

观测场地漏电导致的地电场观测异常变化分析*

王永安¹, 苏有锦¹, 方伟², 褚金学², 赵小艳¹, 杨学慧¹

(1. 云南省地震局, 云南 昆明 650224; 2. 云南省地震局 弥渡地震台, 云南 弥渡 675600)

摘要: 通过对弥渡地震台地电场观测系统及观测环境相关项目进行逐项核实、分析, 结合观测资料的异常变化特征, 进行重点排除、查找, 找到引起观测资料异常变化的原因是观测场地附近路灯线路漏电所致, 判定该异常不是地震前兆异常。

关键词: 地电场观测系统; 地震前兆异常; 异常核实; 路灯漏电; 弥渡地震台

中图分类号: P319

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2015)03-0617-06

0 前言

地震前兆观测资料异常现场核实是一项极其艰难而又非常重要的工作, 由于地震前兆观测系统是一个开放系统, 有时除了观测系统自身一些因素干扰影响外, 更易受自身系统以外因素的影响, 而且这些影响因素多种多样, 极其复杂, 这种复杂性给引起地震前兆观测资料异常变化的原因寻找、性质判定带来极大困难。经过现场核实后, 对异常资料性质判定, 有时是对当时地震形势的判定的重要依据, 因此, 最终对异常资料性质判定的准确性就极为重要。

1 弥渡地震台地电场观测资料

1.1 台站概况

弥渡地震台位于云南省大理市弥渡县, 海拔 1 659 m (图 1), 属国家基本地震台。目前弥渡地震台已成为具有形变、流体、电磁三大观测学科的综合性地震观测台站 (云南省地震局, 2005)。

弥渡盆地是堆积断陷盆地, 为扬子准地台结晶基底岩系, 古生代、新生代地层均有外露, 主要为玄武岩, 地表覆盖亚粘土、砂层和砂砾石层等。弥渡地震台位于弥渡盆地东北角, 在红河断裂带东北盘, 距红河断裂带弥渡段仅几千米, 台站以南 15 km 处的直力为红河断裂的北端与北北向的永胜—弥渡断裂带的交汇处, 地质构造比较复杂^{①②} (图 1)。

弥渡地电场观测场地位于弥渡地震台东边弥渡县城的东北边的文笔山脚下, 在下海子村农田里以及弥渡一中运动场内 (图 2)。测区地形较为平整, 三面被山环绕。测区内人员及农田灌溉活动较为频繁, 对观测资料有一定影响。

1.2 地电场观测系统

弥渡地电场主要观测仪器采用由中国地震局预测研究所监制、北京陆洋科技有限公司生产的

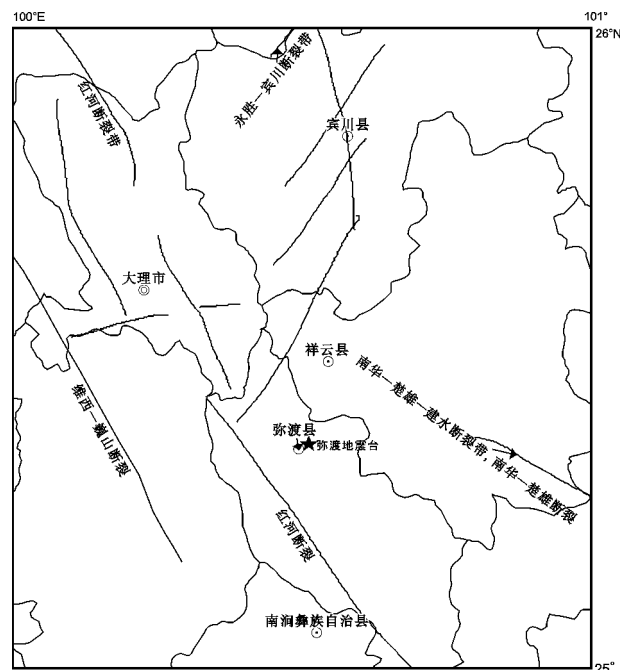


图 1 弥渡地震台周边主要断裂分布

Fig. 1 Distribution of main fault around Midu Station

* 收稿日期: 2014-11-18.

基金项目: 云南省人民政府十项重点工程“云南大震短临跟踪工作”专项资助。

① 云南省地震局. 2007. 弥渡地震台地电场观测单位工程技术报告.

② 云南省地震局. 2007. 弥渡地震台地电场观测单位工程试运行报告.

ZD9A - II 型数字电场仪, 用于标定的标准仪器采用 0.01 级 UJ25 型电位差计和 0.005 级 BC9a 型饱和标准电池。地电场观测沿近南北和东西两个互相垂直的方向布设测线, 选用双 L 型布极方法, 电场测量区平面图及电场观测布设线路如图 2 所示, 共埋设有 5 个电极, 观测电极埋设在地面以下约 20 m 处, 3 个观测测道 (北南、东西, 北东向), 分别进行长短极距观测。斜边 (北东向) 长、短极距观测与南北向、东西向共用北端点 (B_1 、 B_2) 和东端点 (A_1 、 A_2) 观测电极, 中心电极 (O_1 、 O_2 为同一电极) 为共用电极, 北端点电极 B_1 、 B_2 和东端点电极 A_1 、 A_2 仅相距 10 m, 各测边观测电极布设参数见表 1。外线路采用电缆架空方式^{①②} (中国地震局, 2001)。

1.3 历史观测资料

从 2006 年 9 月 22 日弥渡地电场观测系统运行以来, 共进行过两次技改工作, 因地方建设发展的需要, 测区及周边建筑越来越多, 为尽量减小外部干扰, 经专家论证分析后, 分别于 2009 年 12 月和 2010 年 9 月进行了电极埋深处理, 埋深从 5 m 增加至 20 m, 并对线路进行重新架设改造, 北南、东西测道长极距为 200 m, 短极距为 190 m; 2013 年 2 月 18 日因观测仪器故障无法维修, 更换了 ZD9A - II 地电场仪; 2010 年升级改造后, 系统抗干扰能力和内精度得到较大提高, 改造效果较好, 观测数据相对较稳定 (褚金学,

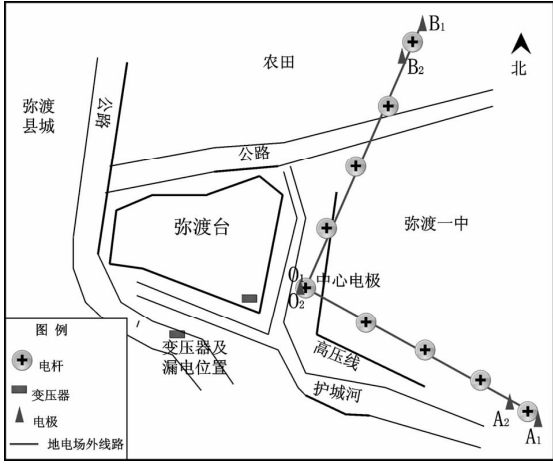


图 2 弥渡地电场测量测区平面图及电场线路简图
Fig. 2 Plan view of geoelectric field measuring area and distribution at electrode field line at Midu Station

表 1 弥渡台地电场各测边参数

Tab. 1 The parameters of each measuring side of geoelectric field of Midu Station

测 项	测边 (观测电极)	极距/km
第一装置 (长极距)	NS - L ($B_1 O_1$)	0.200
	EW - L ($A_1 O_1$)	0.200
	NE - L ($B_1 A_1$)	0.283
第二装置 (短极距)	NS - S ($B_2 O_2$)	0.190
	EW - S ($A_2 O_2$)	0.190
	NE - S ($B_2 A_2$)	0.269

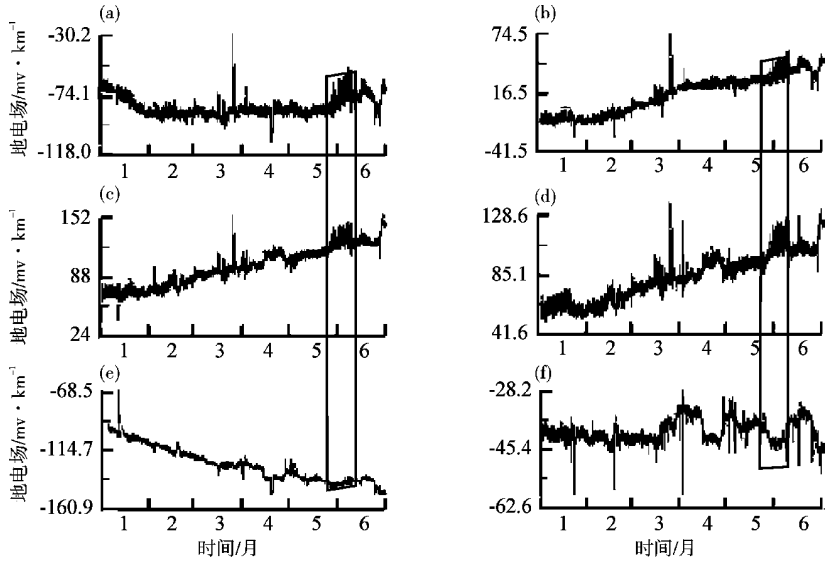


图 3 2014 年弥渡地电场各测向分钟值数据曲线

Fig. 3 Minute value curves of geoelectric field in each direction at Midu station in 2014

① 云南省地震局. 2007. 弥渡地震台地电场观测单位工程竣工报告.
② 云南省地震局. 2007. 弥渡地震台地电场观测单位工程勘选报告.

2012; 中国地震局监测预报司, 2010), 图3中矩形框中为本次异常数据曲线。

2 弥渡地电场异常调查分析

2.1 异常特征

2014年5月27日至6月9日, 弥渡地电场观测资料出现规律阶性阶跃异常变化, 观测曲线为n形波异常形态, 其规律性表现为: 每日的20:19准时阶跃上升, 稳定在高值, 至次日06:09准时阶跃下降, 恢复到正常值, 并且每天的变化形态基本一致; 突升(或者突降)幅度也呈规律性变化, 相同测道长、短极距异常变化幅度大致相同, 不同测道的突升(或者突降)幅度变化有所不同, 其中, 南北向长、短极距异常变化幅度为110 mV/km, 东西向长、短极距异常变化幅度约为98 mV/km, 北东向长、短极距异常变化幅度约为7 mV/km(图4)。异常开始出现时, 笔者对异常特征分析, 与台站工作人员沟通, 查阅相关资料^①, 发现该异常特征与电场异常形态不同(褚金学, 2014), 与磁暴干扰形态也不同(胡小静,

2013), 故认为虽然暂时未找到干扰因素, 但从异常的形态分析认为存在干扰的可能。

2.2 现场异常核实

2.2.1 观测系统工作状态检查

为确认弥渡地电场观测系统的工作状态, 2014年6月6日笔者按异常核实要求逐项排查核实, 对外线路巡视检查, 未发现异常情况; 对观测电源系统的稳定性、布设电极区以及避雷系统线路逐一检查, 均符合观测要求; 对地电场观测仪器进行临时标定检查, 特别选择跨异常开始时间前后进行标定, 以判断是否观测仪器本身引起的异常变化, 所得标定结果均符合观测要求(表2)(中国地震局监测预报司, 2000)。

2.3 环境干扰情况调查

通过实地走访、调查测区周边环境变化情况, 结合本次数据异常规律性特征, 特别对弥渡地电场测区及周边有关用电及输电线路情况进行重点调查^②(中国地震局监测预报司, 2000, 2014)。

(1) 对地电场观测区及周边走访调查发现近期没有新开工或完工的工程, 特别在异常起止时间段内未发现有施工、大型机械进出、抽水、

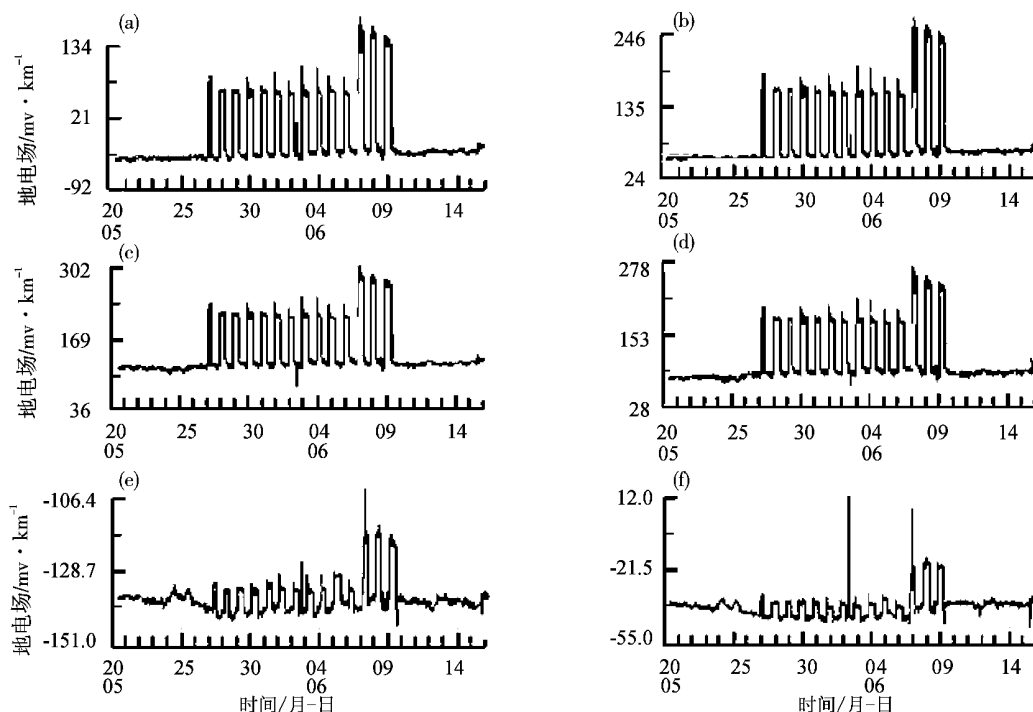


图4 2014-05-20~06-15 弥渡地电场各测向异常分钟值数据曲线

Fig. 4 Minute value curves of geoelectric field in each direction at Midu Station from May 20 to June 15, 2014

① 卢军. 2013. 电阻率和电磁扰动分析与异常判定实例(课件).

② 中国地震局监测预报司. 2014. 形变、流体、电磁、测震学科观测资料异常变化现场核实工作报告编写要求(修订).

表 2 仪器临时标定结果

Tab. 2 Temporary calibration results of the instrument

仪器名称	仪器型号	出厂号	标定日期	室温	湿度	校准设备	准确度
地电场仪	ZD9A-II	0037	2014-06-06	23℃	38%	UJ25	0.01 级
测 程 1000.000 mV				测 程 1000.000 mV			
标 准 值	仪器读数	偏差	允许偏差	标准值	仪器读数	偏差	允许偏差
V_0/mV	V/mV	$\Delta V = V - V_0$	$ \Delta V_{\text{max}} /\text{mV}$	V_0/mV	V/mV	$\Delta = V - V_0$	$ \Delta V_{\text{max}} /\text{mV}$
+1 000.000	1 000.73	0.73	1.200	-1 000.000	-999.854	0.146	1.200
+600.000	600.255	0.255	0.800	-600.000	-600.092	-0.092	0.800
+200.000	200.298	0.298	0.400	-200.000	-200.156	-0.156	0.400

特殊用电等情况。

学校运动场边有一条护城河道在施工，主要是河岸加固、培土及绿化，为了施工作业方便，在中心杆附近修了一条临时施工便道，白天有施工车辆通行，但车辆较少，工人进行人工填土等作业，晚上施工暂停。河道规模较小，宽约 3 m，深 2 m，河中无水，属季节性河流，雨季才有水流过，而且此次施工已进行很长一段时间，未发现使用带智能控制设备和大型施工机械。

(2) 查看气象日志记录，近期无降雨，弥渡地震台的气象三要素观测已坏，从距它不远的弥渡水化站气象观测资料可以看出 2014 年 5 月中下旬基本没有降雨，从弥渡县气象局的日降雨资料分析，2014 年 1~5 月弥渡日降雨量较少，特别是异常出现前的 2014 年 5 月中下旬基本没有有效降雨（图 5~6），气象因素与往年同期没有明显差异，排除因降雨引起的异常变化。

(3) 中心电极附近有高压线路从其上方通过，中心电极两旁 50 m 范围内有两座用于架设高压线路的高架塔。经初步调查，高压线路在近段时间供电方式没有变化，供电线路没有任何变动，也无新增架设线路、分析认为观测资料异常受该处高压线路干扰引起的概率较小。

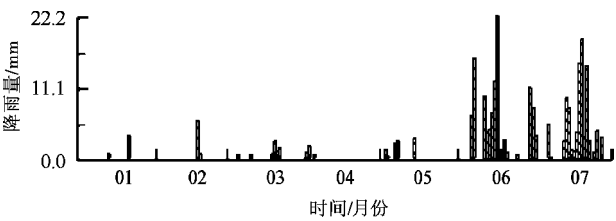


图 5 2014 年弥渡水化站降雨量观测资料
Fig. 5 Rainfall observations data at Midu Hydration Station in 2014

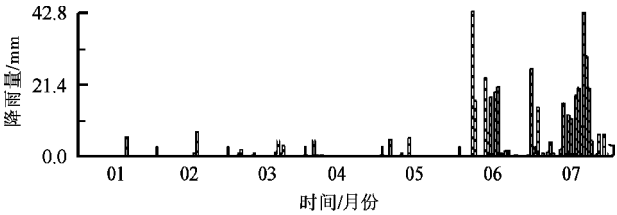


图 6 2014 年弥渡气象局雨量观测资料
Fig. 6 Rainfall observations data in Midu Weather Bureau in 2014

(4) 弥渡地电场测区中心电极附近分布有两台变压器，一台位于弥渡地震台围墙内（距中心电极约 10 m），属于弥渡地震台专用设备，常年运行较稳定，无故障记录；另一台变压器位于 G214 国道旁（距中心电极约 40 m），该设备专用于附近路灯供电，此变压器旁路灯杆上架设有路灯控制箱，临时施工便道从些灯杆边通过（图 7）。



图 7 弥渡地电场测区环境及漏电路灯位置图
Fig. 7 Environment around geoelectric field measuring area at Midu Station and the location of street lights with leakage

调查了解到中心杆附近的路灯控制箱控制着路灯的开启关闭时间，开关时间应较固定，测区附近的路灯漏电引起地电场观测资料变化的概率较大。

为验证此次规律性数据异常是否因附近路灯线路漏电所致，工作人员对以后几天路灯的开灯、灭灯时间进行了统计，同时考虑两者的时间误差，结果表明路灯的开灯时间与本次观测数据异常上升变化时间相吻合，路灯的灭灯时间与观测数据异常下降时间相吻合（表 3）。

表 3 路灯开灯、灭灯时间与观测数据异常对比试验统计表
Tab. 3 Statistic of compartive test between the time of lights on/off and observation data anomaly changes

时间	路灯开 灯时间	路灯灭 灯时间	数据异 常上升	数据异 常下降
年-月-日	时:分:秒	时:分:秒	时:分	时:分
2014-06-07	20:18:55	06:08:45	20:19	06:09
2014-06-08	20:18:54	06:08:50	20:19	06:09
2014-06-09	20:18:45	06:08:20	20:19	06:09
2014-06-10	20:18:20	06:08:25	20:19	06:09

为进一步确定此次规律性数据异常是因路灯控制箱附近漏电所致，台站人员及时联系了弥渡县路灯管理部门，经一致协商，2014 年 6 月 9 日下午，路灯管理部门派出专业人员对测区附近的路灯线路进行漏电检查工作，确认是地电场观测中心杆附近的（放路灯控制箱）路灯电杆下埋设的线路存在漏电情况，路灯管理部门专业人员及时修好了此次路灯线路漏电故障。漏电故障解决后，弥渡台地电场观测数据未出现本次规律性异常变化，（图 4）弥渡台地电场观测数据恢复正常。

中心电极为南北和东西测道长短极距观测共用电极，漏电位置在中心电极附近，对中心电极影响较大，而且南北和东西测道长短极距观测极距只相差 10 m，因此，北南和东西测道长短极距观测异常变化量相对较大（110 mV/km、98 mV/km），且长短极距观测异常变化量基本相同；北东向测道长短极距观测电极距离漏电位置较远，受影响程度相对中心电极较小，长短极距观测极距也相差较小（约 14 m），因此异常变化量相对较小，且长短极距异常变化量也相差较小（7 mV/km）。

3 结论与讨论

通过调查地电观测系统工作状态，对观测仪器临时标定，标定结果符合规范要求；对系统的外线路、电源稳定性、布设电极区、接地系统、避雷系统线路、以及观测日志进行检查，均未发现异常情况，可初步判定弥渡地电场观测系统工作状态正常。对观测系统周边环境进行调查未发现较大异常变化，综合分析后，可初步排除本次地电场观测资料规律性异常变化是因观测系统和观测环境变化异常导致。

针对本次异常较有规律的特点，主要寻找观测区及附近，特别是中心电极附近是否存在较有规律的干扰。在观测环境干扰调查中，发现测区周边的路灯开关较有规律，对比观测路灯开灯、灭灯时间与观测数据异常情况，初步认为异常是附近路灯漏电所致；通过与相关部门沟通对路灯线路漏电检查与维修后，本次异常消失，可以确定弥渡地电场观测资料异常变化是由于附近路灯漏电引起的，不属于地震前兆异常。

在日常地震前兆资料跟踪分析中，由于地震前兆观测系统处于一个更大、更复杂的开放系统中，除了会受自身系统内部一些因素影响，更易受自身系统以外的因素影响。随着社会快速发展，原来的观测环境大多有了质的变化，对前兆观测资料干扰因素的判断也更加复杂。地震前兆观测资料干扰因素有些看得见，大多数是看不见或难于发现的，种类繁多，有来自周边环境的、有来自地下的、有来自空间的，这些复杂环境变化因素，以及观测系统本身出现一些问题对前兆观测资料产生附加影响，这些复杂性给地震前兆观测资料异常变化的原因寻找、性质判定带来极大困难。因此，在前兆异常变化分析核实过程中，初步分析是否存在干扰的可能及可能的干扰因素较为重要，一般有规律的异常变化，干扰的可能性较大，查找原因时要根据观测物理量的属性、原理、特性及异常形态的变化规律、特征，根据观测系统，观测环境情况，结合观测点周边水文地质构造、气象条件等分析可能的影响因素，进行针对性调查、查找及排除，找到可能的影响因素。由

于影响因素复杂性,很多时候是很难明确找到原因的,因此也更显出地震前兆异常核实的艰难性及重要性。

本文得到胡小静同志帮助,在此给予感谢。

参考文献:

- 褚金学. 2012. 地电场电极深埋试验研究[J]. 防灾科技学院学报, 14 (1): 35 - 38.
- 褚金学. 2014. 腾冲地电场震前的前兆异常分析[J]. 地震研究, 37 (3): 433 - 441.
- 胡小静. 2013. 云南地区地电暴变化分析研究[J]. 地震研究, 36 (4): 490 - 495.
- 云南省地震局. 2005. 云南省地震监测志[M]. 北京: 地震出版社: 93 - 106
- 中国地震局. 2001. 地震及前兆数字的观测技术规范[M]. 北京: 地震出版社.
- 中国地震局监测预报司. 2014. 2013 年度前兆学科异常核实优秀报告[M]. 北京: 地震出版社.
- 中国地震局监测预报司. 2000. 地震前兆异常落实工指南[M]. 北京: 地震出版社.
- 中国地震局监测预报司. 2010. 地震电磁学理论基础与观测技术[M]. 北京: 地震出版社.

Analysis on Typical Abnormal Changes of Geoelectric Field Observation Caused by Field Leakage

WANG Yong-an¹, SU You-jin¹, FANG Wei², CHU Jin-xue², ZHAO Xiao-yan¹, YANG Xue-hui¹

(1. Earthquake Administration of Yunnan Province, Kunming 650024, Yunnan, China)

(2. Midu Seismic Station, Earthquake Administration of Yunnan Province, Midu 675600, Yunnan, China)

Abstract

The geo-electric field observation system and its related environment projects in Midu Seismic Station was verified and analyzed term by term. Then combined with the change characteristics of observational data anomaly, we focused on examining and seeking, and found that the abnormal changes were caused by the leakage of the street light near the observation field. Therefore, we judged it was not an earthquake precursor.

Key words: geo-electric observation system; earthquake precursor anomaly; anomaly confirmation; leakage of the street light; Midu Station