

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：

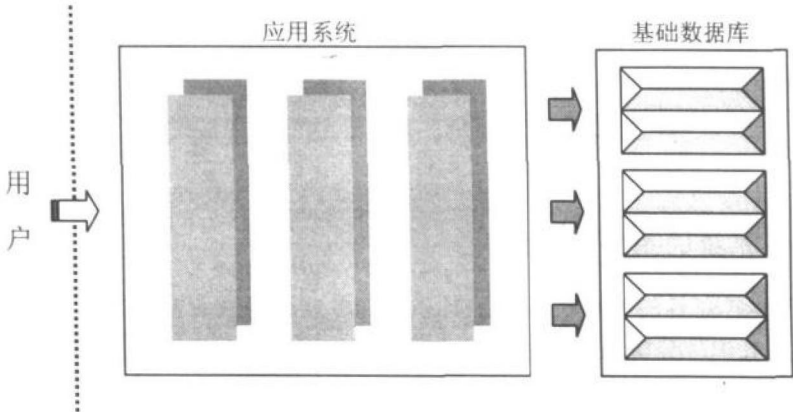


图 1-1 GHIS 系统的总体结构图

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；

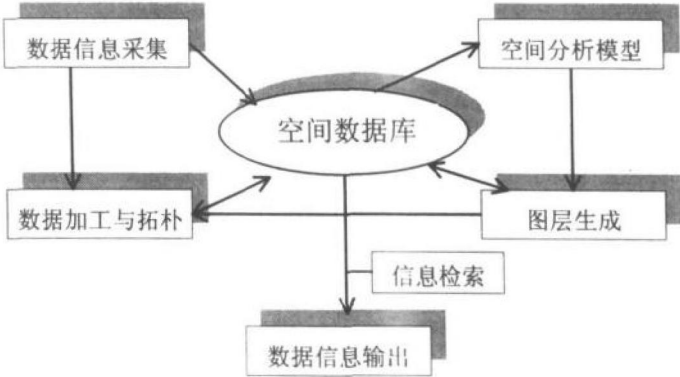


图 1-2 GHIS 系统的程序流程图

- (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) 多种形式的信息输出功能。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：具有采集、管理、分析和输出多种地理空间信息的能力；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；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，有时就把它们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、Microstation、SICAD、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實力。

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相互结合、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

具有深厚的计算机程序设计功底，另一方面对于大多数开发者来说，能力、时间、财力方面的限制使其开发出来的产品很难在功能设计和使用上与商业化 GIS 工具软件相匹敌，而且在购买 GIS 工具软件上省下来的钱可能还抵不上开发者在开发过程中绞尽脑汁所花的代价，因此这种开发方式仅为少数开发者使用。

单纯二次开发由于是借助于 GIS 工具软件提供的宏语言进行的，省时省心，但不不管是 ArcView 提供的 Avenue 还是 MapInfo 提供的 MapBasic，作为编程语言都只能算是二流的，用它们来开发应用程序仍不尽如人意，效率低下，且在界面设计上相对单一，难于发挥开发者的想象力以及不同 GIS 应用的需要。

集成二次开发既可以充分利用可视化软件开发工具的高效方便的编程功能，又可以充分利用地理信息系统工具软件完备的空间数据可视化分析处理功能，集二者之所长，不仅能大大提高应用系统的开发效率，而且使用面向对象的可视化软件开发工具开发出来的应用程序具有良好的外观、完善的功能，且可靠性好、便于维护。尤其是使用 OCX 技术利用 GIS 功能组件进行集成开发更能表现出这些优势。

综上所述，集成二次开发正成为应用 GIS 系统开发的主流方向，这种方法惟一的缺点是前期投入比较大，需要同时购买 GIS 工具软件和可视化编程软件，但“工欲善其事，必先利其器”，这笔投资是值得的。

三、地质灾害信息系统的开发策略

GIS 工具软件一般是有计算机专业技术人员组成的科研集体完成开发的，系统的设计技术较高，而实用 GIS 系统一般是非计算机专业人员开发、用于特定行业或特定地区的软件系统，具有较强的应用专业性或区域性。从某种意义上讲，GIS 工具和应用 GIS 系统在功能上没有本质的差别，主要体现在通用性和专用性上，既从通用界面到专用界面，从通用模型到专业模型。地理信息系统软件设计技术较高，在应用 GIS 系统开发上重复开发 GIS 技术的基础功能无疑会造成人力和财力的巨大浪费，而且对非计算机专业的技术人员来讲也存在有巨大的难度。在地理信息系统工具上开发应用 GIS 系统无疑是一条捷径，不仅可以节省软件开发的人力、物力、财力，而且也大大缩短了软件开发周期，提高了应用系统的整体水平。

近几年来，GIS 工具得到了快速发展，而且日益成熟，有些软件已经提供了功能强大的二次开发功能，为迅速建立应用 GIS 系统奠定了基础。任何一个地理信息系统应包括如下几方面的内容：数据输入、数据编辑、数据查询、空间分析模型、信息输出。在 GIS 工具上进行应用 GIS 系统的二次开发主要完成如下几方面的工作：专业化界面开发，使通用 GIS 工具转化为专用 GIS 系统；高层次的专业应用模型开发与模型管理，完成特定行业要求的空间模型运算。

第二章 地质灾害空间数据库设计

我们现在所讲的数据库是一种广义的数据库系统，地质灾害数据库系统分为空间数据库和属性数据库两部分，空间数据库记录的是数据的空间信息和图元的基本属性，属性数据库记录的是数值、文本和嵌入对象。

第一节 描述地质灾害的数据对象

GHIS 系统旨在反映地质灾害现状、发展趋势和危险程度，为行政管理工作提供决策依据，根据数据的精度要求一般将图形的比例尺控制在 1:20 万~1:100 万之间，描述地质灾害的数据对象包括图形数据和属性数据两部分内容。

一、GHIS 系统的数据需求

GHIS 系统设计与开发的目的：一是面向科技人员，提供进行地质灾害研究、预测、防治所需要的基础地质数据和灾害特征数据；二是面向行政管理人员，为他们进行减灾防灾的宏观决策提供服务。这就决定了 GHIS 系统所涉及到的数据信息的多重性和复杂性。

1. GHIS 系统的数据范畴

从数据信息的使用目的的角度考虑，本系统的空间数据库应包含的数据信息是极为复杂的。既要包括进行各种单体地质灾害预测防治的基础地质数据信息，为单体地质灾害治理提供依据，又要包括进行宏观决策所需要的背景地质资料。概括起来地质灾害空间数据库应包括如下数据：

- (1) 描述各种地质灾害现状的资料；
- (2) 各种地质灾害活动历史（或发生发展过程）；
- (3) 各种地质灾害的经济损失和社会影响；
- (4) 对单体地质灾害预测防治所需要的基础地质资料；
- (5) 宏观背景基础地质资料；
- (6) 社会背景（人类工程活动情况）。

2. GHIS 系统的数据对象

根据开发目的和数据范畴，GHIS 系统涉及到的数据信息可以划分为基础数据信息、地质灾害特征信息、成果图形三种类型。

(1) 基础数据信息

- 简化地理要素；
- 人口密度分布特征信息；
- GNP 密度分布特征信息；
- 重大工程建设分布特征信息。

(2) 地质灾害特征信息

反映地质灾害个体分布特征的空间及属性数据，是 GHIS 系统的主要数据对象，构成地质灾害空间数据库的主体。

- 崩塌灾害分布数据 / 潜在崩塌分布数据；
- 滑坡灾害分布数据 / 潜在滑坡分布数据；
- 泥石流灾害分布数据 / 潜在泥石流分布数据；
- 地面沉降分区数据；
- 地面塌陷灾害分布数据 / 潜在塌陷危险区数据；
- 地裂缝分布数据；
- 水土流失分区数据；
- 土地沙化—沙漠化分区数据；
- 土地盐渍化分布数据 / 潜在土地盐渍化分布数据；
- 土地沼泽化分布数据 / 土地潜在沼泽化分布数据；
- 海水入侵范围分布数据；
- 地下水污染范围分布数据；
- 坑道—地下工程突水灾害点分布数据 / 突水易发区分布数据；
- 瓦斯突出和爆炸灾害点分布数据 / 瓦斯突出和爆炸易发区分布数据；
岩爆灾害点分布数据 / 岩爆易发区分布数据；
特殊土危害点分布数据 / 特殊土分布数据；
- 地方病发病区分布数据。

描述地质灾害个体特征的栅格图形，视所取得的资料情况而定，主要包括如下几种类

型：

- 崩塌：防治工程图、素描图、照片等；
- 滑坡：纵横剖面图、防治工程图、素描图、照片；
- 泥石流：沟谷平面图、沟谷断面图、沟谷纵比降图、防治工程图、素描图、照片；
- 地裂缝：平面形态图、横切剖面图、素描图、照片、其它图件；
- 地面沉降：地面沉降分区图（漏斗）、典型破坏（素描图、照片等）；
- 地面塌陷：塌陷坑平面图、塌陷坑剖面图、素描、照片；
- 海水入侵：入侵剖面图、灾害特征图（素描、照片等）；
岸坡侵蚀：照片等；
土地盐碱化、沼泽化：照片等；
土地沙化、沙漠化：素描图、照片；
- 水土流失；
- 特殊土危害调查：灾害状况（素描、照片等）；
- 区域地下水位下降或上升；
- 地下水污染；
- 地球水化学场变化与地方病；
- 固体废弃物；
- 地下工程的地质灾害；

- 地震灾害。

(3) 成果图形

通过对地质灾害特征图形与属性进行分析、运算的前提下生成的新的图形，反映地质灾害的潜在或综合特征。

- 地质灾害危害性分区评价图；
- 地质灾害发育强度分区评价图；
- 地质灾害发育趋势预测评价图；
- 地质灾害危险程度预测评价图。

二、描述地质灾害的数据组成

从建立信息系统和数字制图的角度出发，一个区域的图形数据应包括图幅属性描述、空间数据、外挂属性库（数据库）、图式图例、注释和境界线等内容。

1. 图幅属性描述

图幅描述数据库记录有关图幅本身的数据资料，诸如图幅角点坐标、编图单位、编图时间等。描述图幅的基本信息采用数据库形式，基本结构如下（表 2-1）：

表 2-1 图幅描述信息属性表结构

序号	数据项编码	类型	长度	描述	说明
1	QDAF	C	40	行政区名称	
2	CHAMDB	N	10	比例尺	
3	CHAG	C	40	坐标系统	
4	CHAI	C	40	高程系统	
5	DDAEBM	N	F12.3	左 Y 坐标	单位：m
6	DDAEBN	N	F12.3	右 Y 坐标	单位：m
7	DDAEB0	N	F11.3	上 X 坐标	单位：m
8	DDAEBP	N	F11.3	下 X 坐标	单位：m

在可能的情况下，相应软件可根据图幅描述信息完成自动制图过程（图式制作），根据用户的设计要求自动生成成果图件。

2. 矢量图形数据

空间数据是空间数据库图形数据集合的主体，是构成应用型信息系统的数据基础，根据应用的目的不同，空间数据可以划分为专空间数据和辅助空间数据；前者一般指地质灾害专业数据，是空间数据的主要部分，用于数据检索和空间模型分析；后者多指地理信息数据，用于显示和标定位置。

空间数据的详细情况将在以下几章中做进一步的详细讨论。

3. 外挂属性表

外挂属性表也称数据库，是图元内部属性的补充，或称图元外挂属性的集合。外挂属性表以数据库的形式存储，通过关键字段实现和图元内部属性乃至图元的连接。

外挂属性表的详细情况见本章的有关内容。

4. 图式图例

图式图例为制图数据信息，用于对成果图的表达。数字图形的图例如由线标、线型、子图、图案等内容组成，属应用软件的系统库，用户提供的图形数据中应包括图例如文件。详细内容见第四章的有关内容。

5. 注释

注释主要是用于数字制图，同时部分内容也应用于信息系统的显示。考虑到注释内容使用上的特点，将其划分为两部分，地理要素的注释同时用于信息系统的显示和数字制图，且有重复使用的特点，集合到一起形成一个独立的数据文件，在使用时直接调用。专业内容的注释信息仅用于数字制图，注释内容和成果图联系在一起，作为成果图件的一部分，形成独立的数据文件。

6. 分区界线

分区界线的作用和注释相似，但在对该类数据的处理上和注释又有明显的不同，分区界线一般是构成面图元的边界，也就是组成面图元的弧段。有些软件允许弧段带有参数，有些软件可能不允许，这就造成一种难于处理的局面，如何处理境界线和所使用的数字制图软件密切相关。

我们不能要求用户使用统一的数字制图软件，也不能是数字制图标准依赖于特定的软件系统，用户可以根据软件的情况自行处理，或作为弧段带参数，或建立一个独立的分区界线图层。但无论如何处理，在用户提交的图形数据信息中应包括分区界线部分内容。

三、地质灾害数据的物理组成

地质灾害信息系统（GHIS）的数据信息包括了空间数据库的内容和制图数据，在满足建立信息系统需求的同时，考虑了数字制图的实际需要，所涉及到的图形数据广泛而复杂。针对数据的特点，结合信息系统设计，规定如下数据结构：项目（Project）→库（Base）→文件（File）→图层（Layer）→图元（Element）。

(1) 项目

项目是在特定信息领域为特定目标建立的信息管理的最顶层对象，它是与特定领域和目标有关的信息库的集合，一个项目包含了多种类型的库。

(2) 库

库是在项目控制之下由以不同存储方式记录的不同类型信息文件的集合，在本项目中主要包括图形库和属性库。一个库由一个以上的文件组成。

(3) 文件

是应用软件对用户信息体管理的基本单位，一个库中可由多个文件组成。

(4) 图层

一个图层信息文件由不同属性的信息组成，为区分信息的属性并对各属性进行独立操作，有必要对一个属性文件中的不同属性类型的数据进行分层次管理，这就是图层的概念。

(5) 图元

图元是图形信息的最小单位，由点、线、多边形组成。

值得指出的是，本次研究所建立的空间数据格式与图式图例标准中，为适应不同的软件系统，规定一个文件只包括一个图层，文件层和图层具有相同的数据范围定义。

四、地质灾害数据的逻辑组成

从图形数据的使用和存储的角度出发，将所涉及到的所有图形数据融为一体，建立逻辑结构概念，将图形数据概化为四库：图形组件库、属性库（外挂数据库）、图例库、成品图库。

(1) 图形组件库

由基本图形数据和辅助图形数据组成，是图层的集合，可根据不同的需要任意组合形成不同的图形。

(2) 属性库

是图元的外挂属性的集合。

(3) 成品图库

是成果图的集合，除包括图式内容外，还包括图形组件的相互组合关系。

(4) 图例库

是制图基础信息的集合，包括色标、线型、子图、图案等。

第二节 地质灾害数据的标准化设计

标准化是数据库建设的基础和前提，它包含于信息提取、信息储存、信息交换以及软件开发应用等方面的内容之中，地质灾害数据信息标准化工作应把建立标准数据模型作为出发点，从数据信息的应用、检索、存储、共享等方面考虑，解决数据库建设过程中的图形分层、图元代码、属性格式及数字制图等标准化问题，制定一套包括空间数据和非空间数据在内的数据采集标准及相应的数字制图标准。

一、空间数据的层次结构与图元类型码

为了将图形信息变成一个有序的数据集合体，便于管理和使用，就需要对这些数据信息进行分层，建立一个合理的层次关系结构，并用代码来记录这种层次关系。

1. 空间数据的层次关系

从制定数据标准的角度考虑，地质灾害数据信息虽然包括空间数据和非空间数据两部分，但充分体现的是空间数据（图形数据）这一主线，非空间数据（属性数据）处于从属地位，从属于空间数据，为了合理地对这些数据实现管理，同时更为了使用和查询上的便利，就需要建立图形数据的层次结构关系。

结合图形数据的实际情况，建立数据的层次关系如下（图 2-1）。

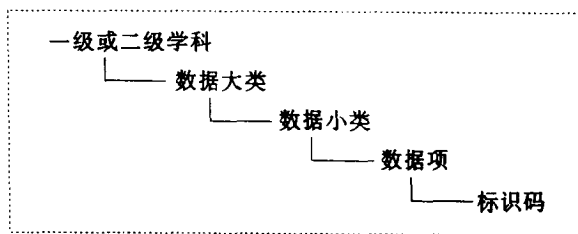


图 2-1 空间数据格式与图式图例标准中数据层次划分方案

考虑到图元数据信息编码的整体性，以国土资源数据信息为整体对图形数据进行分层建立图形数据的层次划分体系框架（图 2-2）。

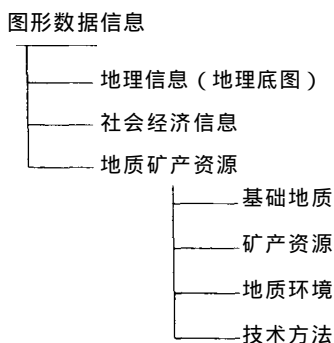


图 2-2 图形数据层次划分体系框架结构

2. 图元类型码

为了更好地表示图形数据的层次关系，同时解决图形数据的层次检索问题，需要建立图元类型码。

(1) 图元类型码编码规则

图元类型是具有相同性质的图元的集合，图元类型码是图元类型的标识符，一般由数字编码组成，用于记录图形数据的层次关系和图形数据的查询。在充分考虑本次研究工作所涉及到的图形数据特征的前提下，采用的数字编码体系应具有如下层次关系结构（图 2-3）。



图 2-3 GHIS 系统图元编码体系方案

空间数据格式与图式图例标准编码体系的基本框架结构如下（表 2-2）：

表 2-2 空间数据格式与图式图例标准编码体系框架结构

代 码	名 称	备 注
10*****	地理信息	用于地理底图的编制
20*****	社会经济信息	用于灾害损失评价
3/4/5/6*****	地质矿产资源	
3*****	基础地质	
4*****	矿产资源	
5*****	地质环境	地质灾害代码为：51*****
6*****	技术方法	

(2) 图形数据的编码方案

图形数据的层次编码方案，要考虑到图形数据查询、合并、分离的需要，以科学性、系