

# 关于建立城市防震减灾应急决策信息 系统(GIS 应用)的设想<sup>\*</sup>

宋俊高 朱元清 严大华 夏从俊

(中国上海 200062 上海市地震局)

**摘要** 随着城市改革开放的不断深入,城市的防震减灾工作显得越来越重要。本文对城市防震减灾应急决策信息系统的建立提出几点设想。此系统主要包含地震灾害损失快速预估子系统(主要包括:输入地震信息、地震烈度分布、社会各要素的地震易损性评估等)和地震应急决策信息子系统(主要包括:建议救灾方案、人员避震疏散方案、危险品存贮点的危险程度警告及防范措施、地震火灾辅助决策、救灾指挥部位置确定等)。认为各类建筑物(含生命线工程)的数据资料的调查与收集是建立此系统最为重要且难度最大的工作。

**主题词** 地理信息系统 防震减灾 地震灾害评估 应急决策

## 引言

近几年,地理信息系统(GIS)在国内外得到了广泛应用,其应用领域已涉及到环境、海洋、气象、城规、地质、军事等方面,并在科研和生产中产生了显著的社会和经济效益。不久前在新疆维吾尔自治区人民政府的领导下,国家地震局及新疆维吾尔自治区地震局等有关部门为乌鲁木齐市的震害预测研制了“震害预测信息系统”,在将 GIS 应用于震害预测方面跨出了可喜的一步。

在近几年的改革开放的形势下,我国城市建设突飞猛进、日新月异,已有众多宏伟建筑展现在人们面前。例如,上海市人口集中、工业发达,是我国最大的经济、金融、贸易中心,在我国的国民经济中占有重要地位。然而,其在防震减灾方面却存在不少弱点,如人口、建筑过密、城市设施陈旧、有效活动面积狭小、地基土层软弱等,一旦发生较强地震,势必造成重大的经济损失和人员伤亡(上海市地震局,1992)。因此,做好城市的防震减灾工作是当务之急。现对城市防震减灾应急决策信息系统的建立提出以下设想。

## 1 城市防震减灾应急决策信息的主要内容

地理信息系统是一门介于信息科学、空间科学和地球科学之间的交叉学科和新技术学科,它将地学空间数据处理与计算机技术结合起来,通过系统建立操作和模型分析,产生对区域环境影响、管理决策、灾害防治及减缓等方面的有用信息。城市防震减灾应急决策信息系统也将融合地理学、地震学、工程地震学、系统理论和信息科学、计算机技术,为城

\* 1997-03-10 收到初稿, 1997-08-27 收到修改稿并决定采用。

市震后的防震救灾作出决策性的信息，直接为有关政府部门的地震应急指挥服务。

在破坏性地震发生后，能否快速准确地作出决策，并采取相应措施，直接关系到能否尽可能多地拯救灾民生命和减少财产损失。要做到这一点，给出有效的震后灾害快速评估，特别是震后对震区内的重大工程设施与生命线工程的现状进行快速评估就显得格外重要。据此，该系统的主要研制内容即核心部分，应是地震灾害损失快速预估子系统和地震应急决策信息子系统。

### 1.1 地震灾害损失快速预估子系统

此系统包括3个方面：输入地震有关参数、地震烈度区分布和社会各要素的地震易损性评估。这3个部分是有机地联系在一起的(图1)。

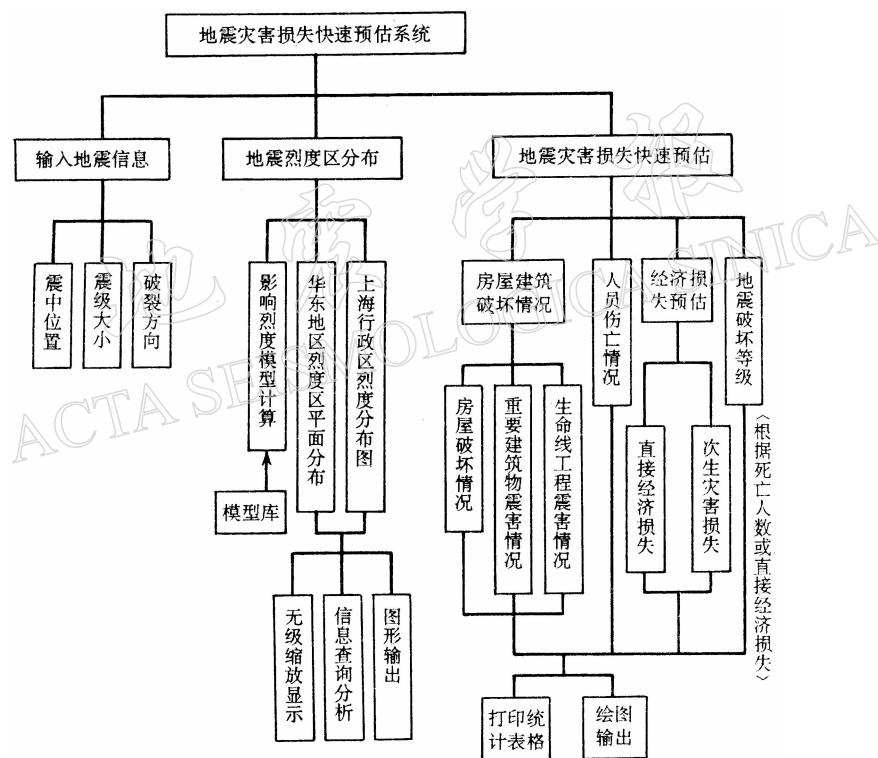


图1 地震灾害损失快速预估子系统框图

#### 1.1.1 输入地震信息

与地震烈度分布有关的主要地震参数是发震时刻、震中位置(含经纬度和震源深度)、震级和破裂方向。一般来说，根据台网的地震记录，在短时间内就可定出一次破坏性地震的发震时刻、震中位置和震源深度；而破裂方向则需要作出震源机制解后才能精确得到，可能会等待不少时间而影响地震灾害损失的快速评估。这时的震源破裂方向可参考该震中区域上历史地震而定，或者考虑对快速评估区域产生最大和最小破坏的震源破裂方向进行初定。

#### 1.1.2 地震烈度分布

首先必须建立各地区的地震烈度影响衰减模型。多年来，由于城市工程场地地震安全

性评价工作的开展，已建立了比较完善的地震烈度影响衰减模型。一般来说，这种衰减模型可直接用于地震烈度分布，但对上海这样的特大城市，其烈度分布可能会出现许多特殊性，这还需进一步深入研究。

### 1.1.3 社会各要素的地震易损性评估

一次破坏性地震所造成的灾害评估主要是由房屋建筑破坏情况、人员伤亡情况和经济损失预估等决定的。而这些评估又要依赖于对各类建筑物的调查和相应的人口分布情况。建筑物的类型依据用途可分为居民住房、生命线工程、重要建筑物、大型公共建筑及构筑物等。根据建筑物结构，则可分为多层砖房、单层工业厂房、多层和高层钢筋混凝土房屋、框架结构、内底框架房屋、单层空旷房屋、老旧房屋、农舍及烟囱水塔等塔形建筑等。

对建筑物的调查要特别注重它的结构类型、建筑质量、设防标准等，并在此基础上进行结构的易损性分析。结构的易损性是指结构在确定的地震强度作用下，发生某种破坏程度的概率或可能性。对建筑物进行易损性分析时，需将本地区的建筑物进行分类，然后根据各类建筑物的调查材料分别作易损性分析，从而建立建筑物的易损性矩阵。各类建筑物的震害等级基本上分为：毁坏、严重破坏、中等破坏、轻微破坏和基本完好 5 个等级。

人员伤亡情况主要与下列因素有关，如白天和晚上建筑物内的人数、人口密度、建筑物的抗震性能、此类建筑是否有利于抢救、地震的强度及烈度分布、有无震前预报（主要指短临预报）等；建筑物所座落的场地上土类型也很重要，例如古河道流经处或松软土层，地震时会造成高烈度异常。

地震灾害损失的具体计算可参考《地震灾害预测和评估工作手册》（国家地震局震害防御司，1993）、《地震灾害及损失预测方法》（尹之潜，1995）、《地震灾害评估》（李树桢，1995）及其它有关文献（丁伯阳，1991；肖光先，1991）。

## 1.2 地震应急决策信息子系统

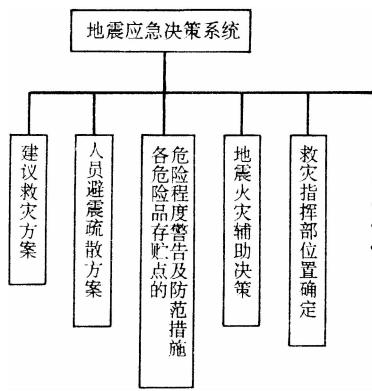


图 2 地震应急决策信息子系统框图

### 1.2.1 人员避震疏散

根据灾害相对比较严重的区域位置，有组织有计划地从高烈度区到低烈度区合理安排疏散。疏散地主要是广场、街心绿地、空地、公园、运动场和中小学操场等。在日本极为重视建设“防灾公园”，阪神大震中作为避难所起了巨大作用的公园已成为重要的防灾据点。在我国，像上海这样的大城市也应该对开辟或扩大公园和绿地面积引起重视，在城区改造时可纳入计划内统筹考虑。这些公园和绿地平时是良好的空气净化器和人们休闲活动的场

震后应急决策是一种应变对策。它是一个与社会经济紧密相关的科学预测，是有很强实用性的科学问题，也是减轻地震灾害最直接的重要问题。地震应急决策包括的内容比较多，如救灾、地震次生灾害的减轻、医疗卫生、社会治安、通信恢复等等，但在震后立即要做出应急决策的主要有以下几个方面：①救灾方案；②人员避震疏散；③各危险品贮存点的危险程度警告及防护措施；④地震火灾辅助决策等等。可以说，在震后数小时内，这几个方面是与人们的生命安全密切相关的（图 2）。

所，震时则成为人员避震疏散的场地。

### 1.2.2 各危险品存贮点的危险程度警告及防护措施

城市中的危险品基本上可分为易燃、易爆、剧毒物品、腐蚀性液体、放射性物质、细菌以及病毒源等几类。这些危险品在地震时都可能成为引发次生灾害的重大隐患。它们存贮的地点有油库、加油站、酒库、火柴库、煤气站、石油气站、化学品仓库、细菌仓库和放射性源等。由于各类危险品具有不同的特性，震时如果保管不善，就会有不同的危害方式，比如毒气泄漏，将会以气体扩散的方式漫到空气中，从而危害周围的群众。假如有毒气体正在生产和使用，这时应迅速关闭储存有毒气体容器的阀门，并停止生产和使用，以防止泄漏；必要时应迅速采取措施，中和有毒气体，消灭灾害源。

### 1.2.3 地震火灾辅助决策

地震火灾是城市地震次生灾害中最为严重的一种次生灾害，如 1906 年美国旧金山大地震，地震时由于烟囱倒塌、堵塞及火炉翻倒，全市 50 多处起火，大火烧了 3 天 3 夜，火灾造成的损失比地震直接破坏的损失高 3 倍；又如 1923 年日本关东大地震时的火灾，使东京市的 43% 化为焦土，当时 230 万人口中有 148 万人受灾；1995 年 1 月 17 日日本阪神大震也给阪神造成了严重的火灾。故建立地震火灾辅助决策系统就显得相当重要。

该系统包括建筑物燃烧扩展模型和地震时区域火灾的蔓延状况、扩散方向等，旨在采取正确的灾害应急对策，如人员疏散、消防扑救等。该系统可将矢量化图与扫描图中的街区和建筑在计算机上再现，然后输入着火点位置和风速等各种要素或条件，对街区作出不同时间的蔓延模型。这种系统主要建立有建筑物延烧、消防力量运用、延烧助长因素评价和延烧阻止因素评价等模型。

### 1.2.4 救灾方案

强烈(破坏性)地震发生后，迅速对受灾地区实施救援是减轻地震灾害造成的人员伤亡与财产破坏和损失、消除地震后果的重要步骤。震后所进行的一切与减轻灾害有关的行动，均可称为救灾工作。上述所讨论的内容也属救灾范畴，而现在所要论及的救灾方案是指震后紧急救援阶段的工作。

地震灾害类型主要分为城市地震灾害和农村地震灾害两大类型。由于城市人口稠密，经济文化发达，各类建筑结构不同，故灾害种类多，震害续发系列长，伤亡损失大，影响深广，恢复时间长；而农村(或小城镇)一般居住区分散，人口密度较城市小，生产与生活设施种类单一，规模小、且布局分散，相对来说，伤亡损失小，易于恢复。但需要指出的是，随着农村经济的发展，产业结构的变化，人们居住条件有明显改善，特别是在发达地区的乡村和城镇，如上海市的郊区，因招商引资，发展经济开发区，地震灾害形式也逐渐向城市型过渡。

救灾方案大体可由以下 3 部分组成：

(1) 地震灾害区域的确定。根据地震烈度分布和地震灾害快速预估，可得出地震灾害最为严重的区域。由系统给出这一区域的范围，再由震害预估值确定其灾情程度。

(2) 灾情分类。地震灾害损失快速预估将给出房屋建筑破坏情况、人员伤亡情况和经济损失预估值，根据灾害程度指标对灾情进行分类(郭增建，陈鑫连，1986)。

(3) 不同灾区的救灾方案(郭增建，陈鑫连，1986；郭增建，陈鑫连，1991)。① 重灾区：立即向上级领导部门报告地震的有关参数和灾害快速预估情况。城市重大地震灾害由国务

院直接部署和指导救灾工作。国务院有关部门积极配合受灾城市进行救灾，坚持以地方为主，受灾城市所在的省、自治区、直辖市人民政府及城市灾区各级政府和有关部门直接组织指挥救灾。因房屋建筑破坏严重、人员伤亡惨重、还有大量被压人员，需要立即动员救灾队伍，救灾队伍主要由军队和外援专业人员组成，当地驻军积极投入救灾，灾区基层干部和群众奋力进行自救互救。邻近受灾城市的轻灾区和非灾区政府及驻军有组织地进行快速救援，抢救被埋压的人员和遭受水、火、毒气等次生灾害的伤员，防止次生灾害及续发性灾害的蔓延，对处在危险建筑物中及次生灾害危险现场的伤员进行疏散。建立前线与后方相结合的救灾体制，现场紧急救灾要以邻近轻灾区为依托，实行空运、公路、铁路、航运相结合的综合交通体制输送伤员和救灾物资体制；② 中等灾区：一般在受灾区所在的省、自治区、直辖市人民政府直接领导下，成立以地区为主的救灾指挥部，全面领导本地区的救灾工作。实行以本地区自救与外援相结合的救灾体制。在军队和外援专业人员与本地区专业人员共同配合下，进行救灾工作。抢救工作、防止次生灾害蔓延及人员疏散等，可参考重灾区。空运要有保障，公路、铁路等运输也要畅通无阻，保证救灾工作的顺利进行；③ 轻灾区：城市一般的地震轻灾的救灾工作，由受灾市人民政府或受灾市所在的地区行署负责直接领导，并以本地区党政军领导机关为主组成救灾指挥部，全面领导本地区的救灾和恢复工作。以本地区专业救灾人员和部队医疗人员为主进行医疗救护工作。自力更生进行恢复与重建工作，并在财力物力和专业技术上争取必要的支持。

### 1.2.5 抗震救灾现场指挥部

抗震救灾现场指挥部是震后救灾的重要机构，应根据灾区不同的灾情，成立相应的现场救灾指挥部。如在日本阪神大地震时，就成立了相应的“现场对策总部”，这是国家政府灾害对策总部派出的代表机构，设在灾区现场，由灾区自治体提出要求，由政府组织，国土厅政务次官担任总部长，并由建设、防卫、警察、大藏等省厅的代表组成，主要职责和任务是负责政府和自治体抗震救灾工作的联络协调工作；我国唐山地震后数小时，党中央国务院决定建立中央救灾指挥部，受波及的天津、北京两市也迅速成立了救灾指挥部；松潘地震后，立即成立了四川省抗震救灾指挥部和现场抗震救灾指挥部，并到达灾区平武县开展工作。

城市地震救灾工作量大面广，情况十分复杂。因地震破坏，会使交通受阻，通讯不畅，给救灾工作带来一定的困难，因此，在确定现场救灾指挥部的位置时，应兼顾到交通方便、通讯方便、便于联系和指挥等条件。

### 1.2.6 最佳救灾路径

上述人员避震疏散、救灾方案以及现场指挥部位置的确定等，都将涉及到最佳路径问题。在 GIS 中就提供了分析这类问题的有关软件，如 ARC/INFO 中的 NETWORK 模块就具有地理网络分析功能，它包括路径选择和定位两个功能，可直接用于城市交通及各种管网分布等。

最佳救灾路径的确定在城市的抗震救灾中是至关重要的。在本系统中，已经具备了基本的信息，如城市交通道路分布、城市绿化带和空地分布、各大主要医院的分布以及救援力量的分布等。系统运行时将给出烈度分布情况、地震破坏严重的区域、哪些路段的交通可能受阻（如震时道路损坏、路旁房屋倒塌等引起）等有关信息。通过人机对话，尽可能给出各种约束条件，最后由系统根据上述条件确定最佳救灾路径。

除了以上系统的核心部分外，城市房屋建筑的矢量化图最好建立在城市航片扫描的基础上，这样，可直接将航片利用扫描仪输入到计算机内建立扫描图像数据库，通过拼接整理成整幅城市扫描图；以此扫描图为基图，在显示屏上直接勾划出房屋建筑的轮廓，道路、河流的中心线，从而建立相应的矢量化电子地图数据库。这种航片扫描图与相应矢量图相结合的技术用于城市防震减灾系统中有以下一些好处：① 航片图具有资料新、现势性强、成图周期短、形象逼真、信息量丰富且费用低廉等优点；② 便于动态管理。随着改革开放的深化，城市建设的规模也在扩大，速度在加快，昔日还是棚户区，今日已是高楼林立。使用近期制作的航片，可反映当前城市建筑的分布状况。航片更新一般3年一次，根据新制作的航片，只要对那些有变化的房屋建筑等信息进行修改、增删即可，使数据资料不断更新。由于对数据图层进行了动态管理，从而使震后评估更加准确；③ 航片图还有一个显著的特点就是很直观。经矢量化后的图仅是一些点、线和多边形组成的几何抽象图形，即使从属性数据库中得到的信息也不可能完全。如果某一矢量几何图形与航片图提供的实际景物嵌套在一起，则此几何图形所对应的实际景物也就一目了然。如果我们想要知道灾区遭受破坏的房屋建筑，从对应的航片扫描图中就可获取信息。

除了上述内容外，系统还须建立庞大的各类数据库，如图形扫描数据库、与矢量数字化图有关的几何特征数据库、属性数据库、文字材料库和像片资料库，历史地震和近期地震目录数据库等，还有系统本身的一些功能，如查询工作、系统工具、图形管理等，这里不再一一赘述。

## 2 资料收集

“地震灾害损失快速预估”工作，主要涉及到城市内的各种工程，其中包括各类建筑物、构筑物和生命线工程等各种重要设施以及可能产生损失的次生灾害源等。尤其在一些大城市中，为了适应城市日益发展的需要，高层或超高层建筑如雨后春笋般拔地而起，其建筑的类型繁多，结构设施复杂。因而，资料收集就显得工作量大且涉及面广，调查工作任务重且技术性强。

一般来说，一些专题信息系统，它所需要的资料通常来自于相应的部门，这种资料容易获取，比如“交通信息管理”的资料来源于交通部门；“人口资源管理”的资料则来自公安部门或民政部门，而“地震灾害损失快速预估”所用的资料就不可能只来自地震部门，除了地震地质等资料外，还需要大量来自其它部门的信息和资料，这显然给资料收集带来不少困难，这就需要与其它有关部门密切配合，才能收集到比较齐全确实可靠的各类建筑(含生命线工程)和人口分布的资料。资料的获取一般可通过以下途径：① 将城市划分为行政区，在每个行政区内划分若干个基本调查单元，这些单元基本上是以街道办事处为单位；② 从房管部门取得所辖范围的房屋建筑资料，这些资料通常都比较详细；③ 城市档案馆一般都保存有较为详细的建筑资料，往往能满足建立属性数据的需要；④ 对一些还未汇总的房屋建筑资料，可经现场踏勘获取，对已有的资料也可通过踏勘进行验证。

资料收集工作还应在组织上给予大力支持。如在研制乌鲁木齐的“震害预测信息系统”期间，就得到了新疆维吾尔自治区人民政府的重视和各级领导的支持。又如在上海大典光盘这一多媒体百科大典的开发过程中，上海市领导同志亲自挂帅，并成立由各会、委、区、县领导组成的咨询委员会，从而完成了这部信息规模空前的大型电子出版物的研制和出版。

工作，使上海具有能参加国家信息市场的现代媒体。

### 3 结语

地理信息系统，是 60 年代开始迅速发展起来的软件新技术，是多种学科交叉的产物。此类系统是以地理空间数据库为基础，采用模型分析方法，适时提供多种空间的和动态的地理信息，为地理研究和地理决策服务的计算机技术系统。由于它的空间特性，使它能够获得其它管理信息系统(MIS)所不能得到的地理信息。由于计算机硬件技术的飞速发展，为 GIS 的发展注入了新的活力，使其成为计算机技术中的一个热点话题。

运用 GIS 软件开发城市防震减灾应急决策信息系统具有广阔的应用前景，其目的就是将破坏性地震对城市所造成的地震灾害损失减小到最低程度。在震害预测或评估中采用 GIS 处理技术，可以动态地提供在各种可能地震状况下城市建筑物和生命线工程破坏的预测；可以实时进行地震发生后的即时震害快速评估；还可以根据现场震情实况，确定各种地震应急所需的辅助决策信息等等。此系统的建设是一项庞大的工程，除了软硬设备，还需要人员组织、数据收集和建库、软件开发等，而最为重要和难度最大的是数据收集工作。如果缺乏数据，则要建立此系统是难以想象的。

城市防震减灾应急决策信息系统建成之后，犹如一个巨大的资料信息库，因为它拥有城市中各类建筑物的大量属性数据资料，其中包括居民住房、生命线工程、重要建筑物、大型公共建筑物等。如将上述各种子系统和各类数据资料连接到市府应急指挥中心，则市府的应急指挥系统就更加完备。一旦震灾发生，市府的应急指挥会更及时、得力、有效。

本文中的矢量化电子地图和地理信息软件等部分，得到上海市环卫局信息中心钱诚元教授和上海城市建设地理信息系统办公室江绵康主任的指导和帮助，在此表示感谢。

### 参 考 文 献

- 丁伯阳，1991. 介绍两种震害损失估算方法. 灾害学, 6(2): 45~47  
国家地震局震害防御司，1993. 地震灾害预测和评估工作手册. 北京：地震出版社. 57~59  
郭增建，陈鑫连，1986. 地震对策. 北京：地震出版社. 142~144  
郭增建，陈鑫连，1991. 城市地震对策. 北京：地震出版社. 236~237  
李树桢，1995. 地震灾害评估. 北京：地震出版社. 205  
上海市地震局，1992. 上海地区地震危险性分析与基本烈度复核. 北京：地震出版社. 1  
肖光先，1991. 震后灾害损失快速评估. 灾害学, 6(4): 12~17  
尹之潜，1995. 地震灾害及损失预测方法. 北京：地震出版社. 82~109