



## 对甘肃礼县草坪地电场观测系统的评估

陈彦平, 魏东星, 梅东林, 王韶鹏, 王鹤

### Evaluation of the Caoping electric field observation system in Lixian County, Gansu Province

Chen Yanping, Wei Dongxing, Mei Donglin, Wang Shaopeng, and Wang He

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.19987/j.dzqxjz.2025-032>

## 您可能感兴趣的其他文章

### Articles you may be interested in

#### 腾冲中心站地电场观测数据质量及典型干扰分析

Observation data quality and typical interference analysis of geoelectric field in Tengchong center station  
地震科学进展. 2024, 54(12): 851–859

#### 元谋苴林地电场改造前后数据分析

Data analysis before and after the transformation of Yuanmou Julin geoelectric field  
地震科学进展. 2024, 54(7): 457–465

#### 翁田台地电场观测受干扰的因素分析

Analysis of factors affecting the disturbance of geoelectric field observation at Wengtian station  
地震科学进展. 2022, 52(2): 67–76

#### 海南翁田台地电场数据质量及频谱分析

Data quality and spectrum analysis of geoelectric field at Wengtian station in Hainan  
地震科学进展. 2024, 54(2): 153–158, 174

#### 天津台网水温观测系统事件数据跟踪分析

Data tracking analysis of water temperature observation system events in Tianjin network  
地震科学进展. 2021, 51(1): 7–14

#### 北京地电台网典型干扰及影响因素浅析

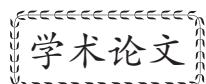
Analysis of typical interference and influence factors of Beijing geoelectric field observation network  
地震科学进展. 2021, 51(12): 560–568



关注微信公众号，获得更多资讯信息

陈彦平, 魏东星, 梅东林, 等. 对甘肃礼县草坪地电场观测系统的评估 [J]. 地震科学进展, 2025, 55(11): 619-627. doi:10.19987/j.dzqxjz.2025-032

Chen Y P, Wei D X, Mei D L, et al. Evaluation of the Caoping electric field observation system in Lixian County, Gansu Province[J]. Progress in Earthquake Sciences, 2025, 55(11): 619-627. doi:10.19987/j.dzqxjz.2025-032



## 对甘肃礼县草坪地电场观测系统的评估

陈彦平 魏东星\* 梅东林 王韶鹏 王鹤

(甘肃省地震局陇南地震监测中心站, 甘肃陇南 746000)

**摘要** 简述礼县草坪地电场观测概况, 采集分析其观测数据, 统计衡量其观测数据质量的参数(相关系数和差值)后得出结论: 新架设的观测系统运行状态良好, 产出的数据内在质量高; 两套观测系统同时观测互不干扰, 均能接收到外部异常信息(如地电暴、磁暴); 主用观测系统选用的固体不极化电极的相关性更好。本文可为其他站点在架设地电场观测系统时, 在不极化电极选用和布设方面提供参考。

**关键词** 地电场; 观测系统; 评估

中图分类号: P315.6 文献标识码: A 文章编号: 2096-7780(2025)11-0619-09

doi: 10.19987/j.dzqxjz.2025-032

## Evaluation of the Caoping electric field observation system in Lixian County, Gansu Province

Chen Yanping, Wei Dongxing, Mei Donglin, Wang Shaopeng, Wang He

(Longnan Earthquake Monitoring Center Station, Gansu Earthquake Agency, Gansu Longnan 746000, China)

**Abstract** In this paper, we briefly conducted an observation overview of the Caoping electric field in Lixian County, collected observation data for graphical analysis, and compared and measured the parameters of observation quality (correlation coefficient and difference). The conclusions of the study follow: The newly established observation system operates well and produces high-quality data internally; Two observation systems can observe simultaneously without interfering with each other and can receive external abnormal information, such as geomagnetic storms; The solid non-polarized electrode selected for the main observation system better correlation. This article serves as a reference for electrode layout and electrode selection in the observation of ground electric fields at other stations.

**Keywords** geoelectric field; observation system; evaluation

收稿日期: 2025-04-03; 采用日期: 2025-07-24。

基金项目: 甘肃省地震局地震科技发展基金野外站项目(2024YW01)和甘肃兰州地球物理国家野外科学观测研究站联合资助。

第一作者: 陈彦平(1978-), 男, 高级工程师, 主要从事地震监测、预报、预警及仪器运维等工作。E-mail: [519907897@qq.com](mailto:519907897@qq.com)。

\* 通信作者: 魏东星(1994-), 男, 工程师, 主要从事地震监测、预报、预警及仪器运维等工作。E-mail: [1423936817@qq.com](mailto:1423936817@qq.com)。



## 0 引言

礼县草坪地电场观测项目是甘肃省地震局陇南地震监测中心站汉王地电场测项的替代。汉王地电场测项由于城市发展，干扰严重，因此在距离其100 km的陇南市礼县草坪乡选址重建地电场观测测项。礼县草坪地电场观测建设项目，由中国地震局批复，甘肃省地震局承建，中国地震台网中心、甘肃省地震局信息中心、兰州地震研究所有关电磁专家技术指导把关，台站人员具体实施。在各方的共同努力下，观测项目建设圆满完成。试运行结果经过专家审核，礼县草坪地电场观测系统于2024年1月1日正式入网，数据传入中国地震台网中心数据库。作者参与了观测项目建设的各个环节，也是礼县草坪地电场观测建成后进行日常观测运维的人员。本文首先对观测系统建设的各个环节进行梳理总结，对监测的数据资料进行分析，判别观测系统是否正常，观测资料能否记录到的“噪音”信号，以期为需要新建地电场观测的台站提供参考。

## 1 礼县草坪地电场观测概况

### 1.1 台址介绍

礼县草坪地电场观测站位于甘肃省陇南市礼县草坪乡，观测场地布设在草坪乡崖上村( $33^{\circ}39'19''N$ ,  $104^{\circ}48'53''E$ )，海拔2570 m，属于高寒山区，气候寒冷，阴湿多雨，年降雨量500 mm，年平均气温8.2℃。观测场地较为平坦，高差满足地电规范相关要求<sup>[1-5]</sup>。地表属于胶泥状的黑油土，分布均匀，较为湿润，周围无厂矿企业和供用电设备。礼县草坪地震监测区，位于光盖山—迭山北缘断裂东段，区域内地震与构造活动强烈，周边发育有两当—江洛断裂、迭部—白龙江断裂带等，属于西秦岭强烈隆起的新构造运动区<sup>[①]</sup>。

要建一个监测台站，台址选择需综合考虑地质构造、水文、地形地貌以及周围人文环境等因素，科学的选址和规范建设才能发挥有效作用<sup>[1-4]</sup>。礼县草坪地电场观测场地，由谭大诚、安张辉研究员等带队进行勘选测试，电测深曲线为“KH”型，表明地层中有一个电性对比显著的中间层，可能为富含水或矿物的黏土层，变化相对稳定，适合建设地电场观测台站<sup>[①]</sup>。

<sup>①</sup> 谭大诚, 安张辉, 高原, 等. 陇南台地电场观测新场地勘选测试报告. 2017-12

### 1.2 观测场地设计

为了得到可靠的观测数据，地电场观测采用“多方向，多极距”的电极布设方法，即在同方位上布设不同极距的测道。利用这种方法观测到的数据，可以计算同一测向不同测道之间观测数据的相关系数和差值，并对其内在质量和可靠性进行分析和评估<sup>[6]</sup>。

图1a为地电场观测布极设计要求<sup>[2]</sup>，图1b为结合礼县草坪地电场观测勘选的场地条件设计的实际布极。电极布设情况如下：①电极采用LGB-3型固体不极化电极和JX-2010型地电井下观测专用电极(材质铅板)，各6个共12个电极，分3个方向，6个测道；②长极距： $A_1O_1 = B_1O_1 = A_2O_2 = B_2O_2 = 300\text{ m}$ ，短极距： $A'_1O_1 = B'_1O_1 = A'_2O_2 = B'_2O_2 = 200\text{ m}$ ，长极距/短极距=1.5，满足长、短极距之比2.0~1.5的规范要求<sup>[1]</sup>；③中心电极O距离观测室483 m；④观测线路采用兰州众邦电线电缆集团生产的电力电缆(型号为WDZN-YJY23，规格为 $4\text{ mm} \times 2.5\text{ mm}$ )；⑤每条测量线采用0接头，引到室内带有避雷器的配线箱(线路预留一定的长度，以备以后改动之用)；

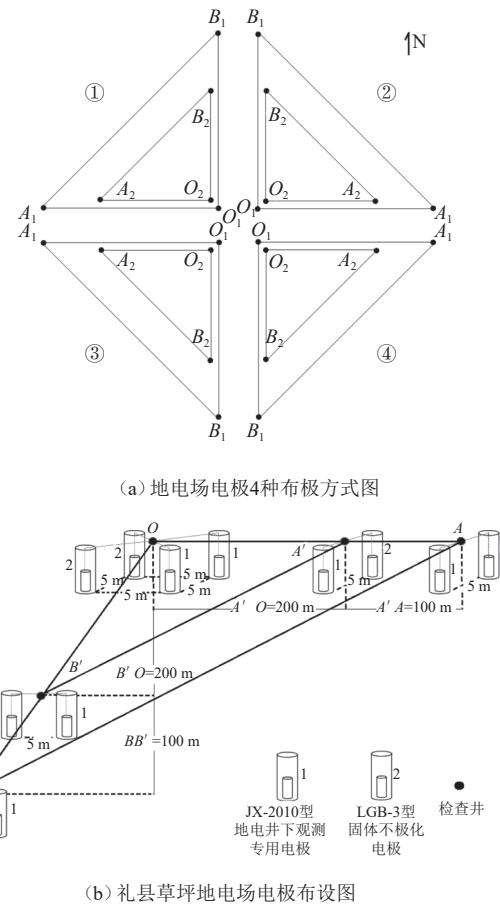


图1 地电场观测布极图

Fig. 1 Ground electric field observation polarization diagram

⑥架设专用供电系统(市电和太阳能), 配备智能电源自动切换交流; 数据传输采用光纤 MSTP 有线专网接入服务器和仪器, 完全实现无人值守的监测站<sup>①②</sup>。

### 1.3 观测系统简介

电极、观测线路、避雷装置、通信系统以及观测仪器等是地电场观测系统的主要组成部分。电极、观测线路、避雷器、通信系统等归属于装置系统, 即装置系统和观测仪器构成一套完整的观测系统。这几者的关系是: 电极探测信号, 线路为信号的路径, 仪器采集信号<sup>[7]</sup>。

#### 1.3.1 装置系统

地电场观测装置系统包括电极、观测线路、避雷器、通信系统等。电极按照设计埋设, 与地理线路连接, 引入观测室专用配线箱(内设接线柱、断线器、避雷器等功能)。具体操作要求和安装方法依照《地

电台站建设规范 地电台站第 2 部分地电场台站》(DB/T 18.2—2006)要求进行。装置系统设计和建设符合《地震台站建设规范》(DB/T 18.2—2006)要求。

礼县草坪地电场架设了两套装置系统, 分为主用观测系统和备用观测系统, 区别之处在于采用的电极不同。

主用观测系统采用 LGB-3 型固体不极化电极, 规格  $\varnothing 110 \text{ mm} \times 560 \text{ mm}$ (图 2a)。

**优势:** 室温条件下在 5%NaCl 溶液中检测电位差不大于 1 mV, 具有极化电位差小、稳定性能好、噪声低、频带宽、轻便耐用、体积小、携带和使用方便等特点;  
**劣势:** 使用寿命较短, 约 5~10 年。

备用观测系统采用 JX-2010 型地电井下观测专用电极, 材质为铅(图 2b)。

**优势:** 使用寿命长, 10 年以上, 埋设方便, 便于保管。



(a) LGB-3型固体不极化电极



(b) JX-2010型地电井下观测专用电极

图 2 礼县草坪地电场观测使用的电极

Fig. 2 Observation of lawn electric field in Lixian County using electrodes

观测线路采用兰州众邦电线电缆集团生产的电力电缆(型号为 WDZN-YJY23, 规格为  $4 \text{ mm} \times 2.5 \text{ mm}$ )。

电极及线路均采用地理, 两套装置系统电极同向的埋设在同一平面, 间隔 5 m。所有电极和线路各自独立布设, 南北向有不极化电极 3 个, 铅电极 3 个; 东西向有不极化电极 3 个, 铅电极 3 个。电极井及电

极埋设情况如表 1 所示。

电极坑中回填原土混合黄土和食盐。 $20 \text{ m}^2$  的观测室距中心电极 O 约 480 m; 在观测室外建立达标的专用接地电网供观测室及仪器使用。因场地存在地势高差, 故埋设电极深度不同, 尽可能保持 12 个电极处于同一层面。

#### 1.3.2 观测仪器

观测仪器采用中国地震局地壳应力研究所研制的 GEF-II 地电场仪, 该观测仪器具有高灵敏度、大动态范围、远程控制能力极强等性能。数据采集 1 次/min, 通过人机界面设置时间、网络参数、台站

① 陈彦平, 谭大诚, 安张辉, 等. 陇南地电场迁建项目设计方案. 2020-05

② 陈彦平, 马克兴, 叶媛媛, 等. 陇南汉王地电场迁建项目实施方案. 2021-02

表 1 礼县草坪地电场观测电极线路埋设测试参数表

Table 1 Test parameters for the burial of observation electrode lines in the Lixian Caoping geoelectric field

名称	测点	实际井深/m	实际埋设/m	接地电阻/Ω	说明
LGB-3型固体不极化电极 (主用装置系统电极)	O	10.8	10.3		
	B	13.5	13.0		
	B'	11.7	11.2	不能测试, 无结果	埋设前电极顶部加食盐,保持电极 稳定性;垂直下方井底部;回填细 原土;不极化电极不能测试接地电阻
	A	17.6	17.1		
	A'	14.8	14.3		
JX-2010型地电井下 观测专用电极 (备用装置系统电极)	O	10.8	10.3	O(NS) 8.98	
	B	13.5	13.0	O'(EW) 9.33	
	B'	11.7	11.2	17.20	电极用尼龙绳捆绑缓慢下放到井底 部;回填细原土;埋设完成测试电 极接地电阻,均小于20 Ω,符合规 范要求
	A	17.6	17.1	12.11	
	A'	14.8	14.3	7.77	
WDZN-YJY23 众邦电力电缆		埋设前电缆的线电阻小于10 Ω/km, 地表电缆线芯对地的绝缘电阻大于5 MΩ; 埋设后电缆的线电阻小 于10 Ω/km, 地表电缆线芯对地的绝缘电阻大于5 MΩ; 结果符合地电行业标准			

代码、测点等参数。通过互联网设置 IP 地址等网络参数。通过 RJ45 接口可获取最近 15 天的测量数据和日志文件。可实时远程检查仪器运行状态、网络授时、数据采集等(详见 GEF-II 地电场使用手册 V1.3, 2020)。

#### 1.4 观测环境

礼县草坪地电场观测场地北、南地势较平坦,没有山丘。向东有一处水塘,距离测试中心点约 110 m,其长约 100 m、宽约 20 m,最深处不超过 1 m。向西有一条积水沟,距离测试中心点约 200 m,另外西端与北端间夹有约 25 m 高山丘。整个凹地平坝内表层土壤较湿润,没有抽水井。中心点向北约 300 m 外有一条乡村公路。测区及周边无厂矿企业和用电设备,无明显干扰源。

在礼县草坪地电场观测建设初期,由谭大诚、安张辉老师带队,一行 8 人,经过 7 天时间对观测场地进行勘察及测试,最后由谭大诚教授完成勘选测试报告及结论:①工频干扰测试结果合格;②非工频干扰测试结果合格;③场地表层深度 3 m 内介质电阻率小于 10 Ω·m。如果在此建台站,建议电极埋设深度在 10 m 以下<sup>①</sup>。

#### 2 采集分析观测数据

礼县草坪地电场观测项目,按时完成两套观测系统及辅助测项(气象三要素)观测建设任务。2023 年 9 月 10 日开始观测进入试运行,12 月 31 日试运

行结束,试运行结果通过专家审核,并申请主用观测系统(固体不极化电极)地电场观测资料于 2024 年 1 月 1 日正式入网,数据传入中国地震台网中心数据库。观测系统运行至今,运行率、稳定性和可靠性,均超过规定的系统运行相应指标要求(表 2)。

在同一区域内,地电场基本稳定,因此相同测向不同测道的观测数据理论变化趋势和变化幅度相对来说较一致。利用相关系数和差值来判断在同一方向上的长短极距变化趋势和幅度,若一致,说明观测数据可信度高;若不一致,要考虑观测系统和观测环境是否正常<sup>[8]</sup>。

表 2 统计表显示,两套观测系统观测数据可信度均较高,但主用观测系统稳定性要好一些。

#### 2.1 日变形态

地电场日变与磁场变化的日变化,在同区域具有同步性、相关性。日变化形态为较规则的“双峰单谷”。礼县草坪地电场观测主用观测系统和备用观测系统观测到的数据日变形态很清晰,具有同向性,即每天 9:00—10:00 呈高值、14:00—15:00 呈低值、19:00—20:00 呈高值状态,两侧各有一个平静值。磁静日变化幅度约为 3.94 mV/km 左右,与大多数同纬度区域电场日变化的变化范围相同。表明礼县草坪地电场观测真正记录到地球表面形成,且具有区域特点的大地电场的变化形态(图 3)。

#### 2.2 磁暴扰动

地球固有的磁场称为地磁场,磁暴是全球突发的  $k \geq 5$  强烈磁扰<sup>[9]</sup>。礼县草坪地电场观测场地受到

<sup>①</sup> 陈彦平,马克兴,魏东星,等.礼县草坪地震监测站地电场观测项目仪器安装测试报告.2023-09

表2 礼县草坪地电场观测数据统计表

Table 2 Statistics of observation data of Caoping geoelectric field in Lixian County

时间 (年-月)	各测道平均值							
	连续率/%		完整率/%		相关系数		差值	
	主用电极	备用电极	主用电极	备用电极	主用电极	备用电极	主用电极	备用电极
2024-01	100.00	96.77	100.00	96.77	0.995	0.392	0.034	8.314
2024-02	100.00	100.00	100.00	100.00	0.994	0.479	0.033	19.521
2024-03	99.99	99.99	99.99	99.99	0.997	0.811	0.253	9.206
2024-04	99.99	100.00	99.99	99.99	0.997	0.963	0.255	6.865
2024-05	100.00	100.00	100.00	99.99	0.998	0.974	0.068	0.967
2024-06	99.99	100.00	99.99	100.00	0.998	0.985	0.050	1.408
2024-07	100.00	100.00	100.00	100.00	0.998	0.995	0.060	2.494
2024-08	100.00	96.77	100.00	96.77	0.999	0.991	0.090	0.904
2024-09	100.00	100.00	100.00	100.00	0.997	0.989	0.125	1.688
2024-10	99.99	99.95	99.99	99.95	0.998	0.990	0.149	1.568
2024-11	99.99	100.00	99.99	100.00	0.997	0.910	0.102	3.759
2024-12	100.00	93.54	100.00	93.54	0.999	0.715	0.035	8.571
2025-01	100.00	100.00	100.00	100.00	0.999	0.738	0.043	7.622
2025-02	100.00	96.42	100.00	100.00	0.999	0.843	0.045	3.141

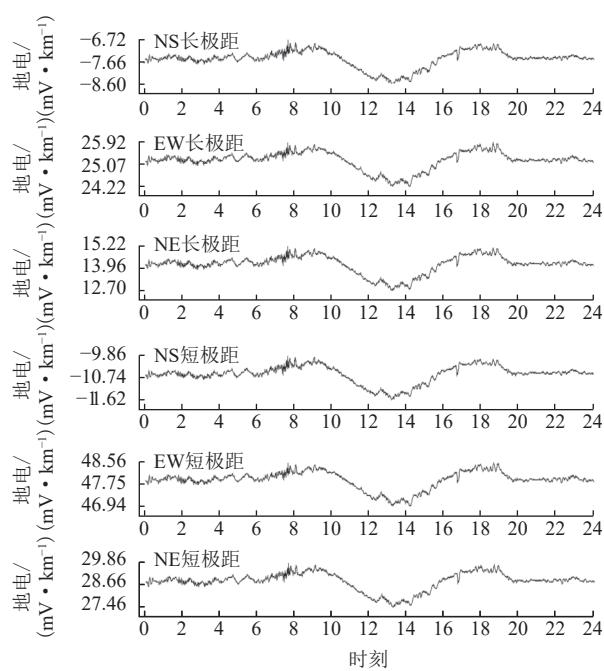
磁暴扰动时记录到突跳曲线变化形态,当地磁记录到磁暴最大  $k > 5$  时,地电场观测能够记录到清晰的磁暴事件(图4)及新场地观测数据(图5)。

当磁暴最大值  $k \geq 6$  时发生磁暴,礼县草坪地电场观测数据分钟值突跳幅度较大,同时与其他台站地电场观测比较,得到发生磁暴期间同步变化,说明

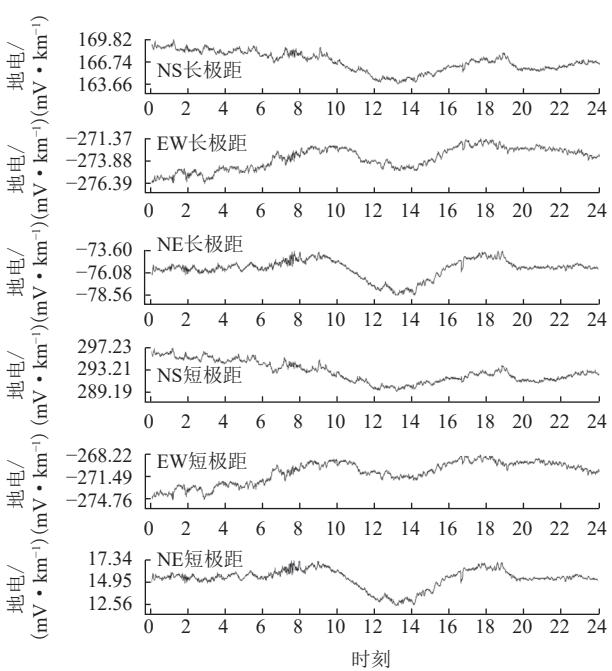
大地电场的广域性及礼县草坪地电场观测数据的真实性和可靠性。

### 2.3 对比观测数据

礼县草坪地电场观测系统架设完成后,按照地电规范要求对观测仪器、电极、线路、接地电阻等系统进行复检测试(安装之前进行过检查测试),均合



(a) 主用观测系统4月15日数据分钟值曲线



(b) 备用观测系统4月15日数据分钟值曲线

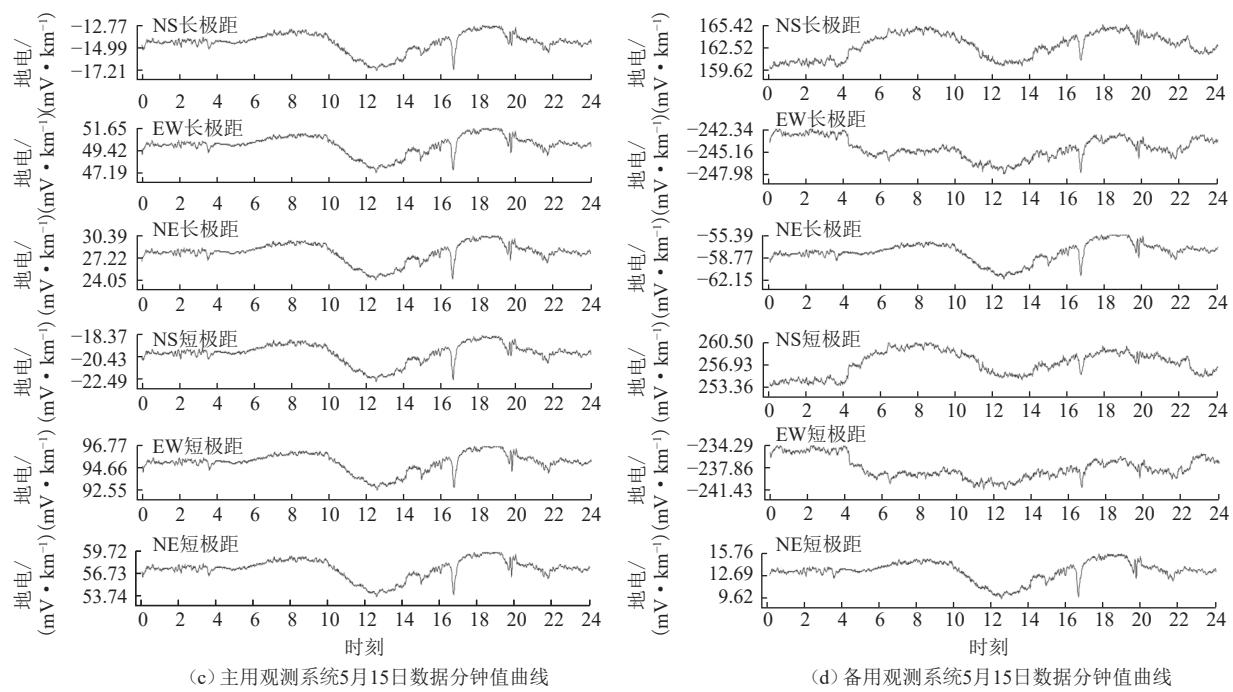


图3 礼县草坪地电场观测数据分钟值曲线

Fig. 3 Minute value curve of Caoping electric field observations in Lixian County

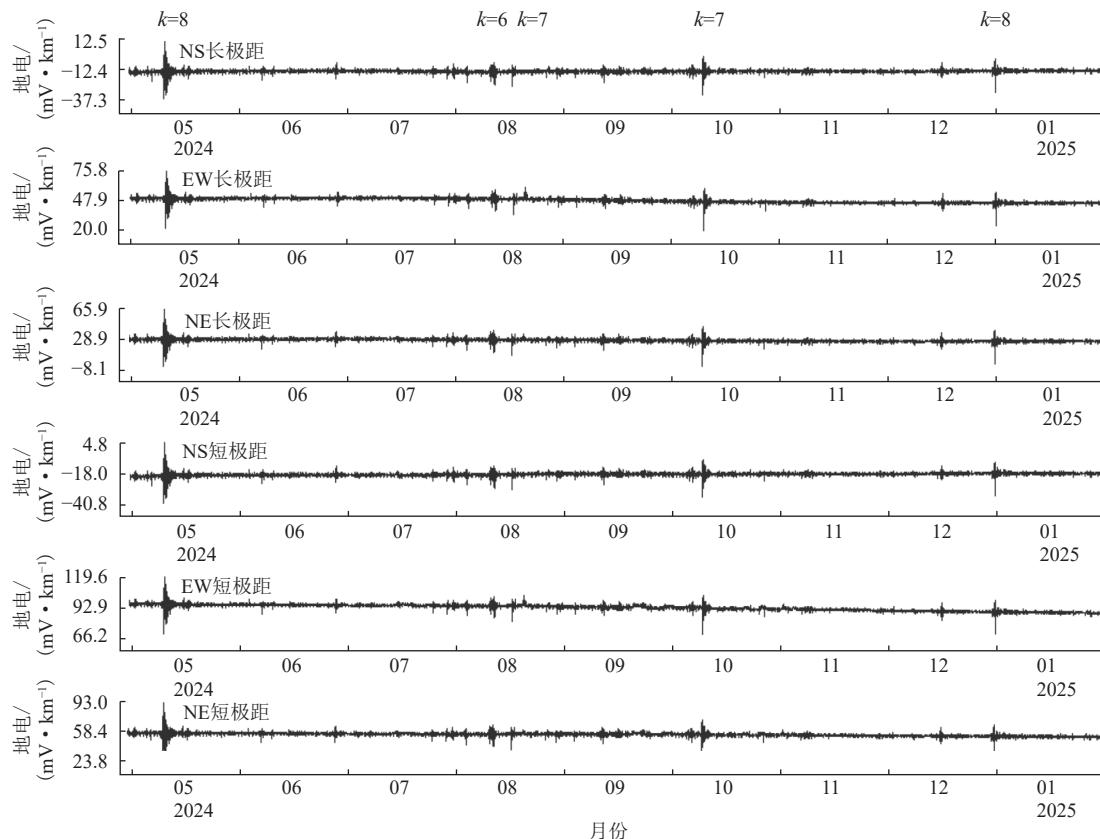


图4 主观测系统磁暴干扰曲线(2024-05-01—2025-01-31)

Fig. 4 Main observation system magnetic storm interference curve (2024-05-01—2025-01-31)

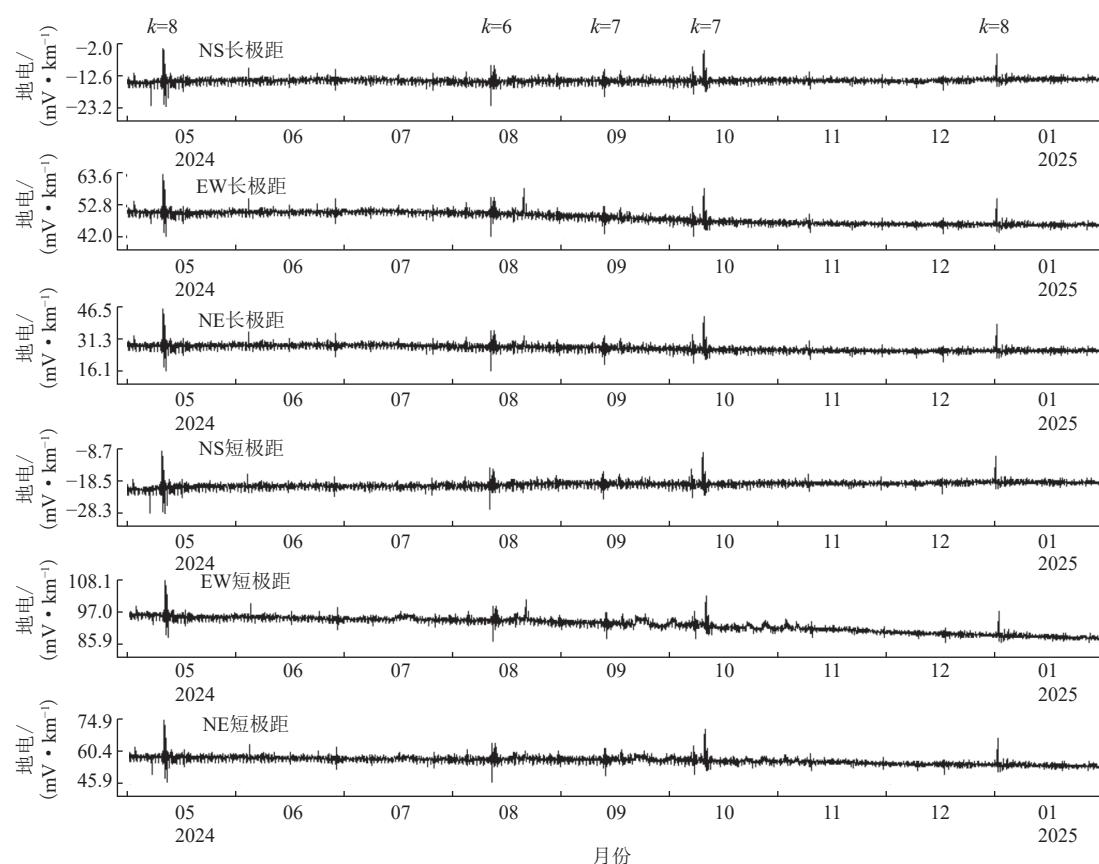


图 5 备用观测系统磁暴干扰曲线(2024-05-01—2025-01-31)

Fig. 5 Backup observation system magnetic storm interference curve (2024-05-01—2025-01-31)

格<sup>①</sup>。正式运行期间,月检查、季度检查、半年检查全部正常合格;图6(图6中长短极距图形一致性较差,是由于把分钟值计算为日均值,累加平均后数据发生变化造成的;从表2统计显示每月相关系数大于0.99,再从图3可看到,短时间内图形一致性很好)和图7为两套观测系统14个月的日均值曲线,计算出14个月每道的日均值的平均值,比较出主用观测系统的精度高于备用观测系统,即固体不极化电极的稳定性较好、灵敏度高。从图7的观测数据曲线图可以看出,备用观测系统的装置电极通过半年的沉稳,与层介质完全接触,稳定性不断提高。

### 3 结语

观测场地和架设的观测系统(包括观测仪器)的运行状态是直接影响产出数据准确性的重要原因。

因此,首先要精选观测场地(要与当地规划部门了解未来10~30年的建设规划情况),对观测场地的背景测试也很重要;其次要选用一套各方面达标的观测系统和持久稳定的装置系统。礼县草坪地电场观测系统,通过1年多的运行观测,发现观测场地干净无干扰,建设设计的备用电极也符合观测技术要求(建设设计时考虑到地电场专用电极“固体不极化电极”的使用寿命,埋在地下不容易更换,所以设计耐用、好维护的地电阻率专用地埋圆筒形铅电极,来作为备用电极)。架设的两套地电场观测系统运行正常,产出数据连续,内在质量高,得到电磁专家的一致好评。总结本文,首先可以为架设新台站在选址、用材选取、系统安装等方面做好参考;其次,对比分析产出资料,掌握两套系统的观测质量,总结异常“噪声”信号,为预测预报地震提供有力依据。

<sup>①</sup> 陈彦平,马克兴,魏东星,等.礼县草坪地震监测站地电场观测项目仪器安装测试报告.2023-09

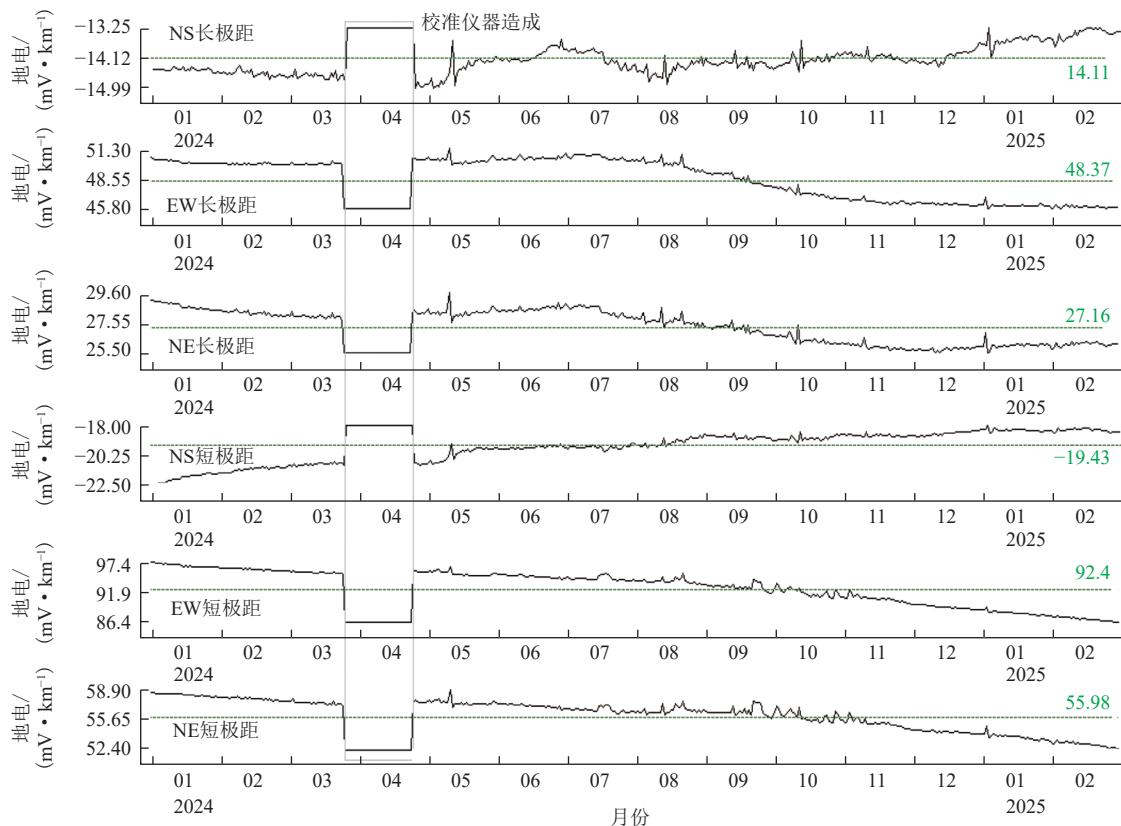


图 6 主用观测系统观测数据的日均值曲线(2024-01-01—2025-02-28)

Fig. 6 Daily mean curve of observation data from the main observation system (2024-01-01—2025-02-28)

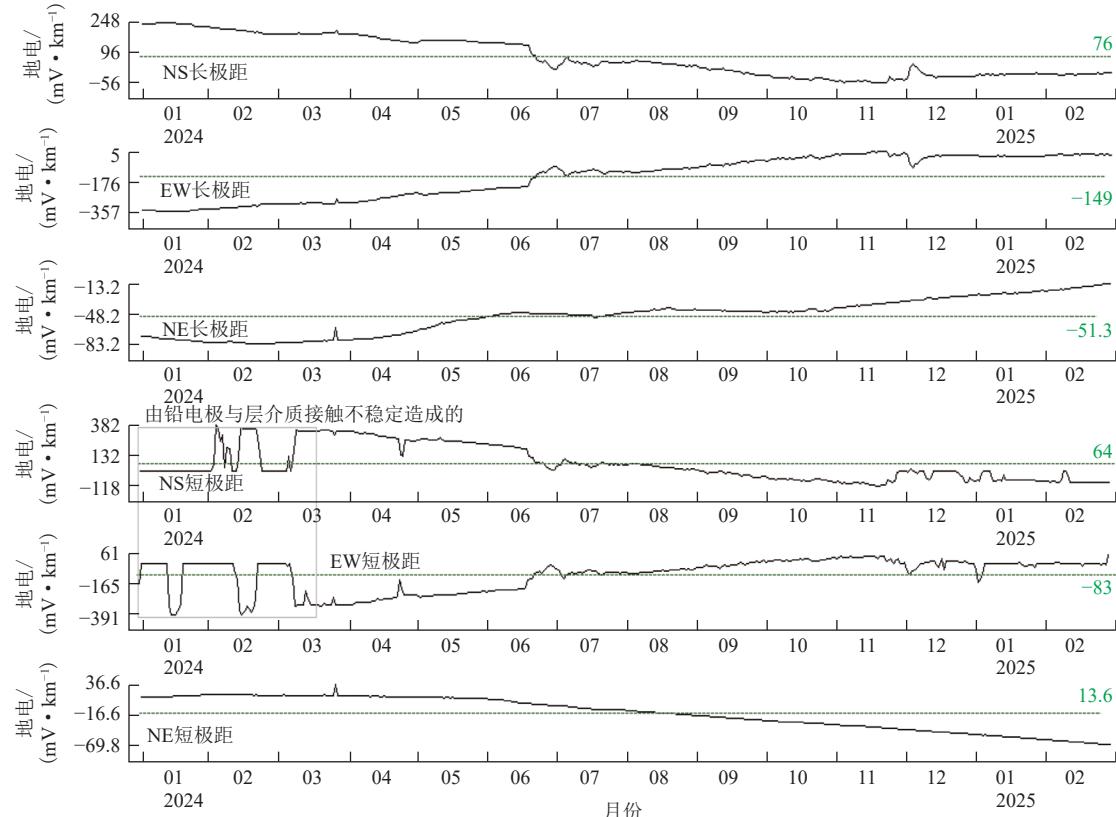


图 7 备用观测系统观测数据的日均值曲线(2024-01-01—2025-02-28)

Fig. 7 Daily mean curve of observation data from backup observation system (2024-01-01—2025-02-28)

## 参考文献

- [1] 中国地震局. 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, 2004: 1-210  
China Earthquake Administration. Technical requirement for the observational environment of seismic stations—Part 2: Electromagnetic observation: GB/T 19531.2—2004[S]. Beijing: Standards Press of China, 2004: 1-210
- [2] 中国地震局. 地震地电观测方法 地电场观测: DB/T 34—2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009  
China Earthquake Administration. The method of earthquake-related geoelectrical monitoring—Geoelectric field observation: DB/T 34—2009[S]. Beijing: Standards Press of China, 2009
- [3] 中国地震局. 地震台站建设规范 地电台站 第 2 部分: 地电场台站: DB/T 18.2—2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006: 6-7  
China Earthquake Administration. Specification for the construction of seismic station geoelectrical station—Part 2: Geoelectrical field observatory: DB/T 18.2—2006[S]. Beijing: Standards Press of China, 2006: 6-7
- [4] 阴朝民. 地震电磁数字观测技术 [M]. 北京: 地震出版社, 2002  
Yin C M. Seismic electromagnetic digital observation technology[M]. Beijing: Seismological Press, 2002
- [5] 席继楼, 赵家骝, 王燕琼, 等. 地电场观测技术研究 [J]. 地震, 2002, 22(2): 67-73  
Xi J L, Zhao J L, Wang Y Q, et al. Research on observational technology of the geoelectric field[J]. Earthquake, 2002, 22(2): 67-73
- [6] 李桂清, 何跃, 李红梅, 等. 地震地电场前兆观测方法创新及应用: 深井电极垂向地电场观测方法及应用 [J]. 山西地震, 2018(2): 48-52  
Li G Q, He Y, Li H M, et al. Innovation and application of seismic geoelectric field precursory observation method: Method and application of vertical geoelectric field observation of deep well electrode[J]. Earthquake Research in Shanxi, 2018(2): 48-52
- [7] 钱家栋. 地震电磁学理论基础与观测技术: 试用本 [M]. 北京: 地震出版社, 2010: 222-228  
Qian J D. Theoretical basis and observational techniques of seismic electromagnetics: Trial version[M]. Beijing: Seismological Press, 2010: 222-228
- [8] 张文涛. 白水河台地电场观测干扰分析 [J]. 高原地震, 2018, 30(4): 35-42  
Zhang W T. Analysis on the interferences of electric field observation at Baishuihe seismic station[J]. Plateau Earthquake Research, 2018, 30(4): 35-42
- [9] 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  
Xue Z M, Hu L Z, Li X H. The preliminary identification of observed data of geoelectric field in Mengcheng[J]. Seismological and Geomagnetic Observation and Research, 2004, 25(2): 62-67