

地震灾害损失评估数据库的设计与建立

——以唐山地震为例

张渊智 朱博勤 魏成阶 于天旭 张宗科

(中国科学院遥感应用研究所 北京 100101)

摘 要 建立地震灾害损失评估数据库是以 ILWIS 和 PC ARC/INFO GIS 软件为工作平台。它能支持矢量格式的专题图件、栅格形成的遥感数据及关系表中的属性数据;它还可以实现矢量—栅格转换;而且数据库中的属性数据作为一个独立的关系表格存贮,并对应于其相关的空间单元。

该数据库是以 1976 年唐山地震的航空遥感资料为基础,主要分 3 步进行。第一:建立地震区的基础地理数据库,包括:地理坐标、河流水系、县级行政区、公路、铁路和居民点;第二:应用航空遥感数据(航空影像)进行震区建筑物倒毁、生命线工程破坏及场地震害的分类分级,建立地震灾害数据库;第三:在 GIS 支持下,生成高烈度区包络线,并进行地震灾害损失评估。

关键词 地震灾害, 损失评估, 航空遥感, 地理信息系统

1 概 述

地震灾害是突发性的,而且是破坏程度严重的自然灾害之一。进行地震灾害航空遥感快速调查的主要任务就是:在地震发生后以实时航空遥感数据显示宏观震中或极震区的地理位置和高烈度区的分布情况,粗略评估震害程度,并利用获取的震区航空遥感数据(航空影像)及部分震害现场资料,对震区的震害现象进行目视解译,初步建立地震后震区地面建筑物和构筑物倒毁程度、生命线工程^[1]破坏程度及场地震害的分类分级的解译标志。在两天内初步确定出极震区位置、灾区范围及各类建筑物和构筑物震后损失及部分生命线工程的破坏情况。根据各种震害特征生成高烈度区包络线,进行不同烈度区的数据统计和查询,为高层次的应急反应提供决策支持信息。在两周内完成震区震害航空影像的信息处理和震害的分类分级,在地面抽样调查和验证的基础上,建立震害分类分级标准和解译标志。最后在 GIS 的支持下,输出震害宏观分布图、地震高烈度区包络线图及极震区各种震害的分类分级图,为震情快速评估与救灾减灾辅助决策提供基础资料¹⁾。为此,我们以 1976 年唐山地震为试验区,进行地震灾害损失评估数据库的设计与建立。

1) 魏成阶等. 地震灾害航空遥感快速调查技术规程. 1994 年.

收稿日期: 1995 年 4 月 13 日; 收到修改稿日期: 1995 年 7 月 3 日

2 地震灾害损失评估数据库

地震灾害损失评估数据库应用于空间信息、属性信息及统计数据的存贮和管理。该数据库是在 PC DOS 环境下, 以 ILWIS 和 ARC/INFO 软件为工作平台, 进行栅格数据和属性数据的运算、管理和存贮 (图 1)。

2.1 数据库设计的几点考虑^[2]

(1) 该数据库应能支持矢量格式的专题图件、栅格形式的遥感数据及关系表中的属性数据;

(2) 如果需要的话, 可以实现矢量—栅格数据之间的转换;

(3) 属性数据作为一个独立的关系表格存贮, 并对应于其相关的空间单元;

(4) 生成一个地图库, 管理系列专题图件;

(5) 除制图输出的矢量图形外, 其它空间数据以栅格形式存贮;

(6) 以县级行政界线作为基本图件的控制范围;

(7) 存贮图形注记和一些文字说明属性。

2.2 图件

数字化、编辑两种比例尺的基础地理图件和专题图件, 在空间数据库中形成两个数据层面, 其比例尺分别为 1:10 万和 1:1 万。其中基础地理图件 (1:10 万) 包括: 河流水系图、县级行政单元图、公路和铁路分布图、居民点分布图 (图版 I 图 2 为基础地理要素的综合显示); 专题图件包括: 全区地震灾害分类分级分布图 (1:10 万) (图版 I 图 3) 和极震区地震灾害分类分级分布图 (1:1 万) (图版 I 图 4)。表 1 为地震灾害损失分类分级表。

2.2.1 河流水系

以 1:10 万地形图分幅数字化工作区的河流水系。其中多数三级支流以线段 (弧) 符号表示; 而二级或二级支流以上水系则以狭长多边形表示; 湖泊和水库以多边形表示。河流水系的编码模式为: 线段 (弧): ① 河流

多边形: ① 河流, ② 湖泊和水库

点: 多边形标识点

2.2.2 县级行政单元

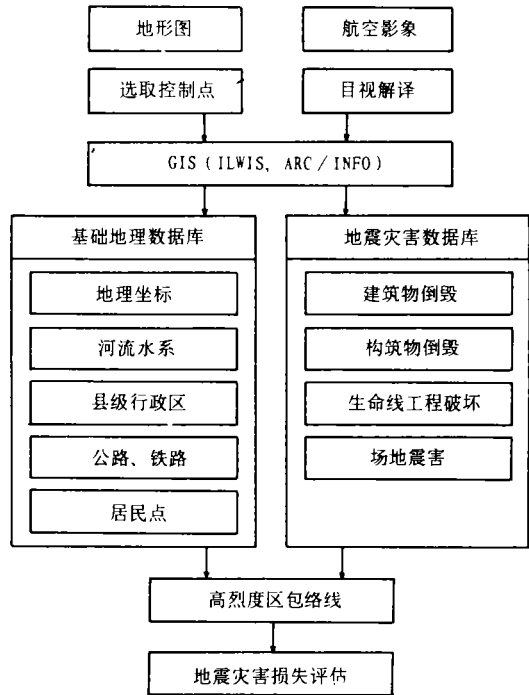


图 1 地震灾害损失评估数据库

Fig.1 A database of the assessment for the loss of the seismic hazards

表1 地震灾害损失分类分级表¹⁾

Table 1 Classes of the seismic hazards

类别		级别		零星倒毁 ($<10\%$)	少部分 倒毁 ($11\% - 25\%$)	部分 倒毁 ($26\% - 50\%$)	多数 倒毁 ($51\% - 65\%$)	大部分 倒毁 ($66\% - 80\%$)	基本 倒毁 ($80\% - 94\%$)	倒平 全毁 ($>95\%$)
		1	2							
1 建 筑 物	11, 老式民房			111	112	113	114	115	116	117
	12, 多层砖混结构民房			121	122	123	124	125	126	127
	13, 工业厂房, 商业用房			131	132	133	134	135	136	137
	14, 高层楼房(七层以上)			141	142	143	144	145	146	147
		基本完好			破坏			毁坏		
2 构 筑 物	21, 高炉			211			212		213	
	22, 烟囱			221			222		223	
	23, 储油罐			231			232		233	
	24, 储气罐			241			242		243	
	25, 其它工程设施			251			252		253	
3 生 命 线 工 程	31, 公路			311			312		313	
	32, 铁路			321			322		323	
	33, 桥涵			331			332		333	
	34, 机场与港口			341			342		343	
	35, 通讯			351			352		353	
	36, 供电			361			362		363	
	37, 供排水			371			372		373	
	38, 供气			381			382		383	
	39, 水利工程			391			392		393	
4 场 地 震 害	41, 地震断层									
	42, 地裂缝									
	43, 喷砂冒水									
	44, 滑坡			不分级			不分级		不分级	
	45, 震陷									
	46, 崩塌									
	47, 泥石流									
5 次 生 灾 害	51, 水灾									
	52, 火灾			不分级			不分级		不分级	

1) 魏成阶等. 地震灾害航空遥感快速调查技术规程. 1994年.

数字化 1:10 万县级行政界线, 形成县级行政界线多边形。行政区的每个多边形通过唯一的编码与属性数据库相连。其编码模式为:

点: 多边形标识点

多边形: 每个多边形为 4 位数编码, 其中第一位数是县级多边形编码: ① 玉田, ② 丰润, ③ 滦县, ④ 宝坻, ⑤ 丰南, ⑥ 唐山, ⑦ 唐海, ⑧ 滦南, ⑨ 乐亭。

其余三位数为居民点多边形编码。例如丰润县 × × × 居民点编码为 2012。

2.2.3 公路和铁路

以 1:10 万地形图分幅数字化公路和铁路, 所有公路(柏油路和土路)及铁路都以线段(弧)符号存贮。其编码模式为:

线段(弧): ① 柏油路, ② 土路, ③ 铁路

2.2.4 居民点

居民点(县、乡镇、村所在位置)以 1:10 万地形图分幅数字化, 每个居民点以多边形表示其范围, 其编码模式为:

点: 多边形标识点

多边形: 与行政单元中多边形编码相同。

2.2.5 全区地震灾害分类分级分布图

利用航空影像进行目视解译, 识别震后地面各种类型震害的破坏程度(表 1)进行专题信息提取, 然后以 1:10 万图幅数字化进入数据库、生成第一层面的全区地震灾害数据库(图版 I 图 3)。其编码模式为:

点: 多边形标识点

多边形: 每个多边形为 7 位数编码, 其中前 4 位分别为行政单元和居民点, 后 3 位为地震灾害分类分级编码。例如丰润县 × × × 居民点震后为倒毁率 60% 的老式平房, 其编码为: 2012114。

符号: 构筑物倒毁、生命线工程破坏和场地地震害分别用不同的符号表示, 每个符号通过唯一的编码与属性库相连。

2.2.6 极震区地震灾害分类分级分布图

以 1:1 万地形图分幅数字化。利用 1:1 万的航空影像, 目视解译极震区内建筑物和构筑物的倒毁分布、生命线工程如桥梁、管道及供水(电)线路等破坏和场地地震害如地裂缝和喷砂冒水点等。然后数字化进入数据库, 生成第二层面的极震区地震灾害数据库(图版 I 图 4)。其编码模式为:

点: 多边形标识点

多边形: 与全区地震灾害分类分级分布图的多边形编码相同。

符号: 与全区地震灾害分类分级分布图中符号编码相同。

2.3 属性

利用关系数据库管理系统(RDBMS)在关系表格中管理属性信息, 生成空间指针连接属性记录及其相应的空间图形单元。在矢量数据层中, 这种链用于连接属性记录和多边形标识点、线段(弧)及点; 在栅格形式中, 每个网格值在关系表中有一个记录。通过关系链, 亦可在空间数据层加入辅助属性信息^[3]。

2.4 遥感数据

所有遥感数据是扫描航空影像, 由 ILWIS 图象处理系统完成。利用同一地理坐标系, 可以复合这些遥感数据和其它地理数据。遥感数据有两个层面: 1:2.5 万全区航空影

象数据和 1:1 万极震区航空影像数据, 这些数据的存贮格式为栅格形式^[4]。

2.5 数据复合

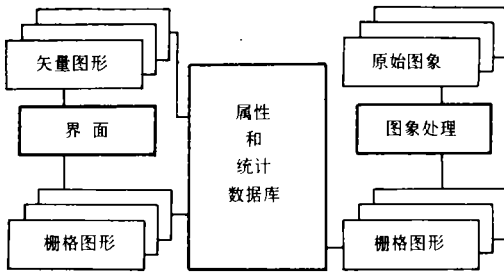


图 5 数据复合

Fig.5 Data overlay diagram

建立地震灾害损失评估数据库环境。其中空间数据是利用行政界线进行数据综合或重新采样, 其相应的属性信息也进行重新采样, 并与空间图形单元相连通(图 5)。建立图形库可输出任一县级范围或选择地区的各种类型图件。在这一数据库环境下, 利用图形数据、遥感数据和统计数据进行分析^[4]。

2.6 生成高烈度区包络线

地震烈度是用来衡量地震对一定地点影响程度的一种方法, 它反映了地震对地面影响的强烈程度。根据划分的地震烈度勾绘出烈度值相同的区域, 生成反映该地震影响的等震线图, 由于这些等震线是环绕震中呈一系列椭圆状分布, 所以又称地震烈度包络线(the enveloped line)。在 GIS 支持下, 根据表 1 中地震灾害的分类分级表, 确定高烈度区包络线指标(表 2), 然后生成不同烈度值的包络线(图版 I 图 3 和图 4)。

表 2 高烈度区包络线指标

Table 2 The enveloped line index in the high intensity areas

烈度值	建筑物	构筑物	生命线工程	场地震害
1-6	略	略	略	略
7	113, 122, 131	211, 221, 231 241, 251	311, 321, 331 341, 351,	43
8	114, 123, 131	212, 222, 232	321, 331	42, 43, 45
9	115, 123, 124	212, 222, 232	322, 332, 341, 351	42, 43, 44, 47
10	116, 117, 124, 125, 126, 133	213, 223, 233	323, 333	42, 43, 44
11	117, 127, 137, 136, 126	213, 223, 233, 243, 253	323, 333, 352, 353	41, 42, 43, 44, 45

3 实现与评价

地震灾害损失评估数据库的设计与建立, 是以 1976 年唐山地震 1:2.5 万和 1:1 万航空影像为基础, 进行的一次地震灾害航空遥感快速调查模拟试验, 也是国家“八五”重点科技攻关项目 85-724-01-07 的一部分内容, 应用老震区的航空遥感图象信息进行地震灾害快速调查预研究, 具有一定的实际意义。

3.1 实现与管理

建立两个层面的地震灾害损失评估数据库具有如下功能:

- (1) 管理全区和极震区的空间数据;
- (2) 利用遥感数据更新空间信息;
- (3) 更新属性信息;
- (4) 生成高质量的图形输出;
- (5) 显示全区和极震区的图形和图象;
- (6) 生成高烈度区包络线;
- (7) 统计全区和极震区的灾害类型和受灾面积。

因此,该数据库存贮所有的矢量和栅格两种形式的空间和属性数据,以及极震区的部分统计数据。

3.2 数据精度

地震灾害损失评估数据库设计为两个层次,分别支持 1:10 万和 1:1 万的图幅精度,因此网格数据的分辨率分别为 50 米 × 50 米和 5 米 × 5 米,矢量数据的位置精度为 50 米和 5 米。尽管使用各种方法尽可能减少误差,但仍有可能存在如下一些问题。

- (1) 原始图件中的位置误差;
- (2) 数字化过程中的位置误差;
- (3) 人工编图中的错误;
- (4) 不同来源和不同时相专题图件或图象引起的信息不匹配;
- (5) 原始图件和数字化过程中产生的属性误差。

尽管如此,该数据库中两个层面数据的最大误差都不会超过 1:10 万和 1:1 万的制图精度,这一点很重要。因此,任何利用该数据库中的数据解决准确的管理和应用都不至导致不可靠的结果。

3.3 评价

以唐山地震为例的地震灾害损失评估数据库涉及 12 幅 1:10 万标准图幅和 6 幅 1:1 万标准图幅,利用人工数字化输入基础地理图件和专题图件,因此获取数据和建立数据库的工作过程基本上可归纳为:

- (1) 初期工作需要较多的时间和投资完成任务;
- (2) 一人一天可完成一幅基础地理图件的输入和编辑工作;
- (3) 两人一天可完成一幅专题图件的解译、输入和编辑工作;
- (4) 专业人员亲自参与或监督数字化过程,以减少编辑过程中修改错误的时间。

四 结 论

以唐山地震为例,设计和建立地震灾害损失评估数据库是一次非常有意义的技术方

法性尝试,对于今后发生强震地区的震中及高烈度区的确定和随之而来的救灾实践具有显著的实用价值。该数据库综合应用航空遥感数据(航空影像)和 GIS 技术,进行地震灾害损失评估和分析,为震区的救灾工作提供决策支持信息。其主要特点有:

- (1) 航空遥感数据具有快速、实时和高分辨率的影像特征;
- (2) PC DOS 环境下的 GIS 软件具有操作方便和灵活的特点;
- (3) 快速生成全区和极震区的空间信息;
- (4) 根据实时航空影像,快速生成地震灾害属性信息;
- (5) 根据震害分类分级标准,快速生成高裂度区包络线(图版 I 图 3 和图 4);
- (6) 统计全区和极震区的震灾面积,进行地震灾害损失评估(图版 I 图 6)。

参 考 文 献

- [1] 郭增建,陈鑫连,城市地震对策,北京:地震出版社,1991,160—204.
- [2] 郑兴年,张渊智等.晋陕蒙接壤地区脆弱生态系统监测与管理信息系统的设计与建立.晋陕蒙接壤地区脆弱生态系统遥感监测与管理研究.北京:宇航出版社,1994年.
- [3] Zhang Yuanzhi. The Model of Monitoring Desertification Change by Using Airborne Remote Sensing Data and GIS Techniques in Yulin, Northern China. The First International Airborne Remote Sensing Conference and Exhibition. Strasburg, France, 1994, 3, 185—190.
- [4] J. L. van Genderen, Chen Zhengyi, Zhang Yuanzhi. Monitoring and Management of Fragile Ecosystems Using Remote Sensing and GIS in Shanxi-Shaanxi-Inner Mongolia. the International Symposium Operationalization of Remote Sensing. ITC, The Netherlands, 1993, 4, 213—221.

作 者 简 介

张渊智,男,1964年3月生,毕业于长春地质学院地质系地质专业,1991年中国科学院遥感应用研究所遥感与地图学专业硕士研究生毕业。主要从事遥感与地理信息系统应用研究。

A Database Designed and Built on the Assessment for the Loss of the Seismic Hazards: A Case Study in Tangshan Earthquake

Zhang Yuanzhi Zhu Boqin Wei Chenjie
Yu Tianxu Zhang Zhongke

(Institute of Remote Sensing Applications Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

Abstract The objective of this database for the seismic hazards is to develop techniques for assessing and analyzing the distribution of seismic hazards through the use of airborne remote sensing data and GIS techniques. It is helpful to provide the seismic hazard relief to the people in the earthquake-stricken areas.

The database in ILWIS and PC ARC/INFO is based on the airborne remote sensing data of Tangshan in 1976. It contains three steps: the first is to build the geographic database supported by GIS, including the geographic coordinates, rivers, administrative areas, roads, railways, residential areas; the second is to build the seismic hazard database by using the real-time airborne remote sensing data, like aerial photography, to classify the different levels of the damaged residential areas, roads, railways, and the surface rifts, etc.; the third is to produce the enveloped lines in the high intensity areas to assess the loss of the seismic hazards.

Key words Seismic Hazards, Assessment of Loss, Airborne Remote Sensing, GIS