



基于 GIS 的青海省海西州震害 信息管理系统研建

夏玉胜¹, 吴红岩², 赵文芳²

(1. 青海省地震局, 青海 西宁 810001; 2. 海西州地震局, 青海 德令哈 817000)

摘要 简要介绍了在 Mapinfo 平台上利用 MapBasic 语言进行“海西州震害信息管理系统”开发研制的原理、过程和系统功能。根据海西州区域地质和人文环境, 确定了震害预测模型。

关键词 海西州; GIS; 震害; 管理系统

中图分类号: P315.75 文献标识码: A 文章编号: 1000-0844(2004)01-0032-06

0 引言

海西州位于青藏高原北部、青海省的西北部, 面积 320 000 km², 人口 36 万。其中面积 250 000 km² 的柴达木盆地是本区的主体, 集聚了青海省 90% 以上的矿藏资源。现正在建设成为以矿产资源开发为主导, 盐化工为龙头, 工、农、牧、水资源开发、旅游及其它产业综合发展的新区, 具有重要的政治、经济和战略地位。

由于特殊的地域环境, 本地区的自然灾害具有高原特色——灾害种类多、频次高、强度大。其中以地震灾害尤为突出。2001 年 11 月 14 日在本州发生的昆仑山口西 8.1 级地震是我国 50 年来最大的一次地震事件, 地震形成纵贯昆仑八百里的巨大地表破裂带, 使正在施工中的青藏铁路工程和输油管线遭到破坏。在未来人们仍将面临地震灾害的威胁。为了尽量减少地震灾害损失, 震时能及时的给政府提供定量的灾害数据, 从而使政府对震害信息的管理量化、救灾决策科学化, 在海西州政府支持下, 我们进行了“海西州震害信息管理系统研制”工作。在 2003 年 4 月 17 日德令哈 6.6 级地震的应急救灾决策时, 系统发挥了重要作用。本文将着重阐述系统的设计原理和基本功能。

1 基于 GIS 的震害信息管理系统的设计与实现

地理信息系统(GIS)是近年来发展起来的集计算机科学、空间科学、信息科学、测绘遥感科学、环境科学和管理科学为一体的新兴边缘科学, 现已成为地学空间信息分析的基本手段与工具。在许多领域已建立起了专业性或区域性极强的信息管理系统, 并产生了显著的社会和经济效益^[1~5]。本项目在 MapInfo6.0 平台上, 利用 MapBasic 语言进行了二次开发。

1.1 系统设计

系统总体设计包括系统分析、系统设计和系统实施 3 个主要阶段(图 1)。该系统属于单机运行的信息管理系统, 系统支持对空间数据的采集、管理、处理、分析、建模和显示。其构成包括: 系统硬件、系统软件、地理数据和预测模型等几个部分; 功能包括: 震害预测计算、预测结果的显示和输出、综合查询及数据库维护。

1.2 系统制作

1.2.1 数据库建立

将收集到地理信息、属性信息经过预处理,建立震害基础数据库。数据库具有修改、添加和删除等维护功能。

1.2.2 电子地图制作

利用经过数字化预处理的基础数据,制作成包括行政区划、活动构造、历史地震、生命线工程等满足不同用处的矢量式电子地图。

1.2.3 系统策划制作

为使问题简化,将系统分解为 6 大功能模块:烈度等震线生成模块、震害预测模块、预测结果的显示和输出模块、综合查询模块、数据库维护模块和界面定义模块。

1.3 系统功能与使用

1.3.1 运行环境

震害信息管理系统可以运行在 Microsoft 公司的 Windows98、Windows NT、Windows2000 以及 Windows XP 下。先安装 MapInfo Professional 6.0,然后运行系统安装程序。

1.3.2 系统查询

本系统设有以下 9 种查询内容。

(1) 州情查询 选中“主”工具栏上的“热链接”工具,然后用鼠标在地图上点击要查看的行政区划,该行政区划的介绍就会出现。

(2) 活动断裂查询 选中“查询”菜单中的“活动断裂”,则青海省活动断裂将会显示在地图上。选中“主”工具栏上的“信息”工具(“i”键),再在地图上点击要查看的断裂,则该活动断裂的属性就会显示在“消息”窗口中,包括断裂名称、走向、倾向、倾角、性质和最新活动时代。

(3) 历史地震查询 选中“查询”菜单中的“地震分布”菜单。该菜单有 2 项:一是“历史地震”,用来查询有记载以来的青海省历史地震;另一个是“地震目录”,可以显示地震目录中的地震。点击后青海省的地震分布将会显示在地图上。单个地震的属性信息查看类同(2),可显示该地震的震级、发震日期、时间、震中经纬度。

(4) 矿产资源查询 选中“查询”菜单下的“矿产分布”项,海西州矿产资源图将会显示在地图上。单个矿点的信息查看类同(2)。

(5) 海西州水资源查询 选中“查询”菜单中的“水资源”,则水资源分布将会显示在地图上。每条河流的属性信息查看类同(2)。查询水库属性可直接双击水库(三角符号)。

(6) 生命线工程查询:方法同上。

(7) 四代地震动参数区划图查询:方法同上。

(8) 乡镇人文查询:方法同上。

(9) 行政区地理信息查询 选中“主”工具栏上的“选择”工具,再在地图上双击要查看的行政区,该区的地理属性就会显示在“消息”窗口中,如:面积、周长、中心坐标等。

1.3.3 设定地震下的震害损失评估

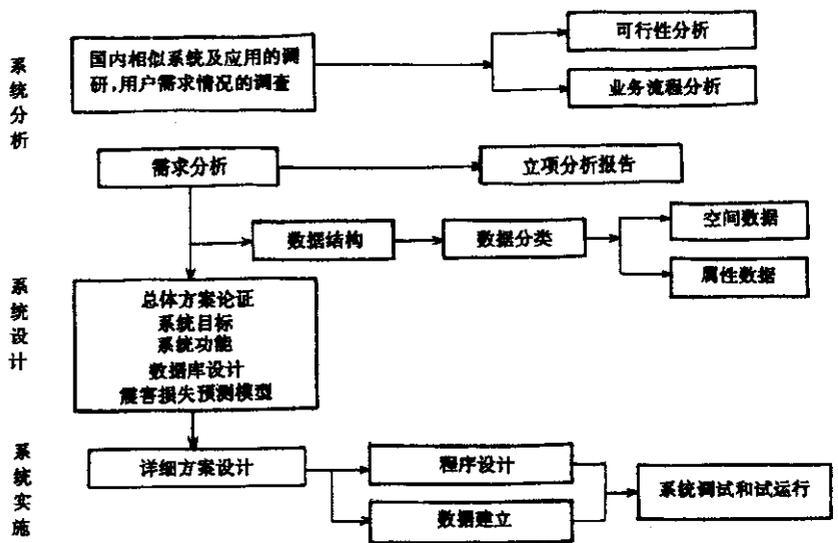


图 1 系统设计图

Fig. 1 Flow chart of the system design.

利用菜单“损失预测”或工具(十字、人形键),通过对话框任意设定地震参数后,系统将自动生成烈度等震线并计算该地震对海西州造成的损失,包括直接经济损失、人员伤亡、生命线网络及水库震害情况。并将结果显示在“信息”窗口和地图窗口。利用“信息”工具,还可进一步查询各单元和各市县及任意区域的震害损失、生命线管网在各烈度区的破坏长度、受破坏(超设防)水库属性等信息。

1.3.4 数据库维护

利用菜单“数据库维护”或工具(工具栏最右两个键),通过对话框可更新、添加或删除乡、镇、县市及其属性数据(人口、建筑、地理坐标、医疗、消防、联络方式等),修改后的数据将被保存在系统数据库中。系统也可进行辅助数据维护,如震害矩阵、损失比、死亡率等。为提高震害预测精度,可在此平台上利用维护功能将乡镇拆分为村、委或更小的预测单元,也可将预测区任意扩大或缩小,利用维护功能将有关数据加入,无须更改主程序即可进行震害预测(盲估)。

1.3.5 输出

对选中部分可以图、文和表格的形式输出。

2 海西州地震环境特征

由于大地震的破坏半径可达数百公里,即大半个青海省的强震都可能对海西州造成破坏,故相关地震包括全省的地震及构造环境。

2.1 青海省主要活动断裂及特征

青海省是新构造运动以来的强烈上升区,断裂、褶皱均很发育,晚第四纪以来断裂新活动显著。活动断裂带以NWW、NW方向为主,在区域性NE—SW向强烈挤压应力作用下,依次作挤压左旋走滑型、挤压右旋走滑型运动,是本区主要的孕震和发震构造。将各断裂分布及活动特征数字化录入系统数据库,以供系统查询时调用。

2.2 青海省地震

青海是我国地震多发地区之一,地震频次高、强度大。7级以上地震平均15年1次,5级以上地震平均每年发生2次。将其数字化录入系统数据库,以供系统查询时调用。

2.3 烈度衰减关系

在本次工作中取甘青地区烈度衰减关系,即

$$\begin{aligned} I_a &= 5.643 + 1.538M - 2.109 \ln(\Delta + 25) \\ I_b &= 2.941 + 1.361M - 1.494 \ln(\Delta + 7) \end{aligned} \quad (1)$$

式中 I_a 、 I_b 分别为长轴和短轴烈度值; Δ 为震中距, M 为震级。

3 海西州震害预测模型和方法

震害预测从时间尺度上大致可分为中长期预测、短临预测和震后快速评估(盲估)3个部分,从精度上也可划分为3种尺度,即细尺度(单体法)、中等尺度(单体+群体)和大尺度预测。无论那种预测其目的都是为政府在震前防御和震后救灾决策时提供较定量的参考依据。根据该州的实际情况,本项目在精度上采用中等尺度预测,并以震后快速评估为主。由于采用的是任意设定地震法,故短临应急可与震后快速评估在一个系统上实现。中长期预测的目的主要是为长期工程防御而进行的,故可借助震后快速评估时所用的基础属性信息(建筑、经济、人口等),计算出未来一定时间内在一定概率水准下的震害损失期望值,以供政府在设防投资(风险型决策)时进行参考。

3.1 建筑物震害预测

建筑物的震害预测是在研究区域内场地地震效应预测基础上,采用分区抽样的办法得到区域内小区单元各类建筑物的震害矩阵,即不同建筑在不同烈度地震袭击下的抗震能力或易损性,再根据各小区建筑物的分类统计资料,对建筑物可能遭受的震害程度和数量进行预测。震害等级按国内统一标准划分为毁

坏、严重破坏、中等破坏、轻微破坏和基本完好。

根据文献^[6],从地震易损性指数可以看出,同一类易损性里的结构的震害矩阵相差不大,所以在震害预测分析里不需把震害矩阵分的非常精细,在很多情况下使用同一震害矩阵。本文的震害矩阵参照地震灾害及损失预测方法^[1]和山西地区的震害矩阵(表 1),破坏损失比采用国内统一的统计标准(表 2)。

表 1 建筑物震害矩阵

结构类型	烈度/度	完好/%	轻微破坏/%	中等破坏/%	严重破坏/%	毁坏/%
钢筋混凝土厂房	6	73.00	20.00	7.00	0.00	0.00
	7	52.00	29.30	12.60	4.60	1.50
	8	35.00	31.70	20.00	10.30	3.00
	9	24.60	28.00	22.80	15.10	9.50
	10	14.50	18.90	22.10	20.90	23.60
框架结构	6	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	85.13	13.34	1.53	0.00	0.00
	9	10.90	56.70	27.10	4.60	0.70
	10	0.52	19.92	47.52	25.04	7.00
平房	6	60.00	28.00	10.00	2.00	0.00
	7	25.00	46.00	13.00	10.00	6.00
	8	0.00	16.00	49.00	20.00	15.00
	9	0.00	5.00	17.00	45.00	33.00
	10	0.00	0.00	2.00	10.00	88.00
多层砖房	6	70.00	23.00	6.00	1.00	0.00
	7	52.00	22.00	15.00	9.00	2.00
	8	32.00	21.00	22.00	19.00	6.00
	9	24.00	17.00	20.00	17.00	22.00
	10	2.00	11.00	12.00	26.00	49.00
砖木结构	6	65.09	26.51	6.29	1.83	0.28
	7	60.07	23.36	10.31	4.75	1.51
	8	44.82	23.41	17.26	10.09	4.42
	9	26.45	21.34	22.81	18.02	11.38
	10	8.13	12.68	22.36	27.86	28.97

本项目以乡或镇为基本工作单元,建筑物分为框架结构、多层砖混结构、钢柱厂房、砖木结构和平房 5 种结构类型。

按照建筑物群体震害预测方法,建筑物在不同烈度作用下的破坏面积

$$S_{j/l} = \mathbf{H} [\mathbf{D}_{j/l}] \times B_s \quad (2)$$

式中 B_s 为 S 类建筑物面积, $\mathbf{H} [\mathbf{D}_{j/l}]$ 为建筑物的震害矩阵,即烈度为 l 时建筑物的 j 级破坏。

3.2 经济损失及人员伤亡预测

地震灾害损失包括人员伤亡和经济损失。地震造成的经济损失由直接经济损失、次生灾害经济损失、间接经济损失和救灾投入费用构成。

3.2.1 建筑物及室内财产的直接经济损失

地震造成的直接经济损失主要决定于建筑物及结构设施的破坏,所以该损失可利用建筑物震害进行预测。当地震烈度为 l 时,房屋建筑和室内财产的经济损失值由下式计算:

$$I(I) = \sum_s \sum_j \mathbf{H} [\mathbf{D}_{j/l}] B_s b_s \varepsilon_{bj} + \sum_s \sum_j \mathbf{H} [\mathbf{D}_{j/l}] B_s a_s \varepsilon_{aj} \quad (3)$$

表 2 建筑物破坏损失比

结构类型	基本完好/%	轻微破坏/%	中等破坏/%	严重破坏/%	毁坏/%
框架结构	0.0	8.0	30.0	70.0	95.0
多层砖混结构	0.0	8.0	25.0	65.0	90.0
钢柱厂房	0.0	6.0	25.0	60.0	85.0
砖木结构	0.0	5.0	20.0	40.0	80.0
平房	0.0	5.0	20.0	50.0	80.0

式中 b_s 为 S 类建筑的的重建费用(元/ m^2) ; ε_{bj} 为 S 类建筑发生 j 级破坏时的损失比 ; ε_{ij} 为 S 类建筑发生 j 级破坏时的室内财产损失比 ; μ_s 为 S 类建筑的室内财产(元/ m^2)。

通过对海西州各小区不同结构建筑物的调查了解 ,计算出框架结构、多层砖混结构、钢柱厂房、砖木结构和平房的室内财产平均值(表3)。

表3 海西州各类建筑物室内财产和造价平均值

	框架结构	多层砖混结构	钢柱厂房	砖木结构	平房
室内财产/元/ m^2	700	500	300	250	200
造价/元/ m^2	990	740	800	650	450

3.2.2 间接经济损失

间接经济损失分为2类 :第一类为工厂、企业因地震造成的房屋、设备破坏而引起的减产、停产或停业等损失 ;第二类是由于交通运输、原材料和动力供应等因素造成企业减产和因此对社会商品流通造成的影响带来的损失 ,及上游企业停产对下游企业生产带来的影响。鉴于目前无法得到行业间的投入产出的完整资料 ,计算间接损失特别是第二类损失还有一定的困难。这是今后经济学家和统计部门应共同研究的课题 ,故在此不明确给出。

3.2.3 人员伤亡的预测

地震时造成人员伤亡的因素很多 ,如建筑物倒塌、人口密度、地震发生时间、抢救措施等 ,其中建筑物倒塌是人员伤亡的主要因素。本文采用尹之潜提出的由于破坏面积和时间等致灾因素的人员死亡计算公式^[6] :

$$d_n = A_1 d_1 \rho + A_2 d_2 \rho + A_3 d_3 \rho \tag{4}$$

式中 d_n 为死亡人数 ; A_1 、 A_2 、 A_3 分别代表毁坏、严重破坏与中等破坏的建筑物面积(m^2) ; d_1 、 d_2 、 d_3 分别代表毁坏、严重破坏与中等破坏房屋内的死亡率 ; ρ 为房屋内人员密度(单位面积上的平均人口数)。

地震时间的影响为 :夜间的死亡率是白天的2倍 ;人员密度在白天(7~19时) , $\rho = 0.7m/A$;夜间(19~次日7时) $\rho = 0.7m/A_R$ 。这里 m 为预测区内总人口数 ; A 为预测区住宅、公用建筑、宾馆、工厂里的车间等建筑的面积之和 ; A_R 为预测区住宅、宾馆、公寓和招待所的建筑面积之和。

无家可归和受伤人数的预测主要考虑建筑物破坏因素 ,可以采用以下公式^[6] :

$$M = (2/3 \times A_1 + A_2 + 7/10 \times A_3) / a \tag{5}$$

$$H = (11/20 \times A_1 + 1/50 \times A_2 + 1/100 \times A_3) / a$$

式中 M 为无家可归人数 ; H 为受伤人数 ; a 为人均居住面积。

3.2.4 地震总经济损失

直接经济损失、间接经济损失、次生灾害引起的经济损失与救灾投入费用之和为地震总经济损失。在本项目中 ,生命线工程和城市其它基础设施 ,如公路、路堤、引水工程、水塔等的经济损失问题都没有给出 ,但从以往的震例可以看出 ,由以上计算的建筑物及室内财产损失占直接经济损失的绝大部分($\geq 90\%$)。同时政府在地震快速应急对策中最关心的是直接损失和人员伤亡情况 ,故此结论可作为政府应急救灾的辅助决策信息 ,至于救灾投入、除根据直接灾害情况外 ,还需要根据次生或间接灾情的发展变化 ,待地震后才可给出。

3.3 动态预测与数据库维护

以上震害预测结果采用的基础资料会随着旧城改造及新城建设的进行而不断发生变化 ,故应对预测系统的基础资料数据库进行及时维护 ,定期更新相关数据 ,以保证信息的可靠性。若维护困难 ,也可采用以下动态方法进行数据更新和震害预测 :

(1) 基础建筑面积数据更新

$$S_i = S_{i0}(1 + \gamma)^n \tag{6}$$

式中 S_{i0} 为数据库某类建筑物的初始面积 γ 为其年增长率。

(2) 基础人口数据更新

$$M_j = M_{j0}(1 + x)^n \quad (7)$$

式中 M_{j0} 为数据库初始人口数 x 为人口增长率。

3.4 任意设定地震时的震害预测

由于地震发生(时、空、强)的不确定性和烈度衰减的方向性,在此采用任意设定地震法进行灾害预测(盲估)。烈度衰减的长轴方向可查询青海省活动断裂资料,根据震中位置判断发震断层,由发震断层走向给出烈度长轴方向;由于青海省活动断裂多为北西西方向,在发震断层不好确定时,程序中给出一烈度长轴方向默认值(NW60°)。预测(盲估)系统需输入的地震基本参数为:震级、震中(经、纬度)、发震时刻和烈度长轴方向等 5 个量。这时将在地理信息系统平台上显示大于等于度各等震线和各预测小区的位置分布图,各预测小区和总的经济损失及人员伤亡数据,生命线工程和水库等震害情况。

4 结语

青海省海西州震害信息管理系统于 2002 年 10 月研制完成,对地域广大、地震频繁、人口分散、交通和通讯不便的海西州的防震减灾工作起到了定量化管理和科学化决策的作用。2003 年 4 月 17 日德令哈 6.6 级地震发生后,州政府立即启动该系统,盲估结果为:“无人员震亡、直接经济损失两千余万元、一千余人无家可归。”,与现场考查结果比较吻合。州政府据此盲估结果科学地进行了抗震救灾布署,即没有动用任何抢险救灾队伍,只对受灾群众进行生活安置,从而减少了不必要的救灾投入,州政府对此非常满意。

由于条件所限,本系统开发尚不够完善,需进一步改进的地方主要有:细划预测单元,优化烈度衰减模型,根据工、农、牧区特点合理确定各自的震害预测模型,增加辅助决策功能等。

[参考文献]

- [1] 黄杏元,马劲松,汤勤.地理信息系统概论[M].北京:高等教育出版社,2001.
- [2] 欧雄,郑晓宇,王裕东. Mapinfo6.0 应用开发指南[M].北京:人民邮电出版社,2001.
- [3] 陈述彭,鲁学军,周成虎.地理信息系统导论[M].科学出版社,2000.
- [4] MapInfo Coporation. MapInfo User 's Guide[Z].2000.
- [5] 罗云启.数字化地理信息系统 Mapinfo 应用大全[M].北京:北京希望电子出版社,2002.
- [6] 尹之潜.地震灾害损失预测方法[M].北京:地震出版社,1996.

THE MANAGEMENT SYSTEM OF SEISMIC DISASTER INFORMATION BASED ON GIS IN HAIXI PREFECTURE ,QINGHAI PROVINCE

XIA Yu-sheng¹ , WU Hong-yan² , ZHAO Wen-fang²

- (1. *Seismological Bureau of Qinghai Province ,Xining 810001 ,China ;*
2. *Seismological Bureau of Haixi Prefecture Delingha 817000 ,Chian)*

Abstract : The principal process of research and main functions for " management system of seismic disaster information in Haixi prefecture ,Qinghai province " , which based on the Mapinfo software platform and using the Mapbasic language ,are introduced. According to regional geological structure and humane environment of Haixi prefecture ,the seismic disaster forecast model is determined also.

Key words : Haixi prefecture ; GIS ; Seismic disaster ; Management system