

# 基于 GIS 的城市抗震防灾规划信息管理系统<sup>\*</sup>

郑茂辉, 罗奇峰, 翟永梅

(同济大学 上海防灾救灾研究所, 上海 200092)

**摘要:** 探讨 GIS 在城市抗震防灾规划中的应用模式和关键技术, 设计了城市抗震防灾规划信息管理系统的基本框架, 并结合郑州新区抗震防灾规划工作, 介绍了城市抗震防灾规划综合数据库、震害预测分析模型以及 GIS 辅助决策系统的研究与实现, 为规划编制和实施提供重要的数据支撑和决策依据。

**关键词:** 抗震防灾规划; GIS; 数据库; 震害预测; 辅助决策

**中图分类号:** P208      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-811X(2010)S0-0343-03

## 0 引言

地震灾害主要是由于地震引起建筑物、工程设施和社会系统的破坏而造成的<sup>[1]</sup>。近年来国内外的地震经验表明, 在地震前做好城市抗震防灾减灾规划对减轻地震造成的破坏和损失有着非常重要的意义。地理信息系统(Geographic Information System, GIS)作为获取、处理、管理和分析地理空间数据的重要技术平台, 已经成为当前数字城市和防灾减灾领域的核心技术支撑之一。将 GIS 应用于城市抗震防灾规划, 可以对地理空间信息、生命线工程、建筑物以及其他救灾设施进行综合分析, 建立切实可行的震害预测模型, 找出城市抗震防灾中的薄弱环节, 据此编制相应的抗震防灾规划, 从而增强城市抗灾和可持续发展的能力。

美国和日本最早将 GIS 应用于城市地震区划, 并逐步扩展到城市综合防震减灾。1999 年, 美国联邦紧急事务署(FEMA)发布了基于 GIS 的易损性评估分析系统 HAZUS99, 该系统能够根据实时数据对地震及其次生灾害造成的经济、社会损失做出即时的分析和评估, 为应急和恢复重建提供强有力支持。日本对防震减灾历来重视, 特别是 1995 年阪神大地震以后, 从内阁府到各地方政府都纷纷研发建立震害预测和灾害快速评估系统, 并投入使用。

我国在“八五”、“九五”期间开展了典型城市综合防灾对策示范研究, 编制了几十个城市抗震

防灾规划, 并基于 GIS 平台编制了相应的管理系统<sup>[2]</sup>。“十五”期间, 中国地震局依据地震危险性程度、经济发展规模、人口稠密程度和现有工作基础等因素, 选择广州市、福州市、南宁市等十几个具有代表性的城市推进城市震害预测与防御对策的综合示范研究, 取得一系列相关研究成果<sup>[3-4]</sup>。不过, 国内抗震防灾研究中 GIS 技术的应用更多集中于基础资料和研究成果的管理、查询和演示等<sup>[2]</sup>, 还不能很好地满足震害预测评估和辅助决策分析等方面日益增长的需求。本文在前人研究成果基础上, 分析探讨 GIS 在城市抗震防灾规划中的应用模式和有关关键技术, 结合作者承担参与的郑州新区建设区域抗震防灾规划课题, 就抗震防灾规划综合数据库、震害预测评价和 GIS 辅助决策系统的设计与实现做简要论述。

## 1 系统基本框架

郑州新区建设区域抗震防灾规划按甲类模式编制, 规划范围包括辖下郑东新区、经济技术开发区、郑汴产业集聚区、航空港区和中牟县城等, 总面积约 330 km<sup>2</sup>。依据规划内容和目标, 信息管理系统的设计分为数据服务层和业务应用层。前者基于 GIS 和数据库技术建立城市抗震防灾规划综合数据库, 实现空间数据和属性数据的一体化管理和查询; 后者在综合数据平台基础上, 实现基础信息管理、震害预测评价、规划编制管理和辅助决策等主要业务应用目标, 为城市抗震减灾和

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2010-09-25

基金项目: 国家科技支撑项目(2006BAJ06B07, 2008BAJ08B14)

作者简介: 郑茂辉(1976-), 男, 汉, 福建漳州人, 博士, 主要从事地理信息系统与灾害模拟研究. E-mail: zmh@tongji.edu.cn

辅助决策分析提供软件支撑环境。系统的功能结构模型如图 1 所示。

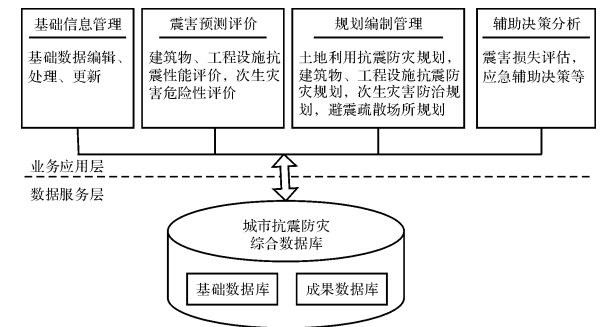


图 1 系统功能架构示意图

2 城市抗震防灾规划综合数据库

城市抗震防灾规划综合数据库平台是信息管理系统建设的核心与关键。抗震防灾规划涉及许多行业部门基础数据资料的收集和处理，还涉及震害预测分析、规划编制成果和图件的管理与应用。根据资料类型，综合数据库包括基础数据库（图 2）和成果数据库（图 3）两个部分。

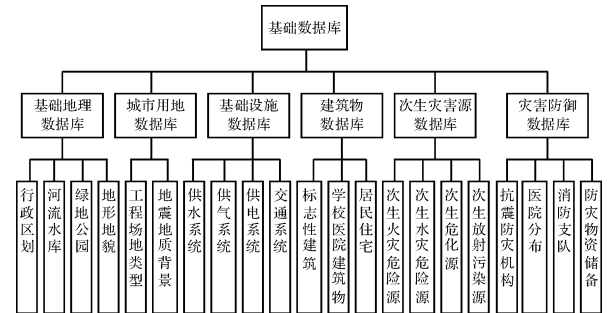


图 2 基础数据库框架设计

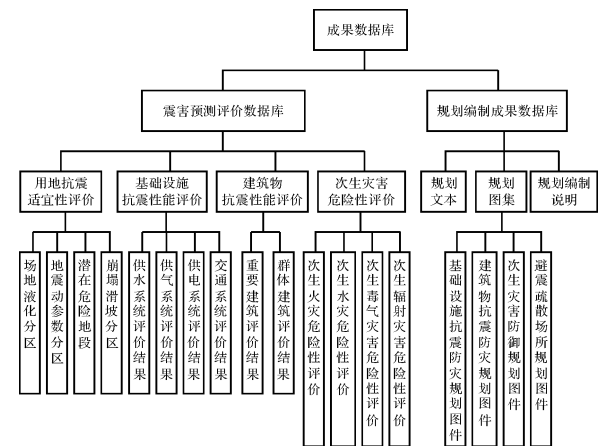


图 3 成果数据库框架设计

(1)基础数据库。数据内容包括：规划区行政区划、地形地貌、河流水库、绿地广场等基础地

理数据，城市用地、地震地质条件等场地背景数据，以及基础设施、城区建筑物、次生灾害源、灾害防御等专题数据资料。

(2)成果数据库。包括震害预测评价数据和规划成果数据。前者包含用地抗震适应性评价结果、建筑物震害评价结果、生命线系统抗震评价结果等；后者则包含规划编制的各项成果，如规划文本、规划图件和规划编制说明。

3 城市震害预测评价

震害预测是评估城市抗震防灾能力的主要手段，其结果是编制城市抗震规划的基础技术资料 and 科学依据。震害预测主要包括用地抗震适宜性评价，城区建筑物和生命线工程设施的抗震性能评价，还包括地震引发二次灾害的危险性评价。

建筑物、生命线工程的震害预测是编制城镇抗震规划的关键技术，是编制过程中技术性强、内容繁多的部分。系统研发过程中，根据房屋震害预测中常用的方法<sup>[5-8]</sup>，并结合规划区既有建筑物特点，将房屋分为 4 类：多层砌体房屋、钢筋混凝土房屋、单层厂房、民房。同时考虑到城区建设不同历史阶段房屋在设计、施工中具有明显特点，故对不同历史阶段的典型建筑抽样进行图纸查阅和实地调查。系统可提取 GIS 数据库中房屋结构类型、层数等信息，结合实地勘察对每幢房屋赋予震害预测所必需的参数，再根据历史地震总结得到的震害矩阵，进行房屋震害预测。对于城市供水、供气等生命线管网，则基于现行规范采用接口变形评价的方法<sup>[9-10]</sup>来实现埋地管网的抗震能力评价。

图 4 是 GIS 支持下城市震害预测评级的技术流程示意图。系统根据地震动及相关参数，确定地震影响范围和以及待评价设施所在区域的加速度峰值；以上述预测评价方法为基础，结合 GIS 空间分析功能，对建筑物和其它工程设施的抗震能力进行空间分析与评价研究。对于地震次生灾害，如次生火灾、水灾、毒气泄漏扩散、放射性污染等，可基于 GIS 定位标识危险源，结合危险源类型和相关参数，可采用定性评价或灾害模拟的技术手段，确定次生灾害的危险区域。在此基础上，借助 GIS 专题制图功能，绘制生成建筑物抗震薄弱区、生命线系统震害警示图、次生灾害警示图等专题地图，并进行成果归档和存储，为防灾规划编制提供科学依据。

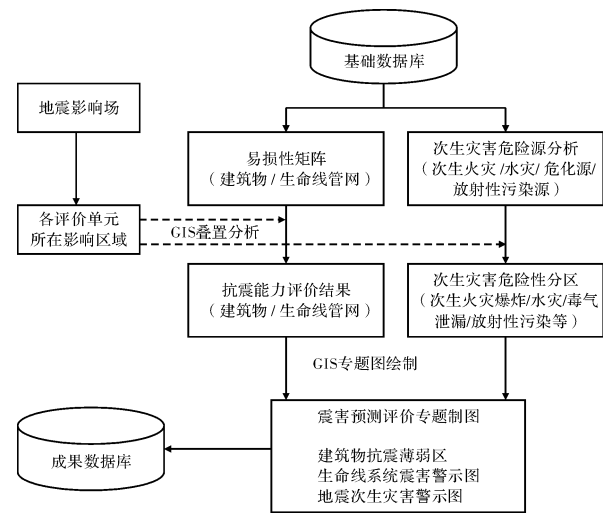


图4 城市震害预测评价技术流程

4 GIS 辅助决策

城市抗震防灾规划信息管理系统的根本目标是实现城市抗震防灾规划的动态分析、动态管理和动态决策,系统的建立以基于现状和发展并重的防灾规划编制理论和方法为基础,最终需要形成具有信息管理、辅助分析、辅助决策、辅助规划的综合技术平台。GIS 具备海量数据管理、数据综合与地理模拟的能力,能够为城市抗震防灾规划中多学科、多领域的综合应用提供集成技术环境。

除了实现基础信息管理以及房屋、生命线工程设施抗震性能分析等核心业务功能,新型城市抗震防灾规划信息管理系统的建设应重点研究实现如下辅助决策功能:

- (1)地震破坏效应分析和场地抗震安全性评价;
- (2)地震次生灾害影响评价;
- (3)人员伤亡和经济损失评估;

- (4)避震疏散场所和疏散道路辅助规划;
- (5)应急预案管理;
- (6)震后应急措施与对策分析。

5 结语

信息管理系统是城市抗震防灾规划的一项重要工作内容, GIS 技术的研究应用是实现基于发展的抗震防灾规划编制模式的重要保证。建立城市抗震防灾规划综合数据库平台,实现基础数据和各类成果资料的动态查询和管理。在此平台基础上,提高系统震害预测分析和辅助决策水平,实现城市抗震防灾规划的动态分析和动态决策,是提高城市整体抗灾能力、减轻地震灾害损失的一个重要技术途径。

参考文献:

[1] 蒋通, 朱科宁, 宋晓星, 等. 基于 GIS 的县城城区抗震防灾规划的编制[J]. 震害防御技术, 2007, 2(3): 305-316.

[2] 李刚, 马东辉, 苏经宇, 等. 城市抗震防灾规划管理辅助决策信息系统[J]. 自然灾害学报, 2006, 15(2): 44-48.

[3] 宋俊高, 朱元清. 上海市防震减灾应急决策信息系统——GIS 的应用[J]. 地震学报, 2000(4): 424-432.

[4] 关宇. 基于 GIS 的城市建筑防震减灾及辅助分析系统[D]. 北京: 北京工业大学, 2005.

[5] 金国梁, 齐洪波, 郭纲平. 老旧民房地震破坏预测的方法[J]. 工程抗震与加固改造, 1985(2): 17-22.

[6] 尹之潜. 结构易损性分类和未来地震灾害估计[J]. 中国地震, 1996, 12(1): 49-55.

[7] 郭小东, 马东辉, 苏经宇. 城市抗震防灾规划中建筑物易损性评价方法的研究[J]. 世界地震工程, 2005, 21(2): 130-135.

[8] 高杰, 冯启民, 张海东. 城市群体建筑物震害模拟方法研究[J]. 震害防御技术, 2007, 2(2): 193-200.

[9] 王素珍, 卢燕. 基于 GIS 的城市供水管网抗震能力评价系统研究[J]. 中国给水排水, 2007, 23(17): 91-98.

[10] 郭恩栋, 冯启民, 王东升, 等. 生命线工程震害损失快速评估方法及软件研究[J]. 世界地震工程, 1998, 14(3): 1-5.

GIS-based Information Management System for Urban Earthquake Disaster Prevention Planning

Zheng Maohui, Luo Qifeng and Zhai Yongmei

(Shanghai Institute of Disaster Prevention and Relief, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** An information management system for urban earthquake disaster prevention planning based on Geographic Information System (GIS) is described in this paper. The system framework is developed, coupled with the urban planning project of earthquake reduction and disaster prevention in Zhengzhou New Area, Henan province. Some key technologies, such as the design of database platform, vulnerability assessment of building and buried pipeline network, and decision support are discussed.

**Key words:** earthquake disaster prevention planning; GIS; database; earthquake damage prediction; decision support