

地电场观测中的干扰分析

郭建芳, 周剑青, 佟鑫, 张环曦

(河北省地震局秦皇岛中心台, 河北 秦皇岛 066100)

摘要:介绍和分析了昌黎台地电场观测中常出现的一些干扰和典型变化形态以及分析排查过程, 认为主要存在 5 种干扰变化: (1) 雷电、降雨影响; (2) 线路接触不良; (3) 直流干扰; (4) 电极极化; (5) 观测系统(主机)故障。各种干扰源不同其变化形态也不同, 可以从变化形态和变幅方面进行判断。

关键词:昌黎台; 地电场; 干扰类型; 变化特征

中图分类号: P319.1

文献标志码: A

0 引言

地电场观测和地磁场观测, 都是地球物理场观测的重要组成部分, 且是相互关联最密切的两个分支。地电场主要包括大地电场和自然电场, 大地电场是太阳、太阴活动和地球自转及星际磁场等引起的地球外部的各种电流系, 在地球内部感应产生的分布于整个地球表面或较大区域的变化电场; 自然电场是地壳局部物理、化学条件变化引起的局部性电场^[1]。一般说来, 自然电场场源的空间尺度与大地电场的场源相比要小的多, 因此局部结构所造成的场的空间分布的差异, 自然电场比大地电场要大^[2]。

大地电场作为前兆观测手段之一, 日常观测资料记录到的干扰形态有多种, 因素也不尽相同。震前异常信号的识别对分析预报工作非常重要, 但要想清楚地判断其是否为我们所需要的震兆信号, 首先必须掌握和识别该台站各种干扰类型的变化形态, 做到一目了然, 而许多相关工作人员在处理数据或者分析干扰原因时因缺乏识别经验无法定论。鉴于此, 本文对昌黎台大地电场 2002—2010 年受到的主要干扰进行了认真整理和分析, 希望对同类台站识别类似干扰有借鉴价值。

1 电极布设方式

昌黎台大地电场观测始于“九五”改造期间的 2001 年 10 月, 仪器型号为 ZD9A, 采样率为分钟值,

采用 Pb-PbCl₂ 固体不极化电极, “L”式布设, 架设 NS、EW、N45°E 三个测向, 长、短共 6 个测道, “O”为 NS、EW 方向垂直公共点, NS、EW 测向长、短极距各为 300 m、150 m(图 1)。由于昌黎台视电阻率比较大(大于 100 $\Omega \cdot m$), 150 m 的极距可以记录到非常清晰的地电日变化。基于观测方向问题, EW-L 测道信号极性与其它测道相反。2011 年 1 月将原“九五”仪器 ZD9A 更换为“十五”仪器 ZD9A-II, 本文分析所用数据均为“九五”仪器产生的原始分钟值数据。

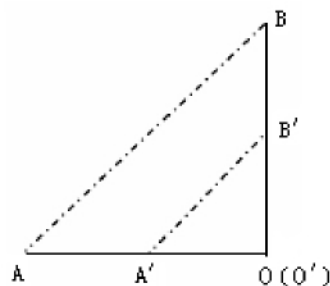


图 1 昌黎地电场电极布设方式

2 干扰类型及形态特征分析

磁静日(一般磁情 $K \leq 2$)时昌黎地电场具有规则日变形态, 表现为 EW 测向极小值出现在北京时间 04 时左右, 双峰双谷; SN 测向极小值出现在北京时间 12 时左右, 双峰单谷。但当磁场扰动偏大时($K \geq 5$)大地电场可以清晰地记录到磁扰变化, 尤其以地电暴最为明显。无论是地电暴还是地磁暴都具有广

域同步性,其变化在时间域具有同步性,在频率域具有优势频率变化一致性等整体性特点。经研究,当地电暴扰动强度剧烈时,也可以记录到初相、主相和恢复相完整形态,当地电暴强度偏弱时,其变化形态逐渐不清晰,但地电暴不一定都有完整的 3 个变化形态^[3]。除受外空地磁场正常变化影响以外,日常大地电场观测本身容易受区域电磁环境以及气候等因素干扰,随着数字化仪器灵敏度和采样率的提高,数据中夹杂的各类信息随之增多,诸如雷电、降雨、直流供电干扰、气温(或季节)变化、震前异常信号(简称 SES 信号)等都有可能被记录到,本文通过对昌黎台大地电场数据整理,针对日常干扰做了初步总结,认为主要有以下几种类型:

(1) 雷电、降雨影响

通过整理不同程度降雨,发现其影响结果并不一致。例如降小雨、中雨或大雨时,缓急程度不一,地表电场变化不尽相同;降雨时是否伴有打雷,数据畸变形态也有所区别。本文抽取如图 2~图 4 所示的不同降雨变化,显示了蒙蒙细雨、小雨(无雷)、中雨(伴有打雷)时地表电场变化特征。2007 年 5 月 23 日凌晨至 16 时 50 分降蒙蒙细雨,6 个测道数据均未受到明显干扰,但无规则日变形态,即双峰双谷或双峰单谷的正常日变消失(为节省篇幅,在此只抽取一个测道举例绘图);2007 年 4 月 12 日降小到中雨,雨势缓缓加重,期间无打雷,降雨量约 15 mm,6 个测道出现变幅不等、极性不同的离散型畸变,打破日变规则;2007 年 5 月 15 日伴有打雷的中雨影响

则表现为 6 个测道数据畸变比较密集、频次更高,尤其在雷电期间数据离散程度往往偏明显、无规则日变。以上 3 种情况反映 2 个共同特征:① 缓急程度不同的降雨造成的数据离散程度并非完全一致。一般情况下缓缓细雨或小雨时不会出现大幅数据突跳,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;② 不同程度的降雨或雷电都会影响正常日变形态,且各测向长短极距相关性明显降低。根据台站观测日志统计,每逢雷雨期间,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。降雨对测区环境的影响属局部自然电场发生变化导致地表电性结构发生改变,一般在 1、2 天左右恢复正常日变形态。

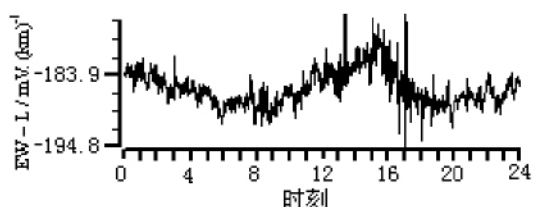


图 2 2007 年 5 月 23 日降蒙蒙小雨大地电场变化特征

(2) 线路接触不良

目前地电场观测台站外线路一般采用铜芯制成,时间长了容易生锈造成接触不良,也有因线路包扎不牢,气温受季节变化导致线路接头处凝结水珠,造成观测数据不准确等情况。昌黎台曾多次记录到与线路故障有关的异常变化(图 5),2003 年 12 月 8

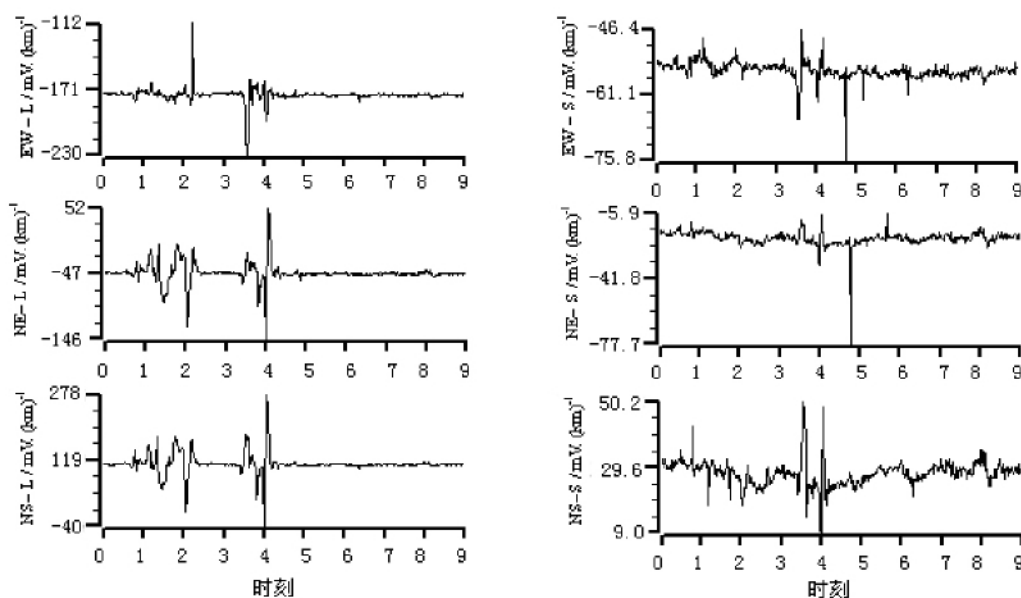


图 3 2007 年 4 月 12 日降小到中雨(无雷)大地电场变化特征

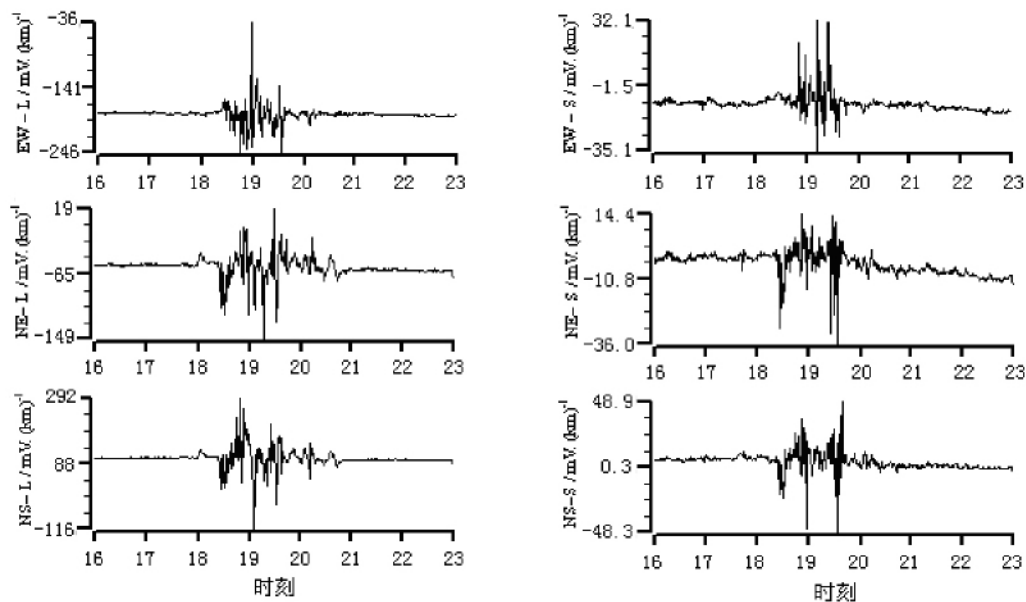
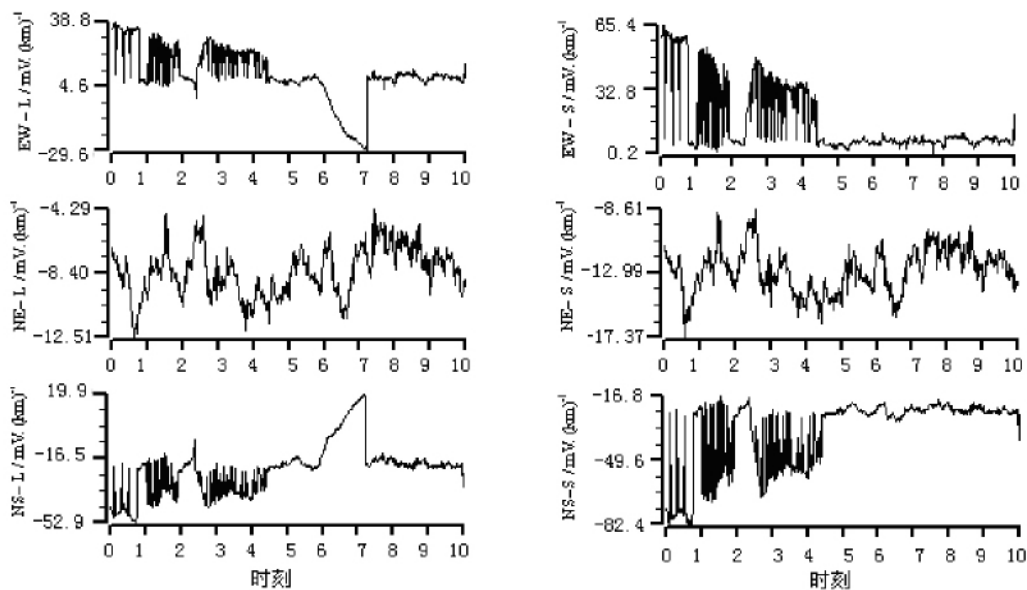
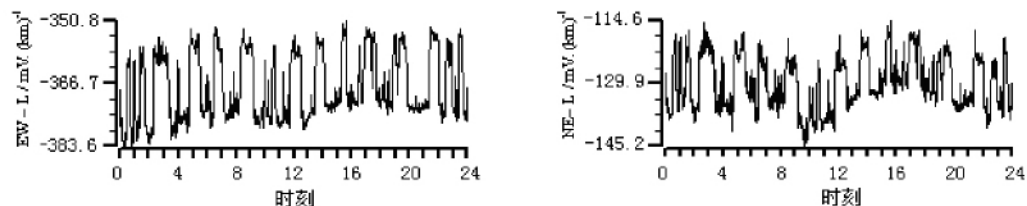


图4 2007年5月15日中雨(伴有打雷)大地电场变化特征



(a) 2003年12月8日线路接触不良大地电场变化特征



(b) 2007年9月7日线路接触不良大地电场变化特征

图5 线路接触不良导致的大地电场变化特征

日00—05时干扰信号只出现在EW和NS测向的4个测道,NE方向2个测道无异常记录,2个测向长

短极距同步同向变化且变化幅度差异较大,可判断最大可能为公共点O有异常情况,重新擦拭电极处

接头数据恢复正常。06—07 时的缓慢台阶变化同时出现在 EW-L、NS-L 两测道,相关短测道无干扰,根据形态特征分析认为干扰源属同一个,但应排除测区内外环境、线路等故障,与磁扰、降雨、直流干扰等情况又有所不同,故判断可能是观测系统出现问题。2007 年 9 月 7 日 EW-L、NE-L 两测道全天出现多簇台阶变化,其它测道数据正常,当时曾连续多日出现此类干扰,经仔细排查线路,发现东西向 A 点线路接头存有水汽,擦拭后重接数据恢复正常。

(3) 直流干扰

该台有 ZD8B 地电阻率和大地电场并行观测,

采样率为整点值,采样时间为 5~13 min,二者观测场地相距仅 200 m 左右。通常地电阻率观测以直流供电进行采样,故对大地电场观测会造成台阶影响,为避免此类干扰,二者主机有一个供电准许工作参数存放地址 401A,当该地址参数设置为 01 时,ZD9A 观测 ZD8B 收到供电暂停信号,观测完毕后 ZD8B 收到指令允许向外供电。此方法避免了二者互相影响。

昌黎台大地电场曾记录到 6 次台阶干扰(图 6),统计每次各测道干扰变幅见表 1。

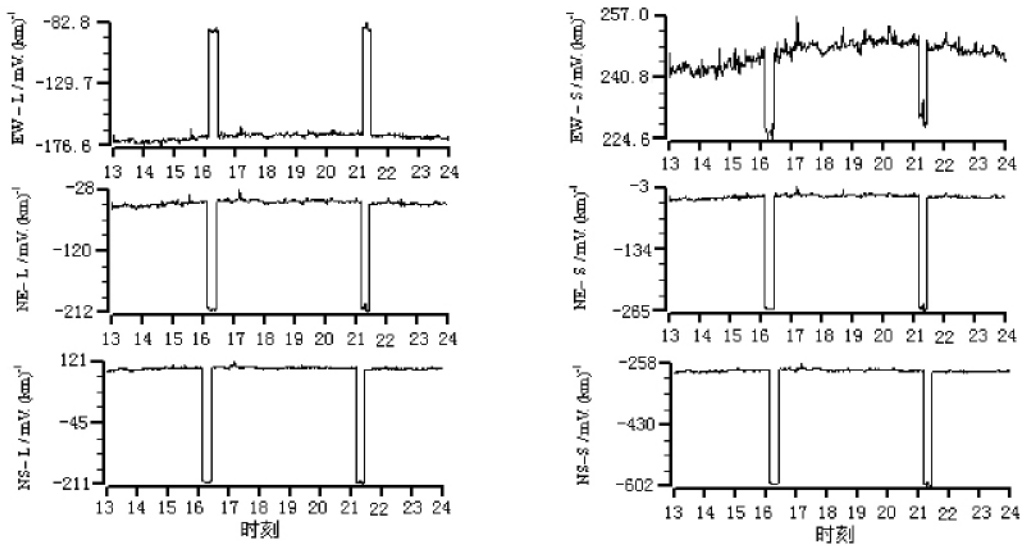


图 6 直流供电导致的大地电场变化特征

表 1 直流供电干扰各测道变化幅度

测道	EW-L	EW-S	NE-L	NE-S	NS-L	NS-S	开始~结束时间
变幅	37.32	40.40	-234.27	219.20	233.07	-274.04	2004-7-30T01:06—01:08
变幅	78.55	-20.80	-159.48	-238.89	-305.13	-315.26	2009-3-25T16:06—16:24
变幅	81.38	-21.62	-161.39	-240.76	-309.97	-319.83	2009-3-25T21:09—21:25
变幅	81.29	-19.50	-158.75	-239.02	-306.83	-317.84	2009-3-26T10:07—10:24
变幅	74.58	-27.92	-158.57	-235.61	-300.43	-303.76	2009-5-13T14:06—14:24
变幅	78.35	-26.38	-162.24	-238.95	-307.71	-312.28	2010-6-18T08:06—08:08

表 1 数据显示:①干扰出现时间与地电阻率观测供电开始时间基本同步,但部分结束时间比供电时间超长,此问题难以说清。②6 组变化形态呈现 2 种不同变化形式:正反向变化和同向变化。2004 年 7 月 30 日虽然只有 2 分钟干扰(此处不再绘图),但 NS-S、NE-S 呈现上下台阶变化,其余 4 个测道台

阶均为上升变化。其余 5 次与图 6 所示相同。③6 组中有 5 组干扰变化量基本一致,说明属同一因素影响。依据上述 3 点,判断表 2 中的干扰源应该为地电阻率供电影响。当然此情况并非经常出现,偶有发生的主要原因可能为参数改变,地电阻率不再受电场仪控制,二者同时观测地电场必然受到干扰。

那么昌黎台大地电场记录到的 2 种变化形态是否都为地电阻率观测的影响呢? 经与仪器相关专家席继楼老师讨论, 认为地电阻率供电时虽然采取正反向供电方式, 但其对地电场造成的影响可能会存在以上 2 种情况, 地电阻率正反向供电的周期为几秒钟, 地电场(九五)为 1 分钟测 1 个点, 所以测量得到的真正的干扰变化应该是随机的脉冲, 也可能收到人工供电信号自然衰减的影响, 呈现某一个方向的变化。例如北京延庆台在 2004 年 2 月 17—19 日进行地电阻率观测实验时曾记录到地电场数据呈正、负的高频变化^[4]; 2000 年 4 月 21 日蒙城台电场 NS 向分钟值因受地电阻率观测影响多个小时呈现同方向变化, 但也有部分时段呈正反方向变化^[5]; 2008 年 3 月 27 日宁夏石嘴山和固原台地电场全天受到地电阻率观测供电干扰, 二者的变化形态分别为同向变大和同向变小^[6]。

(4) 电极极化

测量电极用于拾取观测场地上的地电场信号, 是地电场观测系统中的关键部件^[7]。昌黎大地电场

采用过 2 种电极观测, 即 Pb-PbCl₂ 固体不极化电极和金属铅(板)电极。2 种电极的区别在于: 金属铅电极由于直接放置于土壤介质中, 电极周围的 Pb²⁺ 离子浓度会随着环境温度、地下水的流动速度以及土壤介质条件的变化而变化, 所以电极极化电位的个体差别较大, 且随着周围环境的变化而变化; 不极化电极则是将金属电极放置于含有同类金属离子溶液中, 可以通过控制溶液浓度来人为控制其极化电位, 提高极化电位的稳定性, 减少个体之间的差别^[8]。根据昌黎台实际使用情况显示, Pb-PbCl₂ 固体不极化电极性能稳定期偏短(1 年左右), 易发生单方向漂移, 而铅板电极稳定性优于 Pb-PbCl₂ 固体不极化电极。图 7 显示了固体不极化电极稳定性差的数据漂移特征, 2002 年 4 月 8 日 NE-S、NS-S 测道失去正常日变形态, 2 个测向长短测道相关系数降至 0.6 以下, 该情况多日连续出现, 此时距埋设时间约 6 个月, 反映了 NE-S、NS-S 测道公共点 A' 电极的不稳定性。

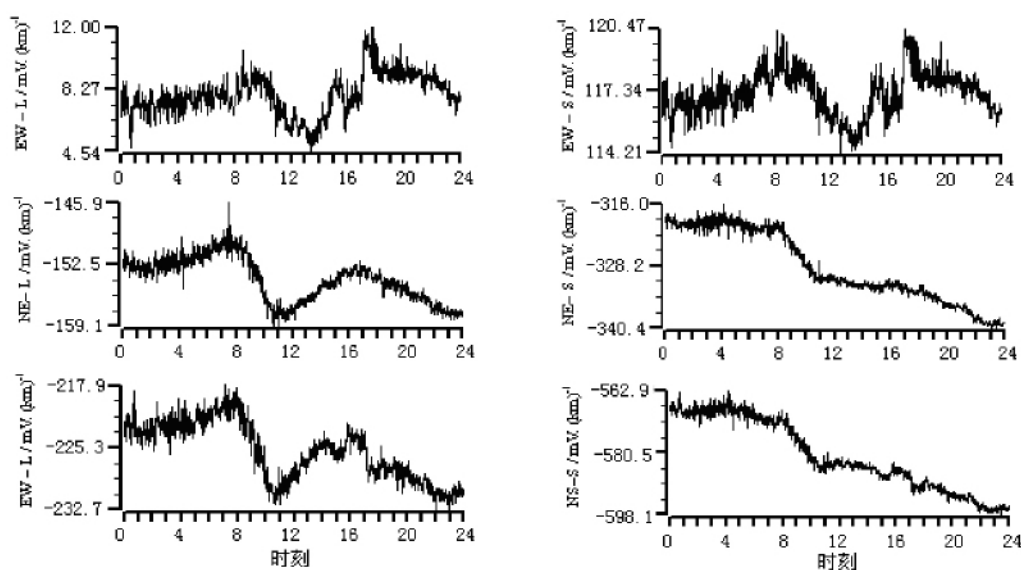


图 7 B' 点电极极化导致 NE-S、NS-S 测道数据单向漂移

此情况不仅会造成无正常日变, 而且在降雨、浇地等情况下会产生不同于正常干扰变化的畸变。如图 8 所示, 2008 年 6 月 23 日 04:52—12:25 降雨, 降雨量 8 mm, 该时段只降雨无雷, EW-S、NE-S 测道在降雨开始出现突跳, 后出现 3 次缓慢升降变化, 而其它 4 个测道只出现类似图 2 的变化(在此不再绘图), 但这并非是非降雨造成的实际影响, 疑似 EW-

S 与 NE-S 测道公共点 A' 电极产生了不同于其它电极的极化电位, 在测量回路中产生一个附加的电极极化电位差, 从而影响到地电场观测。此情况有时影响正常日变, 1、2 天才恢复正常。理想的参与观测的一对或一组电极的极化电位比较接近, 但实际上每个电极的极化电位还是存在差异, 这种极化电位会随着周围与之接触的介质条件的改变而改变,

如电化学极化、浓差极化、电阻极化、电流极化等,由此可见极化电位的一致性对地电场观测至关重要

要^[9]。

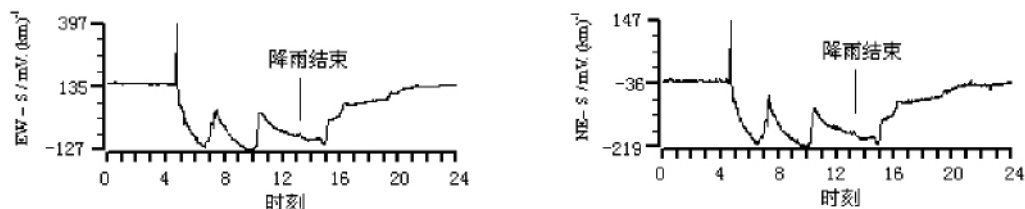


图8 2008年6月23日因降雨引起的电极极化干扰

(5) 观测系统(主机)故障

大地电场观测系统主要包括测量电极、避雷装置、测量仪器以及通信处理系统等主要组成部分^[9],一般的观测系统故障主要表现为主机故障,各测道多出现数据同步错误,较容易判别。但也有个别测道数据产生阶变、漂移等错误现象。例如:某一测道数据出现阶变,可能是与该测道有关的芯块出现故障;有时各测道数据在整点时出现台阶,则可能存储芯块出现故障(九五仪器);也有2个测道数据同时漂移的,例如图5(a)中提及的06—07时缓慢台阶变化,从变化形态分析可能与公共点“O”电极不稳定有关,但相应各短测道数据未发生变化,应排除电极问题,很可能为观测系统(主要为仪器内部)不稳定所致。

3 结论

经分析昌黎台大地电场数据,认为主要存在以下5种干扰变化,其特征为:

(1)雷电、降雨影响:①缓急程度不同的降雨造成的数据离散程度并非完全一致。一般情况下缓缓细雨或小雨时不会出现大幅数据突跳,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;②不同程度的降雨或雷电都会影响正常日变形态,且各测向长短极距相关性明显降低。

(2)线路接触不良:数据易发生非连续性同向突跳或台阶,长短测道幅度变化差别较大,但同一测道各变幅基本接近,此现象不同于雷雨的无规则变化形态。

(3)直流干扰:地电阻率直流供电时对大地电场观测的影响呈现2种不同变化形式,即正反向台阶和同向台阶变化,各次变幅不尽相同但基本接近,无杂乱变化存在。

(4)电极极化:Pb-PbCl₂固体不极化电极稳定性发生变化时,易造成数据单向漂移,在降雨、浇地等情况下也可能产生不同于正常干扰变化的畸变,有时可滞后1、2天。

(5)观测系统(主机)故障:一般的观测系统故障主要表现为主机故障,各测道多出现数据同步错误,较容易判别。但也有个别测道数据产生阶变、漂移等错误现象。

参考文献:

- [1] 徐文耀. 地球电磁现象物理学[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社,2009:20.
- [2] 沈红会,冯志生,燕明芝,等. 地电场震前变化的探讨[J]. 西北地震学报,2006,28(1):74-77.
- [3] 张秀霞,殷翔,郭建芳,等. 江苏地区地电场变化特征与差异性分析[J]. 华北地震科学,2011,(1):24-29.
- [4] 郭建芳,李非,张秀霞,等. 地电场日变幅与地电暴分析[J]. 地震地磁观测与研究,2010,31(3):18-23.
- [5] 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.
- [6] 薛志明,胡莲之,李雪华. 蒙城大地电场观测资料的初探[J]. 地震地磁观测与研究,2004,25(2):62-67.
- [7] 席继楼,赵家骥,王燕琼. 地电场观测技术研究[J]. 地震,2002,22(2):67-73.
- [8] 卫定军. 宁夏石嘴山和固原大地电场资料对比分析[J]. 内陆地震,2010,25(2):64-72.
- [9] 中国地震局监测预报司. 地震电磁学理论基础与观测技术[M]. 北京:地震出版社,2010:222-228.

(下转第48页)

级地震对应, 尽管在发震时间上该关系对应较好, 但从以往经验上看, 往往震级越大与之对应的时间因子变化幅度也相应较大, 因此从能量震级的角度上看, 这次的对应还需在后续的工作中论证。

中强震及小震条带与等值线的对应说明典型场

空间能量分布可能代表了区域不同构造、不同层次的地震活动空间分布状态, 但该现象只是较为肤浅地、从表象层次提出了这种可能的规律, 因此还需要从原理上更深入地给予解释。

参考文献:

- [1] 杨明芝, 赵卫明. 宁夏及邻近地区地震活动能量场的统计分析[J]. 地震学报, 2004, 6(5): 516-522.
- [2] 罗国富, 杨明芝. 云南地区地震活动能量场的时空分布特征[J]. 中国地震, 2005, 21(3): 332-340.
- [3] 黄玮琼, 李文香, 曹学锋. 中国大陆地震资料完整性研究之二——分区地震资料基本完整的起始年分布图像[J]. 地震学报, 1994, 16(4): 423-432.
- [4] 肖兰喜, 许萍, 冯志军, 董翔. 近年来华北南部地区地震活动增强的力学背景分析[J]. 华北地震科学, 2009, (1): 1-6.
- [5] 中国地震局监测预报司预报管理处. 中国地震目录[M]. 北京: 地震出版社, 2010.
- [6] 杨理华, 赵喜柱, 靳雅敏, 等. 河北省地震构造[J]. 华北地震科学, 1985, 3(1): 20-27.
- [7] 王帅军, 王夫运, 张成科, 等. 北京及附近地区地壳速度结构与构造[J]. 华北地震科学, 2011, (2): 6-12.
- [8] 岳晓媛, 张红旗, 武安绪. 首都圈地区 $M_S 5.0$ 级以上地震前地震活动图像[J]. 华北地震科学, 2011, (2): 45-48.

Study on Energy Field of Seismicity in the Capital Circle and Its Surrounding Area

XU Xiao-qing^{1,2}, LUO Guo-fu², MA He-qing², YANG Ming-zhi²

(1. University of Science and Technology of China, Anhui Hefei 230026, China;

2. Earthquake Administration of Ningxia Province, Ningxia Yinchuan 750001, China)

Abstract: In this paper, using the analytical method of natural orthogonal function expansion, the time factor and spatial distribution of the energy field of seismicity in the Capital Circle and its surrounding area before strong earthquakes are studied. Our study shows that this method is effective in distinguishing the information of seismic anomalies before strong earthquakes.

Key words: the Capital Circle and its surrounding area; the analytical method of natural orthogonal function expansion; the seismic anomalies

(上接第 43 页)

Analysis of Interference on Observation Data of Geoelectric Field

GUO Jian-fang, ZHOU Jian-qing, TONG Xin, ZHANG Huan-xi

(Qinhuangdao Seismic Station, Hebei Qinhuangdao 066100, China)

Abstract: This article describes and analyzes the interference to geoelectric field and their typical variation characteristic in Changli seismic station, as well as analysis process. The result shows that there are mainly five types of interference: (1) thunder and rainfall, (2) bad contact of line, (3) DC interference, (4) polarized electrode, (5) fault of observation system. The variation characteristics of the five types of interference are different and depend on their own source. Therefore, we can judge them according to their variation characteristics.

Key words: ChangLi seismic station; geoelectric field; interference type; variation characteristics