng; electrode

收稿日期: 2019-12-18

基金项目: 甘肃省地震局地震科技发展基金(2019Y03); 国家自然科学基金(A413740808); 中国地震局专项(全国地球物理台网数据跟踪分析与产出)

第一作者简介: 周卫东(1988—), 男, 甘肃宁县人, 助理研究员, 硕士, 主要从事地震地球物理台网运维及数据分析工作。

E-mail: zwd1009@163.com。

0 引言

地电场是重要的地球物理场之一。目前,我国已建成大量的地电场观测台站,主要观测地电场的地表水平分量及其时空变化^[1-4]。研究表明,地电场垂直分量对于地震前兆地电场观测研究具有重要意义^[5],但由于场地和经费的限制,垂直地电场的观测研究在国内外较少^[6]。自 2009 年开始,王兰炜等人在甘肃天祝地区开展垂直地电场的试验观测,对垂直地电场的变化规律、频谱特征、以及其变化的同步性进行了研究^[6]。颜蕊等人对甘肃天祝地区红沙湾、黄羊川和松山三个台的垂直地电场观测数据特征进行了研究,结果表明,垂直地电场具有较为明显的近正弦形态的年变周期;不同台站之间年变周期相位和观测值的差别、不同台站对地震和磁暴反映特征的差异性能与台站地下介质电性结构差异关系紧密^[7]。

2015 年,中国地震局地壳应力研究所在甘肃坪城地震台建立了地电场观测系统,开展地电场观测研究。本文基于坪城台积累的垂直地电场观测数据,结合同场的水平地电场观测数据,对垂直地电场观测资料进行研究。

1 台站及观测系统简介

坪城地震台位于甘肃省永登县坪城乡,地理坐标:36.96°N,103.35°E,海拔约 2 580 m,为无人值守台。该区域位于毛毛山和老虎山之间的山间断陷盆地,台站位于老虎山—毛毛山断裂的南侧,距该断裂的最近距离为 23 km。观测区浅层地表结构较简单,主要为第四系冲洪积砾石、亚黏土,下伏上第三系临夏组红色砾岩、砂砾岩、砂岩夹橘黄色粉砂质黏土。观测区宽阔平坦,附近无大的干扰源。

坪城地电场观测系统包括观测地表水平地电场和垂直地电场分量,电极采 Pb-PbCl₂ 固体不极化电极和铅板电极。水平地电场采用 NS 向和 EW 向正交布极方式,极距都为 100 m,电极埋深 2 m,布极方式如图 1 所示。垂直地电场观测井深约 90 m,划分为地表、50 m 和 90 m 共三层,为了保证整个观测系统的可靠性和稳定性,采取同一深度埋设多个电极的方式(3 个不极化电极和 1 个铅电极),装置系统如图 2 所示^[8]。图 2 中,A4、B4 和 C4 为铅电极,其余为固体不极化电极。实际观测时,以底部的 C1 电极

为公共电极,测量通道为 9 个,按照顺序分别 C2C1、C3C1、C4C1、A1C1、A2C1、A3C1、B1C1、B2C1、B3C1 共 9 组;其中 A1C1、A2C1、A3C1、B1C1、B2C1 和 B3C1 观测的是垂直地电场,其他几组观测是为了检验电极的稳定性,便于在观测中相互验证,及时发现失效电极,保证观测数据的可靠性。

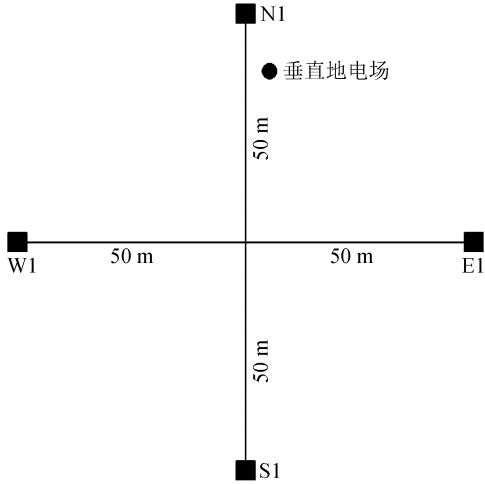


图 1 水平地电场电极埋设示意图

Fig.1 Electrode layout in horizontal geoelectric field

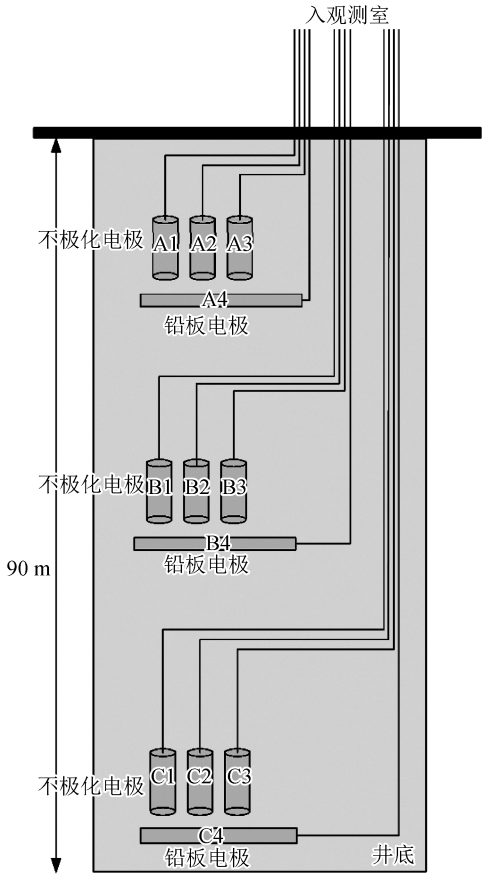


图 2 垂直地电场电极埋设示意图

Fig.2 Electrode layout in vertical geoelectric field

地电场观测仪器采用多通道 GEF—I 地电场仪,可同时满足三分量多电极的观测需求,其主要性能指标如表 1 所列。

表 1 电场仪技术指标

Table 1 Technical indicators of geoelectric field instrument	
电压准确度	±(0.1%读数+0.02%满度)mV
电压分辨力	优于 10 μV
动态范围	≥100 dB
输入阻抗	≥10 MΩ
频带范围	DC-0.01 Hz
测量范围	±1 000 mV
工频共模抑制比	>146 dB
工频串模抑制比	>80 dB
测量通道	26 通道
采样率	1 次/(分·道)

2 观测数据初步分析

2.1 电极稳定性分析

为了检验电极的稳定性,将 A1C1、A2C1、A3C1、B1C1、B2C1 和 B3C1 测道的观测数据对每天 00:00 的数据进行归一化处理,之后计算 A2C1、A3C1 与 A1C1、B1C1、B2C1 与 B3C1 测道之间的差值的平均值,表 2 给出了 2016 年 1 月 1—10 日观测数据差值的平均值。从计算结果可以看出,每天的差值不超过 0.1 mV,说明固体不极化电极性能稳定。

图 3 给出了 2016 年 1 月 1—5 日井底电极 C2、C3、C4 与 C1 的电位差的连续观测数据曲线。从图 3 可以看出,C2、C3 与 C1 的电位差较小,约为 3 mV,且比较稳定。而铅板电极 C4 与 C1 的电位差大于 150 mV,这主要是由于铅板电极的极化电位引起的。

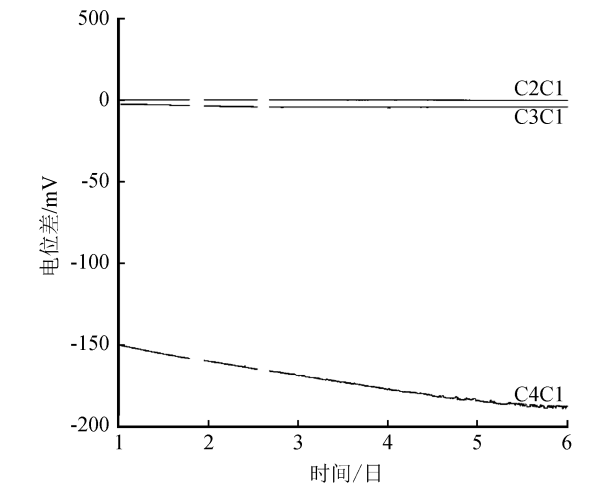


图 3 2016 年 1 月 1—5 日井底电极 C2、C3 和 C4 与 C1 的电位差

Fig.3 Potential difference between non-polarized electrodes and lead electrode during January 1—5, 2016

Table 2 Mean value of the difference between A1,A2,A3,B1,B2 and B3				
日期	CH1	CH2	CH3	CH4
2016-01-01	-0.016	0.010	-0.001	0.006
2016-01-02	0.008	0.031	0.003	-0.006
2016-01-03	0.022	0.048	0.007	-0.018
2016-01-04	-0.007	-0.009	0.032	-0.010
2016-01-05	-0.012	-0.004	-0.018	0.020
2016-01-06	-0.001	0.029	0.006	0.001
2016-01-07	0.014	0.008	0.004	-0.010
2016-01-08	0.012	-0.002	-0.086	-0.030
2016-01-09	0.008	-0.011	0.005	-0.017
2016-01-10	0.003	0.005	0.027	0.013

注:CH1 代表 A2C1 与 A1C1 差的平均值,CH2 代表 A3C1 与 A1C1 差的平均值,CH3 代表 B2C1 与 B1C1 差的平均值,CH4 代表 B3C1 与 B1C1 差的平均值。

2.2 观测数据分析

坪城台每天凌晨 3—4 时进行多极距地电阻率观测,干扰较大,因此将该时段干扰数据剔除。图 4 是 2015 年 7 月 11 日垂直地电场六个测道分钟值观测曲线,可以看出,垂直地电场各测道观测数据稳定,突跳变化较少,数值变化趋势非常接近,存在明显的日变化,A1C1、A2C1 与 A3C1 测道日变幅为 5.85 mV/km 左右,B1C1、B2C1 与 B3C1 测道日变幅为 10.02 mV/km 左右。图 5 是 2016 年 1 月 1 日—12 月 31 日垂直地电场 A1C1 和 B1C1 测道连续观测曲线,其表现出稳定的长期变化趋势,观测数据在 2 月底至 3 月初达到最大,然后缓慢回落。

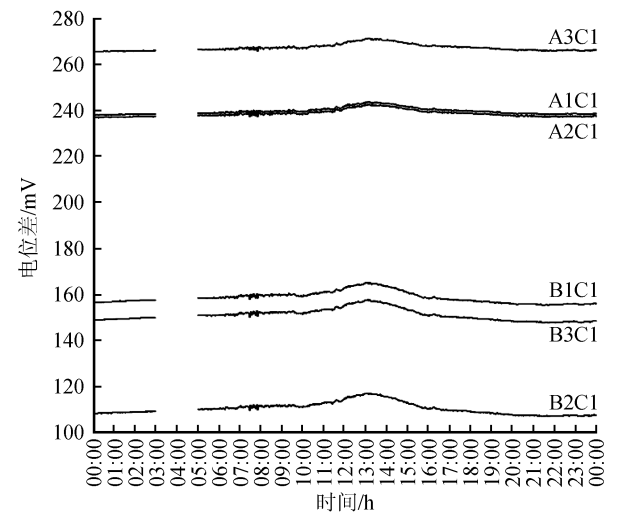


图 4 垂直地电场 2015 年 7 月 11 日分钟值观测数据曲线

Fig.4 Minute value curves of vertical geoelectric field data on July 11,2015

绘制 A1C1 和 B1C1 测道 2016 年 1 月 1—10 日

垂直地电场与水平地电场 NS 向和 EW 向对比变化曲线(图 6)。垂直地电场和水平地电场 NS 向存在明显的同步单峰单谷日变化形态,水平地电场高频变化比较明显,而垂直电场曲线变化较平滑,水平地电场 EW 向日变化特征相对 NS 向表现较弱。利用快速傅里叶变化(FFT)分析了 2016 年 1 月份垂直电场 A1C1、B1C1 测道和水平电场 NS、EW 的频谱特征,结果得到垂直电场 2 个测道的优势频率在 12

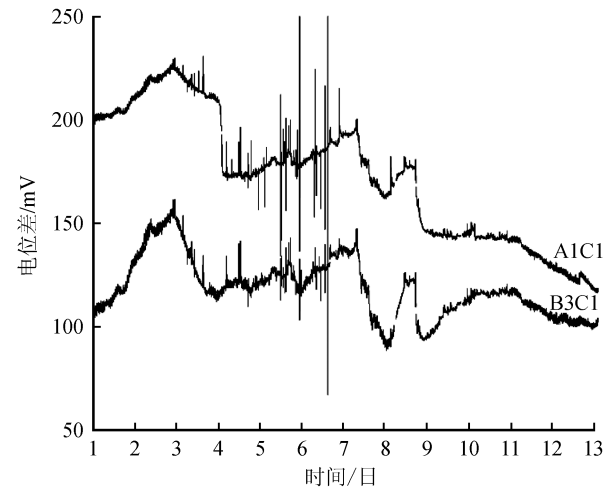


图 5 垂直地电场 2016 年 1 月 1 日—12 月 31 日连续观测数据曲线

Fig.5 The curves of vertical geoelectric field data from January 1 to December 31,2016

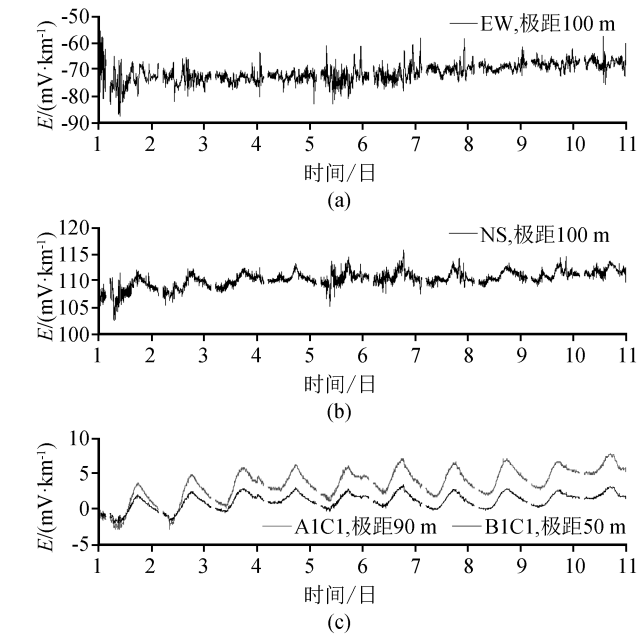


图 6 垂直地电场与水平地电场 2016 年 1 月 1—10 日相对变化曲线

Fig.6 Relative change curves of vertical and horizontal geoelectric field data during January 1—10, 2016

小时和 24 小时左右(图 7),而水平电场的优势频率与叶青等^[9-11]的研究结果比较接近,NS 向优势频率在 6、8、12、24 小时,而 EW 向优势频率与 NS 向一致,但由于其背景噪声较大,因此优势频率较 NS 弱一些(图 8)。

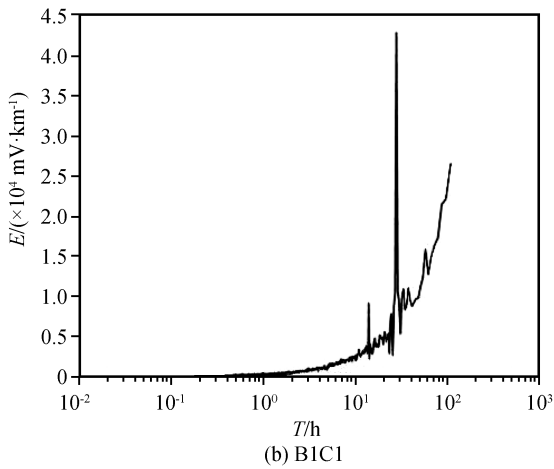
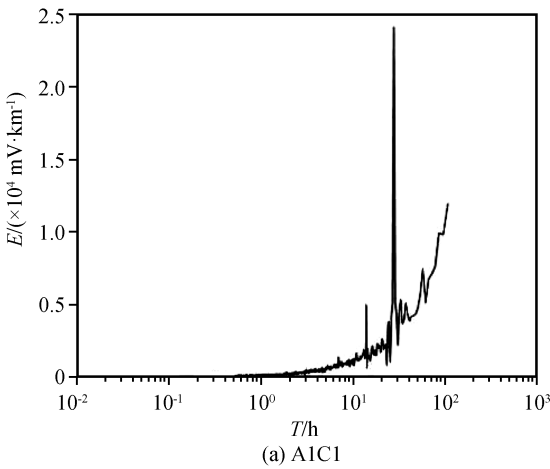


图 7 垂直地电场 A1C1 和 B1C1 测道 2016 年 1 月频谱曲线

Fig.7 The spectrum curves of vertical geoelectric field (A1C1 and B1C1) in January, 2016

3 讨论与结论

本文通过对坪城地电场观测数据的分析,可以得到以下结论:

(1) 采用固体不极化电极进行垂直地电场观测,同一极距观测结果基本一致。

(2) 井底的两对固体不极化电极 C2C1 和 C3C1 的观测结果基本一致,而铅板电极 C4 与固体不极化 C1 之间存在较大的电位差,这是由于铅板电极本身的极化电位差较大造成的。

(3) 垂直地电场存在明显的正常日变化形态,变化优势频率在 12 小时和 24 小时。

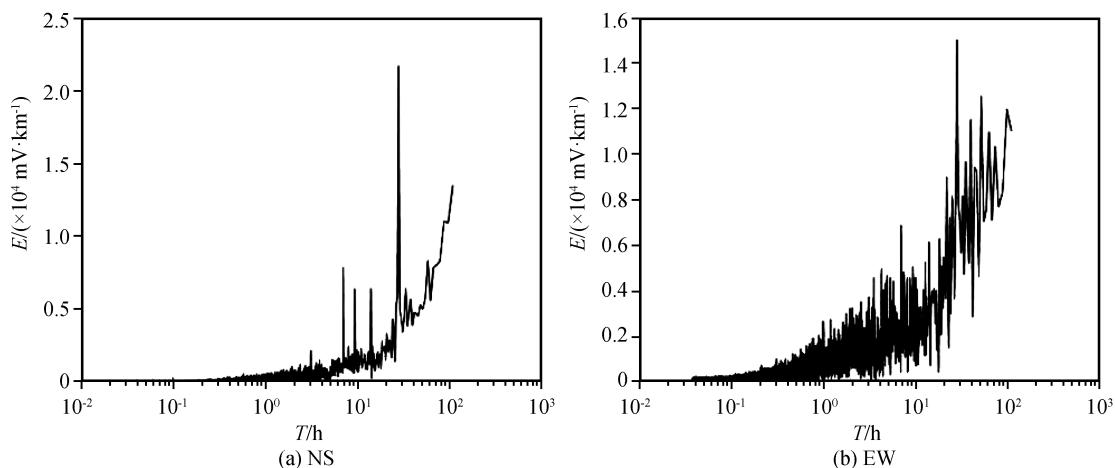


图8 水平地电场 NS 和 EW 测道 2016 年 1 月频谱曲线

Fig.8 The spectrum curves of vertical geoelectric field (NS and EW) in January, 2016

(4) 从频谱特征看,水平地电场高频变化比较明显,而垂直电场曲线变化较平滑。

(5) 垂直地电场存在明显的长趋势变化,但这种长趋势的变化是否表明所有垂直地电场本身就存在一定较长周期的变化,今后还需进一步研究。

致谢:本研究应用了中国地震局地壳应力研究所张宇副研究员提供的数据计算程序,在此表示衷心的感谢。

参考文献(References)

- [1] 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):382-390,448.
YE Qing, DU Xuebin, ZHOU Kechang, et al. Spectrum Characteristics of Geoelectric Field Variation[J]. Acta Seismologica Sinica, 2007, 29(4): 382-390, 448.
- [2] 叶青.地电场变化的基本要素研究及物理解释[D].兰州:中国地震局兰州地震研究所,2006.
YE Qing. Research on the Basic Features of Geoelectric Field Variation and the Physical Explanation[D]. Lanzhou, Lanzhou Institute of Seismology, China Earthquake Administration, 2006.
- [3] 赵洁,杜学彬,胡建军,等.嘉峪关地电场观测资料分析[J].西北地震学报,2009,31(3):290-295.
ZHAO Jie, DU Xuebin, HU Jianjun, et al. Analysis on the Observed Data of Electric Field from Jiayuguan Station[J]. Northwestern Seismological Journal, 2009, 31(3): 290-295.
- [4] 范晔,叶青,刘高川.地电暴事件判别方法及特征分析[J].地震工程学报,2020,42(1):107-115.
FAN Ye, YE Qing, LIU Gaochuan. Discrimination Method and Characteristic Analysis of Geoelectric Storms[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2020, 42(1): 107-115.
- [5] 王兰炜,张世中,康云生,等.垂直电场观测试验及数据初步分析[J].地震学报,2011,33(4):461-470.
WANG Lanwei, ZHANG Shizhong, KANG Yunsheng, et al.

Experimental Observation and Preliminary Data Analysis of Vertical Geo-electric Field[J]. Acta Seismologica Sinica, 2011, 33(4): 461-470.

- [6] 郝建国,张云福.地震静电预测学[M].东营:石油大学出版社,2001.
HAO Jianguo, ZHANG Yunfu. Earthquake Static Electricity for the Prediction[M]. Dongying: Petroleum University Press, 2001.
- [7] 颜蕊,王兰炜,张世中,等.甘肃天祝地区垂直地电场观测数据分析[J].大地测量与地球动力学,2013,33(4):39-43.
YAN Rui, WANG Lanwei, ZHANG Shizhong, et al. Observational Data Analysis of Vertical Geoelectric Field in Tianzhu Area, Gansu Province[J]. Journal of Geodesy and Geodynamics, 2013, 33(4): 39-43.
- [8] 张宇,王兰炜,申旭辉,等.中国电磁卫星地面对比观测系统方案研究[J].地震学报,2016,38(3):458-466.
ZHANG Yu, WANG Lanwei, SHEN Xuhui, et al. Ground-based Comparative Observation System in China Seismo-Electromagnetic Satellite Mission[J]. Acta Seismologica Sinica, 2016, 38(3): 458-466.
- [9] YE Qing, FAN Ye, DU Xuebin, et al. Diurnal Characteristics of Geoelectric Fields and Their Changes Associated with the Alxa Zuoqi 5.8 Earthquake On 15 April 2015 (Inner Mongolia) [J]. Earthquake Science, 2018(31): 35-43.
- [10] FAN Ye, TANG Ji, HAN Bing, et al. The Background Variation of Natural Source ELF and Its EM Abnormal Phenomena in Yun Nan Earthquakes[J]. Earthquake Research in China, 2018, 32(1): 130-140.
- [11] 崔腾发,杜学彬,叶青,等.中国大陆经纬链地电场日变化[J].地球物理学报,2013,56(7):2358-2368.
CUI Tengfa, DU Xuebin, YE Qing, et al. The Diurnal Variation of Geo-electric Field along the Longitude and Latitude Chains in China Mainland[J]. Chinese Journal of Geophysics, 2013, 56(7): 2358-2368.