

地震信息基础架构及其发展

陈会忠¹ 泽仁志玛¹ 胡彬² 侯燕燕² 陆松宝³

(1. 中国地震局地震预测研究所, 北京 100036;

2. 中国地震台网中心, 北京 100036; 3. 中国地震局 北京 100036)

摘要: 本文首先介绍了地震信息基础架构以及美国地震信息基础架构的建设和我国地震信息基础架构的发展状况。然后根据面临的地震科学前沿问题, 提出了在未来5到10年里, 我国地震信息基础架构发展的战略方向, 即扩展和完善地震信息网络、建立地震数字化数字体系、发展高性能计算数字模拟技术、开展信息服务和建立地震网络协同、应用信息通信新技术、培养复合型人才等。

关键词: 地震信息; 地震信息基础架构; 发展战略

中图分类号: P315.2 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1674-1544.2008.03.012

Thoughts on Development Strategy of Seism - Cyberinfrastructure

Chen Huizhong¹, Ze - Ren Zhi - Ma¹, Hu Bin², Hou Yanyan², Lu Songbao³

(1. Institute of Earthquake Science, CEA, Beijing 100036;

2. China Earthquake Networks Center, CEA, Beijing 100036;

3. China Earthquake Administration, Beijing 100036)

Abstract: Based on the awareness about Seism - Cyberinfrastructure and the international competition and challenges of the forefront of earthquake science, the author pointed out seven strategic directions of Seism - Cyberinfrastructure in next 5 to 10 years. That is: to extend and improve earthquake information network, to set up earthquake digitized system, to develop high quality computing digital analog technology, to carry out information service and to set up earthquake network collaboration, to apply new information communication technology, to foster erudite talent, etc.

Keywords: seismic information, Seism - Cyberinfrastructure, strategic directions

1 地震信息基础架构

1.1 地震信息基础架构的由来

信息基础架构是从美国一个新出现的名词 Cyber Infrastructure (简称 CI) 直译过来的, 实际上

就是信息系统和信息产业的意思, 也可以说是信息化的意思。由于信息设施和信息产业相对于其他行业 and 部门是属于基础设施, 因此信息基础架构 (Cyberinfrastructure) 实际的含义是信息化基础设施。这和英国和欧盟提出的 E - Science 及我国科技界提出“网络科技环境”是同样的概念。

第一作者简介: 陈会忠 (1943 -), 男, 辽宁抚顺人, 研究员, 主要研究方向是现代地震监测与信息技术。

收稿日期: 2008年5月8日。

地震信息基础架构 (Seis - Cyberinfrastructure) 可以说是从地球科学信息基础架构 (Cyberinfrastructure for Geo - science) 演化而来的。中国科学院院士石耀霖在 2006 年 7 月 21 日召开的地球科学信息基础架构国际研讨会上指出, 地球科学是一门很古老的学问, 而信息科学技术是上个世纪以来最突出的进展之一。地球科学信息基础架构是古老地球科学和现代信息科学技术相结合, 既有硬件的、物质的建设, 也有思想方法、思想认识和软件性质的内容。具体而言, 地球科学信息基础架构包括 3 个部分: 一是资料, 包括资料的获取、数据的入库、数据的挖掘等; 二是模型, 就是利用这些资料解释隐藏在数据背后的物理过程和物理模型; 三是可视化, 将计算结果用形象直观的方法表达和显示出来, 以便于人们分析和找出规律。

地震科学是地球科学的重要组成部分, 是固体地球科学的绝大部分。地震信息基础架构就是地震科学和现代信息科学技术相结合产生的系统或体系, 从行业角度来说就是地震行业信息化。

1.2 建立地震信息基础架构的重要性

美国 GEONGrid 项目的负责人之一刘勉教授认为, 地球科学信息架构就是为地球科学创新“铺路”。有了信息基础架构, 数据才能得以分析、阐释, 进而得出隐藏在数据背后的结论。

进入 21 世纪信息时代, 科学研究方式发生了重大变革, 有人称它为革命性的变革, 就是科学和工程的信息基础架构的出现。传统的科学研究方式是“实验(观测) - 理论创新”, 新的科学研究方式的变革是“实验(观测) - 信息、计算和模拟 - 理论创新”。科学研究方式增加了“信息、计算和模拟”后, 使科学研究的空间和时间范围大大扩大, 从而促进新的科学发现和创新。同时, 在这种变革的过程中, 也将使科学家的观念发生变革, 进而促进科学研究和创新的进一步发展。

随着利用信息网络收集、传递、存储、共享数据技术的普及, 科学研究和工程变得越来越重视数据了。在全球范围内, 科学家以及工程师每天都在不断地通过试验、观测和计算模拟产生、处理、存储数以 10 万亿字节的数字信息。据统计,

我国在“中国数字地震观测网络”工程完成后, 仅全国地震观测系统每天就产生 100 亿字节数字化数据。这些海量数据的存储和保存, 动态整合和共享, 是地震科学方法发展及地震科学创新的重要基础。目前看来, 地震科学新发现和科技创新的机遇, 在于把有效的地震数字化数据信息加以组织、存储和利用。石耀霖院士曾表示, “我国最早在上世纪 30 年代开始布设地震仪, 只有很少的几台, 数据是模拟记录的; 现在地震仪是成百上千地布设, 数据是数字记录的, 长期积累下来, 形成了很大的数据量。如何去发掘利用这些数据? 如果不通过信息技术, 即使有一座金山, 金子也拿不出来, 甚至不知道它在哪里, 没有办法发现和利用它。”因此, 信息基础架构 (Cyberinfrastructure) 的作用意义重大。

2 美国的地震信息基础架构

当前, 科学前沿创新已经无法离开信息基础架构, 美国科学基金会 2006 年 7 月发表了《21 世纪科学信息化基础架构 (NSF's Cyberinfrastructure Vision for 21st Century Discovery)》的报告。报告提出了信息基础架构是决定美国在 21 世纪处于全球领先地位的关键^[1]。报告以较大的篇幅列举了科学领域前沿和信息基础架构的关系, 在地球科学特别是地震科学方面列举了很多需要依靠信息基础架构的前沿问题, 提出了比 2002 年的报告更明确的美国发展科学信息基础架构的规划方向。

大型虚拟天文台的全球联合观测拓展了人类对于太空的了解, 改变了人类对宇宙的早期条件的理解, 对从黑洞到超新星体有了更为全面的、超乎我们想象的认知。据了解, 地球科学信息基础架构已经成为美国非常重视的一个领域。美国自然科学基金会已相继启动了 GEONGrid(地球科学网络网格)、CIG(地球动力学基础信息架构)、Geoinformatics(地球信息科学)等大规模的科研项目, 支持的资金总额已超过 10 亿美元。GEONgrid 最引人注目, 它以下一代互联网技术为基础, 建立分布在全国的联结各个大学和地学研

究机构的地球科学信息网络,组成地球科学的网络。其中具有5万亿次以上计算能力的节点有4个,万亿次计算能力的节点有10多个。美国已经将地球透镜计划(EarthScope)纳入GEONgrid之中。由美国地震观测阵列(台阵)(USArray)、圣安德烈斯断层深钻观测(SAFOD)、板块边界运动观测(PBO)产生的海量数据采用GEONgrid这样的信息基础架构联结起来,特别是使用超级计算机来处理和模拟,力图通过配备的高密度宽频地震观测阵列数据进行高分辨的地震反演,探测地球表层和深层结构。美国NASA固体地球科学虚拟实验室(SERVO)利用高密度的地震台网采用高性能计算机模拟,建立了虚拟加利福尼亚,将南加州1000年地下深部结构断层活动和地震的关系以可视化的方式模拟出来,为地震动态过程监视和地震预报提供有力的基础。

地球科学已经将地球灾变和灾变理论列为发展方向,特别是地震灾变和地震灾难的预防,最大程度地减小自然和人为的灾难所造成生命和财产的损失。美国的工程模拟网(NEESgrid)将高性能的网络、先进的计算工具和15台实验设备连接起来,其中包括大型振动台、海啸生成模拟器、大型离心机等,工程研究人员可以对更大规模、更复杂的结构和岩土材料系统进行测试,发现新的设计方法和技术,从而降低地震和海啸带来的损失,以提高改进建筑物和桥梁的抗震设计,保证人类安全。

数据挖掘、分析和可视化工具的迅速发展,将揭示新知识,促进地震科学的发展。美国地震学家通过使用美国科学基金会的“地球探测和地球物理计划”的数百个地震台站提供的地震数据,应用创新方法分析地震信号,利用巨型计算机处理7.2万机时,建立了非常详细的太平洋中心区域下面深部地幔的地震速度模型,发现了从地球液核到地幔的热流^[2]。美国地震学家还与俄罗斯、吉尔吉斯斯坦科学家一起通过GPS的数据处理跟踪小于1毫米/年的亚洲大区域运动,认识“坚硬脆性”和“软弱粘性”两种理论之间的差别,新数据动摇了公认的地壳撞击模式,对板块构造学说提出了挑战^[3]。

上述表明,我国地震科学研究面临着严峻的

挑战。如果不重视建立我国的地震信息基础架构体系,如果不充分利用现代化信息技术,我国的地震科技创新能力就可能落后,就无法保证我国地震科学研究的大国地位。

3 我国地震信息基础设施架构的发展状况

基于对地震信息基础架构的认识,根据我们所面临的地震科学前沿问题的国际竞争和挑战,鉴于发展地震信息基础架构和信息技术的机遇,中国地震局各级领导和科学技术专家一直以极其敏锐的战略眼光认识信息基础架构对地震科技创新的重大促进作用。在上个世纪末,中国地震局是最早和国际互联网接轨的行业部门。“九五”期间完成了地震观测系统的数字化,并建立了全国地震行业信息网络。“十五”实施了“中国数字地震观测网络工程”,扩展了全国地震信息系统的规模和范围,建立了“网络到台站,IP到仪器”的观测信息化体系。在此期间,中国地震局积极参加了亚洲和东盟ACES及中、日、美、澳的国际虚拟地震实验室(ISERVO)的科技活动。中国地震局信息基础架构的建设已经引起了世界的关注。

在科技部的支持下,中国地震局积极参加了国家科技基础条件平台建设,实施了科学数据共享工程,率先进行了地震科学数据共享的试点,承担了国家网络科技环境建设的国家地震计算应用节点建设和地震网络科技协同环境建设,取得了一定的成果。在国家发改委的支持下,承担了中国下一代互联网(CNGI)示范工程2005年研究开发、产业化及应用试验项目(业务试验和应用示范类)“基于IPv6的地震传感器示范网络”项目,成为我国行业部门首先进入CNGI的单位,在基于IPv6的地震传感器网络和地震观测系统IPv6组网方案等新技术应用取得了显著成果。同时,在发改委领导下,中国地震局在航天部二院的配合下,首次开发了防震减灾应用网络实验系统。这一切都表明中国地震局一直在行业信息基础架构建设和信息技术应用方面居于领先地位,并积极参与了国家信息化技术创新活动。

4 我国地震信息基础设施架构的发展战略

在取得重大成果的基础上,地震信息基础架构的发展战略方向是地震行业的领导和科技专家必须研究的问题。在地震局领导的关怀下,在地震局监测预报司的领导下,地震行业内外的信息技术专家、地震监测预报专家、地震科研专家、各省地震局的专家进行了反复研究和探讨,一致认为,在未来的5到10年里,地震信息基础架构发展的战略方向主要是以下几个方面。

4.1 扩展和完善地震信息网络

保障地震行业应用和地震科研的首要基础是建设、扩展和完善已经建立的全国地震信息网络。地震信息网络是地震行业信息化的基础,是地震监测预报、震害防御、应急救援和地震科技创新的信息基础,这个基础设施应满足如下几个方面的要求:

(1) 必须支持高性能计算环境下的地震科学和地震观测、探测、实验数据处理和分析及研究等复杂问题的解决。支持地震应用网格的建立,支持拓宽计算资源的使用范围,特别是地震预测、地震应急和灾害防御工程实验计算技术应用。

(2) 支持系统软件、编程工具、地震海量数据分析处理。保证系统峰值状态性能稳定,支持发展地震科研和应用高性能计算机软件和工具。

(3) 支持端对端软件系统的开发和应用,特别是IP地震观测设备智能化传感器网络应用。支持端对端的用户界面、地震数据流引擎、地震应用程序、数据管理、分析和可视化工具、辅助工具。支持端对端系统通过中间件整合成综合的地震科学研究和应用系统。

(4) 支持虚拟地震观测、远程地震科学仪器实验、网络科研协同、虚拟地震会商、虚拟科研团队和虚拟科研机构。鼓励全地震行业基层和台站科技人员参加网络协同科学研究。

(5) 支持地震数据体系建立,支持地震数据处理、整合、同化、挖掘。支持地震动态监测和数据实时共享。支持地震海量数字化数据存储和存储设

备建立,保证地震海量数据的长期保存和使用。

(6) 能够提供和维持可靠的、稳定的资源和服务,实现可互操作的、灵活的、有效的、渐进的以及广泛接入的信息化服务。特别是在地震突发事件发生时,服务接入和数据信息量突然膨胀条件下的稳定服务。并在对用户干扰最小的条件下,将新的技术和研究进展应用于这些资源和服务。

4.2 建立地震数字化数据体系

当前,建立数字化地震数据体系,保证海量数字化地震数据的长期永久存储,应对各种条件下数据获取、整合、使用、管理等方面的挑战是地震信息基础架构的重要任务和战略方向。地震数字化数据体系是地震信息基础架构最重要的战略方向:

(1) 建立地震数字数据框架和完整地震数字数据模型,研究数据、元数据以及实体,建立地震数字数据数据库、数据集、数据仓库、数据存储和迁移等系统。

(2) 支持地震数字数据收集系统的建立和发展,建立开放、可扩充、持续发展的系统。

(3) 支持地震数字数据工具(数据采集、传递、分析、可视化、元数据生成等等)以及服务,利用数据挖掘、同化、整合、分析、动态可视化等方法,促进数据向知识以及理解方向的转化。

(4) 建立连贯的地震数字数据的政策,保证地震数字数据的永久存储和利用。

4.3 发展高性能计算数字模拟技术

使用高性能计算工具,研究人员可以研究在地球深处、在极端温度和压力下的矿物资源属性。通过高密度宽频地震观测阵列得到的高解析度地震反演,是决定地球表层和深层结构的必要条件。使用高性能计算技术,可以模拟地震发生时地面运动状况和模拟地震工程学上的计算和测试,以提高改进建筑物和桥梁的抗震设计等。因此,发展高性能地震计算工具,发展地震计算模拟技术,关系到增强地震科技创新能力和突破地震预测科学难题的能力。地震高性能计算和模拟系统建立的主要途径是:

(1) 在5~10年内建立地震行业100万亿次

到千万亿次数量级网络和网格计算环境。

(2) 支持高性能地震计算软件的开发、新工具设计、过程建模工具、系统软件以及专业基础算法的开发。

(3) 支持网络化和移动式计算网格技术、高性能计算模拟应用软件的开发,以保证地震模拟应用计算。

4.4 开展信息服务和建立地震网络协同

当前,信息网格和网络技术与当代通信的结合已经完全可以使观测及研究跨地域实时进行;端对端的信息化技术可以建成新的综合科学研究和实验观测服务系统。虚拟地震观测和虚拟地震科研团队建立(包括全球和区域虚拟地震台网、协同实验室、地震科学门户等)完全改变了传统的地震行业工作和科学研究方式。网络协同和虚拟网络研究环境将成为21世纪地震科学发现和创新的转化剂,推动地震信息共享和各领域的协同工作。因此,创建开放式、灵活的地震网络协同和虚拟研究环境应是地震信息基础架构战略发展的重要方向。

(1) 推动和支持建立全国的安全、高效、可靠、可访问、可使用、可普及、持续稳定和可互操作的开放性地震网络协同和虚拟研究系统。

(2) 支持开发地震信息服务的资源共享、服务和工具,保证地震虚拟观测、虚拟科研环境,跨领域的端对端网络协同系统建设和运行。

(3) 通过标准、开放式协议和接口,建立一个集成工具和服务地震网络协同环境综合体系,支持跨学科信息服务和虚拟地震观测网、虚拟实验室、虚拟地震科研团队、网络门户等网上虚拟机构建设。

(4) 建立一套有效的评估和评价系统,对正在运行的信息服务和网络协同的效能和效果进行评价,因为信息服务和网络协同是地震信息基础架构绩效的体现。

4.5 应用信息通信新技术

地震信息基础架构发展迅猛,地震行业的应用技术在信息技术发展的推动下不断出现,跟踪和应用信息通信新技术,是保证地震信息基础架

构先进水平的必要条件。

(1) 下一代互联网地震信息基础架构的应用和建立。

(2) 地震超级计算和模拟,地震应用网格的建立,地球科学超级计算应用基础软件引进和开发。

(3) 地震卫星观测采集、数据传递、存储、处理。

(4) 地震宽带卫星信息网络、3D和4D及宽带无线网络地震应用技术、未来天地一体化的地震通信网络系统的建立。

(5) 海洋地震信息的获取、传输、交换、通信体系建立及其相关技术,例如海底观测通信网络技术。

(6) 建立地震信息网络音频、视频体系,建立多元音视频地震数字化数据存储体系。

(7) 各类地震传感器网络开发及其应用等。

4.6 培养复合型人才

从战略角度上讲,地震信息基础架构需要形成一支跨学科、跨领域的地震信息科技队伍,包括战略构筑师、网络专家、软件专家、信息整合专家、技术集成专家等等,这些人才既有各自专业背景和专长,又兼有整体专业的特点。除了领军代表人物以外,应当是一支老中青梯队配搭的人才队伍。地震行业应当按照整体复合专业结构的框架,定义专业结构队伍和人员素质要求,充分调动现有专业人才的积极性,在开拓新领域中施展才干,发挥骨干作用,同时广泛吸引各学科专业人才加入地震信息基础架构队伍,造就一支跨学科、跨领域,体现时代发展要求的新型队伍。

参考文献

- [1] NSF Cyberinfrastructure Council. NSF's Cyberinfrastructure Vision for 21st Century Discovery[R]. 2006 CI DRAFT: Version 7.1. National Science Foundation USA.
- [2] 李鹏春. 地震学家测量了从地球液核到地幔的热流[J]. 科学研究动态监测快报, 2007(2): 8-9.
- [3] 李鹏春. 新数据动摇了公认的地壳撞击模式——对板块构造学说的挑战[J]. 科学研究动态监测快报, 2007(5): 8-9.