

江西地球物理台网现状分析

唐婷婷, 余 思, 肖建华

江西省地震局, 江西 南昌

收稿日期: 2023年1月29日; 录用日期: 2023年7月20日; 发布日期: 2023年7月28日

摘 要

地球物理台网是地震监测重要的组成部分, 为震情跟踪分析、地震预测预报、科学研究提供数据支撑, 本文通过分析江西地球物理台网现状及存在的问题, 提出一些建议和想法, 以期建成仪器运行稳定、观测项目齐全、数据质量达标、成果数据规范的地球物理台网, 更好地为地震监测预报服务。

关键词

地球物理台网, 监测台站, 现状分析

Status Analysis of Jiangxi Geophysical Network

Tingting Tang, Si Yu, Jianhua Xiao

Jiangxi Earthquake Agency, Nanchang Jiangxi

Received: Jan. 29th, 2023; accepted: Jul. 20th, 2023; published: Jul. 28th, 2023

Abstract

The geophysical network is an important part of earthquake monitoring, which provides data support for earthquake tracking analysis, earthquake prediction and scientific research. By analyzing the current situation and existing problems of Jiangxi geophysical network, this paper puts forward some suggestions and ideas, in order to build a geophysical network with stable operation of instruments, complete observation projects, data quality achieved and standardized results data, so as to better serve earthquake monitoring and forecasting.

Keywords

Geophysical Network, Monitoring Station, Status Analysis

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

地震监测台网由测震台网和地球物理台网组成，其中地球物理台网的主要功能是监测、传递、处理和存储高密度、多手段的地球物理信息，通过观测数据提取地球物理场和地球化学场的变化特征，服务于地震预测、地球科学研究和国家经济建设、国防建设。

江西地球物理台网始于 1971 年的南城地震台，经过“九五”地震前兆台站(网)的技术改造、“十五”中国数字地震观测网络项目、中国地震背景场探测项目等系列工程的实施，台网不断优化调整，观测仪器从模拟记录与人工读数发展为数字化观测，观测学科从单一的地下流体发展为重力、地磁、定点形变、地电、地下流体、GNSS6 个观测学科，观测台站数从 1 个发展到今天的 14 个，具有一定规模的江西地球物理台网正式形成。

江西地震监测台网的研究目前主要集中在测震台网，研究内容涉及测震台网建设[1][2]、系统运行[3]，强震动台网建设[4]等方面，但对地球物理台网的研究尚为空白。鉴于此情况，本文以江西地球物理台网作为分析对象，系统梳理江西地球物理台网布局、所用仪器设备、观测资料情况等内容，针对存在的问题，提出优化路径，以期对江西地球物理台网布局优化和重点区域监测能力提升提供参考依据。

2. 基本情况

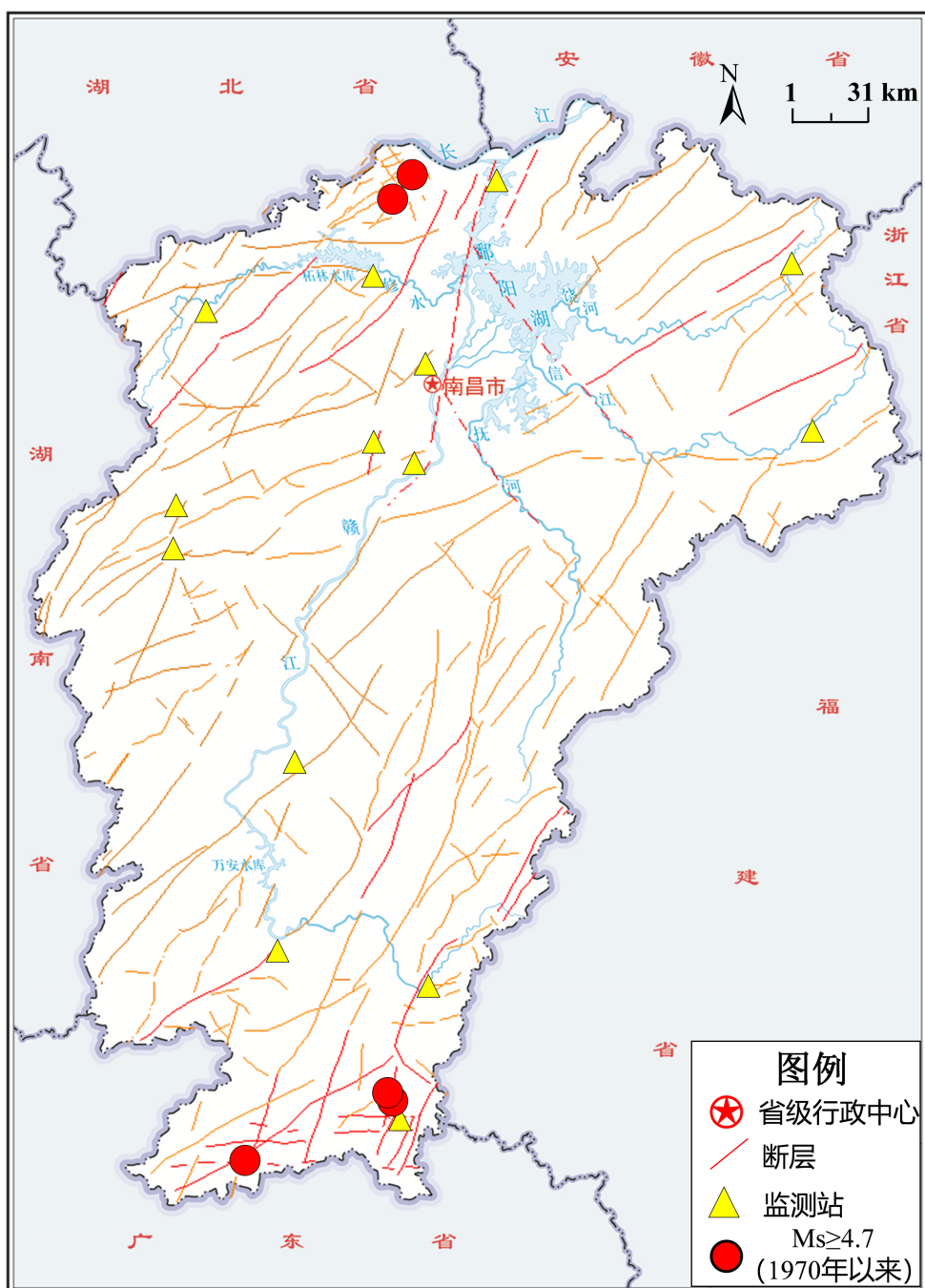
2.1. 监测台站情况

江西地球物理台网监测台站布局原则是按照区域控制和重点布设相结合的原则，结合地质构造背景和历史发震情况，以加强地震重点监视防御区震情监视跟踪为主要目标，同时兼顾非重点地震地区但具有一定经济建设规模、人口密集地区。目前江西地球物理台网包含地震监测中心站、地震监测站和 GNSS 基准站，共计 14 个，监测站点统计情况见表 1。从图 1 可以看出，监测台站主要分布在人口稠密的九江 - 靖安断裂、铜鼓 - 武宁断裂、萍乡 - 广丰断裂、石城 - 寻乌断裂及附近地区，总体呈现赣北地区较密、赣南地区稀疏、赣中地区零星分布的特点。

Table 1. Statistical table of Jiangxi geophysical observation station

表 1. 江西地球物理观测站统计表

监测体系	数量/个	站点位置
地震监测中心站	3	南昌、九江、会昌
地震监测站	6	修水、上饶、宜春、柘林、赣州、寻乌
GNSS 基准站	5	湖口、吉安、丰城、万载、婺源
合计	14	



注：该图基于自然资源部标准地图服务网下载的审图号为赣S（2023）28号的标准地图制作，底图无修改

Figure 1. Distribution of monitoring stations of Jiangxi geophysical network

图 1. 江西地球物理台网监测台站分布图

2.2. 测项仪器情况

截至 2022 年底，江西地球物理台网正式运行的观测仪器共有 54 套，涉及地壳形变、地下流体、电磁三大地球物理学学科 16 种观测手段共计 19 种仪器型号，其中模拟观测 1 项，为 FD-125 测氡仪，具体见表 2。

Table 2. Statistical table of Jiangxi geophysical observation instruments
表 2. 江西地球物理观测仪器统计表

学科	观测仪器	观测仪器型号	仪器数量(个)
地壳形变	垂直摆倾斜仪	VS	4
		VP	5
	水管倾斜仪	DSQ	4
	钢瓦棒伸缩仪	SS-Y	4
	体积式钻孔应变仪	TJ-2	1
	相对重力仪	g-Phone	1
	GNSS	Trimble	5
磁电学科	地电场仪	GEF-II	1
	磁力仪	FGM01	1
		FHD2	1
流体学科	水位仪	ZKGD3000	1
		SWY-II	5
		LN-3(A)	1
	测温仪	SZW-II/SZW-1A	6
		DLZ-1	1
	流量仪	DLZ-1	1
	测氦仪	BG2015R	2
		FD-125	1
	测汞仪	ATG-6138M	2
	气象三要素	RTP-2	7
合计			54

江西省地壳形变监测主要以大地形变测量和地球固体潮汐为观测对象,包括地倾斜观测(垂直摆、水管仪),地应变观测(伸缩仪、体应变),连续 GNSS 观测和连续重力观测,其中 9 套垂直摆、4 套水管仪、4 套伸缩仪、1 套体应变、5 套 GNSS 和 1 套重力共计 24 套形变观测仪器。

江西省磁电监测包括 1 套地电场仪和 2 套磁力仪共计 3 套磁电观测仪器,其中磁力仪有 1 套 FGM01 相对磁力仪和 1 套 FHD2 绝对磁力仪。地电场观测主要记录地表电场强度及其随时间和空间的变化规律,磁力仪则主要进行地磁场量观测。

江西省地下流体监测主要以井和断层带中地下水、地热和地下气作为观测对象,主要观测项目是水位、水温、氦和汞。具体包括 7 套水位、7 套水温、3 套氦、2 套汞观测、1 套流量共 20 套流体观测仪器和 7 套气象辅助观测仪器。

2.3. 观测资料情况

截至 2022 年,江西地球物理台网已积累大量观测资料,根据各测项观测数据监测效能和预报效能定级评价结果(图 2)以及相关研究[5] [6] [7],大部分仪器运行连续稳定,形变、地倾斜、地应变、连续重力、地磁、地下流体等测项潮汐变化明显,能稳定呈现不同周期成分的变化特征,记录到不同方位强震的震时脉冲信号,资料具有较强的映震能力(表 3)。同时,进行了有关震例研究[8] [9] [10],结果表明部分资料震前有明显的异常显示,具有一定的地震前兆异常监测能力。如会昌台参与的华南地区地磁垂直 Z 分

量日变幅逐日比异常与华南地区 4 级以上地震有很好的相关性。如图 3 所示, 2019 年 2 月 26 日在会昌台、泉州台、漳州台、龙岩台、永安台、肇庆台、新丰江台、邕宁台、河池台、琼中台、火山台、马关台、通海台, 共计 13 个台站出现同步逐日比异常, 异常出现后 219 天, 2019 年 10 月 2 日在贵州沿河发生 4.7 级地震, 震中位于阈值线附近[11]。

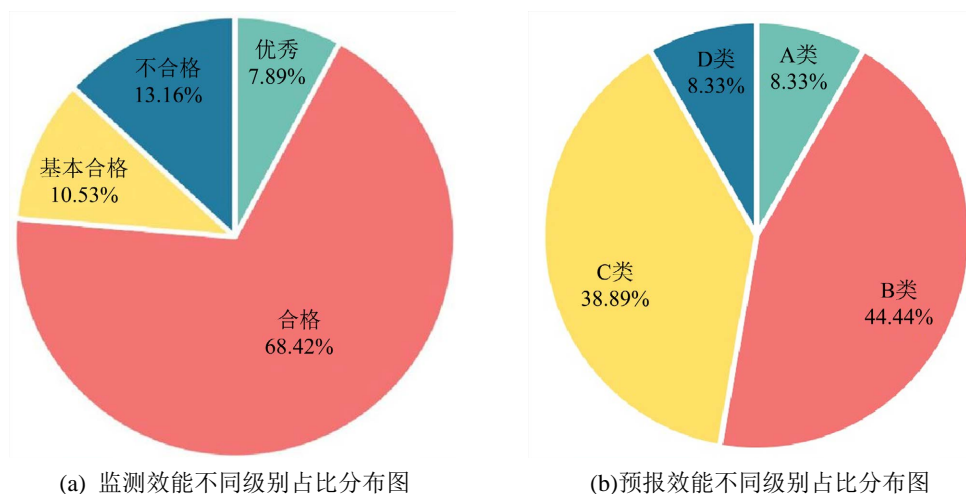
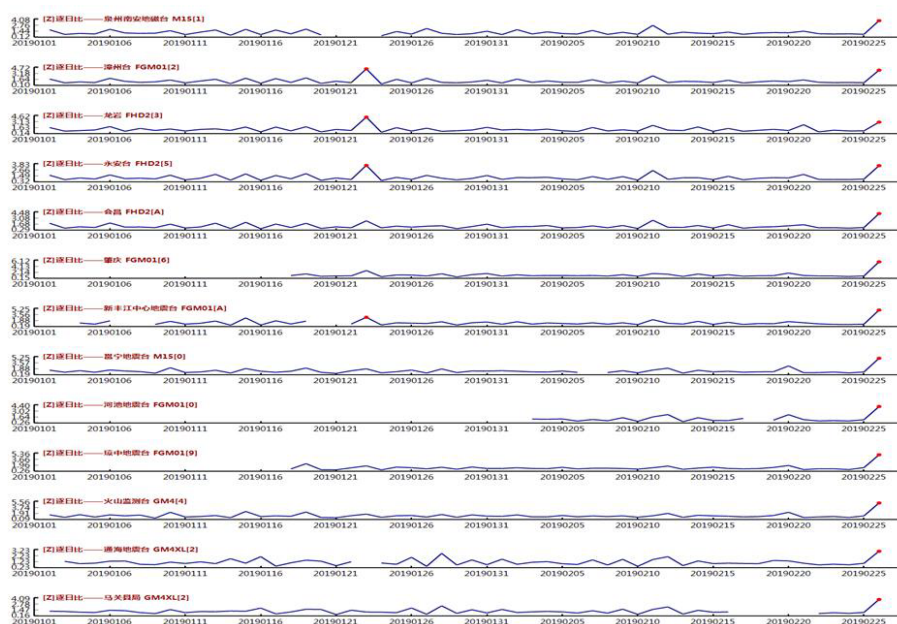


Figure 2. Monitoring efficiency and prediction efficiency evaluation of Jiangxi geophysical network
图 2. 江西地球物理台网监测效能、预报效能评估情况

Table 3. Statistics of geophysical events of Jiangxi geophysical network (2014~2022)

表 3. 江西地球物理台网各测项地球物理事件统计(2014~2022)

测项	垂直摆	水管仪	伸缩仪	体应变仪	水位仪	水位仪	水温仪	磁力仪
事件类型	地震	地震	地震	地震	地震	震后效应	震后效应	急始磁暴
记录次数	354	513	32	18	13	1	1	39



(a) 2019 年 2 月 26 日华南地区地磁垂直分量日变幅逐日比时序变化(红点表示超出阈值 2.8)



注：该图基于自然资源部标准地图服务网下载的审图号为GS（2019）1697号的标准地图制作，底图无修改

(b) 2019年2月26日华南地区地磁垂直分量日变幅逐日比空间分布图

Figure 3. Geophysical observation anomaly characteristics of typical earthquake cases

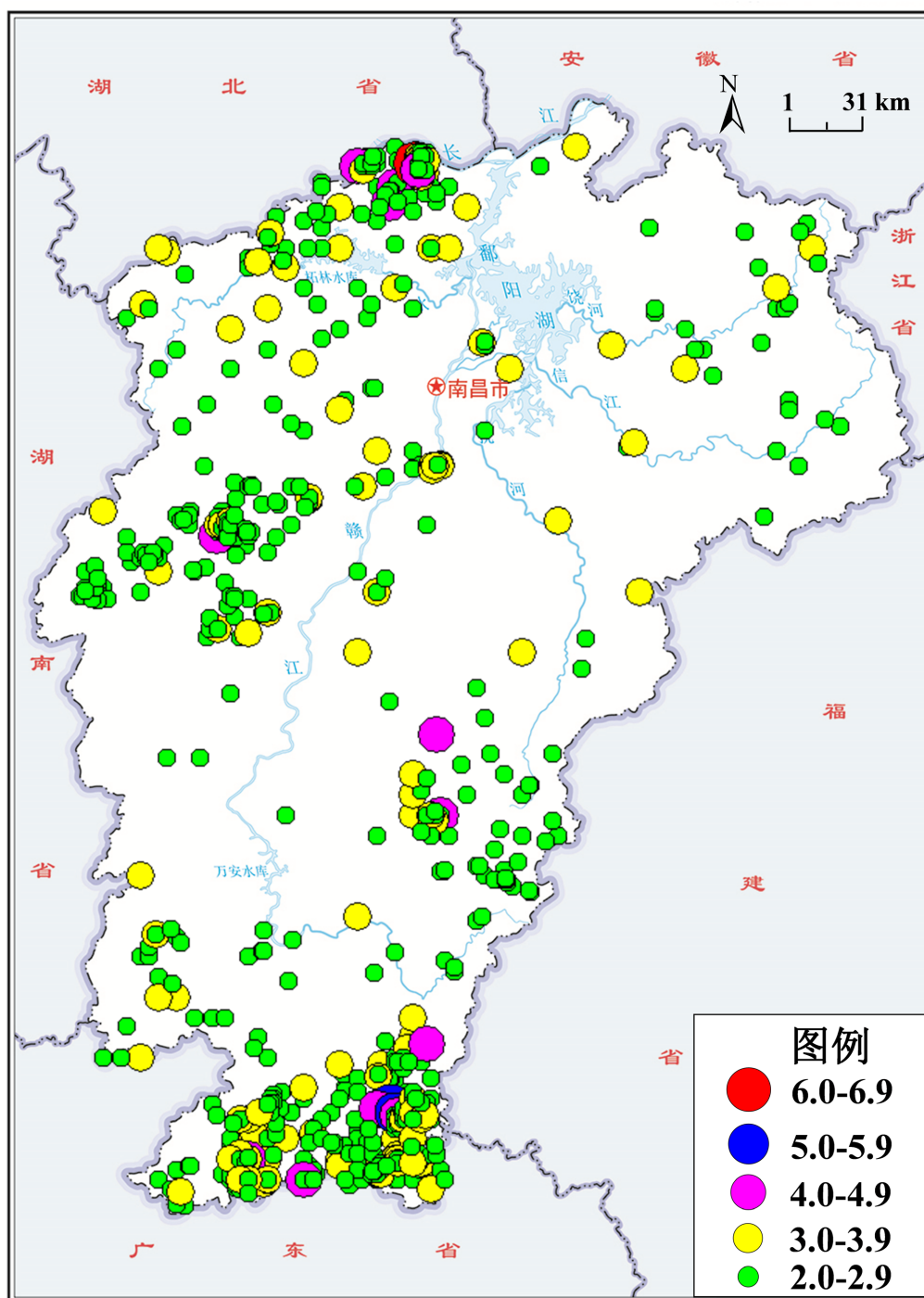
图 3. 典型震例的地球物理观测异常特征

3. 存在问题

3.1. 台网布设科学性、合理性不够

在站点分布方面，江西地震集中分布于赣西北和赣南南部地区(图 4)，而目前这些区域地球物理监测台站数量较少，站点分布和地震活动分布不匹配，无法满足地震前兆监测能力需求。

在分布密度方面，全省平均为每万平方千米 0.84 个地球物理站点，监测台站间距最近距离约 24 km，最远距离约 530 km，地球物理监测台站密度偏大。震例统计分析结果表明[12] [13] [14] [15] 5~6 级地震的源兆显现范围约为 20~60 km，场兆显现范围小于 300 km；6~7 级地震的源兆显现范围约为 40~160 km，场兆显现范围小于 400 km；7 级以上地震的源兆显现范围约为 115~465 km，场兆显现范围小于 500 km。目前江西地球物理台网密度分布无法有效地捕捉中强震的源兆、场兆信息，破坏性地震的中、短期和临震预测能力有限。

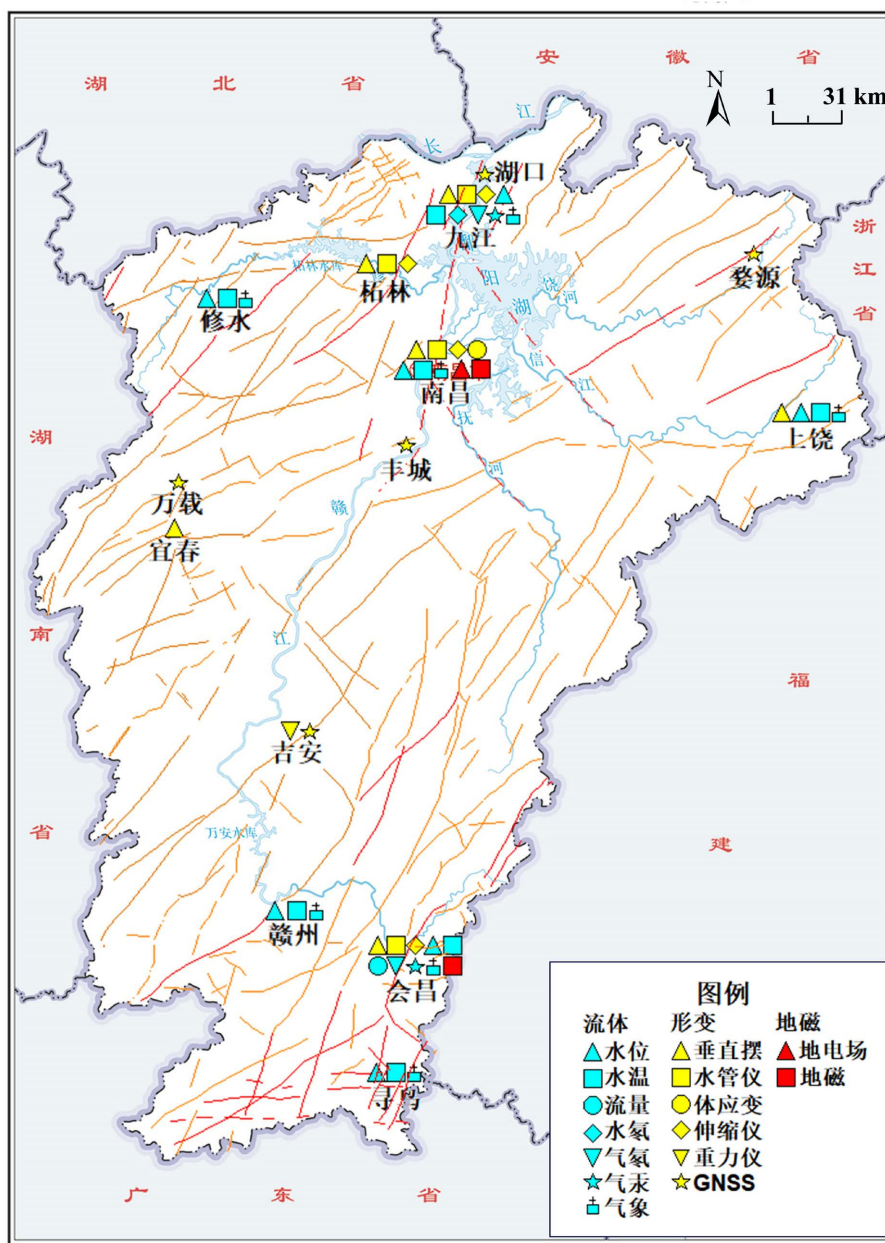


注：该图基于自然资源部标准底图服务网下载的审图号为赣S（2023）28号的标准地图制作，底图无修改

Figure 4. The distribution map of earthquakes above M_L 2.0 in Jiangxi Province from 1970 to 2022

图 4. 江西省 1970~2022 年 M_L 2.0 级以上地震分布图

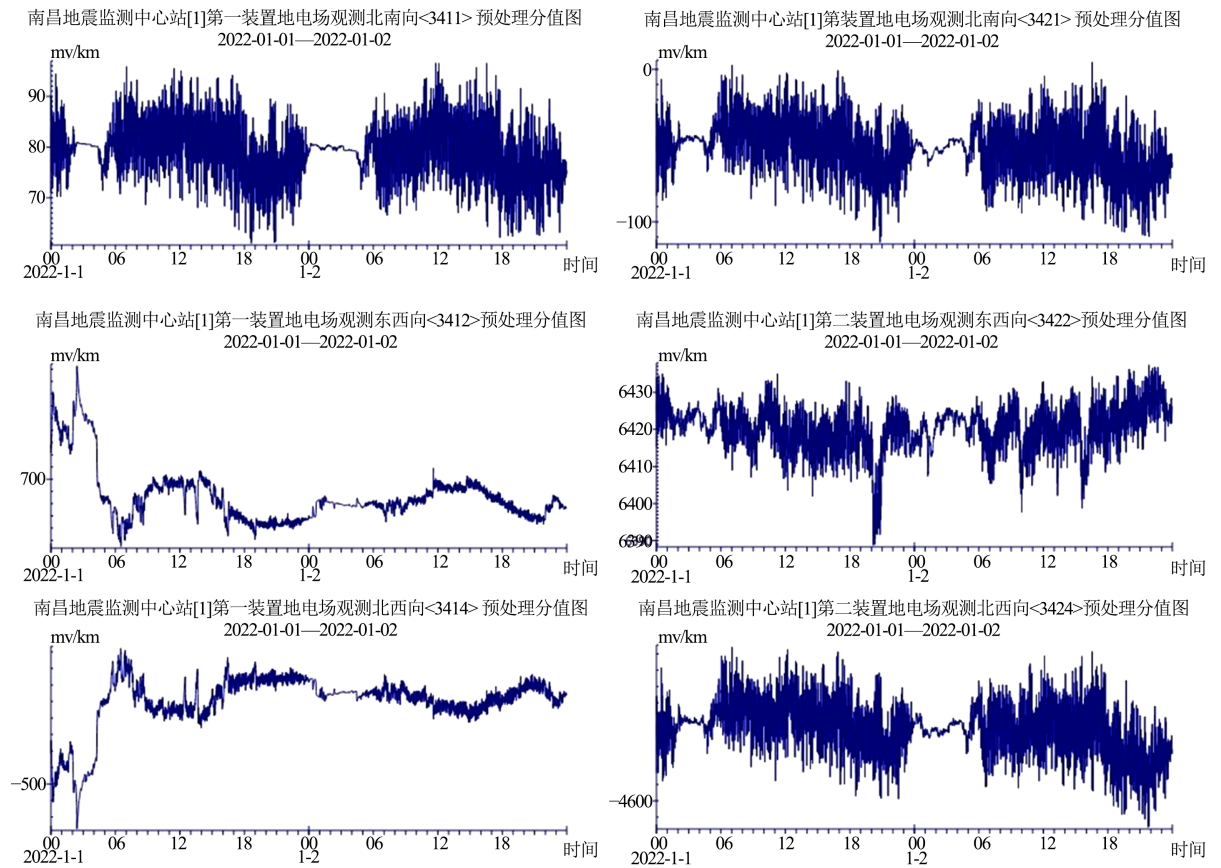
在监测类型方面，如图 5 所示，一方面监测台站布设的监测手段比较传统，遥感对地观测、地热观测等新技术、新方法亟需完善。另一方面不同学科主要观测手段的融合性考虑不足，目前只能依靠单一或少数手段观测的异常进行地震预测存在很大的局限性。



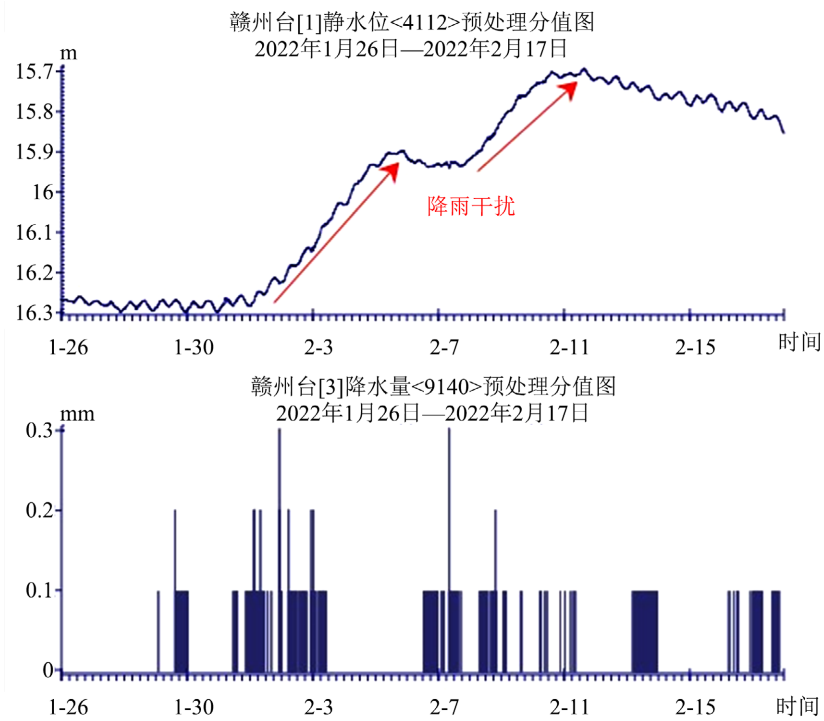
注：该图基于自然资源部标准地图服务网下载的审图号为赣S（2023）28号的标准地图制作，底图无修改

Figure 5. The distribution map of observation means of Jiangxi geophysical network
图 5. 江西地球物理台网观测手段分布图

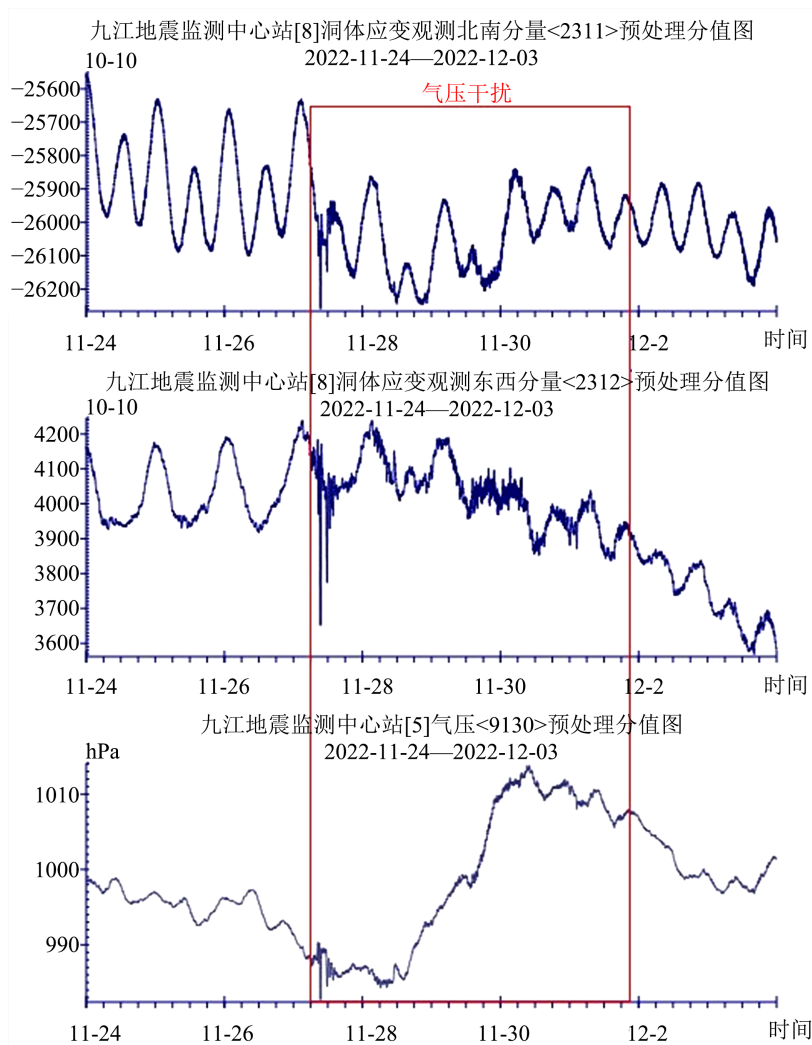
在监测环境方面，近年来随着经济的发展以及城市化进程的加速，各类铁路、公路、水电站等工程建设项目越来越多，部分监测台站受到严重的场地环境影响，如南昌站电磁观测受南昌市轨道交通运行的干扰显著，地铁运行期间观测数据呈现明显高频干扰(图 6(a))；部分监测台站因经费限制建设标准不高导致观测受自然环境影响严重，主要受影响的观测手段为地下流体和地壳形变。地下流体台网中有 6 口观测井井深仅 100 余米，观测层位浅导致流体观测受表层水影响大，尤其雨季时受降雨影响水位观测数据变化幅度更加明显(图 6(b))；地壳形变台网部分洞室密封性欠佳，导致形变观测受到降雨、大风、气压等自然环境因素的影响，主要表现为观测曲线急剧上升或下降、高频扰动、噪声增大等[16] (图 6(c))。



(a) 地铁运行对南昌地电场观测的干扰



(b) 降雨对赣州水位观测的干扰



(c) 气压对九江伸缩仪观测的干扰

Figure 6. Diagram of typical cases of monitoring environmental disturbances
图 6. 监测环境干扰典型案例图

3.2. 仪器设备陈旧，维护人员不足

江西地球物理台网近 50% 的观测仪器于 2007 年安装(图 7)，随着仪器使用时间增加，仪器配件接近设计寿命或超过设计寿命，仪器在使用过程中发生故障的频次居高不下(图 8)。由表 4 可见，2020 至 2022 年全省观测数据平均连续率和完整率均低于 99.50%，未达到优秀的标准，观测仪器运行不稳定、故障率高、缺失数据多使得前兆观测数据的连续性、可靠性和准确性得不到保障。

Table 4. Continuity and integrity of Jiangxi geophysical observation date (Unit: %)

表 4. 江西地球物理观测数据连续率、完整率(单位: %)

年份	连续率	完整率
2020	99.40	98.93
2021	97.35	96.92
2022	91.22	90.58

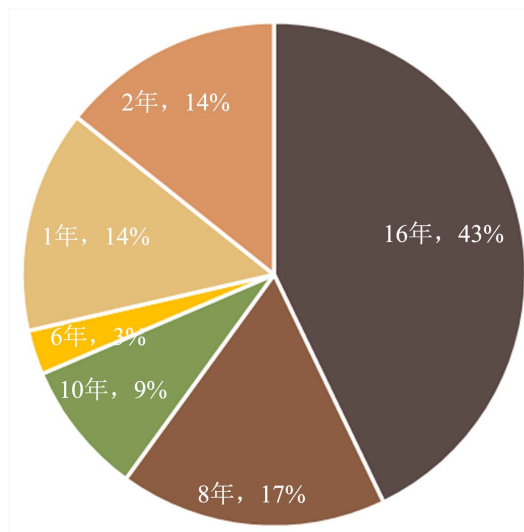


Figure 7. Statistics of cumulative running time of observation instruments in Jiangxi geophysical network

图 7. 江西地球物理台网观测仪器累计运行时间统计图

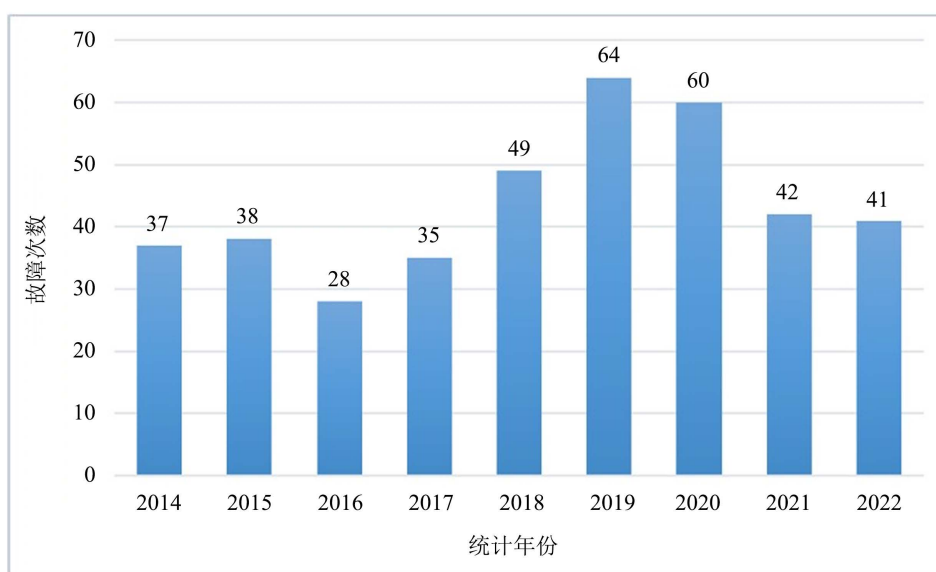


Figure 8. Statistics of Jiangxi geophysical network observation instrument annual failure times from 2014 to 2022

图 8. 2014~2022 年江西地球物理台网观测仪器年故障次数统计

为了确保地球物理台网仪器设备高效率、低故障率的运行，制定了相应的运行维护管理制度，完善了仪器维护档案，但由于前兆仪器设备属于精细设备，对维护、维修有较高的要求，大部分故障维修需要经过专业培训的技术人员进行，目前精通前兆仪器设备维修的专业人员短缺严重。除此之外部分观测仪器已经停产导致仪器故障后无法恢复，再加上大部分仪器设备布设在无人值守台站，导致维修工作无法及时到位。

3.3. 观测资料覆盖面小，信息化程度低

通过对硬件系统的升级改造，江西地球物理台网已具备了海量数据存储和快速分发能力，实现了地

球物理场观测数据在系统内快速共享,但目前系统外数据申请和下载等一整套数据共享与服务机制尚不完善导致数据利用率低,观测资料无法产生最大的利用价值。

在新时代背景下,信息化已经渗透至地震监测预报的各个环节[17],但目前江西地球物理台网信息化程度较低。应用软件平台支撑严重不足,虽然近年来开发了一些小程序可以初步展示实时震情数据,也能通过企业微信发布观测仪器断记告警信息,但对地球物理观测数据缺乏深度分析和预警,可视化程度低无法及时提醒用户进行人工判定干预。

4. 改进建议

纵观目前江西地球物理台网现状,结合目前存在的主要问题,提出以下几点改进建议:

4.1. 优化台网布局,完善运维保障

衔接《中国地球物理站网(地壳形变、重力、地磁)规划(2020年~2030年)》上位规划,结合江西省震情、省情和震情跟踪发展需求,在现有地球物理台网的基础上,通过优化调整形成布局合理、功能完善、测项齐全的地球物理台网。一是增加台网总体密度,实现对区域地球物理背景场的有效监测;二是弥补地震重点地区监测空白区域,实现全省全覆盖及重点监测的目标;三是侧重成网成场效能好,易运维的观测项目,有效为地震预测预报和科学研究提供服务。

健全完善运维保障,确保仪器设备正常运行,促进地球物理台网高质量可持续发展。一是优化运维资源管理方案,合理配置各项运维资源,提升运维效率,降低运维成本;二是开展备品备件精细化管理,加速老旧仪器报废更新步伐;三是充分利用新技术,综合运用物联网、云计算、大数据等新兴信息技术,加快推进江西地球物理台网运维智慧化转型升级,实现辖区内监测台站运行环境及仪器设备的全态势运行监控、全流程故障应急、全要素巡检维护和全数据预警分析。

4.2. 提升人员素质,加强数据共享

地球物理台网工作中,人是主体,只有工作人员的综合素质得到提升才能有效提高地球物理台网的工作质量。一方面建立常态化人员培训制度,通过培训确保运行维护工作规范化、科学化,保障观测资料科学可靠。另一方面优化表彰奖励制度,引导和鼓励工作人员从工作需求入手开展创新性研究工作,推动科研成果转化应用。

数据共享和学科融合是地震监测预报工作向纵深发展的必由之路。完善法律政策,制度与政策规范是推动数据共享的关键要素[18]。借鉴国内外经验,结合监测数据收集、存储、共享、利用的实际情况制定相关支持政策及法律法规,鼓励数据跨界依法合理有效利用,充分挖掘数据价值,推动地震预报进步。

5. 总结

新时期下,围绕贯彻落实《“十四五”国家防震减灾规划》[19],夯实江西地球物理台网监测基础,增强公共服务能力,提升监测预报预警能力势在必行。

针对江西地球物理台网目前存在的台站分布不均、观测手段不全、观测仪器老旧、专业人员匮乏、观测资料利用率低等问题,通过台网布设科学化、测项配套合理化、运维保障高效化、监测人员专业化、观测资源共享化,不断完善江西地球物理台网工作,产出科学、精确、高质量的监测数据和成果,更好地服务于地震监测预报和科研,为保障人民群众生命安全提供坚实基础。

基金项目

江西省防震减灾与工程地质灾害探测工程研究中心开放基金(项目编号:SDGD202214)。

参考文献

- [1] 肖健, 李传江, 曾文敬, 项月文, 罗丽. 江西数字测震台网建设效益分析[J]. 地震地磁观测与研究, 2012, 33(2): 111-115.
- [2] 余思, 唐婷婷. 江西省测震站网地震预警能力评估初步研究[J]. 地震科学进展, 2021, 51(6): 246-251.
- [3] 肖孟仁, 项月文, 陈浩, 李清武. 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.
- [4] 危小荣. 江西数字强震动台网建设综述[J]. 地震地磁观测与研究, 2010, 31(1): 114-117.
- [5] 肖孟仁, 梁帅, 操红. 南昌地震台钻孔应变同震响应分析[J]. 大地测量与地球动力学, 2012, 32(S1): 72-75+80.
- [6] 赵爱平, 李传江, 周红艳, 吴敏. 会昌地震台相同测点倾斜固体潮观测之对比分析[J]. 华南地震, 2012, 32(2): 121-132.
- [7] 周红艳, 赵影, 李雨泽, 晏绮云, 曾文敬. 九江 1 井水温动态变化特征[J]. 地震地磁观测与研究, 2017, 38(6): 79-85.
- [8] 鲍志诚, 赵爱平, 查小惠, 许志山, 余思, 陈江贻, 唐婷婷. 利用加卸载响应比分析南昌地震台垂直摆倾斜仪观测数据[J]. 地震地磁观测与研究, 2017, 38(6): 92-97.
- [9] 鲍志诚, 查小惠, 高小其, 赵影, 赵爱平, 许志山, 陈江贻, 蒋雨函. 江西九江 2 号井地震水文地球化学特征及成因[J]. 地震工程学报, 2022, 44(4): 920-928.
- [10] 倪晓寅, 郭雨帆, 谢小玲, 刘吉平, 阎春恒, 童敏. 华南地区地磁加卸载响应比异常指标[J]. 华南地震, 2018, 38(4): 22-28.
- [11] 阎春恒, 李莎, 倪晓寅. 广西及邻区地磁异常与显著地震关系探讨[J]. 华北地震科学, 2022, 40(1): 84-91+98.
- [12] 郭增建, 秦保燕. 震源物理[M]. 北京: 地震出版社, 1979.
- [13] 车用太, 鱼金子. 中国大陆东部地区中强震水位异常的统计特征[J]. 地震地质, 1992, 14(1): 23-29.
- [14] 震例总结规范: DB/T 24-2007 [S].
- [15] 蒋海昆, 苗青壮, 吴琼, 宋金. 基于震例的前兆统计特征分析[J]. 地震学报, 2009, 31(3): 245-259.
- [16] 唐婷婷, 余思, 汤兰荣, 许志山. 江西地球物理台网数据跟踪分析浅析[J]. 地震地磁观测与研究, 2022, 43(6): 76-87.
- [17] 夏波, 王军, 任焯. 地震监测预报信息化技术探究[J]. 科学与信息化, 2022(8): 40-42.
- [18] 刘莉, 刘文云, 刘建. 基于 DEMATEL 的科研数据共享关键影响因素识别与分析[J]. 图书馆学研究, 2019(18): 54-62.
- [19] 《“十四五”国家防震减灾规划》解读[J]. 安全生产与监督, 2022(6): 37-39.