

何萍, 陈修吾, 何霆. 基于 GIS 的东莞市地震灾害评估系统的设计与实现[J]. 华南地震, 2017, 37(3): 9-17. [HE Ping, HE Ting, CHEN Xiuwu. Designing and Implementation of Earthquake Disaster Assessment Software System for Dongguan City [J]. South China journal of seismology, 2017, 37(3): 9-17.]

基于 GIS 的东莞市地震灾害评估系统的设计与实现

何萍, 陈修吾, 何霆
(广东省地震局, 广州 510070)

摘要: 地震灾害评估软件系统主要是为了实现震后灾害影响范围的快速评估, 并且较为准确地评估出影响范围内的人员伤亡、经济损失等情况, 为政府尽快组织救援提供决策依据。具体介绍了东莞市地震灾害评估系统的设计与实现, 详细描述了该系统功能架构设计, 研发过程的技术思路、应用开发方面的技术特色等, 以供后人参考。

关键词: 东莞市; 地震灾害评估; GIS; 360°全景

中图分类号: P315.9 文献标志码: A 文章编号: 1001-8662 (2017) 03-0009-09

DOI: 10.13512/j.hndz.2017.03.002

Designing and Implementation of Earthquake Disaster Assessment Software System for Dongguan City

HE Ping, CHEN Xiuwu, HE Ting
(Guangdong Earthquake Agency, Guangzhou 514500, China)

Abstract: The earthquake disaster assessment software system is designed to achieve the fast evaluation of hazard influence, which can quickly and accurately assess the casualties and economic losses within the scope of the earthquake. The assessment results do help the government make rescues decisions as soon as possible. This paper introduces the designing and implementation of the earthquake disaster assessment software system for Dongguan city, and describes in detail the functional framework of the system, the technological thought of the R & D process, and the technical features of the application development.

Keywords: Dongguan city; Earthquake disaster; GIS; 360°panorama

收稿日期: 2017-01-10

基金项目: 广东省省级科技计划项目《地震灾害人口伤亡耦合因子特征分析研究——以广东为例》(2016A020224004)

作者简介: 何萍 (1978-), 女, 高级工程师, 研究方向为 3S 在地震灾害研究中的应用以及震害快速评估。

E-mail: 153880563@qq.com.

0 引言

地震是人类最具威胁的自然灾害之一，它具有突发性和不可预测性^[1]。破坏性地震经常导致建筑物倒毁、构筑物或基础设施破坏，并因此造成人员伤亡和经济损失，而且地震灾害经常伴随其它次生灾害的发生，如火灾、有毒有害物质污染、泥石流、滑坡和瘟疫等，这些灾害的发生，更是加剧了人员的伤亡及财产的损失。从近年发生的地震事件看来，减少地震人员伤亡的有效途径之一就是做好震时的地震救灾工作。抗震救灾是一个持续的社会过程，不同地震灾区在不同时段对应急资源有不同的需求，应急资源的获取、调度、分配呈一个动态的梯次配置过程^[2]。但是震后初期，灾害损失预评估工作对震后的地震应急救援决策起到较为重要的作用。作为市县地震系统工作人员，在灾情发生时他们承担向地方政府评估报告地震灾情，制定应急措施及救灾辅助决策意见的职责。地震灾害评估系统的建立在某种程度上，可以减轻灾后他们所面临的工作压力，震后第一

时间系统将自动快速产出灾评报告及专题图件，这些结果对震后的应急救援工作的开展可以起到很好的作用。除此之外，对于地震风险较低的城市，如何让评估系统发挥更大的作用，是我们在设计本系统时所面临的重大任务和难点。

1 系统功能设计

根据东莞市防震减灾的现状和需求，本系统的建设内容包括：完善东莞市域范围的地震基础数据库系统，填补现有数据的不足，在已有研究成果和经验震害预测模型的基础上建立震害快速评估软件系统，用于指导救灾决策和防震减灾规划。建立东莞市部分地区重点目标的 360°全景图展示系统。此外由于东莞制造业发达，区内工厂林立，地震后可能会造成毒气扩散，从而造成更大的次生灾害，因此毒气爆炸扩散的评估需求也很突出(图 1)。根据以上的建设需求，项目组将该系统的主要功能设计如图 2 所示。

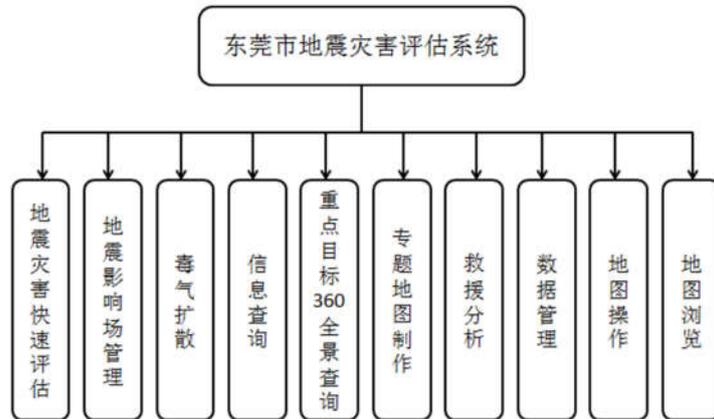


图 1 系统总体功能结构图

Fig.1 The functional framework diagram of the system

1.1 地震灾害快速评估模块

这个模块主要围绕地震灾害预评估。在这个模块中包含了四个功能，生成震害影响场，修正震害影响场，打开历史评估资料、打开当前影响场的评估报告以及评估查询(图 3)。

1.2 地震影响场管理模块

对已生成的地震影响场进行修正管理。这个模块包括以下几个功能：“影响场的选择”，主要用于在图上选择影响场要素，要素被选择后，会处于高亮显示状态，只有选定后的影响场，才能

进行手动修改。“清除选择”，即取消对当前影响场的选定。“手绘主轴方向”可以手绘一个新的主轴方向，重新生成影响场。“保存编辑”对现有影响场修改后的保存。“余震回归分析”，可以导入余震数据，通过拟合分析出主震的影响场主轴方向(图4)。

1.3 毒气扩散模块

通过设置毒气扩散模型所需参数，自动使用模型算法模拟毒气扩散，并在地图上绘制出毒气扩散的形状。参数设置界面如图 5 所示，毒气扩散形状效果如图 6 所示。

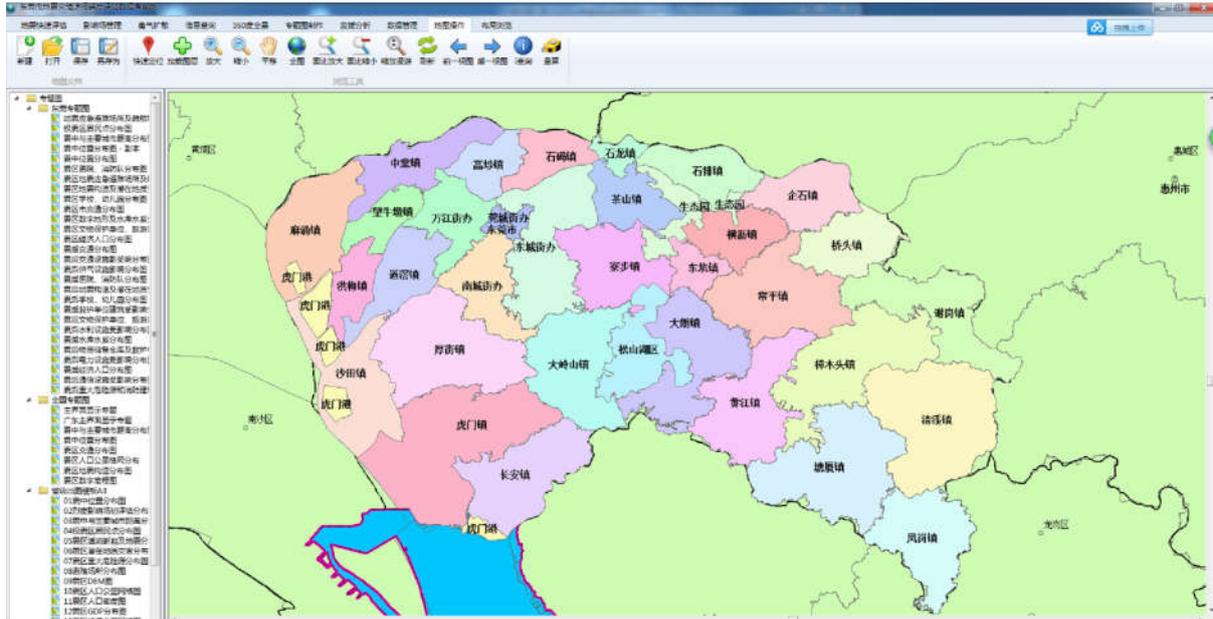


图2 软件系统运行主界面

Fig.2 Main interface of software system operation



图3 “地震快速评估”二级菜单栏

Fig.3 The second-level menu of “earthquake rapid assessment”



图4 “地震影响场管理”二级菜单栏

Fig.4 The second-level menu of “earthquake influence field management”



图5 毒气扩散模型参数设置界面

Fig.5 Parameter setting interface of gas diffusion model

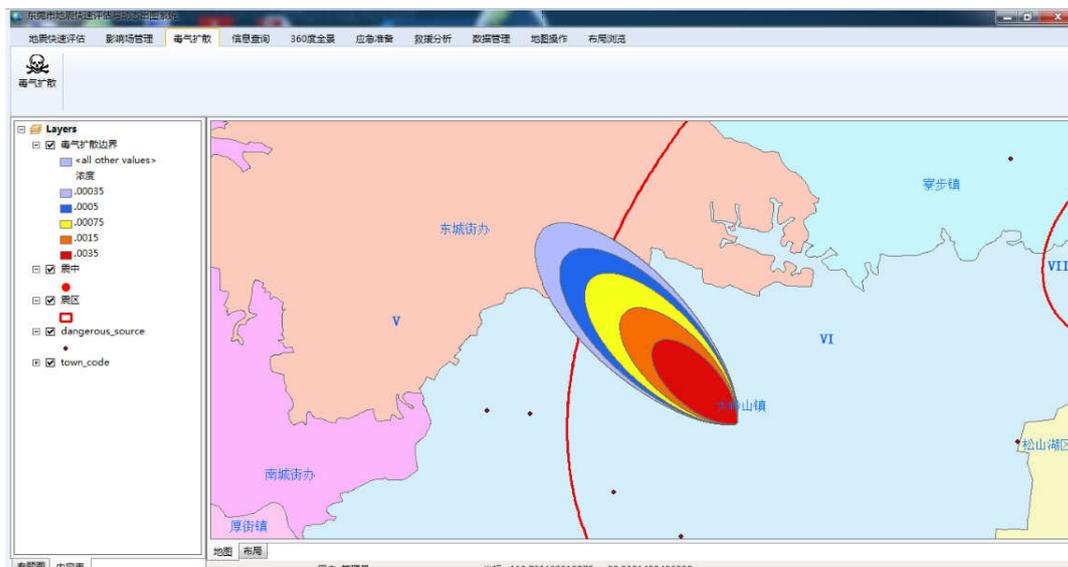


图6 毒气扩散示例

Fig.6 The example of gas diffusion calculation

1.4 信息查询模块

可以查询数据库中地震影响场范围内的九类信息，地震目录、电力设施、水利设施、交通设

施、物资储备、供气设施、救护单位、通信设施以及工业生产危险源。并可在主窗口中将地震影响场与被查询信息叠加展示，提供具体查询界面，并支持导出 Excel 文件(图 7)。



图7 “信息查询”二级菜单栏

Fig.7 The second-level menu of "Information Search"

1.5 重点目标 360°全景查询

点击“全景查询”，会自动跳转到全景展示网页 <http://offmap.gdsin.net/dgpano/>。

1.6 专题图制作模块

系统已定制一系列的地图模板，如行政区划图、地形图、地质构造图、交通图、经济图、潜在地质灾害分布图、人口分布图、水库分布图、

学校分布图、重大危险源分布图及地震动参数区划图等图件。在“专题图制作模块”中有四种出图形式，①面影响区域制图，主要是制作当前影响场范围内主界面内显示的专题图，②点影响区域制图，主要是制作震中 100 km 范围内当前显示的专题图。③点距离图，震中 150 km 范围内震中与其周边主要城市的距离专题图。④一键制图，可以一键快速制作产出影响场范围内所有模板的系列专题地图(图 8)。



图8 “专题图制作”二级菜单栏

Fig.8 The second-level menu of "Thematic map making"

1.7 救援分析模块

可以根据地震评估结果,通过相关分析公式计算出灾区所需救援力量、医疗物资以及救灾物资。支持将统计结果导出 Excel 文件(图 9)。

1.8 数据管理模块

在本模块中可以对数据进行导入导出操作、模型参数重新设置以及软件用户的权限设置(图10)。

1.9 地图操作模块

在本模块中可以对当前地图进行基本操作,包括地图的放大缩小平移等,还可以进行点的快速定位,两点间的距离量算等(图 11)。

1.10 布局浏览模块

在本模块中可以对当前主界面的地图进行布局浏览,并可以进行制图输出(图 12)。



图 9 “救援分析”二级菜单栏
Fig.9 The second-level menu of "Rescue analysis "



图 10 “数据管理”二级菜单栏
Fig.10 The second-level menu of "data management"



图 11 “地图操作”二级菜单栏
Fig.11 The second-level menu of "map operation"



图 12 “地图布局浏览”二级菜单栏
Fig.12 The second-level menu of "Map layout browsing"

2 技术思路

2.1 开发环境的选择

系统采用 Visual Studio 2010 开发环境。该开发工具可以在一个统一的环境中进行设计、编码、调试和测试工作。开发语言用 C#, C# 语言是 .net 平台下应用系统开发的首选语言。界面开发采用 Microsoft 的 WPF+Ribbon, 可以使界面功能有组织

的存放,丰富的命令布局更容易帮助用户找到所需功能。

2.2 组件式 GIS 的应用

组件式 GIS (ComGIS), 是指基于组件对象平台, 以一组具有某种标准通信接口的、允许跨语言应用的组件提供的 GIS。本系统开发中采用 ESRI 的 ArcEngine 10.1 作为 GIS 平台, 它是一个完全组件化的 GIS 平台, 提供了功能丰富、强大

的底层开发接口，如数据处理、空间分析、地图浏览和制图等接口^[3]。

2.3 系统结构的优化

系统功能开发时，一方面要在横向上实现各个分系统的功能，另一方面应在纵向上深入分析各个系统之间的内在联系；首先设计一个具有良好逻辑性的数据库总体框架结构，然后在这个总体框架结构的基础上实现各项数据支持功能。这个总体框架结构应使各功能系统能够方便地使用数据库中的各种数据和中间结果以及一些功能性服务，从而使系统真正成为一个有机整体。平台体系采用三层架构模型，以达到模块内的高内聚，模块间的低耦合，降低平台中层与层之间的依赖关系，使平台代码具备可复用性。通常意义上的三层架构是将整个业务应用划分为：表现层(UI)、业务逻辑层(BLL)、数据访问层(DAL)(图13)。

(1) 表现层(UI)：通俗讲就是展现给用户的界面，即用户在使用一个系统的时候他的所见所得。

(2) 业务逻辑层(BLL)：针对具体问题的操作，也可以说是对数据层的操作，对数据业务逻辑处理。

(3) 数据访问层(DAL)：该层所做事务直接操作数据库，针对数据的增添、删除、修改、更新、查找等。



图13 系统总体开发框架

Fig.13 Overall development framework of system

3 软件系统的特色

3.1 多种尺度的地震灾害评估计算

东莞市处于珠江三角洲地区，《中国地震动

峰值加速度区划图》(GB 18306-2015)显示，除该市万江街道和南城街道的几个村的地震基本烈度为Ⅶ度、地震动峰值加速度0.10 g，其余片区地震基本烈度为Ⅵ度，基本地震动峰值加速度0.05 g，该城市总体地震风险水平并不太高。但是东莞经济发达，是全球最大的制造业基地之一，有世界工厂的美称，外来人口众多，周边甚至全国的破坏性地震灾害都会对其有不同程度的影响。国内任何地方的破坏性地震发生后，地震部门都必须第一时间向政府主管部门汇报此次地震震中位置，地震造成的初步影响以及是否会对东莞市造成影响。因此，根据实际需求，系统设计为可以对发生在全国任意地点的地震灾害进行预评估，但是就地震事件本身对本市是否造成影响(以地震影响场度圈是否包含东莞市行政边界)为依据，产出两种不同评估精度的报告。

对东莞造成影响的地震灾害评估报告分为两部分：第一部分是此次地震的快速评估报告，报告里包括了三个部分的内容：①地震的基本情况；②地震造成的人员伤亡及经济损失预评估结果概述；③此次地震对东莞各乡镇造成的影响，以列表形式给出受影响最大的乡镇，影响的面积，影响人数。

第二部分是灾情基本情况报告，包括六部分内容，都是以图和附表的形式给出(图14、15)：①地震构造及潜在地质灾害源分布以及受影响的潜在地质灾害源详细列表；②水库水系分布及受影响水库详细列表；③学校、幼儿园的受影响情况；④地震应急避难场所分布；⑤医院、消防队受影响情况；⑥电力设施受影响情况；⑦水利设施受影响情况；⑧交通设施受影响情况；⑨供气设施受影响情况；⑩重大危险源单位受影响情况；⑪物资储备仓库及避灾中心受影响情况；⑫通信设施受影响情况；⑬救援力量与救灾物资需求。

对东莞不造成影响的地震灾害快速评估报告相对比较简单，主要包括四个部分的内容，也是以图表的形式表现：①地震灾害的快速评估结果；②震区的基本情况，包括震中的空间分置分布，人口、经济情况，海拔情况，当地天气情况；③震中距离附近主要城市的距离，突出震中距东莞市、广州市、深圳市的距离；④震区的地震构造分布及历史地震情况。

3.2 分层次的数据库结构设计

数据库是评估软件的核心基础，在整个系统

全国基本资料数据库包括了全国省、市、县的行政边界、道路、河流、人口公里格网、建筑物公里格网、地震目录、地震断裂等数据。

广东省地震应急基础数据库与省局数据库相衔接，数据内容包括基础地理信息、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、地震应急预案与法规等 9 大类 42 小类的内容^[4-5]。

东莞市地震应急基础数据库在内容上涵盖了广东省地震应急基础数据库全部内容，但数据精度更高，很多数据精度已到街道/村；数据范围也更为广泛，如东莞市工程地震资料、各社区的各结构类型的房屋建筑面积及重要工程、生命线工

程和地震次生灾害源的数量及分布等。

3.3 360°全景式重点目标展示

在本系统中嵌入 BS 架构的东莞市境内 45 个重点目标的 360°全景式展示，这些重点目标主要包括有 19 个政府部门(包括市政府及 18 个镇政府)、14 个地震监测台站以及 34 所学校 (每个镇选取一所中学)(图 16)，主要反映目标周围环境及重要内部情况的全景，主要功能是展示重点目标位置、情况，通过此系统让公众更好地了解地震台站的工作环境，并为以后的实时监控展示打下基础，同时也是东莞地震局目前向公众提供的地震科普信息化产品。

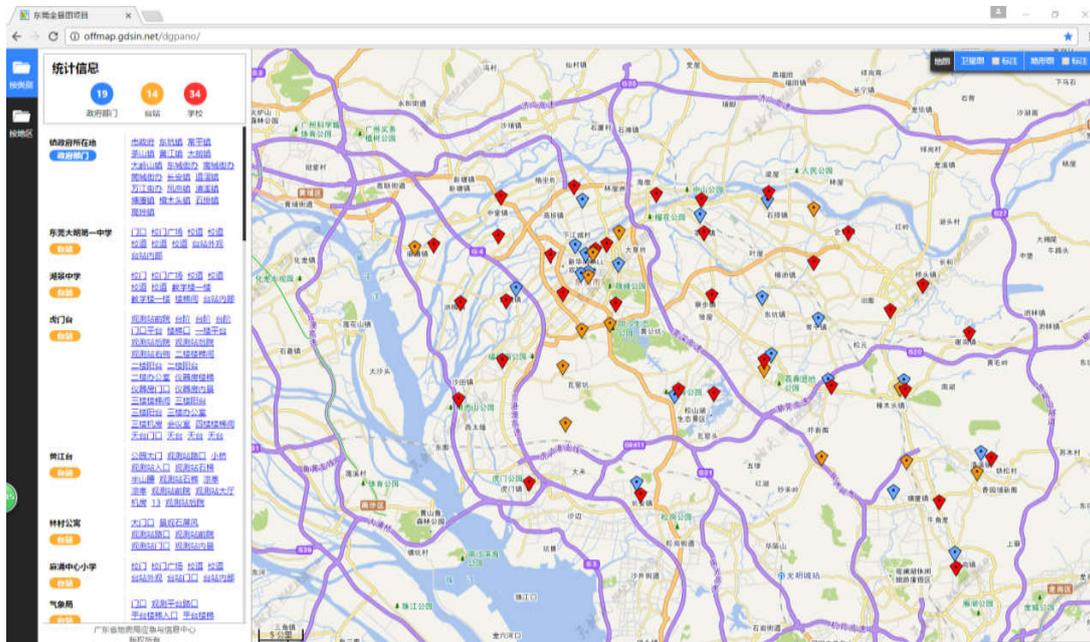


图 16 综合展示界面

Fig.16 Integrated display interface

在 45 个重点目标中，80%是由项目实施人员利用专业的全景鱼镜头实地拍摄，每个重点目标的拍摄观测点都不少于 5 个，以便较好地反映出重点目标内、外观测环境的全景，拍摄完成后再通过专业全景图像转换应用软件 Pano2VR 完成该目标的 360°全景图的制作。大约有 20%的目标由于受场地及人流密度的影响，现场拍摄效果不好，因此直接引用百度 360 街景图片，但在整个展示框架实现无缝对接，不影响系统的整体呈现效果。整个展示系统采用 BS 架构，后台管理采用 Apache+PHP 方式搭建，网页前端采用 HTML5+WebGL 的开发模式，展示效果好，浏览速度快，

用户体验良好，通过设置热点，完成不同场景之间的切换。

5 结语

先进的计算机软件研发及高性能计算技术始终伴随着地震灾害预评估软件系统的发展，而灾害评估模型的本地化，评估结果的精准化及产品产出的多样化则始终是灾害评估系统研发的方向和主要目标。本文所示例的地震灾害评估系统主要是面向东莞市地震系统工作人员，其主要功能也是围绕当地的业务需求来设计研发，希望能给后人起到抛砖引玉的作用。另外在进行此类软件

系统研发设计时,根据不同地区,不同用户对象,在系统整体功能设计及应用中应有所侧重,这样才能使软件系统更贴近实际需求,在工作中发挥更大的作用。

参考文献:

- [1] 袁艺. 自然灾害灾情评估研究与实践进展[J]. 地球科学进展, 2010, 25 (1): 22-32.
- [2] 赵振东, 郑向远, 钟江荣. 地震应急救灾与人员伤亡[J]. 自然灾害学报, 1999, 8 (3): 80-86.
- [3] 焦汉科, 黄悦. 基于 ArcEngine 的插件式 GIS 开发框架设计与应用研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2017, 40 (1): 128-131.
- [4] 聂高众, 陈建英. 地震应急基础数据库建设[J]. 地震, 2002, 22 (3): 105-112.
- [5] 宫会玲. 基于 MAPGISRSP 的 DEM 提取和 DOM 生成[J]. 中国新技术新产品, 2015 (20): 4-5.