

潘国勇,王军,毕波,等. 论华东片区流动测震台网演练——以上海市地震局为例[J]. 华南地震, 2022, 42(1): 61–69. [PAN Guoyong, WANG Jun, BI Bo, et al. Discussion on Mobile Seismic Network Drilling in East China : A Case Study of the Shanghai Earthquake Agency[J]. South China journal of seismology, 2022, 42(1): 61–69]

论华东片区流动测震台网演练 ——以上海市地震局为例

潘国勇^{1,2}, 王 军^{1,2}, 毕 波^{1,2}, 孙冬军^{1,2}, 邵永谦^{1,2}, 王 鹏^{1,2}, 王仁涛^{1,2},
刘 菲^{1,2}, 王成睿^{1,2}, 冯 策^{1,2}

(1.上海市地震局, 上海 200062; 2.上海佘山地球物理国家野外科学观测研究站, 上海 200062)

摘要: 地震安全是国家总体安全的重要组成部分, 组织开展华东片区地震应急流动测震台网集中演练, 是贯彻安全发展理念, 持续提升地震应急响应能力和地震安全保障水平的重要举措。以上海市地震局演练情况为例, 从日常备战准备、聚集过程以及演练过程等方面进行了详细阐述, 并对演练中出现的问题进行了归纳总结, 同时对日后流动测震台网演练提出建议。

关键词: 地震应急; 测震演练; 流动; 华东片区

中图分类号: P315.75

文献标识码: A

文章编号: 1001-8662(2022)01-0061-09

DOI: 10.13512/j.hndz.2022.01.09

Discussion on Mobile Seismic Network Drilling in East China : A Case Study of the Shanghai Earthquake Agency

PAN Guoyong^{1,2}, WANG Jun^{1,2}, BI BO^{1,2}, SUN Dongjun^{1,2}, SHAO Yongqian^{1,2},
WANG Peng^{1,2}, WANG Rentao^{1,2}, LIU Fei^{1,2}, WANG Chengrui^{1,2}, FENG Ce^{1,2}

(1. Shanghai Earthquake Agency, Shanghai 200062, China; 2. Shanghai Sheshan National Geophysical
Observatory and Research Station, Shanghai 200062, China)

Abstract: Earthquake safety is an important part of the overall national security. Organizing and carrying out the centralized drill of earthquake emergency mobile seismic network in East China is an important measure to implement the concept of safety development and continuously improve the earthquake emergency response capacity and the level of earthquake safety assurance. Taking the drill of Shanghai Earthquake Agency as an

收稿日期: 2021-06-15

基金项目: 上海佘山地球物理国家野外科学观测研究站研究室课题(2020SSY05); 基于SVM算法区域非天然地震事件类型识别软件的开发(XH19012Y)联合资助。

作者简介: 潘国勇(1988-), 男, 工程师, 主要从事地震监测以及测震台网的运维工作。

E-mail: pgycgsyn@163.com

通信作者: 王军(1983-), 男, 高级工程师, 主要从事地震观测技术研究。

E-mail: jwang@shdzj.gov.cn

example, this paper expounds the daily preparation, gathering process and drill process in detail, summarizes the problems in the drill, and puts forward some suggestions for the future temporary seismic network drill.

Keywords: Earthquake emergency; Seismic drilling; Mobile; East China

0 引言

地震是破坏性最强的自然灾害之一,不仅给人民的生命、财产造成巨大的损失,而且还会给受害者的心理带来创伤。面对地震灾害,通常无法预测其发生的准确时间、地点和震级,在很大程度上增加了防灾减灾的难度^[1-6]。流动测震台网演练是对实际突发地震事件情景的模拟,包括流动测震台站架设以及流动中心和临时监测网的组建,对震后紧急开展加密观测、提升流动观测专业人员的素质和技能具有重要意义^[7-11]。

流动测震台网演练目的是加强流动测震台网管理,提升野外条件下流动台站的快速组网布设能力,提高流动观测专业人员的素质和技能。依据《关于加强应急流动测震台网管理的通知》(中震测函〔2015〕155号),经测震学科组流动观测管理部和上海市地震局决定组织华东区五省一市地震局举行此次演练。模拟2020年12月23日当天07时45分上海市青浦区发生6.0级地震,根据实际地震现场情况进行测震流动台站架设并组建模拟流动中心和临时监测网组网,对华东6个单位的流动观测现场流动地震台站架设、实时数据传输、数据协同共享、流动台站与固定台站融合、流动观测中心参数配置等项目进行演练。

鉴于2020年疫情复杂形势,为减少大规模活动并保持流动观测质量,流动台站采用分散演练方式,不集中到一个片区演练场地演练,而是在本地同步演练;而流动测震中心则采用集中演练的方式。流动台站的部署时间为两天,其中第一天外出架台并完成数据上传,第二天在流动观测中心统一检查流动台站数据上传、信号汇集、信号共享、流动台站与固定台站信号融合、流动中心参数设置等情况。

本文以上海市地震局演练情况为例,从日常备战准备、聚集过程以及演练过程等方面进行了详细阐述,并对演练中出现的问题进行了归纳总结,同时对日后流动测震台网演练提出了建议。

1 上海流动测震台网简介

上海流动测震台网配备1个流动测震台网中心和若干流动测震台站,主要承担上海市行政区及邻近省份的震后加密观测、科学研究等任务。流动测震中心配备发电机、UPS电源、蓄电池等供电设备;全网通4G路由器等通信设备;打印机等通用设备;投影仪、幕布等现场展示设备以及便携式桌椅、工具包、急救用品、野外生活用品等辅助装备。流动测震台站的构成包括地震计、数据采集器、蓄电池、太阳能电池板、通信设备、地震计安装底座、仪器罩、防护设施、标识标志等。

目前共配备流动台站10台套,其中7台套为“十一五”背景场项目采购的CMG-40TDE一体化地震计,2台套为2019年从珠海泰德公司采购的TVG-33S一体化地震计,1台套为从北京港震公司临时借调的GL-PCS60一体化地震计。主要采用无线3G/4G数据传输。考虑恶劣环境要求,上海流动测震台网为流动测震台站配备太阳能供电系统,同时流动中心采用交流与汽油发电机相结合的供电方式。

2 上海局流动测震演练

2.1 日常备战准备

上海局局党组对流动测震台网建设高度重视,设立了“上海测震流动观测系统升级与演练”专项项目,充分考虑演练效果及到震时的现场条件,更换了一些适用性不强的老旧设备,包括:上开口式的保温桶、纯铜无磁地震计底座、可调节角度太阳能支架、标识标牌、便携式投影系统等,大大提高了野外流动台站的监测能力、响应速度和仪器的调试、维修水平。

为了有效地提高了架台人员的综合素质,上海市地震局流动台网积极开展与其他兄弟省局之间的交流学习活动,多次派人员进行交流学习。日常生活中注重演练与实战相结合。2020年4月20日上海中环中心爆破,上海市地震局流动观测人员得知此信息后,迅速联系上海消防工程公司,

了解相关爆破情况。为减少爆破时居民的心理恐慌，并测试爆破对地面和建筑的影响，上海市地震局进入应急状态，在爆破场地安全地带布设应急流动加密观测系统(图1)，监测并快速报告爆破地震能量和波及范围^[12]。这种已知爆破任务，提前

进行加密观测，是检验实战能力和应急水平的有效手段，大大提高了上海市地震局的实战能力，在全国也属首次，最后将此次演练情况报告学科组后，得到了专家们的一直认可和表扬。

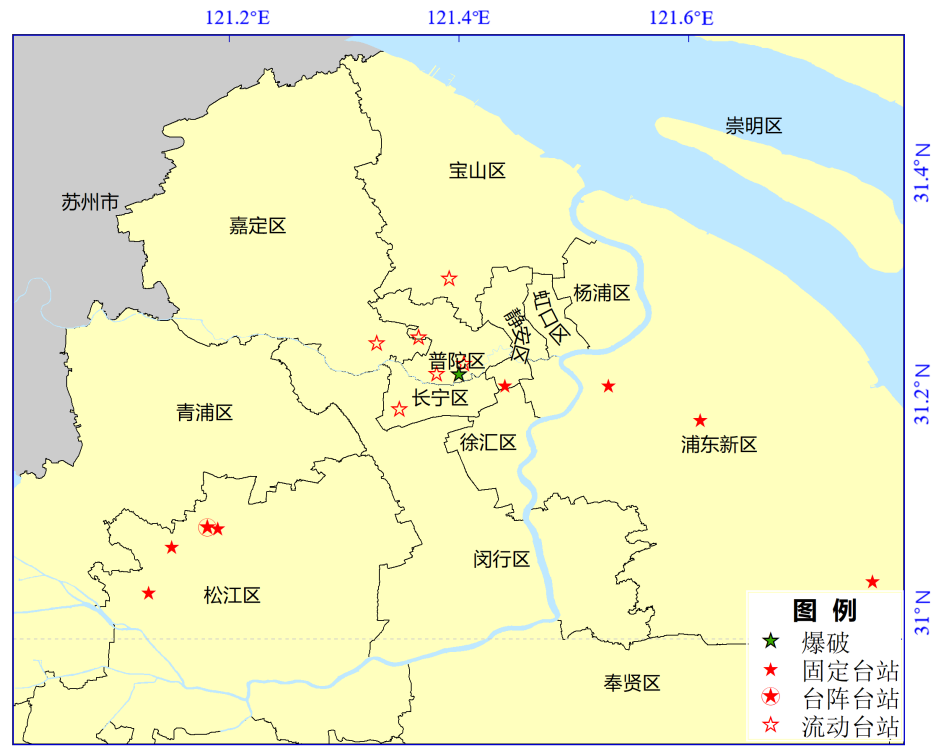


图1 上海中环中心爆破流动台站分布及台站架设

Fig.1 Distribution of mobile stations of the explosion of Zhonghuan center in Shanghai and station erection

2.2 聚集过程

在接到模拟2020年12月23日07时45分上海市青浦区发生6.0级地震的演练通知后，按照学科组要求，上海市地震局流动观测人员迅速集结并到达模拟现场架设流动台站。根据流动观测需要，架设一个土层台和一个基岩台。

2.3 演练过程

2.3.1 流动台站架设

(1)台站选址。流动台分为L3101土层台和L3102基岩台。其中，L3101土层台布设在上海市崇明区崇明地震台内；L3102基岩台布设在上海市松江区小昆山。具体位置见图2。

(2)仪器选择及安装。按照流动台网技术要求，两个流动台专业仪器均选用珠海泰德公司生产的TVG-33S一体化地震计，幅频特性和相频特性见图3。

2020年12月18日，流动观测人员在L3101流动台架设地崇明地震台内进行台址勘选，经敲击实验确认台基坚实、牢固，符合架台规范后开始仪器架设。架设设备包括地震计、太阳能电源、网络传输设备等。操作流程如下：敲击实验(确认台基坚实、牢固符合架台规范)→挖坑→台基夯实→填沙→纯铜底座放置→敲击耦合→寻北→校正磁偏角→架设地震计→调平→通讯传输单元架设→太阳能电池板的架设及固定→触发测试(确认波形显示正常)→保温桶安装及密封→回填→防水雨布的铺设及掩埋→排水沟的挖掘→警戒线的布设、标识标牌的布设→现场工具整理及垃圾清理→完成(图4)。

2020年12月20日，流动观测人员在在L3102流动台架设地小昆山进行台址勘选，选择在基岩出露处，去除风化层。经敲击实验确认台基坚实、牢固，符合架台规范后开始仪器架设。操作流程如下：敲击实验(确认台基坚实、牢固、无裂缝和

断层符合架台规范)→台基处理(磨平)→寻北→校正磁偏角→架设地震计→调平→通讯传输单元架设→太阳能电池板的架设及固定→触发测试(确认波形显示正常)→保温桶安装及密封→警戒线的布设、标识标牌的布设→现场工具整理及垃圾清理→完成(图5)。

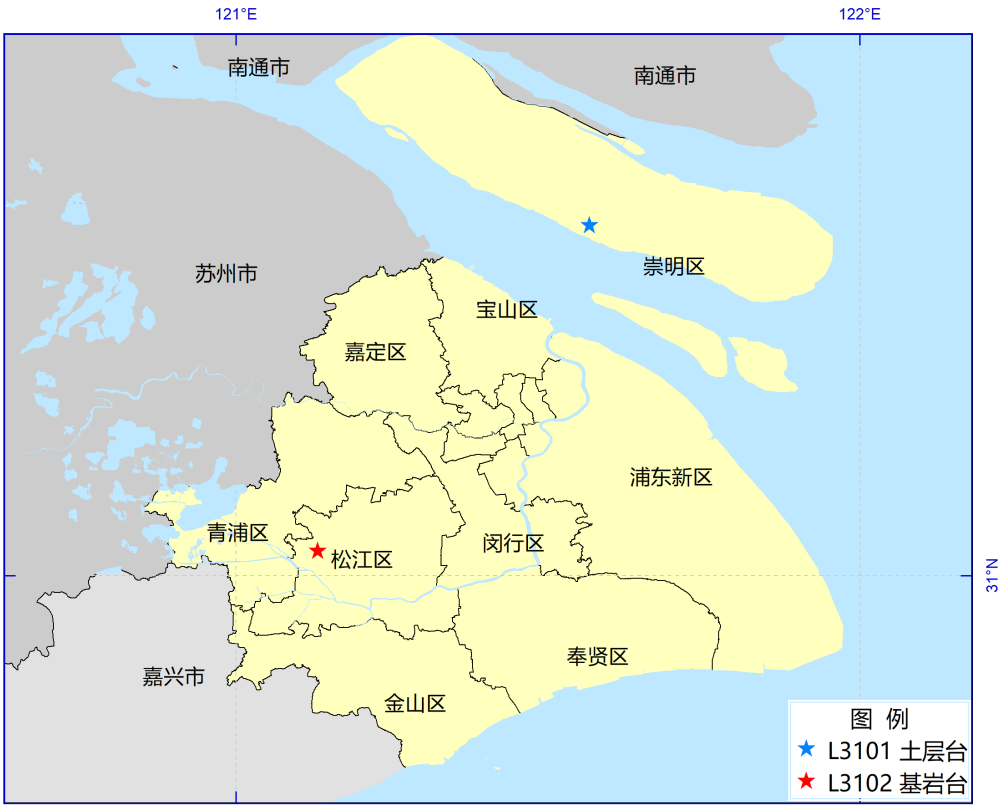
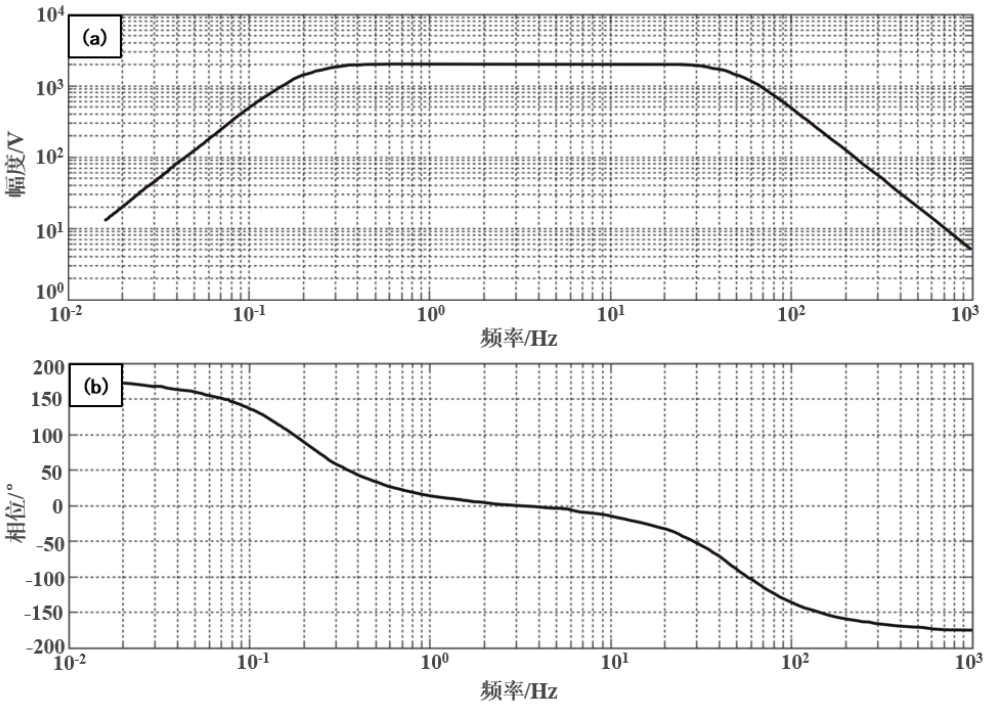


图2 流动台位置分布图
Fig.2 Distribution of mobile stations



(a)幅频特性;(b)相频特性
图3 幅频特性和相频特性

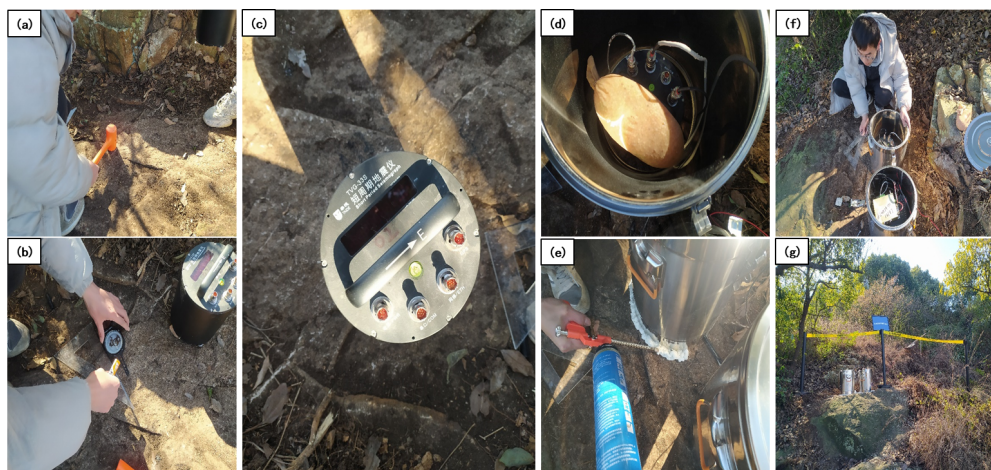
Fig.3 The characteristics of amamplitude frequency and phase frequency



(a) 敲击实验; (b) 台基挖掘; (c) 台基夯实; (d) 敲击耦合; (e) 寻北定向; (f) 校正磁偏角; (g) 调节水平;
(h) 触发测试; (i) 回填; (j) 防水处理, 现场整理

图4 L3101 流动台架设

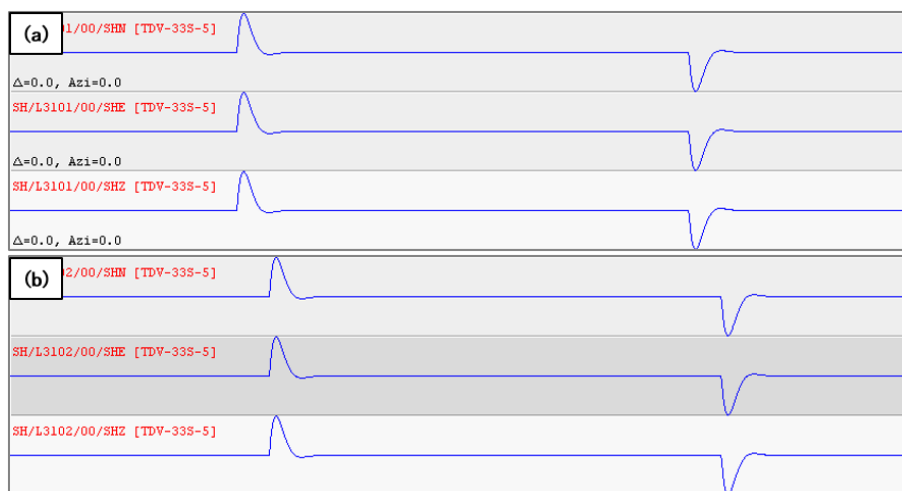
Fig.4 Station erection of L3101



(a) 敲击实验; (b) 台基处理、寻北、校正磁偏角; (c) 调节水平; (d) 防潮处理; (e) 密封处理; (f) 触发测试; (g) 现场整理

图5 L3102 流动台架设

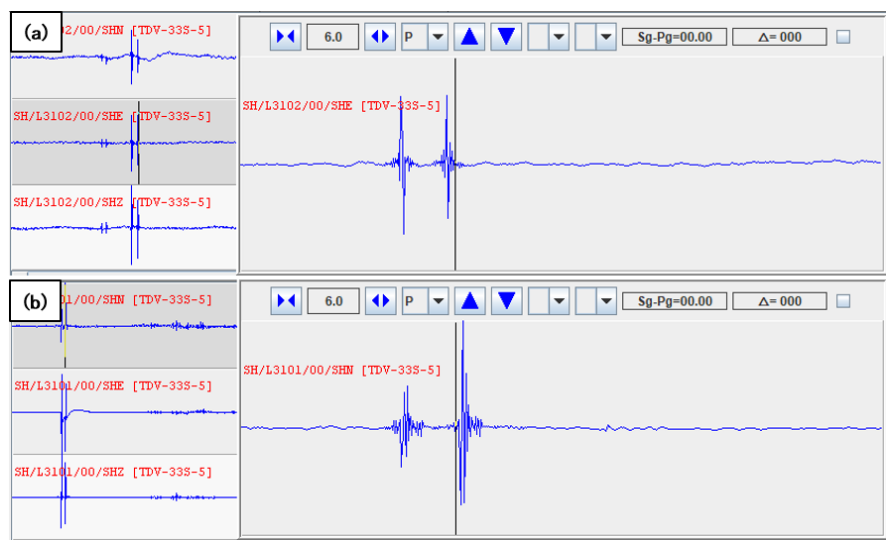
Fig.5 Station erection of L3102



(a) L3101 流动台脉冲标定; (b) L3102 流动台脉冲标定

图6 脉冲标定

Fig.6 Pulse calibration of mobile station



(a)L3101 流动台触发测试;(b)L3102流动台触发测试

图 7 触发测试

Fig.7 The test of trigger

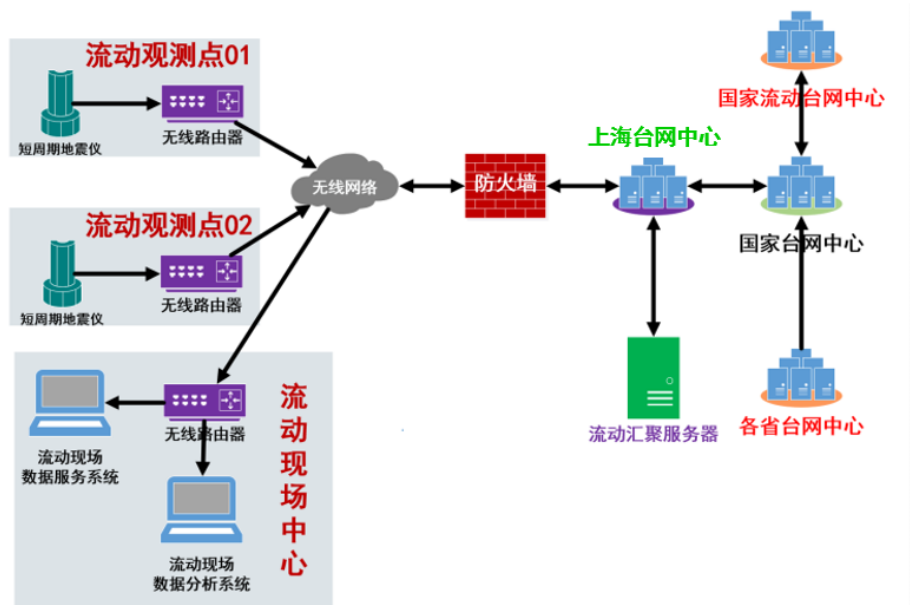


图 8 网络传输拓扑图

Fig.8 Map of network transmission topology

(3)数据传输与存储归档。上海局流动测震台站目前采用通过联通4G 无线路由器拨号连接公网后组建VPN(L2TP隧道)的传输方式进行远程实时通信。

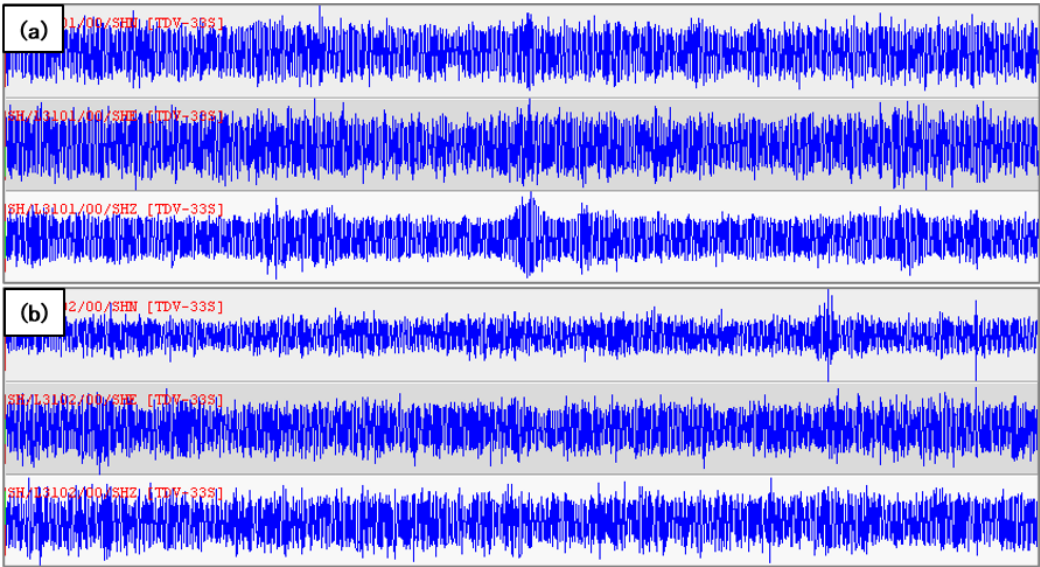
(4)数据波形记录。L3101 和 L3102 流动台采用地震计本地存储和JOPENS系统远程实时监控、数据存储的方式。图9为12月21日凌晨2:00~3:00一小时背景噪声波形数据。

(5)背景噪声分析及RMS值。对选取的1h背景噪声数据进行分析,分析结果及RMS值见图10和表1。

2.3.2 流动中心架设

按照评比细则,流动台网中心应具备以下功能:

- (1)流动台站参数配置。
- (2)固定台站参数配置。
- (3)流动中心数据库配置。
- (4)显示本省市本次演练架设的2个流动台站实时波形数据。
- (5)显示本次参演的各省市架设的所有流动台站实时波形数据。
- (6)显示本省市1个固定台站信息。



(a)L3101 流动台背景噪声;(b)L3102 流动台背景噪
图9 1h背景噪声波形

Fig.9 The waveform of 1h background noise

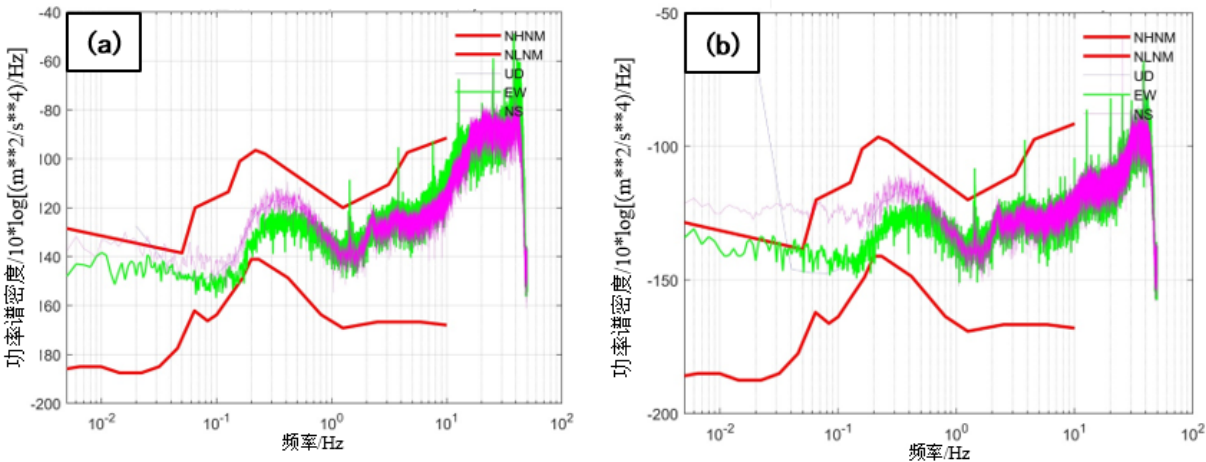


图10 功率谱密度图

Fig.10 Power spectral density diagram

表 1 上海局流动测震台 1~20 Hz 内 RMS 值和环境地噪声水平
Table 1 RMS values and environmental noise levels of mobile seismic station
of Shanghai Earthquake Agency within 1–20 Hz

序号	台站代码	台基类型	场地类型	地震计	RMS 值/($10^{-8}\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	环境地噪声水平级别/类
1	L3101	土层	地面	TVG-33S	44.78	V
2	L3102	安山岩	地面	TVG-33S	6.89	II

(7)MSDP 打开实时波形、截取存储地震事件，并实时分析。

(8) 流动台网中心工作场所设置。根据多种传输方案，各流动台站数据要上传至国家台网中心。各个参演单位现场流动测震中心除接收自己的 2 个测震流动台数据和本省一个固定台站数据

外，还要接收其它 5 个单位的 10 个流动测震台站共计 13 个台站波形数据，以组成测震流动观测中心。

12 月 23 日 8：30 分，上海局流动中心搭建完成，流动中心 UPS 系统进行电力供应。通过 4G 无线路由器拨号连接公网，组建 VPN(L2TP 隧道)的

传输方式进于上海市流动监测中心进行数据交互。流动中心配备4台工作站(一台用作人机交互,一台用作自动速报,一台用作台站参数配置,一台用作流服务器数据检查)。使用jopens5.2系统接收上海流动台网的实时数据,并将流动台网实时波形投影到今年更新的便携式幕布上。上海局两个流动台数据传输正常,自演练开始至结束从未间断,连续率100%。架台过程中产生的干扰均能清晰记录,数据质量可靠。

2.3.3 演练亮点

结合2019年流动观测演练结果,上海市地震局就在本年度演练中有针对性的进行了优化升级:

(1)设计制作了上开口式的保温桶,便于后期设备调试及维护。由于地震观测精密仪器对温度变化及气体流动十分敏感,所以在实际地震观测中防护罩以达到保温及消除气流干扰,提高信噪比的目的^[13]。上海局此次演练时研制了上开口式的防护罩,在兼顾保护、保温、防风、防潮的前提下在开口方式上作了改进提升。优点是掩埋后不需挖出整个观测系统,打开防护盖即可进行检修、校正、调试工作,大大缩短了后期的维护时间(图11)。



图11 防护罩设计

Fig.11 Design of protective shield

(2)升级了便携式投影系统。充分考虑野外观测的实战性,为更好的达到观测目的,采用了便携式投影系统。特点如下:①方便携带:便携式手提设计,收纳方便,大大缩短了流动中心的布设时间;②免安装,就地固定:特有支撑转轴结构,使幕布升降平稳,可以根据实际需求随意调整画面高度,大大提高了野外观测演练的实

战效果。

(3)纯铜无磁性底座。制作了纯铜无磁性底座并带有四根10 cm的支撑脚。优点:既可以牢牢的插入土层与台基更好的耦合又可以减少磁性物质对观测产生的干扰。

(4)制作角度可调节太阳能板支架,以便更加充分的利用太阳能供电。制作角度可调节太阳能板支架,以便太阳能电池板更好的吸收光能,满足设备的长时间野外观测的供电需求。

(5)为实现野外流动观测台站的标准化,制作了标识标牌及警戒线。

(6)为了更接近实战,此次演练的基岩台架选择在小昆山基岩出露无风化层处。

3 不足及改进措施

通过此次演练上海市地震局主要存在以下不足:通讯传输系统集成度不高,接线繁琐,导致架台耗时较长;未配备加固笔记本,部分野外装备需要更新。如太阳能电池板年久未更新,不能满足实战中长时间野外观测时设备供电需求;流动中心配置时对仪器模板说明书理解不够透彻,导致震级计算有偏差。

改进措施:加强测震流动观测技术人员的业务培训,认真学习流动测震架台规范,细节决定成败,严格按照规范完成台站架设工作;流动台站架设、流动中心架设、分析速报等岗位交叉培训,实现技术人员“一专多能”的要求;平时加强“战备”意识,提前进行流动观测地震计、通信设备以及服务器的参数配置,并定期检查,保证所有设备无须进行额外配置通电后即可立刻进入工作模式,提高流动观测的效率;根据专家组的考评意见,进一步完善升级流动测震台网的相关设备。

4 讨论

本次华东片区流动测震台网演练是模拟上海市青浦区发生地震的情景事件。围绕流动观测人员到达现场后可开展的具体工作而设定的演练项目。演练尽可能贴近实战,旨在加强流动测震台网管理,提高流动观测专业人员的素质和技能。本次演练采用评比机制,专家组现场根据参演队伍每个演练项目完成的时间和质量进行打分,通过这种形式既增加了队员们的时间紧迫感,又提

高了团队的分工、协作意识。演练完成后各参演队伍就自己的演练进行总结,最后专家组对此次演练的整体情况进行点评,会后各参演人员就所学所感以及兄弟单位可以借鉴的宝贵经验展开交流,现场提出意见和建议。

通过此次演练发现演练实战化程度还有待提高,建议日后在制定演练方案时予以充分考虑,可适当放宽演练时间,以便充分考察仪器设备在长时间野外条件下的运行状态。为提升流动监测队伍整体业务水平,建议学科组定期举行培训,邀请参加过地震应急台站架设的队伍介绍切身体会和经验。

参考文献

- [1] 孙玥,吕祎然,耿莉,等.基于地震灾害场景的环境卫生应急演练探讨[J].上海预防医学,2019,31(12):1024-1026.
- [2] 殷跃平.汶川八级地震地质灾害研究[J].工程地质学报,2008(04):433-444.
- [3] 屠泓为,张晓清,李启雷,等.对地震预测预报的一点思考[J].国际地震动态,2018(01):6-10.
- [4] 董丽娜,连尉平,陈为涛,等.防震减灾公共服务现状与需求全国公众调查结果分析[J].地震地质,2020,42(03):762-771.
- [5] 裴玮来,周仕勇,庄建仓,等.统计地震学在地震危险性概率预测方法研究中的应用与讨论[J].中国科学:地球科学,2021,51(12):2035-2047.
- [6] 薄景山,李琪,齐文浩,等.场地条件对地震动和震害影响的研究进展与建议[J].吉林大学学报(地球科学版),2021,51(05):1295-1305.
- [7] 张璐,舒优良,李垚奇,等.地震应急流动观测系统的组建与应用[J].高原地震,2019,31(03):30-33.
- [8] 熊玮,任清泉,范军.浅谈大型地震应急综合演练的组织[J].中国应急救援,2017(03):33-36.
- [9] 北京市地震局.北京市地震局组织开展地震现场应急通信及流动观测技术系统综合演练[J].防灾博览,2015(04):6.
- [10] 王东明,陈敬一,高杰.基于地震巨灾情景构建的应急救援演练虚拟仿真系统架构与设计[J].自然灾害学报,2021,30(04):18-34.
- [11] 潘国勇,王军,邵永谦,等.标准化设计在预警项目台站建设中的应用研究[J].科技与创新,2021(06):171-173.
- [12] 于海英,陈军,王军,等.上海中环中心爆破的地震应急观测和快速响应[J].地震地磁观测与研究,2020,41(02):181-187.
- [13] 宫杰,居海华,鲍海英,等.地震流动观测防护罩集成优化与效果分析[J].震灾防御技术,2020,15(04):855-867.