

聂树明, 吴华平, 李晋. 基于GIS的建设工程抗震设防业务管理系统[J]. 灾害学, 2017, 32(4): 79-84. [NIE Shuming, WU Huaping and LI Jin. The System of Seismic Protection Business Management for the Construction Engineering Based on GIS[J]. Journal of Catastrophology, 2017, 32(4): 79-84. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2017.04.013.]

基于GIS的建设工程抗震设防业务管理系统*

聂树明, 吴华平, 李 晋

(广东省地震局, 广东 广州 510070)

摘 要: 建设工程抗震设防业务管理包括对一般建设工程和重要建设工程抗震设防的业务管理。通过收集已有的震害防御成果, 进行数据加工处理和地理空间分析, 不仅实现对建设工程的抗震设防备案管理, 并给出了地震安全性评价工程条件、工程场地地震动参数、地震烈度自动判别和地震地质环境影响分析结果。对于一般建设工程, 根据地震动参数区划图和经过审批的地震小区划成果, 给出建设工程的抗震设防参数和地震地质环境影响分析结果; 对于重要建设工程, 根据经过审批的地震安全性评价结果, 给出建设工程的抗震设防参数和地震地质环境影响分析结果。

关键词: 建设工程; 抗震设防; 震害防御; 业务管理; 管理系统; GIS

中图分类号: P315.9; X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2017)04-0079-06

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2017.04.013

大量的历史震害表明, 建设工程的破坏是造成人员伤亡和直接经济损失的主要原因。据不完全统计, 汶川地震90%以上人员伤亡和经济损失是由于建设工程被破坏所造成的, 地震中严格按照相关法律法规进行抗震设防的建设工程均较好地经受住了地震的考验^[1-9]。因此, 做好建筑物的抗震设防, 重视选址和抗震设计与施工, 使建筑物达到“大震不倒、中震可修、小震无恙”的目标, 就能最大限度的减少由于地震所带来的灾害损失^[10-14]。

基于GIS的抗震设防业务管理系统主要是利用已有的震害防御成果, 通过数据收集、专业调查及部门数据共享, 建立抗震设防数据库, 实现地震安全性评价单位资质备案、地震安全性评价单位承接业务备案和建设工程抗震设防要求备案的网上办公自动化, 建设单位、地震安全性评价单位和个人办理抗震设防行政审批办事事项网上公开, 随时公布备案情况, 供经办人员查阅, 方便群众, 增加办事透明度, 提升地震管理部门的办公效率和管理服务水平; 利用抗震设防数据库和建设工程管理服务平台对信息进行综合处理, 最后形成分别面向专业和社会的建设工程抗震设防管理服务平台, 为提高地震管理部门抗震设防专业化管理水平和技术应用水平提供服务, 并以服务社会为主要手段目标, 提升建设工程的防震减灾能力。

基于GIS的抗震设防业务管理系统包括收集、处理大比例尺电子地图、收集整理抗震设防数据、数字化地震动峰值加速度图和主要断裂分布图、建设抗震设防数据库、建立抗震设防业务管理系统^[15-18]。

基于GIS的抗震设防业务管理系统建设目标包括:

(1) 通过收集、整理震害防御专业数据, 建立抗震设防专业数据库, 提高震害防御专业数据的应用范围和效果。

(2) 对于一般建设工程, 提供基本抗震设防烈度、地震动峰值加速度, 对于已完成地震小区划的区域, 提供地震地质灾害影响结果^[19-27], 如地表断裂、软土震陷、滑坡、砂土液化等。

(3) 对于重要建设工程, 提供地震安全性评价工程监督和备案及资质管理服务, 提高办事效率和地震安全性评价工程透明度。

(4) 为建设工程抗震设防管理提供专业数据、专业技术支撑服务, 提高建设工程抗震设防管理水平。

1 技术思路

抗震设防业务管理系统由抗震设防管理门户

* 收稿日期: 2017-04-13 修回日期: 2017-06-09

基金项目: 东莞市防灾减灾重点项目(2010Z1-D0011)

第一作者简介: 聂树明(1957-), 男, 四川宜宾人, 研究员, 主要从事计算机技术和震害防御研究. E-mail: smnie@163.com

网站、抗震设防数据库和抗震设防业务分析系统构成。为方便公共用户使用,抗震设防管理门户网站采用 B/S 结构;基于数据安全和系统运行速度考虑,抗震设防分析系统和抗震设防数据库采用 C/S 结构。

抗震设防业务管理系统采用先进的、流行的三层体系架构,分别为:应用服务层、业务分析层和环境支撑层(图 1)。

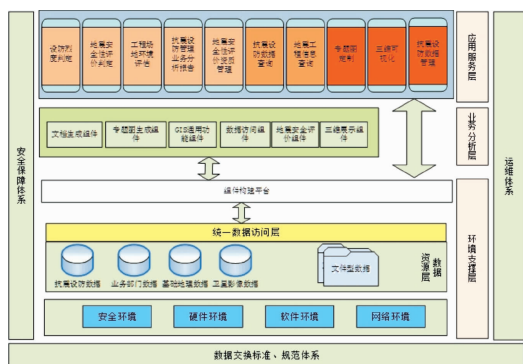


图1 总体结构图

应用表示层:通过用户权限和信息权限过滤后,统一用户界面显示,接收用户界面操作和查询请求,将业务分析处理后的数据生成用户界面。应用表示层也称为应用服务层,这些服务主要包括:抗震设防要求、工程地震地质环境评估、地震安全性评价工程备案、地震安全性评价资质备案、抗震设防数据查询、地震工程信息查询、专题图定制、三维可视化等。

业务分析层:负责按照用户界面层提交的请求,并按照业务逻辑提取、过滤和处理数据,并将处理完的数据包返回给应用表示层。业务分析层主要包括全部抗震设防业务分析模块内容,即断层影响分析、地震烈度影响分析、砂土液化影响分析、软土震陷影响分析、地震工程钻孔分布、空间信息管理等。

环境支撑层:负责系统数据和信息的存储、检索、优化、自我故障诊断/恢复以及业务数据。存储的数据主要包括地理信息基础数据、抗震设防专业数据和抗震设防法规数据。该层还包括支撑系统的网络通信协议和计算机软硬件等资源。本系统采用的网络通信协议是 TCP/IP 协议。支撑本系统主要的软硬件包括数据库服务器、应用服务器、客户端计算机、Windows Server 操作系统、数据库管理系统、GIS 等。

2 技术路线

建设工程抗震设防业务管理系统主要包括下列内容:

(1) 收集资料。包括收集基础电子地图、地震安全性评价工程、地震地质灾害、地震小区划、断层活动性探测及其地震危险性分析、地震动参数(地震烈度)复核、震害预测资料。

(2) 基础电子地图处理。对 1:1 万电子地图进行处理,包括坐标转换、地图编辑、添加属性数据,针对中心城区新建的部分重大工程、重要建筑需要补充、添加,以使具有现时性。

(3) 专题图数字化。主要是对主要断裂分布图、《中国地震动参数区划图》^[28]、地震动参数小区划图、地震地质灾害区划图等专业图件进行数字化。并且需要制作地震安全性评价工程分布图、工程地质钻孔分布图等。

(4) 数据库建设。建立基于 GIS 和 Oracle 的抗震设防专业数据库,包括建立数据字典、数据表和表结构。

(5) 抗震设防专业数据分析与处理。对建设工程抗震设防专业数据进行管理、分析与处理,为建设工程抗震设防业务管理提高科学依据。

(6) 抗震设防业务管理与服务。提供建设工程地震安全性评价、抗震设防要求、地震地质环境分析、地震安全性评价资质管理与服务。

总体技术路线如图 2 所示。

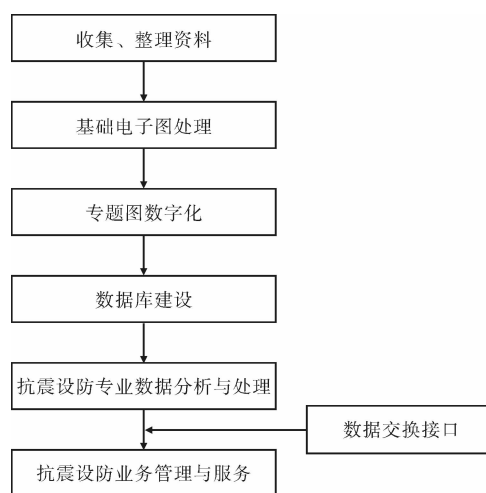


图2 总体技术路线图

3 系统设计及关键技术

3.1 系统总体设计

抗震设防业务管理系统应基于 ArcGIS Engine 平台上开发和应用,采用 B/S 和 C/S 体系结构设计。数据库系统采用 Oracle,服务器端用 ArcSDE 作为空间数据引擎。建立统一的 GIS 应用服务器和

数据库服务器, 地理信息数据统一集中存储, 以保持数据的一致性。利用 ArcGIS Engine 开发的地理信息数据库管理系统作为客户端部署在业务管理部门, 提供对抗震设防专业分析功能。

按照可复用构件^[29-35]的设计和开发原则, 将抗震设防业务管理系统涉及到的公共构件划分为两大类: 技术可复用构件和业务专用构件。公共构件(平台)因为各个业务软件的共享和重用, 因而成为整个体系的关键技术, 同时也是主要的技术风险所在, 其中最关键的就是数据交换平台这个公共构件。

抗震设防业务管理系统总体设计遵循了以下原则: ①先进性原则。②可配置和可管理性原则。③可扩展性原则。④规范性原则。⑤高性能与稳定性原则。⑥安全、保密性原则。⑦易使用性、可维护性、可管理性的原则。⑧良好的人机界面和有效的联机帮助。

3.2 关键技术

3.2.1 数据收集和整理

数据收集和整理是体现系统应用效果的关键环节。除了充分利用现有的震害防御资料外, 还需要收集大比例尺的电子地图、卫星影像或遥感图、地质灾害危险程度分区图、地质灾害隐患点分布图等。对于纸质地图或栅格地图, 需要进行数字矢量化; 对于 CAD 等其他格式的图件, 需要进行格式及样式转换; 对于文本文件, 需要提取数据建立电子表格; 对空间提取的相关数据, 需要建立与空间数据层对应的属性数据表。

3.2.2 坐标系及其转换

系统采用 WGS-84 坐标系, 用平面坐标或者地理坐标表示。在数据处理时, 需要将大量的图件进行坐标转换。由于抗震设防报建工程坐标位置通常采用地方直角坐标, 还专门设计了坐标转换组件供系统调用。

3.2.3 系统安全技术

考虑系统和数据的安全, 系统采用 B/S 和 C/S 两种架构设计。对于外网, 采用 B/S 架构, 用户通过互联网填写工程信息, 提交申请表。内网采用 C/S 架构, 由系统自动读取用户提交的工程信息, 进行分析判定, 向用户反馈分析判定结果。外网与内网只允许单向传输, 完全通过内网调取和发送信息, 提高系统和数据的安全性。

3.2.4 最短路径分析

工程场地与断层(断裂)的最短距离需要运用空间分析中的最短路径分析方法。所谓最短路径, 是指在网络系统中, 找出从起点到终点的累计行程最短的路径。最短路径的求解算法一般分为两大类, 即单源点间的最短路径和所有节点之间的

最短路径。前者是计算网络系统中某一起点到某一终点的最短距离; 而后者是在整个网络系统中, 计算所有点对之间的最短距离。对于给出的事件结点网络, 要求求出从起点到终点的所有路径, 经分析、比较后找出长度最短的路径, 从而得出求最短路径的算法。

3.2.5 缓冲区分析

建设工程场地分析包括建设工程附近一定范围有否做过地震安全性评价工程, 是否会发生软土震陷、砂土液化, 是否靠近断裂等采用缓冲区分析方法。

缓冲区分析是针对点、线、面实体, 自动建立其周围一定宽度范围以内的缓冲区多边形。例如基于高速公路的缓冲区, 通常是以高速公路为中心轴线, 距中心轴线一定距离的平行条带多边形; 基于建筑物等面要素多边形边界的缓冲区, 向外或向内扩展一定距离以生成新的多边形。

3.2.6 叠加分析

采用叠加分析将建设工程场地与断裂、砂土液化区、软土震陷区、滑坡危险区、崩塌危险区、地震动峰值加速度分区、烈度分区、工程地质钻孔分布等有关专题图层组成的数据层面进行叠加产生一个新的数据层面。

叠加分析将两层或多层地图要素进行叠加产生一个新要素层的操作, 其结果将原来要素分割生成新的要素, 新要素综合了原来两层或多层要素所具有的属性。也就是说, 叠加分析不仅生成了新的空间关系, 还将输入数据层的属性联系起来产生了新的属性关系。叠加分析是对新要素的属性按一定的数学模型进行计算分析, 进而产生用户需要的结果。其结果综合了原来两个或多个层面要素所具有的属性, 同时叠加分析不仅生成了新的空间关系, 而且还将输入的多个数据层的属性联系起来产生了新的属性关系。

4 系统功能及应用

4.1 系统功能

抗震设防业务管理系统是通过收集和整理抗震设防专业数据并建立抗震设防专业数据库后, 用以提高抗震设防专业数据的应用范围和效果; 为用户实现查询工程所在地的地震地质环境、地震地质灾害、基本地震烈度、地震动参数等信息, 为建设工程抗震设防要求提供科学依据。系统总体功能结构如图 3 所示。

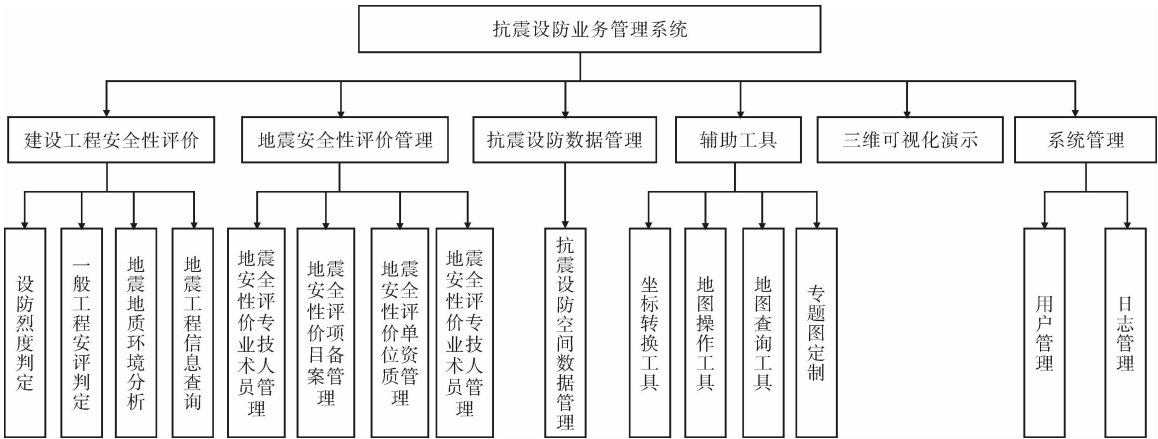


图3 系统功能与结构

表 1 建设工程地震地质环境分析结果

工程名称		地震小区划范围内工程					
工程地址		XX 路					
工程位置		纬度 /°	23. 0357	经度 /°	113. 7412		
拟建 工程 项目 概况	基本 指标	占地面积 /m ²	2990	建筑面积 /m ²	200		
		层数	10	投资额 /万元	1000		
		用途	办公				
	详细指标	高层建筑一层数：30 层；高层建筑一是否是高层建筑：是；					
工程性质		一般工程	否	学校医院	是	其他重要工程	是
地震基本烈度				Ⅵ			
地震动峰值加速度(中国地震动峰值加速度区划图)(单位：g)				0. 05			
工程场地是否位于主要断裂两侧 4 km 范围内				否			
工程场地是否位于Ⅵ、Ⅶ度分界线两侧 4 km 范围内				否			
工程场地是否位于已开展地震小区划区内				是， $A_{\max}=88.26\text{ cm/s}^2$ (0. 09g)			
工程场地是否位于已开展地震烈度复核区内				否			
工程场地是否位于软土震陷区				否			
工程场地是否位于砂土液化区				否			
工程场地是否位于地震滑坡区				否			
工程场地 100 m 范围是否有地质灾害				否			
工程场地位于地质灾害区				地质灾害低易发区			
500 m 范围钻孔数				50 个			

4.2 系统应用

系统根据用户需求，提供建设工程地震安全评价判定、设防烈度判定和地震地质环境分析。根据建设工程信息，调用建设工程地震安全性评价条件判定组件，判定工程是否需要地震安全性评价，并生成建设工程地震安全性评价条件判定报告；调用建设工程设防烈度判定组件，判定工程基本设防烈度和地震动峰值加速度，并生成建设工程设防烈度要求评估报告；调用建设工程地震地质环境分析组件，分析工程场地是否位于主要断裂两侧 4km 范围内，是否位于地震烈度分界线或地震动参数区划图峰值加速度分界线两侧各 8km 范围内，是否位于地震小区划区，是否

位于软土震陷区、砂土液化区、地震滑坡区，工程场地 100m 范围内是否有地质灾害，是否位于地质灾害高易发区、中易发区或低易发区，给出工程场地 500m 范围的工程地质钻孔数等，生成建设工程地震地质环境分析报告。

建设工程抗震设防业务管理系统已应用在东莞市建设工程网上审批程序中。通过该系统，将多年积累的震害防御资料应用于服务，提高了办事效率，实现了对建设工程抗震设防要求的科学管理，而且对工程的选址、设计和施工具有指导作用。表 1 和图 4、图 5 是根据某建设工程信息，通过系统给出的地震地质环境分析结果及部分图件。

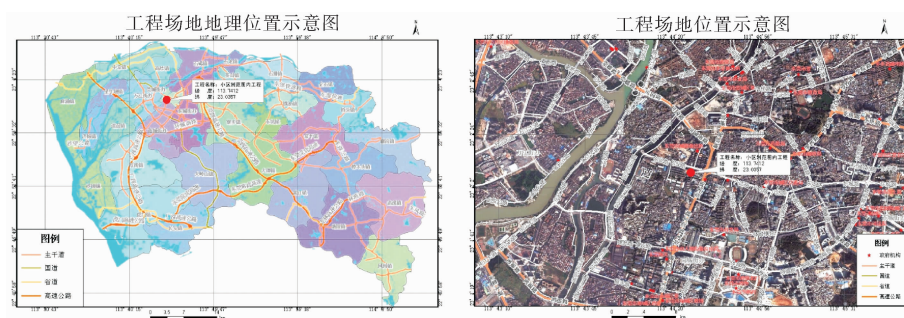


图4 建设工程场地位置图

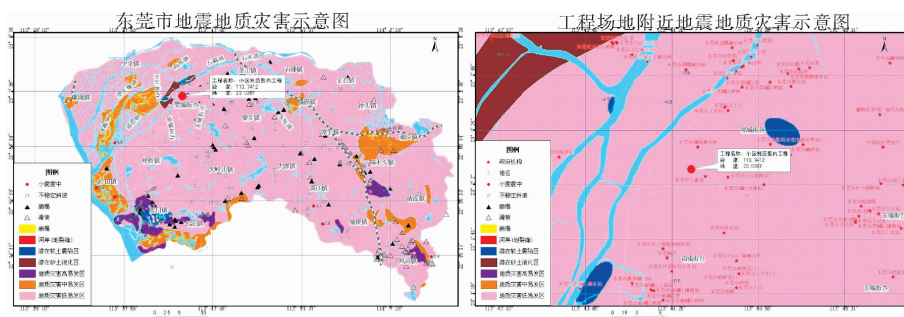


图5 建设工程地震地质灾害影响结果

5 结语

人们遭受地震破坏影响所受到的生命财产的安全主要来自建筑物和生命线工程的安全, 提高建设工程结构安全性、选择有利的地基基础和建设场地是抗震设防的基本要求^[36]。通过建立建设工程抗震设防业务管理系统, 便于地震安全性评价、地震小区划、地震动参数(烈度)复核、震害预测、断层探测与地震危险性评价等震害防御数据直接为城市建设和社会服务; 通过自动判定建设工程是否进行地震安全性评价, 增强了地震安全性评价工程管理工作的科学性; 通过对建设工程的设防烈度判定和地震地质灾害影响分析, 可指导一般建设工程的选址、设计和施工, 将有助于提高建设工程的抗震能力。要有效地防御和减轻地震灾害, 必须从基础抓起, 应认真抓好建设工程的选址、设计、施工各个环节, 重视建筑结构安全、质量保障和环境安全。

参考文献:

- [1] 曹均锋, 翟洪涛, 孟凡月, 等. 浅析汶川地震后的建设工程抗震设防管理[J]. 高原地震, 2009, 21(2): 53-57.
- [2] 韩渭宾, 徐华全. 地震预警的特殊性与弱点及对策讨论[J]. 华南地震, 2015, 35(1): 1-5.
- [3] 王挺, 叶佳宁, 陈修吾. 粤东地区农村民居抗震能力初步分析[J]. 华南地震, 2015, 35(4): 43-51.
- [4] 吴华平, 王立新, 刘智. 东莞松山湖地区既有桥梁震害预测[J]. 华南地震, 2015, 35(4): 37-42.
- [5] 文彦君, 杨宏伟. 陕西省地震灾害宏观人口脆弱性评估[J]. 华南地震, 2016, 36(4): 42-49.
- [6] 杨小二, 张永领. 地震灾害情景下农村自救互救能力研究[J]. 华南地震, 2016, 36(1): 30-35.
- [7] 吕国军, 张合, 孙丽娜. 张家口地区农村房屋抗震性能调查分析研究[J]. 地震工程学报, 2016, 38(S2): 302-307.
- [8] 杨理臣, 卢宁, 樊光洁, 等. 青海玉树7.1级地震震后重建地区房屋地震易损性研究[J]. 地震工程学报, 2016, 38(S2): 314-318.
- [9] 何申海, 王秋良, 龚平, 等. 丹江口市农村房屋震害预测研究[J]. 地震工程学报, 2016, 38(S2): 291-295.
- [10] 潘芸霖, 贾水欣, 彭强. 龙抬头式放空洞及其闸室结构的抗震特性研究[J]. 华南地震, 2016, 36(1): 44-48.
- [11] 吴国斌, 谭平, 王冰, 等. 高速铁路桥梁的隔震研究[J]. 华南地震, 2016, 36(2): 32-40.
- [12] 赵贤任, 王立新, 郭德顺, 等. 基于Java的桥梁强震动实时监测及警报系统开发与应用[J]. 华南地震, 2016, 36(2): 101-106.
- [13] 姚远, 常想德, 谭明, 等. 2016年2月11日新疆新源5.0级地震震害构造及房屋震害特点[J]. 地震工程学报, 2016, 38(S2): 319-324.
- [14] 赵贤任, 王立新, 严琨. 大型桥梁地震安全性在线监测与评估系统开发应用和功能的实现[J]. 华南地震, 2016, 36(3): 29-34.
- [15] 郑川, 曹彦波, 李敏, 等. 云南地震应急专题图模板设计与本地化软件集成应用[J]. 华南地震, 2016, 36(4): 71-77.
- [16] 王挺, 陈修吾, 叶佳宁. 基于自动地震速报的地震应急基础信息快速提取模块的研究与实现[J]. 华南地震, 2016, 36(1): 16-23.

- [17] 陈文凯, 孙艳萍, 周中红, 等. 甘肃省地震应急专题图的设计与实现[J]. 地震工程学报, 2015, 37(3): 884–889.
- [18] 朱宏, 王晓磊, 刘磊, 等. 基于 Android 平台的地震预警终端软平台的设计与一种实现[J]. 地震工程学报, 2016, 38(6): 1016–1020.
- [19] 马银霞. 抗震设防管理工作的现状和发展方向[J]. 华章, 2008(7): 149–150.
- [20] 聂树明, 周克森. 地震地质灾害对广州市部分城区工程环境的影响分析[J]. 华南地震, 2005, 25(4): 42–48.
- [21] 黄志东, 何萍, 杜鹏. 远震作用下软弱土层的震害影响[J]. 华南地震, 2014, 34(3): 65–68.
- [22] 宫会玲, 冉勇康. 基于 DEM 的垂直位错分析—以安宁河断裂为例[J]. 华南地震, 2015, 35(4): 71–76.
- [23] 唐丽华, 李山有, 宋立军. 地震灾害风险评估方法的对比分析——以乌鲁木齐市为例[J]. 地震工程学报, 2016, 38(5): 838–845.
- [24] 宋晓春, 姜慧, 王立新, 等. 新丰江水库大坝强震动监测及其动力特性分析[J]. 华南地震, 2016, 36(4): 34–41.
- [25] 郭增建, 郭安宁, 李健梅, 等. 基于汶川地震震例用震兆共迁方法对地震预测的讨论[J]. 华南地震, 2016, 36(4): 8–13.
- [26] 杨芳, 朱嘉健, 刘智, 等. 广东地区地震与爆破事件识别方法研究[J]. 华南地震, 2016, 36(3): 110–115.
- [27] 瞿红梅, 李焕良, 许汉刚, 等. 基于灰色预测理论的应急救援物资储备模型[J]. 华南地震, 2015, 35(2): 24–27.
- [28] 高孟潭. GB18306–2015 中国地震地震动参数区划图宣贯教材[M]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [29] 左伟明, 秦姣华. 可复用构件库框架建模研究[J]. 湖南城市学院学报(自然科学版), 2006, 15(1): 65–68.
- [30] 黄元敏, 胡秀敏, 黄腾浪, 等. 广东省县(市)地震应急能力评价指标体系的构建与分析[J]. 华南地震, 2015, 35(4): 59–65.
- [31] 刘军, 黄文辉. 测震台网业务交换平台[J]. 华南地震, 2016, 36(1): 36–43.
- [32] 黄文辉, 沈玉松, 吕作勇, 等. 地震超快速报系统试运行结果评估[J]. 华南地震, 2016, 36(4): 1–7.
- [33] 杨理臣, 樊光洁. ArcGIS 高级制图技术在地震应急专题图中的应用[J]. 地震工程学报, 2015, 37(S2): 230–235.
- [34] 朱凤梅, 梁一婧, 安祥字, 等. 基于 WebService 的地震信息快速发送系统[J]. 地震工程学报, 2015, 37(S2): 236–239.
- [35] 黎娅. 建立可复用构件的研究[J]. 计算机科学, 2006, 33(b12): 194–195.
- [36] 张勇. 试论建筑抗震设防的目标和基本要求[J]. 科技信息, 2011(5): 316–316.

The System of Seismic Protection Business Management for the Construction Engineering Based on GIS

NIE Shuming, WU Huaping and LI Jin

(Guangdong Earthquake Agency, Guangzhou 510070, China)

Abstract: The management of seismic fortification of construction projects includes the operational management of seismic fortification for general construction projects and important construction projects. Based on the collection of existing earthquake disaster prevention results, data processing and spatial analysis, the seismic record management for the construction project is achieved, as well as the seismic safety evaluation of engineering conditions and ground motion parameters, automatic identification of seismic intensity and seismic geological environment impact results are given. For the general construction project, according to the seismic zoning map and after approval of the designated area of seismic results, analysis results are construction engineering seismic parameters and seismic geological environment; for major construction projects, in accordance with the results of seismic safety evaluation results are given for approval, construction engineering seismic parameters and seismic geological environment impact.

Key words: construction project; seismic protection; earthquake disaster prevention; business management; management system; GIS