



江西地震台站常见故障分析及解决方案探究

李清武, 项月文, 肖孟仁, 董俊, 陈浩

Analysis of common malfunctions and solutions for Jiangxi seismic stations

Li Qingwu, Xiang Yuewen, Xiao Mengren, Dong Jun, and Chen Hao

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.19987/j.dzqxjz.2024-061>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

地震台站计算机常见故障分析与处置

Analysis and treatment of common faults in seismic station computers

地震科学进展. 2022, 52(9): 436-441

长汀地震台VP宽频带倾斜仪常见故障分析与处理

Analysis and treatment on common faults for VP broadband tiltmeter at Changting seismic station

地震科学进展. 2023, 53(10): 462-468

无人值守地震台站运维管理的思考与对策

Thoughts and countermeasures on operation and maintenance management of unattended seismic stations

地震科学进展. 2022, 52(9): 442-446

地震仪器运维中处置网络故障一案例分析

A case analysis of network faults in the operation and maintenance of seismic instruments

地震科学进展. 2023, 53(6): 285-288

海南地球物理站网运维辅助平台系统的设计与实现

Design and implementation of Hainan geophysical station network operation and maintenance auxiliary platform system

地震科学进展. 2023, 53(11): 505-512

新疆地球物理站网运维管理的思考与对策

Reflections and countermeasures on the operation and maintenance management of geophysical station networks in Xinjiang

地震科学进展. 2023, 53(9): 429-436



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

李清武, 项月文, 肖孟仁, 等. 江西地震台站常见故障分析及解决方案探究 [J]. 地震科学进展, 2025, 55(3): 148-154. doi:10.19987/j.dzqxjz.2024-061

Li Q W, Xiang Y W, Xiao M R, et al. Analysis of common malfunctions and solutions for Jiangxi seismic stations[J]. Progress in Earthquake Sciences, 2025, 55(3): 148-154. doi:10.19987/j.dzqxjz.2024-061

学术论文

江西地震台站常见故障分析及解决方案探究

李清武^{1,2)*} 项月文^{1,2)} 肖孟仁²⁾ 董 俊^{1,2)} 陈 浩^{1,2)}

1) 江西九江扬子块体东部地球动力学野外科学观测研究站, 江西九江 332006

2) 江西省地震局, 江西南昌 330026

摘要 通过对江西台网传统测震台站和预警台站近几年运行故障统计分析认为, 引起台站数据断记原因主要为供电和网络出现故障两大因素。采用价廉物美、自动告警、稳定可靠的停来电智能云报警器设备, 可快速诊断台站供电故障; 采用经济实用、自动切换、安全可靠工业级(有线/无线)自由切换路由器设备, 可有效解决台站通信网络中断, 实现数据传输(有线/无线)自动切换, 对运维人员诊断台站供电故障或恢复网络传输, 缩短数据中断时间, 提高运维工作效率与台网运行率有积极意义。

关键词 地震台站; 辅助设备; 故障判断; 运维效率

中图分类号: P315.62 文献标识码: A 文章编号: 2096-7780(2025)03-0148-07

doi: 10.19987/j.dzqxjz.2024-061

Analysis of common malfunctions and solutions for Jiangxi seismic stations

Li Qingwu^{1,2)}, Xiang Yuewen^{1,2)}, Xiao Mengren²⁾, Dong Jun^{1,2)}, Chen Hao^{1,2)}

1) Observatory for Geodynamic of the East Yangtze Block in Jiujiang, Jiangxi Province,
Jiangxi Jiujiang 332006, China

2) Jiangxi Earthquake Agency, Jiangxi Nanchang 330026, China

Abstract This article presents a statistical analysis of operational failures in traditional and early warning stations within the Jiangxi seismic network in recent years. The primary causes of data interruptions at these stations are identified as power supply and network failures. By employing a cost-effective, high-quality automatic alarm system with stable and reliable cloud-based diagnostics, power supply faults at stations can be quickly identified. Additionally, the use of economical, practical, and safe industrial-grade wired/wireless switching routers effectively addresses issues of network communication interruptions, allowing for rapid automatic switching between wired and wireless data transmission. These solutions significantly enhance the ability of operation and maintenance personnel to diagnose power supply issues and restore network communication, thereby reducing data interruption times and improving both operational efficiency and network reliability.

收稿日期: 2024-04-10; 采用日期: 2024-10-17。

基金项目: 江西省地震局“一站一中心”开放基金(OGYB202102)资助。

* 通信作者: 李清武(1989-), 男, 工程师, 主要从事地震监测预警等研究。E-mail: 1048092344@qq.com。



Keywords seismic station; auxiliary equipment; fault diagnosis; operation and maintenance efficiency

0 引言

地震监测是防震减灾工作的重要基础,地震台站又是监测预警、预测预报的前沿阵地^[1-4]。随着国家地震烈度速报与预警工程江西子项目建设完成,江西台网已建成台间距约 35 km,规模达 135 个地震监测站点(4 个基准一类站、21 个基准二类站、58 个基本一类站、52 个基本二类站)的数字化地震监测站网,全省地震监测速报、地震预警能力得到了很大的提高。项目完成投入运行,有效推动了江西地域由分钟级地震速报向秒级地震预警的跨越式转变,形成具有远场大震预警能力和基于市县级城市一定区域地震烈度速报能力,为政府应急决策、公众逃生避险、重大工程紧急处置、地球科学研究提供及时丰富的地震安全服务和数据^[5-7]。我们知道,台网可靠有效的运行维护是台网系统稳定运行的根本保障,台站系统运行维护更是获取稳定连续观测数据重中之重的技术环节。

本文以国家地震烈度速报与预警工程江西子项目建设前后,江西地震台网台站运行常见故障为研究重点,针对常见主要故障现象给出可行解决方法,为其他省局台网的台站运维提供一些有益参考与借鉴。

1 台网概况

1.1 传统测震台

国家地震烈度速报与预警工程江西子项目建设前,江西地震台网由 4 个国家台、21 个区域台、3 个地方台、5 个强震动台与 1 个省级台网中心组成,共计 33 个地震台站。同时,共享邻省(安徽、湖南、福建、广东等)30 个测震台站波形数据,江西测震台网台站分布情况如图 1 所示。因其中的 3 个地方台与 5 个强震动台不参加全国测震观测资料评比,故不在图 1 中显示。本文主要针对 4 个国家台与 21 个区域台的运行情况为研究对象展开统计分析。

1.2 新建预警台

国家地震烈度速报与预警工程江西子项目建设完成后,江西台网台站规模达 135 个。其中,新建 105 个台站(53 个基本一类站、52 个基本二类站);改造 30 个台站(4 个国家台改造成基准一类站,21 个区域台改造成基准二类站,5 个强震台改造成基本一类站)。台站台间距约 35 km。图 2 为江西地震台网预警台站分布图。

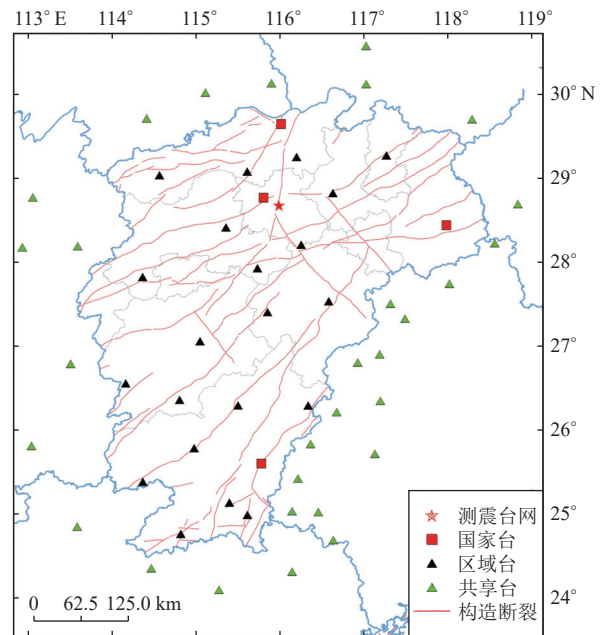


图 1 江西测震台网传统测震台站分布图

Fig. 1 Distribution map of traditional seismic stations in Jiangxi seismic network

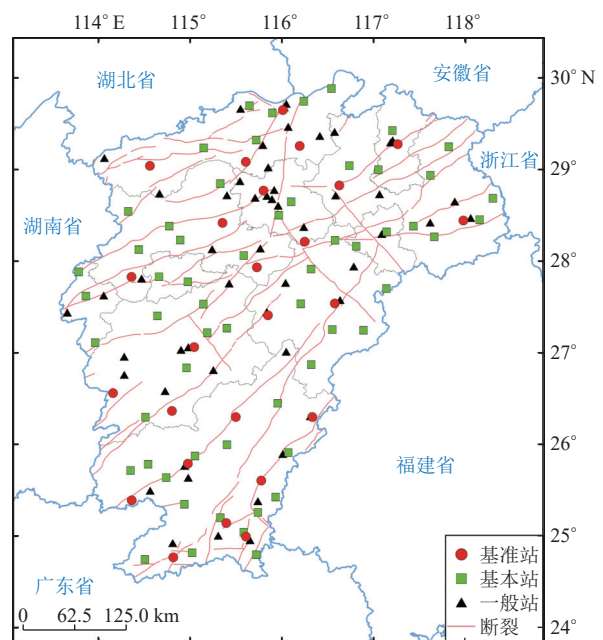


图 2 江西测震台网新建预警台站分布图

Fig. 2 Distribution map of newly built early warning stations in Jiangxi seismic network

国家地震烈度速报与预警工程江西子项目完成投入运行后,江西台网实现由过去承担地震监测速报单一功能,逐步拓展为地震监测、地震预警、烈度速报三大功能;从单纯提供地震速报(地震三要素)服务到既提供地震速报又可提供地震预警和烈度速

报服务业务拓展^[8]。

1.3 台站技术系统

国家地震烈度速报与预警工程江西子项目建设的基准站、基本站观测系统构成与传统测震台站观测系统有相似之处,主要由地震专用设备、通信网络设备、供电设备和辅助设备组成。地震专用设备包括:地震计、加速度计、数据采集器;通信网络设备包括:路由器、交换机、光端机;供电设备包括:智能电源、蓄电池,还有避雷器、电源插座等辅助设备。数据传输采用 MSTP 专线实时传送到省局地震

预警中心;同时,通过 JOPENS 数据交换管理中间件实现与中国地震台网中心及邻省台网数据共享^[2]。

图 3 为地震预警基准站技术系统设备构成。图 4 为地震预警基本站技术系统设备构成。而一般站主要依托中国铁塔江西分公司辖区基站建设,一般站技术系统主要为烈度仪,设备安装在铁塔基站。一般站技术系统与传统测震台站和预警基准站、基本站技术系统构成差异较大^[9]。中国铁塔江西分公司承担一般站运维,本文统计分析台站运行故障不涉及一般站。



图 3 江西台网地震预警基准台站技术系统设备构成图

Fig. 3 Composition diagram of technical system equipment for early warning benchmark stations in Jiangxi network

2 台站故障统计分析

2.1 测震台站故障统计分析

依据江西台网运行记录日志,统计了 2019—2023 年连续 5 年参加全国测震观测资料评比的 25 个台站记录数据,出现台站数据中断故障共 1054 次。经分析初判,台站数据中断故障主要原因大致分为 5 类:①地震计、数据采集器等专用设备故障;②通信设备、通信链路等通信网络故障;③外线路停电、供电设备等台站供电故障;④人为干扰故障;⑤自然灾害

(雷击、大暴雨)故障。

5 年运行故障统计情况:专用设备故障 65 次(地震计故障 6 次、数据采集器故障 59 次);通信网络中断故障 490 次(通信链路中断 430 次、通信设备故障 60 次);台站供电故障 437 次(外线路停电 353 次、供电设备故障 84 次);人为干扰影响 49 次;自然灾害影响(雷电、洪涝暴雨)13 次,具体见表 1。

根据表 1 统计数据绘制台站故障频次占比饼图(图 5)。由图 5 可知,台站数据中断故障出现频次由



图 4 江西台网地震预警基本台站技术系统设备构成图

Fig. 4 Composition diagram of technical system equipment for early warning basic stations in Jiangxi network

表 1 2019—2023 年江西测震台站故障原因统计

Table 1 Statistics of fault causes of seismic stations in Jiangxi Province from 2019 to 2023

故障类型	故障原因	故障次数	合计	总合计
专业设备	地震计	6	65	1054
	数据采集器	59		
通信网络	通信链路	430	490	
	通信设备	60		
台站供电	外线路停电	353	437	
	供电设备	84		
人为干扰		49		
自然灾害		13		

多到少依次为通信网络中断(通信链路、通信设备)、台站供电(外线路停电、供电设备)、专业设备(地震计、数据采集器)、人为干扰、自然灾害 5 大类因素。其中,通信网络中断故障占 46.5%,台站供电故障占 41.5%,两类故障占比高达 88.0%。台站数据中断主要因素是台站供电与通信网络出现故障所致,而专业设备故障仅占 6.2%,这一点值得我们高度关注。

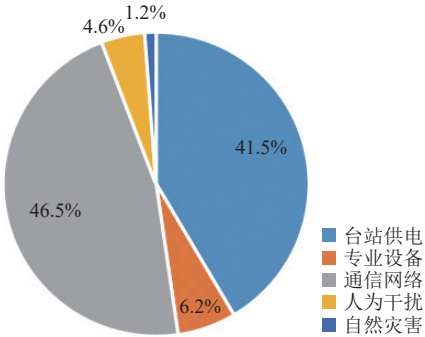


图 5 2019—2023 年江西测震台站故障次数占比统计

Fig. 5 Statistics of failure frequency of Jiangxi seismic stations from 2019 to 2023

还统计了江西台网 2019—2023 年连续 5 年 25 个台站 1054 次运行中断故障原因造成的断记时长,5 年时间累计台站数据断记时长达 30953 min。各类故障因素造成断记时长占比分析如图 6 所示,其中,台站供电故障造成数据断记时长占比 41.9%;专业设备故障造成数据断记时长占比 6.0%;通信网络故障造成数据断记时长占比 46.0%;人为干扰引起数据断记时长占比 5.1%;自然灾害引起数据断记时长占比 0.9%。数据断记时长显示台站供电、通信网络故障仍

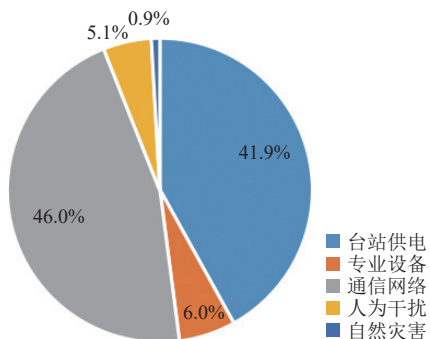


图6 2019—2023年江西测震台站故障时长占比统计

Fig. 6 Statistics of fault duration of Jiangxi seismic stations from 2019 to 2023

是台站数据断记的主要因素。两者造成数据中断记录时长累计高达87.9%。

2.2 预警台站故障统计分析

国家地震烈度速报与预警工程江西子项目建成后,江西台网地震预警系统于2023年6月投入试运行,2023年12月通过中国地震局组织的验收,并进入正式运行。本文统计了2023年7月—2024年6月江西台网地震预警基准站和基本站共83个台站运行记录数据,出现数据中断故障共计106次。其中:通信网络中断51次,台站供电故障39次,专业设备故障10次,人为干扰影响4次,自然灾害影响(雷电、洪涝暴雨)2次。绘制的台站故障频次占比饼状分析如图7所示。由图7可知,台站数据中断故障出现频次由多到少依次为通信网络故障占比48.1%,台站供电故障占比36.8%,专业设备故障占比9.4%,人为因素引起故障占比3.8%,自然灾害因素引起故障占比1.9%。

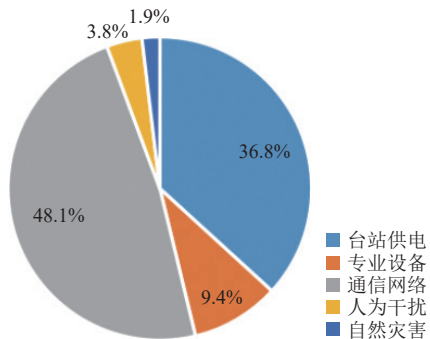


图7 2023-07—2024-06江西预警台站故障次数占比统计

Fig. 7 Statistics of failure frequency at early warning stations in Jiangxi Province from July 2023 to June 2024

还统计了江西台网2023年7月—2024年6月基准站和基本站共83个台站运行出现故障造成数据断记时长,1年时间台站故障造成数据断记时长累计

达7165 min。其中,因台站供电故障造成数据断记时长占比39.8%;专业设备故障造成数据断记时长占比8.1%;通信网络故障造成数据断记时长占比45.2%;人为干扰引起数据断记时长占比4.3%;自然灾害引起数据断记时长占比2.6%(图8)。由图8可知,台站供电、通信网络故障仍是造成数据中断记录的主要因素。

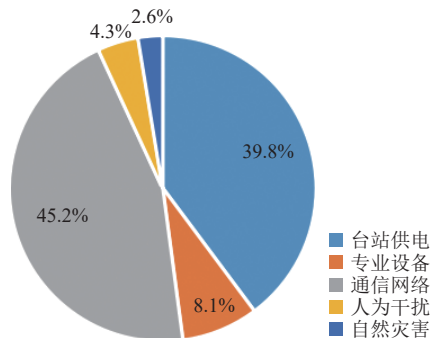


图8 2023-07—2024-06江西预警台站故障时长占比统计

Fig. 8 Statistics of fault duration of early warning stations in Jiangxi Province from July 2023 to June 2024

综合上述分析可知,台站故障频次和台站数据断记时长呈一定关联性。故障因素频次越高,故障造成台站数据中断记录时长也愈长。降低台站故障频次,可以有效缩短台站数据断记时长,提高台网运行率和台站数据完整率。因此,如何处置台站故障造成数据断记的两类主要因素是解决问题的关键所在。

3 故障排除方案

3.1 供电故障诊断方法

江西台网由省局“十三五”项目——台网(站)标准化升级改造项目,为全省地震台站供电系统配备了新智能电源、大容量100 AH蓄电池。当市电外线路故障出现停电时,智能电源自动切换蓄电池给仪器供电,蓄电池续航48 h以上,为台站市电外线抢修赢得时间。市电恢复后,智能电源自动切换市电供电,同时给蓄电池充电,大大缩短了因市电外线停电故障造成的断记。智能电源具备的监控功能为台站供电状态监控提供了便捷。智能电源管理平台可以远程监控台站交流供电、仪器供电工作状态,运维人员使用App可实时掌握台站供电状态,仪器供电电压、电流变化,为台站供电故障运维提供工作便利。

一旦出现数据中断时,引起断记原因可能有台站供电、通信网络、地震仪器等多种因素,需要逐一排查。若智能电源正常,运维人员可以通过管理平台

监控告警获取较为准确的故障原因。在实际运维中,智能电源本身也可能会出现一些故障,如死机、宕机,这时智能电源管理平台就很难准确判断台站数据中断原因是网络故障还是智能电源引起的供电故障。显然,希望有一台既能充当独立智能电源,又能为通信网络提供辅助功能的设备,准确诊断台站供电故障所在。一款技术成熟的停来电智能云报警器为台站供电故障诊断提供了这种辅助功能。

停来电报警器支持 220 V 交流或 12 V 直流电压,工作环境温度 $-10\sim 50^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $<80\%\text{RH}$,内置锂电池,功耗小(实际小于 1 W),待机时长 12 h 左右,内置有无线物联网卡,支持电话、短信、微信告警方式。当智能电源设备出现死机时,智能电源显示的供电状态信息不准确,假死机状态也无法显示任何告警信息。停来电报警器接上台站交流电监控台站市电状态,当停来电报警器监控显示台站交流供电没有中断,而台站数据和路由网关同时中断,可初步判断智能电源故障引起台站仪器供电故障造成数据中断;如果监控显示市电外线故障中断,台站数据没有中断,说明智能电源设备正常,蓄电池直流供电正常;如果监控显示市电外线中断,台站数据同时出现中断,说明智能电源设备不正常,蓄电池不能切换供电。停来电智能云报警器辅助监控台站供电,将台站关键供电节点监控起来,实时监控台站交流供电状态以及台站智能电源设备与蓄电池供电工作状态,及时提供语音电话、短信、微信等告警信息服务,为台网值班、运维人员快速诊断台站供电故障起着有效的辅助作用,一定程度减轻了值班人员和台站运维人员的工作压力。

3.2 通信网络故障解决方法

瑞斯康达工业级有线/无线路由器,功耗小(正常约为 4 W),传输速率不低于 19.2 kbps,具有网络(无线/有线)自由切换功能,内配置无线物联网卡,费用取决传输数据流量大小,一个台站全年无线网络费用仅 600 元,比有线传输费用低不少。

在运营商有线光缆施工意外挖断或受损影响台站数据传输时,该设备自动切换转成无线网络状态,有线故障修复后自动切换到有线网络状态,切换过程对台站数据传输几乎无影响,保障了台站数据连

续传输。

从 2022 年 1 月开始,江西台网 25 个测震台与新建预警台陆续部署了上述两款辅助设备。台网值班人员、运维人员能够快速发现站点出现故障原因,判断故障点,及时处置排除故障,提高了台站运维效率与台网运行率。2019—2023 年江西台网连续 5 年运行率柱状图(图 9)表明:江西台网运行率在逐年提升,台网数据完整率得到不断改善。

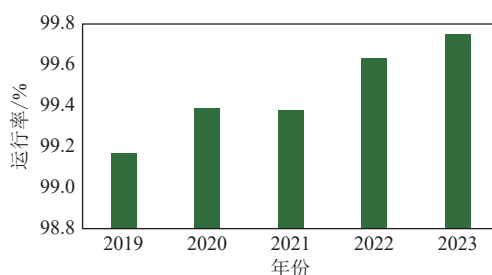


图9 2019—2023 年江西台网运行率柱状图

Fig. 9 Operating rate of the Jiangxi seismic network over the past five years

江西台网台站配置的上述两款辅助设备,基本上改变了传统依靠运维人员赴台站现场判断台站供电或通信网络故障运维模式,大大减少了人为故障判定工作环节,缩短了故障判定时间,有效降低了运维成本。

4 结束语

快速诊断台站供电故障,采用停来电智能云报警器辅助设备,适宜监控台站交流电工作状态与直流蓄电池供电运行模式;快速排除台站通信网络故障,引入工业级(有线/无线)自由切换路由器辅助设备,采取台站数据(有线/无线)传输兼容模式,确保在网络运营商有线光缆施工意外挖断或受损时,台站数据传输自动切换至无线网络传输模式,且当有线链路修复后自动返回有线模式,保障了台站数据传输的连续性。

综上所述,江西台网台站配置了上述两款辅助设备,帮助运维人员减少故障判断环节,缩短判定时间,及时排除故障,达到有效提高台网运行率与数据完整率的目标。

参考文献

- [1] 刘瑞丰, 高景春, 陈运泰, 等. 中国数字地震台网的建设与发展 [J]. *地震学报*, 2008, 30(5): 533-539
Liu R F, Gao J C, Chen Y T, et al. Construction and development of digital seismograph networks in China[J]. *Acta Seismologica Sinica*, 2008, 30(5): 533-539
- [2] 肖孟仁, 项月文, 陈浩, 等. 江西测震台网运行故障统计分析 [J]. *地震科学进展*, 2020, 50(6): 1-7
Xiao M R, Xiang Y W, Chen H, et al. Statistical analysis of operation failure of Jiangxi seismic network[J]. *Progress in Earthquake Sciences*, 2020, 50(6): 1-7
- [3] 黄志斌. 测震台网地震数据产品产出与分析 [J]. *地震地磁观测与研究*, 2024, 45(1): 1
Huang Z B. Production and analysis of the data products of the seismic networks[J]. *Seismological and Geomagnetic Observation and Research*, 2024, 45(1): 1
- [4] 程树岐, 王帅合, 王西宝, 等. 地震台站数字化观测系统的运行与维护 [J]. *防灾减灾学报*, 2011, 27(4): 44-47
Cheng S Q, Wang S H, Wang X B, et al. Operation and maintenance of digital observation system in seismic station[J]. *Journal of Disaster Prevention and Reduction*, 2011, 27(4): 44-47
- [5] 金星. 地震预警与烈度速报: 理论与实践 [M]. 北京: 科学出版社, 2021: 40
Jin X. Earthquake early warning and intensity rapid reporting: Theory and practice[M]. Beijing: Science Press, 2021: 40
- [6] 肖武军. 国家地震烈度速报与预警工程 [J]. *防灾博览*, 2023(1): 18-23
Xiao W J. Earthquake intensity rapid reporting and early warning engineering[J]. *Overview of Disaster Prevention*, 2023(1): 18-23
- [7] 赵国峰, 高楠, 杨大克. 国家地震烈度速报与预警工程建设进展 [J]. *地震地磁观测与研究*, 2022, 43(3): 165-171
Zhao G F, Gao N, Yang D K. Construction progress of the national seismic intensity rapid reporting and early warning project[J]. *Seismological and Geomagnetic Observation and Research*, 2022, 43(3): 165-171
- [8] 张建勇, 席楠, 徐泰然, 等. 国家中心地震烈度速报与预警技术平台 [J]. *中国地震*, 2024, 40(1): 54-68
Zhang J Y, Xi N, Xu T R, et al. The center technology platform for national earthquake intensity quick reporting and early warning[J]. *Earthquake Research in China*, 2024, 40(1): 54-68
- [9] 李晓锐, 刘国俊, 陈永新, 等. 地震预警站网典型故障及波形异常分析处理 [J]. *山西地震*, 2023(2): 32-36
Li X R, Liu G J, Chen Y X, et al. Analysis and processing of typical faults and waveform anomalies in the seismic early warning station network[J]. *Earthquake Research in Shanxi*, 2023(2): 32-36