



地震监测站网升级换代的思考及在巨灾防范工程中的设计实现

余 丹, 李 瑜, 刘春国, 杜广宝, 张 锐

Thoughts and suggestions on upgrading and replacing earthquake monitoring networks and the design in the disaster prevention project

Yu Dan, Li Yu, Liu Chunguo, Du Guangbao, and Zhang Rui

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.19987/j.dzqxjz.2024-148>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

地震监测站点巡检最优路线规划软件设计与开发

Design and development of optimal route planning software for the inspection of earthquake monitoring stations

地震科学进展. 2025, 55(2): 102-107

四级业务架构下一般监测站运维管理对策研究

Research on operation and maintenance management countermeasures of general monitoring stations under four level business architecture

地震科学进展. 2022, 52(11): 543-546

超大城市推进地震巨灾保险工作的若干建议

Some suggestions on promoting earthquake catastrophe insurance in megacities

地震科学进展. 2021, 51(5): 206-214

吉尔吉斯地震活动性及监测台网研究

Research on Kyrgyzstan seismic activity and monitoring network

地震科学进展. 2021, 51(2): 65-71

江西省测震站网地震预警能力评估初步研究

Preliminary discussion on the earthquake early warning network of Jiangxi Province

地震科学进展. 2021, 51(6): 246-251

新时代贵州防震减灾科普宣传的思考

Thoughts on popular science propaganda for earthquake prevention and disaster reduction in Guizhou Province in the new era

地震科学进展. 2022, 52(11): 536-539



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

余丹, 李瑜, 刘春国, 等. 地震监测站网升级换代的思考及在巨灾防范工程中的设计实现 [J]. 地震科学进展, 2025, 55(9): 497-506. doi:10.19987/j.dzcxjz.2024-148

Yu D, Li Y, Liu C G, et al. Thoughts and suggestions on upgrading and replacing earthquake monitoring networks and the design in the disaster prevention project[J]. Progress in Earthquake Sciences, 2025, 55(9): 497-506. doi:10.19987/j.dzcxjz.2024-148

综述与评述

地震监测站网升级换代的思考及在 巨灾防范工程中的设计实现

余 丹^{*} 李 瑜 刘春国 杜广宝 张 锐

(中国地震台网中心, 北京 100045)

摘要 通过梳理我国地震监测站网建设运行中存在的短板与不足, 分析监测站网现代化发展趋势, 进而对标新时代防震减灾事业现代化新要求, 从新发展理念思考并提出我国地震监测站网升级换代的措施建议, 并详述在国家巨灾防范工程实施中的设计实现。

关键词 地震监测站网; 升级换代; 巨灾防范

中图分类号: P315 文献标识码: A 文章编号: 2096-7780(2025)09-0497-10

doi: 10.19987/j.dzcxjz.2024-148

Thoughts and suggestions on upgrading and replacing earthquake monitoring networks and the design in the disaster prevention project

Yu Dan, Li Yu, Liu Chunguo, Du Guangbao, Zhang Rui

(China Earthquake Networks Center, Beijing 100045, China)

Abstract This article has summarized the shortcomings and deficiencies in the construction and operation of the earthquake monitoring station network of China, analyzes the trend of modernization development of the monitoring station network, and proposes measures and suggestions for upgrading and replacing the earthquake monitoring network of China from the perspective of a new development philosophy. It has also detailed the design and implementation of the national disaster prevention project.

Keywords earthquake monitoring station network; upgrade and replace; disaster prevention

0 引言

地震监测基础设施是防震减灾事业发展的根本基础, 也是服务经济社会建设和协调发展的重要保障。我国地震监测基础设施经过近 60 年的发展, 现

已发展成为两大监测站网体系, 是全国均匀覆盖、局部加密的网络型基础设施。其中的测震站网(图 1)由基准站、基本站和一般站组成, 是地震速报预警、预测预报、应急救援以及震害防御等行业任务的基础

收稿日期: 2024-09-27; 采用日期: 2024-12-18。

基金项目: 中国地震局常规性项目《巨灾防范工程技术设计与规范指南编制》资助。

^{*} 通信作者: 余丹(1987-), 女, 高级工程师, 主要从事地震工程技术和信息化技术研究。E-mail: yudan@seis.ac.cn。



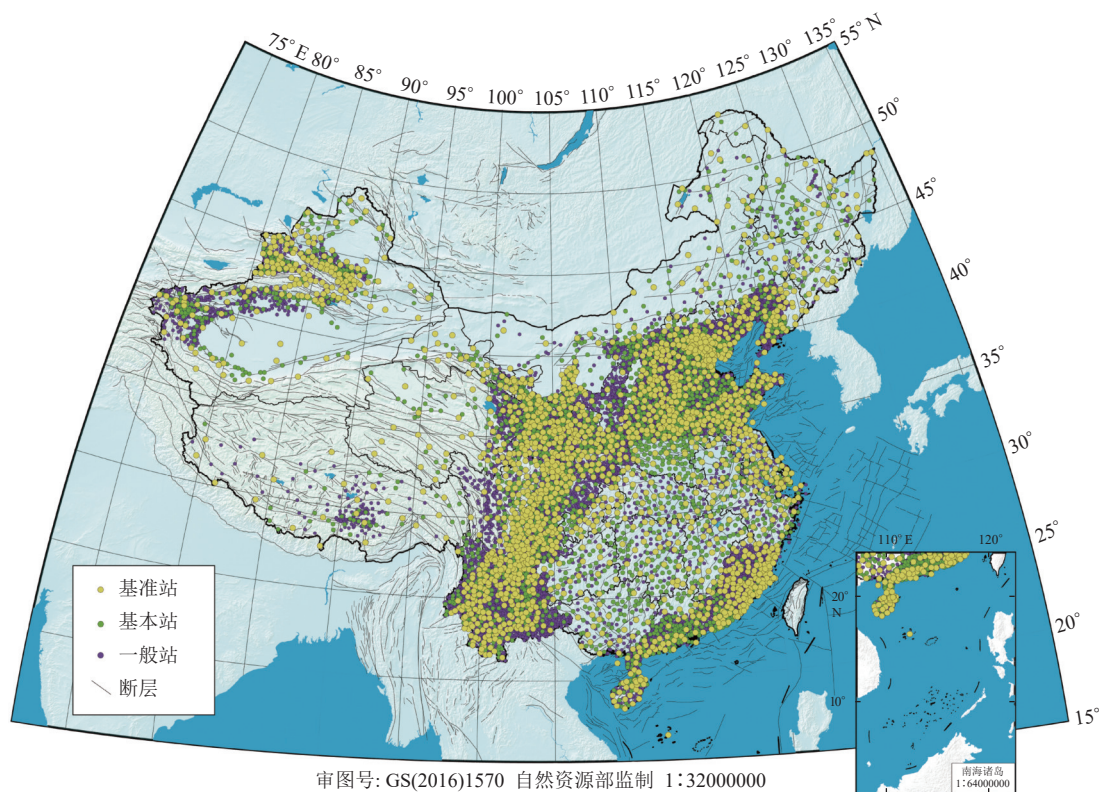


图1 中国测震观测站网分布图

Fig. 1 Distribution map of the seismic observation network of China

支撑,也为城市地震灾害风险底数探查、国家建设工程地震安全性评价、地震灾害防御工程标准制定等提供重要支撑;地球物理站网(图2)由北斗、重力、地磁、地电、地下流体、定点形变监测站组成,主要监测地壳形变、地球内部质量迁移、岩石圈磁场、地球介质电导率、地下水介质系统、断层预滑和微尺度破裂的动态变化过程,为地震预报提供有效的数据资料。两大监测站网不但是国家防灾减灾基础设施,还日益成为涵盖固体地球物理学、大地测量学、地质学、地球化学、天文学等学科领域的新型国家重大科技基础设施。从安全是发展的前提和基础大局来看,地震监测基础设施也是应对地震突发情况,应对经济社会平稳运行风险挑战的国家安全基础设施。

但是,对标国际先进水平和新时代防震减灾事业发展需求,我国地震监测基础设施尚不完善,主要表现在基础布局不合理、仪器装备和数据分析处理智能化水平不高等方面,如何补短板强弱项破难题,如何更好地推进防灾减灾、科技创新、国家安全、网络型国家基础设施的高质量发展,对确保防震减灾工作更好地服务经济社会发展、服务现代化强国建设具有重要意义和迫切现实需求。

1 我国地震灾害概况

我国地处亚欧板块、印度洋板块和太平洋板块的交汇处,位于全球两大地震活动带——环太平洋地震带和欧亚地震带之间,地震断裂带十分发育,地震多、强度大、分布广、灾害重是我国的基本国情(图3)。

我国在占全球 7% 的国土上发生了全球 33% 的大陆地震,大陆国土面积 58% 以上、近 55% 的人口处于 7 度以上地震高风险区。1900 年以来,在我国大陆地区已经发生 6.0~6.9 级地震 416 次,7.0~7.9 级地震 70 次,8.0 级及以上地震 7 次;地震造成的灾害涉及 28 个省份,死亡 66 万人,伤残近百万人,受灾人数达数亿人次,位居各国之首。地震在造成重大人员伤亡的同时,亦造成巨量的直接和间接经济损失,我国大陆 40 年来因地震造成的“年化地震损失”高达 280 亿元,其中:2008 年 5·12 四川汶川 8.0 级地震造成直接经济损失高达 8523 亿元,2013 年四川芦山 7.0 级地震直接经济损失 665 亿元。提升大震监测预警预报和大震危险源探索能力,加强大震巨灾风险防范尤为迫切^[1-3]。

当前,我国大陆及周边地区进入了相对的地震活跃期,地震数量明显增多,分布范围明显增大。在

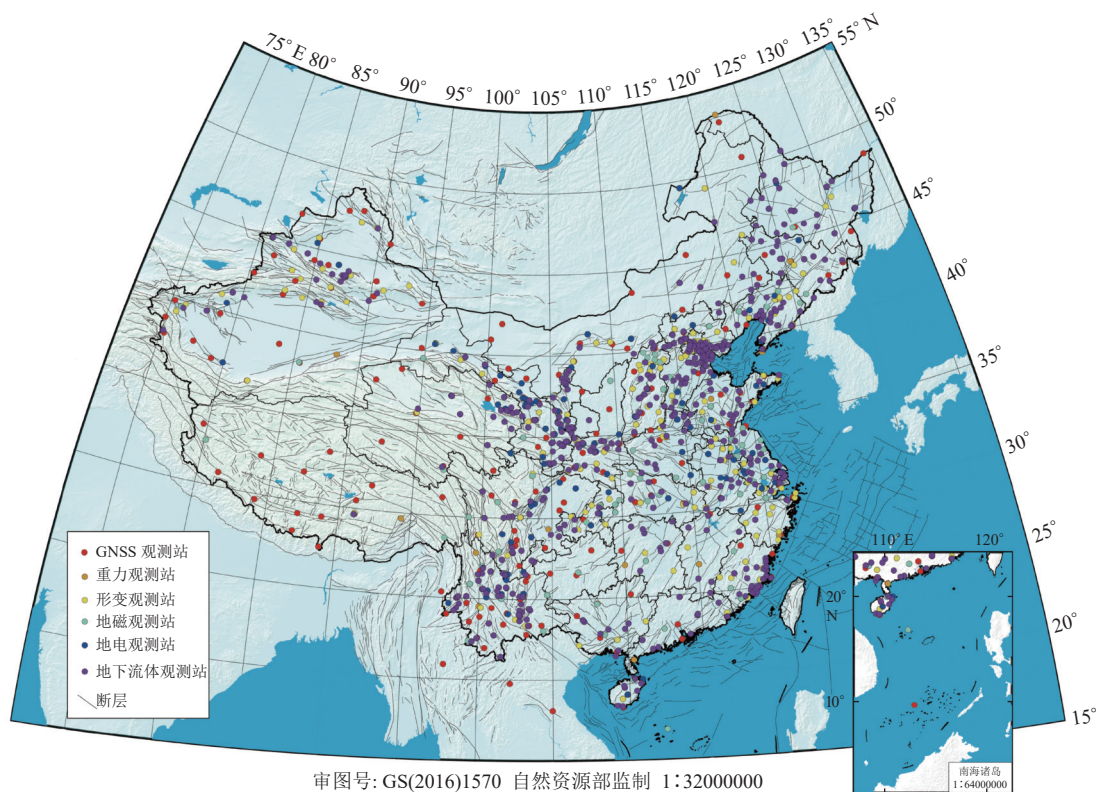
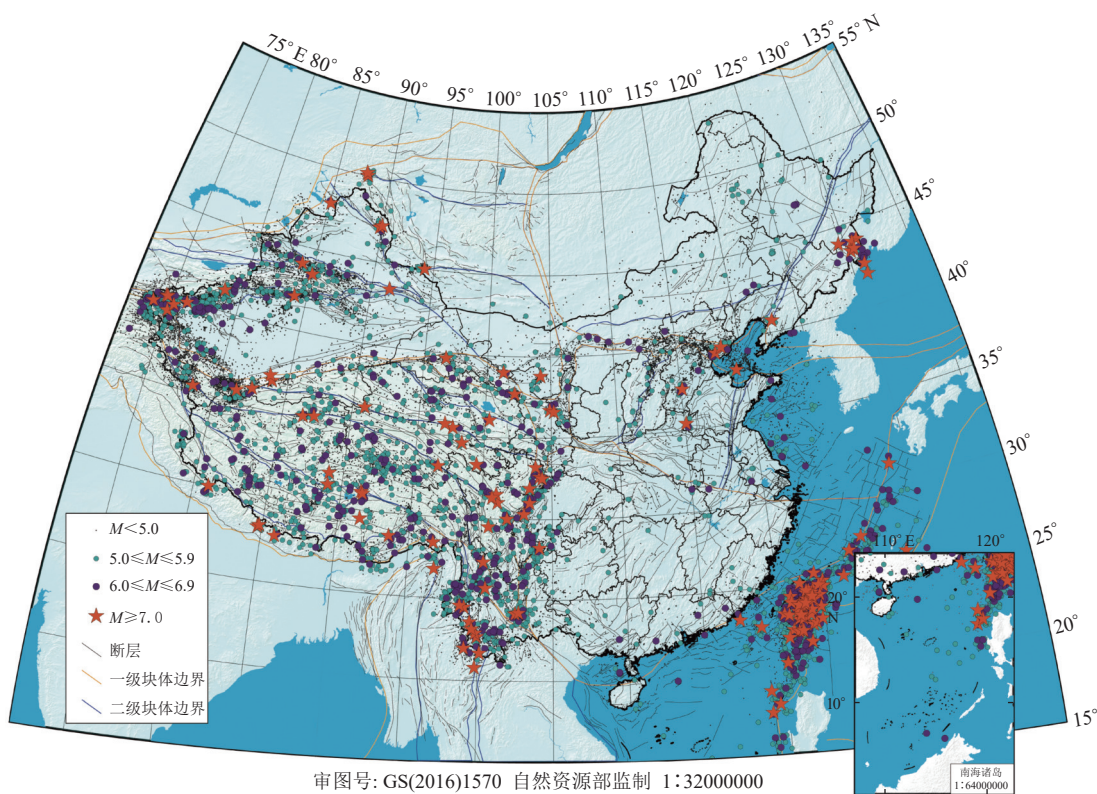


图 2 中国地球物理观测站网分布图

Fig. 2 Distribution map of the geophysical observation network of China

图 3 1900 年以来中国大陆及周边地震分布图(<https://data.earthquake.cn/>, 1900—2024-08)Fig. 3 Distribution map of earthquakes in and around the Chinese mainland since 1900 (<https://data.earthquake.cn/>, 1900—2024-08)

国家现代化征程中,经济发展促使人口财富迅速增长,暴露在大地震高风险区的城乡建筑和公路铁路等关键基础设施数量大幅增加;城镇化促使社会生产生活设施复杂化、网络化和关联化,极易放大地震灾害影响;全球化促使经济活动高度联接化、一体化、协同化,大地震容易造成国家巨大的间接损失和宏观影响,未来面临的震情、灾害风险和安全形势依然复杂严峻^[4-6]。

2 我国地震监测基础设施的现状和问题

2.1 发展历史和现状

2.1.1 起步和人工模拟阶段

我国的地震监测预报工作起步于1966年邢台地震。至改革开放前,我国地震监测仪器经历了从无到有、从引进到创新、从借用到自研的发展历程,初步满足了当时地震监测的基本需求,对当时国家的经济建设和震情监测跟踪提供了有力支撑。但囿于当时的仪器设备主要为人工和模拟观测,观测精度低、动态范围小、观测信息量少,观测数据汇总主要靠邮寄或电报方式,震情报告时间需要以天为单位,严重制约了地震监测的发展和震情的跟踪研判。

2.1.2 电子化尝试阶段

1978年我国开启地震观测数字化进程,经过“七五”的预研究、“八五”的试验系统研制和“九五”的数字化台网改造,地震观测技术和台网建设完成了从模拟到电子化的全面转变。建成了6大区域遥测地震台网、15个地方区域遥测地震台网和全国大地震速报台网,地震监测站达到347个,站网布局初步完善,遥测台网区域内的地震速报时间缩短到30 min以内,全国大地震速报时间缩短到90 min以内。建设和改造了220个前兆台站,安装了600套地震前兆观测仪器,用于地震预报的前兆台网也步入了电子化时代^[7]。

2.1.3 网络化阶段

“十五”期间,“中国数字地震观测网络工程”项目完成了全国地震台网数字化、网络化布局与建设,使我国的地震监测全面实现了数字化、网络化。地震速报时间缩短到5 min以内,震级下限从4.5级提升至3级。完成了293个重力、电磁、地下流体、定点形变站,600套观测设备的网络化改造,实现了观测数据的隔日汇集和分析处理,为震情的跟踪研判提供了可靠保障^[8]。“十一五”期间,国家重大科技基础设施项目“中国大陆构造环境监测网络”建设260个GNSS站,形成了对中国大陆地壳运动的成场

观测和对一、二级构造块体运动状态的准实时监测能力^[9]。“十二五”期间,国家地震安全计划之一的“中国地震背景场探测项目”在“十五”数字地震网络项目的基础上,进一步完善观测站网布局,填补了一些监测区域空白,持续优化地震自动速报系统,实现国内地震2~3 min自动速报,初步形成覆盖我国大陆地震活动图像、地球物理基本场、地下物性结构等地震背景场获取能力和数据产品加工能力。

2.1.4 预警功能业务化阶段

2018—2024年,“国家地震烈度速报与预警工程”在全国建成15899个观测站,构建起全国地震烈度速报与预警观测网络,在华北、南北地震带、东南沿海、新疆天山中段、西藏拉萨预警重点区形成完善的地震预警能力和基于乡镇实测值的烈度速报能力^[10-11]。地震预警系统在云南漾濞6.4级、四川泸定6.8级、甘肃积石山6.2级、新疆乌什7.1级等显著地震后及时发布预警信息,取得了良好的减灾实效。该项目实现了国家测震站网的预警功能,但未能完成我国地震监测基础设施的全面升级换代。

2.2 面临的新形势和新课题

近2万个观测站组成的地震监测站网,涵盖了测震、形变、电磁、流体等多个测项,初步实现全国成网、区域成场监测。目前已基本形成“国家业务中心—省地震台—监测中心站—一般监测站”四级业务架构,构建装备、数据、分析、产出、服务和保障业务组成的监测业务体系。测震站网实时产出地震速报、烈度速报、破裂过程、余震分布等专业产品,实现全国2 min地震自动速报、8~10 min正式速报、重点区域秒级预警,拓展非天然地震及大型地面震动事件监测定位业务。首都圈地区地震监测能力达到1.0级,东部大部分地区达到2.0级,西部大部分地区达到2.5级,近海海域达到4.0级,我国大陆地震监测“盲区”基本消除。地球物理站网定期产出地壳形变、重力、电磁、地下流体等地球物理场背景及精细变化图像。地震预报综合应用多学科资料,形成长、中、短、临相结合的业务体系。

但震情形势依然复杂严峻,一些地方城市高风险、农村不设防的情况仍然突出存在,特大城市和城市群在产业布局、国土空间利用、基础设施建设中对大震巨灾风险考虑不充分。与此同时,防范大震巨灾风险的能力与国家和人民的地震安全需求还有差距,地震监测基础设施布局、体系和装备需要进一步优化和提升,地震预警刚刚起步,地震预报依然是世界性难题,科技创新对事业支撑引领作用不够,服务

“全灾种、大应急”体系能力不足,防震减灾事业高质量发展和监测基础设施现代化任重而道远。

2.3 短板和不足分析

2.3.1 地震活动与监测能力不匹配,地震监测站网布局不平衡

根据地震观测记录统计,1900年以来我国大陆地区7级以上地震均发生在活动构造断裂带上,其中5级以上地震主要发生在新疆西部、青藏和川滇地区,以及华北部分地区。而地震监测站密度不平衡,东部地区平均间距50~100 km,西部地区平均间距100~250 km,东部少震省份监测震级为1.0~2.0级,而西部多震省份监测震级下限为2.5~3.5级。地震基本参数测定精度不高,地壳构造运动的变化信息获取能力有限,存在较明显的地震监测薄弱区域,地震监测能力与地区震情形势和社会经济发展需求不相适应的矛盾凸显。同时,在东部经济发达和城市群地区,随着财富集中和人员聚集,愈发呈现地震灾害隐患多、风险高的特征,地震风险防范能力较弱,现有地震灾害危险源的综合监测能力与大城市群的风险防范和安全需求存在一定差距。

2.3.2 地震监测站网仪器装备高精度智能化程度不高

近年来光纤、量子、超导、新材料等新型传感技术,为推进地震监测发展提供了新机遇,但传统地震观测设备技术进步仍不显著,尤其是面临站点观测环境日益恶化、电磁干扰增多、观测资料质量参差不齐的紧迫问题^[12-16],制约了地震监测站网效能的充分发挥,与构建观测精确、分析精细的站网业务体系有不小差距,亟需抗干扰、分离干扰、物联网等新技术研发智能化、小型化、低功耗、高精度的地震监测仪器,推进地震监测站网装备国产化和迭代更新。

2.3.3 地震监测站网信息化建设发展进程较慢

前期地震业务信息系统分期分散分段建设,数据和信息共享程度较低,设施装备较为落后,信息基础设施承载未来地震密集观测、移动应用和智能服务需求的能力不足。信息系统的网络安全不完善,业务系统灾备安全设计不足,存在业务运行风险隐患。现有地震信息网络架构无法满足站网数据传输和业务云端应用等发展需求,亟待对现有信息网络架构及基础设施进行重构升级,确保站网信息资源互联互通和安全可靠。

2.3.4 地震数据分析处理智能化水平不高

地震监测预报长期停留在监测数值、经验数值、预警阈值的对比分析阶段,在数据处理方面还没有

全面融入大数据、云计算、人工智能、物联网、数据挖掘、并行计算等新兴信息技术。当前地震监测数据分析处理系统是基于原有数百个监测站点处理能力发展而来,不能适应站网数万乃至数十万站点数据分析处理应用,亟需构建高分辨率实时动态分析处理技术,实现对地震的精准监测和数值预报。

3 以新发展理念引领地震站网现代化的措施建议

立足我国防震减灾发展实际,对标地震科技先进、监测预警精准、风险防治精准、应急服务精细、人民群众满意的目标,建设一个与国家发展和安全保障相适应的现代化地震监测基础设施体系,弥补地震站网在布局、装备、信息系统和智能化方面的短板与不足,从新发展理念引领发展的角度思考地震监测设施现代化建设路径,提出如下措施建议(图4)。

3.1 统筹谋划地震监测高质量发展

在整体上,加大推动地震监测站网建设与监测预警、预测预报、风险防治、应急服务等全链条业务的有效衔接和高效协同,实现防震减灾整体效益最大化。在结构上,秉承地球系统科学思路,地面测震和地球物理观测与空间对地观测技术应用协同融合,探索无人机探测和船载综合物理观测技术,形成覆盖我国海陆及周边地区的现代化立体地震监测体系,同时把多学科数据采集管理、计算与数值模拟分析、风险评估与信息发布等技术环节进一步整合。在统筹上,加大中央、地方和行业投入的同时,避免分块设计、多头建设、缺乏统一的旧发展模式,以地震业务顶层设计和国家站网规划作为蓝图,统筹在网基础设施、在(拟)建观测设施、科研观测设施和市县观测设施的资源整合和高效利用,推进各类型地震监测设施协调发展。在布局上,优化测震和地球物理站网布局调整与建设,着力提升四川、云南、西藏、新疆、青海等西部地区 and 近海海域的地震监测能力,强化京津冀地震安全风险监测业务一体化。在功能上,完善水库、核电、火山、煤矿等专用监测台网,提升非天然地震事件的监测能力。

3.2 创新引领监测站网升级换代

以功能导向明确测震站网和地球物理站网的应用与定位,分级分类标准化设计观测布局和仪器配置,提高全国不同类型地震事件的监测和识别能力。在仪器技术方面,加大高精度重大仪器装置等卡脖子难题攻关力度,实现在重力、电磁、卫星导航等重

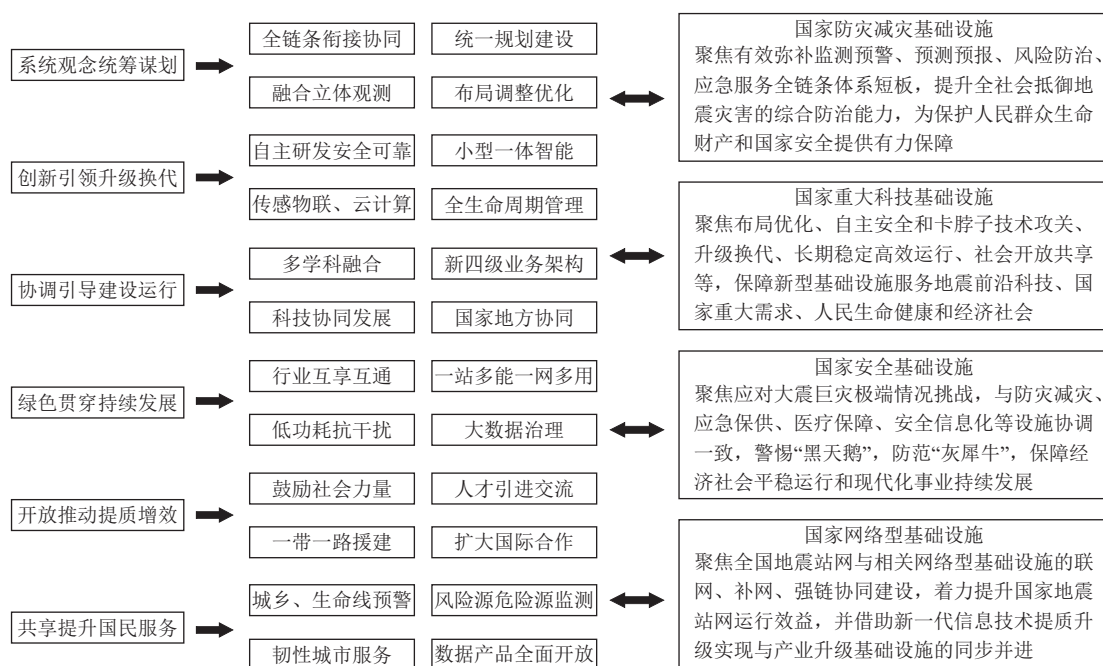


图4 以新发展理念引领地震监测站网现代化的建议框架图

Fig. 4 Proposal framework diagram for leading the modernization of the earthquake monitoring network with a new development philosophy

要仪器的自主可控和安全可靠。引进光纤、量子、超导等新型传感技术,对标国际先进装备向更宽频带、更大动态范围、更低仪器噪声,向低功耗、小型化、一体化、智能化自主创新和集成创新发展。在信息化方面,充分使用5G、传感物联、大数据、云计算、人工智能等现代信息技术,应用和拓展地震领域的新质生产力,强化数据质量控制和业务运行保障,提升观测数据可靠性、设备运行稳定性、维护保障及时性,实现技术装备全生命周期管理,探索AI在数据分析、数值预报的融合应用,逐步实现站网感知、处理、评估和服务的智能化。

3.3 协调引导监测站网建设和运行

在地震监测方面,开展多频带测震和强震,北斗、InSAR、地磁和重力的协同观测与数据融合,综合应用观测数据提升空间分辨率和应用效能。在站网运行方面,自主研发生产地球物理观测装备,建立健全质量管理体系和标准化体系,实现站网运维监控智能化,推动地震台站业务转型升级。在科技支撑方面,加强站网与科研院所重点实验室、技术创新中心、野外科学观测站的协同,在仪器装备研发、新技术应用、模型算法改进、监测效能评估、科研成果转化等方面深度协作。在站网治理方面,加强对地方监测站网的指导性和约束性,对功能目标、空间布局、观测质量和应用效能进行科学评估,提升各级设施

的基础能力和服务能力。

3.4 绿色贯穿监测设施可持续发展

在资源整合方面,充分利用各渠道投入,加强与国土、测绘、地质、气象、水利、交通等行业,国家、地方和科研等观测网络在设施规划、建设和资源方面的互通互享,避免国家重复投资建设。在站网建设方面,在选址和布局设计中更加注重共址观测,既提高观测数据的可比性,也进一步降低观测成本,实现“一站多能”。对接其他行业充分挖掘在结构工程、地质调查、安全生产、导航定位、国防建设等领域的应用效能,实现“一网多用”。在数据中心方面,探索IT设备、配套设施以及整体层面的绿色低碳新技术,持续推进利用云计算等技术将数据中心资源池化、虚拟化,大幅提高相同能耗水平下服务器的利用率。推进地震信息资源整合共享,提升地震信息化基础支撑能力和服务全国、全行业、全系统能力,实现地震数据治理“一朵云”。

3.5 开放推动监测设施提质增效

在建设运行方面,加大引入市场化社会化力量进行地震监测基础设施的建设和运维服务,既控制建设运维的质量和成本,又集中专业力量聚焦核心业务,提高监测站网的综合运营效益。在科技合作方面,充分发挥高校、科研院所科技优势和专家作用,深度挖掘国家地震监测站网数据资源,深化地震发

生规律、空间、海洋及深井观测技术探索。在国际合作方面，以地震监测设施为纽带，强化“一带一路”国家援外地震观测站网的建设、升级和合作运行，持续拓展在数据信息共享、地震预警服务、地震灾害风险防治和地震科学基础研究等方面的合作。推进设施参与防震减灾国际合作和全球科技治理，参与和组织国际大科学计划，联合开展重大国际科技合作项目。

3.6 共享提升监测设施国民服务

在预警服务方面，依托建成的国家地震烈度速报与预警系统，实现全国重点区域震后秒级地震预警信息发布能力、分钟级地震烈度速报能力，重点地区充分利用应急广播、电视、互联网、手机等手段，建设多终端立体化传播平台，精准发布地震预警信息，实现到村到户到个人。拓展地震预警示范应用，为高铁、核电、水库、大坝、管网和危化等生命线工程提供预警信息。在风险防治方面，在人口稠密地区，特别是地震灾害高风险地区加密站点，强化地震灾害危险源和风险源的多手段观测，产出高质量的地震监测数据，获取到地震实时信息，为烈度速报、地震预警、地震预报、建筑破坏分析、抗震设防等防震减灾决策提供数据支撑，也为国土空间规划、城市

韧性建设、应急救援准备、大震巨灾应急、风险信息服务等提供决策信息。在共享服务方面，监测站网要不断提升数据精准度，瞄准国家、社会、经济和科技发展的全领域各方面规划、设计、研制和推送服务产品，深化地震监测数据集和服务产品的共享共用。

4 巨灾防范工程的设计实现

2024年，中国地震局启动巨灾防范工程全面建设，该工程旨在弥补当前地震监测预报预警和大震危险源探索能力存在的突出短板，有效防范化解大震巨灾风险。其中的地震监测预报预警部分主要由观测系统更新换代、数据平台更新升级和运行环境改造升级3个分项组成。观测系统分项通过对全国31个省级地震局监测站网的装备更新升级，提升地震监测基础设施能力、强化地震短临跟踪和异常核实能力，进而提升地震观测的智能化、技术装备的现代化水平；数据平台分项通过对全国31个省中心信息化基础设施更新换代，提升数据分析和产出、应急服务响应和网络安全系统防护能力；运行环境分项通过对全国140个中心站的运行环境改造和4107个监测站智能化改造，提升监测站业务运行标准化水平和基础设施保障能力(图5)。

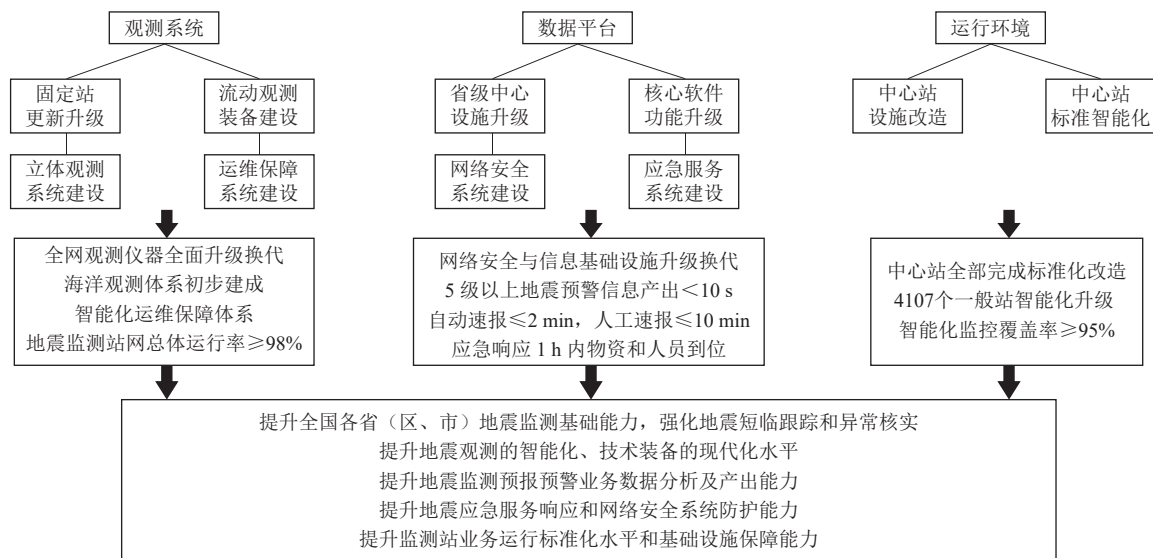


图5 巨灾防范工程建设内容和目标框架图

Fig. 5 Content and framework of the disaster prevention project

在巨灾防范工程设计过程中，充分运用新发展理念，把监测站网智能化升级换代(表1)和站网规划相结合，把更新升级与补齐短板相结合，从仪器装备、处理系统和运行环境3个方面系统谋划，统筹解

决仪器装备更新换代、信息系统智能化升级和站网运维规范化。

在观测系统方面：突出统筹谋划一体设计，填补立体观测空白，补充海洋观测浮标式海洋地震观

测系统、海底地震仪以及海洋重磁与海底三维扫描观测系统。统筹市县资源，改造省市县站并入国家站网。优化预警监测站网布局，迁建部分预警观测站点。创新引领站网升级换代，鼓励小型化、一体化、智能化仪器列装，强震站由触发式向实时传输换代，重力站由相对连续观测向绝对连续观测换代，GNSS 站网向北斗观测换代，地磁绝对观测向自动化观测换代，地电装置向秒数据回传换代。协调科研院所资源合作建设地磁、地球化学等比测实验基地，协调省市县制定协同规划和区域一体化设计，推动国省市县数据资源的互联互通。合理利用资源，装备流动观测设备和异常核实装备，增强固定与流动观测优势互补，提升流动观测能力和地震异常信息捕捉能力。列装地震监测备机备件，优化区域保障中心布局，提升仪器设备故障恢复效率。

增加预警终端建设，精准发布地震预警信息，向国铁集团、川藏铁路、国家管网等提供地震预警信息服务(图 6)。

在数据平台方面：升级智能化监控平台软件，实现技术装备全生命周期管理，逐步实现设施感知、处理、评估和服务的智能化。升级迭代地球物理业务软件，整合数据汇集、预处理、处理、跟踪分析、产品产出等技术环节。开发北斗实时解算软件，与强震站协同和数据融合。升级 31 个省级应急服务保障系统，购置本地化基础数据，国家与省局数据打通实现信息资源同步。推进利用云计算等技术将数据中心资源池化、虚拟化。引入市场机制，在设备选型、适配、扩容、软件升级替代等方面扩大开放，充分竞争优中选优。升级并部署产品共享平台，为国、省、中心站多级用户提供地震专业产品和服务(图 7)。

表 1 站网建设分项仪器装备更新统计表
Table 1 Statistical table of instrument and equipment updates for the network construction section

站网	类型	台套/个	升级换代内容
测震站网	测震仪器	5444	更新站网设备，改造796个强震计实时传输，改造接入293个市县站
	预警终端	8319	优化预警监测站网布局和服务能力
地球物理站网	北斗接收机	739	北斗替换GPS，改造接入315个省级站
	重力仪	66	更新绝对连续重力仪
	电磁仪器	613	更新仪器，地电场秒数据回传
	定点形变仪器	403	更新仪器，新建40个新型钻孔测点
	流体仪器	1800	更新仪器，新建30个标准流体实验室
海洋网	观测仪器	57	布设海洋地震观测系统
流动与异常核实	仪器装备	3681	构建流动观测和地震异常信息捕捉体系
计量检测	检测装备	10	建设地磁、地球化学等比测实验基地

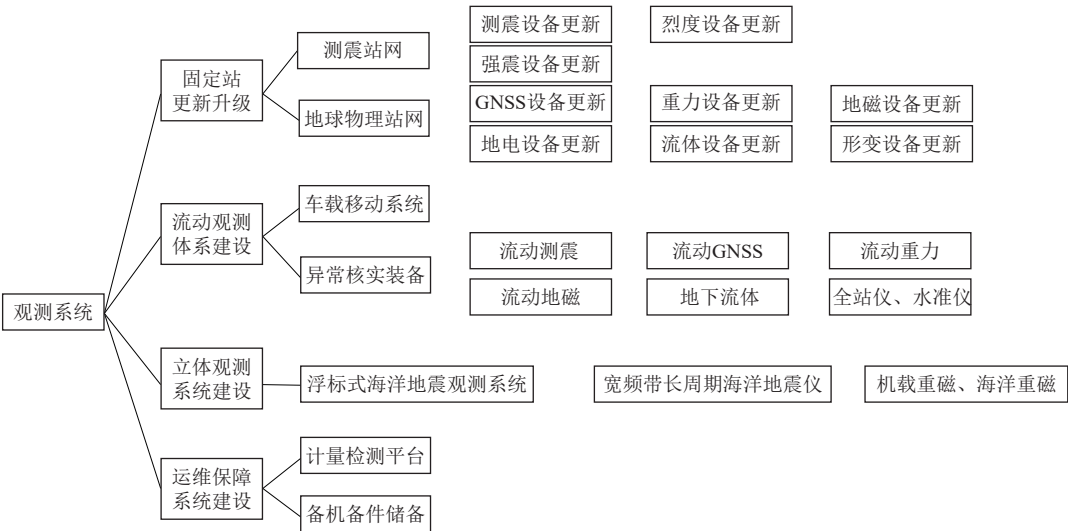


图 6 站网建设分项建设内容框架图

Fig. 6 Framework diagram of the network construction section

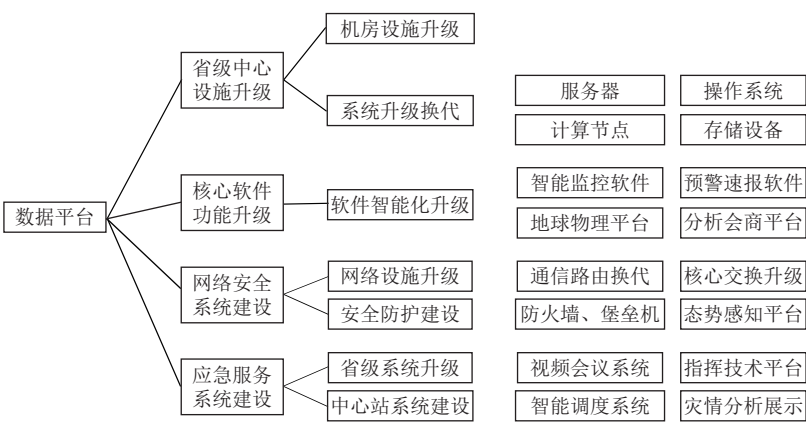


图 7 数据平台分项建设内容框架图

Fig. 7 Framework diagram of the data platform section

在运行环境方面：对预警网中 4107 个一般站进行智能化升级，包括防震加固、综合布线、标识标志，配置网络化 IP 监控摄像机、智能电源、环境传感器、直流路由器等智能化监控设备，实现国省台三级联通，提升站网运维效率和水平。建设全国 140 个地震监测中心站应急服务保障系统，实现国省台一体化联动。对全国 140 个地震监测中心站观测用房及水电气暖等基础设施全面优化改造和标准化建设，提升中心站对地震监测、预测预报、地震预警与应急等业务的综合支撑能力，拓展科普和宣教服务能力(图 8)。

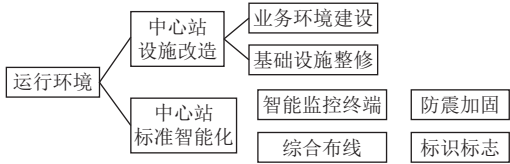


图 8 运行环境分项建设内容框架图

Fig. 8 Framework diagram of the operating environment section

5 结语

以高水平地震安全服务中国式现代化是新时代

防震减灾工作的重要使命，作为工作基础的地震监测站网，承载着向防灾减灾、科技创新、国家地震安全与网络安全等新型国家基础设施转型的重要任务，监测设施的加快升级、融合发展、创新优化尤为迫切。未来的地震站网是面向地震灾害风险防范的现代化立体化地震监测基础设施，趋势是发展新技术并融合多学科拓展对地震成灾演化过程的动态化监测预警预报能力，丰富震后公众感知和危险性辅助决策产品以拓展智能化应急服务能力，强化城市基础设施和生命线工程的监测以提升现代化韧性国家能力。正在实施的我国巨灾防范工程，正是以新发展理念谋划国家地震监测站网的智能化升级换代，完成监测基础设施的数字转型和智能升级，构建系统完备、高效实用、智能绿色、安全可靠的现代化战略基础设施体系，为防范化解大震巨灾风险、保护人民生命财产安全和经济社会稳定，保障国家重大战略实施、确保重大基础设施和重大工程地震安全提供安全支撑，必须扎实建设稳步推进。

参考文献

[1] 陈颢, 彭文涛, 徐文立. 21 世纪地震灾害的一些新特点 [J]. 地球科学进展, 2004, 19(3): 359-363
Chen Y, Peng W T, Xu W L. New feature of earthquake disaster in 21st century[J]. Advance in Earth Sciences, 2004, 19(3): 359-363

[2] 吴吉东, 何鑫, 王莱林, 等. 自然灾害损失分类及评估研究评述 [J]. 灾害学, 2018, 33(4): 157-163
Wu J D, He X, Wang C L, et al. A review on classification and loss assessment of natural disasters[J]. Journal of Catastrophology, 2018, 33(4): 157-163

[3] UNDRR. Global assessment report on disaster risk reduction 2019[R]. Geneva: United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2019

- [4] Koks E E, Rozenberg J, Zorn C, et al. A global multi-hazard risk analysis of road and railway infrastructure assets[J]. *Nature Communications*, 2019, 10(1): 2677
- [5] Krausmann E, Cozzani V, Salzano E, et al. Industrial accidents triggered by natural hazards: An emerging risk issue[J]. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2011, 11(3): 921-929
- [6] Young S, Balluz L, Malilay J. Natural and technologic hazardous material releases during and after natural disasters: A review[J]. *Science of the Total Environment*, 2004, 322(1/3): 3-20
- [7] 刘瑞丰. 中国地震台网的建设与发展[J]. *地震地磁观测与研究*, 2016, 37(4): 2, 201
Liu R F. Construction and development of China seismic network[J]. *Seismological and Geomagnetic Observation and Research*, 2016, 37(4): 2, 201
- [8] 陈会忠. 中国数字地震观测网络工程的科技进步[J]. *防灾博览*, 2007(5): 20-21
Chen H Z. Technological progress of China's digital earthquake observation network engineering[J]. *Overview of Disaster Prevention*, 2007(5): 20-21
- [9] 王坦, 李瑜, 张锐, 等. GPS 在我国地震监测中的应用现状与发展展望[J]. *地震研究*, 2021, 44(2): 192-207
Wang T, Li Y, Zhang R, et al. GPS in earthquake monitoring in China: Current situation and prospect[J]. *Journal of Seismological Research*, 2021, 44(2): 192-207
- [10] 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
Jiang C S, Liu R F. National seismic intensity rapid reporting and early warning project: Opportunity and challenge of seismic network[J]. *Journal of Engineering Studies*, 2016, 8(3): 250-257
- [11] 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
- [12] 刘耀伟. 地震流体最新科学进展与发展方向[J]. *国际地震动态*, 2004(10): 44-50
Liu Y W. Advances and trends of researches on underground fluid related to seismogenesis[J]. *Recent Developments in World Seismology*, 2004(10): 44-50
- [13] 刘春国, 孔令昌, 杨竹转, 等. 我国地震井水位观测网监测效能评估[J]. *中国地震*, 2015, 31(2): 329-337
Liu C G, Kong L C, Yang Z Z, et al. Monitoring efficiency evaluation of well-water-level observation network in China[J]. *Earthquake Research in China*, 2015, 31(2): 329-337
- [14] 鲍海英, 蒋延林, 樊晓春, 等. 高压直流输电对地电场观测的影响探讨[J]. *中国地震*, 2020, 36(3): 607-619
Bao H Y, Jiang Y L, Fan X C, et al. Study on the impact of high voltage direct current (HVDC) transmission interference on geotechnical stations in Jiangsu Province[J]. *Earthquake Research in China*, 2020, 36(3): 607-619
- [15] 解滔, 卢军. 地电阻率观测常见变化形态及其可能原因分析[J]. *中国地震*, 2023, 39(1): 128-142
Xie T, Lu J. Variations of apparent resistivity and its possible causes[J]. *Earthquake Research in China*, 2023, 39(1): 128-142
- [16] 朱成林, 甘卫军, 贾媛, 等. 工程降水对钻孔应变的干扰特征及干扰机制研究[J]. *地球物理学报*, 2024, 67(4): 1398-1411
Zhu C L, Gan W J, Jia Y, et al. The study of interference characteristics and mechanism of engineering dewatering on borehole volume strainmeter[J]. *Chinese Journal of Geophysics*, 2024, 67(4): 1398-1411