

基于互联网的地震监测及其发展

邹立晔¹, 梁姗姗¹, 刘敬光¹, 陈宏峰¹, 徐志国², 何少林¹

1. 中国地震台网中心, 北京 100045
2. 国家海洋环境预报中心, 北京 100081

摘要 进入“互联网+”时代, 地震监测工作无疑是互联网技术的受益者。本文以互联网为视角, 从中国地震台网建设、国家地震台网中心技术系统及地震数据的产出、管理和与服务等方面, 对中国地震监测的进展进行综述; 并分析了在互联网的深刻影响下, 地震监测领域逐渐呈现出B/S软件模式的普遍化、监测体系结构的去中心化和数据管理的双向化等趋势和特征。

关键词 互联网; 地震监测; 国家地震台网中心; 数据管理

作为实现了逻辑连接、远程通信和高端服务的全球信息系统, 自1969年产生以来, 互联网便与科学研究密切相关^[1-2], 并逐渐渗透于当今社会生活的各层面。从2012年11月“互联网+”理念的出现^[3], 到2015年3月李克强总理提出“互联网+”行动计划, 再到2015年7月国务院印发《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》^[4], 短短几年间, “互联网+”已成为国家级发展战略。随后, 由中国地震局监测预报司主办的“互联网+地震”论坛于2015年11月在京召开^[5]; 蔡晋安等在2016年10月的第38届中国地球科学联合学术年会“互联网+地球物理”专题中进一步提出了“互联网+地球物理”的基本概念、顶层设计和智能地球物理研究的构想^[6]——这一系列事件都表明, 基于互联网技术(internet technology, IT)并深受“互联网+”时代影响的地震学乃至地球物理学研究方兴未艾。其中, 地震监测工作无疑也是互联网技术的受益者。

本文从中国地震台网建设、国家地震台网中心(China National Seismic Network Center)技术系统以及地震数据的产出、管理和与服务等方面, 以测震监测为主, 介绍中国地震监测的进展; 并分析在互联网的深刻影响下, 地震监测领域发展的趋势和特征。

1 基于互联网的中国地震台网建设

中国地震台网(China Seismograph Network, CSN)的建设与发展是一个规模化和数字化的过程, 也是中国地震监测工作实现网络化和全球化的过程。

1.1 国际合作促使国际互联网的接入

1971—1978年间逐渐形成的全国基本地震台网^[7], 奠定了中国地震监测事业的基础。1987年10月, 经过大约5年的筹备和建设, 作为中国第一个国家级数字地震台网, 中美科

技合作项目中国数字地震台网(China Digital Seismograph Network, CDSN)正式运行, 揭开了中国数字地震观测的新篇章^[8-9]。20世纪90年代初, CDSN数据管理中心(DMC)已通过互联网与全球数字地震台网(Global Digital Seismograph Network, GDSN)进行数据交换; 同期, 依托于CDSN项目, 国家地震局地球物理研究所也在全国地震行业率先完成了计算机网络的建设。20世纪90年代中后期, 经二期改造的新CDSN台网, 成为IRIS/GSN台网的重要组成部分^[8-9]。

通过中美科技合作, 中国的地震监测台网不仅实现了数字观测技术方面的国际接轨, 而且实现了国际互联网的成功接入。

1.2 互联网改变工作模式

自1996年, 随着“九五”项目“中国数字地震监测系统”的实施, 中国自主研发的数字地震仪开始大量投入使用。其间, 全国36个大震速报台站通过计算机联网, 不再使用电报方式进行数据报送; 分析预报计算机信息网(APnet)的建成, 也使各省级地震编目部门不再使用纸介质或磁介质报送编目资料^[10-12]。

显而易见, 利用互联网, 作为地震监测基础性工作的速报和编目, 摒弃了旧有模式, 从而使速度和水平均得以显著提升。

1.3 地震行业网推动新一代观测系统的建设

21世纪, 中国数字地震台网进入规模化建设的新纪元。“十五”项目“中国数字地震观测网络”取得了丰硕成果。以原有48个台站作为骨干网, 国家台网、区域台网、火山台网和流动台网共同构成了新一代观测系统^[13]。地震行业网基于IPv6技术^[14-15], 在计算机网络方面为该系统奠定了物质基础, 全面实现了各台站与各区域地震台网中心之间、各区域中心

收稿日期: 2016-12-26; 修回日期: 2016-02-08

作者简介: 邹立晔, 高级工程师, 研究方向为地震数据的管理、服务及产品研发, 电子信箱: zouly_xm@qq.com

引用格式: 邹立晔, 梁姗姗, 刘敬光, 等. 基于互联网的地震监测及其发展[J]. 科技导报, 2017, 35(5): 59-64; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2017.05.007

与国家地震台网中心之间的数据传输。行业网为地震工作者构建了独立、安全和便捷的工作环境,对于“中国数字地震观测网络”及其后的“十一五”项目“中国地震背景场探测”的建设都起到了推动作用。

至2016年12月,中国已建成并组网运行的测震台站共计1107个,其中国家测震台站166个(图1)、32个区域地震台网的区域测震台站881个(图2为陕西地震台网31个测震台站的分布),以及分布于黑龙江、吉林、云南和海南等4省6个火山台网的火山台站33个、分布于青海、新疆和西藏的3个小孔径地震台阵的台点27个^[13]。此外,中国还通过国际援助项目为印度尼西亚、缅甸、老挝和阿尔及利亚等4国建设了境外台站16个。

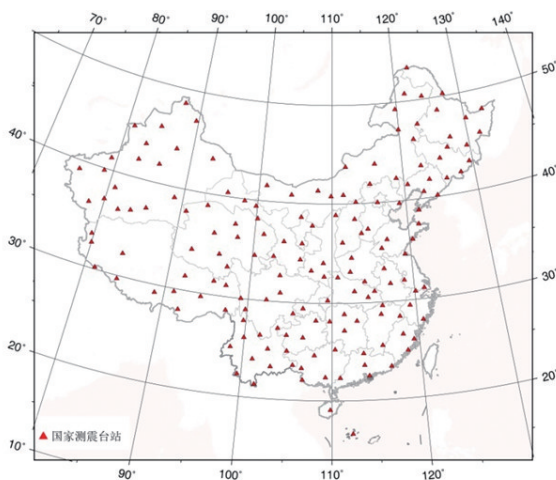
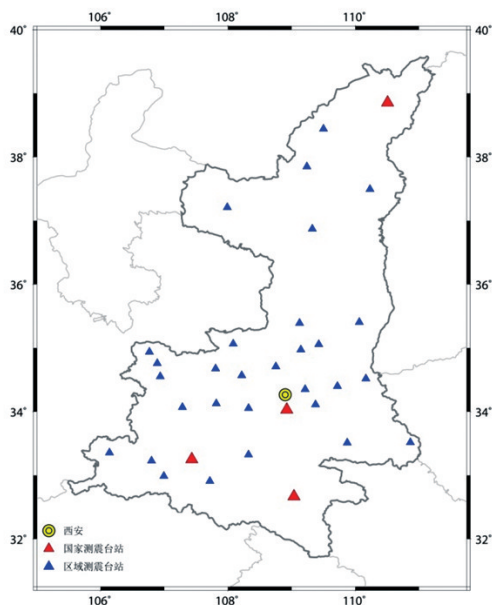


图1 166个国家测震台站分布(截至2016年12月)
Fig. 1 Map of the 166 national seismic stations (As of December 2016)



注:截至2016年12月,共计31个测震台站,含国家台4个,区域台27个

图2 陕西地震台网测震台站分布
Fig. 2 Stations map of the Shaanxi seismic network

30年来,随着数字化地震台网的建设,中国地震监测工作业已有了长足进展。地震监测数据的记录、传输、存储、分析、处理和发布各环节,乃至专家、决策和公众等各层面,也均相应地在地震监测的准确性、实时性和自动化等方面有了更强的技术需求和社会需求。互联网的发展及其与地震监测发展之间的相互契合,不仅能够很好地满足这些需求,而且促进了防震减灾的战略发展。以中国地震台网建设为基础,助力于实时地震学和互联网技术,国家地震台网中心技术系统及其产出与服务均达到国际先进水平。

2 基于互联网的国家地震台网中心技术系统

国家地震台网中心是中国新一代地震监测体系的核心组成部分,拥有各类先进的技术系统,用于中国地震台网的日常管理和资料产出。这些系统在人工速报、自动速报、统一编目、波形管理等方面均发挥了重要作用。

2.1 地震参数自动测定系统 QuakeSpy

随着台网建设和IT技术的应用,可用的实时测震台站波形数据大幅增加,使分阶段速报成为可能。2013年4月1日,自动速报平台(AU)正式面向社会提供服务^[14],地震参数自动测定系统 QuakeSpy 产出的自动速报结果成为AU平台的重要数据来源之一。

QuakeSpy 是国家地震台网中心自主研发的关键技术系统中的典型代表,也是实时地震学的实践成果。该系统在研究国内外地震自动处理方法并总结地震速报实际工作的基础上,充分利用IT技术,通过SeedLink、LISS等数据协议,实现了中国地震台网1000余个测震台站及全球地震台网部分台站波形数据的实时接收和全球地震参数的准实时测定^[16]。

2.2 全国统一地震编目系统

地震目录和震相数据一直以来都是一个地震台网最基本的产出。“九五”期间,国家(数字)地震台网中心编辑的《中国数字地震台网观测报告》(月刊)、《中国地震台站观测报告》(月刊)和《中国地震台网地震目录与震源机制解》(年刊)3种地震观测报告通常以纸介质的形式出版^[10,17]。

2009年1月,“十五”测震台网正式运行,国家地震台网中心产出的观测报告称为“全国统一地震编目”。根据数据内容和产出周期,“统一编目”分为快报目录和快报震相及正式报目录和正式报震相。统一编目系统为国家地震台网中心提供了一个具有针对地震目录和震相报告的数据汇集、编辑、检索等功能的Web工作平台。通过该平台,编目人员可对区域测震网上报的目录和震相进行选择采用、分组、确认等操作,最终生成统一编目数据,存储于数据库中。国家测震台网的观测报告另有专门的产出系统,结果纳入统一编目数据库,亦可单独使用。通过统一编目系统,国家地震台网中心年均产出正式报目录约12万余条,正式报震相约420余万条。

2.3 大震应急数据产品产出与汇集系统

2006—2007年,国家地震台网中心开发了“大地震专题

信息系统”,在针对大地震专题数据产品的产出和管理方面进行了有益的探索^[18]。汶川地震后,地震应急工作对台网产出有了更高要求。2008年11月以来,国家地震台网中心联合京区各研究所及部分省地震局,逐步建立起大震应急数据产品产出体系,在国内5.0级及以上或国外7.0级及以上地震发生后,除基本参数(发震时刻、震中位置和震源深度、震级)之外,还及时产出地震动图、震源机制解、震源破裂过程等数据产品^[7]。2012—2013年,《地震应急数据产品产出服务技术规范》的编制,对目前12类产品的使用资料、产出方法、规格样式等都做出了明确的规定^[19],其中《汇集与服务》规范在中国首先提出应急数据产品的分类和编码方案。

大震应急数据产品产出与汇集系统遵循《地震应急数据产品产出服务技术规范》要求,特别按照《汇集与服务》规范中应急数据产品分类和编码方案进行设计,对各类产品基于网络化的(如FTP、Web等)方式进行快速汇集,从而使这项工作更加高效地得以开展。

2.4 其他技术系统

国家地震台网中心所使用和运行的技术系统或继承原有软件,或自主研发开发,或应用区域台网成果,或引进国际先进技术。除了上述系统之外,国家台网中心还有其他一些大型或小型系统。例如:波形数据管理和处理系统,遵循国际通用数据协议,用于波形数据的存储、备份、归档、管理、处理和产出,数据每月增量近1 TB,全年总量超过10 TB(2016年中国地震台网miniSEED格式连续波形数据随月增长量如图3所示);速报震中查询系统,采用天地图TMap JavaScript API技术,实现了震中位置的动态地图展示和交互距离测量^[20];从德国引进的SeisComP3地震实时监测与自动处理系统,采用分布式的TCP/IP协议进行数据通信,集成了多个独立模块,实现了地震数据的分布式管理和地震事件的实时监测^[21]。这些技术系统的研发和运维是地震监测任务的保障,其产出则是地震科研工作的基础。

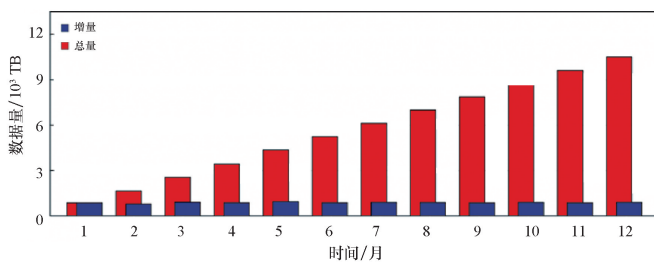


图3 2016年中国地震台网miniSEED格式连续波形数据随月增长量统计

Fig. 3 Monthly growth histogram of continuous waveform data in 2016 from the China Seismic Network in miniSEED format

3 基于互联网的地震数据与信息服务

提供公共的或私人的高水平信息服务是互联网的根本功能^[1]。基于互联网,地震监测台网的建设成果得以充分展示,地震科学数据的共享与服务可以产生显著的社会效益^[22],地震数据和信息服务“无往不利”。

3.1 传统互联网模式下的地震数据服务

网站是数据服务最为普遍的方式。目前,地震行业的数据服务网站主要有地震信息网(<http://www.csi.ac.cn/>)、国家地震科学数据共享中心(<http://data.earthquake.cn/>)、地震数据管理与服务系统(<http://www.csndmc.ac.cn/>)和国家测震台网数据备份中心(<http://www.seisdmc.ac.cn/>)等。这些网站为决策层、地震科学工作者和社会公众提供了内容丰富、形式多样的数据服务。

地震数据管理与服务系统(CSNDMC)是国家地震台网中心唯一的数据服务网站,它以强大的数据管理后台为支撑,连接国家地震台网中心测震核心数据库,面向科研,面向台站,提供各类台网的产出数据,并兼顾测震学科管理平台,同时挂靠了“测震学科技术协调与管理”和“世界数据中心地震学中心(北京)”(World Data Center for Seismology, Beijing; 英文版)2个子站点,是地震监测产出与服务紧密结合的重要成果^[23]。

除网站之外,传统互联网模式的数据服务方式还包括文件传输协议(FTP)、电子邮件等。例如大震应急数据产品面向中国地震局监测预报司的服务以FTP方式为主,数据备份中心为用户提供了基于电子邮件的数据服务^[24]。

3.2 基于国际数据协议的地震数据服务

在使用HTTP、FTP等互联网协议的同时,国际地震学界还使用一些专业的模式、协议和标准,来提供数据服务。这些服务在本质上仍是使用传统互联网方式的服务。

前述SeisComP3系统,遵循SeedLink、ArcLink等国际通用的数据协议和SEED等标准数据格式,并提供FDSN Web-Service标准数据服务接口^[21]。国家地震台网中心以此为基础,开发了自己的FDSNWS服务,便于用户实现数据获取的二次开发和自动处理;其中中国地震台网统一编目(正式报)目录可通过地震数据管理与服务系统获取^[25]。

国家地震台网中心还从美国引进了EMERALD地震事件波形数据处理软件,实现了基于WebService的全球地震台网和中国地震台网事件波形获取和台站元数据更新,以及基于Web的多用户地震事件波形数据的处理^[26]。开放性是EMERALD系统的根本特点,包括数据来源的开放性、数据处理方法的可扩展性、数据处理步骤的可重复性和操作的灵活性。国家地震台网中心EMERALD系统建设使“地震科学数据共享”工作从数据本身的共享扩展到数据处理的服务。

3.3 基于社会性软件的地震数据服务

所谓网络社会性软件是指在传统或移动互联网环境中,支持全体交互的软件,诸如维基(Wiki)、微博(MicroWe- bLog)、QQ、微信(WeChat)等^[27]。社会性软件的使用和开发,

促进了网络社会环境中所特有的地震监测数据服务的多元化、立体化发展。

“地震速报”手机应用向用户即时推送速报地震基本信息,目前版本为2.1.6,用户下载量约14万。以国家台网中心“中国水库地震信息网”为基础,移动设备的水库地震监测数据发布平台将大震速报信息与大型水库信息相关联,在百度地图中加以展现,信息丰富,且具有良好的用户体验。腾讯或新浪的地震速报微博通过速报微博发布系统,将自动或人工结果以多线程和多队列方式发布^[28]。基于微信公众平台的地震数据共享服务具有到达率高、时间成本低、互动性强、推广效果好、服务个性化等特点^[29]。

从移动终端应用的开发到微博和微信平台的实践,海量信息从海量数据中脱颖而出,凸现了地震信息分享的即时性和普及性。

4 基于互联网的地震监测特征及展望

4.1 趋势和特征

在互联网的深刻影响下,地震监测领域的发展呈现出以下趋势和特征。

1) B/S 架构软件模式的普遍化。B/S 架构即浏览器/服务器(Browser/Server)架构。基于这一架构而开发的软件具有成本低、易扩展、交互式等优点,且往往与 WebGIS 技术(如天地图、百度地图等)和数据库技术(如 MySQL、PostgreSQL 等)相结合,动态化、图形化地展现地震地理信息,同时便于资料回放和资源共享,因而逐渐成为一种广泛采用的开发和工作模式。上述速报震中查询系统、统一编目系统和 EMERALD 系统均采用这一模式,只是操作的数据对象有所不同,涵盖了速报信息、地震目录,甚至事件波形。

2) 监测体系结构的去中心化。作为网络社会的重要特征之一,去中心化是指人与人之间在网络沟通时,超越从中心到边缘的现实组织形式,而淡化中心角色,平等地进行交流^[27]。与此相似,随着地震监测体系的发展,各个数据备份中心和灾害备份中心相继成立。一旦发生灾难性事件或遇特殊情况,互联网使国家地震台网中心的技术功能的切换和空间位置的转移成为可能。这种平时常备、灾时应急的措施,虽然淡化了单个中心的固有角色,但是从整体上确保了监测体系的业务功能。

3) 数据管理的双向化。地震科学数据既是台网建设的成果,又是科学研究的基础。数据产出与数据服务二者的专门化,无疑在客观上对两方面业务都提出了更高的要求。地震数据管理正是产出与服务所共有的支撑。数据管理一方面面向产出,深入后端;另一方面面向服务,直达前台。数据产出者不但没有丧失其服务功能,而且通过数据管理,其服务对象从最终用户扩展至数据服务者。数据服务者同样必须通过数据管理,对数据产出熟谙于心,才能更好地为决策层和社会公众科学地展现数据。否则,问题数据和信息可能会产生负面的社会影响。2011 年东日本大地震过程中对福

岛第一核电站核熔毁事件的评估错误和发布滞后而导致民众的机构信任度降低^[30]便是一例。共同的网络环境、共同的数据资源和共同的管理技术都是地震数据管理科学化的构成要素,可以有效避免产出与服务相互脱节,可以促使地震台网建设成果最终发挥其社会效益。

4.2 未来及展望

在“互联网+”时代,传统互联网、移动互联网、大数据、云计算等一系列先进技术层出不穷,不仅在地震监测领域,而且在地震预警、地震应急、地震科普等诸多方面均具有巨大的发展潜力和应用空间。例如,利用互联网实现多种计算方法对不同区域和震级范围内地震震源机制解的联合测定和快速产出,利用大数据分析进行天然地震与人工事件(如爆炸、塌陷)的波形匹配与事件甄别,利用移动终端的 MEMS 传感器获取地震动数据,利用互联网建立地震灾情应急处理系统,利用弹性云计算平台通过噪声互相关方法创建虚拟地震等^[31-34]。即将实施的“国家地震烈度速报与预警工程”项目将建设地震烈度速报与预警台站 1.5 万余个,将综合利用互联网技术,实现地震发生后,首台触发 3 s 内原地报警,4~6 s 生成地震预警第一报信息,震后 3 min 内生成实测地震烈度速报信息,10 min 内生成地震烈度分布图。该项目的实施是测震台网与强震台网的融合,是测震学与工程学的融合,是地震科学与互联网技术的融合,最终将有效提高地震减灾和社会服务能力。

截至 2016 年 12 月,中国网民规模已达 7.31 亿,移动互联网网民规模也达 6.95 亿^[35]。互联网是科技发展的产物与动力,“互联网+”更为地震监测事业的发展构建了一个全新的环境。基于互联网的地震监测及其发展正是监测基础能力不断强化、信息化水平不断提升和数据服务产品不断创新的过程。完全有理由相信,中国地震监测事业乃至防震减灾事业的发展同互联网发展必将殊途同归——正如习近平总书记于 2016 年 11 月 16 日在第三届世界互联网大会开幕式上发表视频讲话时所说——必将“更好造福人类”^[36]!

致谢:对国家地震台网中心工作人员在测震台网监测管理、技术系统研发运行和数据资料产出服务等方面对本文所提供的数据和建议表示诚挚谢意。本文图件使用 Generic Mapping Tools(GMT)软件绘制,一并致谢。

参考文献(References)

- [1] The Federal Networking Council (FNC). Federal Networking Council [EB/OL]. (2016-09-10)[2016-11-11]. https://en.wikipedia.org/wiki/Federal_Networking_Council.
- [2] The Internet Society. Brief history of the Internet[EB/OL]. [2016-11-11]. <http://www.internetsociety.org/internet/what-internet/history-internet/brief-history-internet>.
- [3] 腾讯科技. 于扬: 所有传统和服务应该被互联网改变[N/OL]. (2012-11-14)[2016-11-11]. <http://tech.qq.com/a/20121114/000080.htm>. Tencent Sci. & Tech.. Yu Yang: All the traditions and services should be changed by the Internet [N/OL]. (2012-11-14) [2016-11-11].<http://>

- tech.qq.com/a/20121114/000080.htm.
- [4] 国务院. 国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见[EB/OL]. (2015-07-05)[2016-11-11]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-07/04/content_10002.htm.
- CPC news. The State Council's guiding suggestions on improving the "Internet+" Program [EB/OL]. (2015-07-05)[2016-11-11]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-07/04/content_10002.htm.
- [5] 吴晶晶. “互联网+”助力中国地震速报[N/OL]. (2015-12-01)[2016-11-11]. http://news.xinhuanet.com/tech/2015-12/01/c_12/8485949.htm.
- Wu Jingjing "Internet + " helps Chinese earthquake quick report [N/OL]. (2015-12-01) [2016-11-11]. http://news.xinhuanet.com/tech/2015-12/01/c_12/8485949.htm.
- [6] 蔡晋安, 陈会忠, 沈萍, 等. 互联网+地球物理顶层设计与智能地球物理研究思考[C]/中国地球科学联合学术年会. 北京: 中国地球物理学会, 2016: 1466.
- Cai Jin'an, Chen Huizhong, Shen Ping, et al. Thinking of the top-level design of the Internet+ Geophysics and the intelligent geophysics [C]/Annual meeting of Chinese Geoscience Union (CGU). Beijing: Chinese Geophysical Society, 2016: 1466.
- [7] 刘瑞丰, 郑秀芬, 杨辉, 等. 地震观测数据的管理与服务[M]. 北京: 地震出版社, 2015: 1-10.
- Liu Ruifeng, Zheng Xiufen, Yang Hui, et al. Management and service of the seismic observational data[M]. Beijing: Seismological Press, 2015: 1-10.
- [8] 周公威. 中美CDSN合作项目回顾[J]. 地震地磁观测与研究, 2015, 36(5): 封二.
- Zhou Gongwei. Review on the Sino-U.S. cooperation of the CDSN program[J]. Seismological and Geomagnetic Observation and Research, 2015, 36(5): F2.
- [9] 周公威, 陈运泰, 吴忠良. 中国数字地震台网的数据在中国地震学中的应用[J]. 地震地磁观测与研究, 1997, 18(5): 68-79.
- Zhou Gongwei, Chen Yuntai, Wu Zhongliang. Seismological studies in China using data of the China Digital Seismograph Network (CDSN)[J]. Seismological and Geomagnetic Observation and Research, 1997, 18(5): 68-79.
- [10] 刘瑞丰, 吴忠良, 阴朝民, 等. 中国地震台网数字化改造的进展[J]. 地震学报, 2003, 25(5): 535-540.
- Liu Ruifeng, Wu Zhongliang, Yin Chaomin, et al. Development of China Digital Seismological observational systems[J]. Acta Seismologica Sinica, 2003, 25(5): 535-540.
- [11] 刘瑞丰, 郑秀芬, 杨辉, 等. 地震观测数据的管理与服务[M]. 北京: 地震出版社, 2015: 11-15.
- Liu Ruifeng, Zheng Xiufen, et al. Management and service of the seismic observational data[M]. Beijing: Seismological Press, 2015: 11-15.
- [12] 刘瑞丰, 郑秀芬, 杨辉, 等. 地震观测数据的管理与服务[M]. 北京: 地震出版社, 2015: 95-102.
- Liu Ruifeng, Zheng Xiufen, Yang Hui, et al. Management and service of the seismic observational data[M]. Beijing: Seismological Press, 2015: 95-102.
- [13] 刘瑞丰, 高景春, 陈运泰, 等. 中国数字地震台网的建设与发展[J]. 地震学报, 2008, 30(5): 533-539.
- Liu Ruifeng, Gao Jingchun, Chen Yuntai, et al. Construction and development of digital seismograph networks in China[J]. Acta Seismologica Sinica, 2008, 30(5): 533-539.
- [14] 吴荣辉, 王建军, 续春荣, 等. 基于IPv6的地震传感器网络及其应用前景展望[J]. 国际地震动态, 2005, (10): 31-36.
- Wu Ronghui, Wang Jianjun, Xu Chunrong, et al. Seismic sensor networks based on IPv6 and prospects for its application[J]. Recent Developments in World Seismology, 2005, (10): 31-36.
- [15] 王秀英, 续春荣, 周振安. IPv6技术在地震传感器网络中的应用探讨[J]. 华北地震科学, 2006, 24(4): 1-5.
- Wang Xiuying, Xu Chunrong, Zhou Zhen'an. Study on the application of IPv6 technology in seismic sensor network[J]. North China Earthquake Sciences, 2006, 24(4): 1-5.
- [16] 梁建宏, 孙丽. 中国及邻区地震准实时测定[C]/中国地球科学联合学术年会. 北京: 中国地球物理学会, 2016: 1436-1438.
- Liang Jianhong, Sun Li. Near real-time determination of the earthquakes in China and the neighboring regions[C]/Annual meeting of Chinese Geoscience Union (CGU). Beijing: Chinese Geophysical Society, 2016: 1436-1438.
- [17] 刘瑞丰. 国家数字地震台网分中心的数据管理和服 务[J]. 国际地震动态, 2001, 8: 37-42.
- Liu Ruifeng. Data management and service of the subcenter of the National Digital Seismograph Network[J]. Recent Developments in World Seismology, 2001, 8: 37-42.
- [18] 邹立晔, 刘瑞丰, 任克新, 等. 大地震专题信息系统SEIS的开发与应用[J]. 地震地磁观测与研究, 2007, 28(4): 35-43.
- Zou Liye, Liu Ruifeng, Ren Kexin, et al. Development and application of the significant events information system(SEIS) [J]. Seismological and Geomagnetic Observation and Research, 2007, 28(4): 35-43.
- [19] 黄志斌, 赵旭, 邹立晔, 等. 大震应急产品产出服务技术规范[J]. 中国科技成果, 2015, 20: 24-25.
- Huang Zhibin, Zhao Xu, Zou Liye, et al. Technical specification on the earthquake emergency data product[J]. China Science and Technology Achievements, 2015, 20: 24-25.
- [20] 梁姗姗, 邹立晔, 刘敬光, 等. 国家地震台网中心速报震中快速查询系统研发[C]/中国地球科学联合学术年会. 北京: 中国地球物理学会, 2016: 1475.
- Liang Shanshan, Zou Liye, Liu Jingguang, et al. Development of the quick epicenter query system in the China National Seismic Network Center [C]/Annual meeting of Chinese Geoscience Union (CGU). Beijing: Chinese Geophysical Society, 2016: 1475.
- [21] 徐志国, 邹立晔, 梁姗姗, 等. SeisComp3地震实时监测与自动处理系统[J]. 国际地震动态, 2016, 9: 16-24.
- Xu Zhiguo, Zou Liye, Liang Shanshan, et al. SeisComp3: A real-time monitoring and automatic processing system for earthquakes[J]. Recent Developments in World Seismology, 2016, 9: 16-24.
- [22] 刘瑞丰, 蔡晋安, 彭克银, 等. 地震科学数据共享工程[J]. 地震, 2007, 27(2): 9-16.
- Liu Ruifeng, Cai Jin'an, Peng Keyin, et al. The project of seismological data sharing[J]. Earthquakes, 2007, 27(2): 9-16.
- [23] 国家地震台网中心. 地震数据管理与服务系统[EB/OL]. [2016-11-16]. <http://www.csndmc.ac.cn/>.
- China National Seismic Network Center. Seismic data management and service system [EB/OL]. [2016-11-16]. <http://www.csndmc.ac.cn/>.
- [24] 刘瑞丰, 郑秀芬, 杨辉, 等. 地震观测数据的管理与服务[M]. 北京: 地震出版社, 2015: 152-160.
- Liu Ruifeng, Zheng Xiufen, Yang Hui, et al. Management and service of the seismic observational data[M]. Beijing: Seismological Press, 2015: 152-160.
- [25] 国家地震台网中心. 全国统一地震编目(正式报)目录WebService服

- 务[EB/OL]. [2016-11-16]. <http://service.csnsmc.ac.cn/fdsnws/event/1/>. China National Seismic Network Center. WebService: Bulletin of the China Seismic Network (Formal Catalog) [EB/OL]. [2016-11-16]. <http://service.csnsmc.ac.cn/fdsnws/event/1/>.
- [26] West J D, Fouch M J. EMERALD: A web application for seismic event data processing[J]. *Seismological Research Letters*, 2012, 83(6): 1061-1067.
- [27] 郭玉锦, 王欢. 网络社会学[M]. 2版. 北京: 中国人民大学出版社, 2010: 8-30.
Guo Yujin, Wang Huan. *Sociology of the computer networks* [M]. 2nd edition. Beijing: China Renmin University Press, 2010: 8-30.
- [28] 肖健, 侯建民. 地震速报微博发布系统的研发[J]. *中国地震*, 2015, 31(2): 456-460.
Xiao Jian, Hou Jianmin. The development of earthquake information release on Weibo publishing system[J]. *Earthquake Research in China*, 2015, 31(2): 456-460.
- [29] 项楠, 崔满丰. 基于微信公众平台的地震科学数据共享服务方式研究[J]. *国际地震动态*, 2016(9): 8-15.
Xiang Nan, Cui Manfeng. Research of earthquake data sharing service method based on Wechat official account platform[J]. *Recent Developments in World Seismology*, 2016(9): 8-15.
- [30] Hommerich C. Trust and subjective well-being after the Great East Japan Earthquake, Tsunami and Nuclear Meltdown: Preliminary results [J]. *International Journal of Japanese Sociology*, 2012, 21(1): 46-64.
- [31] 蔡晋安, 陈会忠, 沈萍, 等. 大数据时代的地球物理[C]//中国地球科学联合学术年会. 北京: 中国地球物理学会, 2014: 818.
Cai Jin'an, Chen Huizhong, Shen Ping, et al. Geophysics in the big data era[C]//Annual meeting of Chinese Geoscience Union(CGU). Beijing: Chinese Geophysical Society, 2014: 818.
- [32] 陈会忠. 地震大数据思维[J]. *城市与减灾*, 2016(2): 1-5.
Chen Huizhong. Thinking on big data of earthquakes[J]. *City and Disaster Reduction*, 2016(2): 1-5.
- [33] 帅向华, 刘钦, 甄盟, 等. 基于天地图的互联网地震灾情快速获取与处理系统设计与实现[J]. *震灾防御技术*, 2014, 9(3): 479-486.
Shuai Xianghua, Liu Qin, Zhen Meng, et al. Design and implementation of fast acquisition and procession system of earthquake disaster situation from Internet media based on map world [J]. *Technology for Earthquake Disaster Prevention*, 2014, 9(3): 479-486.
- [34] 史中. 2016云栖大会: 阿里云如何“计算”地震?[N/OL]. (2016-10-20) [2016-11-30]. <http://mt.sohu.com/20161020/n470778785.shtml>.
Shi Zhong. 2016 Yunqi Conference: How does the Ali Cloud "compute" earthquakes? [N/OL]. (2016-10-20) [2016-11-30]. <http://mt.sohu.com/20161020/n470778785.shtml>.
- [35] 中国互联网络信息中心(CNNIC). 中国互联网络发展状况统计报告(第39次)[EB/OL]. [2017-01-30]. <http://www.cnnic.ac.cn/hlwfzyj/hlwzbg/hlwtjbg/201701/P020170123364672657408.pdf>.
China Internet Network Information Center(CNNIC). Statistical report on the development of the Internet in China (the 39th report) [EB/OL]. [2017-01-30]. <http://www.cnnic.ac.cn/hlwfzyj/hlwzbg/hlwtjbg/201701/P020170123364672657408.pdf>.
- [36] 世界互联网大会新闻中心. 第三届世界互联网大会开幕, 习近平发表视频讲话[N/OL]. [2016-11-30]. <http://www.wicwuzhen.cn/system/2016/11/16/021369955.shtml>.
News Center of the World Internet Conference. Xi Jinping gives an online lecture at the opening ceremony of the 3rd World Internet Conference(WIC) [N/OL]. [2016-11-30]. <http://www.wicwuzhen.cn/system/2016/11/16/021369955.shtml>.

Developments in seismic monitoring based on the internet

ZOU Liye¹, LIANG Shanshan¹, LIU Jingguang¹, CHEN Hongfeng¹, XU Zhiguo², HE Shaolin¹

1. China Earthquake Networks Center, Beijing 100045, China
2. National Marine Environmental Forecasting Center, Beijing 100081, China

Abstract Seismic monitoring undoubtedly benefits from the Internet technology when our society has come to the “Internet +” era. The developments in seismic monitoring are reviewed from an Internet point of view in this paper, including the construction of the China Seismic Network, the technical systems at the National Seismic Network Center, and the data products, management and services. It is concluded that popular B/S model, decentralized structure and bidirectional data management are the trend and characteristics of seismic monitoring.

Keywords internet; seismic monitoring; China National Seismic Network Center; data management

(编辑 王志敏)