

国家地震烈度速报与预警工程 ——测震台网的机遇与挑战

蒋长胜, 刘瑞丰

(中国地震局地球物理研究所, 北京 100081)

摘要: 我国已启动的“国家地震烈度速报与预警工程”, 将建设世界上规模最大、总数超过 10000 个台站的地震烈度速报与预警观测网络, 这将显著提升国家防震减灾的服务能力和水平。对建设中的国家烈预工程与现有地震监测台网的发展关系进行科学的分析, 具有重要的现实意义。研究表明, 国家烈预工程将在地球科学研究、地震速报与地震应急处置、地震预测预报等方面为现有地震监测台网带来难得的发展机遇。国家烈预工程建设中已显现出一些新的问题, 包括系统运行的稳定性与可靠性、烈度仪数据的可用性、观测数据的综合利用、以及跨学科数据共享服务等。此外, 为做好国家烈预工程建成后的运行和服务工作, 需要从地震观测学科角度开展大型观测台网的运行模式研究, 以进一步优化测震台站布局; 同时, 需要开展地震预警关键技术和检测系统等实用化研究工作。

关键词: 地震早期预警; 烈度速报; 地震监测; 测震台网

中图分类号: P315

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2016)03-0250-08

引言

我国地处环太平洋地震带和欧亚地震带的交会地区, 地震活动频繁, 一旦在城市附近发生破坏性地震, 将对人民的生命财产、重大基础设施和生命线工程造成严重危害, 因此, 必须高度重视地震监测和震害防御工作, 采取有效措施切实减轻地震所造成的灾害损失。基于实时观测台网的地震早期预警 (earthquake early warning system, 简称“EEWS”) 和烈度速报系统日益受到重视, 已成为国际上主要的防震减灾手段, 20 世纪末和 21 世纪初, 美国、日本、墨西哥、土耳其和我国台湾地区已相继建立了实用的地震早期预警系统^[1-8], 其中的一些系统已经经受了地震考验, 积累了许多成功经验^[9-10]。2015 年 6 月, 国家发

改委正式批复“国家地震烈度速报与预警工程”建议书, 8 月 20 日, “国家地震烈度速报与预警工程”(以下简称“国家烈预工程”)建设启动会在北京召开, 这标志着世界最大规模地震烈度速报与预警网络的建设正式开始。

近 20 年来, 我国测震台网的建设得到了迅速的发展。通过“中国数字地震监测系统”、“中国数字地震观测网络”和“中国地震背景场探测”这 3 个项目的实施, 我国的数字测震台网和强震动观测台网已初具规模。目前我国现有的地震观测台网包括由 167 个台站组成的国家测震台网 (含缅甸、老挝 4 个境外国家台)、881 个台站组成的 32 个省级区域测震台网、27 个台站组成的 3 个地震台阵、33 个台站组成的 6 个火山台网、以

及建设在印度尼西亚、巴基斯坦、萨摩亚等国的境外测震台网等。正在推进的国家烈预工程将以强震动观测为基础,与新建测震台网、高频 GPS 台网实现“多网融合”,达到“一网多用”。大规模的覆盖式台站建设在显著提升国家防震减灾服务能力和水平的同时,也为现有测震台网带来了难得的发展机遇。在我国乃至世界的地震观测史上,尚未建立过如此大规模、高密度的地震观测系统,而无论是从减轻地震灾害的角度,还是推动地震观测技术发展的角度,这样的观测系统势必给相关领域带来较大的冲击和新的发展机遇。如何把握国家烈预工程建设的新契机、实现地震监测台网的跨越式发展,进一步提升该工程对推动地球科学研究、地震速报与地震应急处置、地震预测预报及国防外交等方面的服务能力,已成为无法回避、值得深入思考的课题。

1 国家烈预工程和测震学

1.1 国家烈预工程简介

地震早期预警的主要目标是:在地震破裂的早期阶段检测到地震信号,并在致灾的剪切波和面波到达之前的数秒到 1 分钟时间里,将快速预测的地面运动强度传达给用户,以便对生命线工程和重大设施采取紧急处置措施,以及规避地震灾害、实现人员生命的挽救。国家烈预工程采用测震、强震、烈度仪和高频 GPS“多网融合、一网多用”的建设原则,计划建成 1800 个配置宽频带地震仪和加速度仪的基准站、3600 个配置加速度仪的基本站、超过 10000 个配置烈度计的台站。此外,整个工程将统筹规划、节约资源,进行国家、省市、市县(区)的上下对接,实现行业、企业的平行发展,并充分利用学校、气象、通讯等公共资源。工程建成后,将为重灾区位置和灾

情分布的快速判定,社会公众的避震逃生,城市供气供电系统、核电站、水库大坝、大型变电站及输油输气管线、高速铁路等重大工程的制动、关闭的紧急处置等提供服务,减轻直接地震灾害及次生灾害的损失。

由国家烈预工程计划建设的台站分布图可见(图 1),在华北地震区、南北地震带、东南沿海和新疆西北部这 4 个地震预警区,平均台站间距在 25km 以内,其中,北京、天津地区平均台站间距缩至 10km 左右;中东部地区平均台站间距为 50km 左右;青藏地区 and 新疆南部地区平均台站间距达 90km 左右。

这是我国有史以来规模最大的一次地震观测台网建设,工程完成以后,台站数量和局部台站密度均将达到国际先进水平。从地震观测角度看,工程的建设为实现“全频带”、“全动态”的地震观测创造了有利的条件,将对我国的地震监测带来难得的发展机遇。因此,一方面要科学规划测震台站和强震动台站的总体布局,积极推进项目的实施;另一方面,要努力解决在工程实施中出现的地震学问题和技术问题,积极探索大型综合观测台网的运行管理模式、以及大数据的分析处理、管理与服务模式,充分发挥该项目的总体效能。

1.2 测震学以及中国的测震相关工作

早期的“测震”概念,受到观测技术和对地震现象认识不足的限制,仅仅局限于测量大地质点振动相关的理论研究和仪器制造技术。自 20 世纪 60 年代以来,随着现代地震观测技术的发展,尤其是逐渐从模拟观测发展到数字观测后,现代测震学的研究领域得到了极大的拓展。除一般意义上的地震观测与仪器外,现代测震学的研究还包括:地震观测方法和技术研究(例如密集和超密集地震台阵、小孔径台阵、深井观测)、地震信

图 1 引自《国家地震烈度速报与预警工程项目建议书》(中国地震局发展与财务司、监测预报司主编,2016 年)。图中的基准站、基本站和重点地震预警区仅为项目的初步设计结果。

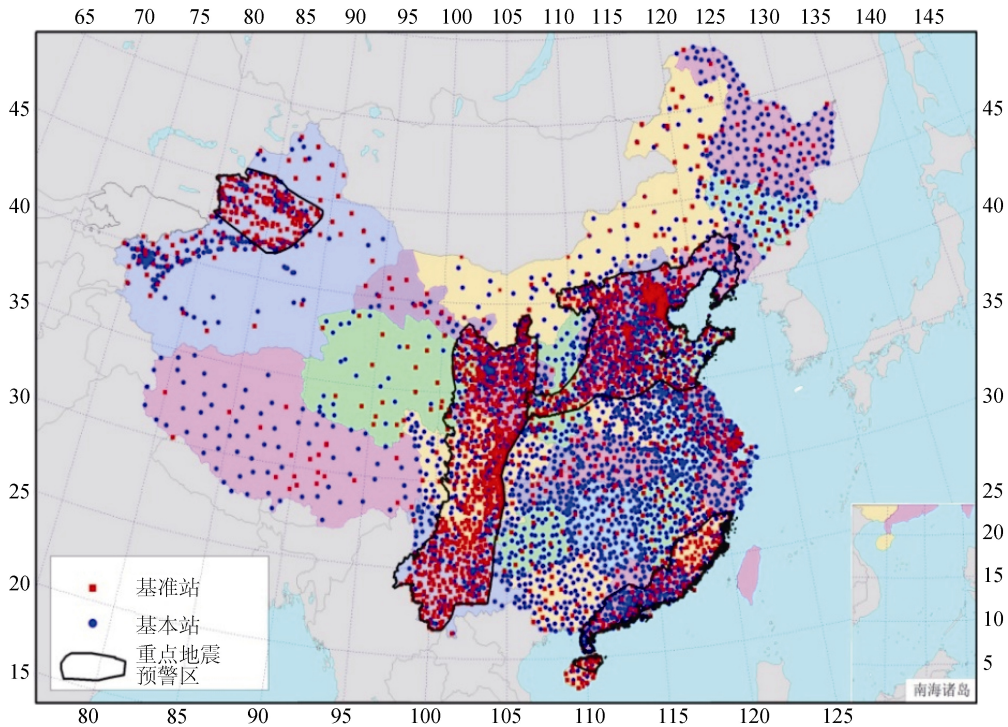


图 1 国家地震烈度速报与预警工程拟建设的台站分布图

号采集传输和记录技术、实时地震学 (real-time seismology)、地震数据的共享服务等等。随着地震学的发展,一些新的发现和方法创新也在不断地丰富测震学的内涵,例如非火山颤动 (tremor) 和“间歇性滑动与颤动”(ETS,或“寂静地震”)的观测发现,以及利用地震噪声互相关方法提取格林函数(NCF)的技术等等。国际上的“测震”实际上也对应着“地震观测与解释”(Seismological Observation and Interpretation,简称“SOI”),相应的科学组织包括国际地震学与地球内部物理学协会(IASPEI)中设立的“地震观测与解释委员会”(CoSOI)等,这些“测震”相关的机构和科学组织在地震震级的测定、地震震相的命名等方面发挥了重要的科学组织与协调作用。

目前关于“测震”观测的内容尚存一定争议。在我国,“测震”的观测内容通常既包括速度型和位移型地震观测,也包括加速度记录的强震动观测,而在其他国家,对是否区分强震动观测的标准并不统一。地震所产生的地面位移的振幅小到

数纳米($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$),大到数米,跨越 11 个数量级;相应的,频率跨越约为 7 个量级,即从周期达 10^4s 的固体潮、 10^3s 的地球自由振荡、 10^2s 的长周期面波、 10s 的长周期体波,到 1s 的短周期体波、在震中地区 10^{-1}s 的强地面运动、 10^{-2}s 地壳的小地震。受到仪器的动态范围、增益水平的限制,并考虑到实际的效费比,需要建立主要观测周期和频率不同的观测台网,尤其是中低频观测的地震监测台网和近场高频的强震动台网。

自 20 世纪 70 年代现代地震观测规模化以来,我国的“测震”学科及其观测网络得到了飞速的发展。目前,已建有以速度型宽频带地震仪为主的地震监测台网和加速度记录的强震动台网,各自的台站数量均超过 1000 个。1993 年,中国地震局成立了“测震学科技术协调组”(CGSOI),并开展了追踪国内外科技前沿、编制发展规划、推动测震基础理论研究与应用、监控评比观测资料、编写各类教材和标准规范、组织人员培训等工作,发挥着专家智囊团和技术管理组织的作用。

此外,协调组还下设“测震学科技术管理组”负责具体的运行维护工作。

2 国家烈预工程带来的机遇

国家烈预工程的实施将实现全国性的地震烈度速报以及对4个重点区域的地震预警,从总体上提升我国防震减灾能力、拓展防震减灾公共服务领域,而且,该工程在地球科学研究、地震速报与地震应急处置、地震预测预报等方面也将发挥重要的作用。

2.1 地球科学研究

我国防震减灾工作中地震学仍面临诸多科学挑战^[1],区域构造块体的相互作用与地震的关系、地球内部结构和动力过程与地震的关系等等重大科学问题的解决,均需要一个现代化的地震观测网络作为支撑。国家烈预工程建成后,每天可输出约400GB的原始观测数据,这些数据将在推动我国的地球科学研究方面发挥重要的作用。

第一,基准站配备宽频带地震仪和加速度仪,主要布设在低环境噪声基岩场地或井下,背景噪声低,可以同时记录地面运动的速度量和加速度量,可以准确记录从微震到强震的地震波形数据,实现“全频带”、“全动态”的地震观测,使近场小地震和远场大地震记录清晰,且近场强震不限幅,数据可用于地球物理、地震学及地震工程研究。

第二,基本站配备加速度仪,布设在人口聚集区内环境噪声相对较高的地表场地,记录加速度量,其观测数据可准确确定台站所在场地的地震地面运动参数(如加速度峰值、速度峰值、反应谱等),数据同时也可用于地震工程学和地震学研究。

第三,利用密集台站的地震波形数据、频谱数据可建立地球三维速度结构的图像,并研究介质的衰减、散射、孔隙度等地球介质特性参数和各向异性等问题;利用短周期地震波研究中、小尺度介质结构,以获取区域高分辨三维速度结构;利用密集台站记录的远震长周期面波可研究全球

深部及大尺度精细结构;利用局部密集台站波形数据,可研究特定地区的区域性地质、地球物理事件,如震源区的深部构造背景、介质应力状态、地震过程、火山地热异常区的深部结构等。

第四,近场宽频带数据和强震动数据的实时获取,为精细研究地震的震源破裂过程、复杂的地震震源的时-空过程、地震震源特性、地震矩张量反演、非均匀震源面的描述、区域应力场的变化等科学问题创造了有利条件;利用密集台站记录的远震长周期面波,开展全波段波形拟合,可研究大尺度应力场分布及其随时间的演化过程,探讨板块运动规律。

第五,通过综合利用全球地震台网的波形数据,可研究地球内部大尺度不均匀性和各向异性,为推动全球构造和地球动力学研究,如板块俯冲、消减带、缝合线以及地幔对流等创造了有利条件。

这些宽频带数据、强震记录数据和烈度计数据的综合利用,将有助于显著提升我国地震科研的整体水平。

2.2 地震速报与地震应急处置

国家烈预工程建成的高密度台网,还将有效地提高中国大陆及周边地区的地震监测能力,提高地震基本参数的测定精度,为地震应急输出更加丰富的数据结果。

一、该工程能显著提高地震的监测能力。一方面,该工程形成覆盖中国大陆的高密度、高精度的地震观测网络,在重点地震监视区的台站平均间距达到23km左右,京津地区达到10km左右,这样高密度的台网可明显提高对小地震的监测能力;另一方面,测震台站与强震动台站观测资料的联合应用,全面加强了对近场大震的监测能力,避免了强震近场“灯下黑”现象的出现。

二、该工程能显著提高地震参数的测定精度。有效利用数量众多的加速度计和烈度计的到时数据,能够准确测定地震的发震时刻、震中的经纬度和震源深度,地震定位精度得到明显改善;有

效利用宽频带地震仪记录的波形数据,能够准确测定地震的震级,这些资料的联合应用就可以有效提高地震基本参数的测定精度。

三、该工程能显著提高数据产品的产出能力。利用近场高密度台站实时观测数据可以动态产出余震的精确定位结果,得出震源区三维震中分布图,勾画出余震的空间展布;近场测震台站和强震动台站的联合使用,能够精细研究地震的震源破裂过程;此外,可以使用多种方法产出震源机制解、地震烈度分布、地震库伦破裂静应力变化、震区历史地震震源机制解分布图、震区历史地震分布图等形式多样的地震应急数据产品,为震后地震趋势判断、地震应急救援和灾害损失评估提供更加丰富的数据产品。

2.3 地震预测预报

从服务地震预测预报的角度,国家烈震工程的建设将带来以下五方面的发展机遇:一,高密度台网的布设,将显著提升重点区域的微震监测能力,直接为年度重点地震危险区、重点监视防御区的震情跟踪提供更为充分的地震观测数据的支撑;二,高频的加速度记录,将为获得强震和巨大地震破裂过程的细节,以及活动断裂带上未破裂凹凸体的分布提供可能;三,高密集台站的近震中观测,将为监测强震前的破裂成核过程、开展相关的理论研究提供重要的观测数据支撑;四,距离震中更近的大动态、不限幅的加速度记录观测,将为强震后更为完整地识别余震提供可能,这将为余震序列跟踪、强余震预测等提供重要的数据支撑,而此前,主震后发生的余震往往被大量遗漏;五,逐步完善的地震参数自动化处理技术,在显著提升实时地震学的同时,为震情跟踪尤其是短临跟踪、地震序列跟踪等提供了更为及时快捷的数据支持。

3 国家烈震工程面临的新问题

国家烈震工程建设和相应台网的运行离不

开测震台网的结合与支持。由于地震观测的振幅和频率宽谱带、大动态的客观需求,国际上通用的做法是建设两种类型的地震观测台网,即测震台网和强震动台网。测震台网主要测量微小地震和较远的地震,用于监测地震活动性,测定地震的震源参数,研究地球内部结构、地震成因,探索地震发生规律。测震台网要求仪器具有很高的灵敏度,主要配置短周期仪器、宽频带仪器或甚宽频带仪器。强震动台网主要用于监测强烈地震震中附近的近场地面运动过程,以研究强地面运动的特征,配置有加速度仪器。测震台网和强震动台网互为补充,两者结合后既可记录微弱地震,又可记录强烈地震。

基于地震预警和地震烈度速报的实际需求,国家烈震工程对原有地震监测台网的建设、运行提出了更高的要求:

一、系统运行的稳定性与可靠性。对于地震预警而言,震区附近的台站就像反应灵敏的“哨兵”,必须稳定、可靠地运行。每一个台站的到时数据幅度记录信息对于地震定位和震级估算至关重要,要达到首台台站监测到地震P波5~10秒后即可给出地震预警信息的目标。因此,需要对观测仪器质量、台站建设质量、通信系统设计、数据处理方式、信息发布方式、系统运行管理模式等环节进行科学规划,以确保系统运行的稳定、可靠。

二、烈度仪数据的可用性。该工程要建设超过10000台的烈度仪台站,远远超过测震台站和强震动台站的数量,烈度仪记录的数据将在地震预警和烈度速报中发挥重要作用。台站密度达到一定程度,会使地震定位的速度和精度达到较高水平,而如何利用烈度仪观测的数据估算地震的震级是一个关键的问题。例如:2015年9月14日,河北昌黎发生了4.2级地震,自动地震速报系统在震后6s就测定出地震的位置和发震时刻,但自动地震速报系统不兼容加速度仪器观测的数

据和烈度仪器观测的数据,因此只能等接收到宽频带仪器数据后才能开始计算震级。

三、观测数据的综合利用。该工程中涉及的仪器有宽频带地震仪、加速度仪、烈度仪和高频 GPS 仪。由于多方面的原因,测震台网、强震动台网和 GPS 台网由不同部门管理,系统运行分散在不同的单位。为实现全国性地震烈度速报和区域性地震预警的功能,强化地震速报和震源参数速报的功能,需要宽频带地震仪、加速度仪、烈度仪和高频 GPS 仪在同一平台上运行。只有实现观测数据的统一处理、统一应用,才能充分发挥 EEWs 系统的总体效能。

四、跨学科数据共享服务。随着“虚拟地震监测预报研究院”的建立,地球科学研究的不断发展,利用测震台网、强震动台网、烈度计台网和 GPS 台网的多种观测数据对同一物理过程进行协同研究,成为现代地学研究的重要方向。因此,应建立统一、协同工作的多元数据汇集与共享平台,对数据进行统一管理与同步共享,为地球物理多学科的交叉研究提供基础数据服务。

4 地震观测学科发展的新任务

国家烈预工程所面临的关键技术问题、运行管理模式等,对工程建设和地震观测学科都提出了新的挑战,同时也为学科发展提供了难得的机遇。为做好国家烈预工程建设与原有地震监测台网的协调发展,需要探索和解决的新问题如下:

一、大型观测台网的运行模式研究。该工程建成以后,我国测震台网、强震动台网和烈度仪台网“三网融合”的台站总数将达到 15000 个,重点省市及地区的台站数量将超过 1000 个,地震预警和地震烈度速报业务的需求对台站运行和产出提出了更高的要求。为此,需要建立:对多种观测台站组成的大型观测台网的现代运行管理的新模式;完善的系统运行、仪器运行状态监控、仪器维护维修系统;仪器参数同步、数据质量检

测系统;科学、高效的数据处理和信息发布系统;技术先进、功能齐全、能够满足不同需求的数据管理和服务系统。

二、测震台站布局的进一步优化。该工程中,测震台站配置有宽频带地震仪和强震仪,不但在地震定位中发挥作用,更重要的是在震级测定中发挥着基准作用。因此,可以在观测环境好、背景噪声低的地区建设部分“纳米级”的精品地震台站,使这些台站在地震预警中起到“以一当十”的作用;同时,需要进一步优化华北地震区、南北地震带、东南沿海和新疆西北部这 4 个地震预警区域的测震台站布局,确保震级测定的准确性;此外,由于新疆北部、云南、辽宁等地的特殊地理位置,这些地区的测震台站将在周边国家和地区地震灾害与特殊事件的监测工作中发挥独特的作用。

三、实用化研究工作的开展。针对国家烈预工程的实际需求,为确保预警信息的准确性,需开展震相自动识别、自动地震定位、震级估算、预警信息发布等实用化研究;建立技术标准、计量标准与仪器检测接口,逐步建立观测仪器质量检测与入网许可机制,不断提高观测仪器的质量;通过分析对比宽频带地震仪、强震仪和烈度仪实际地震记录数据,实现数据在同一平台的运行;研制针对多种类型观测仪器的数据质量检测软件,赋予其仪器方位角检测、仪器幅频特性曲线与相频特性曲线绘制、波形断记统计、台基噪声功率谱分析等功能,确保观测数据的质量;利用宽频带、加速度及 GPS 数据优化地震震级算法,构建虚拟预警平台,针对地震预警过程中可能遇到的小震误警、大震漏警、稀疏台网等现象开展离线虚拟预警试验;以城市群、破坏性地震频发区为主要实验场地,建设粗线条预警情景构建与预警风险评估系统,模拟震后 15 分钟内,预警区房屋、人员、功能性建筑等受影响及响应警报的情况,针对多种输入条件,探索预警受惠和误警受损的概率分布分析方法。

表 1 国家地震烈度速报和预警台网建设工程给传统测震台网带来的机遇与挑战

	国家烈预工程带来的机遇	国家烈预工程面临的问题	带来的科技增益	对测震台网的发展要求
地震速报与地震应急处置	(1) 显著提高微震监测能力、全面加强近场大震监测能力。 (2) 显著提高地震参数的测定精度。 (3) 显著提高数据产品的产出能力。	(1) 系统运行的稳定性与可靠性。 (2) 对烈度仪数据估算震级基准作用。 (3) 观测数据的综合利用、统一处理。	(1) 建设的主要功能和目标。 (2) 科学服务国家防震减灾目标。	(1) 优化测震台站布局、震级测定发挥基准作用、建设“纳米级”精品台站。 (2) 多种数据分析对比、同平台运行。 (3) 盘活人力沉淀, 实现地震监测队伍一专多能。
地震预测预报	(1) 显著提升年度危险区、重防区微震监测能力。 (2) 为获得未破裂凹凸体分布提供可能。 (3) 使监测强震前的破裂成核过程、更完整识别主震后大量遗漏的余震成为可能。	(1) 现有测震台网的运行质量。 (2) 进一步优化测震台网布局。	(1) 显著延伸预警台网的行业服务功能。 (2) 提升预警台网数据的利用率、成果产出和转化率。	(1) 更高的数据连续率和信噪比。 (2) 与预警台网在数据处理能力、处理速度进行匹配。 (3) 提升事件类型快速判断、多样化的产品产出功能。
地球科学及资源、能源、环境、灾害研究	(1) “全频带”、“全动态”观测, 精确测定地震地面运动参数。 (2) 密集观测有助建立精细三维速度结构, 研究介质参数和各向异性、区域地质和地球物理事件。 (3) 近场数据有助研究震源破裂过程、非均匀震源面、区域和大尺度应力场变化。	(1) 与预警台网相匹配的分析处理能力。 (2) 跨学科数据共享服务。	(1) 显著拓展预警台网的科技附加值。 (2) 提升预警台网数据的利用率、成果产出和转化率。	(1) 与预警台网在数据处理能力、处理速度进行匹配。 (2) 优化测震台站布局、震级测定发挥基准作用、建设“纳米级”精品台站。 (3) 多种数据分析对比、同平台运行。

5 结束语

从国家层面解决地震相关的重大科学问题和具有现实意义的战略问题(例如美国开展的“国家地震灾害的恢复力”战略研究^[12]),在近二十年来已逐渐成为美国等发达国家政府的重要课题。重大科学计划、科学工程的实施过程中,利用系统化思维考虑不同层面的关联问题,从而建成体系、形成国家能力也亦成为必要的“工程环节”。国家烈预工程的实施,从其带来的发展机遇、提出的带有积极性的挑战、“上升一个层面看问题、下降一个层面看细节”等多角度来看,都将直接并显著地推进现有地震监测系统的自身优化和科学效益的进一步发挥。就此意义而言,对工程战略研究的分析和讨论,或许将对推进这种“进化过程”、厘清国家烈预工程与现有地震监测系统的关系有所裨益。

在分析国家烈预工程带来的机遇时,笔者仅讨论了服务地震速报与地震应急处置、地震预测预报、地球科学研究等角度。事实上,地震观测网络的影响远不止于此,现代化和高质量的地震

观测网络对区域和全球的环境变化监测、国家安全、地震海啸预警等也同样重要^[13]。

致谢

本文选题得到中国地震局监测预报司的指导,思路和编写过程得到全国测震学科技术协调组的帮助。相关工作得到中国地震局“监测预报改革设计研究——预测预报发展设计”专项支持,在此谨表谢意。

参考文献

[1] Allen R M, Kanamori H. The potential for earthquake early warning in southern California[J]. Science, 2003, 300: 786-789.

[2] Erdik M, Fahjan Y, Ozel O, et al. Istanbul earthquake rapid response and the early warning system[J]. Journal Bulletin of Earthquake Engineering, 2003, 1 (1): 157-163.

[3] Espinosa-Aranda J M, Rodriguez F H. The seismic alert system of Mexico City[M]. In International Handbook of Earthquake & Engineering Seismology, eds. W. H. K., Lee, H., Kanamori, P. C., Jennings, C., Kisslinger, San Diego: Academic Press, 2003: 1253-1259.

- [4] Kamigaichi O. JMA earthquake early warning[J]. Journal of Japan Association for Earthquake Engineering, 2004, 4(3): 134-137.
- [5] Nakamura Y. UrEDAS, Urgent Earthquake Detection and Alarm System, now and future[J]. Proc. 13th of World Conference on Earthquake Engineering, 2004, 7: 673-678.
- [6] Friedemann W. An earthquake early warning system for the Romanian capital[J]. Perspectives in Modern Seismology, 2005, 105: 1.
- [7] Wu Y M, Kanamori H. Experiment on an onsite early warning method for the Taiwan early warning system[J]. Bull. Seism. Soc. Amer., 2005, 95: 347-353.
- [8] Wu Y M, Kanamori H. Rapid assessment of damage potential of earthquakes in Taiwan from the beginning of P waves[J]. Bull. Seism. Soc. Amer., 2005, 95: 1181-1185.
- [9] Wu Y M, Chung J K, Shin T C, et al. Development of an integrated earthquake early warning system in Taiwan-case for the Hualien area earthquakes[J]. Terrestrial, Atmosphere and Oceanic Sciences, 1999, 10(4): 719-736.
- [10] Wu Y M, Lee W H K, Chen C C, et al. Performance of the Taiwan Rapid Earthquake Information Release System (RTD) during the 1999 Chi-Chi (Taiwan) earthquake[J]. Seism. Res. Lett., 2000, 71: 328-333.
- [11] 温联星, 陈颢, 于晟. 我国地震减灾中地震学面临的巨大挑战[M]. 国家自然科学基金委学科发展战略系列研究报告, 北京: 科学出版社, 2011: 1-57.
- [12] Seismological Grand Challenges Writing Group, Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS). Seismological Grand Challenges in Understanding Earth's Dynamic Systems[M]. In Report of the Long Range Science Plan for Seismology Workshop, 2008, <http://www.iris.edu/hq/lrps/>.
- [13] National Academy of Sciences. National Earthquake Resilience: Research, Implementation, and Outreach[M]. 2011, National Academies Press, Washington D. C., <http://www.nap.edu/catalog/13092/>.

National Seismic Intensity Rapid Reporting and Early Warning Project: Opportunity and Challenge of Seismic Network

Jiang Changsheng, Liu Ruifeng

(Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, Beijing 100081, China)

Abstract: China has already started the “National Seismic Intensity Rapid Reporting and Early Warning” project (called the “National Early Warning project” for short), which will build the world largest seismic intensity rapid reporting and early warning observation system with a total of more than 10000 stations, and will enhance the national earthquake disaster mitigation capacity and improve the service level significantly. It will be of great practical significance to analyze the relationship between the “National Early Warning project” and the existing seismic monitoring network. Studies have indicated that the “National Early Warning project” would bring a rare development opportunity to the existing seismic monitoring network, including service in earth science research, earthquake emergency response, and earthquake forecasting. Some new problems have been put forward, including the stability and reliability of the system operation, the availability of the intensity data, the comprehensive utilization of the observed data, and sharing service of the cross subject data. In order to conduct the “National Early Warning project” successfully, from the point of view of seismic observation subject, we also need to carry out the research on the operation mode for the mass observation network and optimizing seismic networks, key technology, detection system and practical work for earthquake early warning.

Keywords: earthquake early warning; intensity rapid report; earthquake monitoring; seismic network