

基于 GIS 的地震基础数据库管理系统*

陈洪富, 孙柏涛, 陈相兆

(中国地震局工程力学研究所 中国地震局地震工程与工程振动重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150080)

摘要: 针对全国范围内各地区地震发生频度、经济发展水平、人口密度分布的差异, 提出采用多种途径建立不同层次和精度的中国大陆地区地震损失评估数据库, 即详实型数据、欠详实数据和普适型数据。然后, 分别阐述了每个层次数据库的建设思路和涵盖内容, 并描述各类数据间的相互关联以及数据的应用场景。最后建立了基于 WebGIS 的基础数据库共享平台。通过实际地震灾害损失评估检验, 多层次多精度的地震基础数据库能够适应于不同尺度的地震灾害损失评估, 解决了大尺度范围下某些区域数据缺失以及高精度的数据无法充分利用的问题。

关键词: 多尺度; 多精度; 地震灾害损失评估; 数据库; WebGIS

中图分类号: P315-3

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2014)04-0648-06

0 引言

地震灾害是一种严重威胁人类生命和财产安全的自然灾害, 我国近年来更是大震频发, 2008 年汶川 8.0 级地震, 2010 年玉树 7.1 级地震, 2013 年芦山 7.0 级地震和甘肃岷县漳县 6.6 级地震, 2014 年鲁甸 6.5 级地震等均造成了严重的人员伤亡和巨大的财产损失。目前, 我国的防震减灾工作主要分为: 地震监测预报、地震灾害防御、地震紧急救援三大体系。如何保障三大工作体系的正常运行需要有完备的地震基础数据库来支撑, 在震前清楚某一区域的地震危险性以及抗震能力, 在震时迅速了解地震灾区基础情况并对人员伤亡和经济损失做出快速的预评估, 及时为应急指挥部门提供参考决策。

我国从 2000 年开始建设地震应急基础数据库, 并初步建设了国家中心地震应急基础数据库。自 2003 年开始依托中国数字地震观测网络项目的实施, 全面开展了国家和区域地震应急基础数据库建设工作, 并制定了一系列的标准来规范基础数据库的数据格式(聂高众等, 2002)。2007 年底, 初步完成了包含基础地理信息、社会经济统计、地震基础数据、工程地震资料、灾害影响背景、

灾害相关因素、救灾力量、震时紧急联络和地震应急预案与法规 9 大类 42 小类的各级抗震救灾指挥部地震应急基础数据库的主要建设任务(帅向华等, 2009)。

自“九五”以来, 我国大陆地区已有 30 多个城市 and 大型企业开展了震害预测工作, 并建立了震害预测数据库。国家标准《地震灾害预测及其信息管理系统技术规范》(报批稿)(GB/T 19428—2015)中明确提出: 震害预测应以“面向用户, 需求导向”为目标, 需要面向不同的服务对象提供多尺度、多精度的技术数据服务和支持。聂树明等(2006)做了震害预测数据库方面的研究。在地理信息数据库方面, 已有许多人对多尺度空间数据库建立中的关键技术对策进行了研究(艾延华, 2004), 比如对道路网络如何在多尺度的 GIS 数据库进行表达等(王艳慧, 2008)。

美国和日本在地震灾害损失评估基础数据库建设特别是在数据共享方面处于领先地位。美国联邦紧急事务管理局(FEMA)利用分布式网络技术共享各数据生产部门的基础数据, 数据库的建设、管理以及更新由各自部门负责, 在紧急情况发生时, FEMA 可以有权限使用这些数据。美国 USGS 的 PAGER 采用全球尺度的基础数据对全球破坏性地震迅速给出 Shakemap 图、人员伤亡概率、

* 收稿日期: 2014-09-30.

基金项目: 中国地震局工程力学研究所基本科研业务经费面上项目——基于性能的钢筋混凝土框架结构地震易损性研究(2013B02)和国家自然科学基金——基于性能的城市建筑群震害预测方法研究(51308511)联合资助。

经济损失概率等应急信息。日本东京都防灾中心建立了由大型关系型数据库系统管理的地震应急基础数据库, 主要包括地理空间数据、地质数据、生命线数据、土地与建筑物数据、道路数据等。

与美、日两国相比, 我国在地震灾害损失评估数据库建设、数据库管理、数据共享以及数据更新等方面都还存在一定不足。虽然我国在各省市都建立了许多震害预测信息管理系统和地震应急指挥系统, 以此为依托也建立了丰富的震害预测和地震应急基础数据库, 但是在这些省市的两套系统都是独立存在的, 两个基础数据库是分离的, 大多数都无法实时更新, 震前震后的评估结果也是脱节的。因此, 笔者在研发 HAZ-China 地震灾害损失评估系统(陈洪富等, 2013)时就明确指出: 考虑到建立全国范围的数据库的巨大工作量, 需要建立多尺度多精度的地震基础数据库。

1 建立多尺度多精度数据库的必要性和思路

1.1 基础数据库特点

根据地震现场灾害损失评估(GB/T 18208.4—2011)对基础数据的要求, HAZ-China 地震灾害损失评估系统需要大量完备、准确的地震基础数据库做支撑, 才能给出及时准确的信息以及评估结果, 其基础数据库具有如下特点:

(1) 海量、种类繁多的数据。破坏性地震发生后波及范围广、影响大, 社会经济各个方面都会受地震影响, 包括建筑、生命线、交通、水利、电力、滑坡、泥石流以及人类的正常生产生活等。

(2) 涉及范围广。我国即将颁布的新一代《中国地震动参数区划图》显示, 我国75%以上的城市都面临着严重的潜在地震灾害威胁。因此, 我国地震形势严峻, 并且潜在危险震源区范围广。虽然各个地区的危险性程度各不相同, 但是危险性低的地区的基础数据不能空白。

1.2 基础数据库的类型

由上可见, 利用传统的数据库建设思路建设全国范围的地震损失评估数据库是不可行的。因此, 考虑到建立地震基础数据库的巨大工作量, 本文提出综合各地区的地震发生频度、抗震能力、经济发展水平、人口分布等因素采用多种途径建立不同尺

度、不同精度的地震灾害损失评估数据库, 包括详实型数据、欠详实数据和普适型数据(图1)。

(1) 详实型数据, 主要针对某个城市或单元小区, 按照规范要求首先搜集当地人口、经济、环境等基本信息, 各类工程结构总体分布情况、当地建筑物的结构特点、结构类型和各类建筑物所占比例、各类生命线工程基本信息、场地分类与地震地质灾害。对重要建筑物进行逐栋调查, 并进行地震易损性分析, 对量大面广的建筑按结构类型分类在每种类型中抽取一定数量的样本, 并进行地震易损性分析。

详实型数据通常是建立市县震害预测信息管理系统时, 对基础数据进行详细调查。详实型数据主要依靠现场调查辅以统计资料等手段, 数据精度高、数据库建设周期长、耗费人力物力多、数据更新困难。显然用这种数据精度来建设和维护更大范围内(比如省、包括农村地区的市县)的基础数据库工作量是巨大的, 在经济成本上不可行(Chen *et al.*, 2013)。

(2) 欠详实数据, 主要针对省一级的区域范围, 按照统一数据格式以统计数据为主建立基础数据库。与详实型数据不同, 欠详实型数据的建筑分为地市房屋总体统计表, 区县房屋(分城区和农村)统计表, 最详细一级只到乡镇, 给出某个行政区范围内房屋结构类型比例、建筑年代、层数、面积等信息。由于欠详实数据最精细一级数据到乡镇, 其实是假定乡镇内的房屋是平均分布的, 但实际乡镇的建筑物分布情况不会平均分布。以上数据主要来源于人口普查数据和地方政府调查。国民经济数据也是以市、区(县)、镇三级行政区划统计第一、二、三产业、财政收支、固定资产等基础数据。人口统计数据以市、区(县)、镇三级行政区划统计总人口、家庭户数、不同年龄段人口数量等基础数据为主。其余的地震地质数据、历史地震目录、重要目标、交通、危险源等数据的比例尺较详实型数据都较小。

欠详实型数据通常与地震应急指挥基础数据库的精度级别相当, 其侧重点在于为快速的地震灾害损失预评估提供基础数据, 在地震发生后的“黑箱期”内能为地震应急指挥部提供及时有效的应急辅助决策信息。因此, 不需要像详实型数据一样精细到建筑物单体的地震易损性分析, 只需

要对灾害的分布情况进行宏观快速的分析。欠详实数据在数据库建设周期、数据更新上较详实型数据都更为简单,能适应地震应急快速预评估的要求。但是由于欠详实数据以乡镇为最小统计单元给出统计数据,无法准确反映地理空间分布,这就衍生了基于公里网格的数据库建设思路。

(3) 普适型数据,是采用新思路和新方法,综合多源数据采用多种途径建立基于公里网格的数据。首先,多源数据不仅仅局限于我国各类统计、普查、年鉴等数据,还包括国外的先进研究成果,如 LandScan 的全球人口公里网格数据等;多种途径是指在统计资料或者现场调查等传统手段的基础上,采用多种方法来建设和完善基础数据库。比如,利用地形数据的坡度、海拔等信息

将人口分布地势平坦、海拔低的地方,或者利用遥感卫星捕捉夜间灯光信息,结合统计数据来获取人口分布情况。

将基础数据公里网格化,其实只是一种技术手段,基于总的统计资料数据,再辅以数学分布模型,为每个公里网格分配数值。普适型数据主要是依靠统计数据、数学模型、新技术新方法(比如遥感)建立基础数据库。普适型数据适用的尺度范围可以覆盖中国大陆地区或全球其他地区,在某地区没有详实型或欠详实型数据时,可以利用普适型数据进行评估,只是精度相对较低;普适型数据可以和欠详实数据互相补充,普适型数据将欠详实数据网格化,以降低按照行政区为单位给出建筑、人口以及经济分布时造成的结果平均化。

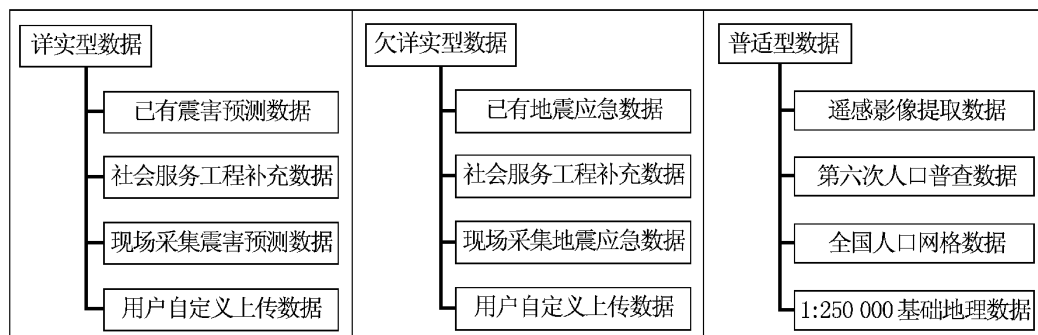


图1 多尺度多精度数据库框架

Fig. 1 The multi-scale and multi-precision database framework

2 多尺度多精度数据库内容

2.1 详实型数据库

详实型数据库的精度与地震灾害预测基础数据库的精度相当,建筑物数据详查在收集房屋的图纸资料和有关数据时,需要逐栋进行抽样调查。详实型数据的数据结构按照以往震害预测技术规范和《震害防御信息服务数据采集规范(试行稿)》(国家地震社会服务工程震害防御规范编写组,2011)整理。“九五”、“十五”期间大约30多个城市做过震害预测信息系统,搜集了大量基础数据,并建立了数据结构。“十二五”期间,又开展了社会服务工程项目,制定了《震害防御信息服务数据采集规范(试行稿)》(国家地震社会服务工程震害防御规范编写组,2011)。定义数据结构时要考虑兼容以前所建立的数据库以及正在建设的数据库的数据结构,综合考虑取舍,剔除

已建立数据结构里不常用的字段。在数据获取和处理过程中,要满足地震行业的相关标准及规范,同时也要和国家相关地震数据平台兼容。数据类型主要分为两类:公共类数据,指与其它专业共享的数据,包括基础地理数据、地震基础数据、社会经济统计数据;专业类数据,指震害预测专业数据,主要包括建(构)筑物、生命线工程调查和易损性分析结果数据。

详实型数据非常齐备,主要包括基础地理数据、地震地质背景数据、建筑物数据、生命线工程数据、次生灾害数据、经济与人口统计数据等。详实型数据库以建筑物数据为例,首先是需要到测绘部门获取到每栋建筑物矢量图层,然后根据矢量地图安排人对重点建筑和量大面广的抽样建筑进行逐栋调查。调查每栋房屋的所属行政区、结构类型、用途、年代、面积、层数、居住人口、平立面是否规则,高宽比等详细信息。

2.2 欠详实型数据库

欠详实型数据主要服务于地震应急评估工作，地震应急评估是在地震发生后，快速为政府提供应急基础信息、震害评估结果、科学的地震处置对策，协助政府进行抗震救灾工作。它的主要功能在于震情和灾情信息的快速汇集与处置，快速评估，以及动态跟踪震情、灾情的变化，为政府提供分类、分层次、分紧迫性的信息，提供必要的应急救灾行动辅助决策建议，以协助指挥员快速制定救灾方案、部署救灾行动。

欠详实型基础数据结构按照《区域级抗震救灾指挥部地震应急基础数据库格式规范（修订稿）》（中震救函〔2006〕41号）、《地震应急联动协同灾情数据库收集与数据库格式规范（试行稿）》建立。详实型的建筑物数据能够精细到单体信息；而欠详实型的基础数据库中的建筑物数据一般按乡镇进行统计，精度较粗，相当于震害预测工作中的乙级或丙级工作的数据精度。欠详实型基础数据库的主要内容有基础地理信息（乡镇边界）、乡镇为单位的经济人口数据、交通数据、重点目标（水库、火电站、桥梁、学校、大型化工厂、医院等）、场地类别分布图、疏散场地分布图、应急联络数据、救援力量数据等。

2.3 普适型数据库

（1）基于人口普查数据建立人口数据库和建筑物信息数据库

基于全国第6次人口普查的数据，并结合区域建筑特点反推出整个区域的建筑物信息数据。普查短表和长表统计调查了住房建筑面积、间数、用途、层数、承重类型、建成年代。这些数据都是建筑物震害评估所需要的重要信息。这部分数据不适用于震害预测，因为震害预测要做到小区范围，这类数据对于震害预测精度较粗。但可以作为全国范围地震应急的人口数据进行区县级的快速评估。但如果该区域有更详尽的数据则直接调用详实数据进行评估，多尺度多精度的数据共存，体现了分不同尺度和精度建设数据库的思路。可以获取到 excel 格式的省市、区县的人口数据。

（2）基于不同精度的人口栅格数据和统计数据建立全国人口分布网格数据库

首先，参考基础数据库规范，融合不同来源、不同格式、不同属性、不同精度的数据，结合地震应急救援实际需求，定义全国人口数据结构；基于多源人口统计数据，以网格化的思路，建立全国人口分布数据库，如图2所示。需要通过坐标

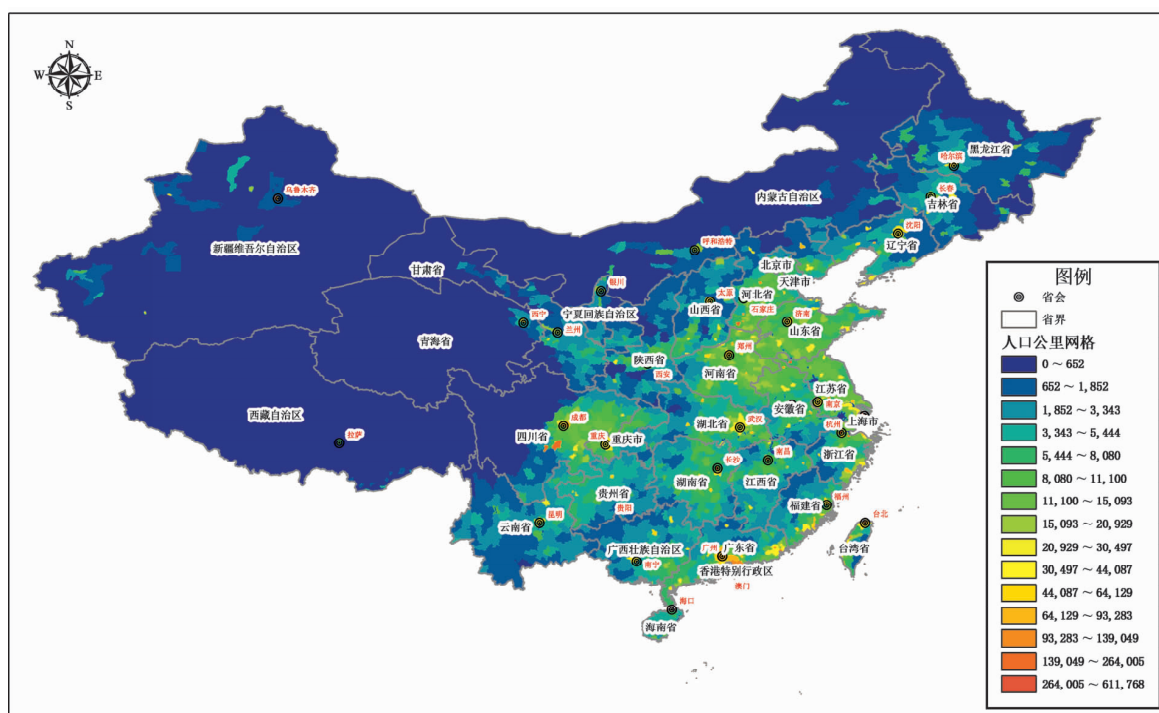


图2 全国人口公里网格分布图

Fig. 2 The Kilo grid distribution map of population in China

转换建立统一的坐标系,选择合适的投影方式(高斯—克吕格投影、UTM 投影),将矢量数据和普通文件数据的内容融合到栅格数据的属性表里。

(3) 基于 Google Earth 等公开遥感资料提取建筑物信息

基于 Google Earth 遥感图片提取居民地边界、建筑物密度等信息;其原理是根据建筑物与其它地物不同特征,利用影像识别技术来提取建筑物信息(图 3)。一般来说建筑物具有如下几个特征:(a) 光谱特征:建筑物表面灰度分布均匀,亮度差异大,城市建筑物顶部灰度值常高于背景灰度值;(b) 形状特征:几何形状规整,多为矩形;(c) 纹理特征:建筑物图像具有规律性的纹理特征,像素点灰度级或颜色周期性变化;(d) 上下文特征:建筑物与周围地物的关系。尝试利用遥感图像处理平台 ENVI 来提取 Google Earth 卫星影像上的建筑物信息,探索一种快速有效的估算全国城市建筑边界和分布密度的方法(邓宏宇等,2013)。

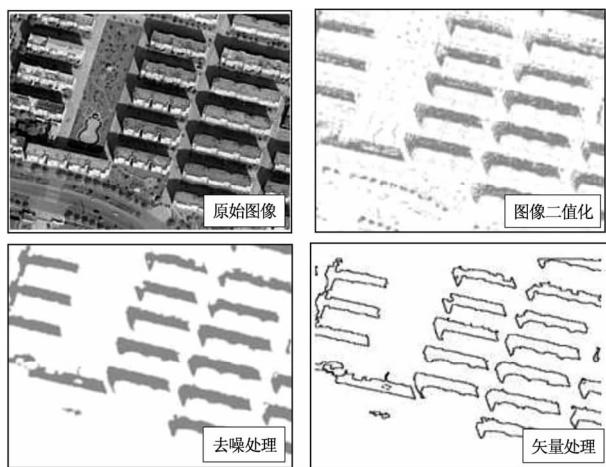


图 3 基于 Google Earth 影像的建筑物面积提取
Fig. 3 Extracting the building area based on Google Earth image

3 基于 WebGIS 的数据库共享平台

在建立多尺度多精度的地震灾害损失评估基础数据库的基础上,笔者研发了基于 WebGIS 的基础数据库共享平台,其层次架构图如图 4 所示。以往的数据库管理平台多采用 C/S 架构,建立了许多地震应急以及震害预测的数据库管理平台(陈

赬,2005)。该平台采用 B/S 体系结构、WebService 多传输协议技术以及面向服务体系架构(SOA)的企业服务总线技术,基于 WebGIS 平台技术实现了基础数据的在线空间查询和属性查询。考虑多源数据结构的复杂性,加强系统的顶层设计和功能区分,定制标准接口,利用“高内聚、低耦合”的模块化设计方法,采用面向对象的模块封装机制,实现各功能模块的相对独立性。后台数据库分别采用 ArcSDE 空间数据库和 oracle 大型关系型数据库来分别存储和管理空间数据和属性数据。共享平台为授权用户提供数据查询和数据下载的功能,用户只需通过浏览器即可访问海量的数据资源,如建筑物、人口、经济等数据(图 5)。用户登录到

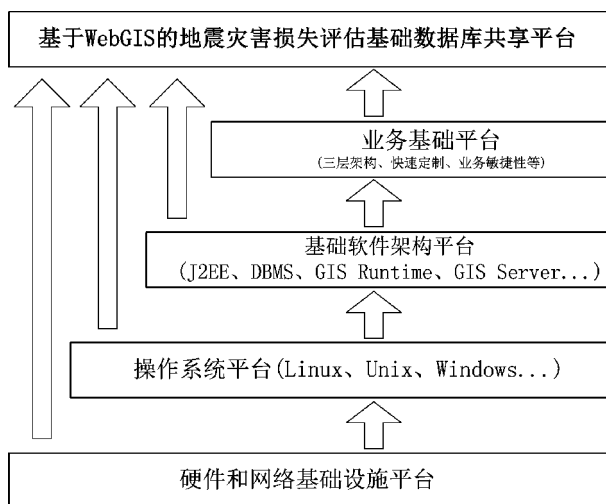


图 4 基础数据库共享平台技术架构
Fig. 4 Technical architecture of database share platform

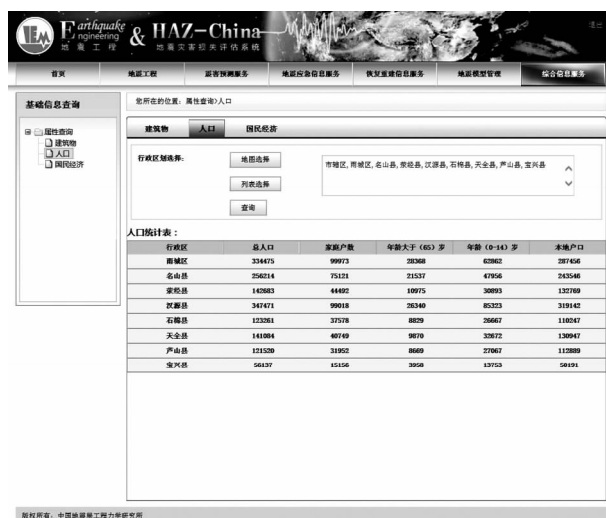


图 5 数据共享平台实现
Fig. 5 The realization of data share platform

系统后选择需要查询的内容,然后选定查询条件和查询区域,即可得到查询结果。系统提供了两种选定查询区域的方式:空间查询和属性查询,可以直接利用在线地图划定查询范围,也可以根据行政区列表来选定查询范围。

4 结论

笔者总结了国内外地震灾害损失评估基础数据库发展的历程,并研究了其技术特点。通过分析各类基础数据库的应用场景,指出了现有数据库建设过程中存在的问题。并针对这些问题提出了建立多精度多层次的基础数据库建设思路,将基础数据库划分为3个层次:详实型、欠详实型以及普通型数据库,并分别详述了涵盖的数据内容、数据收集的方法及适用范围。3个层次的数据是互为补充、相辅相成的关系,可以有效解决基础数据搜集困难,扫除地震灾害损失评估评估盲区,并且兼顾了时效性。最后,基于 WebGIS 平台建立了地震基础数据库管理平台,实现了基础数据的在线共享。

参考文献:

- 艾廷华. 2004. 多尺度空间数据库建立中的关键技术对策[J]. 科技导报, 12(4): 4-8.
- 陈洪富, 孙柏涛, 陈相兆, 等. 2013. HAZ - China 地震灾害损失评估系统研究[J]. 土木工程学报, 46(S2): 294-300.
- 陈颢. 2005. 基于 C/S 模式的震害预测数据库管理与应用技术研究[D]. 北京: 中国地震局地球物理研究所.
- 邓宏宇, 孙柏涛, Weimin Dong. 2013. 遥感技术在地震应急基础数据库建设中的应用[J]. 地震工程与工程振动, 33(3): 81-87.
- 聂高众, 陈建英, 李志强, 等. 2002. 地震应急基础数据库建设[J]. 地震, 22(3): 105-112.
- 聂树明, 周克森, 李宏志. 2006. 通用震害预测基础数据库管理系统[J]. 自然灾害学报, 15(4): 151-156.
- 帅向华, 姜立新, 王栋梁. 2009. 国家地震应急指挥软件系统研究[J]. 自然灾害学报, 18(3): 99-103.
- 王艳慧. 2008. 多尺度 GIS 数据库中道路网表达目标的选取研究[J]. 中国矿业大学学报, 37(2): 180-185.
- Chen H. F., Sun B. T., Zhong Y. Z., et al. 2013. Earthquake Damage Prediction System Based on WebGIS [J]. Information Technology Journal, 12(14): 2805-2809.
- 国家地震社会服务工程震害防御规范编写组. 2011. 震害防御信息服务数据采集规范(试行稿)[S].
- GB/T 18208.4—2011, 地震现场工作第4部分: 灾害直接损失评估[S].
- GB/T 19428—2015, 地震灾害预测及其信息管理系统技术规范[S].

GIS-Based Earthquake Database Information Management System

CHEN Hong-fu, SUN Bai-tao, CHEN Xiang-zhao

(Key Laboratory of Earthquake Engineering and Engineering Vibration of CEA, Institute of Engineering Mechanics, CEA, Harbin 150080, Heilongjiang, China)

Abstract

According to the difference of the earthquake frequency, economic development and population density in different region in China, we mainly research on dividing the earthquake basic database in China mainland into three layers in different level and precious (detailed, less detailed and general data) by various ways. The construction thought and content of each layer are expatiated, meanwhile, the connection and the application scenarios of vary database are also described. The basic database sharing platform based on WebGIS is set up as well. Actual earthquake damage is adopted as verification, and the earthquake damage loss estimation database in multi-level and multi-precision is proved to be adaptable to different estimation scale, and the problem of data missing in certain zone as well as insufficient utilize of high precision data under large scale are solved.

Key words: multi-scale; multi-precision; earthquake damage loss estimation; database; WebGIS