

付萍, 郑韶鹏, 汪豪. 福建省简易烈度计地震预警试验区观测网络系统建设[J]. 华南地震, 2020, 40(1): 60–66. [FU Ping, ZHENG Shaopeng, WANG Hao. Construction of the Observation Network System in the Earthquake Early Warning Test Area of Simple Intensity Gauge in Fujian Province[J]. South China journal of seismology, 2020, 40(1): 60–66]

福建省简易烈度计地震预警试验区观测网络系统建设

付 萍, 郑韶鹏, 汪 豪

(厦门地震勘测研究中心, 福建 厦门 361021)

摘要: 福建省地震局承建国家地震烈度速报与预警工程项目—简易烈度计地震预警示范项目, 由厦门地震勘测研究中心负责观测网络系统建设工作。项目组在厦门市、漳州市、泉州市和莆田部分地区依托中国电信福建分公司建设了符合一般站场址勘选要求的 300 个台站, 组建了由壁挂式三分向 MEMS 地震烈度仪构成、两种供电模式、数据传输以 MPLS VPN 2M 专线网为主的简易烈度计台网观测系统, 为构建三网融合的地震预警与地震烈度速报台网奠定了坚实的基础。

关键词: 简易烈度计; 地震预警; 观测网络系统建设

中图分类号: P315.75 文献标志码: A 文章编号: 1001-8662(2020)01-0060-07

DOI: 10.13512/j.hndz.2020.01.009

Construction of the Observation Network System in the Earthquake Early Warning Test Area of Simple Intensity Gauge in Fujian Province

FU Ping, ZHENG Shaopeng, WANG Hao

(Xiamen Seismological Survey and Research Center, Xiamen 361021, China)

Abstract: Fujian Earthquake Agency undertook the national earthquake intensity quick report and early warning project—simple intensity meter earthquake early warning demonstration project, and Xiamen Seismic Survey and Research Center was responsible for the construction of the observation network system. Relying on China Telecom Fujian Branch, the project team has built 300 stations that meet general site selection requirements in Xiamen, Zhangzhou, Quanzhou and Putian, and has established a simple seismic intensity meter network observation system consisting of wall-mounted three-component MEMS seismic intensity meter, two power supply modes and MPLS VPN2M dedicated line network for data transmission, which has laid a solid foundation for the construction of a three-network integrated seismic early warning and seismic intensity rapid reporting network.

Keywords: Simple intensity meter; Earthquake warning; Construction of observation network system

收稿日期: 2019-11-10

作者简介: 付 萍(1973–), 女, 工程师, 主要从事地震预警技术及地震地质研究。

E-mail: 306331280@qq.com.

0 引言

由于烈度仪台站成本低廉,易于密集布设,其较准确的震级估计结果,对于地震预警信息的准确产出具有重要意义^[1]。为加快推进地震预警体系建设,根据中国地震局党组统一部署和要求,2015年度在京津冀地区、福建沿海地区以及川滇交界地区组织开展简易烈度计地震预警示范区建设。

福建简易烈度计地震预警示范区建设内容是建设覆盖厦门、漳州、泉州及莆田部分地区的300个烈度仪观测系统及配套网络通信系统、部署地震预警与烈度速报中心数据处理系统及预警信息服务系统,为各级政府在中强以上地震发生后的紧急处置以及地震应急救援提供依据,也为地震研究、工程场地地震安全性评价、建筑物的结构抗震技术研究和各类工程结构抗震设计规范编制提供基础资料。总体目标是依托福建沿海现有及在建地震观测台站资源,组建三网融合的地震预警与地震烈度速报台网。在福建沿海试验区形成地震预警能力,网内发生破坏性地震后首台触发5~10 s发布地震预警信息,5~10 min产出烈度速报结果,仪器烈

度速报网格精度约为10 km。

根据《福建简易烈度计地震预警试验区建设2015年度任务专项实施方案》的部署,福建省地震局承建国家地震烈度速报与预警工程项目-简易烈度计地震预警示范项目(福建沿海地震预警实验网),由厦门地震勘测研究中心负责观测网络系统建设工作。

1 福建地震预警试验区烈度计网的分布

为尽可能的提高预警效率并减小预警盲区,计划以地震烈度计建立乡镇级别的地震烈度计网,即每个乡镇设立一个仪器烈度观测点。示范项目计划在福建省境内建设简易烈度计观测站900个,其中首期计划建设300个台站,台址要尽可能均匀分布在福建省沿海厦门市、漳州市、泉州市和莆田部分地区,观测站平均间距控制10 km。经过两轮招标、谈判,最终达成了与中国电信股份有限公司福建分公司的合作。即依托电信公司,原则上将新建观测站选址于电信公司符合条件的通讯基站中。福建简易烈度计台站分布见图1。

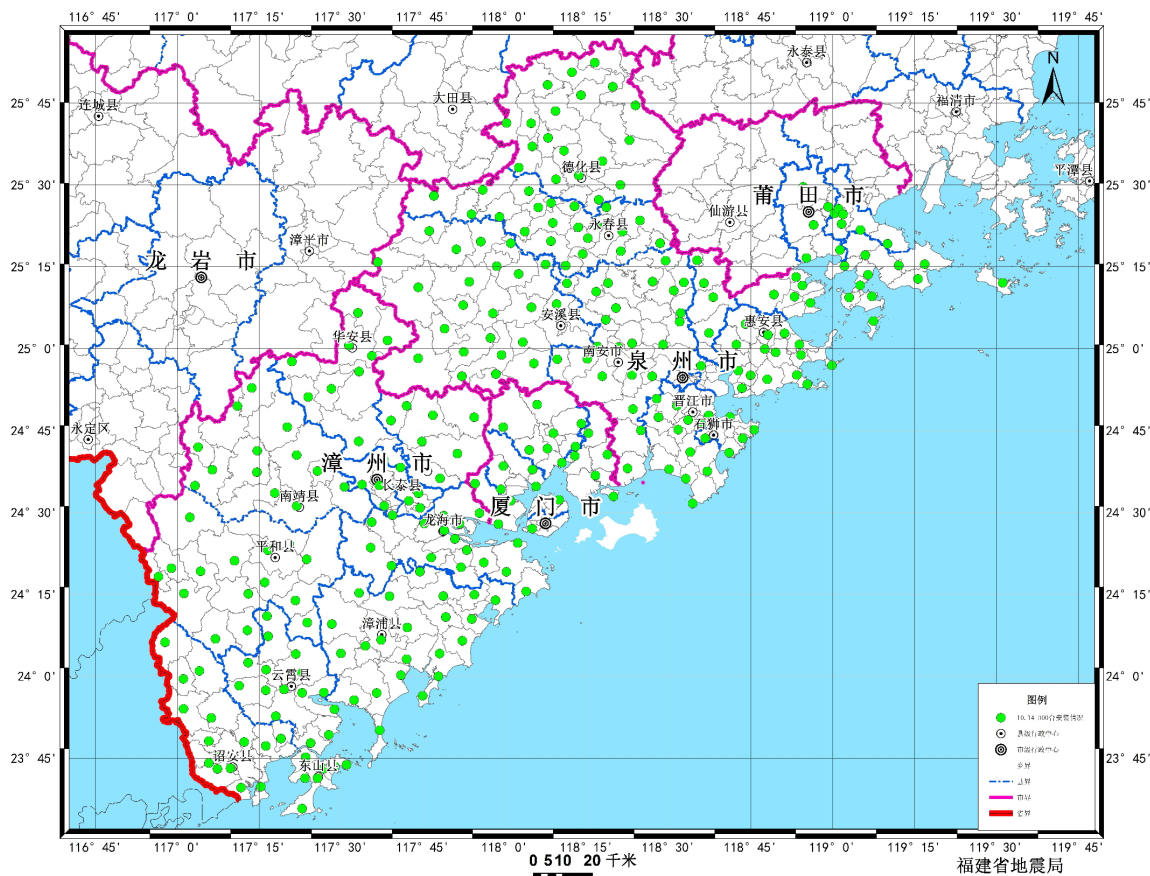


图1 福建简易烈度计台站分布图

Fig.1 Distribution map of simple intensity meter stations in Fujian

2 技术系统构成

福建省简易烈度计地震预警试验区台站观测系统由烈度仪、供电系统、通讯系统 3 部分组成。图 2 为烈度计台站观测系统构成图。

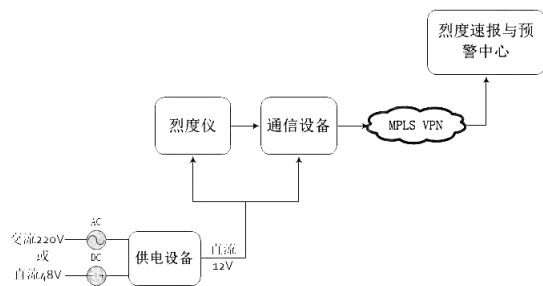


图 2 烈度计台站观测系统

Fig.2 Intensity meter station observation system

2.1 地震烈度仪

福建简易烈度计地震预警试验区建设烈度仪设备全部选用台湾三联科技有限公司研制、北京科益灵动科技有限公司生产的 Palert Advance 烈度仪。该烈度仪是 Palert 的进阶版，主要加强了仪器的防水功能、CPU 指令周期及地震波形的储存功能。中国地震局监测预报司在河北省唐山市建成的唐山简易烈度计台网，在网运行的 100 台套地震烈度仪就是使用的 Palert，其相关性能、成果均得到河北省地震局的肯定。另外，厦门地震勘测研究中心在福建省莆田市仙游县建有一个 23 个观测点的 Palert 地震烈度速报与地震预警信息发布示范项目，具有相关设备安装、运行、维护经验。

Palert Advance 内含三分向微机电(MEMS)加速度计、两组固态继电器可连接控制外界设备、10/100MHz 网络与 RS-232/RS-485 通讯能力、并内嵌小型信息显示 LED，是一款体积小、功能强 All-in-one 设计的地震仪器。特点：

(1) 两组 DO，可根据使用者不同需求做个别设定。

(2) 采用 16bit 80MHz CPU 及三分向机电加速度计，即时数位处理，提供高精度的数值判断。

(3) 地震判断逻辑采用 Pd、PGA、Displacement 与 STA/LTA 模式，三轴合成向量即时输出，可记录地震的最大合成及三分向加速度、瞬时三分向最大加速度。

(4) 提供 Modbus RTU 与 Modbus TCP 协定与 NTP 校时功能，可直接连接电脑、PLC 与人机界

面，使用 Modbus TCP 协定时，最多可同时连接三部电脑或主机。

2.2 电源供电单元

地震烈度仪采用直流供电，所有配电线均嵌入明线槽靠墙铺设，电源走线横平竖直。取电模式分为二种，具体方式如下：

(1) 运营商机房若不在基站一层，则安装位置根据实际情况优先选择一层的进线室、配电房等位置，由市电 220 V 通过电源转换器供电。为保证系统运行的连续可靠性，控制在一定距离内（不超过 50 m）将 220 V 交流电引入台站烈度仪防护机箱内。

(2) 运营商机房若在基站一层，则仪器安装于机房内，利用机房 48 V 不间断电源通过电源转换器供电，并控制直流电源引线距离（不超过 10 m）。

为确保安全，保证系统运行的连续可靠性，所用电源引入线采用三芯 2.5 mm² 铜芯电缆，插座、开关等使用高质量的产品。

以上供电系统建设均包含在通讯系统内，由运营商按要求统一负责铺设。

2.3 通讯系统

简易烈度计台站通讯系统主要采用以下的技术思路：在台站安装地震烈度仪、通信端口、电源配电单元等设备，采集到的地震动信号由通信端口通过有线网络传回省地震局台网中心，同时传回厦门地震勘测研究中心的数据中心。烈度计台站通信系统依赖运营商承载网，采用 MPLS-VPN 专网方式，实现不同通信节点的互联。台站数据传输以 MPLS VPN 2M 专线网为主，3G/4G 无线网络电路为辅，以两条 MPLS VPN 20M 电路作为省局中心及厦门地震勘测研究中心汇聚接入^[6]，数据传输示意图见图 3。

简易烈度计台网 IP 地址按地区规划，采用每个地市分配一个 B 类地址(表 1)，共划分 302 个子网，同时考虑未来的业务需求，预留足够子网。

3 站点遴选

3.1 遴选原则

项目组依据《地震台站建设规范地震烈度速报与预警台站》(DB/T 60-2015)及《国家地震烈度速报与预警台网工程一般站场址遴选技术指南》

相关要求, 确定了烈度计台站场址的勘选方案。台址勘选调查遵循以下原则:

(1) 台站均匀分布在监视区内, 同时根据我省地震地质构造条件和城镇 (人口相对密集) 分布情况作适当调整, 观测站平均间距 10 km 左右。

(2) 台站布设在自由场地上, 台址宜布设在平坦稳定的一般 (中硬) 场地上, 尽量避开局部地形变化大, 平面分布上成因、岩性、状态明显不均匀的土层地点 (如高耸孤立的山丘、陡坡、陡坎、河岸和边坡的边缘、软弱土、液化土、高填方区等)。

(3) 台站选择背景振动噪声较小的地点, 避开大型的马达、泵站、发电机、塔柱状结构、重型车辆通路、大型管道等设施, 优先选择各镇区行政单位的办公服务场所内。

(4) 安装点选择建筑物楼高不超过底层 10 m, 楼层数不超过两层, 仪器布设在建筑物地层人流量少, 环境安静的位置, 距离地面 20~40 cm, 放置于仪器墩或承重墙上, 按仪器所要求的水平及南北朝向安装。

(5) 台址场地的最大背景振动加速度噪声小于 0.0001 gn。

(6) 台站有稳定的交流/直流电源、稳定的网络, 交通方便, 并有安全保障。

(7) 防盗、防潮、通风、保温等符合相关规范要求。

根据上述原则并结合福建省实际情况, 项目组与中国电信集团公司 (福建) 分公司进行合作, 经勘选确认的 300 个一般站除厦门集美敬贤公园选择原有强震台外, 其余均选择租用电信公司的基站机房, 并由电信公司负责供电系统及网络建设及托管。原则上选择每个乡镇电信部门的模块局机房, 可以保证人口密度, 鉴于台站均匀分布的考虑, 部分乡镇选择村庄附近的接入网或 C 网机房, 且较大的乡镇可能布置 2 个站点, 一些较小且靠在一起的乡镇适当舍去。

3.2 现场勘选

2015 年下半年项目组开始着手进行烈度计台站的现场勘选工作, 通过与电信公司积极沟通配合, 完成了厦门、泉州、漳州、莆田等地市 300 个台站的现场踏勘选点工作, 其中厦门 23 个、泉州 128 个、漳州 127 个、莆田 22 个。每个站点都详细记录, 形成点之记 (表 2)。

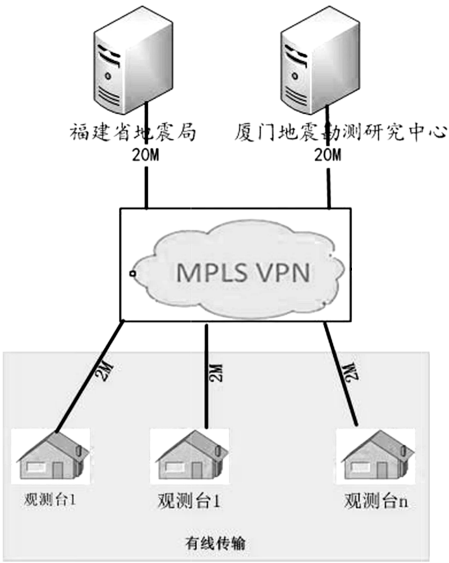


图 3 烈度计台站数据传输示意图

Fig.3 Data transmission diagram of intensity meter station

表 1 简易烈度计台网 IP 地址分配方案

Table 1 Ip address assignment scheme for simple intensity meter network

IP 地址范围	数量	备注
172.23.0.0/16	1 个 B 类地址	厦门地区
172.24.0.0/16	1 个 B 类地址	泉州地区
172.25.0.0/16	1 个 B 类地址	漳州地区
172.26.0.0/16	1 个 B 类地址	莆田地区

3.3 台站名称命名

台站名称采用 5 位命名规则, 字符为大写字母和数字。“Xabcd”: X 为地级市名缩写 (参考汽车编码), abcd 为四位数字, a 为地级市电话区号尾数, b 为县级代码 (见表 3), cd 为县内台站顺序数字代码。例如表 2 中的台站名称 “C5609” 代表 “泉州市德化县第九个台站”。

4 仪器安装与调试

项目组在完成烈度计台站的现场勘选工作后, 2016 年 5 月下旬开始在漳州南靖县、漳浦县完成二十七个台站观测设备测试安装, 测试设备及数据传输可行性及稳定性。2016 年 7 月至 11 月进行剩余台站的观测设备安装、调试工作。

地震烈度仪安装位置一般选择条件较好的电信机房, 若机房不在一层, 则选择底层的进线室、配电房、油机房等, 仪器布设在距离一层地面 50 cm 处以下。为了确保强震动记录的可靠性, 必须保证烈度计与安装面之间牢固紧密的接触。如果

地震时烈度计发生滑动，将会造成记录失真，甚至无法使用。另外，为确保烈度仪在安装运行后能有较好的运行环境，减少人为和其它外界因素的影响或破坏，还采用了增加防护机箱的防护措施。烈度仪安装位置按仪器尺寸在机箱背板开出安装孔，达到仪器和墙直接接触的目的。

表 2 一般站站点点之记
Table 2 General station site record table

台站名称	C5609
场地类型	<input type="checkbox"/> 基岩 <input checked="" type="checkbox"/> 土层
安装场址类别	<input checked="" type="checkbox"/> 砖混结构 <input type="checkbox"/> 其它（需说明）
台站位置	经纬度(°): 118.156, 25.517
	高程 (m): 691
台站地址	泉州德化盖德林地机房 联系人: 郑** 电话: 189****0378
供电条件	交流电: 有
交通条件	距最近通车道路距离: 30 m
数据通信条件	各运行商无线支持 3G/4G: 有 4G
施工条件	位于县道 X346 路边山坡上, 施工条件较好。
安全环境	有门禁, 较安全。
地形地貌、周边工程和振动源等	东高西低的低山地貌; 无明显干扰源。
土地权属	电信自有产权
场址综合评价	电信自建一层机房, 各方面均符合使用条件。 照片: 1470-1476 (1474 东面墙)
	
安装单位	福建省地震局 厦门地震勘测研究中心
安装人员	郑韶鹏、付萍、汪豪
安装日期	2015-07-20

表 3 简易烈度计台站名称县级代码表
Table 3 County-level code for the name of the simple intensity meter stations

区县划分	县名代码	区县划分	县名代码
厦门 (D2)		漳州 (E6)	
湖里区思明区	1	芗城区龙文区	1
集美区	2	云霄县东山县	2
海沧区	3	漳浦县	3
同安区	4	诏安县	4
翔安区	5	长泰县	5
泉州 (C5)		南靖县	6
鲤城区丰泽区洛江区	1	平和县	7
泉港区	2	华安县	8
惠安县	3	龙海市	9
安溪县	4	莆田 (B4)	
永春县	5	城厢区	1
德化县	6	涵江区	2
石狮市	7	荔城区	3
晋江市	8	秀屿区	4
南安市	9	仙游县	5

在墙壁上确定安装孔并用冲击钻取好孔后，用鱼式尼龙膨胀管配 $\Phi 10 \times 50$ 螺钉将防护机箱安装于承重墙上，烈度仪置于机箱镂空位置内用膨胀管配 $\Phi 10 \times 50$ 螺钉和墙壁锁固，设备安装方式如图

4 所示。地震烈度仪设备现场详细安装流程见图 5~7。

每个站点仪器设备全部安装后，应进行功能测试、人工触发试验、本地和远程测试。

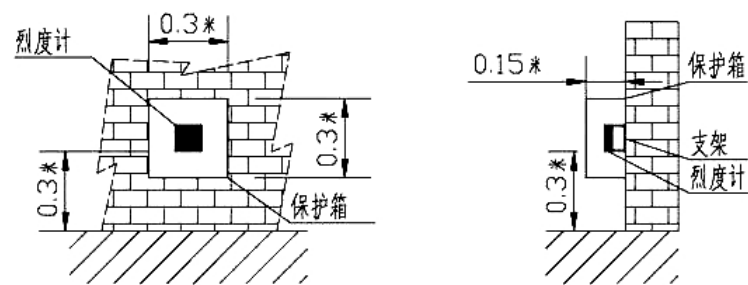


图 4 福建地震预警实验网设备安装图

Fig.4 Equipment installation for Fujian earthquake early warning experimental network



图 5 冲击钻取孔、仪器调水平并锁固

Fig.5 Impact drilling, instrument leveling and locking



图 6 测量安装方位角、配置网络及台站参数

Fig.6 Measuring installation azimuth, configuration of network and station parameter



图 7 安装防护机箱

Fig.7 Installation of protective chassis

5 结语

地震观测网络系统建设是一项集地震观测技术、建筑技术、电力技术、电子计算机技术和网络通信技术于一体的综合性工程。在设计及实施过程中做到以下几点:

(1) 观测房做到抗震、避雷、屏蔽、防潮、防水、防盗等科学化、人性化设计。

(2) 台站专用设备选型满足技术指标要求。

(3) 电信机房有直流电源的台站,可以提供不间断 48 V 直流电源,通过变压方式,直接给简易烈度计供电。少部分电信机房没有提供直流电源的台站,采用 220 V、50 Hz 交流转直流 12 V 输出供电方式。

(4) 传输链路基于 Internet VPN 拨号连接实现双向网络通信。

福建简易烈度计地震预警试验区建设项目经过两年多的建设,经历了工程方案设计、台址勘察、台站建设、仪器设备安装、系统集成等阶段。通过建设覆盖示范区 300 个乡镇,具有地震预警及烈度速报功能的简易烈度计台网及数据处理、信息发布中心,组建了由测震台网、强震动台网及低成本烈度计台网融合形成“三网合一”的福建省地震预警观测网络,使得福建省在观测台网规模和密度、观测技术水平、强震动记录的获取能力和质量、数据处理速度和信息发布功能等方面,达到国内先进水平,为日后的国家地震烈度速报与预警工程项目的全面实施建设也打下了坚实的基础。

6 主要问题及解决方案

通过福建省简易烈度计地震预警示范项目近一年的试运行发现,大批量的烈度计运维是个严重的挑战。烈度计台站低成本的特性使供电及网络环境相对较差,导致仪器故障率较高,加之维护工作人员较少,无法满足烈度计台网高运行率的要求。国家地震烈度速报与预警工程实施后台站数量更大(福建区域未来是 800 台左右),建议配备足够数量的备机,以购买服务的方式,依托社会力量进行台站运维。针对现有的烈度计仪器不稳定、系统集成度低的弊病,研发高度集成化的新型烈度计也势在必行。

另外,由于电信公司扩容需要,电信机房光纤改造,大量的接入网机房无法满足烈度计的布

设要求。有些接入网机房是租用民房,民房租用时间一般 3~5 年,面临到期无法续租、台站被迫改迁或停用的问题。为充分利用现有数量更加庞大的国家基础设施和社会资源提高数据传输效率、降低建设成本,项目组也尝试与中国铁塔公司开展合作,充分利用铁塔公司的 FSU(基站智能动环监控单元)冗余的带宽资源,联合进行了地震烈度仪接入 FSU 数据测试工作,测试结果表明:在网络信号质量较好时,通过 FSU 技术传输地震监测数据的方式,数据连续率基本稳定在 99%以上,但在无线网络信号质量上、信号无法回落上还存在一些问题,比如 FSU 的数据流量卡因信号问题回落至 3G 网络后,无法在信号好转时自动恢复成 4G 网络,需人工重启操作后方能恢复。解决方案可采取优化 FSU 的无线模块,并尽量选择无线网络质量较好的基站等措施,通过在后续工作中进一步与铁塔公司密切配合,逐步加以解决,为国家地震烈度速报与预警工程一般站建设项目的开展提供充足的可用台站资源。

参考文献:

- [1] 张红才,金星,李军,等. 烈度仪用于地震预警的可靠性研究——以高雄 M_s 6.8 地震为例[J]. 地震学报,2017,39(6):955-964.
- [2] 中国地震局. DB/T60-2015:地震台站建设规范 地震烈度速报与预警台站[S]. 北京:中国标准出版社,2015.
- [3] 江宁,张红才,王青平,等. 福建省地震预警信息图标设计[J]. 华南地震,2018,38(4):43-47.
- [4] 李晋恺. 制约我国地震预警技术发展的 2 个主要问题的探讨与解决方案[J]. 华南地震,2017,37(3):90-97.
- [5] 蒋长胜,刘瑞丰. 国家地震烈度速报与预警工程——测震台网的机遇与挑战[J]. 工程研究-跨学科视野中的工程,2016,8(3):250-257.
- [6] 方伟华,周蓝捷,郑韶鹏,等. 福建省简易烈度计台网智能监控与实时告警系统[J]. 地震工程学报,2018,40(supp):197-204.
- [7] 林伟,谢剑波,刘少文. 广东省地震预警台网建设规划[J]. 华南地震,2018,38(S1):101-107.