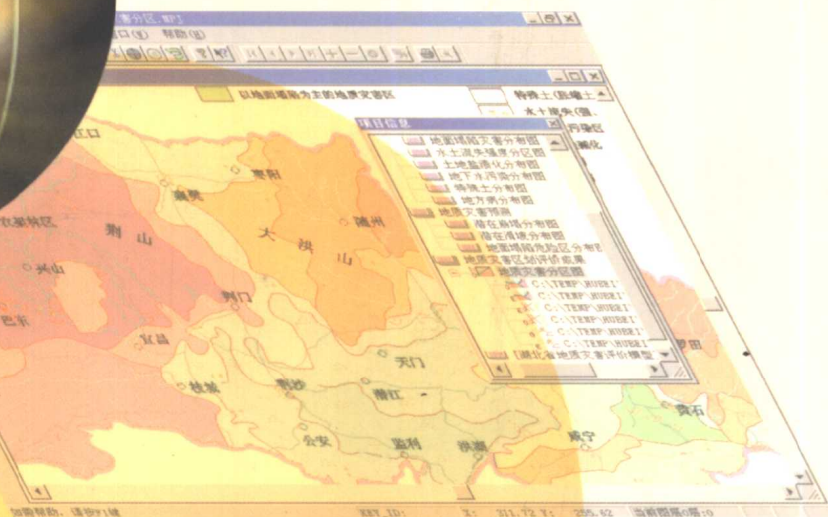


张永波 张礼中 周小元 梁国玲 著

地质灾害信息系统的 设计与开发



地质出版社

地质灾害信息系统的 设计与开发

张永波 张礼中 周小元 梁国玲 著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书旨在解决地质灾害信息化工程建设中的相关技术问题,实现地质灾害数据信息的数字化处理。笔者针对地质灾害空间数据库建设的需要提出了标准化方案,建立了图形数据的层次关系结构以及图元的编码体系,给出了具体的图层划分方案、图元的内外属性表结构和空间数据的存储方案。以空间数据库为基础建立了用于地质灾害区划评价的空间分析模型,用于地质灾害的发育强度、危害性、危险程度等方面的评价,给出了具体的模型评价因素和模型评价参数。在信息系统的软件开发上,提出了以成熟GIS为基础的二次开发思路,将空间数据的编辑与管理、属性数据管理、空间分析模型融为一体,构成了一个完整的数据管理与应用的专业信息系统。最后,利用湖北省部分地质灾害数据信息进行了软件测试和验证。

本书可供从事地质灾害预测防治、专题信息系统开发、信息工程建设等方面研究工作的人员和有关院校的师生参阅。

图书在版编目(CIP)数据

地质灾害信息系统的设计与开发/张永波等著. -北京:地质出版社, 2001.1

ISBN 7-116-03200-2

I. 地… I. 张… III. 地质-灾害-地理信息系统-研究 IV. P694

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 43932 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:杨友爱

责任校对:田建茹

*

北京地质印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092¹/₁₆ 印张:7.125 字数:170 000

2001 年 1 月北京第一版·2001 年 1 月北京第一次印刷

印数:1—1000 册 定价:20.00 元

ISBN 7-116-03200-2

P·2136

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

前 言

地质环境变化是一种活跃的动态变化过程,其预测和防治研究是一项庞大的系统工程,所涉及的数据信息量是巨大的。多年来,我国已逐渐形成了一支从事地质灾害和环境地质问题的勘查、监测及防治工程的科研与生产队伍,系统地开展了一些省(市)地质灾害与环境问题的区域调查和大江、大河、重要交通干线、重大城市的专门地质灾害研究工作,积累了丰富的区域资料和研究成果,奠定了信息系统建设的基础和前提。

当今世界正处在信息革命的时代,计算机广泛用于社会的各个领域,担负着信息采集、传输、处理和决策的任务,成为人类生活的重要组成部分。一些部门虽有一定规模的数据库或信息系统,但总体上规模化程度较差、利用率很低。传统的、分散式的数据信息管理方法已不能满足当前工作的需要。随着遥感技术和 GPS 技术不断发展、数字制图技术的不断成熟,基于 3S 技术、满足服务对象的、对地质环境信息进行实时、形象的处理已成为可能,具备了建立区域环境地质调查信息系统的技术条件。

地理信息系统(GIS)作为一种计算机技术,其强大的空间信息管理和分析功能为地质灾害研究提供了有力的工具,使地质灾害研究工作进入了一个新的信息化、数字化、定量化阶段。然而,由于专业信息与 GIS 平台之间需要建立一种联系,需要经过二次应用开发,解决地质灾害信息的规范化管理、分析模型和方法、成果处理过程等问题,在 GIS 平台和专业信息之间架设“桥梁”。

近几年来,我国在环境地质信息系统的建设方面投入了大量的工作量,除对地质环境进行基础地质调查工作外,还投入了很大的精力从事环境地质调查信息系统的研制开发工作,并取得了一系列的科研成果。从目前的计算机科技发展水平和我国已有的科研成果来看,已经具备了建立各省乃至全国的环境地质调查信息系统的技术和工作基础。各省及全国环境地质调查信息系统的建立,将实现监测地质环境变化的实时性,从而能及时地作出现状评价和发展趋势预测,提出防治或适应对策的建议,为国家制订减灾防灾、国土开发与整治、经济建设和社会发展规划,以及地质环境监督管理,提供宏观决策依据。

本书是在多项科研成果的基础上综合编写而成,它是笔者多年从事信息工程建设工作和研究的结晶。依据的主要科研项目有:①国家“八五”科技攻关项目子专题“京津唐地质灾害地质数据管理信息系统”;②国家“九五”科技攻关项目专题“地质灾害信息处理技术与减灾决策支持系统研究”;③原地质矿产部信息工程项目“地质灾害调查数据处理 GIS 系统”;④原地质矿产部信息工程项目“水工环图形数据分层与图例库研究”;⑤原地质矿产部信息工程项目“区域环境地质调查地理信息系统应用示范研究”。

本文旨在解决地质灾害信息工程建设中存在的一些技术问题,以及利用数字化信息进行评价的空间分析模型,开展的主要工作有:

- (1) 分析地质灾害信息系统(GHIS)的特点,建立地质灾害信息系统的结构模式。
- (2) 建立地质灾害标准数据模型,完成地质灾害空间数据库的标准化工作,主要包括

有图形数据分层、图元代码编码方案、属性数据结构、数据存储方案等方面的内容,奠定空间数据库建设的基础。

(3) 建立地质灾害区划评价的系列数字模型。

(4) 开发地质灾害信息系统(GHIS)应用软件,实现地质灾害数据信息的计算机管理和区划模型的自动化运行。

(5) 利用湖北省的部分地质灾害数据资料进行软件的示范性运行。

地质灾害信息系统(GHIS)的开发是在完成一系列的理论问题研究的基础上进行的,是基于 Windows 环境的应用 GIS 系统,软件系统的开发将以现有的 GIS 工具软件为基础,利用其二次开发函数库、在 C++ 环境下开发完成。张永波负责软件开发过程中的系统设计,软件开发由张礼中、周小元完成,空间数据库的标准化工作由张永波、刘文生完成,梁国玲、陈戈完成了相关数字图例库的制作。

本书绪论、第一章、第三章由张永波编写,第二章由张永波、刘文生共同编写,第四章、第五章由张礼中、周小元、张永波、梁国玲共同编写,全书由张永波统编和定稿,英文摘要由陈宗宇完成。

在本项研究成果的形成过程中得到了姜作勤教授、陈辉研究员、曾青石教授、石建省研究员的帮助,在此表示由衷的谢意。

著 者

2000 年 3 月

目 录

前 言

第一章 地质灾害信息系统概况	(1)
第一节 GHIS 系统的基本结构	(1)
第二节 GHIS 系统的开发现状与趋势	(3)
第三节 GHIS 系统的开发策略	(9)
第二章 地质灾害空间数据库设计	(12)
第一节 描述地质灾害的数据对象	(12)
第二节 地质灾害数据的标准化设计	(16)
第三节 空间数据库的结构设计	(21)
第三章 地质灾害区划评价空间分析模型	(28)
第一节 地质灾害区划模型结构	(28)
第二节 模型系统的评价指标体系	(30)
第四章 软件系统的程序设计与开发	(38)
第一节 程序设计与开发的基本思路	(38)
第二节 GHIS 系统的图形数据管理	(43)
第三节 GHIS 系统的属性数据管理	(46)
第四节 灾害空间分析模型的程序设计	(52)
第五章 湖北省地质灾害区划评价示范	(58)
第一节 湖北省地质灾害概况	(58)
第二节 地质灾害区划评价示范	(60)
参考文献	(67)
附件一 地质灾害空间数据图元分类代码	(70)
附件二 地质灾害空间数据库图元属性表	(78)
附件三 地质灾害空间数据库字段值数据代码定义	(94)
英文摘要	(104)

CONTENTS

Introduction

Chapter 1	The general situation of GHIS	(1)
Section 1	The general structure of GHIS	(1)
Section 2	The developing status and trend of GHIS	(3)
Section 3	The developing strategy of GHIS	(9)
Chapter 2	The design of geological hazard spatial database	(12)
Section 1	The data object describing geological hazard	(12)
Section 2	The standardization design of geological hazard data	(16)
Section 3	The design of spatial database structure	(21)
Chapter 3	The spatial analysis model for evaluating geological hazard region-planning	(28)
Section 1	The model structure of geological hazard region planning	(28)
Section 2	The evaluating index system of model system	(30)
Chapter 4	The programmer and development of software system	(38)
Section 1	The general thinking of programmer and development	(38)
Section 2	The graphic data management of GHIS	(43)
Section 3	The attribute data management of GHIS	(46)
Section 4	The programmer of geological hazard spatial analysis model	(52)
Chapter 5	The demonstration of geological hazard region-planning evaluation in Hubei Province	(58)
Section 1	The general situation of geological hazard in Hubei Province	(58)
Section 2	The demonstration of geological hazard region planning evaluation	(60)
References		(67)
Appendix 1	The map unit classification code of geological hazard spatial database	(70)
Appendix 2	The map unit attribute of geological hazard spatial database	(78)
Appendix 3	The code definition of the field value of geological hazards spacial database	(94)
Abstract		(104)

第一章 地质灾害信息系统概述

地质灾害信息系统 (Geological Hazard Information System, 简称 GHIS) 是以 GIS 技术支持的、以解决地质灾害信息处理相关技术问题的专题应用型信息系统, 该系统从空间数据信息的有效获取、储存、查询和处理入手, 提供灾情动态和实时环境评价、危险性区划等地质灾害预警信息成果, 为有关政府部门提供决策服务。

第一节 GHIS 系统的基本结构

一、GHIS 系统的用户需求分析

GHIS 系统的研究目的就是在 GIS 工具系统和专业应用系统的支持下, 结合地质灾害工作中空间信息管理、分析和预测评价的实际需要, 进行地质灾害方面的应用研究, 探索传统的地质灾害分析方法与 GIS 信息技术进一步结合的关键技术问题, 开发实用性空间分析模型, 为实现工程地质分析研究的多源、实时、动态、形象管理提供快速有效的技术途径。

GHIS 系统的开发应结合这种现实需要, 为地质灾害研究过程提供多层次服务。

首先, 在实体信息集合的内容选择方面, 要求以实际分析所需要的主要信息项目为主, 尽量避免与其他相关系统的重复, 避免大而全。对于应用信息系统来讲, 并不是信息划分的越细使用越方便, 相反会导致检索和应用上的繁琐, 降低其使用效率。因此, 要注意信息结构的层次性、简洁性, 尽量简化背景信息, 适当优化专门信息。对本系统而言, 应该把信息的表达主要集中在与地质灾害相关问题直接相关的内容上, 如地质灾害现状、地质灾害发展趋势、与灾害的发生、发展相关的人类活动等相关属性方面, 而对基础地质、地理地貌等内容仅作一般性的反映, 作为系统应用分析的背景或次要要素的信息。这样一来可避免和其他信息系统的重复, 又可解决在当前信息系统应用的初级阶段不同专业信息系统之间联结薄弱带来的信息不足的问题, 对实际应用是非常有利的。

其次, GHIS 系统作为应用系统, 空间分析模型是开发的一个主要方面。对专业分析中可以定量分析的内容, 应充分发挥与信息系统相结合的各种分析模型的作用, 进行科学有效的评价和令人满意的决策。分析模型开发的关键不在于相关数学模型的求解, 实际上大部分数值计算方法都有程序设计的经验可供借鉴, 不是模型开发的主要矛盾; 反之, 一般不够重视的模型所有信息的有效检取、不完整信息的自动处理、面向用户的模型生成和运行界面、模型计算过程中对不确定因素的人工智能参与、模型运算结果的有效表达等问题对一个应用系统的可用性起了更多的制约作用, 本系统的开发重点解决了这些方面的问题。

最后, 系统用户的定位也是系统开发前就必须妥善解决的重要问题, 对系统的设计、界面的开发、系统解决问题的主体方向等都有决定性的影响。本系统的目的在于解决地质灾

害数据信息处理技术和区划空间分析模型两方面的问题，这就表明了本系统的用户是基层数据采集者和领导决策部门，而非面对以科学研究为目的的高层次技术人员。

二、GHIS 系统的总体结构

根据需求分析和系统开发的总体目标，GHIS 系统是在 GIS 工具基础开发的、运行于中文 Windows 环境下的应用型分析系统，在结构上包括应用系统和基础数据库两部分内容，其总体结构如图 1-1 所示：

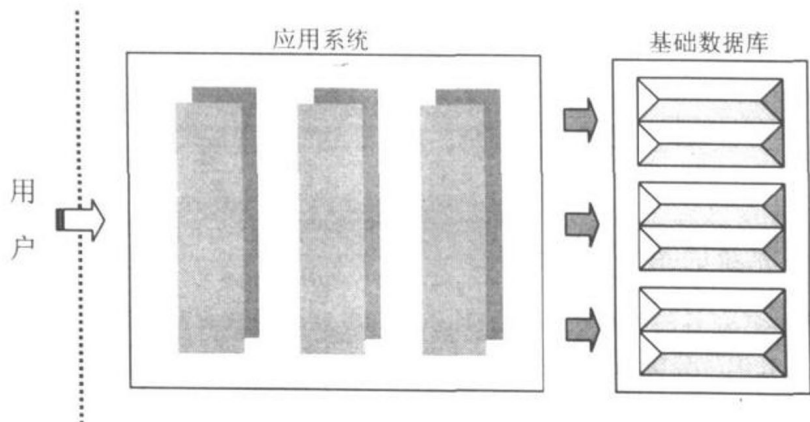


图 1-1 GHIS 系统的总体结构图

从图 1-1 中可以看出，GHIS 系统是以图形库和属性库为基础的、结合紧密的整体系统，应用系统则由一系列的程序模块组成。

三、GHIS 系统的信息流程

GHIS 系统既是信息的管理者，又是信息的使用者，同时又也是信息的输出者，程序的流程如图 1-2 所示，概括起来可以分为以下四个方面。

(1) 通过图形编辑功能实现空间数据和属性数据的采集；

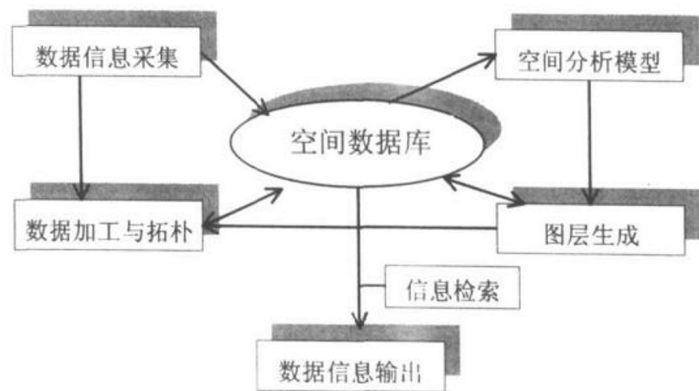


图 1-2 GHIS 系统的程序流程图

- (2) 利用属性数据可以自动生成新的图形；
- (3) 通过空间分析功能利用已有数据生成新的成果图形；
- (4) 通过对空间数据库和属性数据库的检索操作，生成新的数据系列用于数据输出。

四、GHIS 系统的主要功能

地质灾害信息系统作为一种专题型的应用地理信息系统，在实现地质灾害数据信息管理的同时，还应具有数据分析能力。概括起来应具有如下主要功能。

(1) 数据信息的输入。GHIS 系统应提供多种形式的数据信息输入功能，包括图形及多元属性信息，输入方式应有扫描矢量化输入、数字化仪输入、键盘输入、鼠标输入及数据格式转换输入等多种途径。

(2) 数据信息的编辑。根据空间图形的特点，实现点、线、面三种图形元素及其属性数据的编辑，并能进行拓扑处理，便于空间分析模型的应用。

(3) 数据信息的浏览功能。提供图形数据的缩放显示和图形漫游功能和图元外挂属性数据库的连接功能，使外挂数据库和图元得到有机的结合，并实现图元与属性的同步显示。

(4) 数据信息的查询功能。系统提供图形和属性检索、图形和外挂数据联动检索，并支持“并集”方式，检索结果（无论是图元还是属性）应能立即显现出来，其查询结果可直接形成数据文件。

(5) 地质灾害专用空间分析模型。系统应提供一个模型库系统来管理地质灾害空间分析模型，实现对多个模型的同时管理，可以创建新模型、删除已有模型，并可对当前的模型进行模型修改（再设计）。系统提供了方便的模型设计向导，方便地实现模型评价因素的选择和评价参数的输入。系统根据设计好的模型进行模型分析运算，并将模型分析运算结果提交图形库管理。

(6) 数字制图功能。为了实现图形的完美输出，系统应提供数字制图功能，完成图形的编辑制作操作。

(7) 多种形式的数据输出功能。系统应提供打印输出、存盘输出、图形裁剪输出、其它图形格式转换输出。

第二节 GHIS 系统的开发现状与趋势

地质灾害信息系统（GHIS）是专题地理信息系统，它的发展在很大程度上依赖于现代 GIS 技术的现状，将随着 GIS 技术的进步而不断前进，考察地质灾害信息系统的发展现状与趋势，首先必须考察地理信息系统的发展现状与趋势。

一、地理信息系统（GIS）发展现状与趋势

地理信息系统（GIS）是起始发展于 20 世纪 60 年代，80 年代取得突破性进展的一门空间数据管理科学和智能化高技术，是介于信息科学、空间科学和地球科学之间新兴的边缘学科，是新技术产物。

1. 地理信息系统（GIS）的内涵

地理信息系统（Geographic Information System, GIS）目前尚无一个统一的定义。美国

国家地理信息与发展中心 1988 年曾将地理信息系统定义为：为了获取、存储、检索、分析和显示空间定位数据而建立的计算机的数据库管理系统。我国多采用如下定义：地理信息系统是指带各种地理信息以及它的载体（文字、数据、图表、专题图）进行输入、存储、检索、修改、测量、运算、分析、输出等的技术系统。地理信息系统是以地理空间数据库为基础，在计算机软硬件支持下，对空间相关数据进行采集、管理、操作、分析、模拟和显示，并采用地理模型分析方法，适时提供多种空间和动态的地理信息，为地理研究和地理决策服务而建立起来的计算机技术系统。因此，地理信息系统具有如下三方面的特征：①具有采集、管理、分析和输出多种地理空间信息的能力；②以研究和决策为目的，以模型为手段，具有空间分析、多种要素综合分析和动态预测的能力，并能产生高层次的数据信息；③由计算机系统对空间数据管理，并由计算机程序模拟常规的或专门的分析方法，作用于空间数据，产生有用信息，完成人难于完成的任务。

地理信息系统从外部看表现为计算机的软硬件系统，而其内涵却是由计算机程序和地理数据组成的地理空间信息模型，是一个逻辑缩小的、高度信息化的地理系统。地理信息系统的主要功能有：采集、储存、管理分析和输出多种数据，进行数据维护与更新、区域空间分析、多种要素综合分析和动态预测等，计算机系统的支持是 GIS 的主要特征，使 GIS 得以快速、精确、综合地对复杂的地理系统进行空间定位和过程分析。

2. 地理信息系统（GIS）的分类

由于应用对象和应用目的的差异，地理信息系统按其内容可以划分专业地理信息系统、区域地理信息系统和地理信息系统工具三大类。

专业地理信息系统 是具有有限目标和专业特点的地理信息系统，为特定的专门的目的服务，如：水资源管理信息系统、矿产资源管理信息系统、水土流失信息系统、环境管理信息系统等。

区域地理信息系统 主要以区域综合研究和全面信息服务为目标，可以有不同规模，如：国家级的、地区或省级的、市级和县级等为不同级别行政区服务的区域信息系统，也可以按自然分区或流域为单位的区域信息系统，如：加拿大的国家信息系统、美国橡树岭地区信息系统、圣地亚哥县信息系统、我国黄河流域信息系统等。

地理信息系统工具 是一组具有图形图象数字化、存储管理、查询系统、分析运算和多种输出等地理信息系统多种功能的软件包，它们或者是专门研究的，或者是在完成实用地理信息系统后抽去具体空间数据后得到的。

从应用的角度来讲，许多实际的地理信息系统介于专业地理信息系统和区域地理信息系统，有时就把它统称为实用地理信息系统，如：北京市水土流失信息系统、上海市环境管理信息系统、海南岛土地评价信息系统、河南省冬小麦估产信息系统等。相对而言，地理信息系统工具则称为基础地理信息系统以示区别。

3. 地理信息系统（GIS）的起源与发展

地理信息系统的创立和发展与地理空间信息的表示、分析和应用手段的不断发展是分不开的，考察地理信息系统的发展，可以划分为 20 世纪 60 年代的起始发展阶段、70 年代的巩固阶段、80 年代的大发展阶段。

世界上第一个 GIS 是在 1963 年由加拿大测量学家 R. F. 托姆林森提出并建立的，称为加拿大地理信息系统，主要用于自然资源的管理与规划。稍后，美国哈佛大学研究出

SYMAP 系统软件。但当时的计算机技术水平不高、存储容量小、磁带存储速度慢,使得 GIS 带有更多的机助制图色彩,用于地学分析和空间数据模拟的功能极为简单。

进入 20 世纪 70 年代以后,计算机软硬件技术飞速发展,尤其是大容量的存储设备——硬盘的使用,为空间数据的输入、存储、检索和输出提供了强有力的手段;高性能的图形显示器的发展,增强了人机对话和高质量图形显示功能,促使 GIS 朝着实用方向迅速发展。在此阶段的标志是一些发达国家先后建立了许多专业性的土地信息系统和地理信息系统,据统计 70 年代大约有 300 个系统投入使用,例如美国地质调查局从 1970 年到 1976 年建立了 50 多个信息系统,美国地质调查局发展了 50 多个地理信息系统,用于获取和处理地质、地理、地形和水资源信息;日本国土地理院从 1974 年开始建立数字国土信息系统,存储、处理和检索测量数据、航空像片信息、行政区划、土地利用、地形、地质等信息,为国家和地区土地规划服务;瑞典在中央、区域和城市三级建立了许多信息系统。一些商业公司开始活跃起来,软件在市场上受到欢迎,许多大学和研究机构开始重视 GIS 软件设计 and 应用研究,成立了各种 GIS 研究实验室。

80 年代是 GIS 普及和推广应用阶段。随着计算机的迅速发展和普及,地理信息系统也逐步走向成熟,并在全世界范围内全面地推向应用阶段,第三世界国家也开始引进、应用和发展自己的地理信息系统。高性能微型计算机的问世,使得微机地理信息系统得到了蓬勃发展,并使地理信息系统工具具有更高的效率、更强的通用性和独立性,更少地依赖于应用领域和计算机硬件环境,为地理信息系统的建立和应用开辟了新的途径。GIS 的应用从解决比较简单的规划管理问题(如道路、输电线等)转为更复杂的区域开发和决策问题,例如土地利用、沙漠化、城市化、环境与资源评价等。随着 GIS 与卫星遥感技术的结合,GIS 开始用于全球变化与全球监测。80 年代是 GIS 发展具有突破性的年代,仅 1989 年市场上有报价的 GIS 软件就达 70 多家,并涌现出一批有代表性的 GIS 软件,如:ARC/INFO、MicrostationSICAD、Genamap、System9 等。

进入 90 年代以后,微机地理信息系统得到了迅猛的发展,并且性能也得到了极大加强,向综合性、智能性发展。GIS 已成为一种新兴的确定性产业,投入使用的 GIS 系统,每 2~3 年就翻一番,GIS 市场的年增长率大于 35%,从事 GIS 的厂家超过 300 家。GIS 已渗透到各行各业,愈来愈多的国际性会议以 GIS 为主题,愈来愈多的学术刊物以 GIS 为标题,愈来愈多的学科,如地理学、工程学、森林学、城乡规划、计算机科学、测绘学、航天遥感、矿床地质、水资源等都把 GIS 作为发展方向。国家和地区性的 GIS 研究中心在美、英等主要西方国家中建立。

4. 我国地理信息系统(GIS)的发展

我国地理信息系统的研制与应用始于 70 年代末期,它的发展基础是计算机制图、计算机技术、计量地理和遥感技术。

1978~1980 年为准备阶段,主要是进行舆论准备,正式提出倡议,开始组建队伍和实验研究。

1981~1985 年为起步阶段,主要是对地理信息系统进行理论探索和区域性实验研究,并在此基础上制定国家地理信息系统规范。1981 年在四川渡口二滩进行实验,以航空遥感资料为基础,进行数据采集和数据库模型设计;1984 年开始,国家测绘局测绘科学研究所着手组建国土基础信息系统;1985 年国家资源与环境信息系统实验室成立。

1986~1993 年为初步发展阶段,地理信息系统被列入国家“七五”攻关课题,取得了重要进展和实际效益,形成了比较系统的研究计划:研究资源与环境信息系统国家规范和标准,解决信息共享和系统兼容问题;开展全国性和区域性的信息系统的建立和应用模式研究;研制和开发软件系统与专家系统,全国建成了一批数据库、开发了一系列的空间信息处理与制图软件;完成了一批综合性、区域性和专题性的信息系统。

1994 年以来为软件商品化阶段,在国外成熟软件在我国得到广泛应用的同时,带动了具有自主知识产权的国产地理信息系统基础软件的崛起,一批起点高、功能强、价格低廉的国产软件相继研制成功,并推向市场。为客观地了解我国 GIS 基础软件的开发水平、开发现状和产业化前景,推动具有我国自主知识产权的 GIS 基础软件的健康发展,国家遥感中心、中国地理信息系统协会、中国海外信息系统协会从 1996 年开始对国产 GIS 基础软件和专项应用软件进行测评,从四年的测评结果来看,国产 GIS 软件的发展情况喜人,软件的功能、性能、品种和商品化程度都有了较大幅度的提高,完全可以在相关领域内实际应用,与国外优秀 GIS 软件的差距正在逐步缩小,个别领域已经超过了国外 GIS 软件,在微机(PC)GIS 软件和某些应用领域具备了与国外软件竞争的实力。

5. 地理信息系统(GIS)的发展趋势

GIS 技术的发展已经取得了巨大的成就,并对社会的发展作出了巨大的贡献,但对人们的期望和要求来讲还远远不够,GIS 的进一步发展应主要表现在以下几个方面:

多媒体地理数据的管理与操作 在一个多种数据类型并存的混合系统中,如何实现各类数据的随意操作和有效管理,这是现今信息媒体多元化新时代的一个突出问题,它比单一地图数据库的操作要复杂得多。信息资源库包括的主要内容有:地理数据库、专业数据库、图像库、文件库和声音库等。

数字制图技术 纸基地图在任何时候都是不可能被取代的,如何利用数字地图库直接生产纸基地图,即数字地图环境下的自动编图问题。技术的核心是数字地图的自动制图综合问题,它比屏幕显示为目的的电子地图的制作要复杂得多,要处理各要素之间的关系,目前仍视为一个国际性的难题。此外,还应包括建立基于地图数据库和 GIS 技术集成的地图生产系统。

“3S”集成技术 GPS(全球定位系统)、RS(遥感)、GIS(地理信息系统)产生的时间不一,理论基础和技术特点也不尽一致,但它们的学科性质是相通的,即共同研究、表达和分析地球科学信息,在逐步发展过程中构成了相辅相成的关系,三者的结合覆盖了信息采集、处理和分析的全过程,使 GPS、RS、GIS 构成的卫星对地观测系统成为地球系统科学研究的重要手段。

空间可视化技术与虚拟现实技术 可视化是指运用计算机图形图像处理技术,将复杂的科学现象或自然景观,甚至十分抽象的概念图形化,以便于理解现象、发现规律和传播知识。虚拟现实也称虚拟环境或人工现实,是一种由计算机生成的高级人机交互系统,构成一个以视觉为主的可感知环境。空间可视化技术与虚拟现实技术可用于制作动态地图、地形环境仿真、地图设计制作等方面。

三维 GIS 和时态 GIS 技术 在地质、矿山、地下水、大气、环境等方面,人们不仅需要研究现象的二维分布,更需要研究其三维空间分布甚至与时间有关的时空分布特征和规律,因此,对于真三维和四维 GIS 的需求更加迫切,而真四维是在真三维的基础上增加时

间维。

网络 GIS 和 WWW GIS 技术 由于万维网具有开放性和友好的用户界面,它迅速成为网络信息处理和分布的主要工具。在服务器端, GIS 软件系统通过 CGI (连接器) 与万维网的 HTTP (超文本传输协议) 服务器相连; 在客户端, 有万维网浏览器以 HTML (超文本标注语言) 建立用户界面。

二、地质灾害信息系统的开发与应用现状

随着 GIS 技术的成熟与发展, 在地质灾害信息处理中得到了广泛的应用, 以 GIS 技术为基础的地质灾害信息系统已由开发阶段转入实用。

1. 国外 GIS 技术在地质灾害中的应用现状

国外尤其发达国家将 GIS 应用与地质灾害研究方面已做了很多工作。从 20 世纪 80 年代至今, GIS 技术的应用也从数据管理, 多源数据集数字化输入和绘图输出, 到 DEM 或 DTM 模型的使用, 到 GIS 结合灾害评价模型的扩展分析, 到 GIS 与决策支持系统 (DSS) 的集成, 到网络 GIS, 逐步发展深入应用。

根据现有资料, 将 GIS 应用于地质灾害研究, 最早是美国加利福尼亚 Menlo Park 地调局的 Earl E. Brabb 于 1986 年应用 GIS 技术对加利福尼亚 San Mateo 地区进行了地质灾害研究, 使用了 GIS 的数据处理, 数字绘图及数据管理等功能。1987 年仍然是该地调局的 Carth M. Wentworth 和 Stephen D. Ellen 等用 GIS 对区域工程地质作了进一步分析。1989 年美国的 Michael A. Finney 和 Nancy R. Bain 用 GIS 技术分析滑坡灾害。Douglas C. Peter 等用 GIS 对工程数据进行评价。以上早期 GIS 应用多利用了 GIS 的数据处理、数据管理、绘图输出等基本功能。

印度 Roorkee 大学地球科学系的 R. P. GUPTA 和 B. C. JOSHI (1990 年) 用 GIS 方法对喜马拉雅山麓的 Ramganga Catchment 地区进行滑坡灾害危险性分带。该研究基于多源数据集, 如航空像片、MSS 磁带数据、MSS 图像、假彩色合成图像及各种野外数据, 包括地质、构造、地形、土地利用及滑坡分布。以上数据需要进行数字处理、图像处理等处理, 然后解译绘制出地质图 (岩性与构造)、滑坡分布图、土地利用图等专题平面图。这些数字化图件及属性数据都存储在 GIS 系统中, 找出与滑坡灾害评价相关的因素, 利用 GIS 的存储、更新、网格化、空间叠加功能, 得到一张综合图件, 图上反映的是每个地区的权重总和。根据给定标准, 即可在这张图上勾绘出滑坡灾害危险性分区图。

1991 年美国弗吉尼亚州地调局 Russell H. Campbell 等用 GIS 对滑坡灾害进行空间预报。美国密苏里州的 R. B. Jacobson 等用 GIS 分析滑坡位置。意大利 A. Carrara 等学者 (1991 年) 将 GIS 技术与统计模型结合应用于滑坡灾害的评价。加拿大的 C. F. Chung 和 A. G. Fabbri 等学者 (1993 年) 将 GIS 应用在滑坡灾害分区的多因素综合分析。新西兰学者 R. Soeters 等 (1991 年) 将 GIS 技术与遥感技术 (RS) 结合并应用于山地灾害分析与环境评价。法国的 E. Leroi 等 (1992 年) 将遥感技术与 GIS 技术应用于滑坡灾害制图工作。

美国科罗拉多州立大学 MARIO MEJIA-NAVARRO 和 ELLEN E. WOHL (1994 年) 在哥伦比亚的麦德林地区, 用 GIS 进行地质灾害和风险评估。利用 GIS 对哥伦比亚麦德林地区地质灾害进行了分析和研究。重点考虑了基岩和地表地质条件、构造地质条件、气候、地形、地貌单元及其形成作用、土地利用和水文条件等因素。根据各因素的组成成分和灾害

之间的对应关系,把每一种因素细分为不同范畴等级。借助于 GIS 软件 (GRASS) 的空间信息存储、缓冲区分析、DEM 模型及叠加分析等功能,对有关滑坡、洪水和河岸侵蚀等灾害倾向地区进行了灾害分区,并对某一具体事件各构成因素的脆弱性进行评价。

科罗拉多州立大学 MARIO MEJIA-NAVARRO 博士后等人 (1996 年) 将 GIS 技术与决策支持系统 (DSS) 结合,利用 GIS (主要是地理资源分析支持系统 GRASS 软件) 及工程数学模型建立了自然灾害及风险评估的决策支持系统并应用在科罗拉多州的 Glenwood Springs 地区。应用 GIS 建立指标因素数据库,并建立基于 GIS 的多个控制变量的权重关系式。对泥石流、洪水、地面沉降、由风引起的火灾等灾种进行了灾害敏感性分析,脆弱性分析及风险评估,辅助政府部门作出决策。

2. 国内 GIS 技术的应用与地质灾害信息系统的开发

国内应用 GIS 技术开展地质灾害研究工作起步较晚,研究程度较低。目前,尚无见到较成熟实用的地质灾害评价预测的 GIS 系统。

郑世书、孙亚军等 (1994 年) 在煤矿地下开采工作面涌水预测及矿区岩溶水害预测中应用了 GIS 技术。曹中初、孙苏南等 (1996 年) 在煤矿底板突水危险性预测中也应用了 GIS 技术,在分析煤矿 (矿区) 地质、水文地质条件及突水资料的基础上,建立起能反映较多因素综合作用的突水模式,以帮助煤矿生产决策人员比较直观地对底板突水作出正确的判断。

姜云、王兰生 (1994 年) 在山区城市地面岩体稳定性管理与控制中应用 GIS。他们以重庆市为典型研究对象,在对城市地面岩体变形破坏形成机制系统研究的基础上,以 IDRISI 系统为工具,对地面岩体变形破坏进行了时间、空间预测预报。同时,通过分析城市地质环境对土地工程利用的制约关系,对各种土地利用类型的土地能力作了定量的分析与评价。运用 GIS 的信息存储、查询、空间叠加运算及 DEM 模型等功能,得到土地能力的定量分级、斜坡稳定性综合评价分区图。

雷明堂、蒋小珍等 (1994 年) 在岩溶塌陷评价中的运用 GIS 技术。根据塌陷影响因素 (如岩溶化程度、断裂分布、土层厚度、水动力条件及已有塌陷分布),利用 GIS 的距离分析、标量分析、网格叠加分析、分级分组分析等功能,完成研究区塌陷危险性评价及分区。

原地质矿产部水文地质工程地质研究所在“八五”期间承担的国家攻关项目专题研究“京津唐地质灾害预测防治计算机辅助决策系统”,获得了国家“八五”重大科技成果奖。该系统由信息资源数据库、图形图像辅助分析、模拟预测、经济评价和防治决策分析专家系统等五个子系统构成,总体结构采用了“四库一体”的设计思想,即以地质灾害的预测和防治为目标,将相关的数据库、图形库、模型库和知识库融为一个藕联整体,从而实现了数据加模型的定量计算与知识加推理的定性分析的有机结合、相互渗透,实现了地理信息系统技术和智能决策支持系统的结合,使该系统不仅具有定量计算和定性分析的能力,而且具有更加丰富、形象化的空间分析能力。

成都理工学院地质灾害防治与地质环境保护国家专业实验室 1997 年承担的“山区小流域地质环境及地质灾害预测的 GIS 系统”的项目,在贵州印江河流域开展实际预测应用。该研究基于国产 GIS 软件 MAPGIS、国外 ARCVIEW GIS 软件,并扩展分析模块。目前已完成该流域 1:1 万地形图、地质图、灾害分布图等图件的数字化输入,数据校正变换处理,定位处理等,以及预测评价分析模型 (如统计预测模型、不确定性模糊预测模型、神经网络

络模型等)的程序编制工作。

为配合“1:50万省(市、自治区)环境地质调查”工作的开展,原地质矿产部水文地质工程地质研究所和全国地质环境监测总站合作,相继完成了“省(市、自治区)环境地质调查空间数据库标准”和“省(市、自治区)环境地质调查信息系统”的研究工作。“省(市、自治区)环境地质调查信息系统”基于 Windows 98 环境,在 MapGis 系统上进行二次开发,形成集图形/属性编辑、数据信息查询、空间模型分析、信息输出于一体的集成型专题信息系统,具有很强的应用推广价值。

国土资源部于 1998 年底展开新一轮国土资源大调查与评价的科学技术试验(示范)工作。由成都理工学院牵头,全国地质环境监测总站及国土资源部长江三峡地质灾害防治指挥部参加,进行“地质灾害信息系统及防治决策支持系统”专项开发的试验研究。在试验区建立地质灾害的评价分析提供信息采集、存储、管理、检索、分析及编图等全过程的计算机处理软件工具系统。系统根据地质灾害信息在空间的分布特征,提供人机交互的综合分析处理和编图的计算机辅助处理功能,产生对区域规划、灾害防治、管理决策等方面的有用信息。该系统(GGIS)主要建立的子系统有:基于 GIS 的地质灾害信息系统;基于 GIS 的地质灾害区域评价与危险区划系统;地质灾害变形评价预测及预警系统;崩滑地质灾害治理方案的辅助设计系统;开发基于网络的地质灾害信息发布系统。此系统的建立与成果应用,将会加强国土资源的信息建设、信息管理、信息服务,加速国土资源的信息化、社会化、产业化。该系统目前已基本完成。

第三节 GHIS 系统的开发策略

地质灾害信息系统(GHIS)是在 GIS 工具的基础上进行二次开发而产生的专题信息系统,既有 GIS 软件的通用特点,也有其特殊性和创新性,这就要求系统的开发既要按其软件规则,又要讲究开发策略。

一、地质灾害信息系统开发的基本原则

从实际工作的需要看,一般是根据某种计划,针对某些特定的地质灾害问题,在一定的区域范围内(按流域或标准图幅)开展调查工作和资料积累,逐渐完善工作规范和标准。因此,当前对 GIS 应用系统的要求具有一定的不确定性和开放性,这就要求应用系统从实际需要出发,在提供必备的基本分析功能的基础上,用面向用户的开放灵活的思想设计和开发应用分析系统,并不断根据需要进行扩展。考虑到这一要求,我们拟定了分阶段开发的目标,首先按照有限目标原则,在经费许可的范围内,开发满足常规基本地质灾害研究所需的应用分析系统,投入实际运用,今后进行完善和提高。

在计算机软件开发工作中,软件工程的方法是开发管理的基本方法,面向对象的程序设计方法则是目前软件系统编程实现的最优方法。由于地理信息系统开发人员大多数是地学出身,没有受过软件工程方法的系统训练,在开发前期往往不重视可行性研究和需求分析,在开发过程中没有详细的程序设计说明和数据库设计说明,在开发后期的测试工作中没有明确的测试计划和测试分析,这样既不利于开发工作的顺利进行,对系统日后的维护和升级也带来极大不便。此外,在 GIS 设计与时间过程中缺乏面向对象的认识方法和程序

设计方法学的指导,导致系统的可靠性和可维护性差,也是 GIS 进一步发展面临的一大问题。

鉴于上述原因,地质灾害信息系统开发的管理应遵循软件工程方法的基本原理,以避免不正确方法带来的不良后果,在系统的设计与实现上则应采用面向对象的程序设计方法。从而确定地质灾害信息系统软件开发的基本原则概括如下:

- (1) 按照软件工程规范进行结构设计和功能开发;
- (2) 集中开发,分工配合;
- (3) 软件开发的系统工程思想;
- (4) 充分利用 MAPGIS 系统功能和二次开发函数资源;
- (5) 引用成熟算法及相应源代码;
- (6) 质量保证。

二、地质灾害信息系统开发的基本方法

1. 应用 GIS 系统实现的三种形式

应用 GIS 系统多种多样,形式各异,但从开发实现的角度考虑,基本上可以概括为三种形式,分叙如下:

独立开发 指不依赖于任何 GIS 工具软件,独立进行应用系统开发,从空间数据的采集、编辑到数据的处理分析和结果输出,所有的算法都由开发者设计,然后选用某种程序设计语言,如 C++、PASCAL 等,在一定的操作系统平台上编程实现,与通用 GIS 工具软件相比,开发过程相似,只是在功能结构上更针对应用目标。

单纯二次开发 指完全借助于 GIS 工具软件提供的开发语言进行应用系统开发。目前国内流行的 GIS 工具软件中,有许多提供了可供用户进行二次开发的宏语言,如:美国环境系统研究所(ESRI)开发的 ArcView 提供了 Avenue 语言,美国 MapInfo 公司研制的 MapInfo 提供了 MapBasic 语言,等等。用户可以利用这些宏语言,以原 GIS 工具软件为开发平台,开发出针对自己的针对不同应用对象的应用程序。

集成二次开发 集成二次开发是指利用 GIS 工具软件(如 ArcView、MapInfo 等)实现 GIS 的基本功能,以通用编程软件尤其是面向对象的可视化开发工具(如 Delphi、Visual C++、Visual Basic、Power Builder 等)为开发平台,充分发挥 GIS 工具软件在空间数据处理上的优势及可视化开发工具在应用程序开发上的强大功能,进行二者的集成二次开发。集成二次开发又分为两种方式:一是采用对象连接嵌入自动化(OLE Automation)技术或利用动态数据交换(DDE)技术,用软件开发工具开发前台可执行应用程序,以 OLE 自动化方式或 DDE 方式启动 GIS 工具软件在后台运行,实现应用程序的地理信息系统功能;二是利用 GIS 工具软件生产厂家提供的建立在 OCX 技术基础上的 GIS 功能组件,如 ESRI 公司的 MapObjects、MapInfo 公司的 MapX 等,在 Visual C++ 等编程工具编制的应用程序中直接将 GIS 功能嵌入其中。

2. 三种开发形式的比较

独立开发的好处在于无须依赖任何商业 GIS 工具软件,这样一来不仅减少了开发成本,而且同样的算法设计与代码运行可以运用于以后的类似的应用系统开发中,这样可以为许多最终用户节省购买 GIS 工具软件的费用,但进行这种方式的开发一方面要求开发者