

段乙好,李晓丽,徐志双,等. 2024. 中国地震局应急指挥中心地震应急快速响应技术系统设计与实现. 中国地震, 40(3): 709~717.

中国地震局应急指挥中心地震应急快速响应 技术系统设计与实现

段乙好 李晓丽 徐志双 任静 张云芝 文鑫涛
陈雅慧 吴天安 李志强 郑通彦 刘晓雨

中国地震台网中心, 北京 100045

摘要 为满足应急管理新体制下,各级地震应急管理部门对地震应急响应服务的新要求,基于互联网、云计算、开源数据库和开源 GIS 等一系列新技术与平台,中国地震台网中心建设了新一代地震应急快速响应技术系统。新一代地震应急快速响应技术系统集地震触发、应急响应级别判定、震害损失快速评估、应急产品产出和应急产品服务于一体,实现了从触发到服务的地震应急业务全链条自动化,提升了地震应急响应的服务质量和水平。该系统采用国、省两级部署,在近些年的地震应急处置中取得了较好的应用效果,显著提升了全国地震应急技术支撑能力。

关键词: 地震应急 地震灾害 快速评估 系统设计 系统实现

[文章编号] 1001-4683(2024)03-0709-09 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

0 引言

地震是人类面临的最具威胁的自然灾害之一,具有突发性、破坏性和影响范围广等特点。破坏性地震往往会给人民生命和财产安全造成巨大损失,在震后最短的时间内做出科学合理的决策并有效实施,是保障地震应急救援工作高效有序的关键(聂高众等,2012)。为指挥决策提供强有力的信息支撑是各级地震应急响应部门的重要职责,也是地震应急工作的重要研究领域。

地震应急快速响应技术系统的建设是提高地震应急响应时效性的重要手段之一。我国在“九五”期间通过在部分城市开展震害预测工作,初步进行了地震应急快速响应技术系统的模型研究和建设工作。2000年国务院抗震救灾指挥部成立,为满足地震应急指挥基本要求,建立了国务院抗震救灾指挥部技术系统,形成了地震应急指挥技术系统雏形(姜立新等,2003;帅向华等,2000)。“十五”期间,依托“中国数字地震观测网络”项目,建立了国务院抗震救灾指挥部地震应急指挥技术系统和覆盖全国31个省(直辖市、自治区)的区域抗震救灾指挥部地震应急指挥技术系统,为确保地震应急决策科学和保障有力奠定了基础(姜立新等,2004;帅向华等,2006)。在“国家地震社会服务工程”、“中国地震局地震应急信息

[收稿日期] 2024-01-03 [修定日期] 2024-04-11

[项目类别] 中国地震局应急青年重点任务(CEAEDM20240213)资助

[作者简介] 段乙好,男,1985年生,工程师,主要从事地震应急技术与应用研究。E-mail:duan420684@163.com

化试点项目”等项目的推动下,我国基本建成了国家、省、地市三级指挥部互联、部门联动、专家协同的全国地震应急技术系统体系架构(姜立新等,2003,2012)。地震应急快速响应技术系统作为地震应急技术系统核心子系统之一,在2008年四川汶川8.0级地震等一系列重特大地震事件的应急救援中均发挥了关键作用(杨天青等,2019;张方浩等,2019)。

一些发达国家很早就建立了适合本国家、地区或全球的地震应急快速评估技术系统,如美国的PAGER系统、欧洲的GDACS系统和WAPMERR系统、日本的Phoenix系统(陈相兆,2016)等。

中华人民共和国应急管理部(以下简称“应急管理部”)成立后,地震应急处置工作模式发生了重大变化,对标“全灾种、大应急”的任务需要以及“快精准”的高服务要求,原有的地震应急快速响应技术系统在系统架构、系统性能、业务功能、产品内容、产出时效等方面已不能满足需要,亟待建设新一代地震应急快速响应技术系统。在中国地震局业务主管部门的支持下,按照应急管理部、中国地震局和中国地震台网中心的新需求,结合业务实际情况,中国地震台网中心对中国地震局应急指挥中心地震应急快速响应技术系统进行了全新的设计和研发,建设了集地震触发、应急响应级别判定、震害损失快速评估、应急产品产出和应急产品服务于一体的新一代地震应急响应服务技术系统。该系统实现了从触发到服务的地震应急业务全链条自动化,提高了地震应急响应的服务质量和水平。

1 系统架构

根据服务对象及其需求,地震应急快速响应技术系统由基础层、数据层、业务服务层、展示层和用户层等5层结构组成(图1)。系统将数据存储、业务逻辑和信息展示分离,使其各层次结构清晰,降低了系统的耦合性,增强了系统的可扩展性和可维护性。

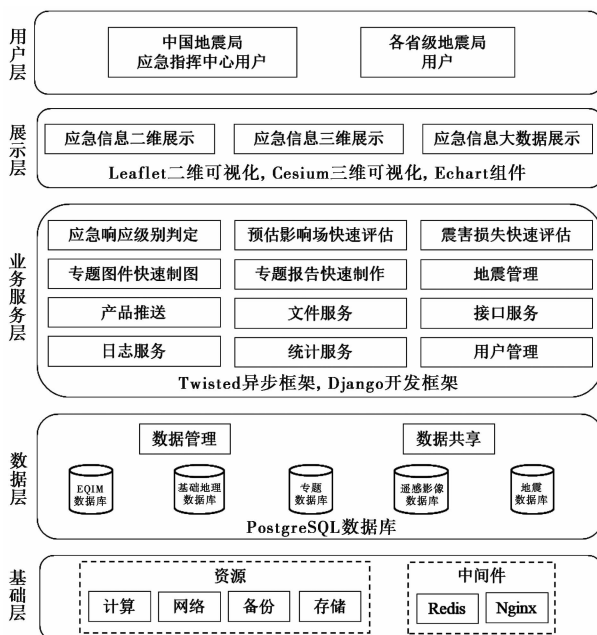


图1 系统架构

其中,基础层包括系统建设所需要的硬件资源及中间件。基础层是应急快速响应技术系统研发和部署的软硬件基础设施;数据层主要包括数据管理和数据共享等功能,数据管理实现对数据库中所有数据的管理,数据共享实现系统内部业务服务之间、不同业务系统间的数据共享;业务服务层主要包括核心业务服务和辅助业务服务,通过这些服务,系统可以实现地震应急全流程业务的产品产出和服务;展示层主要包括应急信息二维展示、应急信息三维展示和应急信息大数据展示等功能,可以实现业务数据和产品在不同应急服务场景下的信息可视化,实现数据的组合展示,产品的专题展示,同时具有信息的检索和定位功能,可在应急状态下根据领导的新需求提供相应的信息服务;用户层主要包括中国地震局应急指挥中心用户和各省级地震局用户,可以实现不同权限下对系统的访问和操作。

系统采用 B/S 架构,基础层中间件主要涉及分布式缓存 Redis 和 Web 服务 Nginx,数据层采用开源对象-关系型数据库管理系统 PostgreSQL/PostGIS,业务服务层基于 Twisted 异步框架和 Django 开发框架实现,展示层采用 Leaflet 二维可视化工具、Cesium 三维可视化工具和 Echart 组件,以实现系统的安全可控性、产出时效性、易用稳定性和运维简单性。

2 系统数据库

由于地理数据具有空间位置、非结构化、空间关系、分类编码等特征,通用关系型数据库管理系统难以满足要求。为提高系统的安全可控性,采用开源对象-关系型数据库管理系统 PostgreSQL/PostGIS。PostgreSQL 对系统的空间数据和属性数据进行存储管理,PostGIS 作为空间数据引擎对数据进行操作。PostgreSQL/PostGIS 具有较低的维护成本和可靠的空间分析能力,已广泛应用于各类 GIS 系统中。

新一代地震应急快速响应技术系统数据库包括基础地理数据库、专题数据库、遥感影像数据库、地震事件数据库等四部分,总数据量达 10TB。其中基础地理数据库包括各级行政区划、地形、交通、水系、学校、医院等数据;专题数据库包含历史地震、历史灾害、第四代烈度区划、第五代烈度区划、活动断层、地震监测中心站、人口、经济和房屋等数据;影像数据库包含各类在线或离线影像、无人机影像和三维建模等数据;地震事件数据库包含地震相关的应急响应服务等级消息、预估影响场、震害损失评估结果、专题图件、专题报告、震害数据和应急工作照等各类数据。系统将所有数据储存在同一个数据池,以分布式存储实现数据资源管理,既可满足数据管理、数据共享分发、数据处理等业务的访问、调度和共享,又可支持各种类型数据存储要求和模式。

3 系统核心功能

新一代地震应急快速响应技术系统的核心功能主要包括 EQIM 自动触发、应急响应级别判定、预估影响场快速评估、震害损失快速评估、专题图件快速制图、专题报告快速制作和应急产品推送等(图 2)。

EQIM 自动触发功能是指系统接收到 EQIM 中的地震三要素(震级、发震位置、震源深度)后,根据地震应急响应的相关工作要求,判定是否启动系统,进而产出和推送相关产品。

应急响应级别判定功能是根据地震三要素、人口密度、经济水平及应急响应启动的相关规定等,对地震应急服务响应的启动级别进行快速判定,产出地震应急响应服务等级消息。

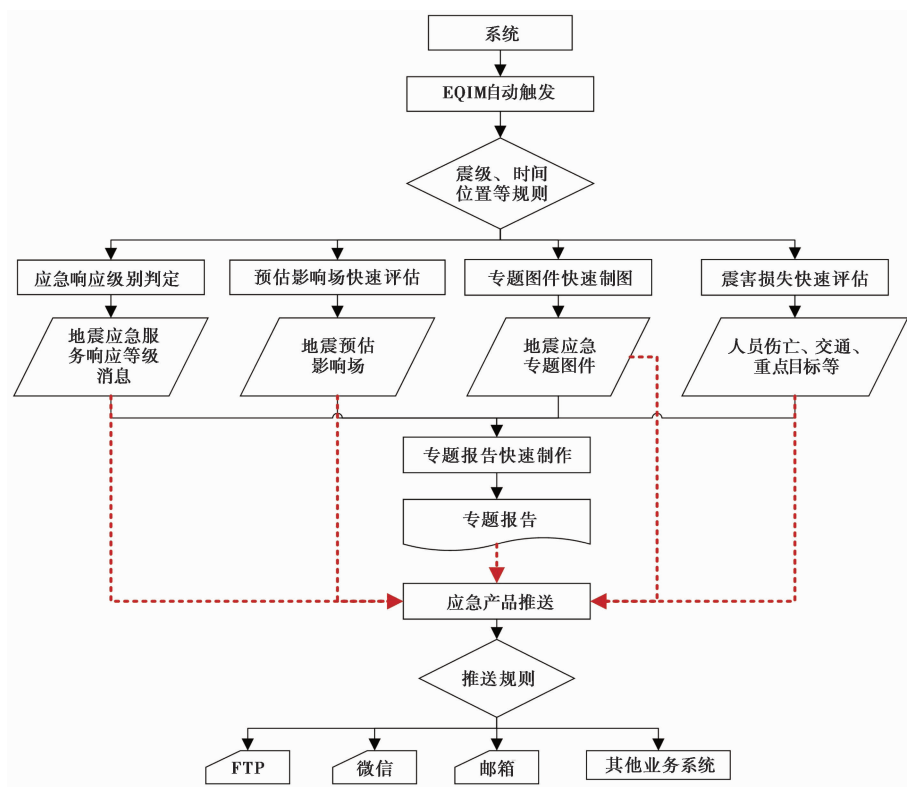


图2 系统核心功能及产品

该消息为中国地震局启动应急响应提供决策建议。

预估影响场快速评估功能是指基于地震三要素、活动断层、震中所在区域的烈度衰减关系等数据,对地震可能造成的影响范围进行快速评估。该评估结果为震后救援力量部署和应急搜救提供方向性指导。

震害损失快速评估功能是指基于预估影响场快速评估的范围、人口、房屋、经济、房屋易损性矩阵等数据,通过人员伤亡评估模型、次生灾害评估模型、生命线损失评估模型、经济损失评估模型等,对地震人员伤亡、经济损失、次生灾害、生命线损失等震害进行快速评估。该评估结果对于救援力量和救援物资的调配、救援重点地区的判定等具有重要的参考价值。

专题图件快速制图功能是指基于地震应急数据库,围绕震区基本信息、预估影响场、震害损失快速评估结果等生成的一系列满足不同地震应急阶段不同需求的专题图件。专题图件可以直观展示震区基本情况、震害情况等,为震后救援提供重要参考信息。

专题报告快速制作功能是利用地震三要素、震区基本信息(人口分布、灾区及周边行政区划分布、震中设防烈度等)、震害损失快速评估结果(各烈度区面积、人员伤亡快速评估结果、经济损失快速评估结果、生命线损失快速评估结果等)、历史震害信息(历史地震活动情况、历史震害损失情况等),依据服务对象及其需求定制的专业报告。专题报告包含人员伤亡等核心信息,服务于应急管理部、中国地震局等各级决策部门。

应急产品推送是指依据地震三要素、响应级别等推送规则,将系统产出的各类应急产

品,推送到内部的 FTP、微信、邮箱以及其他业务系统等服务平台。

4 系统特点

随着互联网技术的高速发展及其与行业的深度融合,依托于新型的开发、运维、服务方式,借助于模型方法的不断完善和改进,新一代地震应急快速响应技术系统实现了地震应急响应全链条业务的自动化,提升了应急服务的时效性和可靠性。该系统具有以下特点。

4.1 微服务架构

新一代地震应急快速响应技术系统架构改用基于 Django 和 GeoDjango 开发的微服务架构。微服务架构将系统功能尽可能细地划分成独立的服务,每个服务专注于单一具体的业务功能实现,服务之间采用轻量级的通信机制互相协调、互相配合,最终为用户提供符合不同需求的功能服务。微服务架构降低了系统的耦合性,提高了系统容错性、伸缩性及可扩展性,具有易于迭代开发、业务扩展与持续交付的能力(王坦等,2021;沈晨笛等,2023)。通过将地震应急响应全链条业务细分为 EQIM 自动触发、应急响应级别判定、预估影响场快速评估、震害损失快速评估、专题图件快速制图、专题报告快速制作和应急产品推送等微服务功能,系统实现了业务功能的分割和独立,任何一个微服务均可以独立工作,相互间通过接口协同,极大地提高了地震应急快速响应技术系统的伸缩性和可扩展性。

4.2 业务智能化

在应急管理新体制下,中国地震局对震后产出的内容、报送时限等提出了具体要求,这对系统本身运转的稳定性、可靠性和系统产出的时效性提出了更高的要求。为了尽可能缩短人为干预带来的时间延迟,新一代地震应急快速响应技术系统实现了从日常维护到震时应急产出的智能化,满足自动触发、快速评估、产品产出、产品展示和产品报送的应急业务全流程智能化。系统每日开展 3 次自动测试,以检验系统的稳定性和可靠性。业务人员可通过企业微信随时查看测试结果,如有问题可随时开展故障排查。此外,系统与 EQIM 数据库连通,实时接收地震的三要素信息,一旦有地震发生,系统立即响应,产出震中、预估影响场、应急响应服务等级消息、专题图件、地震灾害评估报告、地震目录等应急产品,然后根据推送规则将应急产品自动推送至内部的 FTP、微信等相关平台。在专家知识库的支持下,系统可以自动产出全国 5.5 级以下地震的人员伤亡预告等核心产品,极大地提高了系统的智能化水平(图 3)。

4.3 产出时效性高

除了全面提升系统的智能化水平来缩短响应时间外,系统通过分布式部署实现了地震应急产品的并行产出,大大缩短了各类应急产品生成的时间。如 EQIM 自动触发功能可以实时监测是否有新地震发生,通过对比发现其时效性高于手机接收地震速报信息(图 4)。预估影响场快速评估功能可以在 30s 内完成地震预估影响场产出,应急响应级别判定功能能在 60s 完成响应级别的判定和消息的推送,专题图件快速制图和专题报告快速制作功能可以在 5min 内产出各类地震应急专题图件和地震灾害快速评估专报等产品。与原有系统相比,现有系统极大地提升了微服务间的信息传递时间,实现了产出并行化,减少了人工干预出错的概率,提升了震后整个应急全链条业务产品产出和服务的时效性。

4.4 系统自主性强

系统的自主性主要包含两方面,系统研发的自主性和系统维护的自主性。按照应急管

【测试】新疆巴音郭楞州且末县 5.5 级地震灾害快速评估

据中国地震台网测定，北京时间 2024 年 6 月 14 日 18 时 0 分，在新疆巴音郭楞州且末县(北纬 37.55 度，东经 86.29 度)发生 5.5 级地震，震源深度 17 公里。

震中 10 公里范围内平均海拔约 3916 米。

❖ 灾害快速评估结果

利用《地震灾害快速评估系统》，产出地震快速评估报告。据估算，本次地震最高烈度达到 7 度，6 度区及以上区域等震线长轴约 41 公里，短轴约 20 公里。7 度区面积不足 1 平方公里，人口稀疏。6 度区面积约 658 平方公里，人口少于 20 人。震中附近区域人口稀疏，预计造成人员伤亡的可能性较小。

7 度区内没有高速公路、省道、国道、铁路通过。无医院和学校分布。

6 度区内没有高速公路、省道、国道、铁路通过。无医院和学校分布。

图 3 系统自动产出全国 5.5 级以下地震人员伤亡预估情况

名称	文件类型	文件大小	时间	上传者
新疆阿克苏地区库车市4.5级地震6、震中与主要城市距离分...	图片图表-专题图件	1.3 MB	2024-10-13 07:43:02	专题图
新疆阿克苏地区库车市4.5级地震5、震中周边交通图A3	图片图表-专题图件	931.0 KB	2024-10-13 07:42:52	专题图
新疆阿克苏地区库车市4.5级地震4、地震快速评估影响范围...	图片图表-专题图件	722.7 KB	2024-10-13 07:42:14	专题图
新疆阿克苏地区库车市4.5级地震3、成灾地震分布图A3	图片图表-专题图件	826.0 KB	2024-10-13 07:42:07	专题图
新疆阿克苏地区库车市4.5级地震2、历史地震分布图A3	图片图表-专题图件	1.1 MB	2024-10-13 07:42:01	专题图
新疆阿克苏地区库车市4.5级地震1、震中周边基本信息图A3	图片图表-专题图件	912.3 KB	2024-10-13 07:41:54	专题图
新疆阿克苏地区库车市4.5级地震快速评估专报	灾情报告-灾情简报	2.7 MB	2024-10-13 07:41:34	系统
新疆阿克苏地区库车市4.5级地震5、震中周边交通图A4	图片图表-专题图件	480.8 KB	2024-10-13 07:41:31	专题图
新疆阿克苏地区库车市4.5级地震4、地震快速评估影响范围...	图片图表-专题图件	414.5 KB	2024-10-13 07:40:53	专题图
新疆阿克苏地区库车市4.5级地震3、历史地震分布图A4	图片图表-专题图件	603.8 KB	2024-10-13 07:40:46	专题图
新疆阿克苏地区库车市4.5级地震2、成灾地震分布图A4	图片图表-专题图件	459.4 KB	2024-10-13 07:40:37	专题图
新疆阿克苏地区库车市4.5级地震1、震中周边基本信息图A4	图片图表-专题图件	488.0 KB	2024-10-13 07:40:31	专题图
震级目录新疆阿克苏地区库车市4.5级地震	灾情报告-灾情简报	22.1 KB	2024-10-13 07:40:19	系统
震中距目录新疆阿克苏地区库车市4.5级地震	灾情报告-灾情简报	22.1 KB	2024-10-13 07:40:19	系统
时间目录新疆阿克苏地区库车市4.5级地震	灾情报告-灾情简报	22.1 KB	2024-10-13 07:40:19	系统
新疆阿克苏地区库车市4.5级地震基本情况	重要信息-基础信息	25.9 KB	2024-10-13 07:40:18	系统
新疆阿克苏地区库车市4.5级地震快速评估简报	灾情报告-灾情简报	27.5 KB	2024-10-13 07:40:18	系统
新疆阿克苏地区库车市4.5级地震历史和灾害地震目录	灾情报告-灾情简报	21.3 KB	2024-10-13 07:40:18	系统
应急部新疆阿克苏地区库车市4.5级地震历史地震目录	灾情报告-灾情简报	20.5 KB	2024-10-13 07:40:18	系统
50公里遥感影像图	图片图表-专题图件	447.8 KB	2024-10-13 07:40:10	系统
30公里遥感影像图	图片图表-专题图件	520.3 KB	2024-10-13 07:40:09	系统
20公里遥感影像图	图片图表-专题图件	645.1 KB	2024-10-13 07:40:08	系统
10公里遥感影像图	图片图表-专题图件	615.9 KB	2024-10-13 07:40:07	系统
5公里遥感影像图	图片图表-专题图件	541.0 KB	2024-10-13 07:40:05	系统
2.5公里遥感影像图	图片图表-专题图件	664.7 KB	2024-10-13 07:40:03	系统
新疆阿克苏地区库车市4.5级地震震中	重要信息-基础信息	800 字节	2024-10-13 07:39:39	系统

15:23 地震 12322

07:33 中国地震台网自动测定: 10月13日07时30分, 在新疆阿克苏地区库车市附近(北纬40.95度, 东经83.93度)发生4.8级左右地震。最终结果以正式通报为准。

07:33 中国地震台网正式测定: 10月13日07时30分, 在新疆阿克苏地区库车市(北纬40.93度, 东经83.95度)发生4.5级地震, 震源深度17公里。

07:39 中国地震台网正式测定: 10月13日07时30分, 在新疆阿克苏地区库车市(北纬40.93度, 东经83.95度)发生4.5级地震, 震源深度17公里。

07:40 中国地震台网正式测定: 10月13日07时30分, 在新疆阿克苏地区库车市(北纬40.93度, 东经83.95度)发生4.5级地震, 震源深度17公里。

显示第 1 到第 26 条记录, 总共 26 条记录 每页显示 50 条记录

图 4 系统产出产品时间与手机短信时间对比

理部提出的业务系统建设安全可控的要求,为了摆脱商业软件的制约,实现业务软件的自主可控,系统数据库由原来的 Oracle 数据库改用 PostgreSQL/PostGIS 开源数据库,专题图制图平台由原来的 ArcGIS 改用开源的 QGIS 平台,网页开发框架采用 Django 和 GeoDjango 开源框架等开源软件和技术,既确保系统研发的自主性,又节约购置专用软件成本。中国地震局应急指挥中心基于新的地震应急专题图制图平台开展了地震应急各时段专题图模板的设计和制作,开展了地图符号转换插件研发,实现了原有制图符号库-地震灾情信息标绘符号库由 ArcGIS 平台向 QGIS 平台的迁移(陈雅慧等,2021)等,目前该符号库和插件已部署于新的地震应急快速响应技术系统中,应用效果良好。

系统维护的自主性是指对于日常调整比较频繁的功能,如报告的模板、报告的产出和推送规则,专题图的产出和推送规则,地震应急响应级别的判定条件等都在系统前端建立了维护功能,可随时根据需求动态调整和优化,无需研发人员更改代码,极大地提高了运维的灵活性,有助于系统根据地震应急期间各类需求的变化而进行调整(图5)。

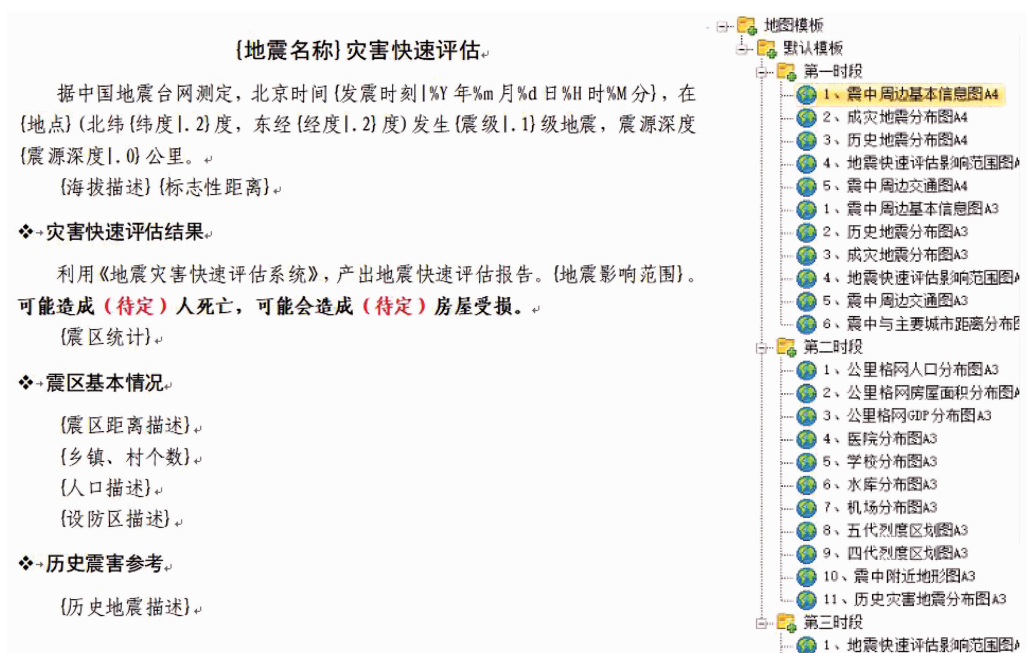


图5 专题报告和专题图件模板

4.5 模型持续优化

在应急管理部、中国地震局对应急响应服务业务提出的“快、精、准”的要求下,地震应急快速响应技术系统中所部署应用的模型和方法一直在不断的优化和升级。

(1)地震影响场修正。为解决震后影响场宏观震中与微观震中不一致、长轴方向与实际长轴方向不一致的问题,徐志双等(2020a,2020b)基于余震、震源机制解、破裂过程等开展了一系列修正地震影响场的方法研究,部分成果已在系统中部署并应用,目前仍在逐步完善中。

(2)烈度衰减关系模型区域化。烈度衰减关系模型是地震影响范围快速评估的基础,在系统原有模型的基础上,任静等(2020,2021)对全国各地区的烈度衰减关系进行搜集、整理、验证和优化,建立了一套区域化衰减关系模型库,目前已部署于地震应急快速响应技术系统中,在实际应用中得到了不断检验,提高了地震影响范围快速判定的准确性。

5 系统应用实效

新一代地震应急快速响应技术系统采用国家级、省级两级部署。国家级地震应急快速响应技术系统部署于中国地震局应急指挥中心,实现了全年365天、全天24小时业务化运行,按照中国地震局地震突发事件信息报送的相关规定,系统实现了北京1.5级以上、全国3.0级以上真实地震应急产品的产出和服务。省级地震应急快速响应技术系统部署在地震

行业私有云上,依托该系统各省地震局可共享中国地震台网中心快速评估业务的最新模型、模板和数据,极大提升了全国地震应急服务能力,特别是补齐了少震、弱震省局地震应急快速响应支撑系统的短板,显著提升了全国地震灾害快速评估和辅助决策支撑能力。

近年来快速评估模型和方法改进取得了较好的成效。2013—2023年中国大陆6.0级以上地震共计33次,通过对比这些地震的人员伤亡快速评估结果与实际伤亡情况,得到如下结果:快速评估结果与实际伤亡基本保持一致的地震有28次,占比85%,其余5次地震存在较大偏差,主要原因是人口房屋等基础数据支撑力度不够、地震人员伤亡快速评估模型因素考虑不全面等(李晓丽等,2024)。

6 结语

新一代地震应急快速响应技术系统在震后应急处置工作中发挥了重要作用,但在模型、方法和应急产品等方面还需要进一步提升。下一步工作可充分利用国家地震烈度速报与预警工程的重要成果,完成与中国地震台网中心国家地震产品平台的对接,实现快速评估影响范围自动修正和模型优化;充分考虑地震地质次生灾害、发震时间等影响因子,构建人员伤亡区域化动态评估模型,提高人员伤亡快速评估结果的准确性,为应急管理部、中国地震局及省级政府地震应急救援决策提供科学可靠的依据。

参考文献

- 陈相兆. 2016. HAZChina 地震应急快速评估技术研究及系统建设. 博士学位论文. 哈尔滨: 中国地震局工程力学研究所.
- 陈雅慧,段乙好,徐志双,等. 2021. ArcGIS 点符号库向 QGIS 平台迁移的实现. 中国地震,37(4):916~923.
- 姜立新,聂高众,帅向华,等. 2003. 我国地震应急指挥技术体系初探. 自然灾害学报,12(2):1~6.
- 姜立新,帅向华,聂高众,等. 2012. 地震应急指挥协同技术平台设计研究. 震灾防御技术,7(3):294~302.
- 姜立新,吴天安,刘在涛,等. 2004. 地震现场应急指挥技术系统的结构与实现. 地震,24(3):35~41.
- 李晓丽,刘晓雨,裴渝庆,等. 2024. 新一代全国地震应急响应服务技术系统建设构想. 中国应急救援,(3):50~54.
- 聂高众,安基文,邓砚. 2012. 地震应急灾情服务进展. 地震地质,34(4):782~791.
- 任静,阿里木江·亚力昆,李志强,等. 2020. 2020年1月19日新疆伽师6.4级地震灾害损失快速评估精准性分析. 震灾防御技术,15(2):349~358.
- 任静,张方浩,李志强,等. 2021. 2021年5月21日云南漾濞6.4级地震灾害损失快速评估结果分析. 震灾防御技术,16(3):454~466.
- 沈晨笛,兰海波,郭杰,等. 2023. 基于微服务架构的气象服务支持系统设计与实现. 气象科技,51(2):215~221.
- 帅向华,成小平. 2000. 全国地震应急快速响应信息系统的建立. 见:中国地震学会. 中国地震学会第八次学术大会论文摘要集. 北京:地震出版社,193.
- 帅向华,姜立新,李志强,等. 2006. 国家地震应急快速响应信息系统建设——以首都圈地区为基础. 自然灾害学报,15(5):132~135.
- 王坦,师宏波,黄经国,等. 2021. 基于微服务架构的地震站网全流程一体化监控平台设计与实现. 地震地磁观测与研究,42(3):276~283.
- 徐志双,刘杰,郑通彦,等. 2020a. 基于精定位余震序列的2019年四川长宁 M_s 6.0地震等震线研究. 地震学报,42(4):447~456.
- 徐志双,任静,陈雅慧,等. 2020b. 基于开源软件的地震影响场快速生成及动态修正方法研究与实现. 地震地磁观测与研究,41(4):209~216.
- 杨天青,姜立新,席楠,等. 2019. 地震烈度协同评估模式研究与实现. 震灾防御技术,14(1):239~246.
- 张方浩,李永强,曹彦波,等. 2019. 基于云技术的云南地震现场应急指挥技术系统优化. 地震研究,42(2):257~264.

Design and Implementation of Earthquake Emergency Rapid Response System of the China Earthquake Administration Emergency Command Center

Duan Yihao, Li Xiaoli, Xu Zhishuang, Ren Jing, Zhang Yunzhi, Wen Xintao, Chen Yahui, Wu Tianan, Li Zhiqiang, Zheng Tongyan, Liu Xiaoyu
China Earthquake Networks Center, Beijing 100045, China

Abstract To meet the evolving requirements of earthquake emergency management departments under the new emergency management system, the China Earthquake Networks Center has developed a next-generation earthquake rapid response system. This system leverages advanced technologies such as the Internet, cloud computing, open-source databases, and open-source GIS platforms. The new system is an end-to-end automated emergency response framework that integrates earthquake detection, response level determination, rapid damage assessment, and the generation of emergency products and services. It enables full automation from detection to service delivery, enhancing both the quality and efficiency of earthquake emergency responses. Deployed at both national and provincial levels, the system has demonstrated significant success in recent years, greatly strengthening the nation's technical capacity for earthquake emergency management.

Keywords: Earthquake emergency; Earthquake disaster; Rapid assessment; System design; System implementation