

应用地质

苏锡常地区地质环境信息系统设计与实践

武健强, 于 军, 余 勤

(江苏地质调查研究院, 南京 210049)

[摘 要]在地质行业 GIS 的应用正从过去的制图与辅助分析决策走向信息化管理、地质环境信息系统。在对苏锡常地区地质环境现状充分分析的基础上,依据信息系统建设的一般原则提出了该地区地质环境信息系统的建设方案,明确了建设目标,对其功能模块和数据库的组织建设进行了分析与实践,并依照这一方案实现了一个地质环境原型系统。

[关键词]地理信息系统 地质环境 数据库 苏锡常地区

[中图分类号]TP79 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2002)06-0066-04

建立区域性的环境综合信息系统有助于对区内的环境状况进行正确客观评价,为区域的协调发展提供决策支持。GIS 是集空间、属性信息管理于一体的新兴技术,尤其是在空间信息管理方面独具优势,基于 GIS 的区域性地质环境信息系统已成为当前地质环境管理的发展趋势^[1,2]。

苏锡常地区经济发达,人口密集,但是,地质环境脆弱,近 20 多年以来,由于地下水过量开采,地下水位长期持续下降,地面沉降,地裂缝为主的地质环境问题日趋严重^[3]。

随着经济与社会的发展,供水矛盾更加尖锐。地下水污染日益加剧,另外差异性沉降所引发的地裂缝、地面塌陷等灾害还造成对城市建设、房屋及市政设施的严重破坏。据初步测算,苏、锡、常三市因地面沉降造成的直接经济损失愈 200 亿元。

一方面地质环境问题日益突出,另一方面是地质情报工作的相对落后,资料、数据分散管理,数字化程度低,共享性差,安全也得不到保证。往往出现重复调查,数据重复整理的现象,工作效率很低,面对层出不穷的新课题,传统的工作管理方式显然是难以维继的。地质环境问题具有周期长,影响面大,恢复时间长等特点。建立区域的地质环境信息系统可使当地的地质环境管理信息化,是今后地质环境工作的一个重要方向,也是“数字国土”的一项重要内容。这已成为当地经济建设,社会各方面协调健康发展的迫切需要。

1 系统建设的目标

系统首先依据现有的行业规范和国家标准,对数据进行分类、编码,实现地质资料(如地图、图像、文档、数据表格)的数字化存储,应用计算机的硬件和 GIS 技术实现对区内地质环境信息的管理。在此基础上实现地质环境分析、评价、预测、灾害损失估算等功能。为当地的地质环境保护、社会的可持续发展服务。

2 系统的总体结构与功能

2.1 系统结构

本系统面向该地区的所有地质环境信息,另外还有社会经济数据。内容广泛,数据量巨大。按系统类型来看,它既是专业型系统同时又属于区域型系统,就所管理的信息来说面广量大,近于综合型,因此该系统的复杂性可见一斑,进行适当的分解对系统的实现是有益的。从专业角度和信息服务对象来看,该系统可由基础地质背景信息子系统、第四系信息子系统、地下水信息子系统和环境地质信息子系统四部分构成(图 1)。

基础地质背景信息子系统:作为地质研究领域的基础,它为地质专业的其它领域(如地下水、地质灾害、工程地质、环境地质、旅游地质)提供地学背景信息和理论支持。它主要研究的对象是基岩地层、基底构造、矿产资源。该子系统主要涉及的数据

[收稿日期]2001-12-20;[修订日期]2002-03-25;[责任编辑]余大良。

[第一作者简介]武健强(1975 年-),男,1998 年毕业于长春地质学院环境地质专业,助工,现为地图学与地理信息系统专业在读研究生,主要研究方向为环境地质及地理信息系统应用。

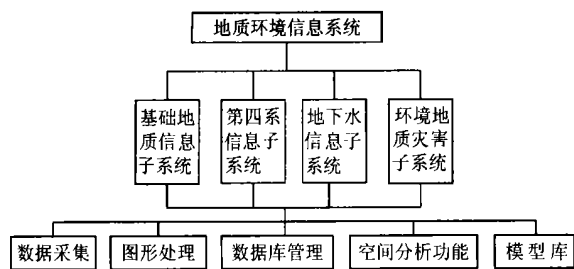


图 1 系统结构

信息有地层、基岩钻孔、地质构造信息等等。

第四系信息子系统:以 248 万年以来的松散地层为研究对象,分析地层的沉积过程,海侵海退作用规律以及松散地层的岩性结构。它包含的信息有各时相的沉积信息和岩性描述。

地下水信息子系统:地下含水层是与人类生活密切相关的系统,目前地下水已是人类生活的重要水源,地下水开采过量导致的环境问题日益突出,地下水研究已成为地质学界专门的研究领域。该系统主要包括含水层组的空间分布,水文参数信息,地下水量水质以及空间分布,相关的开采数据,观测数据等。

环境地质信息子系统:这是近年来形成的一个新的研究方向,侧重于人类活动引起的地质环境中的负面效应研究,目前研究比较多的有地下水污染、地面沉降、地裂缝、地面塌陷、泥石流、滑坡等。本次收集了地面沉降资料、地下水污染以及为保护地质环境所作的建设项目,如 GPS 监测网等。

2.2 功能模块设计

本系统实现途径是基于 GIS 软件 Arc/ Info 的二次开发,采用可视化编程语言 VB6.0 和 VC6.0 进行系统集成,这样的优点可概括为省时、省力、省钱。因为是二次开发,可以直接利用 GIS 平台的许多现成功能模块。Arc/ Info 是基于组件对象模型 (COM) 技术的^[4],提供了各种对象 (约 1800 多个) 操纵的接口,为系统的客户化提供了方便。虽然软件的价格不菲,但较之底层开发的费用,仍然是很经济的。

在系统功能设计上主要考虑的是充分利用 Arc/ Info 的现有功能,结合专业特色进行必要的扩展,特别是专业模型的集成。

数据采集模块:这是系统必备的,一般包括键盘输入、手扶数字化、扫描数字化、GPS、RS 与其它系统数据转换,这里有 dxf、mif、coverage、shp 的相互转换。

图形处理模块:包括地图的缩放、漫游、分层显

示控制、编辑、专题图制作、图形整饰、图形输出。

数据库管理:对表的修改、拷贝、删除、合并、增加、SQL 查询、数据统计、数据一致性维护、数据库安全控制。

空间分析功能:按空间要素进行统计,提取,比如统计某个乡镇的开采井数据,发现某地区内超采地下水的井;某条断裂控制范围内是否有人工建筑;由于地裂缝造成的财产损失统计等。地质模型的三维可视有助于认识当地的地质条件,为合理的决策提供支持。三维可视分地质模型的建立 (基岩构造模型、第四系沉积结构模型、地下水含水系统模型) 和模型的操纵,如剖面线的绘制,模型动态演示等。GIS 系统本身所提供的叠置分析、缓冲区分析、布尔分析等为上述功能的实现提供了有力的支持。

模型库管理:作为一个专业性很强的信息系统,必然要有各种专业分析模型来实现特定的分析,在地下水管理中常用的有地下水资源评价模型,用于地质环境评价的模型有聚类法、模糊评判法、层次分析法 (AHP) 等;目前实现专业模型与 GIS 的集成主要有以下 3 种方式^[5,6]:松散集成,二者相互独立,自成体系,只是通过中间文件系统进行数据交换;紧密集成,二者有公共界面,有共享的文件系统,这样就减少了松散集成易出现的数据丢失、出错的机会;第三种是把专业模型完全纳入 GIS,作为 GIS 的一个内部功能,这不仅要代码的本地化,更重要的是概念模型上的一致,而事实上专业模型所应用的学科领域与 GIS 界对空间对象的描述并不完全一致,这为二者的真正融合带来了困难。前两种方案在实现技术上较后者容易,所以广为采用。本系统拟采用第二种方案,当然,为尽量利用现有的成果,通过中间文件来与 GIS 进行数据交换也不失为一种方法。

3 数据库设计

数据库是地理信息系统的核心,也是基础,地理信息系统的数据库分空间数据和非空间数据。在进行本系统数据库设计时应遵循如下几条原则:按专题分类存储;尽量减小数据冗余;易变要素集中,便于以后更新;各层之间数据量均衡,层与层之间尽量独立。

3.1 数据需求

丰富详实的区域背景信息是构建系统的基础,地质环境信息系统数据应包括地图数据、遥感数据、相关图片、试验及统计分析数据、还应有相关的表格数据和政策法规文本。地图数据:地图是人类对现

实世界的一种抽象表达,它构成了地理信息系统中空间信息的大部分内容。建设该系统所需地图数据来自地质研究的各个领域,首先要对纸质地图进行数字化,按类组织入库。地理信息系统中的地图数据是严格按地理要素的类型(即点、线、面)分层管理的。地质环境信息系统中的点有:钻孔、井、高程点、各类监测点等;线则有地质断裂、地裂缝、地下水位等值线、地面沉降等值线等;面指具有面状特征的空间区域,主要有土壤类型、岩石类型、地面沉降区域、地下水污染区等。

遥感数据和图片:遥感图片是 GIS 的重要信息源,系统中对地质灾害的分析常需要解译资料,卫星像片和航片被用来作 DTM 分析。在过去当地的地质勘查中已积累的大量实地照片和录像也应作为资料保存,把苏锡常地区历时遥感图片和灾情照片整理入库,可为区内的灾情评估,灾情预测,应灾决策提供帮助,也是本系统多媒体功能的基础。

其它数据:主要是与地图相关的属性数据,有地下水观测数据,钻孔剖面详细资料, GPS 监测网建设详细档案以及有关地质环境保护的政策、法规文件、多媒体资料等。

3.2 数据组织

数据库按管理方式分为图形库和属性库;空间数据库建设按地物特征采用点、线、面 3 种要素存储。空间数据库和属性库都按上述子系统划分方案进行分块管理,具体按 4 个专题库建设:

基础地质数据库:区域地质图、构造纲要图、剖面图、基岩分布图、地层综合柱状图;

第四系地质数据库:海水入侵区分布图、地貌类型图、沉积相分区图、剖面图、地层综合柱状图等;

地下水系统数据库:第 Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ 承压含水层综合水文地质图、观测井分布图、地下水类型图、环境水文地质分区图、地下水富水区段分布图;

环境地质数据库:地质灾害分布图、区域地质环境系统稳定性分区图、GPS 控制点图等;

考虑到该地区地质环境资料量大,种类多,且有些是动态的,如地下水监测数据,为保持平衡和维护方便,本系统中属性数据分内部属性和外部属性,内部属性数据即 GIS 自身所管理的属性库,它和空间数据采用公共码实现链接,从而实现一致性维护。外部属性多为历史积累的数据、文档、图片等。这些数据量大,使用频率较低或是更新频率高,一般采用关系型数据库就能维护(如 Access、Foxpro),因此采取的策略是利用关系型数据库管理系统进行管理维

护,但为了满足 GIS 的查询和分析需要,把它们和地理实体进行唯一标识码(UID)连接,从而实现在系统中的调用(图 2)。

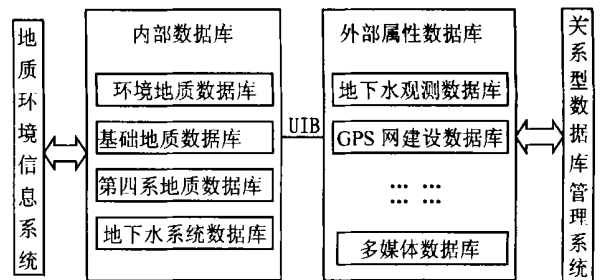


图 2 数据库结构示意图

3.3 建库流程

数据库的建设是整个系统建设中工作量最大的一块,数据库的质量直接关系到功能的实现和执行效率。在具体操作中仍按内外库分别建设,外部库主要是对以往零散数据、资料的规范化,统一入库。其中已建成的可直接导入,但要作结构修改以实现与内部属性库的连接,内部库又分地图和属性两块,图的建设包括统一坐标系,分专题、分层数字化,建立拓扑关系,校对无误后方能入库(图 3)。

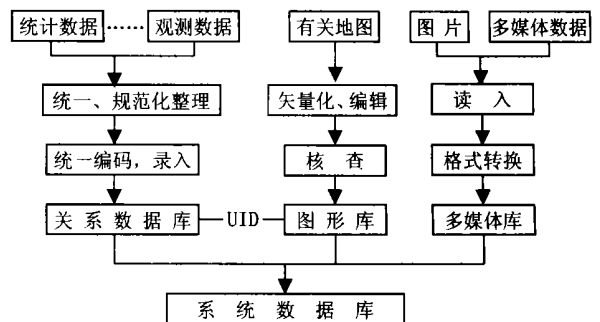


图 3 建库流程图

4 应用实例

依据地质环境质量评价理论方法,充分运用 GIS 系统的空间分析功能,建立地质环境质量评价模型,使以往繁重的人工操作得以自动完成,并以图形方式表达,既直观又形象(图 4)。

5 结语

通过对用户的需求分析和对 GIS 的深入研究,初步实现了基于 GIS 的地质环境信息系统原型。它有一般 GIS 的特点,如可视化查询、空间分析、可视化输出等,此外,作为面向特定的用户群,特定的研究领域,它又有自身的特点:

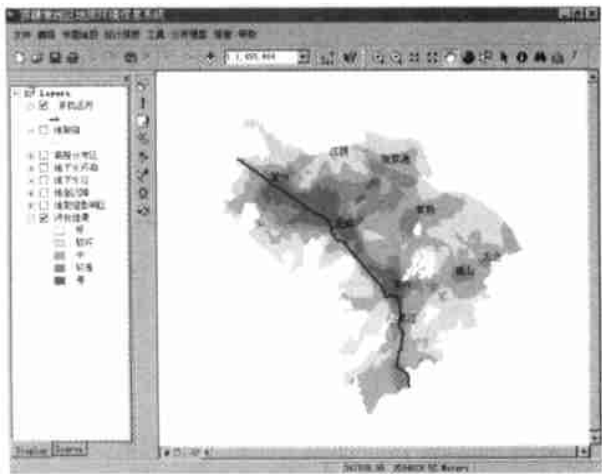


图 4 模型分析结果

- 1)系统平台的先进性:以 Arc/ Info 为开发平台,Arc/ Info 是 ESRI 公司开发的专业型 GIS 软件,代表了当今 GIS 的最高水平,其性能有目共睹。图形管理和空间分析能力强,特别是它独特的含有拓朴关系的数据结构,使得许多空间分析很容易实现。近期推出的 Arc/ Info8 与以往版本相比,介面友好,更易操作,基于 COM 的体系结构,使得更易扩展,非专业人员也能对系统进行定制。
- 2)信息量巨大:该系统收集的数据面广量大,有地质环境、基础地质、第四系地质、还有社会经济类的,几乎包括了历史上的所有调查资料和最新成果。
- 3)功能强大:基于 Arc/ Info 平台使本系统可以直接利用它的许多功能,该系统不仅具有自由的查询功能,还具有强大的空间分析能力,有缓冲区、邻近度、地形分析(坡度、坡向)、图层叠加,还集成了专业模型的功能。
- 4)易操作:该系统是面向全体地质工作人员服务的,采用中文菜单和信息提示,按行业习惯和专业

界限组织界面,为便于业内查询,力图使界面友好。

5)专业性强:本系统是面向地质部门的,信息的收集以地学为主。它的主要任务包括:地质环境动态监测;地质环境规划及保护;资源管理;地质环境质量评价等;具有明显的专业性,它主要为地质研究、管理机构服务,所提供的信息一般是专业性的图片和数据。

本系统只是一个原型,其中许多模块的还不够健壮,有待进一步开发、完善。信息系统建设是一个系统工程,必须全盘考虑,统一规划,地质环境信息系统也不例外,前期的分析设计至关重要,一个系统的成功与否首先看分析、设计的合理性和完备程度。另外在实践中采取快速原型法开发路线,这样可使用户参与系统的开发,及时了解用户对系统的意见回馈,不断改进,这种方法的优点得到实践证明,已被广泛应用于系统开发。

[参考文献]

[1] 张进德,段永侯,何庆成. 应用 ArcView GIS 建立我国地质灾害空间信息管理系统的探讨[J]. 中国地质灾害与防治学报, 1999(3).

[2] 贾永刚. 青岛城市地质环境信息系统的设计与实现[J]. 中国地质灾害与防治学报,1999(10).

[3] 朱兴贤,戴长寿. 试论江苏环境地质问题及防治对策[J]. 水文地质工程地质,1998(4).

[4] 汪小钦. GIS 与大气质量模型结合的探讨[J]. 环境科学研究, 2000(4).

[5] A Ghosh Bobba, Vijay P Singh, Lars Bengtsson. Application of environmental models to different hydrological systems[J]. Ecological Modelling,2000,125,15~49.

[6] 毛 锋,程承旗. 地理信息系统建库技术及其应用[M]. 北京:科学技术出版社,1999.

[7] Noel Jerke, Visual Basic 6 参考大全[M]. 北京:北京希望电子出版社,1999.

DESIGN AND PRACTICE OF GEO - ENVIRONMENT INFORMATION SYSTEM IN SUZHOU- WUXI- CHANGZHOU AREA

WU Jian - qiang ,YU Jun ,YU Qin
(Jiangsu institute of Geological Survey, Nanjing 210049)

Abstract :Geography information system (GIS) has been used widely in many research areas after more than thirty years development. In geological research area , the main use of GIS is transforming from earlier mapping and assistant analysis to geological information manager , and a lot of geological information managing system have being built. In this article , the author built a geo - environment information system based on Arc/ Info GIS platform. According to the common principles and methods of GIS system development , the author analyzed the user requests and pointed out the destination of system. How the system function models and the Geo - database are organized is also discussed.

Key words :geography information system , geological environment , geographic database , Suzhou - Wuxi - Changzhou area