

山西地震 编辑委员会

主 编: 陈宇坤

副主编: 万亮 李自红 张瑞芳(专职)

编辑委员:(按姓氏汉语拼音排序)

| | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 曹 筠 | 陈 石 | 冯希杰 | 高武平 | 韩晓明 | 胡玉良 | 黄金刚 |
| 季灵运 | 贾建喜 | 蒋海昆 | 蒋晓山 | 雷建设 | 雷启云 | 雷生学 |
| 李 斌 | 李 丽 | 李冬梅 | 李宏伟 | 梁 艳 | 刘瑞春 | 罗 勇 |
| 吕 芳 | 马朝晖 | 邵志刚 | 史双双 | 宋美卿 | 万永革 | 王跃杰 |
| 武艳强 | 解 滔 | 薛 艳 | 闫计明 | 晏 锐 | 杨 斌 | 杨 静 |
| 殷伟伟 | 曾金艳 | 张 合 | 张亮斌 | 张仰辉 | 张郁山 | 赵晓云 |
| 郑文俊 | 周克昌 | | | | | |

EARTHQUAKE RESEARCH IN SHANXI
THE BOARD OF EDITORS

EDITOR IN CHIEF: CHEN Yu-kun

ASSOCIATE EDITORS IN CHIEF: WAN Liang LI Zi-hong ZHANG Rui-fang (specific duty)

BOARD MEMBERS: CAO Jun CHEN Shi FENG Xi-jie GAO Wu-ping HAN Xiao-ming HU Yu-liang
HUANG Jin-gang JI Ling-yun JIA Jian-xi JIANG Hai-kun JIANG Xiao-shan
LEI Jian-she LEI Qi-yun LEI Sheng-xue LI Bin LI Li LI Dong-mei LI Hong-wei
LIANG Yan LIU Rui-chun LUO Yong LV Fang MA Zhao-hui SHAO Zhi-gang
SHI Shuang-shuang SONG Mei-qing WAN Yong-ge WANG Yue-Jie WU Yan-qiang
XIE Tao XUE Yan YAN Ji-ming YAN Rui YANG Bin YANG Jing YIN Wei-wei
ZENG Jin-yan ZHANG He ZHANG Liang-e ZHANG Yang-hui ZHANG Yu-shan
ZHAO Xiao-yun ZHENG Wen-jun ZHOU Ke-chang

山西地震

SHANXI DIZHEN

EARTHQUAKE RESEARCH

IN SHANXI

季刊 Quarterly

1973年2月创刊

Established in February, 1973

2022年第4期(总第192期)

No.4 (Serial No.192) 2022

商标注册号: 327496

Number of Trade Mark Registra-

tion: 327496

主管单位: 山西省地震局
主办单位: 山西省地震学会
编辑出版: 《山西地震》编辑部
主 编: 陈宇坤
编辑部地址: 山西省太原市晋祠路
二段69号

邮政编码: 030021

电 话: (0351) 5610534

印 刷: 山西省建筑科学研究院
印刷科技有限公司

地 址: 太原市山佑巷

发行范围: 公开

发行订购: 《山西地震》编辑部

网 址: <http://www.chinajournal.net.cn>

<http://www.cnki.net>

<http://www.cqvip.com>

电子信箱: sxdzjb@163.com

出版日期: 2022年12月

Administration: Earthquake Administration of Shanxi Province

Sponsoring Organization: Seismological Society of Shanxi Province

Edited and Published: by the Editorial Office of ERS

Editor in Chief: CHEN YU-kun

Address of The Editorial Office:
No. 69, Block 2 of Jinci Road, Taiyuan.

Postcode: 030021

Tel: (0351) 5610534

Printed: Shanxi Academy of Building Research
Printing Technology Co., Ltd.

Address: Shanyouxiang of Taiyuan

Distributed: Openly

Distributor and Order Department: Editorial
Office of ERS

<http://www.chinajournal.net.cn>

<http://www.cnki.net>

<http://www.cqvip.com>

E-mail: sxdzjb@163.com

Data of Publication: Dec.2022

ISSN 1000-6265

CN 14-1107/P

CODEN SDIZEY

年定价: 20.00元(不含邮费) 本期定价: 5.00元

SHANXI DIZHEN



ISSN 1000-6265

CN 14-1107/P

CODEN SDIZEY

山西地震

二〇二二年

第四期

总第一九二期

山西地震®

EARTHQUAKE RESEARCH IN SHANXI



2022 / 4

ISSN 1000-6265



9 771000 626224

山西省地震学会

全国优秀地震期刊 山西省连续十三年一级期刊
中国期刊网 中国学术期刊(光盘版) 万方数据库全文收录期刊
中文科技期刊数据库来源期刊 维普资讯网全文收录期刊
中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊

2022年第4期

山西地震

(季刊·1973年创刊)

(总第192期)

目 次

· 观测分析 ·

- 晋冀蒙交界地区地电阻率变化与震兆特征研究…………… 宁亚灵,吕海杰,王鹏伟(1)
山西地震台网记录的爆破特征及当量估算…………… 靳玉贞,张瑞芳,何佳,孟彩菊,杨世英(6)
太原地震监测中心站地磁数据受高压直流输电干扰的识别处理……………
…………… 范磊,魏越超,郭宇,宫静芝,史舒婷,刘素珍(9)
气温、气压对库尔勒断层氡观测影响分析…………… 刘海洋,徐衍刚,蒋志英,饶文(13)
台风“利奇马”对湖州地震台VP型倾斜仪观测数据的扰动分析…………… 方燕勋(17)

· 技术交流 ·

- 气象三要素仪器安装维护要点及其故障分析…………… 张朋杰,罗娜,王静,田勤,张明哲(21)
临汾地震监测中心站容栅式雨量计故障处理与运维技术…………… 张聪聪,吝利民,张红秀(25)
地震预警台站断记自动告警程序的实现及应用……………
…………… 李奎,阿布都热依木江·巴克,毛玉剑,刘立霞,饶文(28)
太原地震监测中心站局域网综合布线优化建设…………… 何佳,刘静,李凤(34)
基于物联网的远程供电管理系统设计…………… 穆慧敏,胡玉良,王鹏伟,程冬焱,李惠玲,李颖(38)
感应式磁力仪数据格式转换及处理软件研制…………… 王利兵,刘新,罗娜,胡秀娟,王秀敏,闫俊岗(42)
地震应急指挥中心值班信息实时发布系统的设计与实现…………… 赵光,郁璟怡,刘英华,王玉婷,谭庆全(46)

· 工作论坛 ·

- 地震监测中心站开展科普宣传工作的思考…………… 乔凯,李贵元,刘华姣(50)
浅谈学龄前儿童防灾避险科普图书策划创作——以《防灾避险涂涂乐》创作为例…………… 闫远芳(53)

· 来稿须知 ·

- …………… 《山西地震》编辑部(56)
- * * *
- 《山西地震》2022年第1期~4期(总第189期~192期)总目次…………… (I)
《山西地震》2022年第1期~4期(总第189期~192期)作者索引…………… (V)
《山西地震》2022年第1期~4期(总第189期~192期)主题词索引…………… (VII)
《山西地震》2022年第1期~4期(总第189期~192期)自由词索引…………… (VII)

本期责任编辑:张瑞芳,张正霞; 英文译校:李斌
期刊基本参数:CN 14-1107/P * 1973 * q * A4 * 56 * zh * P * ¥5.00 * 70 * 14 * 2022-12

本刊电子信箱:sxdzjb@163.com

CONTENTS

• **Observation and Analysis** •

- Study on the Variation of Geoelectrical Resistivity and Seismic Precursor Characteristics in the Bordering Region of Shanxi, Hebei and Inner Mongolia NING Ya-ling, LV Hai-jie, WANG Peng-wei(1)
Blasting Characteristics and Equivalent Estimation Recorded by Shanxi Seismic Network
..... JIN Yu-zhen, ZHANG Rui-fang, HE Jia, MENG Cai-ju, YANG Shi-ying(6)
Identification and Processing of Geomagnetic Data Disturbed by HVDC Transmission in Taiyuan Earthquake Monitoring Center Station
..... FAN Lei, WEI Yue-chao, GUO Yu, GONG Jing-zhi, SHI Shu-ting, LIU Su-zhen(9)
Analysis of the Influence of Air Temperature and Pressure on the Fault Hydrogen Observation of Korla Fault LIU Hai-yang, XU Yan-gang, JIANG Zhi-ying, RAO Wen(13)
Disturbance Analysis of Typhoon " Lekima " to Observed Data of VP Tiltmeter of Huzhou Seismic Station FANG Yan-xun(17)

• **Academic Exchange** •

- Key Points of Installation and Maintenance of Meteorological Three-element Instrument and Its Fault Analysis ZHANG Peng-jie, LUO Na, WANG Jing, TIAN Qin, ZHANG Ming-zhe(21)
Fault Treatment and Operation and Maintenance Technology of Capacitive Rain Gauge in Linfen Seismic Station ZHANG Cong-cong, LIN Li-min, ZHANG Hong-xiu(25)
Realization and Application of Automatic Alarm Program at Record Breakup of Earthquake Early Warning Stations LI Kui, Abudureyimujiang • Bake, MAO Yu-jian, LIU Li-xia, RAO Wen(28)
Construction of LAN Generic Cabling Optimization at Taiyuan Reference Seismological Station HE Jia, LIU Jing, LI Feng(34)
Design of Remote Power Supply Management System Based on Internet of Things MU Hui-min, HU Yu-liang, WANG Peng-wei, CHENG Dong-yan, LI Hui-ling, LI Ying(38)
Development of Data Format Transformation and Processing Software for Induction Magnetometer WANG Li-bing, LIU Xin, LUO Na, HU Xiu-juan, WANG Xiu-min, YAN Jun-gang(42)
Design and Implementation of Real Time Release System for Duty Information of Earthquake Emergency Command Center ZHAO Guang, YU Jing-yi, LIU Ying-hua, WANG Yu-ting, TAN Qing-quan(46)

• **Work Forum** •

- Thoughts on Popular Science Propaganda Work Carried Out by Earthquake Monitoring Center Station QIAO Kai, LI Gui-yuan, LIU Hua-jiao(50)
Talking About the Planning and Creation of Popular Science Books on Disaster Prevention and Avoidance for Preschool Children—Takeing the Creation of “Disaster Prevention and Avoidance Tu Tu Le” as an Example YAN Yuan-fang(53)

• **Requirements for Paper** • Editorial Office of “EARTHQUAKE RESEARCH IN SHANXI”(56)

- * * *
Composite Catalogue of EARTHQUAKE RESEARCH IN SHANXI(No. 1~4, 2022, Sum No. 189~192) (I)
Author Index of EARTHQUAKE RESEARCH IN SHANXI(No. 1~4, 2022, Sum No. 189~192) (V)
Key Word Index of EARTHQUAKE RESEARCH IN SHANXI(No. 1~4, 2022, Sum No. 189~192) (VII)
Free Word Index of EARTHQUAKE RESEARCH IN SHANXI(No. 1~4, 2022, Sum No. 189~192) (VII)

Managing Editors for This Issue: ZHANG Rui-fang, ZHANG Zheng-xia;
Translator: LI Bin

E-mail: sxdzjb@163.com

· 观测分析 ·

文章编号:1000-6265(2022)04-0001-05

晋冀蒙交界地区地电阻率变化与震兆特征研究

宁亚灵^{1,2}, 吕海杰³, 王鹏伟^{1,2}

(1. 山西省地震局, 山西 太原 030021; 2. 太原大陆裂谷动力学国家野外科学观测研究站, 山西 太原 030025;
3. 郑州工业贸易学校, 河南 郑州 450007)

摘要: 地电阻率观测是地震监测的手段之一, 能探测地下一定范围内介质的电阻率变化情况。选取晋冀蒙交界地区的河北阳原、山西大同、内蒙古宝昌及山西代县4个地震监测站的地电阻率观测数据, 分析其震兆特征的变化。结果表明, 地电阻率上升、下降的异常变化, 年变消失等现象与地震事件具有较好的对应关系。

关键词: 地电阻率; 异常; 晋冀蒙交界地区; 震兆特征

中图分类号: P315.72⁺²

文献标志码: A

0 引言

地电阻率是地下探测范围内介质电阻率的综合反映, 地电阻率观测是地震监测的重要方法之一^[1]。大量研究表明, 中强震孕育期内, 区域应力增强, 地壳的介质密度、结构及含水量等随之发生变化, 是引起地电阻率异常变化的主要原因。降水、灌溉、地表冻融、地下水水位动态变化以及很多因素都会造成地表视电阻率观测值出现相应的变化。从复杂的无震背景变化中识别和提取地震异常信息, 是地电阻率方法应用于地震预报研究的关键。目前, 在我国绝大部分地电台站的观测资料中, 地电阻率的年变化(又称为地电阻率的季节性变化)常与地电阻率观测值的地震异常变化叠加在一起, 有时其变化幅度甚至超过地震异常变化, 给地震异常的识别和提取带来很大困难^[2-18]。此外, 随着社会经济的迅猛发展, 地电观测环境遭到前所未有的破坏, 使得资料的可靠性大大下降, 如何在中强地震前识别地电异常, 也是目前震情短临跟踪中迫切需要解决的问题。因此, 地电阻率的年变化现象, 包括变化规律、产生原因等方面的研究, 引起众多学者的关注, 成为地电阻率研究领域的热点^[19-26]。

晋冀蒙交界地区地电阻率观测以来, 区内先后发生1989年大同—阳高 M_s 6.1、1991年忻州 M_s 5.1、1991年大同—阳高 M_s 5.8、1998年张北 M_s 6.2和1999年大同—阳高 M_s 5.6等较强地震事件。近年来, 对晋冀蒙交界地区中强地震有较好预测意义的河北阳

原地震台地电、内蒙古宝昌地震台地电、山西代县地震台地电、山西大同地震台地电(以下分别简称阳原台地电、宝昌台地电、代县台地电、大同台地电)的观测值先后出现异常。该文对这4个定点站(见图1)的地电阻率震兆特征进行分析, 以期对晋冀蒙交界地区中强地震的科学预测提供参考。

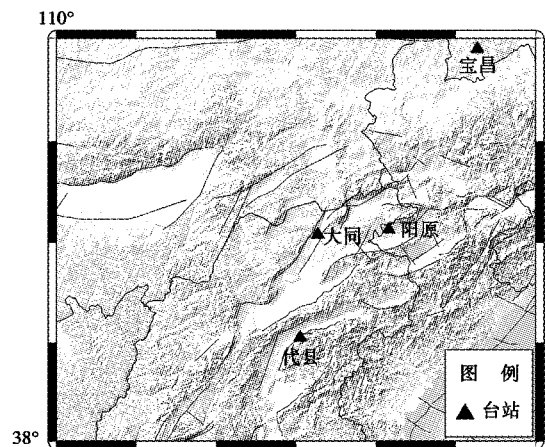


图1 晋冀蒙交界地区地电阻率观测台站分布图
Fig.1 Distribution map of geoelectrical resistivity observation stations in the bordering region of Shanxi, Hebei and Inner Mongolia

收稿日期:2022-09-23

基金项目:震情跟踪定向工作任务(2015010408), 山西省地震局科研项目(SBK-1501, SBK-2206)。

第一作者简介:宁亚灵(1982—), 女, 山西太原人。硕士研究生, 高级工程师, 主要从事地磁观测与预报和热红外遥感方面的研究, E-mail: 113612168@qq.com。

1 晋冀蒙交界区地电阻率典型震例分析

1.1 大同台地电

大同台地电阻率自 1983 年观测以来,三个方向具有较清晰的“冬高夏低”年变动态,年变幅为 4~5 Ω·m。从 2013 年以来,NS 和 NW 向的上漂现象明显,年变幅日趋减小。

大同台地电阻率值在 1989 年大同一阳高 M_s6.1

地震前出现 NW 向加速下降,EW 向上升后下降,SN 向以下降变化为主,幅度为 -1.6%;1990 年,3 个测道均出现明显的年变下降加速现象,在高值恢复时发生 1991 年 1 月和 3 月的忻州 M_s5.1 和大同一阳高 M_s5.8 地震;1998 年张北地震前,NW、NS 向出现小幅上升变化,但这种异常掩盖在正常年变的高值中,难以识别;张北地震后,NW、NS 向正常年变消失,呈低值异常,直至 1999 年底,连续发生 2 次 5 级以上地震(见图 2)。

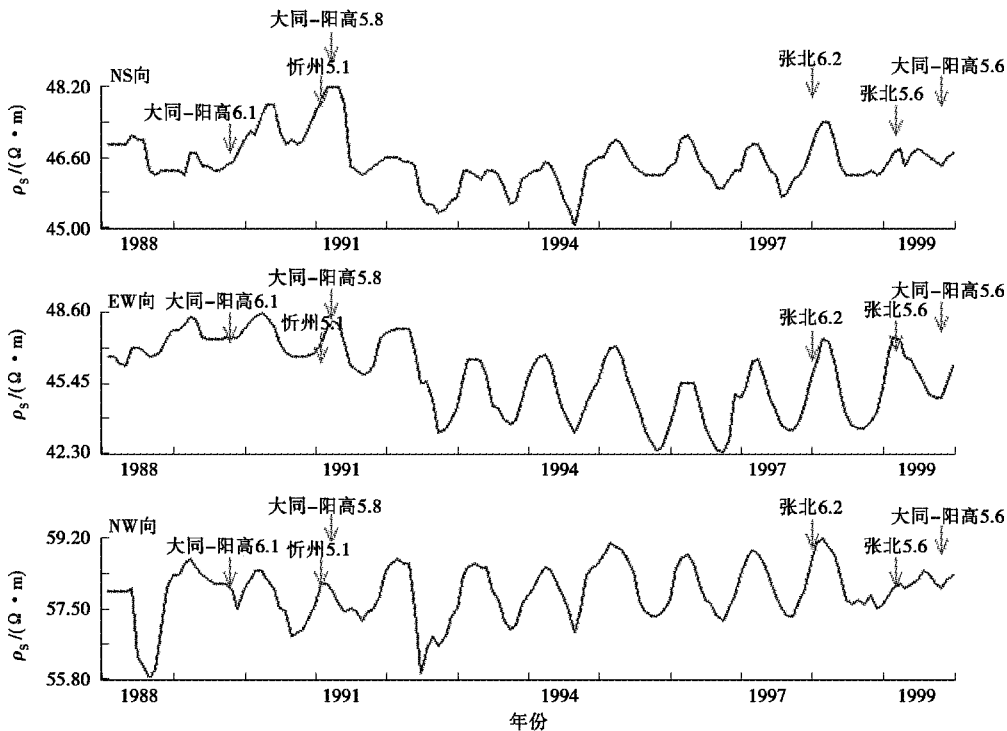


图 2 大同台地电阻率 1988—1999 年月均值图

Fig. 2 Monthly mean chart of Datong geoelectrical resistivity from 1988 to 1999

1.2 阳原台地电

阳原台地电阻率自 1977 年观测以来,呈现有规律的“冬高夏低”年变化特征,年变幅为 2~3 Ω·m。观测点位于断裂带和冲积扇上,对地壳深部的信息较敏感。

阳原台地电阻率在 1989 年大同一阳高地震前无异常,1990 年的年变幅突然增大,NE 向 1991 年年变高值超过多年平均水平,随后连续发生 2 次 5 级以上地震;1998 年张北地震前,NE、NW 两个方向均出现加速下降变化,地震后异常未恢复,呈继续下降,至 1999 年底的高值恢复期发生 2 次 5 级以上地震(见第 3 页图 3)。

1.3 宝昌台地电

宝昌台地电阻率自 1980 年开始观测,数据质量较

好,年变形态呈“冬高夏低”,年变幅为 40 Ω·m。

测道的变化速率远大于无震时段;1998 年张北地震前,正常年变规律被打破,未出现年变高值,震后继续下降,异常增大,至 1999 年初恢复正常(见第 3 页图 4)。

1.4 代县台地电

代县台地电阻率自 1978 年观测以来,年变形态呈“夏高冬低”型,年变幅为 12 Ω·m。观测场地浅层存在高阻层,易受地表干扰影响,春季测区浇灌,卵石层含水量高,观测值上升幅度大。

代县台地电阻率在 1989 年大同一阳高地震前,两测道出现同步下降变化,幅度超过 3%,震后恢复。SN 向数据在 1998 年张北 6.2 级与 1999 年山西浑源—河北阳原 5.6 级地震前曾出现为期 2 a 的低值异常

变化(见图 5)。

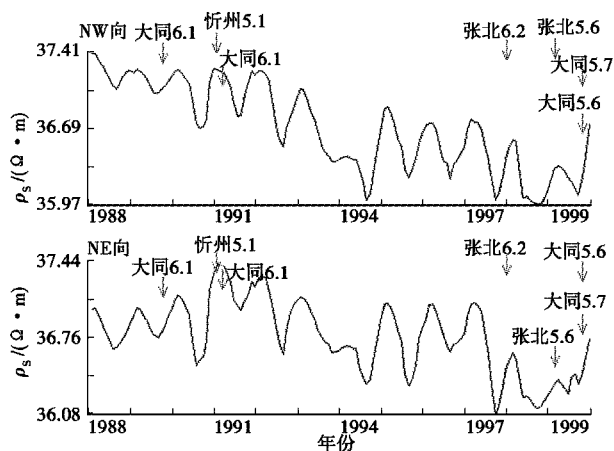


图 3 阳原台地电阻率 1988—1999 年月均值

Fig. 3 Monthly mean value of Yangyuan geoelectrical resistivity from 1988 to 1999

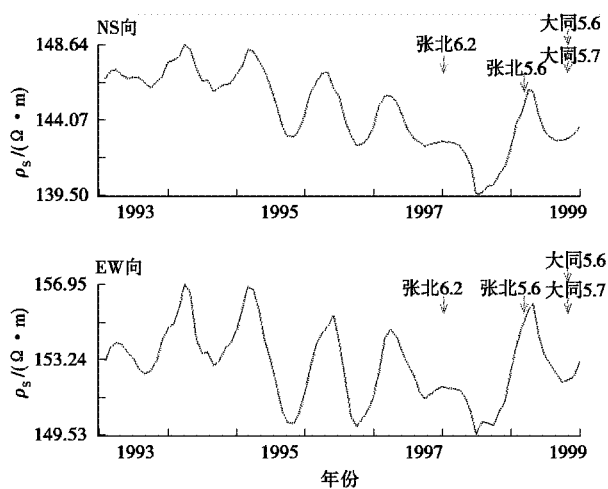


图 4 宝昌台地电阻率 1993—1999 年月均值

Fig. 4 Monthly mean value of Baochang geoelectrical resistivity from 1993 to 1999

2 震兆特征分析

大陆地震经常成组活动,即地震发生的时间和空间具有相对集中的特点^[12]。大量观测结果也表明,地电阻率的异常变化与成组地震的发生有一定的对应性,这种现象在地电阻率观测相对密集的华北地区尤为显著。晋冀蒙交界地区多次发生 5 级以上地震或成组活动前,有多个台站记录到明显的地电阻率异常。

异常往往具有持续时间长、主震发生后继续下降或维持异常不恢复等特点。这种异常多呈现出比单个地震发生后更复杂的形态特征,一般持续到成组地震的最后一个强震发生后才结束。总体表现为趋势变化背景下的反复升降,异常持续时间长、幅度大和恢复慢的特点,地电阻率异常的时空变化对成组强震活动的迁移也有一定的指示意义^[7-9]。

晋冀蒙交界区 4 个地电阻率台站自 1987 年观测以来,台站 300 km 范围内发生 $M_s 5.0$ 以上地震 8 次(去除余震)。本文在前人工作的基础上,对 4 个台地电阻率的震兆异常特征进行再研究,发现地电阻率异常变化与晋冀蒙交界地区中强地震有较好的对应关系(见第 4 页表 1)。

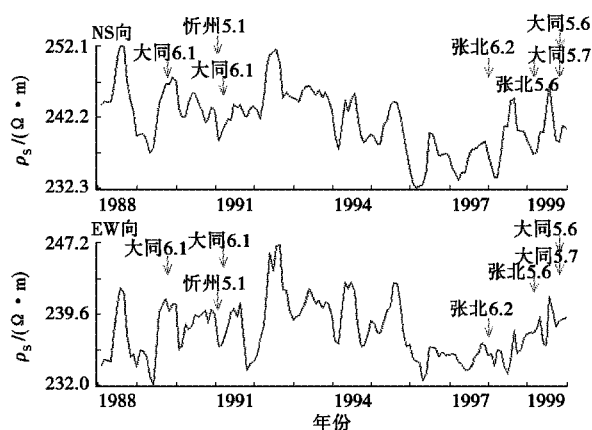


图 5 代县台地电阻率 1988—1999 年月均值

Fig. 5 Monthly mean value of Daixian geoelectrical resistivity from 1988 to 1999

由表 1 看出,晋冀蒙交界区中强地震前,出现地电阻率异常的台站一般分布在 300 km 范围内;地电阻率异常幅度与地电台址附近的岩石性质和构造有关;与震级的关系较为复杂;出现异常的相对变化幅度多数台站在 3% 左右,少数台站小于 1% 且难以识别;地电阻率异常绝大多数呈下降负异常,多数持续 1~2 a,部分持续 2~6 个月,少数在震前 20 d 左右,还有临震异常。

晋冀蒙交界地区地电阻率出现年变畸变或加速变化时,应引起注意,要找到干扰因素,排除震兆异常,特别是幅度小于 1% 的;地电阻率异常多为中长期,即大多数异常持续 1 年左右时间发震,有些在临震时还会有短临变化;有时地震在异常恢复后发生,还有在持续过程中发生;如果地震发生后异常未恢复,存在成组地震发生的可能。

3 结论与讨论

通过以上分析,得出如下结论:

(1) 晋冀蒙交界区地电阻率异常具有明显的地域

特色,中强地震前的多数异常台站位于震中 100 km 范围内,分布于 100~300 km 的台站对某些地震的异常较明显。也有距震中很近的台站,在震前无任何异常。

表 1 晋冀蒙交界地区地电阻率异常情况

Table 1 Anomalies of geoelectrical resistivity in the bordering region of Shanxi, Hebei and Inner Mongolia

| 台站 | 发震时间 年-月-日 | 震中地点 | 震级 Ms | 震中距(km) | 异常持续时间(月) | 最大异常幅度(%) | 异常描述 |
|------------|---------------|------|-------|---------|-----------|---------------------------|----------------------------|
| 阳原台 | 1989-10-18 | 山西大同 | 5.7 | 50 | 13 | NE 向:0.42% NW 向:-0.62% | NE、NW 两测道出现年变畸变,震后继续发展 |
| | 1989-10-19 | 山西大同 | 5.9 | | | | |
| | 1991-01-29 | 山西忻州 | 5.1 | | | | |
| | 1991-03-26 | 山西大同 | 5.8 | 109 | 23 | NE 向:-1.3% | NE、NW 两测道出现年变畸变,年变幅变小,几乎消失 |
| | 1998-01-10 | 河北张北 | 6.2 | | | | |
| | 1999-03-11 | 河北张北 | 5.6 | | | | |
| | 1999-11-01 | 山西大同 | 5.6 | | | | |
| 2006-07-04 | 河北文安 | 5.1 | 227.9 | 6 | 2.8 | NE 测道年变畸变 | |
| 大同台 | 1989-10-18 | 山西大同 | 5.7 | 45 | 11 | NS 向:-1.6% EW 向:-1.4% | 震前 NW 向下降,震后恢复正常后又出现新异常 |
| | 1989-10-19 | 山西大同 | 5.9 | | | | |
| | 1991-01-29 | 山西忻州 | 5.1 | | | | |
| | 1991-03-26 | 山西大同 | 5.8 | 141 | 21 | EW 向:4.2% NS 向:1.1% | 破年变 |
| | 1998-01-10 | 河北张北 | 6.2 | | | | |
| | 1999-03-11 | 河北张北 | 5.6 | | | | |
| | 1999-11-01 | 山西大同 | 5.6 | | | | |
| 宝昌台 | 1989-10-18 | 山西大同 | 5.7 | 220 | 5 | NS 向:-4.0% EW 向:-3.0% | 破年变,震前 EW、NS 向下降,震后逐步恢复 |
| | 1989-10-19 | 山西大同 | 5.9 | | | | |
| | 1991-01-29 | 山西忻州 | 5.1 | | | | |
| | 1991-03-26 | 山西大同 | 5.8 | 123 | 22 | EW 向:-0.9% NS 向:-3.1% | 破年变,震前 EW、NS 向下降,震后逐步恢复 |
| | 1998-01-10 | 河北张北 | 6.2 | | | | |
| | 1999-03-11 | 河北张北 | 5.6 | | | | |
| | 1999-11-01 | 山西大同 | 5.6 | | | | |
| 代县台 | 1989-10-18 | 山西大同 | 5.7 | 120 | 10 | NS 向:-3.2% EW 向:-3.1% | 震前下降 |
| | 1989-10-19 | 山西大同 | 5.9 | | | | |
| | 1991-01-29 | 山西忻州 | 5.1 | | | | |
| | 1991-03-26 | 山西大同 | 5.8 | | | | |

(2) 地电阻率异常幅度与地电台址附近的岩石性质和构造有关,与震级的关系较为复杂,出现异常的相对变幅多数台站在 3%左右,少数台站小于 1%,较难识别。

(3) 绝大部分台站的地电阻率异常为下降负异常,大多持续 1~2 a,部分持续 2~6 个月,少数在震前 20 d 左右还有临震异常。应特别注意晋冀蒙交界区附近各台站地电阻率年变化的消失或加速现象。在异常分析时,综合考虑各地电阻率的数据变化。

(4) 对上述 4 个台站的地电阻率异常进行 R 值效能评估,均呈现 $R \geq R_0$ 的结果,说明映震能力较强。大同 $R=0.52, R_0=0.45$;代县 $R=0.99, R_0=0.71$;阳原 $R=0.50, R_0=0.42$;宝昌 $R=0.61, R_0=0.58$ 。

1999 年 11 月 1 日大同 5.6 级地震距今近 23 a,在

此期间,城市化进程突飞猛进,观测环境日益恶化,干扰因素逐年增多,多数地电阻率观测变化在年变形态、幅度、变化速率等方面与之前的有明显区别。这些“变化”究竟是地震前兆异常还是干扰所致,抑或两者叠加,难以说清楚。按照 20 多年前的震例总结经验判断目前异常,来预测地震显然说服力不够。因此,建议加入同场地观测的小极距井下地电阻率的对比分析,更多采用定量方法,如有限元数值模拟定量排除干扰影响,捕获数量众多趋势异常变化下的短临变化,为地震预报提供更科学的依据。

参考文献:

[1] 安张辉,元丽华,李 宁,等. HHT 方法在地电场数据处理中的应用[J]. 地球物理学进展,2010,25(2):525-532.

- [2] 杜学彬,李 宁,叶 青,等.强地震附近视电阻率各向异性变化的原因[J].地球物理学报,2007,50(6):1802-1810.
- [3] 胡 哲,朱 涛,王兰炜,等.地震地电阻率数据处理方法[J].地球物理学进展,2011,26(1):79-88.
- [4] 钱复业,赵玉林.地震前地电阻率变化十例[J].地震学报,1980,2(2):186-197.
- [5] 钱家栋.与大震孕育过程有关的地电阻率变化研究[J].中国地震,1993,9(4):341-350.
- [6] 汪志亮,王志贤,余素荣,等.地电前兆场特征及有关地震预报问题探讨[J].地震,2000,20(1):147-153.
- [7] 汪志亮,郑大林,余素荣.地震地电阻率前兆异常现象[M].北京:地震出版社,2002:3-47.
- [8] 王志贤,彭远黔.地震地电阻率法的统计预报研究[J].山西地震,1996(2):34-39.
- [9] 肖武军,关华平.汶川 8.0 级地震以及其它大震前的地电阻率异常特征[J].西北地震学报,2009,31(4):349-354.
- [10] 解 滔,杜学彬,刘 君,等.汶川 M_s 8.0、海地 M_w 7.0 地震电磁信号小波能谱分析[J].地震学报,2013,35(1):61-71.
- [11] 张国民,耿鲁民,张永仙,等.构造块体的成组孕震模型和前兆场某些特征的分析[J].地震学报,1995,17(1):1-10.
- [12] 张学民,翟彦忠.晋冀蒙交界地区震前地电阻率异常分析与研究[J].华北地震科学,2002,20(1):16-24.
- [13] 张学民,刘素英.华北地区成组地震前后的地电阻率异常特征[J].华北地震科学,2003,21(4):10-11.
- [14] 张学民,李 美,关华平.汶川 8.0 级地震前的地电阻率异常分析[J].地震,2009,29(1):108-115.
- [15] 张元生,郭 晓,钟美娇,等.汶川地震卫星热红外亮温变化[J].科学通报,2010,55(10):904-910.
- [16] 赵玉林,钱复业,杨体成,等.原地电阻率变化的实验[J].地震学报,1983,5(2):217-225.
- [17] 赵玉林,卢 军,张洪魁,等.电测量在中国地震预报中的应用[J].地震地质,2001,23(2):277-285.
- [18] Chieh-Hou Yang, Ping-Hu Cheng, Jiunn-I You, et al. Significant resistivity changes in the fault zone associated with the 1999 Chi-Chi earthquake, west-central Taiwan [J]. Tectonophysics, 2002, 350:299-313.
- [19] Kumar P, Foufoula G E. Wavelet analysis for geophysical applications[J]. Rev Geophys, 1997, 35(4):385-412.
- [20] Friedemann Freund. Pre-earthquake signals: Underlying physical processes [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2011(41): 383-400.
- [21] Jun Lu, Fu-ye Qian, Yu-lin Zhao. Sensitivity analysis of the Schlumberger monitoring array: application to changes of resistivity prior to the 1976 earthquake in Tangshan, China [J]. Tectonophysics, 1999, 307:397-405.
- [22] Mazzella A, Morrison H F. Electrical resistivity variations associated with earthquakes on the San Andreas fault [J]. Science, 1974, 185(4154): 855-857.
- [23] Xue-bin Du, Shun-zhang Xue, Zhen Hao, et al. On the relation of moderate-short term anomaly of earth resistivity to earthquake [J]. Acta Seismologica Sinica, 2000, 13(4):393-403.
- [24] Xue-min Zhang, Xu-hui Shen. Electromagnetic Anomalies around The Wenchuan Earthquake and Their Relationship with Earthquake Preparation [J]. International Journal of Geophysics, 2011, doi: 10. 1155/2011/904132:1-8.
- [25] 安维光.华北 6 级地震地电阻率的短临异常指标[J].地震,1991,12(6):18-24.
- [26] 王同利,崔博闻,王丽红,等.2008 年汶川 M_s 8.0 地震前后地电阻率时空变化[J].地震研究,2022,45(1):66-74.

Study on the Variation of Geoelectrical Resistivity and Seismic Precursor Characteristics in the Bordering Region of Shanxi, Hebei and Inner Mongolia

NING Ya-ling^{1,2}, LV Hai-jie³, WANG Peng-wei^{1,2}

(1. Shanxi Earthquake Agency, Taiyuan, Shanxi 030021, China;

2. National Continental Rift Valley Dynamics Observatory of Taiyuan, Taiyuan, Shanxi 030025, China;

3. Zhengzhou Industry and Trade School, Zhengzhou, Henan 450007, China)

Abstract: The observation of geoelectrical resistivity is one of the means of seismic monitoring, which can detect the change of the resistivity of the medium in a certain range of underground. This paper selects the geoelectrical resistivity observation data of Yangyuan, Datong, Baochang and Daixian Seismic Stations in the bordering region of Shanxi, Hebei and Inner Mongolia, are selected to analyze the change of seismic precursor characteristics. The results show that the phenomena such as the change anomalies of the rise and fall of the geoelectrical resistivity value and the disappearance of annual change have a good correspondence with seismic events.

Key words: Geoelectrical resistivity; Anomalies; The bordering region of Shanxi, Hebei and Inner Mongolia; Seismic precursor characteristics

山西地震台网记录的爆破特征及当量估算

靳玉贞^{1,3}, 张瑞芳^{2,3}, 何佳^{1,3}, 孟彩菊^{1,3}, 杨世英^{1,3}

(1. 山西省地震局太原地震监测中心站, 山西 太原 030025; 2. 山西省地震局, 山西 太原 030021;
3. 太原大陆裂谷动力学国家野外科学观测研究站, 山西 太原 030025)

摘要: 地表塌陷、沉降、滑坡、矿山开采引起的爆破等非天然事件有时会带来严重的社会危害, 需要开展更多的研究, 积累应对处置的方法与经验。本文收集整理山西数字地震台网 2004—2020 年记录到的矿山爆破、核爆破、工业爆破等波形资料, 开展对波形特征的研究, 并对各个类型的爆破当量进行估算。为今后准确识别爆破震动提供参考依据, 同时也为测震台网非天然地震的准确速报提供借鉴经验。

关键词: 爆破; 波形特征; 当量估算

中图分类号: P315.3⁺¹

文献标志码: A

0 引言

2019年3月江苏响水县生态化工园区发生爆炸, 2009年07月河南洛阳偃师市顾县镇的洛染股份有限公司发生爆炸, 2011年4月北京朝阳区和平街发生爆炸事故, 3次爆炸事故均有一定的人员伤亡, 造成一定的损失。面对现阶段突发性地震动事件造成的社会问题, 开展地表塌陷、沉降、滑坡等非天然事件和矿山开采引起的爆破, 重大危险源爆炸等非天然地震的防控研究至关重要。该文收集整理山西测震台网记录的矿山开采爆破、核爆、工业爆破等数字波形资料, 进行波形特征分析及不同爆破类型当量估算, 为快速准确判断地震类型提供参考依据。

1 山西地区地下爆破记录特征

山西数字地震台网共接收 74 个数字地震台的波形数据, 其中本省 57 个, 共享河南省、河北省、内蒙古自治区和陕西省的共 17 个。台站分布比较均匀, 可增强山西测震台网各类地震事件的定位精度。该研究收集 2004 年 1 月至 2020 年 12 月山西地震台网记录的 $M_L \geq 2.5$ 的 69 条矿区爆破波形, 进行不同类型爆破的波形特征研究。

1.1 地下矿区爆破时空特征

山西省矿区基本以煤矿区为主, 其他类矿山基本与煤矿区相伴生。矿区爆破分布广泛, 主要分布于大同矿区、平朔矿区、轩岗矿区、太原东西山矿区、阳泉矿区、霍西矿区、长治矿区、晋城矿区。除上述煤矿区外,

繁峙铁矿区、代县金矿区及中条山铜矿区等也是爆破易发生地^[1]。山西地区 2004 年 1 月至 2020 年 12 月, $M_L \geq 2.5$ 爆破时空分布如图 1 所示。大多数矿山爆破发生在上午 10 时至下午 8 时。

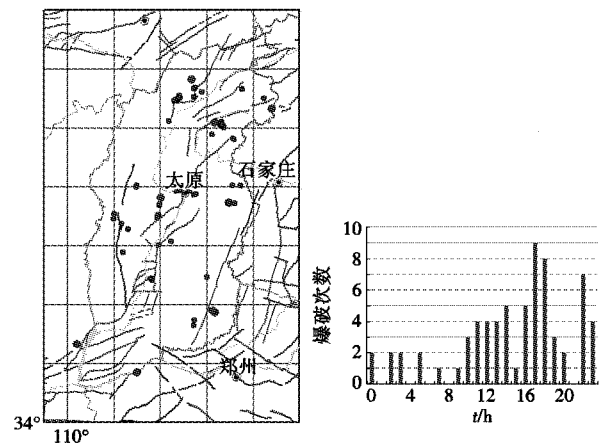


图 1 山西地区 2004—2020 年 $M_L \geq 2.5$ 爆破时空分布图

Fig. 1 Temporal and spatial distribution map of $M_L \geq 2.5$ blasting in Shanxi zone from 2004 to 2020

1.2 地下矿区爆破波形特征

爆破是爆炸产生的工程效应, 炸药爆破是极高速进行并自动传播的化学反应, 瞬间实现势能转化为机械能(工程效应)的过程。当爆炸发生时, 爆炸点周围

收稿日期: 2022-06-17

基金项目: 山西省地震局重点科研项目(SBK-2117)。

第一作者简介: 靳玉贞(1971—), 女, 山西代县人。高级工程师, 主要从事地震监测工作, E-mail: 675047518@qq.com。

通讯作者: 张瑞芳(1973—), 女, 山西昔阳人。高级工程师, 主要从事期刊编校与论文编写方面的研究工作, E-mail: 531585164@qq.com。

的介质存在剧烈的压力压强突跃,产生冲击波。冲击波垂直反射面反射回来形成纵波,以纵波形式传播;冲击波沿反射面传播形成横波,以横波形式传播^[2]。

人工爆破是人为地在地表面上的膨胀源,天然地震是地下某处在极短时间内释放能量的结果,两者在波形上有差异。地下矿区爆破中,较近的当地爆破波形特征是:频谱简单、缺少高频,多显示为 P_g 发育,垂直向初动向上, S_g 波作为次生波不清晰,同时当量越大的爆破短周期面波发育;较远的矿区爆破波形与天然地震波形相似,主要特点为:对震级、能量相当的爆破和天然地震,爆破振动较弱,衰减快,爆炸震源浅,传播介质疏松,随着震中距的增大,其高频成分很快被疏松的介质吸收, P 波的周期明显变大。震中距小于 200 km 的天然地震一般观测不到瑞利型面波,爆炸产生的地震波在震中距从几千米到 200 km 都能观测到瑞利型面波^[3]。 P_g 与 S_g 波的最大振幅比,天然地震一般为 $A_S/A_P > 3$,爆破 A_S/A_P 约为 1~2。

炸药爆炸在岩土介质中产生的地震波是一种复杂的瞬态波,介质质点振动不是稳定的正弦振动^[2]。不同矿体爆炸产生的地震波略有不同,图 2 分别是煤矿、金矿和铁矿爆破产生的地震波,由于其密度、刚性系数、弹性模量不同,振动持续时间、周期、初射角的动力学和运动学特征也不同。台网记录的 $M_L 2.8$ 平鲁煤矿爆破和繁峙 $M_L 3.4$ 铁矿爆破波形相似, P_g 发育,垂直向初动向上,短周期面波发育。平鲁煤矿属宁武煤田,为石炭二叠纪和侏罗纪含煤地层;繁峙铁矿为闪石型磁铁矿,矿体顶板为斜长角闪岩、黑云斜长片麻岩,底板为黑云斜长片麻岩、黑云斜长变粒岩。两种波形途径矿体围岩密度较大,使得波形高频成分发育。代县金矿位于五台群隆起西端,宽滩一般家会复向斜的东南翼^[4],爆破波形途径松软较厚的岩浆岩层,波形周期较大,短周期面波发育。

2 地下核爆破记录特征

核试验一般在白天,在几个基地重复进行。台网 2017 年 9 月 3 日 11 点 33 分记录到朝鲜 $M_L 6.3$ 核爆,场地位于朝鲜咸镜北道核试验场。此次核爆破的体波形似深震,有多次尖脉冲,由于震源极浅, S 波很弱,自由表面瑞利面波清晰,记录图中有比较明显的空气冲击波(见图 3)。一般情况下,较深地震的 S 波振幅较清晰,面波不发育。

3 地面上爆破记录特征

2019 年 1 月 18 日 14 时 57 分,在山西太原第一热电厂,爆破拆除高达 240 m 及 210 m 的烟囱,由内蒙古宏大爆破工程有限公司具体实施。此次是山西地区爆破当量较大的地上爆破,台网记录的电厂爆破初测震级为 $M_L 1.2$,爆破波形没有 S_g 波,大周期的是空

气中的 P_g 波,其后的高频部分是地震波(声波激发的地面震动),近地表爆破很快生成短周期面波 R_g ,空气冲击波触及地面与面波叠加生成声学震相 IRg(见第 8 页图 4)。

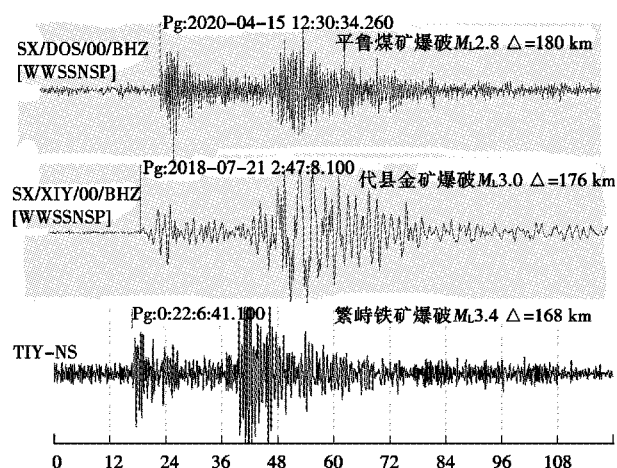


图 2 矿区爆破波形

Fig. 2 Mine blasting waveform

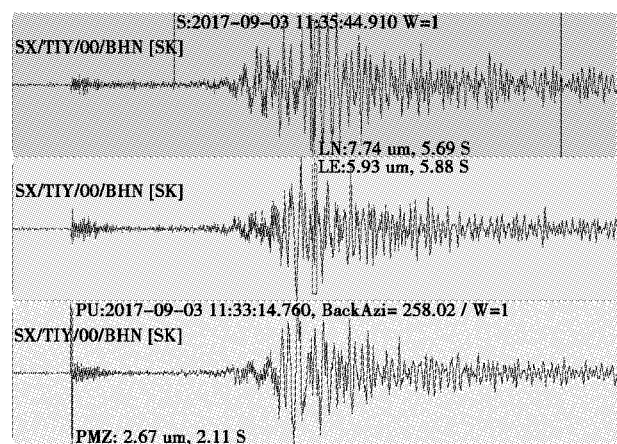


图 3 朝鲜核爆波形

Fig. 3 North Korean nuclear blasting waveform

4 爆破当量估算

炸药爆炸是化学爆炸,在某种起爆能的作用下,炸药瞬间内发生化学分解,产生高温、高压气体,对相邻介质产生极大的冲击压力,以波的形式向四周传递,是爆炸的一个重要特征,也是爆炸对周围介质实施破坏与杀伤的直接原因。因此,快速测定爆破的爆炸当量,对爆破产生的次生灾害开展应急救援工作至关重要。应用刘瑞丰研究员的研究成果,地下与地上爆破震级

与爆炸当量估算对照表^[5],估算出以上各种爆破炸药 当量如表 1 所示。

表 1 爆炸当量估算
Table 1 Estimation of blasting equivalent

| 爆破类型 | 平鲁煤矿爆破 | 繁峙铁矿爆破 | 代县金矿爆破 | 太原电厂爆破 | 朝鲜核爆 |
|----------|--------|--------|--------|--------|---------------|
| 震级 M_L | 2.8 | 3.4 | 3.0 | 1.2 | 6.3 |
| 当量估值 | 111 t | 500 t | 184 t | 1 t | 108.3±48.1 kt |

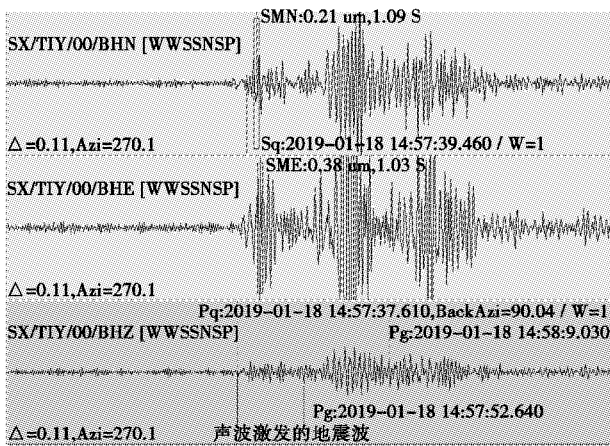


图 4 太原电厂爆破

Fig. 4 Blasting waveform of Taiyuan Power Plant

5 结论与讨论

通过对山西数字地震台网 2004 年 1 月至 2020 年 12 月,记录的不同类型爆破波形特征分析得出,爆破和地震信号均为非平稳信号,其在持续时间、振幅及能量上存在差异。地震为岩石破裂过程中岩层应力从积累到释放的过程,震源机制较复杂,波形复杂,震动持续时间长,能量释放缓慢;爆破事件为人工震源,震源机制相对简单,震动幅值大、衰减快,震动频率高,持续时间短^[6]。

台网记录的爆破总体特征为:由于矿山地震震源浅,在地震波传播过程中通过的介质比较疏松,高频成

分被疏松的介质吸收^[7];爆破频谱简单,多显示为 Pg 发育且在垂直向初动向上,Sg 波是次生波不清晰,瑞利型面波发育;Pg 波与 Sg 波的最大振幅比,天然地震的 A_s/A_p 值大于爆炸的;记录的核爆破体波形似深震,有多次尖脉冲,S 波很弱,自由表面瑞利面波清晰;此次台网记录的电厂地面爆破波形无 Sg 波,在近地表生成短周期面波。波形特征可作为区分爆破与地震的一种参考依据,有助于工作人员对实时记录的波形进行快速识别,为台网非天然地震速报、地震应急发挥作用。

另外,在对各类爆破进行的估算未精确考虑影响当量估算的震源特征、事件埋深、传播路径、能量衰减、地壳结构的不均匀性等^[5]。随着山西台网记录爆炸资料的不断增加,对爆炸当量的估算精度应进行深入研究。

参考文献:

- [1] 张建萍. 山西省的矿业开发与矿山地质灾害[J]. 科学咨询, 2009(1): 56, 63.
- [2] 包淑娴. 天然地震和人工爆破波形特征对比分析[J]. 华北地震科学, 2011(1): 15-19.
- [3] 杨莉, 韩英, 汤倩, 等. 爆炸地震的机制与场地效应分析[J]. 甘肃科技, 2017(18): 37-41.
- [4] 杨全林. 山西代县滩上一带金、多金属矿矿床特征及矿床成因浅析[J]. 科技创新与生产力, 2011(3): 100-102.
- [5] 刘瑞丰, 李赞, 张玲, 等. 爆炸当量估算的初步研究[J]. 地震地磁观测与研究, 2019(4): 1-7.
- [6] 靳玉贞, 林木金, 范晓瑜, 等. 基于小波变换方法的爆破、塌陷和地震信号分析[J]. 山西地震, 2014(2): 25-28.
- [7] 汪贵章, 凌学书, 张佑龙, 等. 安徽及周边爆破塌陷特殊地震动特征识别[J]. 防灾科技学院学报, 2010(2): 26-31.

(英文摘要见第 24 页)

太原地震监测中心站

地磁数据受高压直流输电干扰的识别处理

范磊^{1,3}, 魏越超^{1,3}, 郭宇^{1,3}, 宫静芝^{1,3}, 史舒婷^{1,3}, 刘素珍^{2,3}

(1. 山西省地震局太原地震监测中心站, 山西 太原 030025; 2. 山西省地震局, 山西 太原 030021;

3. 太原大陆裂谷动力学国家野外科学观测研究站, 山西 太原 030025)

摘要: 使用“中国地震前兆数据处理系统—地磁学科版”软件, 将太原地震监测中心站的 FHDZ—M15 秒数据与多台站的地磁秒数据进行对比, 量算出上临线等高压直流输电线路对太原站地磁数据的干扰幅度, 进行相关性和误差分析。结果表明, 高压直流输电对太原站地磁数据干扰幅度与台站至线路垂直距离成线性反比; F、H、D 三分量干扰幅度与 Z 分量干扰幅度呈高度线性相关; 以 Z 分量变化量为因变量, 使用参考拟合公式, 求取 F、H、D 的变化量, 可用于地磁高压直流输电干扰的日常处理中。

关键词: 高压直流输电; 线性关系; 干扰幅度

中图分类号: P315.63 **文献标志码:** A

0 引言

太原地震监测中心站下辖武家寨地磁台, 台站目前在运行观测仪器有 GM4 磁通门力仪、FHDZ—M15 地磁总场与分量组合观测系统、FHD 分量质子磁力仪三套相对记录仪与绝对观测器 Mingeo 磁通门经纬仪。随着社会经济的发展, 高压直流输电干扰已成为目前监测中不容回避的问题。高压直流输电线故障产生较大的不平衡电流, 会对地磁垂直分量产生干扰。高压直流输电线两边产生的磁场方向相反, 大小与输电线路中不平衡电流的大小成正比, 与输电线距台站的视距离成反比, 在输电电路的中段, 三者基本满足毕奥—萨伐尔定律^[1-3]。“地磁台网高压直流输电判别处理系统”为全国地磁观测人员, 处理高压直流输电对垂直分量 Z 的干扰提供具体时间、幅度参考标准, 有利于地磁预处理数据质量的提高^[4]。

由于高压直流输电对地磁场总强度 F、水平分量 H、磁偏角 D 干扰的形态相对复杂且幅度小, 判别结果与人的主观认知程度相关, 未形成共识。通过对太原站武家寨地磁台记录的高压直流输电线路干扰数据梳理总结, 发现对于特定线路, 地磁总强度 F、水平分量 H、磁偏角 D 干扰幅度与垂直分量 Z 的干扰幅度存在线性关系。由此总结出高压直流输电对武家寨地磁

数据干扰的定性、定量关系。

1 资料的选取与量算结果

选取 2014 年以来武家寨地磁高压直流输电干扰事件, 包括上临线(上海庙—临沂)78 个事件、宁东线(宁夏灵武—山东青岛)76 个事件、晋南线(晋北—南京)74 个事件、哈郑线(哈密—郑州)148 个事件、宁绍线(宁夏灵武—绍兴)43 个事件、昌宣线(昌吉—宣城)123 个事件, 共计 542 个事件, 通过国家地磁台网中心发布的高压直流输电对地磁垂直分量 Z 干扰形态幅度信息, 应用“中国地震前兆数据处理系统(地磁学科版)”软件, 多台站对比太原站 FHDZ—M15 秒数据, 量算出 F、H、D 的干扰幅度(FHDZ—M15 地磁总场与分量组合观测系统为秒采样仪器, 产出 D 分量数据单位为 nT)如第 10 页表 1 所示。

2 高压直流输电对太原站地磁数据干扰特征分析

对表 1 数据进行分析得出:

(1) 干扰幅度。高压直流输电对太原站地磁数据干扰幅度与台站至线路垂直距离成线性反比。如, 台站至上临线垂直距离约 50 km, 干扰幅度最大; 至昌宣线垂直距离约 500 km, 干扰幅度最小; F、D、H 分量干扰幅度与 Z 分量干扰幅度成正比。

收稿日期: 2022-10-27

基金项目: 山西省地震局科研项目(SBK-2213、SBK-2120), 山西太原大陆裂谷动力学国家野外科学观测研究站资助(NORSTY20-08、NORSTY20-11)。

第一作者简介: 范磊(1986—), 男, 山西运城人。工程师, 主要从事地球物理场观测与研究, E-mail: 471557087@qq.com。

(2) 干扰方向。晋南线对太原站地磁数据 Z 、 F 、 D 、 H 分量干扰方向一致；其他线路对 Z 、 F 分量干扰方向一致， D 、 H 干扰方向一致但与 Z 、 F 分量干扰方向相反。

(3) D 、 H 分量受到干扰时对应 Z 分量的干扰幅度为：上临线 $-16.6 \text{ nT} \sim +6.3 \text{ nT}$ 、宁东青岛线 $-14.1 \text{ nT} \sim -12.4 \text{ nT}$ 与 $+9.6 \text{ nT} \sim +14.6 \text{ nT}$ 、晋南线 $-8.0 \text{ nT} \sim -0.9 \text{ nT}$ 与 $+1.2 \text{ nT} \sim +8.0 \text{ nT}$ 、哈郑线

$-3.5 \text{ nT} \sim -2.2 \text{ nT}$ 与 $+2.1 \text{ nT} \sim +3.5 \text{ nT}$ 、昌宣线大于等于 2.3 nT ，宁绍线 D 、 H 分量不受高压直流输电干扰。

(4) D 、 H 分量非 100% 受干扰对应 Z 分量的干扰幅度为：晋南线 $-0.8 \text{ nT} \sim -0.7 \text{ nT}$ 与 $+0.4 \text{ nT} \sim +0.9 \text{ nT}$ 、哈郑线 $-2.1 \text{ nT} \sim -1.9 \text{ nT}$ 与 $+1.1 \text{ nT} \sim +2.0 \text{ nT}$ 。

表 1 不同高压直流输电线路对太原站地磁数据的干扰幅度

Table 1 Interference amplitude of different HVDC transmission lines on geomagnetic data of Taiyuan Seismic Station

| 干扰幅度 nT | | | | 干扰方向 (向上+ 向下-) | | | | 干扰百分比 | | | 样本数量 (个) |
|----------------------------|------------|-------------|-----------|-------------------|---|---|---|-------|------|------|-------------|
| Z | F | D | H | Z | F | D | H | F | D | H | |
| (1) 上临线: 台站至线路垂直距离约 50 km | | | | | | | | | | | |
| -16.6~-1.3 | -11.4~-0.9 | +0.21~2.00 | +0.3~+3.8 | - | - | + | + | 100% | 100% | 100% | 38 |
| +1.3~+6.3 | +0.9~+5.3 | -1.26~-0.23 | -2.5~-0.4 | + | + | - | - | 100% | 100% | 100% | 40 |
| (2) 宁东线: 台站至线路垂直距离约 80 km | | | | | | | | | | | |
| -14.1~-12.4 | -11.9~-8.9 | +0.23~+0.90 | +1.0~+4.6 | - | - | + | + | 100% | 100% | 100% | 14 |
| -8.4~-1.0 | -7.0~-0.8 | 0 | 0 | - | - | | | 100% | 0% | 0% | 17 |
| +2.8~+5.9 | +2.4~+5.4 | 0 | 0 | + | + | | | 100% | 0% | 0% | 28 |
| +9.6~+14.6 | +6.9~+13.8 | -0.77~-0.33 | -5.4~-1.3 | + | + | - | - | 100% | 100% | 100% | 17 |
| (3) 晋南线: 台站至线路垂直距离约 80 km | | | | | | | | | | | |
| -8.0~-0.9 | -7.4~-0.8 | -5.00~-0.26 | -3.0~-0.3 | - | - | - | - | 100% | 100% | 100% | 27 |
| -0.8~-0.7 | -0.7~-0.6 | 0.30 | -0.3 | - | - | - | - | 100% | 25% | 25% | 4 |
| +0.4~+0.9 | +0.4~+0.8 | +0.24~+0.80 | +0.3~+0.5 | + | + | + | + | 100% | 40% | 40% | 10 |
| +1.2~+8.0 | +1.2~+6.9 | +0.40~+4.66 | +0.3~+2.0 | + | + | + | + | 100% | 100% | 100% | 33 |
| (4) 哈郑线: 台站至线路垂直距离约 300 km | | | | | | | | | | | |
| -3.5~-2.2 | -3.1~-1.8 | +0.38~+1.00 | +0.8~+1.5 | - | - | + | + | 100% | 100% | 100% | 3 |
| -2.1~-1.9 | -1.8~-1.2 | +0.20~+0.83 | +0.2~+1.0 | - | - | + | + | 100% | 50% | 50% | 22 |
| -1.8~-0.2 | -1.6~-0.2 | 0 | 0 | - | - | | | 100% | 0% | 0% | 62 |
| +0.2~+1.0 | +0.2~+0.8 | 0 | 0 | - | - | | | 100% | 0% | 0% | 15 |
| +1.1~+2.0 | +0.9~+1.8 | -0.89~-0.05 | -1.3~-0.4 | + | + | - | - | 100% | 56% | 56% | 32 |
| +2.1~+3.5 | +1.7~+3.0 | -0.78~-0.12 | -1.5~-0.4 | + | + | - | - | 100% | 100% | 100% | 14 |
| (5) 宁绍线: 台站至线路垂直距离约 310 km | | | | | | | | | | | |
| -2.0 | -1.7 | 0 | 0 | - | - | | | 100% | 0% | 0% | 2 |
| -1.8~-0.3 | -1.5~-0.2 | 0 | 0 | - | - | | | 100% | 0% | 0% | 19 |
| +0.3~+2.0 | +0.2~+1.7 | 0 | 0 | + | + | | | 100% | 0% | 0% | 22 |
| (6) 昌宣线: 台站至线路垂直距离约 500 km | | | | | | | | | | | |
| -2.3 | -2.0 | +1.50 | +1.70 | - | - | + | + | 100% | 100% | 100% | 1 |
| -2.0~-0.1 | -1.7~-0.1 | 0 | 0 | - | - | | | 100% | 0% | 0% | 79 |
| +0.2~+2.1 | +0.1~+1.8 | 0 | 0 | + | + | | | 100% | 0% | 0% | 42 |
| +2.3 | +2.0 | -1.50 | -1.70 | + | + | - | - | 100% | 100% | 100% | 1 |

3 高压直流输电对太原站地磁数据干扰幅度线性拟合与回归方程

通过绘制 F 、 H 、 D 与 Z 间的干扰幅度散点图，发现因变量和自变量的变化趋势是线性的，说明二者的直线拟合在整体上是合适的。因此，用一元线性回归（最小二乘法）分析高压直流输电干扰 F 、 H 、 D 分量的变化量和 Z 分量的变化量。建立因变量和自变量之

间的一元线性回归模型为： $y' = ax + b$ 。

假设某一时段的高压直流输电干扰 F 、 H 、 D 分量的变化量分别为 ΔF 、 ΔH 、 ΔD ，高压直流输电干扰 Z 分量的变化量 ΔZ ，两者之间存在 $y = f(x)$ 的函数关系。以太原站为例， ΔZ 为横坐标， ΔF 、 ΔH 、 ΔD 为纵坐标做散点图和拟合曲线（见第 11 页图 1）。从散点图的线性关系可以看出二者间的拟合程度，根据 y

与 x 的变化, 求出相应的拟合方程, 得到二者的相关系数 r 。

$$r = \frac{\sum (y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

相关系数 r 取值在 -1 到 1 之间。当 $|r|=1$ 时, 称 x, y 完全相关; $r=0$ 时, 称 x, y 不相关; $|r|<1$ 时, x 的变化引起 y 的部分变化, r 的绝对值越大, x 的变化引起 y 的变化就越大; $|r|>0.8$ 时, 称为高度相关; 当 $|r|<0.3$ 时, 称为低度相关, 其余为中度相关^[6]。

使用 *matlab* 程序计算得到 6 条高压直流输电线路 $\Delta F, \Delta H, \Delta D$ 与 ΔZ 参考拟合公式、相关系数、剩余均方差等^[5]。以 ΔZ 为因变量, 使用拟合公式求取 $\Delta F, \Delta H, \Delta D$ 理论值, 理论值与实际值存在误差。考虑 F, H, D 分量本身的变化量差异, 直接使用剩余均方差判定拟合误差并不合适, 此处使用剩余均方差与拟合绝对均值的比值 M 评价拟合误差。 M 越大误差越大, 反之误差越小(见第 12 页表 2)。

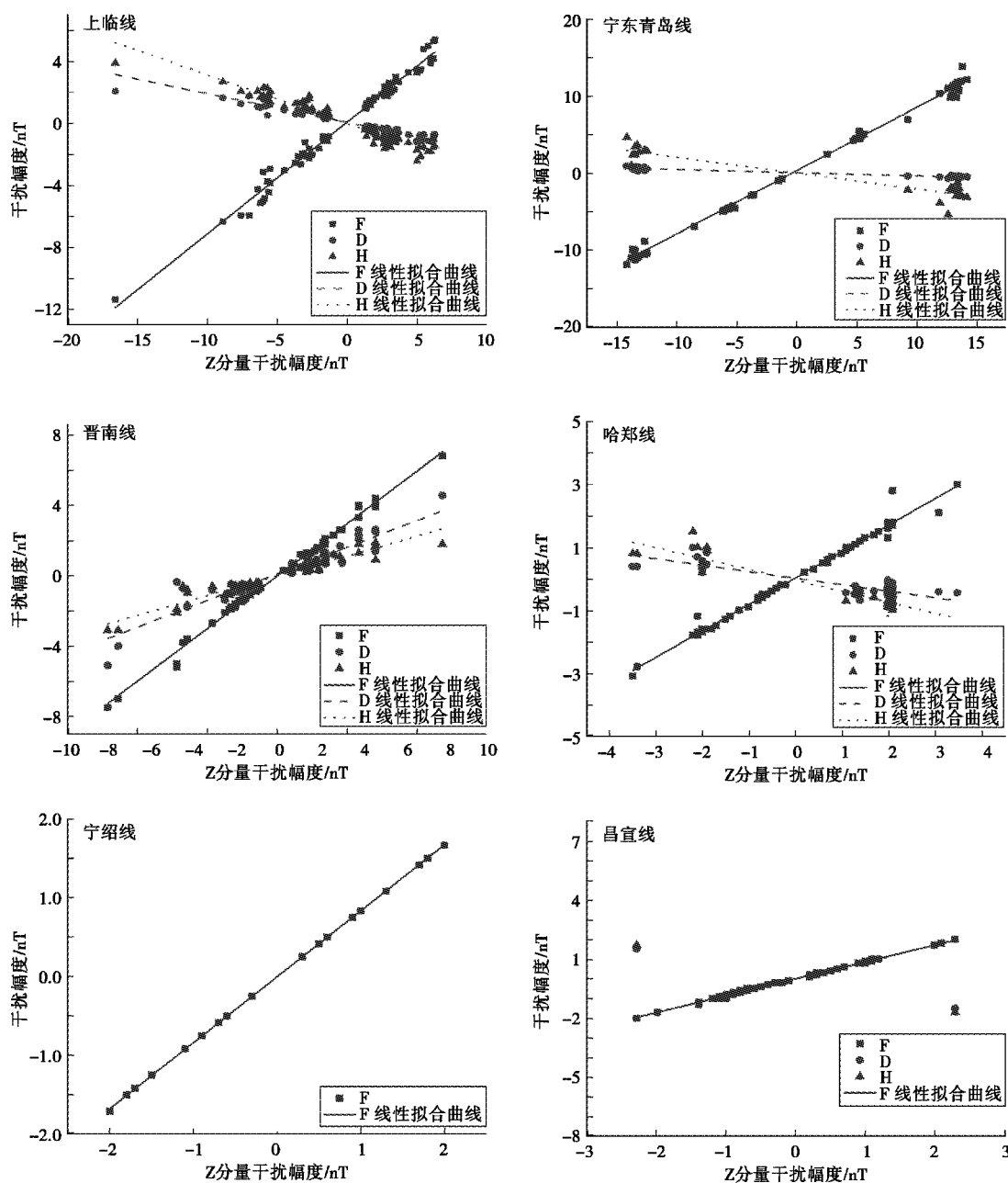


图 1 高压直流输电对太原站地磁数据干扰幅度散点图与回归直线
 Fig. 1 Interference amplitude scatter diagram and regression line of HVDC transmission to geomagnetic data of Taiyuan Seismic Station

表 2 高压直流输电干扰幅度参考拟合公式
Table 2 Reference fitting formula of HVDC transmission interference amplitude

| 线路名称 | 参考拟合公式 | ΔZ 参考范围 | 相关系数 | 残差分析 (拟合绝对均值±剩余均方差) | M 拟合误差评价 |
|------|---------------------------------------|---|---------|------------------------|----------|
| 上临线 | $\Delta F = +0.7174\Delta Z$ | $-16.6 \leq \Delta Z \leq 6.3$ | +0.9925 | 2.7±0.4 | 0.15 |
| | $\Delta H = -0.3126\Delta Z - 0.0730$ | $-16.6 \leq \Delta Z \leq 6.3$ | -0.9636 | 1.2±0.4 | 0.33 |
| | $\Delta D = -0.1848\Delta Z - 0.0054$ | $-16.6 \leq \Delta Z \leq 6.3$ | -0.9547 | 0.70±0.26 | 0.37 |
| 宁东线 | $\Delta F = +0.8053\Delta Z + 0.1882$ | $-14.1 \leq \Delta Z \leq 14.6$ | +0.9976 | 6.9±0.8 | 0.12 |
| | $\Delta H = -0.2041\Delta Z + 0.0269$ | $-14.1 \leq \Delta Z \leq -12.4$ $9.6 \leq \Delta Z \leq 14.6$ | -0.9516 | 2.7±0.9 | 0.33 |
| | $\Delta D = -0.0415\Delta Z + 0.0279$ | $-14.1 \leq \Delta Z \leq -12.4$ $9.6 \leq \Delta Z \leq 14.6$ | -0.9696 | 0.55±0.14 | 0.25 |
| 晋南线 | $\Delta F = +0.8931\Delta Z - 0.0230$ | $-8.0 \leq \Delta Z \leq 8.0$ | +0.9968 | 2.0±0.2 | 0.10 |
| | $\Delta H = +0.3371\Delta Z + 0.0585$ | $-8.0 \leq \Delta Z \leq -0.9$ $1.2 \leq \Delta Z \leq 8.0$ | +0.9615 | 0.9±0.3 | 0.33 |
| | $\Delta D = +0.4537\Delta Z + 0.1562$ | $-8.0 \leq \Delta Z \leq -0.9$ $1.2 \leq \Delta Z \leq 8.0$ | +0.9390 | 1.02±0.50 | 0.49 |
| 哈郑线 | $\Delta F = +0.8349\Delta Z + 0.0224$ | $-3.5 \leq \Delta Z \leq 3.5$ | +0.9923 | 1.1±0.2 | 0.18 |
| | $\Delta H = -0.3489\Delta Z - 0.0526$ | $-3.5 \leq \Delta Z \leq -2.2$ $2.1 \leq \Delta Z \leq 3.5$ | -0.9454 | 0.7±0.2 | 0.29 |
| | $\Delta D = -0.2064\Delta Z + 0.0144$ | $-3.5 \leq \Delta Z \leq -2.2$ $2.1 \leq \Delta Z \leq 3.5$ | -0.8825 | 0.42±0.22 | 0.52 |
| 宁绍线 | $\Delta F = +0.8334\Delta Z - 0.0012$ | $-2.0 \leq \Delta Z \leq 2.0$ | +1.0000 | 0.8±0.0 | 0.00 |
| 昌宣线 | $\Delta F = +0.8485\Delta Z$ | $-2.3 \leq \Delta Z \leq 2.3$ | +0.9984 | 0.6±0.0 | 0.00 |

4 结论与讨论

通过对太原站多条高压直流输电干扰的梳理分析,可得出以下认识:

(1) 干扰幅度:高压直流输电对太原站地磁数据干扰幅度与台站至线路垂直距离成线性反比, F 、 H 、 D 分量干扰幅度与 Z 分量干扰幅度成正比。

(2) 相关性: ΔZ 参考范围内晋南线 ΔF 、 ΔH 、 ΔD 与 ΔZ 高度正相关;其他线路 ΔF 与 ΔZ 高度正相关, ΔH 、 ΔD 与 ΔZ 高度负相关。

(3) 拟合误差评价:上临线、晋南线、哈郑线 D 分量拟合误差较大, H 分量拟合误差次之, F 分量拟合误差最小,即 $M_{(D)} > M_{(H)} > M_{(F)}$;宁东线 H 分量拟合误差较大, D 分量拟合误差次之, F 分量拟合误差最小,即 $M_{(H)} > M_{(D)} > M_{(F)}$ 。初步认为此现象与高压直流输电线路走向相关,需在今后工作中进一步核实。

(4) 拟合公式使用条件:在使用拟合公式时,应严格按照 ΔZ 参考范围进行拟合计算。宁东线、哈郑线、昌宣线部分 Z 分量受高压直流输电干扰时, H 、 D 分量不受干扰,宁绍线未发现 H 、 D 分量的干扰现象,初步认为此现象与高压直流输电线路走向和台站至高压

直流输电线路垂直距离相关。在样本数量不足的情况下,使用拟合公式尤其要注意这一点。

(5) 拟合公式对现阶段数据处理提供了依据,但由于样本数量有限且不均匀,公式存在偏差,且幅度越小,偏差越大,需要在今后工作中不断完善。

(6) 不同线路对水平分量 H 和磁偏角 D 的干扰不同,比如宁绍线目前统计来看未发现 H 、 D 分量的干扰现象,弄清楚高压直流输电对地磁水平分量 H 和磁偏角 D 干扰机理才能从根本上解决问题。

参考文献:

- [1] 沈红会,周加新,张秀霞,等. 直流输电对江苏地磁观测的影响分析[J]. 地震地磁观测与研究,2005(5):55-70.
- [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,2004(3):132-139.
- [3] 方 炜,晏 锐,邵辉成,等. 高压直流输电对地磁场观测的影响[J]. 地震地质,2012(1):138-144.
- [4] 陈 俊,蒋延林,张秀霞,等. 地磁台网高压直流输电判别处理系统设计[J]. 地震地磁观测与研究,2014(2):270-274.
- [5] 万永革. 数字信号处理的 MATLAB 实现[M]. 北京:科学出版社,2012:4-7.

(英文摘要见第 37 页)

气温、气压对库尔勒断层氢观测影响分析

刘海洋,徐衍刚,蒋志英,饶文

(新疆维吾尔自治区地震局阿克苏地震监测中心站,新疆 阿克苏 843000)

摘要:运用库尔勒 ATG-6118H 型痕量氢分析仪和 WYY-1 型气象仪观测数据,对库尔勒断层氢浓度值同气温、气压进行一元相关分析。结果表明,断层氢观测与气温影响为负相关,气压为正相关。WYY-1 型气象仪记录的气温相关性大于自带气温相关性,综合认为,影响断层氢浓度值的气温主要来自观测点周围一定区域内的温度变化,并非仪器所处观测室的温度变化。因此,建议在今后断层氢测点建设中,架设相关仪器开展周边环境温度、气压的监测。

关键词:断层氢;气温;气压;相关性

中图分类号:P315.61

文献标志码:A

0 引言

断层氢监测用于地震预报研究由来已久,国内外大量研究认为,氢在地震前后变化明显,是反应地下应力应变灵敏的地球化学组分^[1]。前期受技术水平的限制,未能在台站进行定点连续观测;近年随着 ATG-6118H 型痕量氢分析仪在全国的试运行,已在多个台站取得较好的短临异常实例,有望成为实现地震短临预报突破的新途径^[2-4]。现有对断层氢观测影响因素的相关研究认为,其观测主要受气象因素影响,气温影响大于气压影响,影响的正、负相关性表现出不确定性,之间的关系有待进一步研究^[5-6]。新疆库尔勒台是全国最早一批开展断层氢定点观测的台站之一,该测点有仪器自带的气温、气压辅助测项,测点观测室外架设高精度的 WYY-1 型气象仪。通过对库尔勒断层氢浓度值同自带辅助测项及观测室外 WYY-1 型气象仪数据进行相关分析,探讨气温、气压对库尔勒断层氢观测影响,为断层氢观测的干扰识别、异常判断及数据分析提供参考。

1 观测点概况

库尔勒断层氢观测点位于库尔勒台霍拉山综合观测山洞内,该山洞处于南天山褶皱带与塔里木地台的交界部位及北轮台-辛格勒断裂带与兴地断裂带的交汇复合部位。山洞内跨断层走向北东-北东东,倾向北西,倾角 $35^{\circ}\sim 80^{\circ}$,破碎带宽 $4\sim 8$ m,破碎带内主要为破碎黑云母片麻岩角砾及砾岩、砂岩角砾的混杂堆积物^[7]。观测山洞呈“U”字形,总长400余米,顶部覆

盖层厚度 > 40 m,洞内年温差 0.5°C ,日温差小于 0.1°C ,湿度较低^[8](见第14页图1)。

库尔勒断层氢观测仪2013年11月架设,安置于观测山洞东部跨断层观测室内,仪器型号为 ATG-6118H 型痕量氢分析仪,采样间隔为60 min,采样时间10 s,仪器检出限达 0.005 ppm,误差在5%以内。仪器自带气温、气压辅助测项,同步记录观测室内气温、气压数据。观测孔直径1.0 m,深1.7 m,孔内埋设直径0.25 m下部有孔洞的PVC集气管,孔内下部用砾石、上部用砂石回填^[9]。

库尔勒 WYY-1 型气象仪2001年10月架设,布设于观测山洞西洞口,监测观测山洞外周边环境的气温、气压及雨量变化,为山洞内形变、重力、测震等观测资料分析提供辅助气象数据服务。仪器由气温、气压、雨量3个传感器构成,各传感器分辨率分别为 0.01°C 、 0.1 hPa、 0.1 mm,数据采集率为分钟值。该仪器在2019年升级改造为中光科大的 ZKGD3000-M 型气象仪。

2 观测资料概述

库尔勒断层氢仪器运行相对稳定,产出数据完整率在98%以上,日常观测数据干扰主要来源于气象干扰、人为干扰(标定、检修仪器)、供电干扰等。从第14页图2a看,库尔勒断层氢浓度具有较清晰的年变形态,呈夏低冬高的年变特征,最小值为 0.01 ppm,最大值 3.32 ppm,平均值为 0.72 ppm,年变幅在 1.5 ppm左右;日变化相对平稳,大部分日变幅小于 1.0 ppm,日变无明显规律可循,呈现多峰式、单峰式和无日变形

态的平稳变化(见图 2b—2d)。

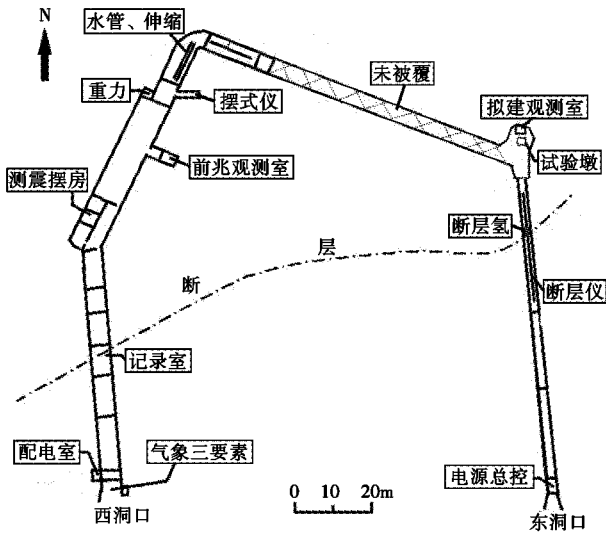


图 1 库尔勒观测山洞仪器分布图
Fig. 1 Instrument distribution map of Korla observation cave

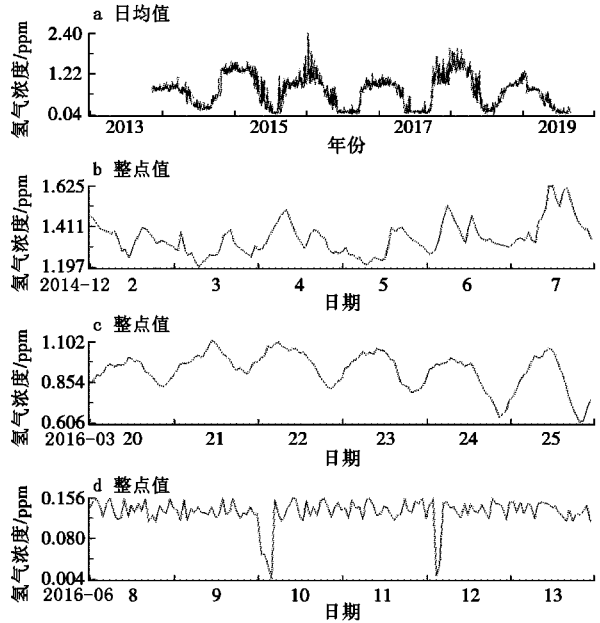


图 2 断层氢浓度曲线
Fig. 2 Fault hydrogen concentration curve

3 气温、气压相关分析

3.1 数据的选取及处理

库尔勒气象仪 2019 年进行升级改造后的仪器厂家、型号与之前均不同,为保证数据的一致性,选取 2013 年 11 月 10 日—2019 年 8 月 31 日,ATG-6118H 痕量氢分析仪和 WYY-1 型气象仪预处理后的日均值数据。经统计,应产出数据 2 121 个,实际产

出数据 2 094 个,数据完整率达 98.73%。断层氢数据变化除正常变化外,还存在一些高值异常。为排除高值异常对分析的影响,在进行相关分析时,以产出数据的平均值+2 倍均方差作为上限,对数据中大于 1.60 ppm 的高值进行剔除。运用剔除后的 2 056 个数据进行相关分析,参加相关分析数据占应产出数据的 96.94%,统计样本可反映出数据的整体变化情况。

表 1 数据量统计及均值、标准差计算

Table 1 Statistics of data volume and calculation of mean and standard deviation

| 时间段 | 数据量/个 | | | 完整率 (%) | 参与计算占比 (%) | 均值/ppm | 标准差/ppm | 均值+2 倍标准差/ppm |
|----------------|-------|-------|-------|---------|------------|--------|---------|---------------|
| | 应产出 | 实际产出 | 参与分析 | | | | | |
| 2013(11—12 月) | 52 | 52 | 52 | 100.00 | 100.00 | 0.78 | 0.05 | 0.88 |
| 2014 | 365 | 340 | 340 | 93.15 | 93.15 | 0.71 | 0.38 | 1.47 |
| 2015 | 365 | 365 | 364 | 100.00 | 99.73 | 0.85 | 0.44 | 1.74 |
| 2016 | 366 | 366 | 359 | 100.00 | 98.09 | 0.64 | 0.44 | 1.53 |
| 2017 | 365 | 365 | 358 | 100.00 | 98.08 | 0.67 | 0.46 | 1.59 |
| 2018 | 365 | 365 | 342 | 100.00 | 93.70 | 0.86 | 0.48 | 1.83 |
| 2019(1—8 月) | 243 | 241 | 241 | 99.18 | 99.18 | 0.47 | 0.33 | 1.13 |
| 2013-11—2019-8 | 2 121 | 2 094 | 2 056 | 98.73 | 96.94 | 0.72 | 0.44 | 1.60 |

3.2 气温、气压相关分析

对库尔勒断层氢浓度值同仪器自带和 WYY-1 型气象仪记录的气温、气压数据,做一元线性回归分析的结果看(见表 2),仪器架设初期的相关性较差,原因是观测数据时间尺度较短,初期仪器自身需要不断稳定的过程有关。整体来看,库尔勒断层氢浓度值同仪器自带气温呈负相关,相关系数为 0.332;同自带气压呈正相关,相关系数为 0.688,表现出气压相关性大于气温的,该结果同其他台站已有研究认识有所不同。

由断层氢浓度值同 WYY-1 型气象仪记录的气温、气压相关性看,也表现为气温负相关、气压正相关。其中,气压相关性变化不大,相关系数为 0.640;气温相关性增大,相关系数由 0.332 上升为 0.808,表现出同气温的强相关性。同时,由年相关系数变化来看,年相关性变化不大,均呈强相关性。由此看出,库尔勒断层氢浓度值同 WYY-1 型气象仪的气温、气压均表现

出较强的相关性。其中,同气温呈负相关,同气压呈正相关,且气温影响大于气压影响(见图 3)。

由仪器自带和 WYY-1 型气象仪记录的气温、气压之间相关性看,两者的气温相关性较差,年相关性相差也较大;两者气压之间表现出很强的正相关性。造成这种结果的原因可能是仪器自带辅助测项记录的气温仅代表仪器所处观测室温度的变化,该变化除反映环境温度变化外,仪器运行产生的自热也不能忽略,加之山洞的覆盖及保温性也存在一定的温度滞后问题。WYY-1 型气象仪记录的数据影响因素相对较少,可代表监测点周围一定区域内整体环境的变化。可以得出,库尔勒断层氢浓度值同自带气温的相关性明显低于与 WYY-1 型气象仪气温的相关性。库尔勒断层氢浓度值受气温的影响主要来自观测室周边一定区域内环境温度的变化,观测室温度的变化影响相对较小。

表 2 相关系数统计

Table 2 Statistics of correlation coefficient

| 时间段 | 与仪器自带的相关系数 | | 与 WYY-1 记录的相关系数 | | 两者气温相关性 | 两者气压相关性 |
|----------------|------------|--------|-----------------|--------|---------|---------|
| | 气温 | 气压 | 气温 | 气压 | | |
| 2013(11-12月) | 0.260 | -0.076 | 0.072 | -0.059 | 0.006 | 0.994 |
| 2014 | -0.245 | 0.758 | -0.822 | 0.706 | 0.587 | 0.929 |
| 2015 | -0.814 | 0.662 | -0.808 | 0.610 | 0.810 | 0.993 |
| 2016 | -0.301 | 0.740 | -0.903 | 0.721 | 0.262 | 0.999 |
| 2017 | -0.108 | 0.755 | -0.858 | 0.747 | 0.300 | 0.999 |
| 2018 | -0.782 | 0.621 | -0.777 | 0.582 | 0.764 | 0.998 |
| 2019(1-8月) | -0.685 | 0.826 | -0.948 | 0.835 | 0.724 | 0.999 |
| 2013-11-2019-8 | -0.332 | 0.688 | -0.808 | 0.640 | 0.483 | 0.975 |

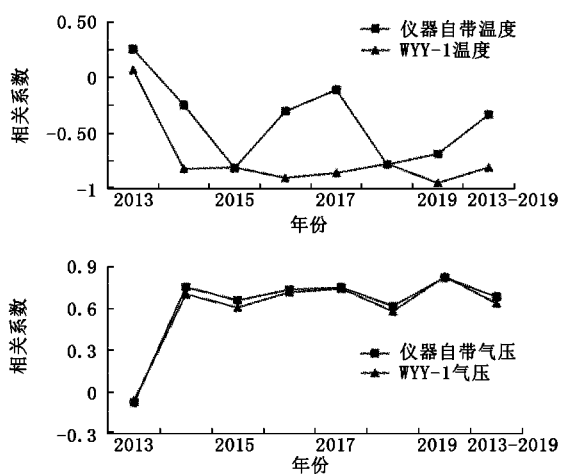


图 3 气温、气压相关系数

Fig. 3 Correlation coefficient of air temperature and pressure

研究结论在库尔勒断层氢实际观测中也得到佐证,在气温变化较大时,易造成断层氢浓度值相应大幅度负相关变化。如第 16 页图 4 所示,2017 年 5 月 1 日至 6 月 5 日,WYY-1 气象仪记录到观测室周边气温出现较大的上升波动变化,气温值由最低的 9.32 °C 上升至最高的 29.56 °C;相应的断层氢浓度值出现准同步的大幅度下降变化,由高值 0.84 ppm 下降至 0.07 ppm;仪器自带的气温变化值不明显。

3.3 影响机理探讨

由以上分析看出,库尔勒断层氢浓度值同气温呈正相关、气压呈负相关,表现出“夏低冬高”的特征。认为可能同观测点与冻土层相对位置有关,当观测点处于冻土层深度以下时,冬季气温下降引起温度梯度减小,冻土层内的气温逐渐降低,表层潮湿土壤中的水汽相对凝结甚至冻结,形成一个相对封闭的系统,在冻土层以下地壳下部自然溢出的断层氢不断聚集,形成高的断层氢浓度值;在冻土层上部的观测点,由于地下溢

出氢的减少及上部土壤温度梯度的减弱,造成断层氢浓度值减小。库尔勒断层氢观测点被覆达 40 余米,相对处于冻土层以下,出现“夏低冬高”的年变特征。

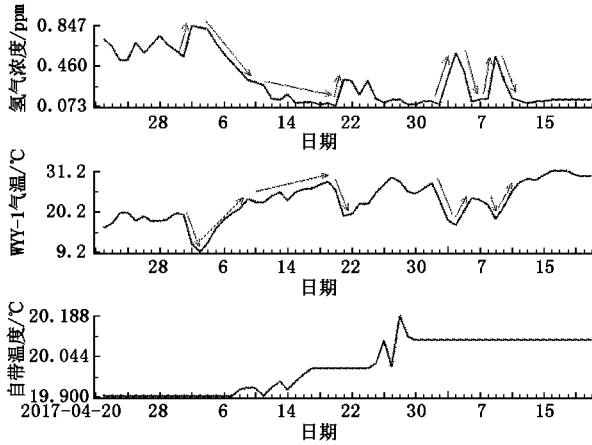


图 4 2017 年 4 月 20 日至 6 月 20 日库尔勒断层氢浓度及温度日均值曲线
 Fig. 4 Daily mean curve of fault hydrogen concentration and temperature of korla fault from April 20 to June 20, 2017

影响库尔勒断层氢浓度值的温度、气压主要来源于周边环境的温度、气压,仪器所处观测室的温度、气压变化对其影响相对较小。笔者认为,在断层氢日常观测中获得的氢气,一部分来源于地下深部的自然溢出,另一部分来源于观测点周边地表浅层土壤及岩石空隙中富存。当地壳相对稳定时,地下自然溢出的氢相对恒定,断层氢浓度值的季节性变化主要源于观测点周边土壤和岩石空隙中的氢受温度、气压变化的影响;在地震发生前后,断层相对活动及深部岩石发生破裂,氢溢出通道相对开放,地下岩石及深部的氢释放增多,表现出氢浓度值增高的短临异常特征。

4 结论与讨论

对库尔勒断层氢浓度与仪器自带及 WYY-1 型气象仪记录的气温、气压进行相关性分析,并对影响机理进行探讨,得出以下结论:

- (1) 库尔勒断层氢浓度值同时受气温、气压影响,其中,气温影响为负相关,气压为正相关,气温影响大于气压影响。
- (2) 影响库尔勒断层氢浓度值的气温主要来自观测点周边一定区域内的温度变化,非仪器所处观测室温度的变化。
- (3) 在断层氢观测中,建议有条件的台站在观测室外架设气象辅助观测设备,将仪器自带的温度、气压传感器安装于观测室外,用于监测观测点周边环境温度、气压的变化,为精准分析观测数据提供参考依据。

参考文献:

- [1] 张培仁,王基华,孙凤民. 氢——预报地震的灵敏元素[J]. 地震地质,1993(1):69-77.
- [2] 车用太,刘耀炜,何 纛. 断层带土壤中 H₂ 观测——探索地震短临预报的新途径[J]. 地震,2015,35(4):1-10.
- [3] 范雪芳,李自红. 中条山山前断裂断层氢的初步实验结果[J]. 国际地震动态,2012(6):271.
- [4] 黄春玲,王向阳. 夏县地震台痕量氢观测技术与地震关系研究[J]. 地震地磁观测与研究,2012,33(3):130-136.
- [5] 范雪芳,杨芷萌,李宏伟,等. 断层带土壤 H₂ 浓度变化特征及影响因素研究[J]. 地震研究,2020,43(2):302-309.
- [6] 刘海洋,赖爱京,冯 英,等. 2017 年 9 月 16 日库车 M_s5.7 地震前阿克苏西大桥断层氢异常可靠性分析[J]. 内陆地震,2020,34(2):187-195.
- [7] 罗宏江,苏 萍,江崇昆,等. 库尔勒台 DSQ 水管倾斜仪和 SQ-70 石英倾斜仪观测资料对比分析[J]. 内陆震,2006,20(4):366-371.
- [8] 张嘉敏,杨绍富,徐长银,等. 库尔勒台水平摆与垂直摆倾斜仪效能对比研究[J]. 内陆地震,2019,33(1):68-79.
- [9] 向 阳,孙小龙,高小其,等. 新疆库尔勒断层氢气浓度的影响因素及其地震预测的潜在效能评价[J]. 中国地震,2018,34(1):48-59.

(英文摘要见第 55 页)

台风“利奇马”对湖州地震台 VP 型倾斜仪 观测数据的扰动分析

方燕勋

(浙江省地震局杭州地震监测中心站,浙江 杭州 313000)

摘要:基于小波分析方法,提取台风“利奇马”对湖州地震台 VP 型倾斜仪观测数据的高频扰动发现,扰动信号呈“纺锤状”,与台风中心风速、台风距离的相关性低;扰动信号主要是海浪到达近海,冲击海底和海岸产生振动,经过完整的地壳传导而被观测仪器记录到的信号。

关键词:台风;小波分析;湖州地震台;海洋驻波

中图分类号:P315.72+8

文献标志码:A

0 引言

地倾斜观测是目前定点形变观测手段之一,仪器可以观测到长周期的趋势变化和固体潮汐变化、气压扰动等低频变化,还可记录到同震响应、全球地球自由振荡和震前异常等高频信息。随着科学技术的进步,观测方式实现了数字化、网络化,采样率也从原来的每分钟采集1个数提高到每秒采集1个数,高采样率为高频信息的提取和研究提供了条件。VP型倾斜仪是目前主要的地倾斜观测仪器之一,在频带宽度和采样率上,较VS型垂直摆倾斜仪提升很多,频带动态范围是VS型仪的20倍以上,其频带宽度提高到2s至1a。数据采集器采用EP-III型IP采集控制器,实现秒采样。该仪器能精确测量出地面倾斜的微小变化。

湖州地震台(以下简称湖州台)VP型倾斜仪多次观测到台风期间潮汐观测曲线上叠加连续的高频“扰动”信号。通过对记录到的2019年第9号台风“利奇马”引起的高频扰动进行分析,研究台风对VP型倾斜仪观测数据扰动的规律特征和内在联系。

1 观测台站概况

湖州台位于浙江北部、太湖南岸的湖州市南郊。该区域属道场山脉,为燕山期花岗岩体,处于苏州—湖州的北东向断裂、长兴(湖州)—屯溪北东向断裂及湖州—嘉善东西向断裂的三条断裂交汇^[1]。2011年,将VP型倾斜仪安装于湖州市人防11号山洞内完整性极好的花岗岩上,洞室进深60m,洞顶覆盖层厚度约

28m,年平均温度为17.7℃,日变幅小于0.05℃。VP型倾斜仪观测符合观测规范要求,资料的连续率和内在精度等参数均达到I类潮汐形变台要求。观测资料的主要干扰源为11号洞内积水抽水,距摆房最近距离15m,每年2月份抽水一次,干扰特征以潮汐畸变、短时间加速倾斜为主,干扰持续时间少于5d。

2 分析方法

定点形变观测数据中,不同频段具有不同的时间和频率特征,本文采用小波分析方法对原始观测数据进行不同频率的提取和分析。小波变换表示为:

$$\begin{aligned}w_a f(t) &= f \times \varphi_a(t) = \frac{1}{s} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \varphi\left(\frac{t-x}{s}\right) dx, \\ \varphi_a(t) &= \frac{1}{s} \varphi\left(\frac{t}{s}\right),\end{aligned}$$

式中: s 为尺度参数; φ_a 为母波函数。在实际应用中,小波变换的尺度参数可取离散值,通常对尺度参数 s 进行二进制离散化,即取 $s=2^j, j \in Z$,则 $f(t)$ 在尺度 2^j 下的小波变换为:

$$w_{2^j} f(t) = f \times \varphi_{2^j}(t) = \frac{1}{2^j} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \varphi\left(\frac{t-x}{2^j}\right) dx.$$

通过小波分解,将观测数据的不同频率和成分区分开,各个优势频率分别出现在不同的频带尺度分量上^[2]。根据张燕等学者^[3]研究发现,db4小波在分析定点形变观测资料方面较有利,且细节第1—4层能达到分析数据高频信息和潮汐信息的能力。故本文选用4层db4小波分析方法对原始观测数据进行分解。

收稿日期:2022-06-16

基金项目:中国地震局监测、预报、科研三结合课题(3JH-2021021)资助。

作者简介:方燕勋(1983—),男,浙江湖州人。高级工程师,主要从事地震监测与研究工作,E-mail:fanganxun@126.com。

3 台风“利奇马”对湖州台 VP 型倾斜仪观测数据扰动分析

台风“利奇马”于 2019 年 8 月 4 日下午在西北太平洋洋面生成。7 日 23 时(北京时,下同)加强为超强台风;8 日 21 时中心附近最大风力达到最大为 62 m/s,中心最低气压为 912 hPa;10 日 01 时 45 分前后,在浙江省温岭市城南镇沿海登陆,登陆时中心附近最大风力有 16 级(52 m/s),中心最低气压 930 hPa;穿过浙江、江苏省后移入黄海西部海域,11 日 20 时 50 分在山东省青岛市黄岛区沿海再次登陆^[4](见图 1)。

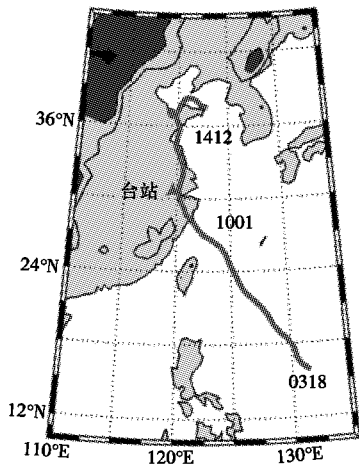


图 1 台风“利奇马”路径图
Fig. 1 Path map of typhoon "Lekima"

选取湖州台 VP 型倾斜仪 8 月 5 日至 15 日的原始观测数据,采用 4 层 db4 小波分析方法,对原始数据包含的不同频率成分和时频变化特征进行分析。通过 db4 小波分析 VP 倾斜仪 EW 分量原始数据发现,周期为 2~4 s 的细节第 1 层和周期为 4~8 s 的第 2 层信号均出现明显的高频信号,呈“纺锤状”(见图 2),完整地记录台风的整个过程^[5]。高频扰动信号的频带集中在 2~8 s,最大振幅为 0.72 ms。NS 分量也记录到相同的“纺锤状”高频扰动信号。

为研究台风“利奇马”对 VP 倾斜观测仪数据的高频扰动特征和主要扰动因素,采用台风中心风速变化情况与小波变换提取 2 层细节细化进行对比(见第 19 页图 3)。分析两组数据变化特点发现,台风中心风速于 8 月 9 日 00 点达到最高值,最大风速为每秒 64 m,小波提取 2 层细节记录的“纺锤状”高频信号最大振幅在 8 月 10 日 00 点;周期为 2~4 s 的高频扰动信号能量最强,扰动能量造成地面变形量达 1.3 ms;仪器观测能量最大时段滞后于台风中心风速最高值 24 h 左

右,说明可能是台风中心位置能量传播到观测台站,被台站仪器记录到,有一定的滞后现象。

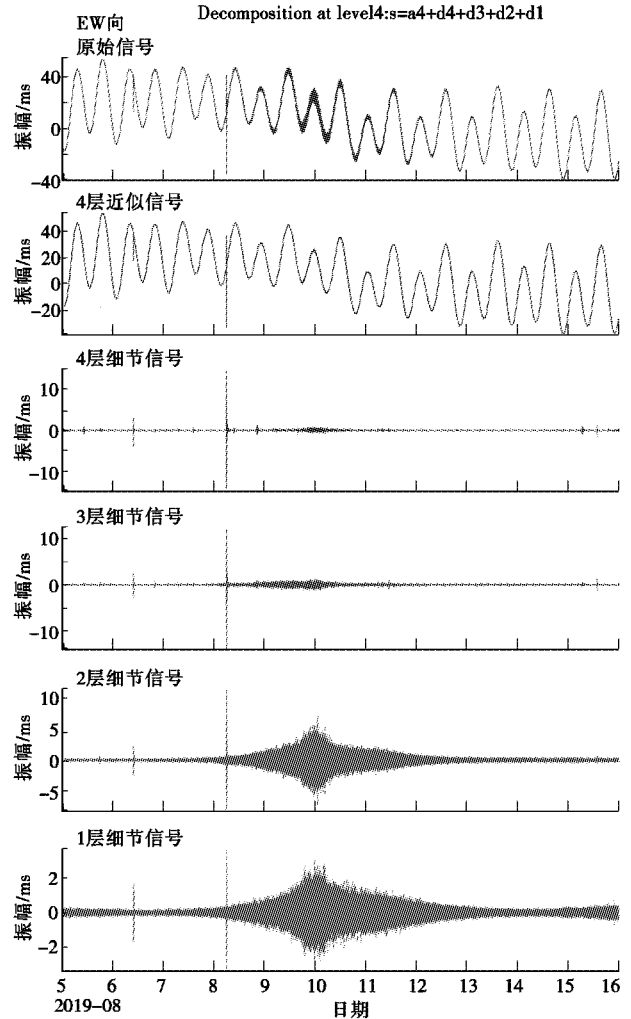


图 2 湖州台 VP 倾斜仪观测数据小波分析
Fig. 2 Wavelet analysis of VP tiltmeter observation data at Huzhou Seismic Station

为深入研究倾斜仪观测数据受台风扰动的变化特征,采用台风中心位置与湖州台距离的时序曲线与小波变换提取 2 层细节信号进行对比(见第 19 页图 4)。台风中心位置距湖州台最近的时间是 8 月 10 日 16 时,小波提取 2 层细节记录“纺锤状”高频信号的最大振幅在 8 月 10 日 00 点,显示高频信号的变化特征和台风中心到台站距离的变化参数不同步,且高频信号能量最强的时段比台风中心到台站最近距离提前 16 h。对比观测数据高频扰动变化情况与台风的行径过程发现,高频信号的最大幅度与台风登陆的时间较一致,即 8 月 10 日 1 时 45 分在浙江省温岭市沿海登陆前后,高频扰动变化幅度最大。

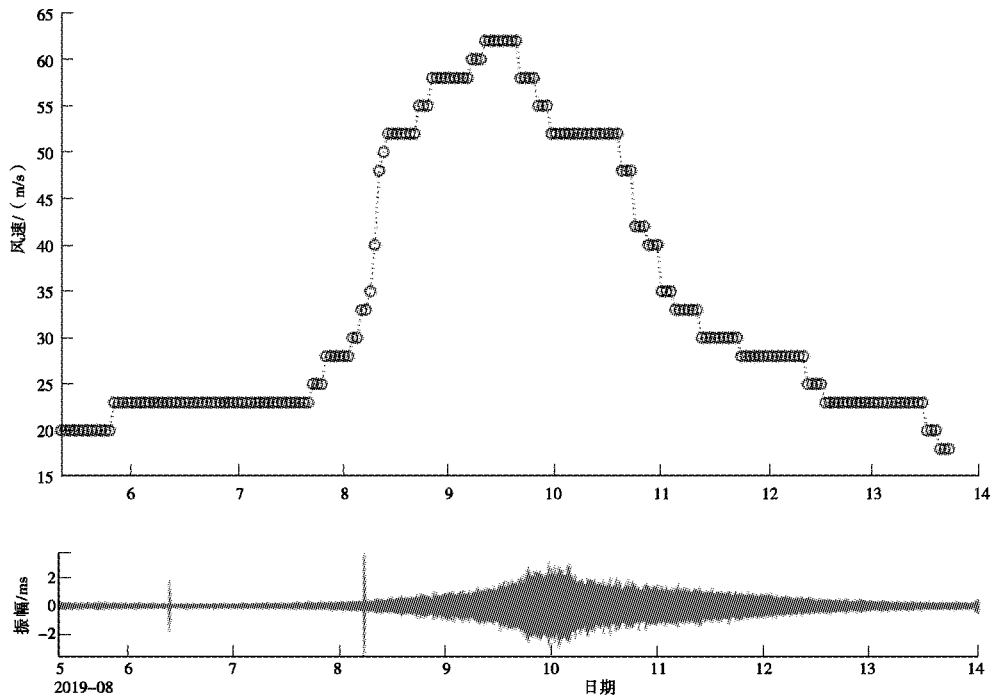


图 3 台风中心风速与观测数据高频时频特征对比
Fig. 3 Comparison of high-frequency time-frequency characteristics between typhoon center wind speed and observation data

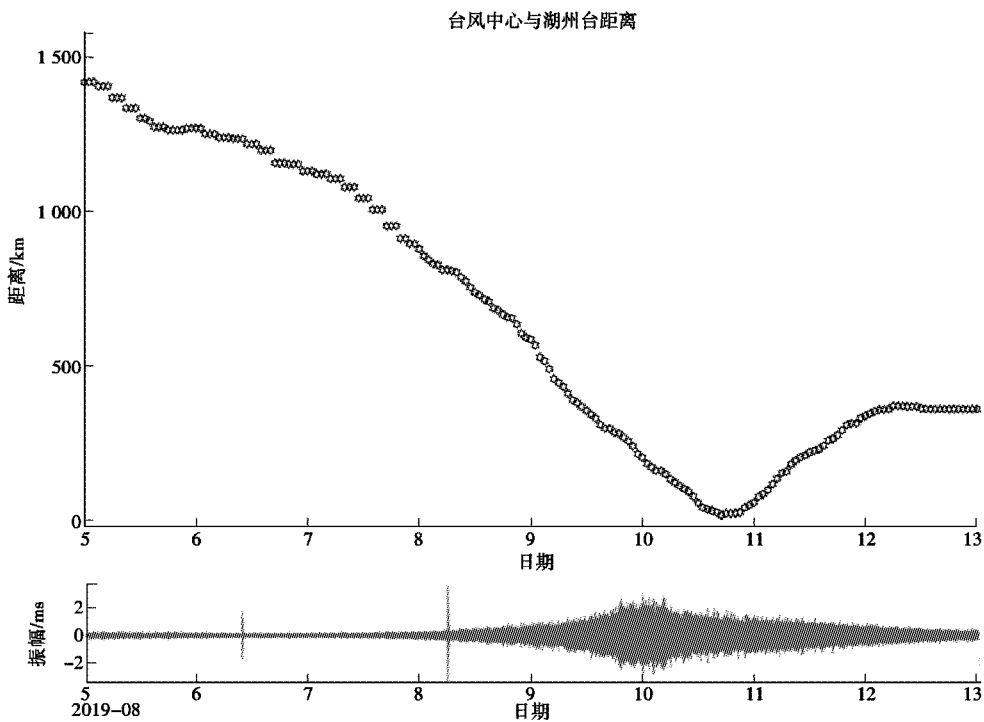


图 4 台风距离与观测数据高频时频特征对比
Fig. 4 Comparison of high-frequency time-frequency characteristics between typhoon distance and observation data

分析湖州台 VP 型倾斜仪观测数据在 2019 年第 9 号台风“利奇马”期间的扰动信号特性发现,高频扰动的一个直接动力源是海浪,尤其在台风靠近大陆海岸时,激发的能量最强。查阅以往研究成果表明^[6],海浪波动会引起海底压力波动,海浪是造成低频地脉动现象的主要原因。通常海浪波动会产生两种地脉动现象:一类是原生脉动,其频率与海浪波动周期相同,周期频带为 10~20 s,主要是海浪直接产生的脉动;另一类是次生脉动,由众多海浪相互干涉而形成海浪驻波,驻波在海底产生巨大的压力变化而引起地脉动,其周期范围为 2~10 s。台风逐步靠近大陆海岸,生成巨浪冲击海岸和海底,造成巨大的海水压力变化,产生大量的反射波浪,反射波浪与原生海浪的频率相近,传播方向相反,两者相互干涉后产生很强的海浪驻波。海浪驻波又生成海底巨大的压力变化,引起海岸地壳的低频震动,此震动通过较完整的地壳传播到中国大陆。

4 结论与讨论

对湖州台 VP 型倾斜仪观测数据在 2019 年第 9 号台风“利奇马”期间的扰动信号特性研究可知,台风扰动主要表现为由 2~8 s 周期的高频信号呈“纺锤状”叠加在观测曲线上。采用小波分析,量化提取高

频扰动能量变化,与台风中心风速、台风距离不同步。在台风登陆海岸时,激发的扰动能量最强。

由实际观测数据证实,台风期间,VP 型倾斜仪观测数据高频扰动的一个直接动力源是海浪,尤其在台风靠近大陆海岸时,海浪形成海浪驻波,激发的地脉动最强,是台风引起高频扰动的主要震动源。

参考文献:

- [1] 方燕勋,卞根发,惠若愚. 湖州台高采样率倾斜仪同震响应初析[J]. 地震工程学报,2014,36(3):628-633.
- [2] Hu Changhua,Zhang Junbo,Xia Jun,et al. Systems analysis and design om MATLAB—wavelet analysis[M]. Xi'ant:X'an University of ElecTronic Science and Technology Press,1999(in Chinese):217-225.
- [3] 张 燕,吴 云,吕品姬. 汶川 8.0 级地震前定点形变异常特征[J]. 地震学报,2009,31(2):152-159.
- [4] 魏凌翔,邱学兴,童 金,等. 超强台风“利奇马”(1909)的闪电活动特征[J]. 气象科学,2020,40(1):123-129.
- [5] 方燕勋. 石英水平摆高采样率实验[J]. 华南地震,2015,35(4):98-103.
- [6] 尹 亮,杨立明,庞 成. 地脉动记录中台风扰动和低频波前兆信息的频带区别研究[J]. 地震研究,2014,37(1):66-72.

Disturbance Analysis of Typhoon " Lekima " to Observed Data of VP Tiltmeter of Huzhou Seismic Station

FANG Yan-xun

(Hangzhou Earthquake Monitoring Center Station, Zhejiang Earthquake Agency, Hangzhou, Zhejiang 313000, China)

Abstract: Based on the wavelet analysis method, the high-frequency disturbance of typhoon " Lekima " to the VP tiltmeter observation data of Huzhou Seismic Station is extracted. It is found that the disturbance signal is "spindle-like" and has low correlation with the typhoon center wind speed and typhoon distance. The disturbance signal is mainly the signal recorded by the observation instrument after the waves reach the offshore, impact the seabed and coast to generate vibration, and complete crustal conduction.

Key words: Typhoon; Wavelet analysis; Huzhou Seismic Station; Ocean standing wave

· 技术交流 ·

文章编号:1000-6265(2022)04-0021-04

气象三要素仪器安装维护要点及其故障分析

张朋杰^{1,2}, 罗娜^{1,2}, 王静^{1,2}, 田勤^{1,2}, 张明哲^{1,2}

(1. 河北红山巨厚沉积与地震灾害国家野外科学观测研究站, 河北 邢台 054000;
2. 河北省地震局邢台地震监测中心站, 河北 邢台 054000)

摘要: 地震观测设备的数字化、精密化、集成化发展,对台站仪器维护工作人员提出更高要求。本文总结气温传感器、气压传感器、雨量传感器的气象三要素仪在安装、调试维护,日常管理等方面的工作要点,对常见的电源、通讯故障原因进行分析,可为台站工作人员在日常仪器运维方面提供参考经验。

关键词: 气象三要素仪;传感器;安装维修

中图分类号: P315.62 **文献标志码:** A

0 引言

地震观测仪器属于高精度仪器,在观测过程中,有时会受环境和气象等因素的干扰。气象三要素属于地球物理观测的辅助测项,在地下流体、电磁、形变观测资料预处理过程中,均需要使用气温、气压和降雨量辅助资料来剔除观测资料中的干扰。地震工作者通过分析多年的数据观测,证实地震活动与气象三要素有一定的内在联系,对地震研究有一定的意义^[1]。

气象三要素作为辅助测项,按照各学科组要求,已纳入各学科管理与台站日常工作中。邢台地震监测中心站气象三要素仪器为原中国地震局地壳应力研究所研制的 WYY-1 型与 RTP-2 型气温、气压、雨量综合观测仪,产出数据符合中国地震局“十五”数字化前兆监测系统要求,可通过网络接口接入“中国地震局地震前兆数据库”。

1 传感器安装维护要点及故障分析

1.1 气温传感器

(1) 气温传感器的工作原理。

气温传感器由桥式铂电阻构成(见图1),一般采用三线制或四线制,是一种利用其电阻和温度成一定函数关系而制成的温度传感器。WYY-1 型气象三要素仪使用 PT100 铂电阻,0 摄氏度时的电阻值为 100 Ω;RTP-2 型气象三要素仪使用 PT1000 铂电阻,0 摄氏度时的电阻值为 1 000 Ω。两者电压输出范围为 0 V~2.0 V,对应的温度范围为-50 ℃~50 ℃。

以 RTP-2 型气象三要素仪为例,其接口关系式

为:

$$T = (100/2000) * U_x - 50 = 0.05 * U_x - 50,$$

式中: U_x 的单位为 mV;温度 T 的单位为 ℃。

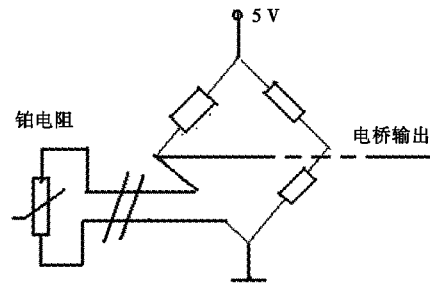


图1 气温传感器原理图

Fig. 1 Schematic diagram of air temperature sensor

(2) 气温传感器安装维护要点及故障分析。

温度传感器的不同安装反映不同的测量要求,作为地震前兆台站的辅助观测仪器,主要是测量近地面气温。

气温传感器应放置于自然通风的百叶箱内,可避免太阳光线直接照射或气流的影响,不得与四壁接触,保证箱内温度均匀且与外界气温一致,并能隔绝辐射与降水。

由于靠近地面的大气最底层中可能存在较大的垂直温度梯度,需要寻找温度梯度变化较小的位置安放气温传感器探头,故其安装高度有一定的要求。通常应放置于地面以上 1.25~2 m,此范围内温度梯度较

小,温度测量值较稳定、准确。

气温传感器安装时应选择当地自然地面,为防止锈蚀,埋入地下部分需涂抹防腐油,多强风等地带还需在四个箱角安装铁丝纤绳。为防止太阳光辐射带来的热量影响箱内温度计的测量结果,需将百叶箱的箱门向北开放,安装时引线应加套管地理。

气温传感器主要由铂电阻传感器组成,配以精密恒流源、仪表放大器,制作成精密电阻-电压变换器,将铂电阻因温度而变化的电阻值转变为电压值,使输出结果便于采集。因此,可通过测量传感器引线来判断传感器正常与否。如引线值正常,则排除气温传感器异常,认为异常可能由主机内部或线路引起(见表1)。

表1 部分 PT1000 铂电阻温湿度对应阻值分度表
Table 1 Comparison table of temperature resistance values of some PT1000 platinum resistance

| 湿度 | 温度 | | | | | | | | | |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 |
| -9 | 964.779 | 964.387 | 963.995 | 963.603 | 963.211 | 962.819 | 962.427 | 962.035 | 961.643 | 961.251 |
| -8 | 968.697 | 968.305 | 967.913 | 967.522 | 967.130 | 966.738 | 966.346 | 965.954 | 965.563 | 965.171 |
| -7 | 972.614 | 972.222 | 971.831 | 971.439 | 971.047 | 970.656 | 970.264 | 969.872 | 969.480 | 969.089 |
| -6 | 976.529 | 976.138 | 975.746 | 975.355 | 974.963 | 974.572 | 974.180 | 973.789 | 973.397 | 973.006 |
| -5 | 980.444 | 980.053 | 979.662 | 979.270 | 978.879 | 978.487 | 978.096 | 977.704 | 977.313 | 976.921 |
| -4 | 984.358 | 983.967 | 983.575 | 983.184 | 982.793 | 982.401 | 982.010 | 981.618 | 981.227 | 980.835 |
| -3 | 988.270 | 987.879 | 987.488 | 987.096 | 986.705 | 986.314 | 985.923 | 985.532 | 985.140 | 984.749 |
| -2 | 992.181 | 991.790 | 991.399 | 991.008 | 990.617 | 990.226 | 989.834 | 989.443 | 989.052 | 988.661 |
| -1 | 996.091 | 995.700 | 995.309 | 994.918 | 994.527 | 994.136 | 993.745 | 993.354 | 992.963 | 992.572 |
| 0 | 1 000.000 | 1 000.391 | 1 000.782 | 1 001.172 | 1 001.563 | 1 001.954 | 1 002.345 | 1 002.736 | 1 003.126 | 1 003.517 |
| 1 | 1 003.908 | 1 004.298 | 1 004.689 | 1 005.080 | 1 005.470 | 1 005.861 | 1 006.252 | 1 006.642 | 1 007.033 | 1 007.424 |
| 2 | 1 007.814 | 1 008.205 | 1 008.595 | 1 008.986 | 1 009.377 | 1 009.767 | 1 010.158 | 1 010.548 | 1 010.939 | 1 011.329 |
| 3 | 1 011.720 | 1 012.110 | 1 012.501 | 1 012.891 | 1 013.282 | 1 013.672 | 1 014.062 | 1 014.453 | 1 014.843 | 1 015.234 |
| 4 | 1 015.624 | 1 016.014 | 1 016.405 | 1 016.795 | 1 017.185 | 1 017.576 | 1 017.966 | 1 018.356 | 1 018.747 | 1 019.130 |
| 5 | 1 019.527 | 1 019.917 | 1 020.308 | 1 020.698 | 1 021.088 | 1 021.478 | 1 021.868 | 1 022.259 | 1 022.649 | 1 023.039 |
| 6 | 1 023.429 | 1 023.819 | 1 024.209 | 1 024.599 | 1 024.989 | 1 025.380 | 1 025.770 | 1 026.160 | 1 026.550 | 1 026.940 |
| 7 | 1 027.330 | 1 027.720 | 1 028.110 | 1 028.500 | 1 028.890 | 1 029.280 | 1 029.670 | 1 030.060 | 1 030.450 | 1 030.840 |
| 8 | 1 031.229 | 1 031.619 | 1 032.009 | 1 032.399 | 1 032.789 | 1 033.179 | 1 033.569 | 1 033.958 | 1 034.348 | 1 034.738 |
| 9 | 1 035.128 | 1 035.518 | 1 035.907 | 1 036.297 | 1 036.687 | 1 037.077 | 1 037.466 | 1 037.856 | 1 038.246 | 1 038.636 |
| 10 | 1 039.025 | 1 039.415 | 1 039.805 | 1 040.194 | 1 040.584 | 1 040.973 | 1 041.363 | 1 041.753 | 1 042.142 | 1 042.532 |

针对红山台气象三要素的气温测项数据出现不明原因波动,不符合正常数据曲线,开展故障排查。经测量传感器引线,发现电压值异常,判断为气温传感器异常。检查后发现,气温探头中的 PT1000 铂电阻传感器损坏,更换后数据恢复正常(见图 2)。

1.2 气压传感器

(1) 气压传感器的工作原理。

气压传感器由高灵敏度的压力传感器构成,输出电压与气压的关系满足如下线性关系式:

$$U_x = a + b * p \text{ 或 } p = (U_x - a) / b.$$

当输出电压为 0~2.2 V 时,对应的气压输出范围为 0~1 100 hpa,对应的格值是 a 为 50 mv,b 为 2,即

$$p = [(U_x - 50) / 2] = 0.5U_x - 25,$$

上式表明,当传感器输出电压等于 50 mV 时,气压值为零。

(2) 气压传感器安装维护要点及故障分析。

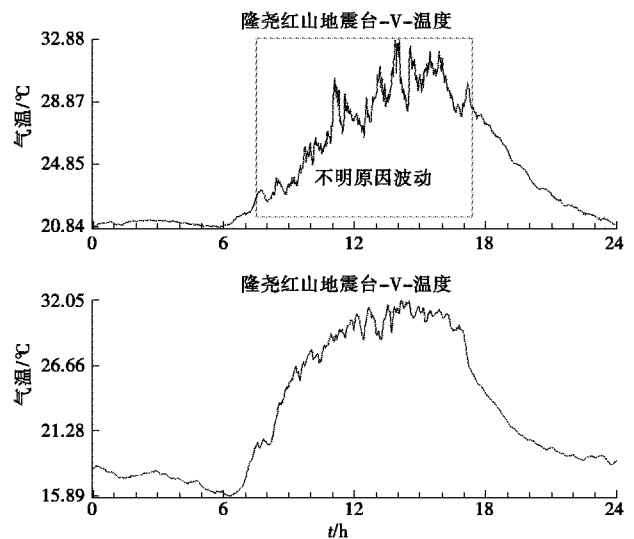


图 2 更换铂电阻传感器前后气温值对比图
Fig. 2 Comparison diagram of observation data before and after replacing platinum resistance sensor

气压传感器应安装在空气可流通区域,可放在机箱内部,也可放在主机上方或挂在墙上,需正放安装,定期检查;传感器引压口不得有灰尘、水气、杂物等;不得安装在风扇口、窗户口等受风力影响较大区域,不得安装在封闭空间中,避免气压传感器探头测量大气压时产生误差。

WYY-1型气象三要素仪气压传感器可通过测量传感器输出引线的电压来判断正常与否。如,输出引线电压正常则气压探头正常,故障可能由主机内部造成。

RTP-2型气象三要素仪电路设计使用二线制电流传输,减少传感器信号在长距离传输中因受到环境影响而产生波动变化。该电流信号经过电缆回传到主机内部,主机内部采用一个 $62.5\ \Omega$ 精密电阻,将电流信号转换成电压信号,输入到主板的A/D采集端。测量故障时,打开主机盖后的A/D采集端,进行电压测量或使用测试电阻,查看主机面板是否有信号变化来检测气压传感器是否损坏。

1.3 雨量传感器

(1) 雨量传感器的工作原理。

雨量传感器一般为翻斗式雨量计,使用常开式干簧管作为磁通导体^[2],翻斗上装有永磁体,当翻斗每翻转一次就输出一个计数脉冲,代表 $0.1\ \text{mm}$ 降雨量(见图3)。

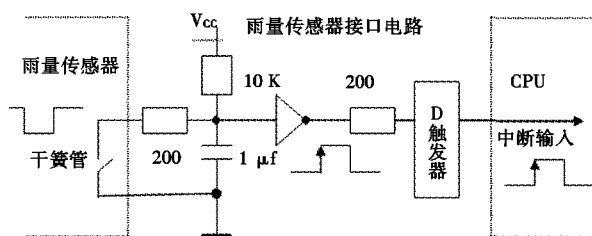


图3 雨量传感器接口电路

Fig.3 Rain sensor interface circuit

(2) 雨量传感器安装维护要点及故障分析。

通常大气中的降水包含液态水(即雨水)和固态水(水汽凝结物如雹、雪、霜等),在地震辅助观测中,一般观测液态水即降雨量,而非降水量。在雨量传感器安装时,要安装在开阔地带,周围无高大建筑物遮挡,保证雨量桶正常收集降雨;收集水口上方不能受风力影响,在风力影响较多的地区,要对雨量计底部进行防风处理,防止大风天气造成雨量桶误记;雨量桶要安置在 $20\sim 50\ \text{cm}$ 为宜的水泥墩上,采用膨胀螺栓固定,调节底座螺丝使雨量桶水平放置;百叶箱与雨量桶一般放置于同一场地,间距在 $2.5\ \text{m}$ 左右。

雨量桶故障大部分为下雨时雨量桶误记录,首先

检查雨量桶上方的保护罩是否已经去掉,翻斗翻转是否流畅无阻挡,将其排除后可利用感应干簧管特性,使用万用表短路档测量干簧管两端,检验在翻斗经过时是否短路。如短路,证明雨量计正常,异常在主机ARM板或线路上;如无短路信号,证明干簧管损坏或永磁体磁力不足,更换干簧管或永磁体即可解决。无万用表时,可将雨量桶引线取出,进行人工短路测试,查看仪器面板数据是否变化来判断故障点。

由于仪器构造不同,WYY-1型气象三要素仪与RTP-2型仪的干簧管不通用,无法互为备件。WYY-1型干簧管为胶体封装,RTP-2型为普通玻璃管,更换时需注意不可将玻璃管损坏造成惰性气体溢出,致干簧管失效。

2 其他常见故障

2.1 电源故障

仪器的交直流电源开关和保险丝在仪器后面板上,交流电源电压范围为 $110\sim 240\ \text{V}$,直流电源使用 $12\ \text{V}$ 可充电免维护电瓶。主机自带浮充功能,交流供电时电瓶处于充电状态,停电时自动切换到直流电供电状态,开机后如显示板无反应可检查电源是否正常。如供电正常,检查交流电保险丝是否损坏,损坏时使用 $1\ \text{A}$ 保险丝更换,若均正常则打开主机查看是否有雷击等因素造成的损坏。

2.2 通讯故障

数据通过网络接口传入“中国地震前兆监测数据库”,若出现通讯故障,则无法传输数据至数据库。在进行故障排查时,应对通信线路进行检查,即检查网线的插头是否牢固,网线是否有断线情况。若有,则采取更换插头、网线等方式排除^[3];若无,则查看网络参数配置问题,重新配置仪器网络参数,每输入一个参数,仪器将按入网仪器参数规定进行自检,当有不规范参数时,会在对话框下部用红色字体标注。

如果通信正常,在收取数据时无数据返回,可通过查看仪器前面板指示灯来判断故障。如仪器主机命令灯处于正在收数状态,则故障由仪器ID配置错误导致,重新正确配置仪器ID即可解决。

若仪器通信正常,数据产出正常,但无法正常下载或上传,可通过软件升级解决。通过FTP进入仪器主页,将更新文件通过FTP上传到仪器的update文件夹下,重启仪器即可。

3 讨论

地震观测设备逐渐向数字化迈进,同时也向精密化、集成化发展,如何准确判断仪器故障并快速排除成为一项重要工作,也是台站工作人员面临的难题。该文针对WYY-1型与RTP-2型气象三要素仪器安装维护与故障分析、排除进行阐述,提及的一些常见故

障分析方法对其他前兆观测仪器故障有一定的通用性。结合工作实践,笔者认为仪器维修人员在仪器安装与维护过程中遇到的各种问题,要通过多了解仪器的工作原理,不断总结经验等方式来解决。

参考文献:

[1] 谷茂龙,东得森.两种气象三要素仪器的数据分析[J].河

南科技,2019(16):145-146.

[2] 全建军,刘水莲,赖见深,等. WYY-1型气象三要素雨量传感器常见故障的分析及排除[J]. 华南地震,2015,35(2):55-59.

[3] 韩军,聂万里. RTP-II型气温气压雨量综合观测仪常见故障分析与解决[J]. 内陆地震,2016,30(4):365-368.

Key Points of Installation and Maintenance of Meteorological Three-element Instrument and Its Fault Analysis

ZHANG Peng-jie^{1,2}, LUO Na^{1,2}, WANG Jing^{1,2}, TIAN Qin^{1,2}, ZHANG Ming-zhe^{1,2}

(1. National Field Scientific Observation and Research Station for Huge Thick Sediments and Seismic Disasters in Hongshan, Hebei Province, Xingtai, Hebei 054000, China;

2. Xingtai Earthquake Monitoring Center Station, Hebei Earthquake Agency, Xingtai, Hebei 054000, China)

Abstract: The development of digitalization, precision and integration of seismic observation equipment has put forward higher requirements for station instrument maintenance staff. This paper summarizes the key points of installation, commissioning and maintenance, and daily management of the meteorological three-element instrument of air temperature sensor, air pressure sensor, and rainfall sensor, and analyzes the causes of common power supply and communication failures, which can provide reference experience for station staff in daily instrument operation and maintenance.

Key words: Meteorological three-element instrument; Sensor; Installation and maintenance

(上接第8页)

Blasting Characteristics and Equivalent Estimation Recorded by Shanxi Seismic Network

JIN Yu-zhen^{1,3}, ZHANG Rui-fang^{2,3}, HE Jia^{1,3}, MENG Cai-ju^{1,3}, YANG Shi-ying^{1,3}

(1. Taiyuan Earthquake Monitoring Center Station, Shanxi Earthquake Agency, Taiyuan, Shanxi 030025, China;

2. Shanxi Earthquake Agency, Taiyuan, Shanxi 030021, China;

3. National Continental Rift Valley Dynamics Observatory of Taiyuan, Taiyuan, Shanxi 030025, China)

Abstract: Non-natural events such as surface subsidence, subsidence, landslide, and blasting caused by mining can sometimes cause serious social harm. More research is needed to accumulate methods and experience for handling. This paper collects and collates the waveform data of mine blasting, nuclear blasting, industrial blasting, etc. recorded by Shanxi Digital Seismological Network from 2004 to 2020, studies the waveform characteristics, and estimates the blasting equivalent of each type. It provides a reference basis for accurate identification of blasting vibration in the future, and also provides reference experience for accurate and quick report of non-natural earthquakes in the seismic network.

Key words: Blast; Waveform characteristics; Equivalent estimation

临汾地震监测中心站容栅式雨量计故障处理与运维技术

张聪聪^{1,2}, 吝利民^{1,2}, 张红秀^{1,2}

(1. 山西省地震局临汾地震监测中心站, 山西 临汾 041000;

2. 太原大陆裂谷动力学国家野外科学观测研究站, 山西 太原 030025)

摘要: 降雨监测是地球物理观测中的辅助观测手段。文章简要介绍临汾站容栅式雨量计测量的原理, 对其常见故障进行分析, 梳理出常见故障的处理流程, 进行适当处置, 针对雨量计的安装和设计提出改进建议。该项运维经验可为其他站点开展相似工作提供参考。

关键词: 容栅雨量计; 故障处理; 运维技术

中图分类号: P315.62

文献标志码: A

0 引言

降雨监测是地球物理观测的一种辅助手段。地震监测台站的诸多地球物理观测手段易受降雨干扰。如, 地电场、地电阻率、水准、体应变及水位等^[1]。在地球物理观测数据异常判别中, 降雨量是一项重要的参考指标^[2], 因此, 保障地震台站雨量计的正常运行尤为重要。

根据测量原理, 雨量计可分为虹吸式、翻斗式、人工及电子式等。其中, 虹吸雨量计精度高, 需要人工现场维护; 翻斗式雨量计在雨量大时, 误差较大; 人工雨量计精度高, 不能满足自动化监测^[3]; 电子雨量计中有代表性的是容栅式雨量计, 其具有精度高、计量准、兼容性好及易维护等优点^[4]。山西省地震局从2019年开始陆续将台站之前使用的翻斗式雨量计更换为容栅式雨量计, 以满足高精度自动化观测的需求。实践中, 该雨量计在使用一段时间后, 故障增多, 运维保障成为一项重要任务。

1 SRY-1 容栅式雨量计测量原理

容栅式雨量计是通过容栅位移传感器测量降雨量, 再经过微处理器将降雨量转换为开关量输出^[5]。SRY-1 雨量计内部结构如图1所示。记录降雨量的过程为:

(1) 降雨前, 进水阀处于打开状态, 排水阀处于关闭状态。

(2) 随着降雨的进行, 雨水从承水器经过进水阀由贮水室底端进入。在贮水室中, 承载感应尺的浮漂

开始上浮, 当感应尺上升到限定高度时, 排水阀打开, 进水阀关闭, 开始排水。水排完之后, 排水阀关闭。

(3) 雨量较小时不需要排水, 微处理器一分钟读一次感应尺读数, 并上传主机; 雨量较大时, 一分钟可能进行多次排水, 一分钟, 微处理器将多次排水及最后一次感应尺读数累加并上传主机。如遇感应尺卡住、浮标故障无法浮动、感应尺故障或排水阀门无法打开等特殊情况, 雨水从故障排水口排出。

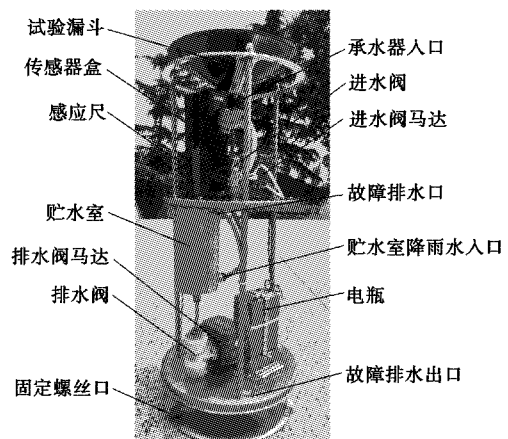


图1 SRY-1 雨量计内部结构

Fig. 1 Internal structure of SRY-1 rain gauge

2 故障排查流程

SRY-1 雨量计故障排查流程如第26页图2所

收稿日期: 2022-05-31

基金项目: 山西省地震局科研项目(SBK-2214)。

第一作者简介: 张聪聪(1989—), 男, 山西临汾人。硕士研究生, 工程师, 主要从事地震监测运维工作, E-mail: 1019276634@qq.com。

示,对应检查方法为:

(1) 先确保雨量计供电电压正常。直流电供电电压为 12~24 V,备用电瓶电压保持在 6 V 以上。

(2) 检查进水阀门马达及出水阀门马达是否工作正常。长按排水按钮(传感器盒左侧),排水阀门打开,松开则排水阀门关闭;短按复位按钮,进水阀门先关闭,后打开。

(3) 检查传感器是否正常。打开传感器盒前盖,拖动感应尺向上移动,到指定高度时,排水阀门打开,表示传感器正常。

SRY-1 雨量计常见故障及处置方法如表 1 所示。

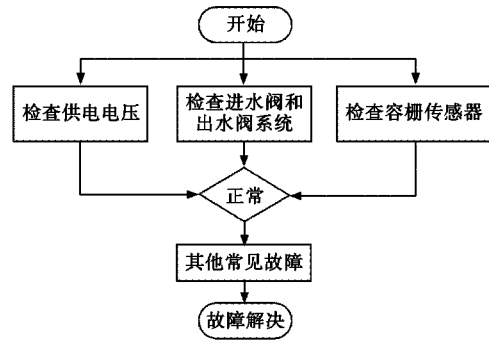


图 2 SRY-1 雨量计故障排查流程

Fig. 2 Troubleshooting process of SRY-1 rain gauge

表 1 SRY-1 雨量计常见故障及处置方法

Table 1 Common faults and solutions of SRY-1 rain gauge

| 故障现象 | 原因 | 处置办法 |
|-----------------|--------------------|--------------------------------|
| 水积累到承水器中无法进入贮水室 | 传感器盒内电池没电 | 更换电池即可解决 |
| | 入水管被堵 | 清理或更换入水管 |
| 水从故障口流出 | 传感器盒内电池没电 | 更换电池即可解决 |
| | 排水管被堵 | 清理或更换排水管 |
| 无数据或者数据偏小 | 水管漏水 | 更换或加固水管接口 |
| | 前盖太紧或太松 | 打开前盖,用毛刷清理,合盖时注意松紧,保证感应尺可自由移动。 |
| | 有异物卡在槽里,导致感应尺移动受阻。 | |
| | 排水管堵塞,每次降雨从故障口流出。 | 清洗排水管,疏通或者更换。 |

3 典型故障分析及处置实例

根据台站值班人员巡视记录,2022年4月28日00点临汾站龙祠台附近开始降中雨,一直持续到次日早晨6点,龙祠台气象三要素仪只记录到开始降雨数据,之后无雨量数据(见图3a);2022年5月9日凌晨1点龙祠台附近开始降雨,一直持续到当日12点,只记录到降雨快停时的雨量数据(见图3b)。连续两次记录的降雨量与实际情况严重不符,确定为气象三要素降雨测量观测系统故障。随后,台站运维人员根据故障排查流程对该降雨量观测系统进行检查。

由龙祠台气象三要素 SRY-1 雨量计记录的数据曲线(见图3)和实际降雨情况对比可知,测量数据中大部分时段缺失降雨或降雨较小的记录,该故障属于常见故障中的无测量数据或测量数据偏小。先对故障雨量计进行定量测试。SRY-1 雨量计 1 mm 降雨量对应 31.4 mL 的水。根据以上关系,倒入 500 mL 的纯净水,正常情况降雨量测量值应该在 15.9 mm。在该雨量计测试中,使用测试漏斗缓慢导入 500 mL 的纯净水,降雨量累加值有 2 mm,且出现水从故障口流出,表明该雨量计存在故障且测试数据小于真实值。按如下方法,开展故障排查。

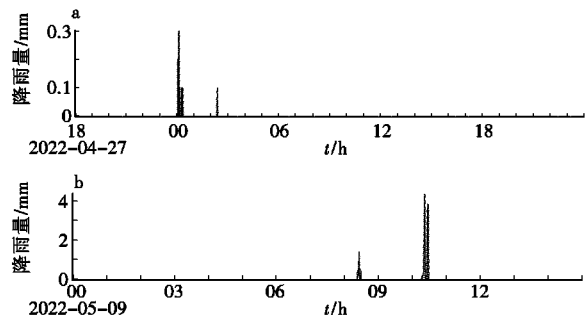


图 3 临汾站龙祠台气象三要素降雨量测量数据曲线

Fig. 3 Rainfall measurement data curve of three meteorological elements at Longci station of Linfen Seismic Station

(1) 检查雨量计的直流供电电压为 15 V,电瓶电压为 6.5 V,符合规范要求。

(2) 对进水阀和出水阀进行检查。长按排水按钮,排水阀门打开且水流到地面;松开排水按钮时,排水阀门关闭并停止放水;短按复位按钮,进水阀门关闭,排水阀门可能会打开和关闭,取决于储水缸里面的水量,进水阀门打开。检查发现雨量计进水阀和出水

阀控制器无故障。

(3) 对传感器进行检查。打开传感器盒前盖,拖动感应尺紧靠后尺向上移动,到一定高度时,排水马达发出“啪”的声音,可正常排水。表明该雨量计传感器无故障。

(4) 打开传感器后盖,传感器电池电压正常。

(5) 按照无测量数据或测量数据偏小处置办法,反复调整传感器前盖松紧,保证带感应尺的浮子可自由起伏。多次使用 500 mL 定量水测试,基本能稳定在 13 mm 左右的降雨量数据记录,较之前降雨量测量有较大改善,说明传感器前盖安装不适,影响感应尺起伏。对该雨量计排水管拆卸并清洗,发现少量异物,说明排水管存在一定的堵塞。清理排水管道后,加入 500 mL 纯净水反复多次测试,降雨量观测值稳定在 15.9 mm,说明雨量计故障排除。

4 结论与讨论

对临汾站雨量计的维修和故障排查,发现故障的主要原因是传感器前面板安装不当,当存在微小异物时,感应尺上下活动受阻。同时,贮水室到排水口管道之间存在堵塞。针对以上问题,提出以下解决方案:

(1) SRY-1 雨量计在安装或维护过程中,传感

器前面板松紧程度需适度,在感应尺两端,涂抹适量变压器油,保证感应尺平滑。

(2) SRY-1 雨量计贮水室排水设计存在不足。正常情况下,雨量计在贮水量达到感应尺指定高度时,开始排水,当降雨停止,贮水量达不到排水高度时,贮水室内水将留存,直至下次降雨时才被雨水排出。贮水室长时间有水容易滋生绿藻,当再次降雨排水时,绿藻造成排水管堵塞。鉴于此,雨量计程序设计时应考虑在每次降雨结束后,将贮水室内的水及时排除。

参考文献:

- [1] 孙伶俐,罗俊秋,龙涛. 大气降雨对数字化地倾斜观测干扰特征分析[J]. 大地测量与地球动力学, 2010, 30(Z1):105-110.
- [2] 冯琼松,崔庆谷,贾华. 降雨干扰与短临震兆异常的识别方法[J]. 地震工程学报, 2016(增刊2):256-260.
- [3] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京:气象出版社, 2003:55-56.
- [4] 潘与佳,杜迎燕,蒋宝庭. 容栅式雨量计在上海水文的应用[J]. 中国农村水利水电, 2015(8):110-112.
- [5] 王玉花,王孝,杨红娟. 容栅技术的几种扩展应用[J]. 工具技术, 2011(6):110.

Fault Treatment and Operation and Maintenance Technology of Capacitive Rain Gauge in Linfen Seismic Station

ZHANG Cong-cong^{1,2}, LIN Li-min^{1,2}, ZHANG Hong-xiu^{1,2}

(1. Linfen Earthquake Monitoring Center Station, Shanxi Earthquake Agency, Linfen, Shanxi 041000, China;

2. National Continental Rift Valley Dynamics Observatory of Taiyuan, Taiyuan, Shanxi 030025, China)

Abstract: Rainfall monitoring is an auxiliary observation method in geophysical observation. Through the introduction of the measuring principle of the capacitive rain gauge in Linfen Seismic Station, the common faults are analyzed, the common fault processing flow is sorted out, the typical faults of the capacitive rain gauge in Linfen Seismic Station are analyzed and handled, and suggestions are put forward for the installation and design of the rain gauge. This operation and maintenance experience can be popularized and used for reference in other stations.

Key words: Capacitive rain gauge; Fault processing; Operation and maintenance technology

地震预警台站断记自动告警程序的实现及应用

李奎,阿布都热依木江·巴克,毛玉剑,刘立夏,饶文

(新疆维吾尔自治区地震局乌鲁木齐地震监测中心站,新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要:针对新疆维吾尔自治区地震预警台站的运维现状,运用Python中ping3模块及ebhook功能,汇集台站运行情况和智能电源运行数据,自动向应用端推送告警信息,实现预警台站断记自动告警的功能。统计台站使用告警程序后的数据发现,可缩短预警断记告警时间,减少故障排查时间,提高地震预警台站的实时运行率和数据完整率。

关键词:地震预警;预警告警;预警响应

中图分类号:P315.6-39

文献标志码:A

0 引言

地震预警就是在地震发生后,通过震中距较近的地震台站接收到地震纵波信息,将其转换为电信号,再利用地震波传播速度远小于电波传播速度的特点,抢在破坏性地震波到达前数秒至几十秒对地震波尚未到达的地方进行预警^[1]。因此,地震预警是降低地震灾害的重要途径之一,可实现有效地减少人员伤亡和财产损失^[2]。

为进一步强化我国防震减灾公共服务能力,全面提升国家地震应急能力,最大限度地减轻地震灾害损失,提升我国在防震减灾和地震科学领域的国际科技竞争力,2018年国务院批准建设“国家地震烈度速报与预警工程项目”。新疆地震局承担该项目新疆区域的建设任务。根据安排,新疆地震局于2019年3月正式启动“新疆预警项目”的建设,在利用已有的各类地震监测台站资源的前提下,新(改)建182个基准站,316个基本站和480个一般站,共计978个台站,省级中心1个、市级信息服务平台12个、服务终端170个,组成新疆维吾尔自治区地震预警监测台网,全网平均台站间距为40 km左右^[3](见图1)。目前,各地州11个地震监测中心站及监测与信息中心共同负责全疆地震预警监测台站的监测和运维保障工作,确保其正常运行。

1 台网概况

2022年1月,新疆维吾尔自治区预警监测台网开始内部试运行,根据站点距离,监测与信息中心将乌鲁

木齐河滩以西、石河子、昌吉辖区内的63个预警站(改建基准站7个,新建基准站11个,改建基本站41个,新建基本站4个)交由乌鲁木齐地震监测中心站运维(见第29页图2)。

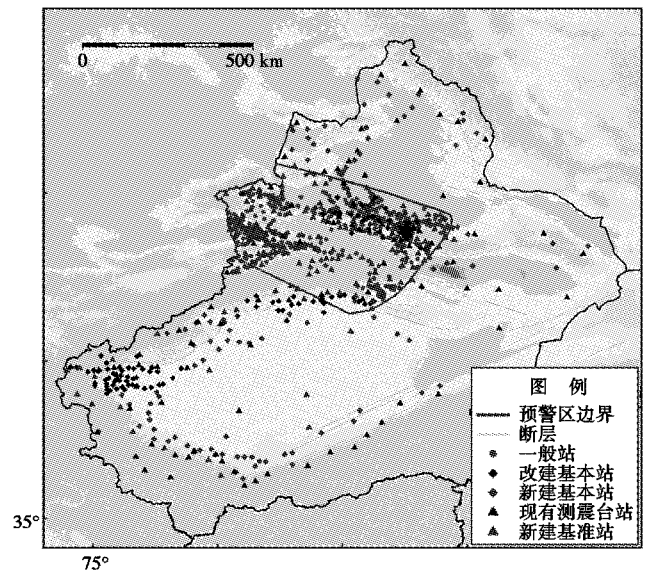


图1 新疆维吾尔自治区预警台站分布

Fig. 1 Distribution of early warning stations in Xinjiang Uygur Autonomous Region

1.1 台站技术系统

预警台站技术系统主要由观测系统、运行保障系

收稿日期:2022-09-28

基金项目:新疆地震科学基金(202007)。

第一作者简介:李奎(1991—),男,四川泸州人。助理工程师,主要从事数字地震资料处理及系统运维等工作,E-mail:877267356@qq.com。

统、通信系统和防雷系统四部分组成(见图 3),每部分 的详细信息如第 30 页表 1 所示。

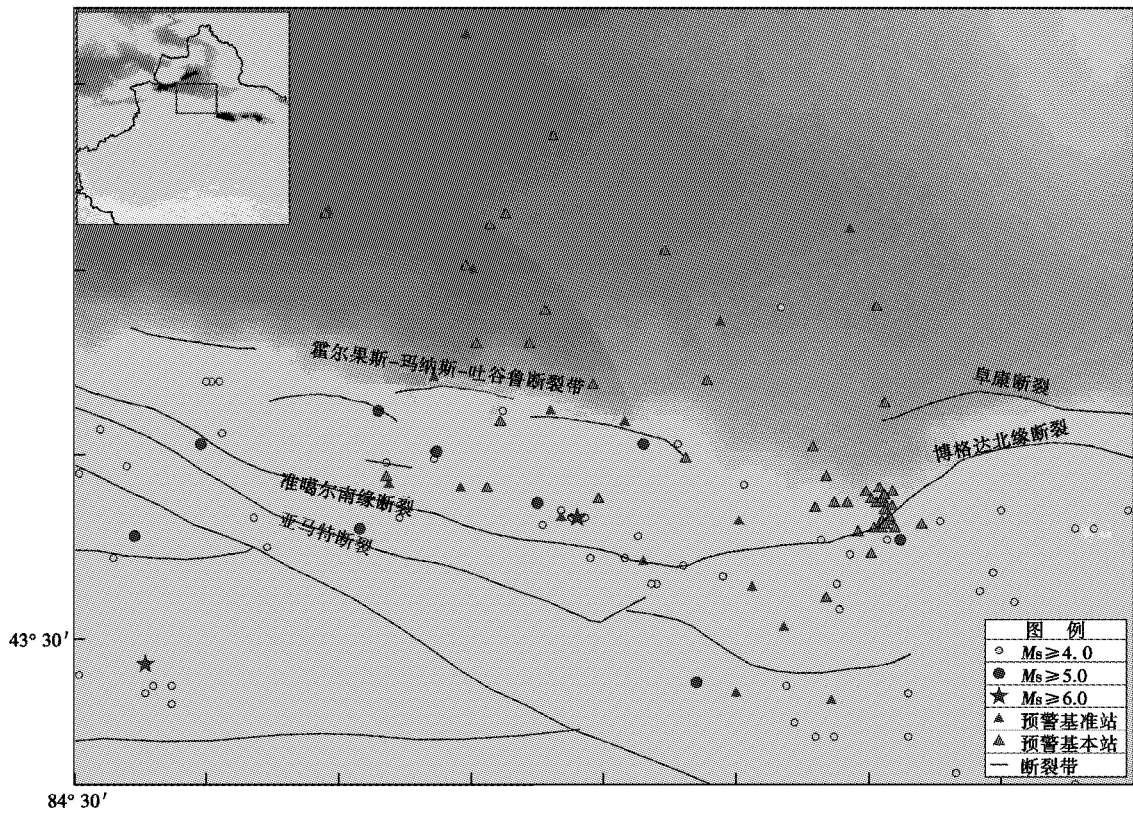


图 2 地震监测中心站运维的预警台站分布
Fig. 2 Distribution of early warning stations for operation and maintenance of earthquake monitoring center stations

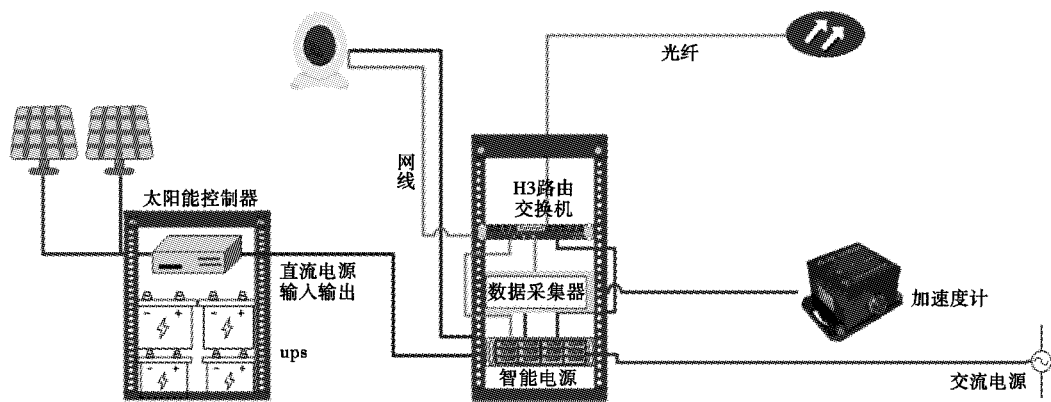


图 3 台站技术系统图
Fig. 3 Station technical system diagram

表 1 台站技术系统详细信息表

Table 1 Detailed information table of station technical system

| 技术系统 | 基准站 | 基本站 | 一般站 |
|--------|--|---|---|
| 观测系统 | 甚宽频或宽频带地震计 三分向加速度计 六通道数采 地震计防护罩 | 三分向加速度计 三通道数据采集器 地震计防护罩 | 烈度仪 数据采集器 |
| 运行保障系统 | 1 600 W 双路光伏直流供电两组 12 节 100 AH 电瓶 双光伏智能电源(环境监控、供电监控、远程复位) 室内外安防监控摄像头 | 800 W 光伏交直流供电 6 节 100 AH 电瓶 单光伏智能电源(环境监控、供电监控、远程复位) 室内外安防监控摄像头 | 依托铁塔公司负责运维的基站 机房由铁塔公司负责供电、网络、设备安装及运行维护 |
| 通信系统 | 移动或电信光纤数据专线数据直传新疆局 H3 路由交换机(三层交换、可网管、支持 ops 协议) 网络机柜 | 移动或电信光纤数据专线 数据直传新疆局 H3 路由交换机(三层交换、可网管、支持 ops 协议) 网络机柜 | 无线 VPN(3G-4G)实施传输 |
| 防雷系统 | 电源避雷器 网络信号避雷器 | 电源避雷器 网络信号避雷器 | 电源避雷器 网络信号避雷器 |

1.2 运维现状

地震预警项目的全面建设,地震预警核心处理系统也将会进入全面运维阶段,要发挥地震预警的社会效益,就必须提高预警台站的运维能力^[4]。目前,监测与信息中心及各中心站均采用 24 小时值班值守制度,负责本辖区内预警站点的故障响应、故障排除、现场维护、网络通讯运维等相关工作。

通过分析和总结,预警台站故障主要出现在运行保障系统、通信系统、观测系统(见表 2)。

(1) 运行保障系统故障主要集中在智能电源、太阳能光伏、交流电源供电。目前,基准站采用双光伏直流供电,在试运行期未出现故障;基本站采用单光伏交直流相结合的供电方式,故障出现的频次较多,存在人为断电、市电停电、太阳能供电不足、智能电源切换不及时等情况。

(2) 观测系统故障主要集中在数据采集器、地震计或加速度计。数据采集器存在死机、远程断电重启无法恢复等情况,地震计及加速度计存在波形失真、超限等情况。

(3) 通信系统故障主要集中在设备端 H3C 路由交换机及运营商链路。H3C 路由存在光模块损坏导致通信中断;运营商链路故障是目前台站运维中出现频率最高的故障,存在光缆被挖断、通信基站停电、网络参数配置错误等情况。

预警台站故障处置的基本流程为预警断记响应、故障排查、故障处理。在预警断记响应方面,目前的监控运维平台不稳定,不能及时准确地对故障台站进行告警。采用的流服务器数据监控只能通过 jopens 网页版进行查询,具有一定的滞后性;故障排查方面,由

于智能电源数据与环境监控数据未汇总至监控运维平台,使得故障排查流程较繁琐;故障处理方面,由于运维人员技术能力不足,无法快速准确地解决故障,同时通信系统故障多数情况是运营商链路故障,属于第三方运维,可控性较差,时效性不高。

表 2 故障统计表

Table 2 Statistical table of station fault causes

| 故障统计 | 运行保障系统 | 观测系统 | 通信系统 | 防雷系统 |
|------|--------|-------|--------|------|
| 出现次数 | 37 | 3 | 63 | 0 |
| 故障占比 | 35.92% | 2.91% | 61.17% | 0 |

针对当前运维的现状,本文探讨利用 Python 中 ping3 模块、webhook 等功能实现台站断记的实时告警,同时汇总智能电源数据一并发送至应用端,缩短预警断记响应时间,快速汇集供电数据,达到协助运维人员排查故障,提高预警台站的运行连续率和数据完整率的目的。

2 功能实现

2.1 模块介绍

程序运用两个基础功能:一是 Python 中 ping3 模块下的 ping 功能,主要用于判断仪器设备的 IP 通不通;二是利用 webhook 功能(在钉钉下应用),建立后台和客户端的联系,实现预警断记告警信息的发送。

Python 中 ping3 模块,最常用的是 ping 和 verbose-ping 两个功能。ping3 模块中 ping 功能返回值较简单,当给定 IP 能 ping 通时,返回值为“IP”+延时;不能 ping 通时,返回值为空值(None)。因此,可

利用该功能,结合多线程,批量处理设备 IP 通不通的情况。

Webhook 是通过后端给其他应用提供实时信息的一种方式,是一个 API 概念,是微服务 API 的使用范式之一,也被称为反向 API,即前端不主动发送请求,完全由后端推送。Webhook 在特定数据产生时,会立即发送数据给相应的应用端,实现实时监控。利用 Webhook 可向应用发送文字信息、图片信息,或者附件。本程序采用钉钉应用下的“钉钉机器人” API 进行实时的后台数据发送(也可以采用“QQ”或者其他应用程序发送邮件)。在登录智能电源页面时,需要一个较复杂的动态验证码,程序对提取出的二维码进行二值化和灰度化处理,借助人工智能百度 Ai 识字找字功能,进行识别和写入。进入页面后,利用截屏功能,截取所需的预警台站电源监控信息和历史记录信

息,将预警断记信息和电源信息打包发送至应用端。

2.2 逻辑流程

在使用本程序之前,需提前申请和注册百度 OCR 开发者账号,创建“钉钉机器人”,获取 Webhook 地址和密码。将所需的模块 PIL、aip、time、ping3、dingtalkchatbot、chatbot、multiprocessing 及多线程模块导入,创建一个 def 函数(一个台站创建一个)。利用 while 循环语句及 if 判断语句判断台站 IP 地址通或不通。如果不通,重复 ping 50 次,每次不通时,返回结果为空值(None),则发送告警信息至应用端,激发进入登录电源网页的脚本,找到对应的预警台站电源信息,截屏保存,并打包发送至应用端。在 ping 的过程中,如果 ping 通,则重新计算,从开始计数。具体流程如图 4 所示。

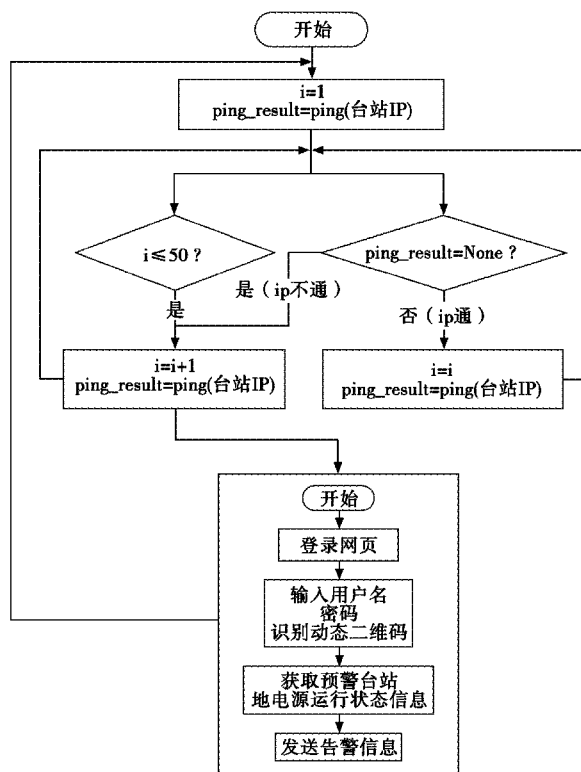


图 4 逻辑流程图

Fig. 4 Logical flowchart

在前期的调试过程中,未考虑网络延时较长的情况,只设计通过 ping 一次的返回结果来判断台站 IP 通不通,导致有些延时较长的台站出现误报。为此,加入一个限定次数的参数 i ,来控制短时间的断记误报情况。用 while 循环语句写入一个死循环,可以实现不间断地 ping 台站 IP。部分脚本信息如下:

```

import requests
from PIL import Image
from aip import AipOcr
import multiprocessing
import time
from datetime import datetime
  
```

```

from ping3 import ping
from dingtalkchatbot.chatbot import Dingtalk-
Chatbot

# 百度 OCR 开发者账号和密码
APP_ID='
API_KEY='
SECRET_KEY='
AG006='台站 IP' # 此项也可通过 for 循环遍历
出所有的 ip 地址
# 判断 IP 通不通
def AG0061():
    while True:
        i=1
        ping_result1=ping(AG006)
        while i <= 50:
            if ping_result1==None:
                ping_result1=ping(AG006)
                i=i+1
                print('不通')
            else:
                i=1
                ping_result1=ping(AG006)
                # print('通')
        print('AG006'+ '不通'+ '即将发送信息')
        url='Webhook 地址'# 该地址需要在钉钉里
面创建机器人是获得
        bot=DingtalkChatbot(url,secret='') # 钉
钉里面创建机器人是获得
        bot.send_markdown('你所需要发送的告警
信息')

```

```

time.sleep(1200)
whilesleep
if_name_=='_main_':
    AG0061_process = multiprocessing.Process
(target=AG0061)

AG0061_process.start()

```

3 应用成效

经统计,自 2022 年 1 月预警监测台网开始内部试运行以来,辖区内共完成 103 台次维护任务,故障恢复时间平均为 16.47 h,高于监测与信息中心统计的全疆预警故障恢复时间 12.68 h^①;网络运营端故障 63 台次,断记时长共计 826.74 h,故障恢复时间平均为 13.12 h;设备端故障 40 台次,断记时长共计 874.9 h,故障恢复时间平均为 21.39 h。其中,预警响应基本靠监测预警中心在“运维工作群”中发信息提醒,平均响应时间大于 45 min。

2022 年 6 月,使用断记告警程序后,共完成辖区内 43 台次维护任务,故障恢复时间平均为 15.07 h;网络运营端故障 36 台次,断记时长共计 574.84 h,故障恢复时间平均为 15.97 h;设备端故障 7 台次,断记时长共计 73.31 h,故障恢复时间平均为 10.47 h;预警响应时间平均为 15 min,且不需要监测与信息中心发信息提醒。网络运营端故障恢复时间较长,是由于 7 月份预警台站三萍农场基本站(AJ002)频繁出现网络链路故障,及呼图壁雀儿沟基准站(HTBQE)移动基站停电,两者断记时间较长导致。

综合以上数据,在使用地震预警台站断记自动告警程序后,可缩短预警断记告警时间,减少故障排查时间(见图 5)。

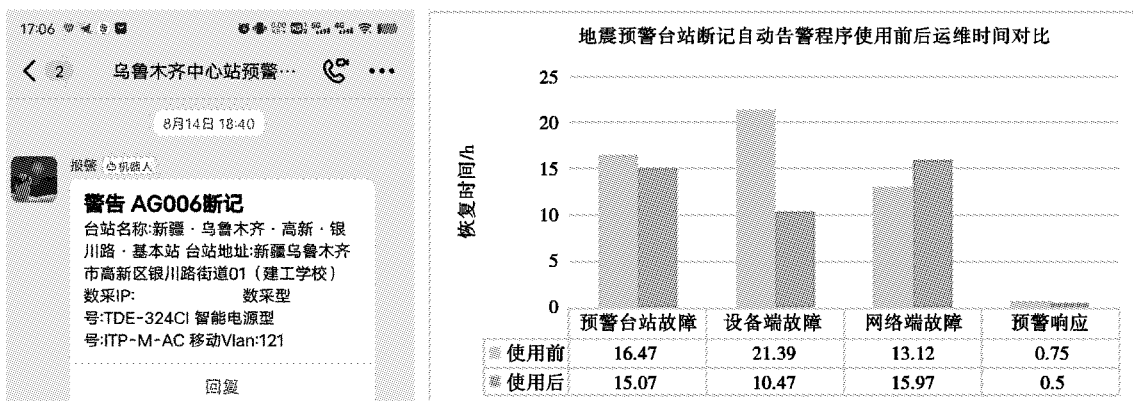


图 5 告警信息及程序使用前后运维时间对比

Fig. 5 Alarm information and comparison of operation and maintenance time before and after use

① 新疆维吾尔自治区地震局监测与信息中心.《新疆地震局地震预警核心业务系统示范运行前检查评估报告》,2022.

4 结语

预警工程项目的建设 and 实施,表明我国公共服务能力、国家地震应急能力将得到进一步的提升,可实现最大限度地减轻地震灾害损失。今后要发挥项目的作用,地震预警台站各项设备的正常运行必不可少,要加强对它的监控运维。本文针对乌鲁木齐地震监测中心站监测运维预警台站的运维现状,利用 Python 中 ping3 模块及 webhook 功能结合多线程,对预警台站设备进行实时监控,在出现预警站断记情况下,自动获得智能电源及台站断记信息,实现预警断记告警,可有效地缩短预警响应时间,提高预警台站的实时运行率,在一定程度上保证预警台网的正常运行,但同时也存在许多问题。

(1) 辖区内有 5 个预警台站的智能电源监控数据无法回传,无法远程监控智能运行状态,导致故障发生时,不能及时判断故障原因。

(2) 在出现预警告警信息后,不能准确判断是网

络故障还是设备端故障,需要技术人员进一步对设备仪器及电池状态进行分析和判断,加之运维工作人员短缺,造成在短时间内不能解决故障。

(3) 网络端故障属于通讯方运维,存在一些不可控因素,无法做到实时处理。因此,还需建立健全运维保障考核机制,加强对网络运营商的责任细化及考核,保证做到实时联动。

参考文献:

- [1] 王 俊,刘红桂,周昱辰.地震预警技术的应用与展望[J].防震减灾工程学报,2021,41(4):874-882.
- [2] 郭 凯,温瑞智,卢大伟.地震预警系统应用的社会影响调查与分析[J].自然灾害学报,2012(4):108-115.
- [3] 韩 军,刘月成.科研单位基建项目档案管理的若干思考——以“国家地震烈度速报与预警工程—新疆子项目”为例[J].档案管理,2020(5):65-66.
- [4] 周施文,周跃勇,王士成.加强地震预警处理系统运维监控的研究[J].计算机工程应用技术,2022(6):14-16.

Realization and Application of Automatic Alarm Program at Record Breakup of Earthquake Early Warning Stations

LI Kui, Abudureyimujiang · Bake, MAO Yu-jian, LIU Li-xia, RAO Wen

(Urumqi Earthquake Monitoring Center Station, Earthquake Administration of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi, Xinjiang 830011, China)

Abstract: In view of the operation and maintenance status of earthquake early warning stations in Xinjiang Uygur Autonomous Region, ping3 module and ebhook function in Python are used to collect station operation conditions and intelligent power supply operation data and automatically push alarm information to the application end, so as to realize the automatic alarm function at record breakup of early warning stations. The statistics of the data of the stations after using the alarm program shows that it can shorten the alarm time of the early warning record breakup, reduce the time for troubleshooting, and improve the real-time operation rate and data integrity rate of the earthquake early warning stations.

Key words: Earthquake early warning; Early warning alarm; Early warning response

太原地震监测中心站局域网综合布线优化建设

何佳^{1,2},刘静³,李凤³

(1. 山西省地震局太原地震监测中心站,山西太原 030025; 2. 太原大陆裂谷动力学国家野外科学观测研究站,山西太原 030025; 3. 河北省地震局石家庄地震监测中心站,河北石家庄 050021)

摘要: 2020年,为提升太原基准地震台及野外站入站工作人员的信息化办公条件,进行台站局域网综合布线优化建设。本文着重介绍太原台局域网综合布线优化建设的思路、方案设计、IP设计及优化建设后的使用效果,可为同类台站进行相同的优化建设提供参考。

关键词: 地震台站;局域网;综合布线优化

中图分类号: P315-39

文献标志码: A

0 引言

太原大陆裂谷动力学国家野外科学观测研究站于2007年4月获科技部批复成立,是全国97个国家野外科学观测研究站之一、14个国家地球物理野外观测研究站之一^[1],由中国地震局地质研究所和山西省地震局共同管理。太原地震监测中心站作为野外站主站,承担野外站日常运维管理、协作等任务。为改善太原地震监测中心站(以下简称太原站)及野外站入站工作人员的信息化办公条件,2020年进行太原站局域网综合布线优化建设。

1 综合布线需求

优化前,太原站监测楼办公区共有工作位17个,信息点位平均每卡台约1个;三合院办公区除会议室有1个信息点位外,其他均通过无线路由联通;培训中心通过无线路由桥接入局域网。

考虑太原站机构改革和新增OA办公需求,增加工作位至32个,每个工位配置不少于2个信息点位。其中,三合院办公区建设新的综合办公室,配置6个工位,需提供充足的信息接入点位;培训中心(野外站专家公寓)因网络接入需求增加,需提供充足的信息接入点位,并保证通信带宽。为确保优化后电力供应的稳定性,改造现有供电线路、购置新UPS,使得负载端的容量有较多冗余,实现双路供电。

2 实施方案

2.1 楼宇水平干线子系统

(1) 监测楼二楼综合办公室。

弱电系统:利用现有线路通过级联交换机,实现二楼综合办公室及会计室共计18个信息点位接入,信息点位形式为信息模块。

强电系统:每卡台配置1个6位三孔电源插座,二楼综合办公室配置1台1200W后备式(实现4台终端不低于15min的断电保护)UPS电源。

(2) 监测楼一楼综合办公室。

弱电系统:在一楼综合办公室部署24口交换机,实现一楼综合办公室及监测楼二楼2个办公室共计22个信息点位的接入。信息点位形式为信息模块。

强电系统:每卡台配置1个6位三孔电源插座,一楼综合办公室配置1台1200W后备式(实现4台终端不低于15min的断电保护)UPS电源。

(3) 三合院会议室。

弱电系统:与台站主交换机通过新建的6芯单模光纤连接,实现网络上联。将视频会议终端、交换机安装至机柜内,摆放在会议室西南侧,实现三合院会议室及三合院西侧3个办公室共10个信息点位的接入。

强电系统:会议室机柜内配置12孔PDU插座1个,配置1台600W后备式(可实现2台终端不低于15min的断电保护)UPS电源。

(4) 三合院综合办公室。

弱电系统:与台站主交换机通过新建的6芯单模光纤连接,实现网络上联,实现三合院综合办公室及三合院北侧、东侧4个办公室共28个信息点位的接入,信息点位形式为信息模块和无线接入。

强电系统:三合院综合办公室机柜内配置12孔PDU插座1个,办公卡台配置1台1200W后备式(可实现4台终端不低于15min的断电保护)UPS电源。

收稿日期:2022-07-25

第一作者简介:何佳(1983—),男,河北南皮人。工程师,主要从事地震监测和信息节点维护工作,E-mail:278645354@qq.com。

(5) 培训中心。

弱电系统:与台站主交换机通过新建的6芯单模光纤连接实现网络上联。在机柜内布设200M无线路由器,利用现有的无线路由器,与主干无线路由连接,保证各房间的无线信号80%以上强度覆盖。

强电系统:培训中心机柜内配置12孔PDU插座1个,配置1台1KVA以上在线式UPS,二层楼道内布设主干无线路由器。

2.2 楼宇垂直干线子系统

(1) 监测楼各办公室。

二楼综合办公室、一楼综合办公室通过原一层汇聚交换机与机房主交换连接。

主干:监测楼二楼机房至监测楼一层汇聚交换链路利用现有的布线,保持不变。

(2) 三合院各办公室。

主干:监测楼二楼机房至三合院综合办公室,新建一条6芯单模光纤线路,联通机房主交换和三合院综合办公室接入交换,2芯使用、4芯备用(见图1)。

三合院综合办公室架设无线路由,覆盖三合院北侧、东侧各办公室。

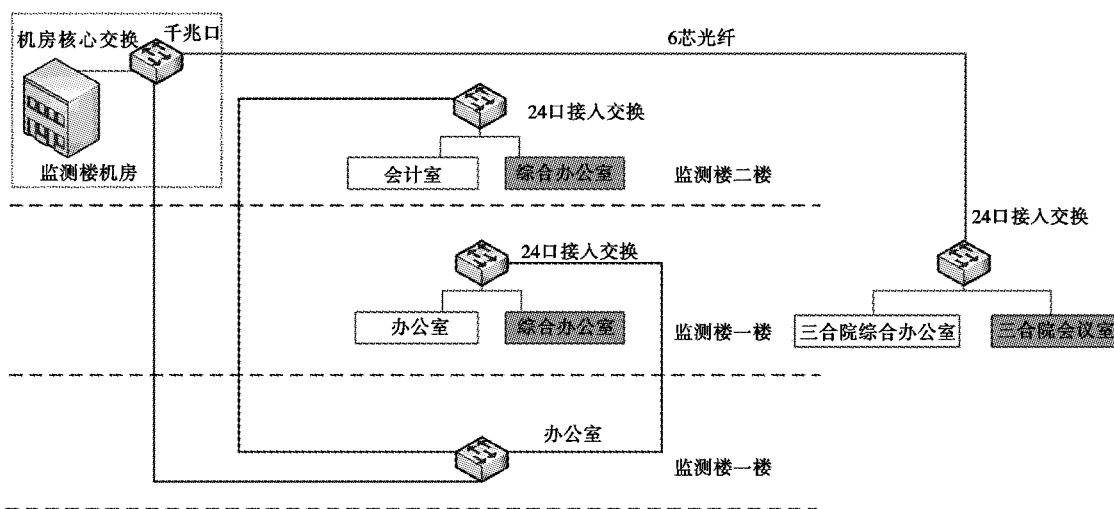


图1 监测楼、三合院垂直干线子系统

Fig.1 Monitoring building and san-ho-yuan vertical trunk line subsystem

(3) 培训中心房间。

主干:监测楼二楼机房至培训中心二楼会议室,新建一条6芯单模光纤线路,联通机房主交换,2芯使用、4芯备用(见图2)。

培训中心二楼会议室架设一台200M无线路由,二楼层西端和东端各架设50M无线路由,连接二楼主无线路由,实现无线网络信号的强度覆盖,满足专家公寓各房间智能电视无线接入和各类终端无线联通。

3 优化效果

3.1 带宽速度

此次综合布线采用有线、无线混合接入模式。其中,有线网络楼宇间水平干线与垂直子系统线路带宽为 ≥ 1000 M、终端接入带宽1000M,即采用的通信线缆、通信设备额定通信带宽、网络接口类型均满足1000M的要求;无线网络带宽均 ≥ 50 M,培训中心无线网络采用分布式覆盖,满足 ≥ 200 M的传输能力,

无线接入认证模式为用户认证后地址自动获取。

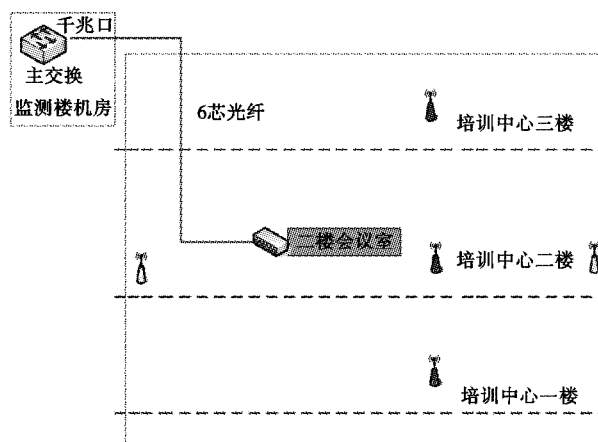


图2 培训中心垂直干线子系统

Fig.2 Vertical trunk line subsystem of training center

3.2 信息点位

综合布线满足监测楼办公区、三合院办公区、培训

中心的点位网络接入、供电需求,信息点位数量共 78 个。如,监测楼办公区的信息点位布设如图 3 所示。

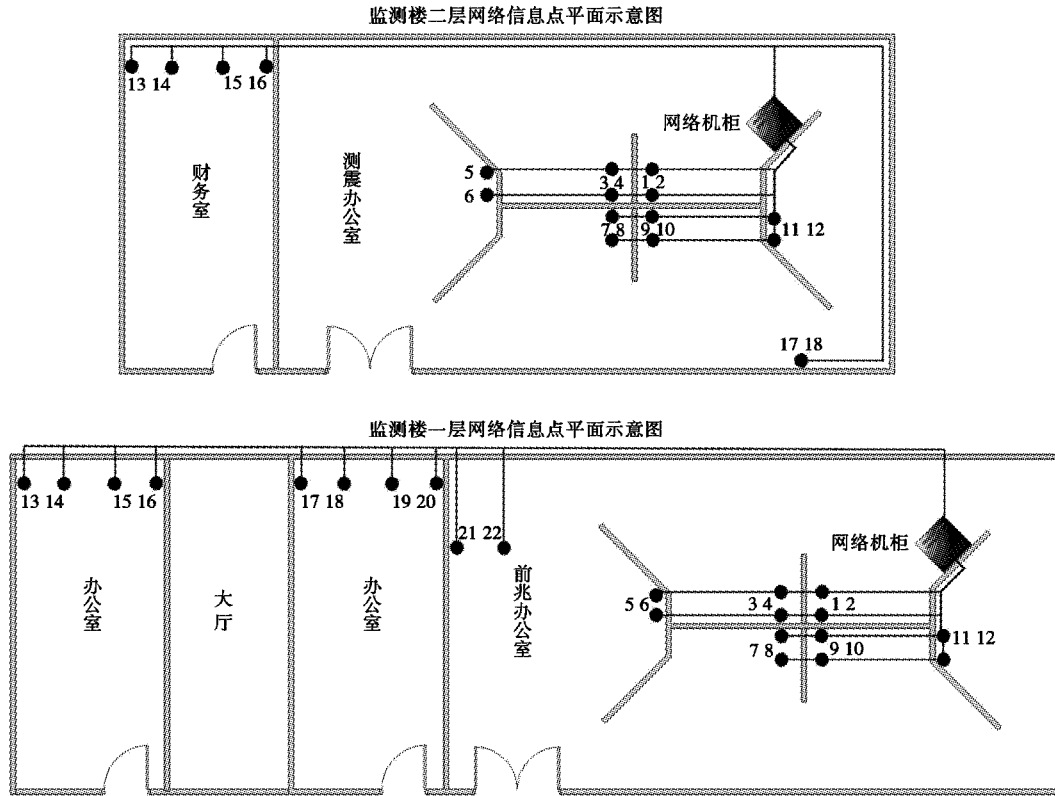


图 3 监测楼办公区信息点位

Fig. 3 Information points in the office area of the monitoring building

3.3 IP 地址安全管理

太原站节点 IP 资源包括互联网地址资源和地震行业网络资源两部分。其中互联网地址 8 个,行业网地址 1 个 C 类地址段,山西省地震局 OA 网地址。行业网 C 类地址段通过 VLAN 设置为业务、办公、通用

3 个子网,分别提供业务类设备、办公终端和通信设备互连使用。综合布线后为有效管理地址,预防 ARP 攻击或针对有问题的终端加以管制,为提高员工工作效率及网络信息安全采取以下措施(见表 1)。

表 1 IP 地址安全管理
Table 1 IP address security management

| 办公区域 | 接入方式 | 安全策略 | 地址数量 |
|------------|-------------------------------|--------------------------------|------|
| 监测楼二楼综合办公室 | 交换机接口配置办公子网,部分下联接口启用 DHCP | VLAN 划分,终端设备在交换机进行 Mac 和 IP 绑定 | 20 |
| 监测楼一楼综合办公室 | 交换机接口配置办公子网,部分下联接口启用 DHCP | VLAN 划分,终端设备在交换机进行 Mac 和 IP 绑定 | 30 |
| 三合院会议室 | 交换机接口配置办公子网,通过下联的无线路由器启用 DHCP | VLAN 划分,终端设备在交换机进行 Mac 和 IP 绑定 | 10 |
| 三合院综合办公室 | 交换机接口配置办公子网,通过下联的无线路由器启用 DHCP | VLAN 划分,终端设备在交换机进行 Mac 和 IP 绑定 | 20 |
| 培训中心 | 无线路由器启用无线桥接,终端接入采用 DHCP | 无线路由器在交换机上进行 Mac 和 IP 绑定 | 20 |

4 结语

此次局域网综合布线优化建设实现太原站楼宇间水平干线与垂直子系统网络带宽的升级改造,增加的信息点位满足台站改革时人员调整、增加,野外站专家入站工作需求和台站新增 OA 办公业务需求;通过各级联交换的端口配置,实现台站 IP 地址的资源合理分配和安全管控。为更好地提升系统性能和使用体验,今

后可对台站机房核心交换机进行千兆交换机改造升级,重新铺设监测楼一、二层综合办公室到核心机房的主干线缆,改为千兆线缆或新建一条 6 芯单模光纤线路。

参考文献:

- [1] 蒋春曦,张有林,叶 峰,等.地震数据共享服务平台构建—蒙城地球物理国家野外科学观测站[J].地震地磁观测与研究,2011,32(6):133-137.

Construction of LAN Generic Cabling Optimization at Taiyuan Reference Seismological Station

HE Jia^{1,2}, LIU Jing³, LI Feng³

(1. Taiyuan Earthquake Monitoring Center Station, Shanxi Earthquake Agency, Taiyuan, Shanxi 030025, China;

2. National Continental Rift Valley Dynamics Observatory of Taiyuan, Taiyuan, Shanxi 030025, China;

3. Shijiazhuang Earthquake Monitoring Center Station, Hebei Earthquake Agency, Shijiazhuang, Hebei 050021, China)

Abstract: In 2020, in order to improve the information-based office conditions of the incoming staff of Taiyuan Reference Seismological Station and the field station, the station LAN generic cabling optimization construction will be carried out. This paper mainly introduces the idea, scheme design, IP design of the construction of the LAN generic cabling optimization in Taiyuan Seismic Station, and the use effect after the optimized construction. The expected purpose has been achieved, which can provide reference for similar stations to carry out the same optimized construction.

Key words: Seismic station; Local area networks (LAN); Generic cabling optimization

(上接第 12 页)

Identification and Processing of Geomagnetic Data Disturbed by HVDC Transmission in Taiyuan Earthquake Monitoring Center Station

FAN Lei^{1,3}, WEI Yue-chao^{1,3}, GUO Yu^{1,3}, GONG Jing-zhi^{1,3}, SHI Shu-ting^{1,3}, LIU Su-zhen^{2,3}

(1. Taiyuan Earthquake Monitoring Center Station, Shanxi Earthquake Agency, Taiyuan, Shanxi 030025, China;

2. Shanxi Earthquake Agency, Taiyuan, Shanxi 030021, China;

3. National Continental Rift Valley Dynamics Observatory of Taiyuan, Taiyuan, Shanxi 030025, China)

Abstract: Using the software "China Seismic Precursor Data Processing System-Geomagnetism Subject Edition", the FHDZ—M15 second data of Taiyuan Earthquake Monitoring Center Station is compared with those of many stations. The interference amplitude of HVDC transmission lines such as the upper and adjacent lines to the geomagnetic data of Taiyuan Seismic Station is measured, and the correlation and error analysis are also carried out. The results show that the interference amplitude of HVDC transmission to the geomagnetic data of Taiyuan Seismic Station is inversely proportional to the vertical distance between the station and the line. The interference amplitude of F, H, D components is highly linear with that of Z component. Taking the variation of Z component as the dependent variable and using the reference fitting formula, the variation of F, H, D can be obtained, which can be used in the daily processing of geomagnetic HVDC transmission interference.

Key words: HVDC (high voltage direct current) transmission; Linear relationship; Interference amplitude

基于物联网的远程供电管理系统设计

穆慧敏^{1,2}, 胡玉良^{1,2}, 王鹏伟^{1,2}, 程冬焱^{1,2}, 李惠玲^{1,2}, 李颖^{1,2}

(1. 山西省地震局, 山西 太原 030021; 2. 太原大陆裂谷动力学国家野外科学观测研究站, 山西 太原 030025)

摘要: 为降低地震监测台站设备雷击概率, 设计基于物联网的远程供电管理系统。系统在监测到雷电预警信息后, 实现对安装雷电预警设备的台站周边测点仪器室内的地震观测设备, 供电状态自动远程控制及交直流供电线路的自动转换; 同时基于手机 APP 实现远程监视仪器室内市电电压、环境温湿度及交流接触器状态信息。系统经在台站试用, 可有效提升台站工作人员运维的工作效率。

关键词: 地震台站; 雷电预警设备; 供电管理; 远程控制

中图分类号: P315-39

文献标志码: A

0 引言

雷电灾害已成为我国最严重的气象灾害之一^[1], 也是影响地震台站设备稳定运行的主要隐患^[2-5], 对设备运行维护工作提出更高要求^[6]。做好雷电防护, 确保地震台站设备的正常运行^[7]是每个地震监测台站必须解决的技术问题。

山西省地震局于 2014 年、2015 年、2017 年对 26 个地震台站进行综合观测技术保障系统改造, 安装 9 套雷电预警设备。该设备通过监控地震台站区域内雷云电场强度, 实现在雷电到来之前切断市电, 雷电结束后自动恢复市电, 最大限度地保护仪器室所有观测设备, 降低雷击概率。

雷电预警设备能够监视台站周围 20 km 以内的雷电活动情况, 对安装点仪器室的供电线路进行控制, 无法对安装点附近仪器室内的地震观测设备进行雷电防护。为此, 设计一套远程供电管理系统, 与地震台站雷电预警设备联动, 实现对台站周边仪器室内地震观测设备供电线路的远程控制。

1 设计原理

雷电预警设备实时发送大气电场数据及相关参数给内网服务平台^[8], 内网服务平台采用 VMware 虚拟技术进行搭建^[9], 通过解析雷电预警设备通讯协议, 获取雷电预警设备状态信息并定时发送给阿里云平台。当雷电预警设备出现雷电预警信息时, 内网服务平台立即发送至阿里云平台。阿里云平台接收到雷电预警

设备的雷电告警信息后, 即刻发送指令给远程开关, 远程切断周围测点仪器室市电线路, 保护仪器室观测设备。另外, 通过手机 APP 也可对台站雷电预警设备和远程供电管理设备进行监视和手动控制。

2 系统设计

2.1 系统构成

远程供电管理系统主要由雷电预警设备、内网服务平台、阿里云平台、远程开关和手机 APP 五部分组成。系统框架如图 1 所示。

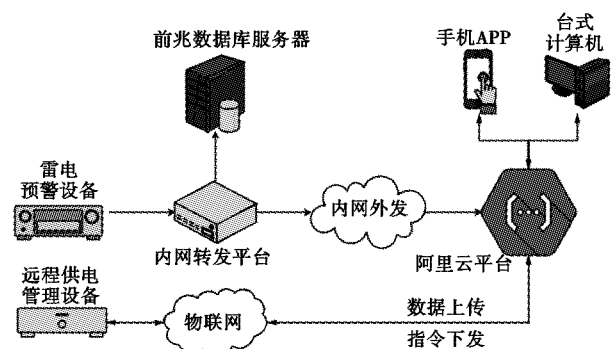


图 1 远程供电管理系统架构图

Fig. 1 Architecture diagram of remote power supply management system

收稿日期: 2022-09-10

基金项目: 中国地震局地震科技星火计划项目(XH21008Y)。

第一作者简介: 穆慧敏(1981—), 女, 山西太原人。高级工程师, 主要从事地震监测预报工作, E-mail: huiminmu@126.com。

通讯作者: 胡玉良(1981—), 男, 山西运城人。高级工程师, 主要从事地震监测预警工作, E-mail: huyuliang130@163.com。

2.2 硬件设计

远程开关可监测仪器室市电电压、环境温湿度和控制市电线路,通过 GPRS 方式与阿里云平台进行通

讯。硬件由单片机 STC51408AS、避雷供电管理单元、测量与控制单元、通讯单元构成。整体结构如图 2 所示。

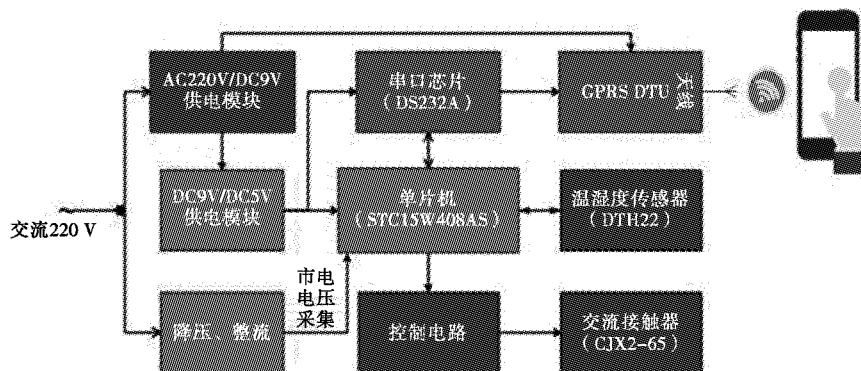


图 2 远程开关整体结构图

Fig. 2 Overall structure diagram of remote switch

2.2.1 供电管理单元

供电管理单元实现设备整体防雷及电压转换,主要有压敏电阻避雷器、AC-DC 电源模块及 DC-DC 电源芯片组成,电路图如图 3 所示。

市电交流 220 V 电压输入后,经过避雷供电管理单元输出 DC9V 和 DC5V 电压,给设备内部各部件供电。AC-DC 电源模块具有宽电源输入,低辐射干扰、低纹波噪声、高隔离耐压的特性,保证设备在野外正常工作。

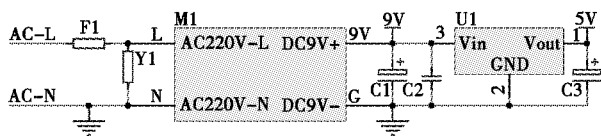


图 3 供电管理单元电路

Fig. 3 Power supply management unit circuit

2.2.2 测量与控制单元

(1) 市电测量电路。

将输入的市电电压通过电阻衰减约 100 倍,通过 BAT54AW 肖特基二极管进行全波整流电路。设置一个电压跟随电路,起到缓冲和隔离作用,保证后续测量电路不影响前级电压,电压跟随电路的放大倍数约接近 1,最后送入 STC15 单片机 ADC1 口。为确保采集电压准确,基于 TL431 可控精密稳压源设计一个基准电压 2.5 V,输入 ADC0 口,采集 ADC1 口和 ADC0 口的模拟电压,通过比例关系计算出 ADC1 口准确的

电压值。计算过程如下:

$$U_1 = \frac{U_{adc1}}{U_{adc0}} \times 2.5 \times \frac{\sqrt{2}}{2} \times 100 \text{ V},$$

式中: U_{adc0} 和 U_{adc1} 分别为单片机采集的电压; U_1 为计算的市电电压有效值。电路图如图 4 所示。

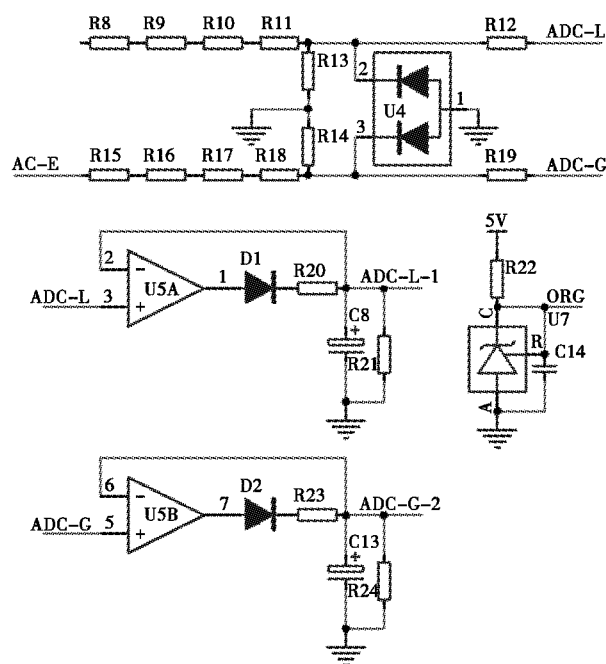


图 4 市电电压测量电路

Fig. 4 Mains electricity voltage measuring circuit

(2) 温湿度测量电路。

温湿度测量电路采用 DHT22 数字温湿度传感器,其具有标准的单总线接口。测量原理是通过内置电容式湿度传感器和热敏电阻来测量周围的空气,取得温度和湿度值后,由 DATA 引脚向主控板发送一个数字信号。电压范围是 3 V~5 V;湿度测量为 0~100%,精度 2%~5%;温度测量为-40 ℃~80 ℃,精度±0.5 ℃。

与单片机连接方式如下:传感器电源接口直接连接单片机 5 V,DATA 引脚连接至单片机 P1.4 数字引脚,GND 连接至单片机的 GND,DATA 和 VCC 跨接 10 K 的上拉电阻。电路如图 5 所示。

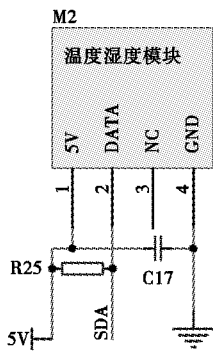


图 5 温湿度测量电路

Fig. 5 Temperature and humidity measuring circuit

(3) 控制电路。

控制电路由 N 沟道 MOS 管 2N7002、双向可控硅光耦 MOC3063 和双向可控硅 BT139 组成。STC15 单片机 P5.5 端口输出高电平时,BT139 导通,交流接触器输出交流 220 V 电压;STC15 单片机 P5.5 端口输出低电平时,BT139 关断,交流接触器无输出。电路图如图 6 所示。

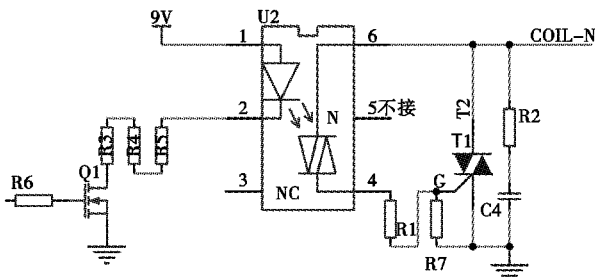


图 6 交流接触器控制电路

Fig. 6 AC contactor control circuit

2.2.3 通讯单元

通讯单元采用物联网公司研制的USR-GPRS232-730 模块。该模块具有 RS232 和 RS485 两种接口,具有网络透传、HTTPD 和短信透传三种工作模式。此通讯单元采用网络透传模式,实现串口至 GPRS 的透明传输。

因 USR-GPRS232-730 模块采用 RS232 电平,单片机 STC15W408AD 串口为 TTL 电平,两者通信电平不匹配,需要进行电平转换。选用 RS232A 芯片实现电平转换,硬件连接方法如图 7 所示,RS232A 电路图如图 8 所示。电平转换芯片采用 RS232A,发送方数据由串行口 TXD 端口输出,经电平转换芯片 RS232A,将 TTL 电平转换为 RS232 电平输出,经传输线将信号传送到接收端。

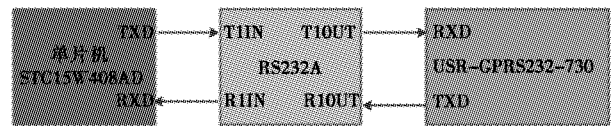


图 7 通讯单元连接图

Fig. 7 Communication unit connection diagram

2.3 程序流程图及实物图

整个系统基于宏晶 STC15W408AD 单片机进行设计,程序流程图如图 8 所示。

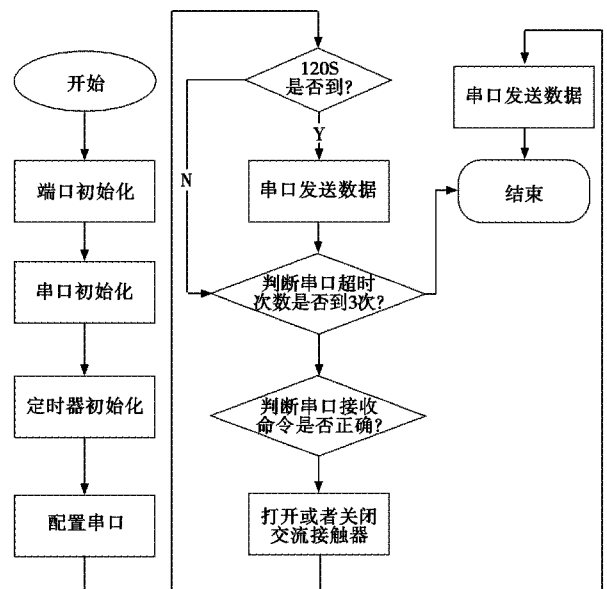


图 8 软件流程图

Fig. 8 Software flow chart

在正常情况下,远程开关每隔 2 min 给阿里云平台发送一次市电电压、环境温湿度及交流接触器状态信息,同时实时检测手机端 APP 通过阿里云平台发送

的控制命令,实现远程控制交流接触器通断。手机端 APP 界面如图 9 所示。



图 9 手机端 APP 界面

Fig. 9 Mobile APP interface

3 结语

通过设计远程供电管理系统,实现在检测到雷电预警信息时,自动切断仪器室内市电线路,最大限度地保护仪器室内设备免遭雷击,同时基于手机 APP 实现远程监控。经在台站试用,该系统提升了台站工作人员远程运维效率,同时为台站做好数据异常核实提供参考依据。

参考文献:

- [1] 朱新健. 基于无线传感网络的雷电灾害预警系统设计[J]. 自动化与仪器仪表, 2019(11): 107.
- [2] 高伟亮, 高跃雄, 吕睿, 等. 山西数字测震台站雷击原因分析及防护措施研究[J]. 山西地震, 2014(1): 36.
- [3] 全建军, 林慧卿, 陈美梅, 等. 数字化地震前兆台站防雷措

施探讨[J]. 华南地震, 2018, 38(1): 61-70.

- [4] 全建军, 陈珊桦, 赖见深, 等. 新型雷电预警系统在地震台站的应用[J]. 华北地震科学, 2019, 37(3): 50-55.
- [5] 罗丽, 肖孟仁, 陈浩, 等. 雷电预警系统在区域台站中的应用[J]. 华南地震, 2019, 39(1): 92-96.
- [6] 穆慧敏, 胡玉良, 李惠玲, 等. 远程电源监测及控制系统设计及应用[J]. 地震地磁观测与研究, 2018, 39(5): 195-199.
- [7] 胡玉良, 程冬焱, 李惠玲, 等. HostMonitor 监控软件在山西地震前兆台网的应用[J]. 地震地磁观测与研究, 2016, 37(1): 131-135.
- [8] 王鹏伟, 张惠, 穆慧敏, 等. 山西前兆台网雷电预警数据入库设计及实现[J]. 山西地震, 2019(2): 33.
- [9] 胡玉良, 程冬焱, 李惠玲. 虚拟技术在地震前兆技术系统中的应用[J]. 震灾防御技术, 2015, 10(3): 688-694.

Design of Remote Power Supply Management System Based on Internet of Things

MU Hui-min^{1,2}, HU Yu-liang^{1,2}, WANG Peng-wei^{1,2}, CHENG Dong-yan^{1,2}, LI Hui-ling^{1,2}, LI Ying^{1,2}

(1. Shanxi Earthquake Agency, Taiyuan, Shanxi 030021, China;

2. National Continental Rift Valley Dynamics Observatory of Taiyuan, Taiyuan, Shanxi 030025, China)

Abstract: In order to reduce the lightning strike probability of seismic monitoring station equipment, a remote power supply management system based on the Internet of Things is designed. After monitoring the lightning warning information, the system realizes automatic remote control of power supply status of seismic observation equipment in the instrument room of the measuring points around the station where the lightning warning equipment is installed, and automatic conversion of AC and DC power supply lines. At the same time, based on mobile phone APP, it can realize remote monitoring of indoor mains voltage, ambient temperature and humidity and AC contactor status information. The system can effectively improve the operation and maintenance efficiency of the station staff after the trial in the station.

Key words: Seismic station; Lightning warning equipment; Power supply management; Remote control

感应式磁力仪数据格式转换及处理软件研制

王利兵¹,刘新¹,罗娜¹,胡秀娟¹,王秀敏¹,闫俊岗²

(1.河北省地震局邢台地震监测中心站,河北邢台 054000;2.河北省地震局邯郸地震监测中心站,河北邯郸 056001)

摘要:通过查阅感应式磁力仪相关说明材料,根据其观测数据文件结构特点及目标需求,运用 Visual Basic 语言研发感应式磁力仪数据格式转换及处理软件。应用此软件可批量修正数据时间标签错误,将按天存储的数据文件分割成按小时存储的数据文件及生成文本格式的数据文件。实际应用后,该软件可提高数据的连续率和利用率。

关键词:感应式磁力仪;二进制数据;时间修正;格式转换

中图分类号:P315.6-39

文献标志码:A

0 引言

地磁场是地球的基本特征之一,是地球内部电流和日地系外电流体系共同作用的结果。地磁场携带着丰富的地球内部和外部信息^[1]。东半球空间环境地基综合监测子午链工程(以下简称子午工程)在子午圈位置选取一些地磁台站,新架设一批感应式磁力仪。感应式磁力仪与目前地磁台站使用的 FHDZ-M15 或 GM4 相比,具有采样率高、频带宽、精度高等优点^[2],同时也存在一些缺陷。如, GPS 信号、天气等原因,感应式磁力仪未能正常授时,会造成产出的观测数据文件中时间标签出现错误;电源、存储故障等原因,造成产出的观测数据文件不完整;设置不当原因,观测数据按天存储不能按小时存储。以上原因,使得部分观测数据无法正常使用,降低数据的利用率和使用效果。为解决上述问题,需掌握观测数据文件的结构及特点,研发相应的数据自动读取程序。根据各问题产生原因

和需求,进行相应地纠正和处理,形成需要的观测数据文件,提高数据的利用率,促进监测预报工作的开展^[3]。笔者经过查询感应式磁力仪相关说明材料,根据其观测数据文件结构特点及目标需求,研发感应式磁力仪数据格式转换及处理软件,以解决观测数据文件存在的问题。

1 观测数据文件结构

1.1 总体结构

观测数据文件由头段信息、观测数据段两部分组成(见表1)。头段为文本格式,主要描述观测数据的日期、采样率、传递系数等信息,共665个字节。观测数据段为二进制格式,主要存储状态信息、时间、观测数据。每秒为一存储单元,依次是状态信息、时、分、秒及多组观测数据,组数为采样率,每组数据包括X分量、Y分量、Z分量。

表1 观测数据文件结构

Table 1 Observation data file structure

| 头段信息 | | | | | | | | | | | | | | | 观测数据 | | | | | | | |
|------|---|---|---|-------|-------|-----|-----|----|------|-----|-------|-------|----|----|------|----|-------|-------|-----|-----|-------|-------|
| 仪器信息 | 年 | 月 | 日 | 基础采样率 | 抽样样本数 | 采样率 | 灵敏度 | 增益 | 传递系数 | 通道数 | 样本字节数 | 每秒字节数 | 经度 | 纬度 | 高程 | 备注 | 第一秒时间 | 第一秒数据 | ... | ... | 第N秒时间 | 第N秒数据 |

1.2 数据类型

观测数据段中状态信息、时、分、秒为字节型,由1

个字节表示;观测数据为整型,由4个字节表示,低位在前,高位在后,高位字节大于127为负值,数值为该

收稿日期:2022-05-13

基金项目:河北省地震科技星火计划项目红山野外站科研专项(DZ2021110500003)。

第一作者简介:王利兵(1978—),男,河北邢台人。高级工程师,主要从事地震监测预报工作,E-mail:wlbhns@163.com。

值减去 4 294 967 296(即 256^4)。若数据存储字节依次为 $B_1、B_2、B_3、B_4$,则数值 M 为:

$$M = \begin{cases} B_1 + B_2 \times 256 + B_3 \times 256^2 + B_4 \times 256^3 & B_4 \leq 127 \\ B_1 + B_2 \times 256 + B_3 \times 256^2 + B_4 \times 256^3 - 256^4 & B_4 > 127 \end{cases}$$

磁场强度为观测数据与传递系数的乘积(单位为 nT)。

2 软件结构

感应式磁力仪数据格式转换及处理软件为可执行文件(感应式磁力仪数据格式转换及处理软件.exe),可在 WindowsXP 及以上版本的操作系统中运行。根据数据文件结构特点,采用 Visual Basic 语言编写此软件,软件界面、软件结构、软件流程分别如图 1、图 2、图 3 所示。该软件 5 个子程序分别对应窗口中的 1 个文本框和 4 个命令按钮。

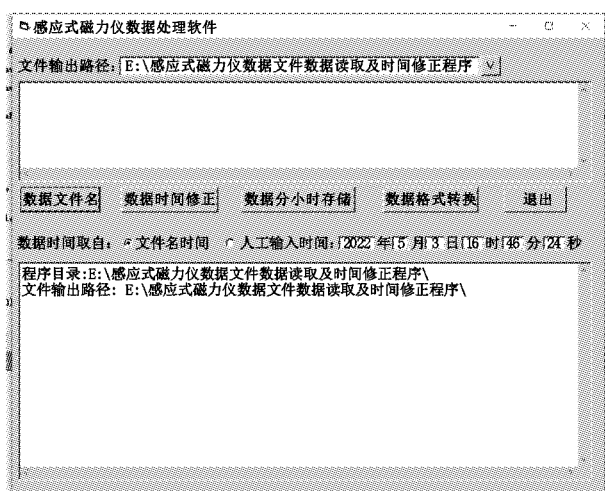


图 1 感应式磁力仪数据格式转换及处理软件界面
Fig. 1 Data format transformation and processing software interface of induction magnetometer

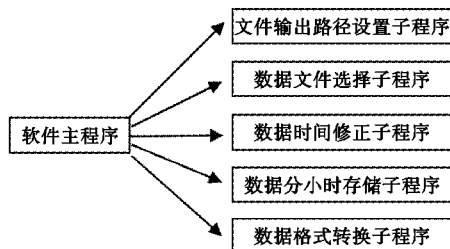


图 2 软件结构
Fig. 2 Software structure

(1) “文件输出路径”文本框用于指定结果文件输

出目录,可以在文本框中直接输入目录路径,也可点击文本框右侧按钮进行选择。核心代码如下:

```
DialogPOFP. Flags = cdIOFNFileMustExist +
cdIOFNExplorer
DialogPOFP. ShowSave
If Err <> vbCancel Then
    TextPOFP. Text = Left (DialogPOFP.
    FileName, InStrRev(DialogPOFP. FileName, "\"))
End If
```

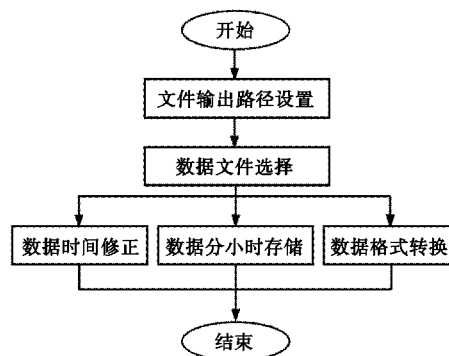


图 3 软件流程
Fig. 3 Software Process

(2) “数据文件名”按钮用于选定原始观测数据文件,默认文件类型为“.lem”。核心代码如下:

```
DialogPIFN. Flags = cdIOFNAllowMultiselect
+ cdIOFNFileMustExist + cdIOFNExplorer
DialogPIFN. ShowOpen
If Err <> vbCancel Then
    tempStr = DialogPIFN. FileName
    P = InStr(tempStr, Chr$(0))
    If P = 0 Then '如果只选择了一个文件
    .....
    P = InStrRev(tempStr, "\") 'P 取得"\ "所在
    位置
    waveFileName (1, fileNumber) = Left
    $(tempStr, P - 1)
    waveFileName (2, fileNumber) = Mid
    $(tempStr, P + 1)
    Else 选择了多个文件
    .....
```

.....

End If

(3) “数据时间修正”按钮用于修正数据文件中数据时间标签。数据正确起始时间可由文件名确定,也可以人工输入。空缺数据用“999”补齐。核心代码为:

```
If timefileName Then
    timeStart = DateSerial(Mid(waveFileName(2, N), InStrRev(waveFileName(2, N), "_") + 1, 4), Mid(waveFileName(2, N), InStrRev(waveFileName(2, N), "_") + 5, 2), Mid(waveFileName(2, N), InStrRev(waveFileName(2, N), "_") + 7, 2)) + TimeSerial(Mid(waveFileName(2, N), InStrRev(waveFileName(2, N), "_") + 9, 2), Mid(waveFileName(2, N), InStrRev(waveFileName(2, N), "_") + 11, 2), Mid(waveFileName(2, N), InStrRev(waveFileName(2, N), "_") + 13, 2))
    .....
```

.....

Else

```
timeStart = DateSerial(Val(dataYear.Text), Val(dataMonth.Text), Val(dataDay.Text)) + TimeSerial(Val(dataHour.Text), Val(dataMinute.Text), Val(dataSecond.Text))
```

End If

(4) “数据分小时存储”按钮用于将按天记录数据分割成小时数据。空缺数据用“999”补齐。核心代码为:

```
For i = k To fileLength Step 388
    If Hour(timeStart3) <> Hour(DateAdd("s", -1, timeStart3)) Then
        Close #2
        Open waveFileName3(1, N) + Left(waveFileName3(2, N), Len(waveFileName3(2, N)) - 13) + Format(Hour(timeStart3), "00") + "0000new.lem" For Binary As #2
        For j = 1 To UBound(dataHeadValue)
            Put #2, , dataHeadValue(j)
        Next j
    End If
    Put #2, , dataValue(i)
    Put #2, , CByte(Hour(timeStart3))
    Put #2, , CByte(Minute(timeStart3))
    Put #2, , CByte(Second(timeStart3))
    For j = 4 To 387
        Put #2, , dataValue(i + j)
    Next j
    timeStart3 = DateAdd("s", 1, timeStart3)
Next i
```

(5) “数据格式转换”按钮用于将二进制的观测数据转换成文本数据。核心代码为:

```
For i = k To fileLength Step 388
    timeStart2 = DateSerial(dataFileYear, dataFileMonth, dataFileDay) + TimeSerial(dataValue(i + 1), dataValue(i + 2), dataValue(i + 3))
    For j = 4 To 387 Step 12
        Print #2, Format(timeStart2, "YYYYM-MDDhhmmss"); Space(2); Format((j - 4) / 12 + 1, "00"); Space(2);
        datanTVValue = CStr(dataValue(i + j) + dataValue(i + j + 1) * 256 # + dataValue(i + j + 2) * 65536 # + dataValue(i + j + 3) * 16777216 #)
        If datanTVValue > 2147483647 # Then datanTVValue = -(4294967296 # - datanTVValue)
        datanTVValue = datanTVValue * dataBitTonT
        Print #2, Space(15 - Len(Format(datanTVValue, "0.00000000"))); Format(datanTVValue, "0.00000000");
        .....
```

Next j

Next i

3 软件应用

3.1 数据时间修正

原始观测数据文件由于 GPS 信号问题,未对仪器进行准确授时,造成数据文件中时间标签错误。原始起始时间为 2021-12-14 08:30:56,应用该软件对数据标签进行时间修正,修正后起始时间为 2021-12-14 09:00:00。数据时间修正前后,二进制数据文件对应转换的文本格式文件数据对比如第 45 页表 2 所示。

3.2 数据分小时存储

原始数据文件由于设置原因,观测数据按天存储,数据文件较大,且定位波形中关注时间段时操作繁琐。该软件将按天存储的数据文件分割成按小时存储的 24 个数据文件,波形处理较为方便、快捷。按天和按小时存储的数据文件列表对比如第 45 页图 4 所示。

3.3 数据格式转换

原始数据文件为二进制格式,数据无法直接读取或复制,只能用相应的处理软件进行读取。该软件将二进制数据转换成文本格式数据,形成的数据直观、易操作,可任意复制、截取,借助 EXCEL 等工具可画图,进行对比分析研究。二进制数据文件转换成文本格式数据文件如表 1 所示。

表 2 数据时间修正前后对比表

Table 2 Comparison table before and after data time correction

| JFT_SCM01_DMD_L11_01H_20211214090000.txt | | | | JFT_SCM01_DMD_L11_01H_20211214090000new.txt | | | |
|--|---------------|---------------|----------------|---|---------------|---------------|----------------|
| 时间 | X 分量 | 分量 | 分量 | 时间 | X 分量 | 分量 | 分量 |
| 083056 | 29.682 233 58 | -2.462 830 73 | -10.212 070 67 | 090000 | 29.682 233 58 | -2.462 830 73 | -10.212 070 67 |
| | | | | | | | |
| 083057 | 29.922 792 89 | -2.437 058 12 | -10.212 127 50 | 090001 | 29.922 792 89 | -2.437 058 12 | -10.212 127 50 |
| | | | | | | | |
| 083058 | 31.180 293 45 | -2.418 629 03 | -10.212 247 15 | 090002 | 31.180 293 45 | -2.418 629 03 | -10.212 247 15 |
| | | | | | | | |

| 名称 | 修改日期 | 类型 | 大小 |
|---|--------------|------|--------|
| JFT_SCM01_DMD_L11_01H_201008100000new Jan | 2022/5/16 59 | 文本文件 | 327996 |
| JFT_SCM01_DMD_L11_01H_201008100000new Jan | 2022/5/16 55 | 文本文件 | 138096 |
| JFT_SCM01_DMD_L11_01H_201008100000new Jan | 2022/5/16 53 | 文本文件 | 138096 |
| JFT_SCM01_DMD_L11_01H_201008100000new Jan | 2022/5/16 51 | 文本文件 | 138096 |
| JFT_SCM01_DMD_L11_01H_201008100000new Jan | 2022/5/16 49 | 文本文件 | 138096 |
| JFT_SCM01_DMD_L11_01H_201008100000new Jan | 2022/5/16 47 | 文本文件 | 138096 |
| JFT_SCM01_DMD_L11_01H_201008100000new Jan | 2022/5/16 45 | 文本文件 | 138096 |
| JFT_SCM01_DMD_L11_01H_201008100000new Jan | 2022/5/16 43 | 文本文件 | 138096 |
| JFT_SCM01_DMD_L11_01H_201008100000new Jan | 2022/5/16 41 | 文本文件 | 138096 |
| JFT_SCM01_DMD_L11_01H_201008100000new Jan | 2022/5/16 39 | 文本文件 | 138096 |
| JFT_SCM01_DMD_L11_01H_201008100000new Jan | 2022/5/16 37 | 文本文件 | 138096 |
| JFT_SCM01_DMD_L11_01H_201008100000new Jan | 2022/5/16 35 | 文本文件 | 138096 |
| JFT_SCM01_DMD_L11_01H_201008100000new Jan | 2022/5/16 33 | 文本文件 | 138096 |
| JFT_SCM01_DMD_L11_01H_201008100000new Jan | 2022/5/16 31 | 文本文件 | 138096 |
| JFT_SCM01_DMD_L11_01H_201008100000new Jan | 2022/5/16 29 | 文本文件 | 138096 |
| JFT_SCM01_DMD_L11_01H_201008100000new Jan | 2022/5/16 27 | 文本文件 | 138096 |
| JFT_SCM01_DMD_L11_01H_201008100000new Jan | 2022/5/16 25 | 文本文件 | 138096 |
| JFT_SCM01_DMD_L11_01H_201008100000new Jan | 2022/5/16 23 | 文本文件 | 138096 |
| JFT_SCM01_DMD_L11_01H_201008100000new Jan | 2022/5/16 21 | 文本文件 | 138096 |
| JFT_SCM01_DMD_L11_01H_201008100000new Jan | 2022/5/16 19 | 文本文件 | 138096 |
| JFT_SCM01_DMD_L11_01H_201008100000new Jan | 2022/5/16 17 | 文本文件 | 138096 |
| JFT_SCM01_DMD_L11_01H_201008100000new Jan | 2022/5/16 15 | 文本文件 | 138096 |
| JFT_SCM01_DMD_L11_01H_201008100000new Jan | 2022/5/16 13 | 文本文件 | 138096 |
| JFT_SCM01_DMD_L11_01H_201008100000new Jan | 2022/5/16 11 | 文本文件 | 138096 |
| JFT_SCM01_DMD_L11_01H_201008100000new Jan | 2022/5/16 9 | 文本文件 | 138096 |
| JFT_SCM01_DMD_L11_01H_201008100000new Jan | 2022/5/16 7 | 文本文件 | 138096 |
| JFT_SCM01_DMD_L11_01H_201008100000new Jan | 2022/5/16 5 | 文本文件 | 138096 |
| JFT_SCM01_DMD_L11_01H_201008100000new Jan | 2022/5/16 3 | 文本文件 | 138096 |
| JFT_SCM01_DMD_L11_01H_201008100000new Jan | 2022/5/16 1 | 文本文件 | 138096 |

图 4 按天和按小时存储的数据文件列表
Fig. 4 List of data files stored by day and data files stored by hour

点,被广泛应用于地磁台站观测中。根据其在日常观测过程中出现的问题,采用 Visual Basic 语言研制感应式磁力仪数据格式转换及处理软件。该软件可以批量修正数据时间标签错误,将按天存储的数据文件分割成按小时存储的数据文件及生成文本格式的数据文件。在此基础上,软件还可扩充观测数据的标准化入库等相关功能,方便工作人员使用和分析观测数据。

参考文献:

[1] 张聪聪,靳宝萍.临汾中心地震台 FHD 质子磁力仪噪声干扰分析[J].山西地震,2020(3):30-33.
[2] 张敏,赵石柱,雷晴.感应式磁力仪和磁通门磁力仪数据对比分析[J].山西地震,2018,32(2):112-118.
[3] 王秀敏,陈凯男,刘立申,等. MSDP 二进制震相文件数据提取软件[J].地震地磁观测与研究,2018,39(3):208-212.

4 结语

感应式磁力仪具有采样率高、频带宽、精度高等优

Development of Data Format Transformation and Processing Software for Induction Magnetometer

WANG Li-bing¹, LIU Xin¹, LUO Na¹, HU Xiu-juan¹, WANG Xiu-min¹, YAN Jun-gang²

(1. Xingtai Earthquake Monitoring Center Station, Hebei Earthquake Agency, Xingtai, Hebei 054000, China;
2. Handan Earthquake Monitoring Center Station, Hebei Earthquake Agency, Handan, Hebei 056001, China)

Abstract: By consulting the relevant explanatory materials of the induction magnetometer, according to the structural characteristics and target requirements of its observation data file, the data format transformation and processing software of the induction magnetometer is developed by using Visual Basic language. This software can correct the errors of data time labels in batches, divide the data files stored by day into data files stored by hour and generate data files in text format. The software can improve the continuity and utilization of data and help the development of earthquake monitoring and prediction.

Key words: Induction magnetometer; Binary data; Time correction; Format transformation

地震应急指挥中心值班信息实时发布系统的设计与实现

赵光, 郝璟贻, 刘英华, 王玉婷, 谭庆全

(北京市地震局, 北京 100080)

摘要: 为提升地震应急指挥中心的科学管理水平和运转效率,以北京市地震局应急指挥中心为例,基于本地化地震应急工作平台,设计和研发一套值班信息发布系统。开发信息获取接口、信息推送接口、信息发布管理后台,将值班信息和会议安排实时发布到指挥中心现有的显示终端,在震时可迅速切换到应急应用场景,为提高应急指挥中心的信息可视化水平、应急响应处置能力和会议调度能力提供技术支持。

关键词: 地震应急; 应急值班; 应急响应; 信息发布系统

中图分类号: P315.6-39

文献标志码: A

0 引言

随着现代化信息网络技术的迅猛发展,智能化越来越普及,小到家庭大到航天航空领域,电子监控、无线监控、LED显示屏展示系统的使用越来越广泛。地震应急指挥中心作为震后应急处置的重要场所,需要为各类信息的汇聚与展示提供相应的设备和实现方案,地震信息可视化处理成为未来地震应急产品的重要组成部分和发展方向^[1-2]。为实现震后应急处置快速响应和应急技术系统高效运转,需要将应急值班信息、会议安排情况和设备运行状态在指挥中心进行实时滚动显示。

本文以北京市地震局应急指挥中心为例,利用现有技术平台和显示系统,设计一套值班信息发布系统。开发信息获取接口、信息推送接口、信息发布管理后台,实现平时自动显示值班信息,震时切换到应急视频会议或业务系统的显示,为应急指挥技术系统的高效运转提供技术支持。

1 现状及需求分析

应急指挥系统作为应急救援体系的重要组成部分,在针对自然灾害、事故灾难、公共卫生、社会安全等突发事件的抢险救援活动中发挥重要作用,对于建立和健全应急机制、预防和应对突发事件、减少灾害损失具有重要意义^[3-5]。如何借助先进的通信技术、网络技术和计算机技术提高应急指挥的反应和处置能力,成为国家及各级政府的重要工作之一。

北京市地震局应急指挥中心(以下简称指挥中心)参照国家地震应急指挥调度和通讯保障、灾情快速收集与评估的工作要求和相关标准,结合北京市本地化地震灾害快速评估与辅助决策工作现状,建设北京市本地化地震应急工作平台。该平台可实现地震灾害快速评估、辅助决策、指挥调度、灾害信息管理等功能。同时,根据指挥中心全年不间断24h应急值守和日常各类会议保障的工作需要,平台开发了值班信息管理、会议安排管理、在线调换班及值班信息查询与生成报表等功能。目前,平台存在应急值班人员在线登录才能查看值班信息和会议安排,不能在指挥中心实时滚动展示,操作相对繁琐,显示效果不够灵活多样,应急信息可视化服务不强等不足。因此,基于本地化地震应急工作平台,研发指挥中心值班信息实时发布系统,实现将当前值班、会议安排信息和设备运行状态在指挥中心壁挂显示屏、业务电脑端等实时滚动显示,便于用户掌握指挥中心当前的值班情况和会议安排,了解设备运行状态,提高指挥中心的信息可视化水平、应急响应速度和会议调度能力,对日常业务的保障调度和应急响应处置具有一定的意义。

2 值班信息发布系统设计

2.1 系统总体架构设计

设计的指挥中心值班信息实时发布系统(以下简称发布系统),在总体架构上分为基础层、应用层和显示层(见第47页图1)。

基础层主要是指发布系统运行所依赖的基础软硬

收稿日期:2022-07-21

基金项目:北京市地震局技术微创新项目(BJWC-2022008),地震科技星火计划攻关项目(XH23001B)。

第一作者简介:赵光(1991-),男,山东菏泽人。助理工程师,主要从事地震应急相关工作,E-mail:zg@bjseis.cn。

通讯作者:谭庆全(1980-),男,山东沂水人。博士研究生,高级工程师,主要从事地震应急领域的相关研究,E-mail:tanqq@bjssseis.cn。

件条件,包括服务器、网络、电源、媒体发布盒、壁挂电视等基础硬件;操作系统、数据库等基础软件;也包括本地化地震应急工作平台、大屏幕投影显示系统、中央控制系统等现有的业务应用系统。

应用层主要是指发布系统的关键业务管理功能,包括发布内容管理、发布方式管理、发布接口管理、日志管理等。

显示层主要是基于交互界面把相关信息推送给普通用户或系统管理用户。系统显示设备支持普通电脑(通过浏览器访问)、壁挂电视(通过媒体发布盒推送)和移动终端设备(通过移动 APP 访问)。

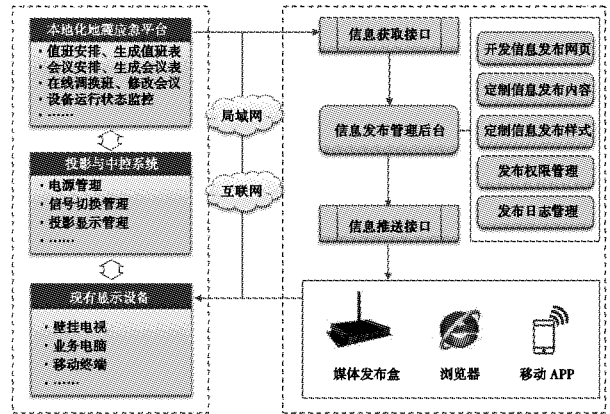


图 2 系统功能逻辑结构示意图

Fig. 2 Schematic diagram of system functional logic structure

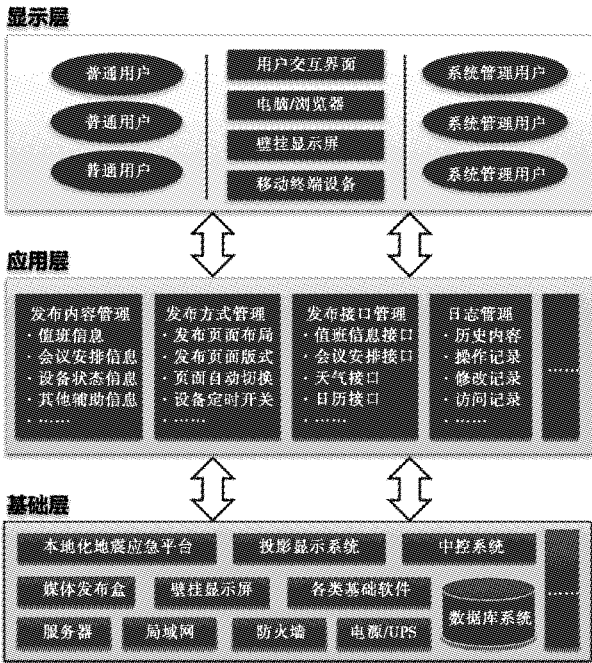


图 1 系统总体架构示意图

Fig. 1 Schematic diagram of overall system architecture

2.2 系统功能设计

以系统总体架构为基础,系统的功能逻辑结构设计如图 2 所示。图中,左侧部分为现有的基础设施,右侧部分为发布系统设计开发的主要内容。系统的核心部分包括信息获取接口、信息发布管理后台和信息推送接口。通过信息获取接口,从本地化地震应急工作平台读取值班信息、会议安排信息、设备状态信息、其他辅助信息等;通过信息发布管理后台开发信息发布网页,定制信息发布内容、样式,发布权限管理,发布日志管理及其他管理功能;通过信息推送接口,将定制的信息发布以特定的方式向媒体发布盒、浏览器、移动 APP 等发送,通过壁挂显示器、业务电脑、移动终端等不同设备显示。

3 系统的实现及应用

系统采用 B/S 和 C/S 相结合的网络结构,在 Visual Studio 集成开发环境中开发信息获取接口、信息推送接口和信息发布管理后台。系统开发完成后,部署在北京市地震局应急指挥中心进行调试。系统自动实时从本地化地震应急工作平台中提取值班信息和会议安排,组合成信息发布页面,向不同终端发送,提供横屏(16:9)和竖屏(6:19)两种不同的显示方式。发送的信息包括:值班人员姓名、联系方式、会议安排、月度值班表、日历信息、天气情况等。当本地化地震应急工作平台的值班信息与会议安排发生变化时,系统可实现自动更新。

图 3 为信息自动更新与生成发布页面的流程示意

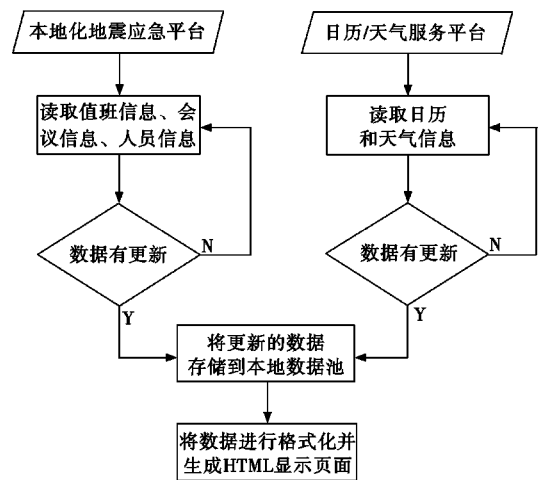


图 3 信息更新及发布流程图

Fig. 3 Information update and release flow chart

图。当获取到信息有更新时,自动将信息更新到本地数据池,按预先设定的数据表达格式生成 HTML 显示页面。其中,数据的自动更新获取时间间隔可根据需要进行动态调整。对于时效性要求低的信息,设置为几十分钟更新一次;时效性要求较高的信息,为几十秒更新一次。当有数据更新时,均会触发信息发布页面的重新生成和更新显示功能,保证信息显示终端始终显示最新信息。HTML 页面作为一种标准的、通用的信息表达方式,可以在网络上直接通过浏览器访问,

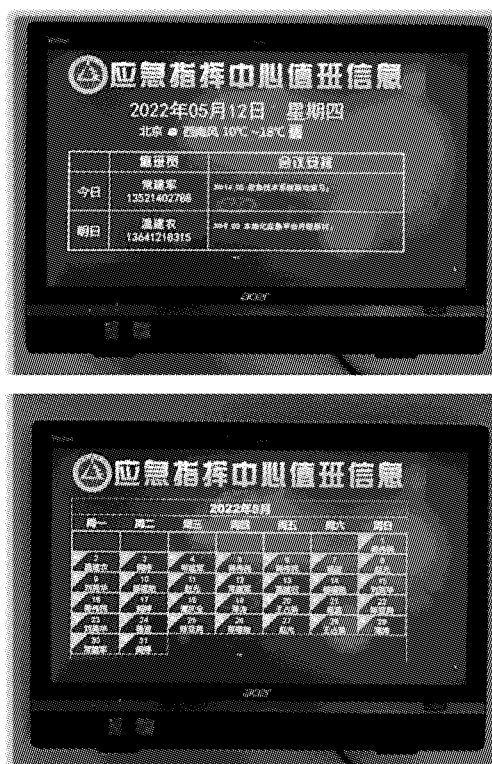
也可以通过媒体发布盒向电视、显示屏等推送显示,还可以直接嵌入手机 APP 中显示,系统使用 HTML 页面作为信息的最后呈现方式。

图 4 为在指挥中心的壁挂电视(横屏、竖屏)和壁挂一体机电脑(横屏)上进行信息发布的效果。通过对相关信息的自动发布,实现日常值班信息和会议安排的实时可视化滚动展示,方便用户掌握指挥中心当前的值班情况和会议安排,为提高应急指挥中心科学管理和高效运转提供技术支撑。

竖屏壁挂电视 (55寸)



壁挂一体机电脑 (21寸)



横屏壁挂电视 (75寸)

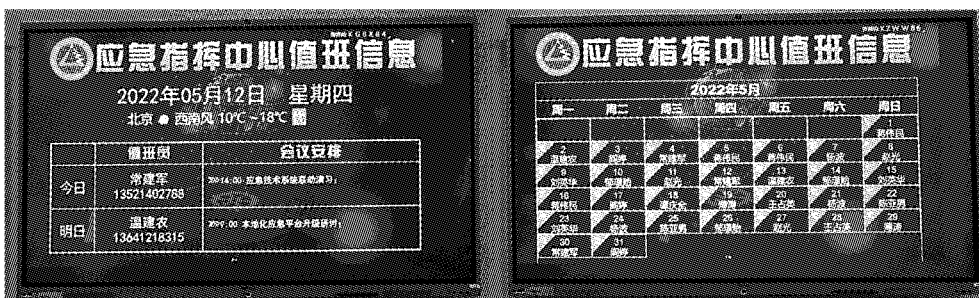


图 4 信息发布在不同显示终端的效果

Fig. 4 Effects of information publication at different display terminals

4 结语

以北京市地震局应急指挥中心为例,设计一套值班信息实时发布系统,自主研发信息发布相关软件,并与现有地震应急技术系统软硬件平台无缝集成。将值班信息和会议安排实时发布到不同类型的显示终端,在震时可迅速切换到应急应用场景,实现服务于日常应急值班工作和震时地震应急服务响应,为提高应急指挥中心的可视化水平和应急服务保障能力提供技术支持。

系统目前主要是与本地化地震应急工作平台交互对接,获取相应的值班信息与会议安排,功能还相对简单,今后还需重点进行两方面的提升和完善:一是进一步开发和完善信息交互接口功能,实现与更多业务系统的信息调用,满足更多的应用场景;二是进一步丰富

完善数据可视化效果,针对不同类型的业务数据,提供更形象直观的可视化表达方法和显示界面,取得更好的应用效果。

参考文献:

- [1] 聂高众,安基文,邓 砚.地震应急灾情服务进展[J].地震地质,2012,34(4):782-791.
- [2] 郑通彦,文鑫涛,李华玥,等.地震应急信息速报视图自动发布系统的设计与实现[J].中国地震,2021,37(1):206-215.
- [3] 中国地震局.中国地震应急指挥技术系统规程[M].北京:地震出版社,2005:1-29.
- [4] 帅向华,姜立新,王栋梁.国家地震应急指挥软件系统研究[J].自然灾害学报,2009,18(3):99-104.
- [5] 帅向华,杨天青,马朝晖,等.国家地震应急指挥技术系统[M].北京:地震出版社,2009:1-15.

Design and Implementation of Real Time Release System for Duty Information of Earthquake Emergency Command Center

ZHAO Guang, YU Jing-yi, LIU Ying-hua, WANG Yu-ting, TAN Qing-quan

(Beijing Earthquake Agency, Beijing, 100080, China)

Abstract: In order to improve the scientific management level and operation efficiency of the earthquake emergency command center, this paper takes the emergency command center of Beijing Earthquake Agency as an example, and designs and implements a set of on duty information publishing system based on the localized earthquake emergency work platform. Develop the information acquisition interface, information push interface, information release management background, and publish the on duty information and meeting arrangement to the existing display terminal of the command center in real time. In case of an earthquake, it can quickly switch to the emergency application scenario, providing technical support for improving the information visualization level, emergency response capacity and meeting scheduling capacity of the emergency command center.

Key words: Earthquake emergency; Duty for emergency; Emergency response; Information publishing system

· 工作论坛 ·

文章编号:1000-6265(2022)04-0050-03

地震监测中心站开展科普宣传工作的思考

乔凯,李贵元,刘华姣

(四川省地震局成都地震监测中心站,四川 成都 611730)

摘要:随着全国地震台站改革的不断深入,地震监测中心站的职能不断完善,科普宣传成为一项重要的工作。要建立健全机制体制,落实科普宣传职能,发挥地震监测中心站监测一线的作用。文章结合成都地震监测中心站已开展的科普宣传工作现状,通过分析存在的问题和不足,就地震监测中心站如何构建日常有效的科普宣传工作机制提出建议。

关键词:科普宣传;地震监测中心站;工作机制

中图分类号:G315

文献标志码:A

0 引言

为准确定位地震参数、积累地球内部研究基础资料,在全国建设多个地震监测台站。一直以来,其主要职责任务包括监测、预报、科研三方面,最主要的是地震监测,为地震趋势判断提供连续、及时、准确、可靠的观测数据。随着社会经济的发展和人民群众安全需求的提升,作为地震系统业务架构最基层的地震台站,其社会价值不断拓展。为大力推进新时代防震减灾事业现代化建设,《中国地震局党组关于推进地震台站改革的指导意见》出台,全国地震台站改革不断深入,原地震监测台站职能将随之改变,通过优化业务布局、调整岗位结构和职责任务,推动业务从地震监测预报向地震灾害防治、应急响应、公共服务等领域拓展,实现业务全面转型升级,逐步构建系统完备、科学规范、运行高效的地震监测中心站,为新时代防震减灾事业现代化建设奠定基础。其中防震减灾科普宣传也成为地震监测中心站较重要的日常职责职能之一。

1 地震监测中心站科普宣传工作现状

目前,地震监测中心站(以下简称中心站)防震减灾科普工作开展有以下几方面:一是利用全国防灾减灾日等重点时间节点^[1],通过发放科普宣传材料,展示科普宣传展板,进社区、进学校、进企业等向公众普及防灾减灾知识和灾害防范应对技能;二是以“两微一端一网”+自媒体平台等为载体,发布或转发相关信息、短视频等防震减灾科普作品;三是以台站为窗口,打造地震仪器陈列室或科普展馆,对外举办“开放日”

活动,群众走进台站实地参观体验;四是与相关媒体合作,进行现场采访、报道,以及编撰文案,通过录播或直播,通过电视、广播或自媒体广泛宣传;五是参与指导学校、社区或机关厂矿开展地震应急疏散演练,举办科普知识讲座等,以提高公众防震避震意识,增强防震避险技能;六是强化震后宣传。四川地区地震多而强,尤其近年来多次大地震的发生带来巨大灾难,应急队伍注重在开展应急现场工作时强化防震减灾科普知识宣传,多数人正逐步了解地震这种自然现象并掌握一些防震避险知识。

2 当下地震监测中心站防震减灾科普宣传工作存在的问题

随着中心站改革的深入推进,在防震减灾科普宣传工作方面取得一些成绩,但在构建体制机制、满足公众地震安全需求方面还有待提高。由于过去地震台站工作职责较单一,多注重专业技术发展,与外界联系不紧密,对科普宣传工作重视不够,出现科普宣传工作的效果不理想^[2]。目前,中心站防震减灾科普宣传工作主要存在以下问题。

2.1 重视程度不够

一是部分台站工作人员对中心站改革认识不到位,只关注地震数据监测,保障仪器运行,不注重科普宣传工作;二是台站防震减灾科普宣传工作缺乏历史沿革。现在的台站科普宣传还处在初始阶段,未形成健全的体制机制。科普宣传工作多是临时性、阶段性、“散零碎”式的,未系统性纳入台站日常工作计划,未能实现常态化实施,缺乏工作部署,缺少主动性、持续性和深入性,只完成上级“规定动作”,有时还因为准备不

收稿日期:2022-08-05

第一作者简介:乔凯(1987—),男,山西襄垣人。助理工程师,主要从事科普宣传、综合行政、地震监测等工作,E-mail:qiaokai7249@fox-mail.com。

足而导致宣传效果欠佳;三是社会关注和重视不足。只有在地震发生,特别是破坏性地震发生,才会得到关注。从较长一个时期来看属于小概率事件,有些社会公众认为防震减灾科普宣传工作不是一项主要工作,只是辅助性手段,这些观念制约了地震系统科普宣传工作的制度建设、专业人才培养和科普作品产出。

2.2 宣传吸引力不足

一是宣传推广不精准,缺乏针对性。宣传资料没有结合实际因地制宜创新,大部分存在借鉴、照搬的“拿来主义”。四川地区设有7个地震监测中心站,有建设在千万级人口的新一线城市成都市的成都中心站,有地处中小城市的自贡、攀枝花中心站,还有在彝族、藏族等少数民族区域的。中心站所处地区及人群有不同的特点,但科普产品往往都是“普适”性的,宣传效果不理想;二是科普宣传内容缺少系统性、标准化和规范性。肖宁在《防震减灾宣传资料标准化建设建议》中曾提到“进一步加强防震减灾科普资料标准化建设,有利于提升宣传产品创作能力”^[3]。由于科普资料未经权威部门认证,宣传内容有时不尽相同,甚至存在相悖的情况,造成有时科普宣传权威性、信任度不高;三是宣传方式和内容滞后。微博、微信、自媒体等现代网络技术不断更新换代,而当下的科普宣传仍以发放宣传册、摆设展板等传统“灌输式”科普传播方式为主,并且宣传内容多年以来更新较慢,难以满足社会公众对“互动感”和“参与感”的需求。

2.3 科普宣传专业人才缺乏

中心站改革以后,职能职责明显增加,地震台站工作人员数量相对不足。科普宣传工作多是由地震监测业务或从事综合管理工作人员兼职完成,且岗位不固定。存在有的科普宣传人员不懂监测业务或技术业务,有的不屑于从事科普宣传工作,造成业务工作和科普宣传不相融合,甚至脱节的现象。

科普宣传工作不是举办几次展示活动、进行几次应急演练就能达到良好效果^[4],是一项长期、持续性的艰巨任务。目前,中心站没有专门负责宣传教育的岗位,专业人员数量少,年龄结构一定程度老化,受教育背景参差不齐,大部分职工对新形势、新理念,新技术的敏感、接受和掌握程度不够等原因,导致现有兼职科普宣传人员的精力与重心难以集中到这项工作上来,出现各中心站甚至整个地震系统的科普宣传工作整体水平多年来进步较为缓慢。

2.4 经费投入有限

用于中心站的经费本来就相对有限,可用于防震减灾科普宣传的资金少之又少。在进行科普宣传活动时,将大部分经费用于印制宣传展板、宣传手册、制作条幅等^[3],科普宣传基础设施设备落后和匮乏,科创条件不足,科普作品不多等,都直接影响中心站防震减灾科普宣传工作的有效开展。

3 地震监测中心站开展防震减灾科普宣传的思考和建议

3.1 构建完备机制,提升科普宣传工作在中心站的地位

通过设置科普宣传专职工作岗位,健全日常科普宣传工作制度,增加科普宣传工作开展和成效在职工绩效考核中的应用和比重,让职工认识到科普宣传对于台站建设和发展以及防震减灾事业进步的重要作用。深刻领会习近平总书记关于防灾减灾救灾重要论述和坚持以人民为中心的发展思想,切实将防震减灾科普宣传放到与地震监测、震情跟踪、运行维护等工作同等重要位置上来,转变“等”“靠”的被动依赖观念,主动作为,积极尝试将科普与地震监测等重点工作相互融合,充分利用中心站“一线”数据获取者和艰苦工作环境的宣传优势,加强与地方基层政府部门的沟通与合作,增强防震减灾科普工作的影响力和穿透力,争取多方位、多角度开展科普宣传,不断提升自身科普能力和水平。

3.2 打造专业人才培养,提升中心站科普业务水平

一是在人才招聘时,有针对性地引进防震减灾科普专业人才,在中心站从事专职科普宣传工作,构建科普宣传中坚力量;二是强化对现有业务技术人员在科普宣传方面的教育培训。在各项业务学习和技能培训基础上,增加科普宣传内容的比重,同时改变传统“竖着耳、坐着听”的机械化培训模式,探索采取如沙盘实操等更具互动性、操作性的新形式,激发参训人员主动将自身业务技术知识与所学科普创作方法深度融合,产出更多科普产品;三是要强化与地方地震工作部门在科普宣传方面的合作,组建基层防震减灾科普小组,丰富中心站科普队伍“羽翼”。

3.3 优化科普宣传内容和形式,提升中心站科普工作成效

中心站开展的科普宣传在内容上应有所侧重。在普适性宣传发震机理、监测原理、地震预警和预报、避震急救等科普知识的同时,还应让受众宏观性感受地震监测基层单位职工如何克服艰苦工作环境,数十年如一日、平凡和严谨地从事地震监测和研究的地震人精神等。利用身处“一手”数据获得者的优势,通过揭示多学科、多手段的监测仪器在地震监测中的应用,监测数据的处理和传输,让公众明白地震工作者的日常工作状态,清楚建设地震监测台站的意义,知晓很多台站就在身边,有效提升公众对地震事业的理解和包容。同时中心站要结合“辖区”地域特点,制作有针对性的科普资料,精准推送科普宣传服务。

中心站开展科普宣传的形式既要考虑自身资金投入有限的实际,又要契合当下社会公众接收信息传播途径需求。要充分利用互联网平台,加强线上产品制作,以短视频、短动画、短文章和短消息等形式开展地

震科普产品制作^[5],将淘汰的地震监测设备改造成普通人人都可操作的“体验式”仪器等,都是不错的选择。

4 结语

随着中心站改革不断深入,地震监测中心站已成为职责健全的“小地震局”,强化、提高防震减灾科普宣传职能和水平,充分利用台站自身优势,推动完善机制体制,在宣传领域为防震减灾工作做出更大贡献,是为新时代防震减灾事业现代化建设奠定基础,构建系统完备地震监测中心站的应有之意。

参考文献:

- [1] 张正霞,谷利国,杨顺达.防震减灾宣传关键时段互动应对策略研究[J].地震科学进展,2022,52(6):279-284.
- [2] 熊玮,赵永宇,范军,等.地震监测台站开展防震减灾科普宣传初探[J].国际地震动态,2017(9):37-39.
- [3] 肖宁.防震减灾宣传资料标准化建设建议[J].新闻研究导刊,2019(22):31-33.
- [4] 郭延杰,包莹,于章棣,等.探析地震台站如何开展防震减灾科普宣传工作[J].决策探索,2019(6):20-21.
- [5] 王萍.基于消费者意愿的地震科普产品分析[J].四川地震,2022(2):39-43.

Thoughts on Popular Science Propaganda Work Carried Out by Earthquake Monitoring Center Station

QIAO Kai, LI Gui-yuan, LIU Hua-jiao

(Chengdu Earthquake Monitoring Center Station, Sichuan Earthquake Administration, Chengdu, Sichuan 611730, China)

Abstract: With the continuous deepening of the reform of seismic stations throughout the country, the functions of the earthquake monitoring center station have been continuously improved, and popular science propaganda has become an important work. It is necessary to establish and improve the mechanism and system, implement the function of popular science propaganda and publicity, and give play to the role of the earthquake monitoring center station as the monitoring front line. Based on the current situation of popular science propaganda work carried out in Chengdu Earthquake Monitoring Center Station, this paper analyzes the existing problems and deficiencies, and puts forward suggestions on how to build a daily effective popular science propaganda working mechanism in the earthquake monitoring center station.

Key words: Popular science propaganda; Earthquake monitoring center station; Working mechanism

浅谈学龄前儿童防灾减灾科普图书策划创作

——以《防灾减灾涂涂乐》创作为例

闫远芳^{1,2}

(1. 山西省地震局, 山西 太原 030021; 2. 太原大陆裂谷动力学国家野外科学观测研究站, 山西 太原 030025)

摘要: 对学龄前儿童开展防灾减灾知识的宣传普及逐渐成为幼儿学前教育的一部分, 优秀的儿童防灾类科普图书是儿童学习防灾知识、增强防灾意识的重要途径。本文以《防灾减灾涂涂乐》为例, 从选题策划、主题细化、框架构建、儿歌创作、插图绘制、互动设计等方面进行解析, 阐述学龄前儿童防灾减灾科普图书策划创作可供借鉴的经验。

关键词: 防灾减灾; 科普图书; 学龄前儿童

中图分类号: G315 **文献标志码:** A

0 引言

在遇到突发性灾害时, 个人防灾减灾的知识和能力不同, 受到伤害和损失的程度可能也会不同。学龄前儿童由于年龄较小, 身心发育尚不成熟, 预防抵御突发灾害及自我保护的能力较弱, 更容易在突发性灾害中遭受较大威胁。因此, 如何从学龄前儿童的认知需求和心理特点出发, 科学有效地开展防灾减灾科学普及是科普工作者应该研究的课题之一。笔者以《防灾减灾涂涂乐》的创作为基础, 探讨学龄前儿童防灾减灾科普图书的策划创作, 为做好这部分特定群体的科普宣传工作提供参考借鉴。

1 选题策划

随着社会的发展进步, 学校、家庭越来越注重儿童早期教育及儿童时期的科学探究兴趣培养和科学知识的积累。从胎教到早教, 再到家庭亲子阅读, 学龄前儿童的认知能力普遍提升, 需求也逐渐加大, 科学有趣的少儿科普类图书颇受儿童及家长的青睐。

研究发现, 短小精干、朗朗上口的儿歌和线条简单、色彩鲜艳的涂鸦是低龄儿童表达情感、进行交流的两种主要方式, 每一个孩子都必不可少地经过读儿歌和涂鸦涂色的阶段。如果能将生涩枯燥的防灾减灾知识转化为这种形式, 让儿童在一种轻松愉悦的体验中潜移默化地受到科普启蒙, 是一种值得尝试的科普途径。《防灾减灾涂涂乐》的选题策划工作就源于此。该图书以3—6岁的学龄前儿童为主要受众群体, 旨在依托儿歌、涂鸦两种儿童喜闻乐见的形式, 将防灾减灾知

识创作转化为朗朗上口的儿歌, 并配以生动形象的简笔画(见第54页图1), 使儿童在吟诵、涂色的过程中受到防灾减灾科普启蒙, 达到“玩中学、学中乐”的目的。

2 图书创作

2.1 主题细化

儿童科普类图书的读者主要是少年儿童, 他们的认知能力还不是十分成熟, 对于专业的科普知识不容易理解, 需要编者将科普知识进行转化。《防灾减灾涂涂乐》的主题设定在社会公众最关心的“防灾减灾”范围内, 考虑学龄前儿童的认知能力, 将“防灾减灾”知识的范围缩小到室内突发地震的紧急避险知识, 并适当拓展到火灾这一次生灾害的应对上。在此基础上, 进一步精简提炼知识点, 确定编创思路。图书内容未涉及震后救人原则、支撑残垣断壁扩大生存空间等内容, 就是基于该年龄段儿童难以做到的考虑。

2.2 结构框架

全书以“总—分”结构和紧急避险时间顺序为线开展创作, 分掌握避震原则、选择避震空间、采用科学姿势、被困求生法则、震后撤离要点、防范次生火灾六个章节内容。第一章为总的部分, 概述避震原则; 第二—五章节为分的部分, 详细阐述避震空间的选择、科学姿势的要领、被困求生的方法、震后撤离的注意事项; 第六章适当延伸拓展次生灾害的防范知识, 是目前居住在高楼中的家庭最可能遇到的一种地震次生灾害。

2.3 儿歌编创

儿歌要适合儿童的阅读口味, 让儿童愿意读、喜欢读, 读起来感觉通俗易懂、朗朗上口。在内容上需要反

收稿日期: 2022-03-28

作者简介: 闫远芳(1985—), 女, 山西吕梁市人。硕士研究生, 高级工程师, 主要从事防震减灾科普宣传工作, E-mail: 372446733@qq.com。

复推敲,让语言更加通俗化、口语化且富有韵律。因此,《防灾减灾涂涂乐》书中的儿歌词未选用专业词汇,全部是通俗易懂的大白话。如,将“远震”“近震”这样的行业术语转化为大众容易理解的“地震远”“地震

近”。注意朗读时的韵律、节奏,七字成一句,八句为一首。严密的组织架构是第一步,准确表达科普知识是其核心要义。为保证内容的科学性,创作人员研究了行业内众多科学权威的资料,并请专家审核把关。



图1 《防灾减灾涂涂乐》儿歌、插图创作
Fig.1 Nursery rhyme and illustration creation of “Disaster Prevention and Avoidance Tu Tu Le”

2.4 插图绘制

为更好地诠释文字所表达和传播的科普知识,每句儿歌配一幅原创手绘简笔画,也是该书的重要表现手法。图画在注重人物形象生动可爱,颜色鲜艳等美学考量的同时,仍要保证其科学性。如,保护头部的动作需贯穿避震、撤离到空旷地的全过程,在表现“抱头弯腰贴墙跑”情景时,绘画考虑儿歌语境“震后撤离走楼梯,不可图快乘电梯”,将人物跑的动作设定在经楼梯撤离过程的场景中,而不是楼道。图文高度配合,形成一个统一的整体,合力传播科学知识。

原创简笔画设计为蜡笔风绘画,主要运用 Procreate、ketches Pro 等软件工具集进行绘图、绘制和编辑。利用 64 位颜色、高清画布分辨率、图层重叠系统以及滤镜风格等不同效果达到预期的绘画效果。人物形象生动可爱、栩栩如生,场景设计科学合理,色彩鲜艳明丽,使整个画面看上去丰富饱满,吸引力强。

2.5 互动设计

为增强小读者对图书的兴趣感和参与感,特意将图书设计为“涂涂乐”系列,即每幅图画呈现彩图版和黑白线描版,共 96 画幅(见图 2)。彩图为参考上色,黑白图供儿童自己动手涂色,让防灾减灾知识“搭乘”涂色书这一载体,深入到学龄前儿童中,将安全教育前移。在科普启蒙的同时,还可促进儿童的大脑发育,开发想象力,培养儿童的耐心,锻炼其手眼协调能力,使儿童享受科普和艺术的双重熏陶。

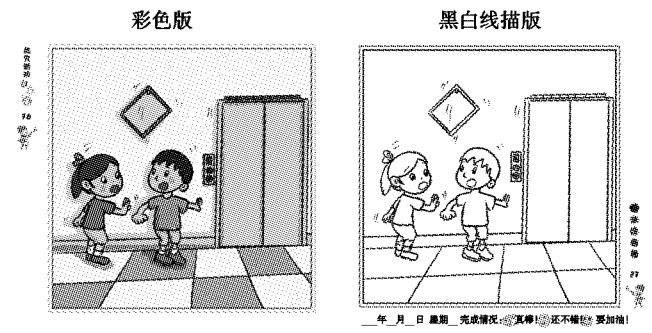


图2 每幅图画的版式设计
Fig.2 Layout of each picture

考虑到儿童涂色互动兴趣的持续性,书中人物形象设计不同于绘本故事中以一个或几个主角人物贯穿全书的方式,尽可能多地设计出不同的人物形象,最终选用 60 多个各不相同的人物形象。其中,多数为低龄儿童形象,也有少数大人形象,总体风格都非常可爱。人物形象的多样性和场景的丰富性,使作品更具吸引力,激发儿童较持久的兴趣,产生对本书的阅读和互动体验“意犹未尽”,对继续下一页的涂色保有新鲜感。

3 《防灾减灾涂涂乐》主要创新点

3.1 原创性

该书图文内容均为原创,主题鲜明,文字通俗易

懂、朗朗上口,画面直观生动,图文配合。通过深入细致的科普转化,把抽象的科学概念具体化、把深奥难懂的科学原理浅显化,将儿童带入相关情景中,激发学习兴趣,促进儿童融入式学习。

3.2 首创性

该图书是山西省地震局首次针对学龄前儿童开发的防灾减灾科普产品,在全国范围内首次将防灾减灾知识植入儿童涂色书系列。该书的策划打破市场上涂色书内容简单罗列(如蔬菜、水果、交通工具涂色书等)的传统格局,赋予涂色书更严密的结构体系和更丰富实用的科学知识,将安全教育前移,促进学龄前儿童的防灾减灾知识启蒙。

4 结语

在网络飞速发展的今天,传统书籍仍有其不可替代性。儿童科普图书的创作,要在遵循科学性、通俗性、趣味性的基础上,紧跟新时代的要求,充分适应儿童的认知需求和心理特点。优秀儿童科普图书的编排、构思、制作是给人以科学严谨、畅想无限、艺术灵动的展现,将“内容为王”和形式创新高度融合,在传统图书的基础上,适时加入新的科技元素。如,图书VR技术、音视频讲解展示等,为传统科普图书注入新的活力,使其更好地为传播科学知识、弘扬科学精神发挥一定的作用。

Talking About the Planning and Creation of Popular Science Books on Disaster Prevention and Avoidance for Preschool Children——Taking the Creation of “Disaster Prevention and Avoidance Tu Tu Le” as an Example

YAN Yuan-fang^{1,2}

(1. Shanxi Earthquake Agency, Taiyuan, Shanxi 030021, China;

2. National Continental Rift Valley Dynamics Observatory of Taiyuan, Taiyuan, Shanxi 030025, China)

Abstract: The publicity and popularization of disaster prevention and avoidance knowledge for preschool children has gradually become a part of preschool education. Excellent disaster prevention popular science books for children are an important way for children to learn disaster prevention knowledge and enhance disaster prevention awareness. This paper takes "Disaster Prevention and Avoidance Tu Tu Le" as an example, and analyzes it from the aspects of topic selection planning, theme refinement, framework construction, nursery rhyme creation, illustration drawing, interactive design, etc., and expounds the experience that can be used for reference in the planning and creation of disaster prevention and avoidance popular science books for preschool children.

Key words: Disaster prevention and avoidance; Popular science books; Preschool children

(上接第16页)

Analysis of the Influence of Air Temperature and Pressure on the Fault Hydrogen Observation of Korla Fault

LIU Hai-yang, XU Yan-gang, JIANG Zhi-ying, RAO Wen

(Aksu Earthquake Monitoring Center Station, Earthquake Administration of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Aksu, Xinjiang 843000, China)

Abstract: Based on the data of Korla ATG-6118h trace hydrogen analyzer and WYY-1 meteorological instrument, the univariate correlation analysis between the fault hydrogen concentration value of Korla fault and the air temperature and pressure is carried out. The results show that the effect of air temperature on fault hydrogen observation is negative and the air pressure is positive. The correlation of air temperature recorded by WYY-1 meteorological instrument is greater than that of its own air temperature. It is generally believed that the air temperature affecting the fault hydrogen concentration value of fault mainly comes from the temperature change in a certain area around the observation point, not the temperature change in the observation room where the instrument is located. Therefore, it is suggested to set up relevant instruments to monitor the ambient temperature and air pressure during the construction of fault hydrogen measuring points in the future.

Key words: Fault hydrogen; Air temperature; Air pressure; Correlation

来 稿 须 知

1 《山西地震》是地震科技季刊,以刊登地震监测、预报、科研、工程地震、地震社会学等方面的成果以及防震减灾知识为主,亦刊登国内外地震科技情报资料等。辟有地震预报、观测分析、工程抗震、异常识别、地震社会学、技术革新、技术交流、综合评述、科研简讯、学术动态、问题讨论、外文译摘、外语阅读之窗、专题汇编、新技术讲座、科普园地、资料等栏目。

2 稿件文字力求言简意赅,引用数据、公式应准确,文稿字数以3 000~5 000字为妥,文稿前请附中、英文题名、作者、单位,邮政编码,200字左右的摘要(中文摘要请用报道性文摘,英文摘要应采用第三人称表达式,谓语动词尽量用一般现在时或过去时)及3个~8个关键词(中英文应一一对应,词与词之间请加分号“;”)。篇首页地脚请附第一作者的作者简介,含姓名、性别、出生年月、籍贯、职称(务)、主要从事工作、电子信箱地址等。获基金资助产出的文章,请注明基金项目名称及项目编号。

3 文稿中的层次标题应简短明了,以不超过15字为宜,题目不用任何标点符号。各层次一律用阿拉伯数字编号,不同层次的数字之间用下圆点“.”相隔,最末数字后不加标点,空一格写标题,每个层次序号一律左顶格书写,如“1 ×××;1.1 ×××;1.1.1 ×××;1.1.1.1 ××××;列项说明第一级用1),2);第二级用(1),(2)”。

4 图中文字清楚并请标注于相应位置上,并标明图序、图名。图序用阿拉伯数字书写,图序与图名间空一格,不加任何标点,图序和图名居中书于图下。曲线图的纵横坐标必须标出量和标准规定的符号、单位,这三者只有在无量纲的情况下方可省略。坐标上标注的量的符号和缩写词必须与正文一致,图中坐标的量和单位符号应分别置于纵横坐标轴的外侧,居中书写,横坐标自左向右,标值线朝上,纵坐标顶左底右,标值线朝右。图序、图名、文字、符号等应与正文一致。图件按比例存成300像素的tif格式图。

5 文稿中请用GB 3100~3102量和单位中规定的量和单位的符号。量的符号用斜体,单位的符号用正体。

6 公式中的外文请书写清楚,注明文别、大小写、正斜体、上下角标等。

7 作者姓名及单位请写在标题之下。

8 译稿请在译文末写明译自何刊、刊期、起止页码。译稿请交寄原文及作者或出版单位的授权函,以便校译。

9 文稿中的数字,公历世纪、年代、年、月、日和时刻,计数与计量(含正负整数、分数、小数、百分比、约数)等,请使用阿拉伯数字;年份请不要简写;4位和4位以上的数字,应采用3位分节法,即节与节之间空1/4个汉字的位置;尾数零多的5位以上的数字和小数点后零多的小数可采用乘以 10^n 或 10^{-n} 的写法。用数字作为词素构成定型的词、词组、惯用语、缩略语等,请用汉字;相邻的两个数字并列连用表示概数,请用汉字(但连用的两个数字之间请不要用顿号);星期几、中国干支纪年和夏历月日和中国清代以前的历史纪年,不是表示科学计量和具有统计意义中的一位数,请使用汉字。

10 参考文献请按国家标准GB/T 7714—2015的规定书写。即图书及其他单行本的著录项目及次序为:[序号] 著者姓名.书名[M].版次(第1版可不标).出版地:出版者,出版年:页次。期刊论文的著录项目及次序是:[序号] 著者姓名.论文篇名[J].刊名,出版年,卷号(期号):页次。

参考文献的序号按文中出现的先后顺序,以阿拉伯数字标注,用方括号括起置于行文之中或指引部分的右上角,引用多篇文献时,只需将文献的序号在方括号内全部列出,各序号间用“,”。如遇连续序号可标注起讫序号。参考文献表按文章引用的先后顺序排列,序号用阿拉伯数字加方括号顶格书写,其后空一格书写著者。每条结尾处加标点“.”。

11 稿件请径寄编辑部,勿寄个人代转。请勿一稿多投,文责自负。

12 稿件请自留底稿,自投稿之日起,4个月内未接到刊用通知者可改寄他刊。

13 本刊印刷本出版的同时亦被中国期刊网、万方数据期刊群网、维普资讯网、超星期刊域出版平台等在网上传播。稿件一经刊出,每千字付稿酬20元(含电子版、网络版稿酬,如不同意在网上传播的稿件,请预先声明),并赠送2本《山西地震》致谢,若需自费增寄,请提前函告。

14 本刊电子信箱,E-mail:sxdzjb@163.com。

谢谢合作!

《山西地震》编辑部

《山西地震》2022 年第 1 期~4 期(总第 189 期~192 期)总目次

| 目 录 | 作 者 | 期 页 |
|--|-----------------------------|---------|
| · 地震活动性 · | | |
| 基于 S 变换的山西地区不同地震事件频谱特征分析 | 张 娜,王 霞 | 1 (1) |
| 山西大同、朔州地区非天然地震特征与识别 | 郑亚迪,宋美卿 | 1 (7) |
| 安徽马鞍山周边地区 Pb 震相识别和康拉德面特征 | 陈江琴 | 2 (39) |
| · 工程抗震 · | | |
| 核电机架系统边界条件对抗震性能的影响 | 张学中,张朋波,闫佳麟,孙国良,汲书强 | 1 (12) |
| 基于遥感影像的区域房屋抗震能力评估——以山西省忻州市为例 | 赵 杰,郑树平,王飞剑 | 1 (17) |
| 房屋的遥感影像识别在地震灾害风险预评估中的应用探讨 | 程紫燕,杨 斌,郑树平,徐 博 | 2 (1) |
| · 观测分析 · | | |
| 四分量钻孔应变干扰特征时频域研究 | 冯凯宇,窦立婷,李 晨,任力伟,成 诚,丁学文 | 1 (21) |
| 河北区域 VP 型宽频带垂直摆倾斜仪同震响应分析——以 2019 年河北唐山 M4.5 地震为例 | 王嘉琦,杨东辉,常玉柱,郭亚亚 | 1 (28) |
| 基于 Molchan 方法的山西地区流体资料预测效能检验 | 吕 芳,向 阳,郭文峰,穆慧敏,李 艳 | 1 (31) |
| 基于归一化月速率法的甘肃四 0 四地震台地电阻率异常分析 | 张彩艳,闫 勋,薛汶汶,张贵文,周 颖 | 1 (36) |
| 临汾地震监测中心站深井地电阻率观测场地地质条件分析 | 靳宝萍,张亮斌,张聪聪,荆红亮,杨 静,李 军 | 1 (40) |
| 中条山山前断层气孔梯度测试分析 | 薛 亮,刘国俊 | 1 (45) |
| 降雨对临汾站短水准观测干扰的分析 | 郭国祥,张红秀,靳宝萍,吝利民 | 2 (5) |
| 甘肃省钻孔应变主方位角、主应变时空变化特征分析 | 闫 勋,周卫东,姜振海,冯丹丹,柴 源,张 磊 | 2 (10) |
| 忻州站代县极低频观测系统主要干扰因素分析 | 李 晨,李惠玲,杨 静,沈魏乾,高龙飞,秦学理 | 2 (16) |
| 陕西地区地电场典型干扰研究 | 王秋宁,李媛媛 | 2 (22) |
| 宝昌台小极距井下地电阻率观测质量与效能评估 | 白少奇,苏日亚,贾昕晔,贾彦杰,高云峰 | 2 (27) |
| 临汾井水温梯度实验及动态变化分析 | 张凯靖,张 梅,张聪聪,穆慧敏 | 2 (33) |
| 太原地震监测中心站晋 7-1 井水温动态变化初步分析 | 张亮斌,陈常俊,宫静芝,范 磊,魏越超,吕永青 | 3 (1) |
| 夏县台 AlphaGUARD 测氦仪与 FD-125 水氦仪对比观测试验 | 姚林鹏,樊春燕,薛 亮,李 氏,李晚锐,刘国俊,穆慧敏 | 3 (6) |
| 崇州台与成都台测震观测技术对比分析 | 何思源,李雪浩,刘华姣,龚 康 | 3 (9) |
| 晋冀蒙交界地区地电阻率变化与震兆特征研究 | 宁亚灵,吕海杰,王鹏伟 | 4 (1) |
| 山西地震台网记录的爆破特征及当量估算 | 靳玉贞,张瑞芳,何 佳,孟彩菊,杨世英 | 4 (6) |
| 太原地震监测中心站地磁数据受高压直流输电干扰的识别处理 | 范 磊,魏越超,郭 宇,宫静芝,史舒婷,刘素珍 | 4 (9) |
| 气温、气压对库尔勒断层氦观测影响分析 | 刘海洋,徐衍刚,蒋志英,饶 文 | 4 (13) |
| 台风“利奇马”对湖州地震台 VP 型倾斜仪观测数据的扰动分析 | 方燕勋 | 4 (17) |
| · 工作论坛 · | | |
| 地震科普宣传融合发展的路径思考 | 崔 磊,李振波,魏艳旭 | 1 (49) |
| 对地震科普作品美术编辑的几点思考 | 王 莹 | 1 (53) |
| 地震监测中心站开展科普宣传工作的思考 | 乔 凯,李贵元,刘华姣 | 4 (50) |
| 浅谈学龄前儿童防灾避险科普图书策划创作——以《防灾避险涂涂乐》创作为例 | 闫远芳 | 4 (53) |
| · 防震减灾 · | | |
| 山西省公众防震减灾认知及科普需求调查研究 | 罗 勇,张瑞芳 | 2 (45) |
| 分层次、分类别创作地震科普课件方法研究——以高中段地震科普示范课件创作为例 | 李 霞,杨 芳 | 2 (50) |

· 技术交流 ·

夏县地电场观测系统典型干扰排除方法 刘国俊,李晓锐,刘焱坤,常 蛟,姚林鹏 3 (14)

井下地电阻率观测技术应用与探讨——以天水台为例 姚赛赛,赵 洁,陈雪梅,安振宁,张晓阳 3 (18)

基于微信平台的震害信息服务系统设计与实现 闫晓美,张正霞,谷利国,罗 勇,王 宁,张 娜 3 (25)

极低频 ADU-07e 主机远程视频监控系统的设计与实现 王向亮,丁 成 3 (29)

河北省地震局单机多屏地震信息展示系统的设计与实现 魏艳旭,李振波,李红梅,崔 磊 3 (34)

忻州地震监测中心站 VP 型垂直摆倾斜仪典型故障及维护方法 沈魏乾,李惠玲,高龙飞,李 晨,秦学理 3 (39)

基于物联网的台站智能供电管理系统在北武当地震观测站的应用研究 安凯杰,程冬焱,李惠玲,穆慧敏 3 (43)

微动探测在煤矿断层勘查中的应用 郑亚迪,殷伟伟,李 峰,丁学文,赵向佳,霍 魁,任力伟 3 (47)

Oracle 数据库迁移方法研究及在河北地球物理台网的应用 王加敏,马广庆,赵 鹏,李永庆 3 (52)

气象三要素仪器安装维护要点及其故障分析 张朋杰,罗 娜,王 静,田 勤,张明哲 4 (21)

临汾地震监测中心站容栅式雨量计故障处理与运维技术 张聪聪,吝利民,张红秀 4 (25)

地震预警台站断记自动告警程序的实现及应用 李 奎,阿布都热依木江·巴克,毛玉剑,刘立霞,饶 文 4 (28)

太原地震监测中心站局域网综合布线优化建设 何 佳,刘 静,李 凤 4 (34)

基于物联网的远程供电管理系统设计 穆慧敏,胡玉良,王鹏伟,程冬焱,李惠玲,李 颖 4 (38)

感应式磁力仪数据格式转换及处理软件研制 王利兵,刘 新,罗 娜,胡秀娟,王秀敏,闫俊岗 4 (42)

地震应急指挥中心值班信息实时发布系统的设计与实现 赵 光,郁璟怡,刘英华,王玉婷,谭庆全 4 (46)

· 征文通知 ·

山西省地震学会关于举办“庆祝《山西地震》创刊 50 周年有奖征文活动”的通知 山西省地震学会 2 (55)

· 来稿须知 · 《山西地震》编辑部 2 (56)

· 来稿须知 · 《山西地震》编辑部 4 (56)

Composite Catalogue of EARTHQUAKE RESEARCH IN SHANXI

(No. 1~4, 2022, Sum No. 189~192)

· Seismicity ·

Analysis of Spectrum Characteristics of Different Earthquake Events in Shanxi Based on S Transform ZHANG Na, WANG Xia 1 (1)

Characteristics and Identification of Non-natural Earthquakes in Datong and Shuozhou, Shanxi ZHENG Ya-di, SONG Mei-qing 1 (7)

Pb Seismic Phase Identification and Conrad interface Characteristics in the Surrounding Area of Maanshan, Anhui Province CHEN Jiang-qin 2 (39)

· Antiseismic Engineering ·

Effect of Boundary Conditions on Seismic Performance of Nuclear Power Rack System ZHANG Xue-zhong, ZHANG Peng-bo, YAN Jia-lin, SUN Guo-liang, JI Shu-qiang 1 (12)

Seismic Resistance Capability Assessment of Regional Houses Based on Remote Sensing Image-Taking Xinzhou City, Shanxi Province as an Example ZHAO Jie, ZHENG Shu-ping, WANG Fei-jian 1 (17)

Application of House Remote Sensing Image Recognition in Earthquake Disaster Risk Pre-assessment CHENG Zi-yan, YANG Bin, ZHENG Shu-ping, XU Bo 2 (1)

· Observation and Analysis ·

Time-frequency Domain Study on Interference Characteristics of Four-component Borehole Strain FENG Kai-yu, DOU Li-ting, LI Chen, REN Li-wei, CHENG Cheng, DING Xue-wen 1 (21)

Co-seismic Response Analysis of VP Broadband Vertical Pendulum Tiltmeter in Hebei Region

| | |
|---|--------|
| ——Taking the 2019 Tangshan M4.5 Earthquake in Hebei Province as an Example | 1 (28) |
| WANG Jia-qi, YANG Dong-hui, CHANG Yu-zhu, GUO Ya-ya | |
| Predictive Efficiency Test of Fluid Data in Shanxi Area Based on Molchan Method | 1 (31) |
| LV Fang, XIANG Yang, GUO Wen-feng, MU Hui-min, LI Yan | |
| Analysis of Earth Resistivity Anomaly at Gansu 404 Seismic Station Based on Normalized Monthly Rate Method | 1 (36) |
| ZHANG Cai-yan, YAN Xun, XUE Wen-wen, ZHANG Gui-wen, ZHOU Ying | |
| Analysis of Geological Conditions of Deep Well Earth Resistivity Observation Site of Linfen Earthquake Monitoring Center Station | 1 (40) |
| JIN Bao-ping, ZHANG Liang-e, ZHANG Cong-cong, JING Hong-liang, YANG Jing, LI Jun | |
| Analysis of Fault Pore Gradient Test in front of Zhongtiaoshan Mountain | 1 (45) |
| XUE Liang, LIU Guo-jun | |
| Analysis of Rainfall Interference on Short Leveling of Linfen Seismic Station | 2 (5) |
| GUO Guo-xiang, ZHANG Hong-xiu, JIN Bao-ping, LIN Li-min | |
| Analysis of Temporal and Spatial Variation Characteristics of Borehole Strain Principal Azimuth and Principal Strain in Gansu Province | 2 (10) |
| YAN Xun, ZHOU Wei-dong, JIANG Zhen-hai, GONG Dan-dan, CHAI Yuan, ZHANG Lei | |
| Analysis on Main Interference Factors of the Extremely Low Frequency Observation System of Daixian at Xin Zhou Seismic Station | 2 (16) |
| LI Chen, LI Hui-ling, YANG Jing, SHEN Wei-qian, GAO Long-fei, QIN Xue-li | |
| Study on Typical Interference of Geoelectric Field in Shaanxi Area | 2 (22) |
| WANG Qiu-ning, LI Yuan-yuan | |
| Quality and Effectiveness Evaluation of the Deep-well Geo-resistivity Observation with Short-electrode Spacing at Baochang Seismic Station | 2 (27) |
| BAI Shao-qi, SU Ri-ya, JIA Xin-ye, JIA Yan-jie, GAO Yun-feng | |
| Water Temperature Gradient Experiment and Dynamic Change Analysis of Linfen Well | 2 (33) |
| ZHANG Kai-jing, ZHANG Mei, ZHANG Cong-cong, MU Hui-min | |
| Preliminary Analysis of Water Temperature Dynamic Change of Jin 7-1 Well in Taiyuan Earthquake Monitoring Center Station | 3 (1) |
| ZHANG Liang-e, CHEN Chang-jun, GONG Jing-zhi, FAN Lei, WEI Yue-chao, LV Yong-qing | |
| Comparative Observation Test of AlphaGUARD Radon Detector and FD-125 Water Radon Detector in Xiaxian Seismic Station | 3 (6) |
| YAO Lin-peng, FAN Chun-yan, XUE Liang, LI Min, LI Xiao-rui, LIU Guo-jun, MU Hui-min | |
| Comparative Analysis of Technical Conditions of Seismological Observation at Chongzhou and Chengdu Seismic Stations | 3 (9) |
| HE Si-yuan, LI Xue-hao, LIU Hua-jiao, GONG Kang | |
| Study on the Variation of Geoelectrical Resistivity and Seismic Precursor Characteristics in the Bordering Region of Shanxi, Hebei and Inner Mongolia | 4 (1) |
| NING Ya-ling, LV Hai-jie, WANG Peng-wei | |
| Blasting Characteristics and Equivalent Estimation Recorded by Shanxi Seismic Network | 4 (6) |
| JIN Yu-zhen, ZHANG Rui-fang, HE Jia, MENG Cai-ju, YANG Shi-ying | |
| Identification and Processing of Geomagnetic Data Disturbed by HVDC Transmission in Taiyuan Earthquake Monitoring Center Station | 4 (9) |
| FAN Lei, WEI Yue-chao, GUO Yu, GONG Jing-zhi, SHI Shu-ting, LIU Su-zhen | |
| Analysis of the Influence of Air Temperature and Pressure on the Fault Hydrogen Observation of Korla Fault | 4 (13) |
| LIU Hai-yang, XU Yan-gang, JIANG Zhi-ying, RAO Wen | |
| Disturbance Analysis of Typhoon " Lekima " to Observed Data of VP Tiltmeter of Huzhou Seismic Station | 4 (17) |
| FANG Yan-xun | |
| • Work Forum • | |
| Thoughts on the Path of Integrated Development of Earthquake Science Popularization and Publicity | 1 (49) |
| CUI Lei, LI Zhen-bo, WEI Yan-xu | |
| Several Thoughts on Art Editor of Earthquake Popular Science Works | 1 (53) |
| WANG Ying | |
| Thoughts on Popular Science Propaganda Work Carried Out by Earthquake Monitoring Center Station | 4 (50) |
| QIAO Kai, LI Gui-yuan, LIU Hua-jiao | |
| Talking About the Planning and Creation of Popular Science Books on Disaster Prevention and Avoidance for Preschool Children | |
| ——Taking the Creation of "Disaster Prevention and Avoidance Tu Tu Le" as an Example | 4 (53) |
| YAN Yuan-fang | |

• Seismic Disaster Prevention and Mitigation •

Investigation and Research on the Public Cognition of Earthquake Prevention and Disaster Reduction and Demand for Science Popularization in Shanxi Province LUO Yong, ZHANG Rui-fang 2 (45)

Research on Method of Creating Earthquake Science Popularization Courseware by Delamination and Classification—— Taking the Creation of Demonstration Courseware for Earthquake Science Popularization in Senior High School as an Example LI Xia, YANG Fang 2 (50)

• Academic Exchange •

Typical Interference Elimination Method of Xiaxian Geoelectric Field Observation System LIU Guo-jun, LI Xiao-ru, LIU Yao-kun, CHANG Jiao, YAO Lin-peng 3 (14)

Application and Discussion of Deep Well Geo-electric Resistivity Observation Technology——Taking Tianshui Geo-electric Station as an Example YAO Sai-sai, ZHAO Jie, CHEN Xue-mei, AN Zhen-ning, ZHANG Xiao-yang 3 (18)

Design and Implementation of Earthquake Information Service System Based on WeChat Platform YAN Xiao-mei, ZHANG Zheng-xia, GU Li-guo, LUO Yong, WANG Ning, ZHANG Na 3 (25)

Design and Implementation of Extremely Low Frequency ADU-07e Host Remote Video Monitoring System WANG Xiang-liang, DING Cheng 3 (29)

Design and Implementation of Stand-alone With Multi-screens Seismic Information Display System of Hebei Earthquake Agency WEI Yan-xu, LI Zhen-bo, LI Hong-mei, CUI Lei 3 (34)

Typical Faults and Maintenance Methods of VP Vertical Pendulum Tiltmeter in Xinzhou Earthquake Monitoring Center Station SHEN Wei-qian, LI Hui-ling, GAO Long-fei, LI Chen, QIN Xue-li 3 (39)

Study on Application of Intelligent Power Supply Management System of Stations Based on Internet of Things in Beiwudang Seismic Observation Station AN Kai-jie, CHENG Dong-yan, LI Hui-ling, MU Hui-min 3 (43)

Application of Microtremor Survey in Coal Mine Fault Exploration ZHENG Ya-di, YIN Wei-wei, LI Feng, DING Xue-wen, ZHAO Xiang-jia, HUO Kui, REN Li-wei 3 (47)

Research on Oracle Database Migration Method and Its Application in Hebei Geophysical Network WANG Jia-min, MA Guang-qing, ZHAO Peng, LI Yong-qing 3 (52)

Key Points of Installation and Maintenance of Meteorological Three-element Instrument and Its Fault Analysis ZHANG Peng-jie, LUO Na, WANG Jing, TIAN Qin, ZHANG Ming-zhe 4 (21)

Fault Treatment and Operation and Maintenance Technology of Capacitive Rain Gauge in Linfen Seismic Station ZHANG Cong-cong, LIN Li-min, ZHANG Hong-xiu 4 (25)

Realization and Application of Automatic Alarm Program at Record Breakup of Earthquake Early Warning Stations LI Kui, Abudureyimujiang • Bake, MAO Yu-jian, LIU Li-xia, RAO Wen 4 (28)

Construction of LAN Generic Cabling Optimization at Taiyuan Reference Seismological Station HE Jia, LIU Jing, LI Feng 4 (34)

Design of Remote Power Supply Management System Based on Internet of Things MU Hui-min, HU Yu-liang, WANG Peng-wei, CHENG Dong-yan, LI Hui-ling, LI Ying 4 (38)

Development of Data Format Transformation and Processing Software for Induction Magnetometer WANG Li-bing, LIU Xin, LUO Na, HU Xiu-juan, WANG Xiu-min, YAN Jun-gang 4 (42)

Design and Implementation of Real Time Release System for Duty Information of Earthquake Emergency Command Center ZHAO Guang, YU Jing-yi, LIU Ying-hua, WANG Yu-ting, TAN Qing-quan 4 (46)

• Call for Papers •

Notice of the Seismological Society of Shanxi Province on holding the “activity of call for papers with prize to celebrate the 50th anniversary of the publication of 《Earthquake Research in Shanxi》” Seismological Society of Shanxi Province 2 (55)

• Requirements for Paper • Editorial Office of “EARTHQUAKE RESEARCH IN SHANXI” 2 (56)

• Requirements for Paper • Editorial Office of “EARTHQUAKE RESEARCH IN SHANXI” 4 (56)

《山西地震》2022 年第 1 期~4 期(总第 189 期~192 期)作者索引

作者索引以作者姓之汉语拼音为序,英文以字母顺序为序。①:表示第 1 作者,(1):表示期,1:表示页次。

- A**
- 阿布都热依木江·巴克②.(4):28;
安凯杰①.(3):43;
安振宁④.(3):18;
B
白少奇①.(2):27;
C
柴源⑤.(2):10;
常姣④.(3):14;
常玉柱③.(1):28;
陈常俊②.(3):1;
陈江琴①.(2):39;
陈雪梅③.(3):18;
成诚⑤.(1):21;
程冬焱②.(3):43;
④.(4):38;
程紫燕①.(2):1;
崔磊①.(1):49;
④.(3):34;
D
丁成②.(3):29;
丁学文④.(3):47;
⑥.(1):21;
窦立婷②.(1):21;
樊春燕②.(3):6;
F
范磊①.(4):9;
④.(3):1;
方燕勋①.(4):17;
冯凯宇①.(1):21;
G
高龙飞③.(3):39;
⑤.(2):16;
高云峰⑤.(2):27;
官静芝③.(3):1;
④.(4):9;
龚康④.(3):9;
巩丹丹④.(2):10;
谷国利③.(3):25;
郭宇③.(4):9;
郭国祥①.(2):5;
郭文峰③.(1):31;
郭亚亚④.(1):28;
H
何佳①.(4):34;
③.(4):6;
何思源①.(3):9;
胡秀娟④.(4):42;
胡玉良②.(4):38;
霍魁⑥.(3):47;
J
汲书强⑤.(1):12;
贾昕晔③.(2):27;
贾彦杰④.(2):27;
姜振海③.(2):10;
蒋志英③.(4):13;
靳宝萍①.(1):40;
③.(2):5;
靳玉贞①.(4):6;
荆红亮④.(1):40;
L
李晨①.(2):16;
③.(1):21;
④.(3):39;
李峰③.(3):47;
李凤③.(4):34;
李军⑥.(1):40;
李奎①.(4):28;
李民④.(3):6;
李霞①.(2):50;
李艳⑤.(1):31;
④.(4):9;
李颖⑥.(4):38;
李贵元②.(4):50;
李红梅③.(3):34;
李惠玲②.(2):16;
②.(3):39;
③.(3):43;
⑤.(4):38;
李晓锐②.(3):14;
⑤.(3):6;
李雪浩②.(3):9;
李永庆④.(3):52;
李媛媛②.(2):22;
李振波②.(1):49;
②.(3):34;
吝利民②.(4):25;
④.(2):5;
刘静②.(4):34;
刘新②.(4):42;
刘国俊①.(3):14;
②.(1):45;
⑥.(3):6;
刘海洋①.(4):13;
刘华姣③.(3):9;
③.(4):50;
刘立霞④.(4):28;
刘素珍⑥.(4):9;
刘垚坤③.(3):14;
刘英华③.(4):46;
罗娜②.(4):21;
③.(4):42;
罗勇①.(2):45;
④.(3):25;
吕芳①.(1):31;
吕海杰②.(4):1;
吕永青⑥.(3):1;
M
马广庆②.(3):52;
毛玉剑③.(4):28;
孟彩菊④.(4):6;
穆慧敏①.(4):38;
④.(1):31;
④.(2):33;
④.(3):43;
⑦.(3):6;
N
宁亚灵①.(4):1;
Q
乔凯①.(4):50;
秦学理⑤.(3):39;
⑥.(2):16;
R
饶文④.(4):13;
⑤.(4):28;
任力伟④.(1):21;
⑦.(3):47;
S
沈魏乾①.(3):39;
④.(2):16;
史舒婷⑤.(4):9;
宋美卿②.(1):7;
苏日亚②.(2):27;
孙国良④.(1):12;
T
谭庆全⑤.(4):46;
田勤④.(4):21;
W
王静③.(4):21;
王宁⑤.(3):25;
王霞②.(1):1;
王莹①.(1):53;
王飞剑③.(1):17;
王加敏①.(3):52;
王嘉琦①.(1):28;
王利兵①.(4):42;
王鹏伟③.(4):1;
③.(4):38;
王秋宁①.(2):22;
王向亮①.(3):29;
王秀敏⑤.(4):42;
王玉婷④.(4):46;
魏艳旭①.(3):34;
③.(1):49;
魏越超②.(4):9;
⑤.(3):1;
X
向阳②.(1):31;
徐博④.(2):1;
徐衍刚②.(4):13;
薛亮①.(1):45;
③.(3):6;
薛汶汶③.(1):36;
Y
闫勋①.(2):10;
②.(1):36;
闫佳麟③.(1):12;
闫俊岗⑥.(4):42;
闫晓美①.(3):25;
闫远芳①.(4):53;
杨斌②.(2):1;
杨芳②.(2):50;
杨静③.(2):16;
⑤.(1):40;
杨东辉②.(1):28;
杨世英⑤.(4):6;
姚林鹏①.(3):6;
⑤.(3):14;
姚赛赛①.(3):18;
殷伟伟②.(3):47;
郁璟贻②.(4):46;
Z
张磊⑥.(2):10;
张梅②.(2):33;
张娜①.(1):1;
⑥.(3):25;
张彩艳①.(1):36;
张聪聪①.(4):25;
③.(1):40;
③.(2):33;
张贵文④.(1):36;
张红秀②.(2):5;
③.(4):25;
张凯靖①.(2):33;
张亮娥①.(3):1;
②.(1):40;
张明哲⑤.(4):21;
张朋波②.(1):12;
张朋杰①.(4):21;
张瑞芳②.(2):45;
②.(4):6;
张晓阳⑤.(3):18;
张学中①.(1):12;
张正霞②.(3):25;
赵光①.(4):46;
①.(1):17;
赵洁②.(3):18;
赵鹏③.(3):52;
赵向佳⑤.(3):47;
郑树平②.(1):17;
③.(2):1;
郑亚迪①.(1):7;
①.(3):47;
周颖⑤.(1):36;
周卫东②.(2):10;

Author Index of EARTHQUAKE RESEARCH IN SHANXI (No. 1~4, 2022, Sum No. 189~192)

- A**
- Abudureyimujiang · Bake②.(4):28;
AN Kai-jie①.(3):43;
AN Zhen-ning④.(3):18;
Abudureyimujiang 14;
B
- Bake②.(4):28;
BAI Shao-qi①.(2):27;
C
- CHAI Yuan⑤.(2):10;
CHANG Jiao④.(3):14;
CHEN Yu-zhu③. 18;
(1):28;
CHEN Chang-jun②. 21;
(3):1;
CHEN Jiang-qin①. (3):43;④.(4):38;
(2):39;
CHEN Xue-mei③.(3):1;
D
- DING Cheng②.(3):29;
DING Xue-wen④.(3):47;⑥.(1):21;
CHENG Cheng⑤.(1): (3):34;
CHENG Dong-yan②. CHENG Zi-yan①.(2): 1;
CHENG Dong-yan②. (3):43;④.(4):38;
DING Cheng②.(3): 29;
DING Xue-wen④.(3): 47;⑥.(1):21;

| | | | | | |
|--|--|---|---|--|--|
| DOU Li-ting ②. (1): 21; | L LI Chen①. (2):16; ③. (1):21; ④. (3):39; | 1; | M MA Guang-qing②. (3): 52; | WANG Qiu-ning ①. (2):22; | Z ZHANG Cai-yan ①. (1):36; |
| F FAN Chun-yan②. (3): 6; | LI Feng③. (3):47; | MAO Yu-jian ③. (4): 28; | WANG Xiang-liang ①. (3):29; | WANG Xia②. (1):1; | ZHANG Cong-cong ①. (4):25; ③. (1):40; |
| FAN Lei①. (4):9; ④. (3):1; | LI Feng③. (4):34; | MENG Cai-ju④. (4):6; | WANG Xiu-min ⑤. (4):42; | WANG Ying ①. (1): 53; | ③. (2):33; |
| FANG Yan-xun①. (4): 17; | LI Gui-yuan②. (4):50; | MU Hui-min ①. (4): 38; ④. (1):31; ④. (2):33; ④. (3):43; | WANG Yu-ting④. (4): 46; | WEI Yan-xu①. (3):34; | ZHANG Gui-wen ④. (1):36; |
| FENG Kai-yu ①. (1): 21; | LI Hong-mei ③. (3): 34; | NING Ya-ling ①. (4): 1; | WEI Yue-chao②. (4): 9; ⑤. (3):1; | ③. (1):49; | ZHANG Hong-xiu ②. (2):5; ③. (4):25; |
| G GAO Long-fei ③. (3): 39; ⑤. (2):16; | LI Jun⑥. (1):40; | N | X XIANG Yang ②. (1): 31; | ZHANG Lei⑥. (2):10; | ZHANG Kai-jing ①. (2):33; |
| GAO Yun-feng⑤. (2): 27; | LI Kui①. (4):28; | NING Ya-ling ①. (4): 1; | XU Bo④. (2):1; | ZHANG Liang-e ①. (3):1; ②. (1):40; | ZHANG Li-min②. (4): 25; |
| GONG Dan-dan④. (2): 10; | LI Min④. (3):6; | Q QIAO Kai①. (4):50; | XU Yan-gang ②. (4): 13; | ZHANG Mei ②. (2): 33; | ZHANG Ming-zhe ⑤. (4):21; |
| GONG Jing-zhi③. (3): 1; ④. (4):9; | LI Xia①. (2):50; | QIN Xue-li⑤. (3):39; | XUE Liang①. (1):45; | ZHANG Na①. (1):1; | ZHANG Peng-bo ②. (1):12; |
| GONG Kang④. (3):9; | LI Xiao-rui②. (3):14; | ⑥. (2):16; | ③. (3):6; | ZHANG Peng-jie ①. (4):21; | ZHANG Rui-fang ②. (2):45; ②. (4):6; |
| GU Li-guo③. (3):25; | ⑤. (3):6; | R RAO Wen ④. (4):13; | XUE Wen-wen③. (1): 36; | ZHANG Xiao-yang ⑤. (3):18; | ZHANG Xue-zhong ①. (1):12; |
| GUO Guo-xiang ①. (2):5; | LI Xue-hao②. (3):9; | REN Li-wei④. (1):21; | Y YAN Jia-lin③. (1):12; | ZHANG Zheng-xia ②. (3):25; | ZHAO Guang ①. (4): 46; |
| GUO Wen-feng③. (1): 31; | LI Yan⑤. (1):31; | ⑦. (3):47; | YAN Jun-gang ⑥. (4): 42; | ZHAO Jie ①. (1):17; | ZHAO Jie ①. (1):17; |
| GUO Ya-ya④. (1):28; | LI Ying⑥. (4):38; | S SHEN Wei-qian①. (3): 39; ④. (2):16; | YAN Xiao-mei ①. (3): 25; | ZHAO Peng③. (3):52; | ZHAO Peng③. (3):52; |
| GUO Yu③. (4):9; | LI Yong-qing ④. (3): 52; | SHI Shu-ting⑤. (4):9; | YAN Xun ①. (2):10; | ZHAO Xiang-jia⑤. (3): 47; | ZHAO Xiang-jia⑤. (3): 47; |
| H HE Jia ①. (4):34; ③. (4):6; | LI Yuan-yuan ②. (2): 22; | SONG Mei-qing②. (1): 7; | ②. (1):36; | ZHENG Shu-ping ②. (1):17; ③. (2):1; | ZHENG Ya-di ①. (1): 7; ①. (3):47; |
| HE Si-yuan①. (3):9; | LI Zhen-bo②. (1):49; | SUN Guo-liang④. (1): 12; | YAN Yuan-fang ①. (4):53; | ZHOU Wei-dong ②. (2):10; | ZHOU Ying⑤. (1):36; |
| HU Xiu-juan ④. (4): 42; | ②. (3):34; | T TAN Qing-quan ⑤. (4):46; | YANG Bin②. (2):1; | | |
| HU Yu-liang ②. (4): 38; | LIN Li-min②. (4):25; | TIAN Qin④. (4):21; | YANG Dong-hui ②. (1):28; | | |
| HUO Kui⑥. (3):47; | ④. (2):5; | W WANG Fei-jian③. (1): 17; | YANG Fang ②. (2): 50; | | |
| J JI Shu-qiang⑤. (1):12; | LIU Guo-jun ①. (3): 14; ②. (1):45; ⑥. (3):6; | WANG Li-bing①. (4): 42; | YANG Jing③. (2):16; | | |
| JIA Xin-ye③. (2):27; | LIU Hai-yang ①. (4): 13; | WANG Jia-min①. (3): 52; | ⑤. (1):40; | | |
| JIA Yan-jie④. (2):27; | LIU Hua-jiao③. (3):9; | WANG Jia-qi ①. (1): 28; | YANG Shi-ying⑤. (4): 6; | | |
| JIANG Zhen-hai③. (2): 10; | ③. (4):50; | WANG Ning ⑤. (3): 25; | YAO Lin-peng①. (3): 6; ⑤. (3):14; | | |
| JIANG Zhi-ying③. (4): 13; | LIU Jing②. (4):34; | WANG Peng-wei ③. (4):1; ③. (4):38; | YAO Sai-sai①. (3):18; | | |
| JIN Bao-ping ①. (1): 40; ③. (2):5; | LIU Li-xia④. (4):28; | | YIN Wei-wei ②. (3): 47; | | |
| JIN Yu-zhen①. (4):6; | LIU Su-zhen⑥. (4):9; | | YU Jing-yi②. (4):46; | | |
| JING Hong-liang④. (1): 40; | LIU Xin②. (4):42; | | | | |
| | LIU Yao-kun ③. (3): 14; | | | | |
| | LIU Ying-hua ③. (4): 46; | | | | |
| | LUO Na②. (4):21; ③. (4):42; | | | | |
| | LOU Yong ①. (2):45; | | | | |
| | ④. (3):25; | | | | |
| | LV Fang①. (1):31; | | | | |
| | LV Hai-jie②. (4):1; | | | | |
| | LV Yong-qing ⑥. (3): | | | | |

《山西地震》2022年第1期~4期(总第189期~192期)主题词索引

主题词索引以汉语拼音为序。(1):表示期,1:表示页数。

- | | | | | | |
|---------------|----------------------|---------------|------------|------------|------------|
| B | 地电阻率(1):36; (4):1 | (4):34;(4):38 | H | P | Y |
| 爆破(1):1;(4):6 | 地下流体(1):31 | 短水准观测(2):5 | 含水层(2):33 | Pb震相(2):39 | 异常特征(1):36 |
| 波形特征(2):39 | D | 断层气(1):45 | J | 频谱(1):7 | 异常(4):1 |
| | 地震(1):1; | G | 降水量(2):5 | T | 映震能力(1):36 |
| 地电场(2):22 | (1):53;(3):25 | 干扰排除(3):14 | K | 塌陷(1):1 | 数据分析(3):18 |
| (3):14 | 地震台站(3):43; | 固体潮汐(2):33 | 康拉德面(2):39 | | |

Key Word Index of EARTHQUAKE RESEARCH IN SHANXI (No. 1~4, 2022, Sum No. 189~192)

- | | | | | |
|---------------------------|--|------------------------------------|--|-------------------------------------|
| A | D | Fault gas(1):45 | P | Solid tide(2):33 |
| Anomalies(1):36; (4):1 | Data analysis(3):18 | G | Pb seismic phase(2):39 | Spectrum(1):7 |
| Aquifer(2):33 | E | Geoelectric field(2):22; (3):14 | Precipitation(2):5 | U |
| B | Earth resistivity(1):36 | Geoelectrical resistivity | S | Underground fluid(1): 31 |
| Blasting(1):1;(4):6 | Earthquake Reflecting Ability(1):36 | (4):1 | Seismic stations(3):43; (4):34;(4):38 | W |
| C | Earthquake(1):1;(1): 53;(3):25 | I | Short leveling observa- tion(2):5 | Waveform characteris- tics(2):39 |
| Collapse(1):1 | F | Interference preclusion (3):14 | | |
| Conrad interface(2):39 | | | | |

《山西地震》2022年第1期~4期(总第189期~192期)自由词索引

自由词索引以汉语拼音为序。(1):表示期,1:表示页数。

- | | | | | | |
|-------------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|-------------------|
| A | 地质条件(1):40 | 格式转换(4):42 | 宽频带垂直摆倾斜 仪(1):28 | 三维地质模型(1): 40 | 小波分析(4):17 |
| AlphaGUARD 测 氦仪(3):6 | 典型干扰(2):16; (2):22 | 工作机制(4):50 | L | 山西北部(1):7 | 小极距(2):27 |
| 安装维修(4):21 | 典型故障(3):39 | 工作评价(2):45 | 雷电预警设备(4): 38 | 山西地区(1):31 | 校准标定(3):18 |
| B | 断层氢(4):13 | 功率谱密度(1):28 | 冷备份(3):52 | 深井地电阻率(1): 40 | 效能评估(2):27 |
| 版式设计(1):53 | 多媒体(3):34 | 供电管理(4):38 | 临汾井(2):33 | 时间修正(4):42 | 新媒体宣传(1):49 |
| 背景噪声(3):1; (3):9 | E | 供电系统(3):43 | M | 时频分析(1):21 | 信息发布系统(4): 46 |
| 变化特征(2):16 | 二进制数据(4):42 | 故障处理(4):25 | 美术编辑(1):53 | 视频监控(3):29 | 信息服务(3):25 |
| 波形特征(4):6 | Exp/Imp(3):52 | 观测仪器(3):14 | Molchan 检验(1): 31 | 树莓派(3):29 | 学龄前儿童(4):53 |
| C | FD-125 水氦仪 (3):6 | 归一化月速率法 (1):36 | N | 数据泵(3):52 | Y |
| 测站高差分析(2): 5 | 防灾避险(4):53 | H | 能力评估(1):17 | 数据迁移(3):52 | 遥感影像(1):17 |
| 测震观测(3):9 | 防震减灾科普(2): 45 | 海洋驻波(4):17 | Oracle 数据库(3): 52 | 水温梯度(2):33 | 仪器标定(3):6 |
| 差分矫正(2):10 | 防震减灾认知(2): 45 | 核电(1):12 | P | 四分量钻孔应变 (1):21 | 异常特征(1):31 |
| 成都地震台(3):9 | 房屋抗震(1):17 | 湖州地震台(4):17 | 频谱特征(1):1 | T | 应急响应(4):46 |
| 崇州地震台(3):9 | 房屋遥感影像(2): 1 | J | 气温(4):13 | 台风(4):17 | 应急值班(4):46 |
| 传感器(4):21 | 非天然地震(1):7 | 机架系统(1):12 | 气象三要素仪(4): 21 | 台阶变化(3):14 | 预警告警(4):28 |
| D | 分层次(2):50 | 极低频电磁(2):16 | 气压(4):13 | 太阳能(3):43 | 预警响应(4):28 |
| 大屏幕(3):34 | 分类别(2):50 | 继电器(3):29 | 气象要素仪(4): 21 | 梯度测试(1):45 | 远程控制(4):38 |
| 单机多屏(3):34 | G | 减隔震装置(1):12 | 气压(4):13 | 同震响应(1):28 | 运维技术(4):25 |
| 当量估算(4):6 | 感应式磁力仪(4): 42 | 晋冀蒙交界地区 (4):1 | Q | V | Z |
| 地震风险预评估 (2):1 | 干扰幅度(4):9 | 井孔深度(1):45 | 融合发展(1):49 | VP型垂直摆倾斜仪 (3):39 | 震例总结(3):18 |
| 地震监测中心站 (4):50 | 干扰特征(1):21 | 井水温(3):1 | R | W | 震相特征(1):7 |
| 地震科普(1):49 | 干扰抑制(2):27 | 井下地电阻率(2): 27;(3):18 | 日变化(2):22; (3):1 | 微信平台(3):25 | 震兆特征 (4):1 |
| 地震科普课件(2): 50 | 高压直流输电(4): 9 | 局域网(4):34 | 容栅雨量计(4):25 | 维护技术(3):39 | 智能电源(3):43 |
| 地震信息(3):34 | 高中(2):50 | K | 溶解水氦(3):6 | 问卷调查(2):45 | 主方位角(2):10 |
| 地震应急(4):46 | | 抗震能力(2):1 | S | X | 综合布线优化(4): 34 |
| 地震预警(4):28 | | 抗震性能(1):12 | S变换(1):1 | 线性关系(4):9 | 钻孔应变(2):10 |
| | | 科普图书(4):53 | | 相关性(4):13 | 最大最小主应变 (2):10 |
| | | 科普宣传(4):50 | | | |
| | | 科普作品(1):53 | | | |

Free Word Index of EARTHQUAKE RESEARCH IN SHANXI (No. 1~4, 2022, Sum No. 189~192)

- A**
 Abnormal characteristics(1);31
 Air pressure(4);13
 Air temperature(4);13
 AlphaGUARD radon detector(3);6
 Ambient noise(3);1
 Ambient noise(3);9
 Art Editor(1);53
- B**
 Binary data(4);42
 Borehole depth(1);45
 Borehole strain(2);10
 Broadband vertical pendulum tiltmeter(1);28
- C**
 Calibration(3);18
 Capability Assessment(1);17
 Capacitive rain gauge(4);25
 Chengdu Seismic Station(3);9
 Chongzhou Seismic Station(3);9
 Classification(2);50
 Cognition of earthquake prevention and disaster reduction(2);45
 Cold backup(3);52
 Correlation(4);13
 Co-seismic response(1);28
- D**
 Daily variation(3);1
 Data migration(3);52
 Data pump(3);52
 Deep well earth resistivity(1);40
 Deep well geo-electric resistivity(3);18
 Deep-well geo-resistivity(2);27
 Delamination(2);50
 Differential correction(2);10
 Disaster prevention and avoidance(4);53
 Dissolved water radon(3);6
 Disturbance characteristics(1);21
- E**
 Diurnal variation(2);22
 Duty for emergency(4);46
- F**
 Early warning alarm(4);28
 Early warning response(4);28
 Earthquake early warning(4);28
 Earthquake emergency(4);46
 Earthquake monitoring center station(4);50
 Earthquake risk pre-assessment(2);1
 Earthquake science popularization courseware(2);50
 Earthquake science popularization(1);49
 Effectiveness evaluation(2);27
 Emergency response(4);46
 Equivalent estimation(4);6
 Exp/Imp(3);52
 Extremely Low Frequency Electromagnetic(2);16
- G**
 Generic cabling optimization(4);34
 Geological conditions(1);40
 Gradient test(1);45
- H**
 Height difference analysis of survey station(2);5
 House remote sensing image(2);1
- I**
 Huzhou Seismic Station(4);17
 HVDC (high voltage direct current) transmission(4);9
 Linear relationship(4);9
 Induction magnetometer(4);42
 Information publishing system(4);46
 Information service(3);25
 Installation and maintenance(4);21
 Instrument calibration(3);6
 Integrated development(1);49
 Intelligent power supply(3);43
 Interference amplitude(4);9
 Interference suppression(2);27
- J**
 Large screen(3);34
 Layout Design(1);53
 Lightning warning equipment(4);38
 Linfen Well(2);33
 Local area networks (LAN)(4);34
- K**
 Maintenance technology(3);39
 Maximum and minimum principal strain(2);10
 Meteorological three-element instrument(4);21
 Molchan test(1);31
 Multimedia(3);34
- L**
 New media publicity(1);49
 Non-natural earthquake(1);7
 Normalized monthly rate method(1);36
 Northern Shanxi(1);7
 Nuclear power(1);12
- M**
 Observation instruments(3);14
 Ocean standing wave(4);17
 Operation and maintenance technology(4);25
 Oracle database(3);52
- N**
 Popular science books(4);53
 Popular science of earthquake prevention and disaster reduction(2);45
 Popular science propaganda(4);50
 Popular Science Works(1);53
 Power spectral density(1);28
 Power supply management(4);38
 Power supply system(3);43
 Preschool children(4);53
 Principal azimuth(2);10
- O**
 Questionnaire survey(2);45
- P**
 Rack system(1);12
 Raspberry pi(3);29
 Relay(3);29
 Remote control(4);38
 Remote sensing image(1);17
- Q**
 S transform(1);1
 Seismic capacity(2);1
 Seismic information(3);34
 Seismic performance(1);12
 Seismic phase characteristics(1);7
 Seismic precursor characteristics(4);1
 Seismic resistance of houses(1);17
 Seismological observation(3);9
- R**
 Senior high school(2);50
 Sensor(4);21
 Shanxi area(1);31
 Short-electrode spacing(2);27
 Solar energy(3);43
 Spectrum characteristics(1);1
 Stand-alone with multi-screens(3);34
 Step change(3);14
 Summary of earthquake cases(3);18
- S**
 The bordering region of Shanxi, Hebei and Inner Mongolia(4);1
 Three dimensional (3D) geological model(1);40
 Time correction(4);42
 Time-frequency analysis(1);21
 Typhoon(4);17
 Typical fault(3);39
 Typical interference(2);16
 Typical interference(2);22
- T**
 Variation characteristics(2);16
 Vibration reduction and isolation device(1);12
 Video monitoring(3);29
 VP vertical pendulum tiltmeter(3);39
- V**
 Water temperature gradient(2);33
 Waveform characteristics(4);6
 Wavelet analysis(4);17
 WeChat platform(3);25
 Well water temperature(3);1
 Work evaluation(2);45
 Working mechanism(4);50